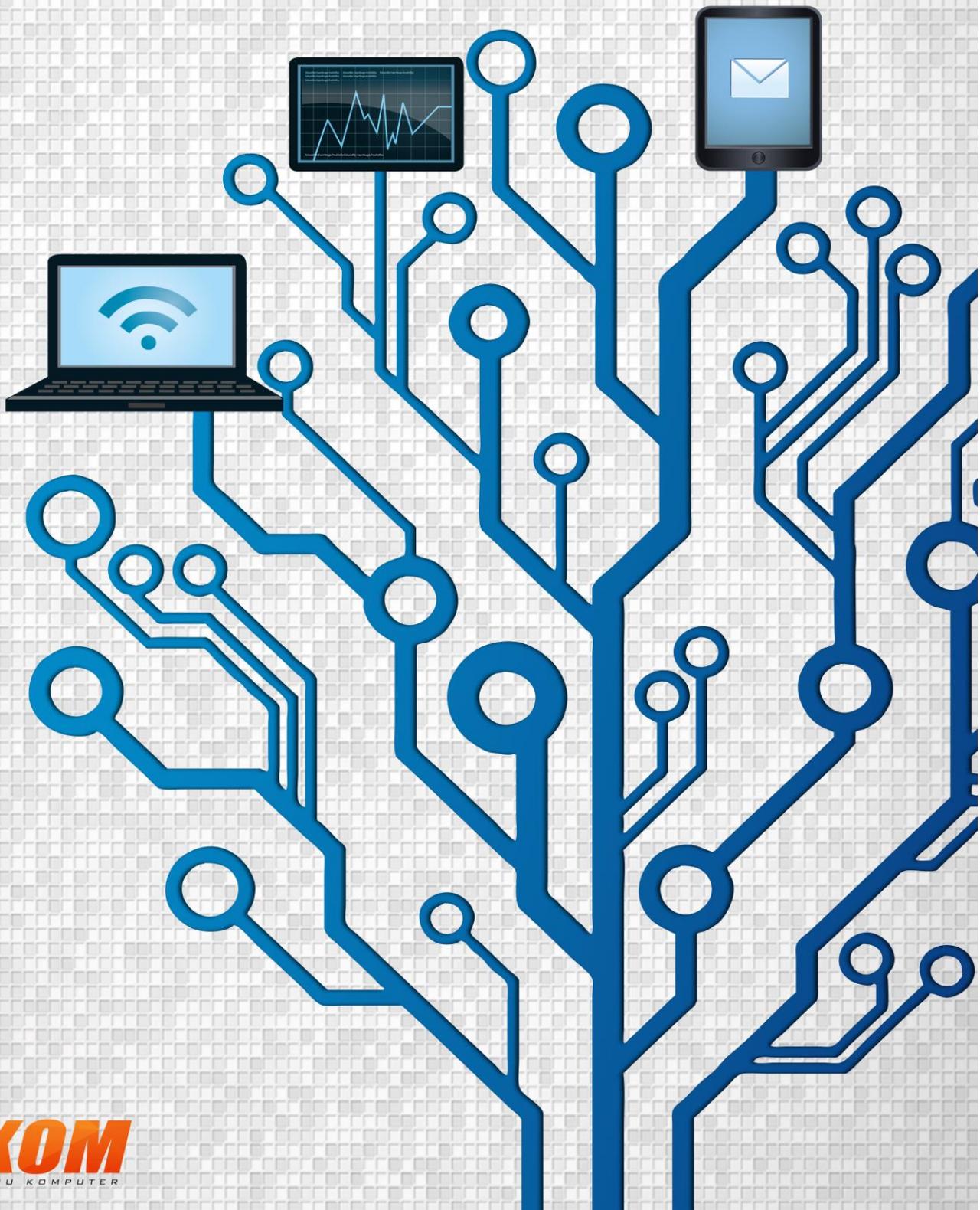


# JURNAL

## TEKNOLOGI INFORMASI & ILMU KOMPUTER

Volume 4 | Nomor 4 | Desember 2017 | Halaman 213-332

AKREDITASI KEMRISTEKDIKTI Nomor 51/E/KPT/2017



# JTIK

## JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 4, Nomor 4, Desember 2017

ISSN 2355-7699

---

JTIK diterbitkan oleh Fakultas Ilmu Komputer (FILKOM), Universitas Brawijaya sejak April 2014. JTIK memuat naskah hasil-hasil penelitian di bidang Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.

### **Ketua Redaksi**

Gembong Edhi Setyawan

### **Ketua Redaksi Pelaksana**

Imam Cholissodin

### **Redaksi Pelaksana**

Candra Dewi

Ahmad Afif Supianto

Muhammad Tanzil Furqon

### **Pelaksana Tata Usaha**

Dwi Nur Indah Lestari

Rieftiyan David Felani

### **Alamat Redaksi dan Tata Usaha**

Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer  
Fakultas Ilmu Komputer (FILKOM), Universitas Brawijaya  
Jl. Veteran No. 8 Malang, 65145  
Telp./Fax (0341) 577911  
Email: [jtiik@ub.ac.id](mailto:jtiik@ub.ac.id)  
Website: <http://www.jtiik.ub.ac.id>

Redaksi mengundang penulis untuk mengirimkan naskah yang belum pernah diterbitkan di media manapun. Pedoman penulisan naskah terdapat pada bagian belakang jurnal. Naskah yang masuk akan dievaluasi secara *blind-review* oleh Mitra Bestari dan Redaksi Pelaksana.

# J T I I K

## JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 4, Nomor 4, Desember 2017

ISSN 2355-7699

---

Redaksi JTIK mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada para reviewer yang telah bersedia untuk meluangkan waktunya dalam melakukan review pada naskah-naskah yang masuk di JTIK FILKOM UB.

### MITRA BESTARI

1. Achmad Fanany Onnilita Gaffar, Politeknik Negeri Samarinda, Indonesia
2. Ahmad Afif Supianto, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Indonesia
3. Arif Muntasa, Universitas Trunojoyo, Indonesia
4. Agustinus Fritz Wijaya, Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW), Indonesia
5. Barlian Henryranu Prasetio, Universitas Miyazaki, Japan
6. Budi Darma Setiawan, Universitas Brawijaya, Indonesia
7. Candra Dewi, Universitas Brawijaya, Indonesia
8. Denny Sagita, Universitas Brawijaya, Indonesia
9. Dina Fitria Murad, Universitas Bina Nusantara, Indonesia
10. Didit Widiyanto, Fakultas Ilmu Komputer UPN Veteran Jakarta, Indonesia
11. Erick Fernando, STIKOM Dinamika Bangsa Jambi, Indonesia
12. Heliza Rahmania Hatta, Universitas Mulawarman, Indonesia
13. Himawan Himawan, STMIK Raharja, Indonesia
14. Ika Safitri Windiarti, Universitas Tridharma Balikpapan, Indonesia
15. Indri Sudanawati Rozas, UIN Surabaya, Indonesia
16. Muhammad Tanzil Furqon, Universitas Brawijaya, Indonesia
17. Nurfiana Nurfiana, Fakultas Ilmu Komputer, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya, Indonesia
18. M Octaviano Pratama, CEP CCIT Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Indonesia
19. Pitoyo Hartono, Universitas Chukyo, Japan
20. Riyanto Sigit, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia
21. Robbi Rahim, Institut Teknologi Medan, Indonesia
22. Titin Pramiyati, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta, Indonesia
23. Wayan Firdaus Mahmudy, Universitas Brawijaya, Indonesia

# JTIK

## JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 4, Nomor 4, Desember 2017

ISSN 2355-7699

### DAFTAR ISI

|  |         |
|--|---------|
| Rekomendasi Solusi pada Computer Maintenance Management System Menggunakan Association Rule, Fisher Exact Test One Side P-value dan Double One Side P-Value<br><i>Farid Sukmana, Fahrur Rozi</i>   | 213-220 |
| Optimasi Rendering Game 2D Asteroids Menggunakan Pemrograman CUDA<br><i>Fathony Teguh Irawan, Muhammad Rizal Ma'rufi, Imam Cholissodin</i>   | 221-226 |
| Analisis QoS Differentiated Service pada Jaringan MPLS Menggunakan Algoritma Threshold<br><i>Laufi Dian Deodo Saputra, Wiwin Sulisty</i>   | 227-236 |
| Perancangan Software Bimbingan dan Pengembangan Karir Siswa dalam Pengambilan Keputusan dan Konsultasi<br><i>Irwan Irwan, Gustientiedina Gustientiedina, Sunarti Sunarti, Yenny Desnelita</i>  | 237-243 |
| Logika Fuzzy pada Robot Inverted Pendulum Beroda Dua<br><i>Fahmizal Fahmizal, Galih Setyawan, Muhammad Arrofiq, Afrizal Mayub</i>  | 244-252 |
| Registrasi Citra Dental Menggunakan Feature From Accelerated Segment Test dan Local Gabor Texture For Iterative Point Correspondence<br><i>Ahmad Afif Supianto, Budi Darma Setiawan</i>  | 253-262 |
| Optimasi Suffix Tree Clustering dengan Wordnet dan Named Entity Recognition untuk Pengelompokan Dokumen<br><i>Satrio Hadi Wijoyo, Admaja Dwi Herlambang, Fahrur Rozi, Septiyan Andika Isanta</i>   | 263-267 |
| Rekayasa Aplikasi Kriptografi dengan Penerapan Kombinasi Algoritma Knapsack Merkle Hellman dan Affine Cipher<br><i>Muhammad Fadlan, Hadriansa Hadriansa</i>  | 268-274 |
| Pengamanan Citra Digital Berdasarkan Modifikasi Algoritma RC4<br><i>Taronisokhi Zebua, Eferoni Ndruru</i>  | 275-282 |
| Ekstraksi Fitur Circularity untuk Pengenalan Varietas Kopi Arabika<br><i>Maria Mediatris Sebatubun, Muhammad Agung Nugroho</i>   | 283-289 |
| K-Modes Clustering untuk Mengetahui Jenis Masakan Daerah yang Populer pada Website Resep Online (Studi Kasus: Masakan Banjar di cookpad.com)<br><i>Fatma Indriani, Irwan Budiman</i>   | 290-296 |
| Sistem Klasifikasi Kualitas Kopra Berdasarkan Warna dan Tekstur Menggunakan Metode Nearest Mean Classifier (NMC)<br><i>Abdullah Abdullah, Usman Usman, M Efendi</i>  | 297-303 |
| Faktor yang Mempengaruhi Warga dan Pemerintah dalam Adopsi E-Government: Sebuah Ulasan Sistematis<br><i>Yusrida Muflihah, Tony Dwi Susanto</i>   | 304-310 |
| Kumpulan Model Maturity E-Government: Sebuah Ulasan Sistematis<br><i>Qilbaaini Effendi Muftikhali, Tony Dwi Susanto</i>  | 311-317 |
| Analisis Kinerja Sistem Informasi dan Teknologi Informasi untuk Menunjang Kinerja Karyawan Menggunakan Framework IT Balanced Scorecard (Studi Kasus pada Wi-Fi Universitas Kristen Satya Wacana)<br><i>Bertho Molly, Andeka Rocky Tanaamah, Melkior Nikolar Ngalumsine Sitokdana</i> | 318-332 |

## REKOMENDASI SOLUSI PADA SISTEM COMPUTER MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM MENGGUNAKAN ASSOCIATION RULE, FISHER EXACT TEST ONE SIDE P-VALUE DAN DOUBLE ONE SIDE P-VALUE

Farid Sukmana<sup>1</sup>, Fahrur Rozi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Gresik

<sup>2</sup>Teknik Informatika, STKIP PGRI Tulungagung

Email: <sup>1</sup>faridsukmana@outlook.com, <sup>2</sup>rozi.fahrur04@gmail.com

(Naskah masuk: 14 Juni 2017, diterima untuk diterbitkan: 18 Desember 2017)

### Abstrak

Perkembangan pengambilan keputusan telah semakin cepat dan metode yang digunakan beragam. Sehingga perlu adanya pengambilan keputusan yang tidak hanya cepat tapi juga tepat. Salah satunya yaitu penerapan sistem pendukung keputusan pada Computer Maintenance Management System (CMMS). Penelitian ini melakukan uji data dengan menggunakan Association Rule, Fisher Exact One Side P-Value dan double one side p-value dalam satu permasalahan yang sama pada Computer Maintenance Management System (CMMS). Dengan tujuan mencari pola hubungan antara gejala dan akar permasalahan, untuk membuktikan adanya hubungan kedua variabel. Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya (Sukmana, Bulaili) tentang Association Rule dan Pearson Chi-Square pada CMMS menunjukkan adanya beberapa rule yang tereliminasi karena adanya beberapa rule yang tidak masuk dalam kriteria untuk penerapan pada Chi-Square. Sehingga dalam penelitian ini bertujuan menggunakan metode Chi-Square lain dengan maksud membuktikan dan memperkuat adanya hubungan atau relasi antara gejala dan akar permasalahan dalam CMMS. Dan diharapkan pembuktian ini akan menunjukkan hasil lebih baik dalam hal hubungan antara gejala dan akar permasalahannya memiliki korelasi.

**Kata kunci:** Association Rule, Fisher Exact Test

### Abstract

*Decision-making has been growth rapidly and many methods can used. Thus, how to apply that methode not only fast but also right. One of implementation decision making is decision support system in Computer Maintenance Management System (CMMS). This research using data test with Association Rule and Fisher Exact One Side P-Value from same problems in Computer Maintenance Management System (CMMS). Object from this research to get pattern of association between symptom and root cause, to prove relation those variable. Previous research (Sukmana, Bulaili) about Association Rule and Pearson Chi-Square in CMMS show some rule was elimanated from calculation, because that is rule out of way from criteria in Chi-Square. So this research has objective to use another methode to observe and get strength evidence about correlation between symptom and root cause in CMMS. And hope with this result of test can make strength hypothesis about relation between symptom and root cause.*

**Keywords:** Association Rule, Fisher Exact Test

## 1. PENDAHULUAN

Organisasi seperti perusahaan di bidang manufacture memiliki beberapa pengelolaan infrastruktur seperti mesin, komputer, jaringan, software dan juga manusia itu sendiri. Di era globalisasi ini penggunaan teknologi informasi tidak bisa dilepaskan dari organisasi perusahaan. Sehingga perlu adanya perawatan terhadap infrastruktur IT baik itu hardware, software maupun jaringan. Dalam organisasi perusahaan penangan permasalahan yang berkaitan dengan infrastruktur selalu berhubungan dengan work order, yang mana merupakan sebuah laporan yang berasal dari user berisikan permasalahan dari user, gejala dan kara permasalahan dari seorang teknisi dan solusi. Permasalahan yang timbul yaitu jika permasalahan yang timbul sering kali terjadi dan ditemukan beberapa gejala dan akar permasalahan yang

berbeda dan juga berulang-ulang sehingga perlu adanya suatu sistem yang memberikan kemudahan bagi teknisi untuk mendapatkan rekomendasi solusi terbaik dari suatu sistem yang membangun teknik problem solving dari work order. Sebagaimana pendapat (Pawlak, 2014) Mengembangkan sebuah sistem pengecekan untuk mengenali item yang berada dalam perusahaan merupakan salah satu bagian dari teknik problem solving.

Permasalahan selalu berkaitan dengan adanya suatu gejala, akar permasalahan dan solusi. Ketiganya akan selalu berhubungan ketika dikaitkan kembali dalam pengabilan keputusan. Namun sering kali pengambilan keputusan yang dilakukan tanpa adanya suatu analisa sebelumnya, sehingga memiliki tingkat akurasi yang tidak optimal. Ketika terdapat permasalahan yang sama bisa jadi gejala dan akar permasalahan yang muncul berbeda dari hasil

pemeriksaan sebelumnya. Sehingga perlu adanya suatu *tools decision making* yang berguna untuk mencari tingkat hubungan antara gejala dan akar permasalahan agar diperoleh hasil rekomendasi yang memiliki tingkat akurasi tinggi, dan bisa mempengaruhi kinerja dari seorang teknisi dalam menangani suatu masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari. (Zaied, Abhary, Gomaa, 2010) mengatakan jika sistem yang bagus dalam organisasi yaitu yang mampu menurunkan tingkat kegagalan dan dapat meningkatkan rata-rata perbaikan. (Rozi, Sukmana, 2016) mengatakan salah satu cara untuk mendapatkan informasi yang cepat, lengkap dan akurat maka diperlukan metode yang baik secara statistik maupun dinamik dan juga mereferensikan data masa lampau untuk mendapatkan prediksi informasi pada masa yang akan datang. Sehingga dalam penelitian ini peneliti juga menggunakan salah satu metode statistik, dan data *warehouse* mengambil permasalahan yang terkait dengan infrastruktur IT yang terdiri dari hardware, software dan jaringan.

Penelitian (Cheng, Lin, Leu, 2010) dan (Verma, Khan, Maiti, Khrisna, 2014) menunjukkan Association rule sesuai untuk penggunaan data sebab-akibat. Dan penelitian (Sukmana, Bulaili, 2015) menggunakan data sebab akibat dalam penelitian. Dimana penelitian menunjukkan adanya korelasi antara dua variabel yaitu gejala dan akar permasalahan ketika pengujian menggunakan *Association Rule*, *Pearson Chi-Square* dan *Korelasi Phi*. Sebagaimana yang pendapat (Wallis, 2012) bahwa jika ukuran tabel 2x2 digunakan dalam proses *contingency table* dan terdapat salah satu *cell* yang bernilai 0 atau kurang dari 5 dapat dikatakan bahwa hubungan kedua variabel adalah *maximum dependent* yang berarti memiliki hubungan sangat kuat dan pendapat (Wallis, Sean, 2012) dan (Weaver, Bruce, 2016) menyatakan tidak boleh menggunakan *Pearson Chi-square* jika terdapat salah satu *cell* yang memiliki frekuensi harapan 0 atau kurang dari 5. Dan dalam penelitian (Sukmana, Bulaili, 2014) terdapat permasalahan pada beberapa data memiliki *maximum dependent* sehingga perlu dilakukan korelasi kembali apakah kedua variabel memiliki hubungan karena beberapa data permasalahan banyak tereliminasi karena tidak memenuhi syarat dari *Pearson Chi-Square* sehingga perlu adanya pengujian dengan metode lain yang mendukung sampel data dari tiap permasalahan. Penyebab permasalahan penelitian (Sukmana, Bulaili, 2014) karena beberapa data yang berulang pada permasalahan yang sama memiliki gejala dan akar permasalahan yang sama secara berulang dan jumlah gejala dan akar permasalahan berbeda memiliki frekuensi yang kecil atau bahkan tidak ada. Dan berdasar analisa maka perlu adanya perubahan pada penggunaan metode korelasi agar semua permasalahan dapat dijadikan referensi pencarian hubungan antara variabel gejala dan akar

permasalahan. Dan peneliti akan tetap mempertahankan penggunaan metode *Association Rule* dalam proses pencarian rule terbaik, hanya saja metode korelasi menggunakan *Fisher Exact Test*. Hal ini dikarenakan syarat dari *Fisher Exact Test* pada tabel 2x2 adalah jumlah sampel kurang dari 40 dan terdapat *cell* yang memiliki nilai frekuensi harapan 0 atau kurang dari 5. Dan penelitian ini akan fokus pada sampel-sampel data kurang dari 40 dan terdapat nilai *cell* 0 untuk membuktikan hubungan variabel gejala dan akar permasalahan. Dan dalam teknik ini terdapat dua jenis tipe dari *Fisher Exact Test* yaitu *one side p-value* dan *double one side p-value*. Dan perhitungannya pun mengacu pada kondisi deviasi ekstrim atau tidak. Dan dalam penelitian ini sebagian besar frekuensi harapan yang muncul pada tabel 2x2 terdapat nilai 0 sehingga penggunaan kondisi deviasi ekstrim lebih cocok digunakan. Harapan peneliti kali ini yaitu bisa membuktikan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara kedua variabel tersebut pada penelitian tentang "Rekomendasi Solusi pada Sistem CMMS menggunakan Association Rule dan Fisher Exact Test One Side P-Value dan Doule One Side P-Value".

## 2. METODE

Pada penelitian ini digunakan dua metode dalam pencarian hubungan dua variabel gejala dan akar permasalahan dalam kasus Work Order pada CMMS yaitu *Association Rule*, *Fixer Exact Test One Side P-Value*, dan *Korelasi Phi*.

### 2.1 Association Rule

Metode ini digunakan pada proses pembentukan rule untuk menyaring data-data yang memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi sehingga dapat memperkuat pengujian pada proses korelasi berikutnya. Dan metode ini merupakan salah satu metode data mining. [1] bahwa data mining merupakan sekumpulan proses yang terdiri dari sekumpulan data dalam *market basket analysis*, dan data tersebut dapat diproses dengan *association rule* untuk mendapatkan nilai *support* dan *confidence*. Berdasarkan pendapat tersebut metode ini dibentuk dengan menetapkan terlebih dahulu nilai frekuensi itemset, minimum *support* dan minimum *confidence*. Adapun perumusan minimum *support* (1) dan minimum *confidence* (2).

$$\begin{aligned} \text{Support} &= P(A \cap B) \\ &= \frac{\text{Jumlah transaksi yang mengandung } A}{\text{Total keseluruhan transaksi}} \end{aligned} \quad (1)$$

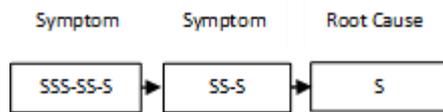
$$\begin{aligned} \text{Confidence} &= P(B|A) \\ &= \frac{\text{Jumlah transaksi yang mengandung } A \text{ dan } B}{\text{Jumlah transaksi yang mengandung } A} \end{aligned} \quad (2)$$

Pada dasarnya nilai support bertanggung jawab secara statistik bahwa data tersebut signifikan sedangkan confidence mengukur tingkat kekuatan dari rule yang terbentuk. Adapun langkah – langkah yang diperlukan pada penelitian ini pada proses pembentukan *rule* pada metode ini.

- a. Menentukan jumlah *k-itemset* untuk proses perulangan.
- b. Menentukan jumlah minimum frekuensi *itemset* yang sekurang-kurangnya muncul pada transaksi A, minimum *support* dan minimum *confidence*.
- c. Bentuk transaksi-transaksi yang ada menjadi rule dengan membentuk pola if (ss-s) then s pada *k-itemset*. Biasanya bentuk dihasilkan pada perulangan *2-itemset*. Dimisalkan s adalah sebuah unsur pertama, dan ss-s adalah unsur kedua sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.
- d. Hitung nilai *support* dan *confidence* pada masing-masing rule yang telah terbentuk sebelumnya. Dan lakukan eliminasi pada rule yang memiliki nilai *support* dan *confidence* kurang dari minimum *support* dan minimum *confidence*.
- e. Ulangi proses b sampai d dengan menggunakan *k-itemset* selanjutnya sampai batas *k-itemset* yang telah ditentukan.



Gambar 1. Ilustrasi rule 2-itemset



Gambar 2. Ilustrasi rule 3-itemset

Pendapat (Tan, Steinbach, Kumar, 2006) menyatakan pendapatnya bahwa nilai support yang rendah menunjukkan suatu rule tidak penting, tapi bisa menjadi penting jika nilai confidence besar. Dan suatu rule yang tereliminasi belum tentu tidak penting, bisa jadi rule tersebut penting hanya saja transaksi atau kejadian jarang muncul. Dari sini peneliti menegaskan bahwa nilai support yang kecil tidak harus suatu rule tersebut tereliminasi, dan peneliti akan mempertahankan rule yang memiliki nilai *support* yang kecil tersebut dan untuk menunjukkan tingkat kepentingan dari rule maka pengujian penggunaan korelasi sebagai pembuktiannya. (Saran, Aditi) mengungkapkan jika terdapat permasalahan yang muncul pada *association rule* yaitu jika nilai menentukan minimum *support* terlalu tinggi maka banyak item yang jarang muncul tidak ditemukan dan untuk mendapatkan item yang jarang muncul maka bisa menggunakan nilai minimum *support* yang kecil. Dan ini menjadi dasar peneliti menggunakan minimum *support* yang kecil dalam pembentukan

*rule* pada metode ini. Metode ini sesuai dengan data penelitian peneliti yang menggunakan data sebab-akibat yang mudah pengolahannya menggunakan *Association Rule*. Penelitian (Saran, Aditi) dan (Verma, Khan, Maiti, Khrisna) juga menunjukkan bahwa penggunaan metode ini cocok untuk digunakan untuk mencari hubungan sebab-akibat dalam mencari solusi dari suatu permasalahan.

**2.2 Fisher Exact Test**

Fisher Exact Test merupakan salah satu metode dari Chi-Square hanya saja digunakan dalam kasus yang spesifik. Salah satu yang persyaratan metode ini yaitu digunakan pada tabel 2x2 dan pada salah satu cell terdapat nilai harapan 0 atau kurang dari 5 dan jumlah data sampel kurang dari 40. Karena pada metode *Pearson Chi-Square* syarat yang diperlukan yaitu tidak ada cell yang memiliki frekuensi kurang dari 5 dan besar sampel lebih dari 40. Pada intinya Fisher exact test dilakukan dengan cara menguji pada semua kemungkinan tabel yang terbentuk berdasarkan total baris dan total kolom dan secara matematika menggunakannya dalam bentuk faktorial untuk mendapatkan hasil hipotesa. Dan dalam metode ini terdapat dua jenis penggunaan yaitu dengan *One Side P-Value* dan *Double One Side P-Value*. Perbedaan keduanya hanya terletak nilai P-Value, untuk metode kedua nilai hasil Probability pada Fisher Exact dikalikan dua. Hal ini dikarenakan pada penggunaan double one side p-value yaitu dengan menjumlahkan nilai p-value yang didapatkan dari kemungkinan tabel yang terbentuk dilihat dari sisi kanan dan sisi kanan dan sisi kiri. Dan perlu diketahui bahwa terdapat dua proses perhitungan pada metode ini dengan menggunakan rumus (1), yaitu yang menghitung nilai deviasi ekstrim (jika tidak terdapat cell yang memiliki nilai 0) dan yang tidak menggunakan deviasi ekstrim (jika semua cell ada nilai 0).

Tabel 1. Contoh Tabel 2x2

|        |       | Akar Permasalahan |       | Jumlah |
|--------|-------|-------------------|-------|--------|
|        |       | Ada               | Tidak |        |
| Gejala | Ada   | A                 | B     | A+B    |
|        | Tidak | C                 | D     | C+D    |
| Jumlah |       | A+C               | B+D   | N      |

Penelitian (Campbell, 2007) menyatakan bahwa nilai P-Value merupakan nilai ekstrim dari sebuah proses pengamatan yang digunakan untuk menentukan nilai hipotesa null. Dan pengujian penelitian menggunakan kombinasi tabel (0 6 6 0) dengan membandingkan antara *Pearson Chi-Square* dan *Fisher Exact Test Double One Side P Value* menunjukkan beberapa hasil hipotesa null yang saling berlawanan. Jika metode pertama semua menghasilkan menolak H0 maka metode kedua menghasilkan penerimaan terhadap H0. Sehingga tidak terdapat variasi hasil dari keduanya. Dan inilah yang menjadi dasar dari peneliti untuk mencoba

menggunakan metode dengan *One Side P-Value* dan *Double One Side P-Value* terhadap pengujian tabel 2x2 pada symporm dan root cause. Dengan tipe data yang berbeda dari (Campbell, 2007) apakah akan berpengaruh sama dengan hipotesa yang dihasilkan. Tabel 1 adalah gambaran dari tabel 2x2 yang digunakan dasar persamaan (3).

$$X^2 = \frac{(A+B)!(C+D)(A+C)!(B+D)!}{N!(A)!(B)!(C)!(D)!} \quad (3)$$

Dimana nilai  $X^2$  merupakan nilai *Fisher Exact Test One Side P-Value* sedangkan A, B, C, dan D merupakan nilai frekuensi pada masing-masing *cell*. Nilai signifikan pada tabel sering digunakan taraf signifikansi adalah 0.05. Adapun hasil yang diperoleh jika nilai *P-Value* dari *Fisher Exact Test* lebih besar dari 0.05 maka  $H_0$  diterima dan jika sebaliknya maka  $H_0$  ditolak.  $H_0$  dalam penelitian ini menunjukkan bahwa dua variabel gejala dan akar permasalahan tidak memiliki asosiasi (saling bebas), dan  $H_1$  menunjukkan bahwa kedua variabel tersebut saling berasosiasi. Sedangkan untuk *Fisher Exact Test Double One Side P-Value* hanya dengan mengalikan dua kali nilai dari tipe *one side p-value*.

**2.2 Koefisien Korelasi Phi**

Koefisien phi digunakan untuk membandingkan dua atribut memiliki data dikotomis dimana data ini hanya memiliki dua poin dalam skala yang tidak dapat diukur. Data dikotomi adalah data diskrit, data kategorik atau data nominal dan data ini adalah data dari hasil perhitungan, sehingga tidak dijumpai bilangan pecahan. Dalam data dikotomi setiap data dikelompokkan menurut kategorinya dan diberi angka, dimana angka-angka tersebut adalah label dan bukan tingkatan. Data dikotomi dibagi dua yaitu data true dichotomy dan artificial dichotomy. True dichotomy misalnya adalah jenis kelamin, warna kulit, suku bangsa, bahasa daerah dll. Contoh atribut data dikotomi sebenarnya yang digunakan hidup atau mati, hitam atau putih, diterima atau ditolak, sukses atau gagal. Sedangkan artificial dichotomy misal 1 berarti tidak lulus, dan 2 lulus, tapi dapat juga dirubah menjadi angka lain tanpa harus berpegang dengan angka tersebut. Dan lebih phi sendiri lebih dikenal dengan Yule ( $\phi$ ). Dalam statistikan Koefisien Korelasi Phi digunakan untuk menguji kekuatan antara dua variabel. Penggunaan Koefisien Korelasi Phi berkaitan dengan hasil yang didapatkan nilai pada nilai Chi-Square dimana nilainya diperoleh dengan menggunakan metode Fisher Exact Test One Side P-Value. Penggunaan rumus (4) adalah cara mendapatkan nilai dari Koefisien Korelasi Phi.

$$\phi^2 = \frac{X^2}{N} \quad (4)$$

Dimana  $\phi$  merupakan nilai dari Koefisien Korelasi Phi,  $X^2$  merupakan nilai dari Chi-Square

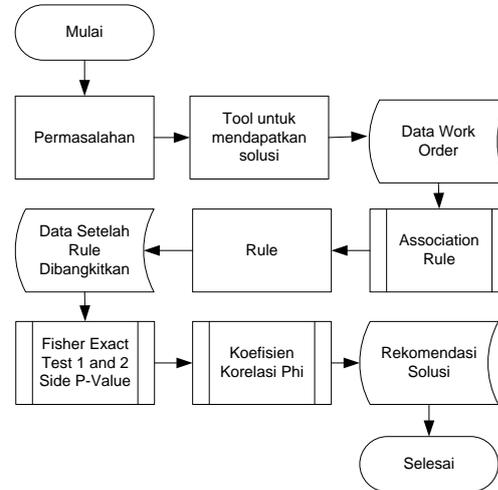
dan sedangkan N merupakan total sampel data dalam tabel 2x2. Nilai koefisien phi memiliki rentang antara -1 hingga 1. Adapun rumus dari koefisien korelasi ini jika menggunakan tabel 2x2 sebagaimana tergambar pada Tabel I. Maka penggunaannya adalah rumus (5).

$$\phi = \frac{AD-BC}{\sqrt{(A+B)(C+D)(A+C)(B+D)}} \quad (5)$$

Dimana nilai  $\phi$  merupakan nilai dari Koefisien Korelasi Phi. sedangkan A, B, C, dan D merupakan nilai frekuensi pada masing-masing *cell*. Semakin mendekati 0 hubungan kedua atribut atau data semakin lemah. Sedangkan nilai 1 menunjukkan jika kedua data memiliki hubungan yang sempurna. Tanda (+) pada nilai korelasi jika suatu variabel x mengalami kenaikan maka variabel y ikut naik dan jika nilai variabel x turun maka variabel y ikut turun. Sedangkan tanda (-) menandakan jika suatu variabel x naik maka variabel y mengalami penurunan dan jika variabel x nilainya turun maka variabel y naik.

**2.4 Proses Penerapan Penelitian**

Penggunaan metode di atas bertujuan untuk mencari pembuktian adanya hubungan antara dua variabel gejala dan akar permasalahan agar didapatkan solusi terbaik. Gambar 3 menunjukkan flowchart rancangan basis pengetahuan.



Gambar 3. Rancangan Basis Pengetahuan

Data-data permasalahan Work Order didapatkan dari sistem ERP Microsoft Dynamic AX. Dimana data yang terkumpul tabel 2 menunjukkan sampel dari permasalahan WO yang terdiri dari dua variabel yang akan dicari hubungannya.

Tabel 2. Sampel Permasalahan dari WO

| Problem              | Symptom                                   | Symptom | Root Cause                            |
|----------------------|---|---------|---------------------------------------|
| Can't login computer | Account is locked out in active directory | -       | Wrong type password more than 3 times |

|                           |   |                                       |   |
|---------------------------|---|---------------------------------------|---|
| On / Off button failure   | Battery have a tone 'tiit' continuously               | -                                     | Broken batery as source make UPS can't receive ele... |
| Monitor off but CPU is on | Blank screen condition                                | -                                     | RAM didn't install correclly                          |
| Can't open Dynamic AX     | Can't start microsoft axapta has more users are ru... | -                                     | More user use AX, and online user reached maximum ... |
| Can't login computer      | Account is locked out in active directory             | Wrong type password more than 3 times | Password computer expired                             |
| Can't connect network     | Connection from boiler to factory die                 | Hub condition die in boiler           | No have source of electricity                         |
| Can't open Dynamic AX     | Lost path from network                                | Last path removed from network        | New path create for AX-AD network                     |

Tabel 2 menunjukkan masing-masing dari permasalahan terjadi berulang-ulang sehingga tidak hanya sekali muncul dalam *Work Order*.

Dengan permasalahan yang terjadi berulang-ulang bisa dicari rule dari suatu permasalahan dengan menggunakan metode Association Rule. Gambar 3 menunjukkan contoh perhitungan mendapatkan nilai support dan confidence dari permasalahan “Can't open Dynamica AX” untuk rule (*Lost path from network* ∩ *Last path removed from network* → *New path create for AX-AD network*).

$$\text{Support} = \frac{12}{532} = 0.02256$$

$$\text{Confidence} = \frac{12}{12} = 1$$

Gambar 3. Contoh Nilai Support dan Confidence

Adapun penetapan batasan nilai support dan confidence pada penggunaan metode ini, dimana pada tabel 3 menunjukkan hasil berupa jumlah rule dari penggunaan minimum support dan minimum confidence.

Tabel 3 Jumlah Rule dengan Minimum Support dan Minimum Confidence yang Berbeda

| Min FI | Min Sup | Jumlah Rule Minimum Confidence |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|--------|---------|--------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
|        |         | .1                             | .2 | .3 | .4 | .5 | .6 | .7 | .8 | .9 | .99 |
| 3      | 0.001   | 44                             | 44 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34  |
| 3      | 0.009   | 21                             | 21 | 20 | 20 | 19 | 18 | 17 | 17 | 16 | 15  |
| 3      | 0.011   | 19                             | 19 | 18 | 18 | 17 | 16 | 15 | 15 | 14 | 13  |
| 3      | 0.014   | 8                              | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 7  | 7  | 6  | 5   |
| 3      | 0.017   | 6                              | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 5  | 5  | 5  | 4   |
| 3      | 0.019   | 5                              | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3   |
| 3      | 0.023   | 2                              | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1   |
| 3      | 0.027   | 1                              | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0   |

Berdasarkan Tabel 3 membuktikan penelitian dari (Tan, Steinbach dan Kumar, 2006) dan (Zhao

dan Bhowmick, 2003) tentang penggunaan minimum support dan minimum confidence. Setelah didapatkan rule dari proses Association Rule maka selanjutnya yaitu dilakukan proses pencarian hubungan dua variabel masing-masing rule dengan menggunakan uji Fisher Exact Test One Side P-Value. Untuk hipotesa yang digunakan H0 menunjukkan tidak terdapat keterkaitan antara gejala (symptom) dan akar permasalahan (root cause) dalam proses pencarian solusi sedangkan H1 menunjukkan Terdapat keterkaitan antara gejala (symptom) dan akar permasalahan (root cause) dalam proses pencarian solusi.

Setelah rule terbentuk melalui proses Association Rule selanjutnya adalah mencari korelasi antara dua variabel symptom dan root cause pada rule apakah saling memiliki hubungan. Lihat gambar 4. Contoh penggunaan Fisher Exact Test One Side P-Value pada rule permasalahan “Low access internet” dengan gejala “Any host was using internet download manager” dan akar permasalahan adalah “Seen from the condition of the download rate is stable at a certain IP is continuously in mikrotik”. Tabel 4 menunjukkan sampel tabel (3 0 0 4) pada tabel 2x2 dari permasalahan tersebut.

Tabel 4. Contoh Tabel 2x2 Hasil Pembentukan Rule dengan Minsup = 0,001 dan Minconf = 0,1

|         |     | Root Cause |    | Total |
|---------|-----|------------|----|-------|
|         |     | Yes        | No |       |
| Symptom | Yes | 3          | 0  | 3     |
|         | No  | 0          | 4  | 4     |
| Total   |     | 3          | 4  | 7     |

$$X^2 = \frac{(3+0)!(0+4)(3+0)!(0+4)!}{7!(3)!(0)!(0)!(4)!} = \frac{(3)!(4)(3)!(4)!}{7!(3)!(0)!(0)!(4)!} = 0,029$$

Gambar 4. Nilai Fisher Exact Test One Side P-Value Tabel IV

$$X^2 = 0.029 \times 2 = 0.058$$

Gambar 5. Nilai Fisher Exact Test Double One Side P-Value Tabel IV

Berdasarkan nilai Fisher Exact Test One Side P-Value untuk tabel IV memiliki nilai 0,029 yang lebih kecil dari nilai signifikansi pada tabel yaitu 0,05 sehingga kesimpulan dari pengujian yaitu menolak H0. Yang berarti bahwa antara gejala “Any host was using internet download manager” dan akar permasalahan adalah “Seen from the condition of the download rate is stable at a certain IP is continuously in mikrotik” pada permasalahan permasalahan “Low access internet” saling berhubungan. Sedangkan penggunaan Double One Side P-Value hipotesa yang dihasilkan yaitu menerima H0, berlawanan dari hipotesa pada tipe 1.

Karena pada tipe 1 pengujian pencarian hubungan antara dua variabel tersebut terbukti maka

selanjutnya adalah mencari kekuatan antara kedua variabel tersebut dengan menggunakan koefisien korelasi Phi tergambar pada gambar 5.

$$\phi = \frac{(3)(4)-(0)(0)}{\sqrt{(3+0)(0+4)(3+0)(0+4)}} = \frac{7}{\sqrt{144}} = 0,58$$

Gambar 5. Nilai Fisher Exact Test One Side P-Value Tabel 4

Dan dari perhitungan tersebut dapat dikatakan jika hubungan dua variabel tersebut memiliki korelasi kuat positif karena lebih cenderung mendekati nilai +1. Kesimpulan dari contoh tersebut bahwa kecenderungan data lebih baik untuk diterapkan pada metode *Fisher Exact Test One side P-Value* dibandingkan *Double One Side P-Value*

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Pada bagian ini akan menjelaskan hasil dan evaluasi dari metode pada penelitian. Penelitian ini menggunakan beberapa tools untuk metode-metode yang terlibat antara lain XAMPP, SPSS, dan QI Macross.

#### 3.2 Dataset

Pada penelitian ini menggunakan database work order yang terdapat pada sistem CMS di Microsoft Dynamic AX. Dan melibatkan sebanyak 712 data work order dari keseluruhan permasalahan yang ada dalam sistem ini. Dalam tiap permasalahan WO terdapat beberapa variabel, dan dalam penelitian ini hanya dua variabel yang terlibat dalam pembentukan rule dan pencarian hubungan yaitu variabel gejala (symptom) dan akar permasalahan (root cause).

#### 3.2 Testing

Pengujian pada penelitian ini melibatkan tiga proses pada penjelasan sebelumnya. Untuk tahap awal pada metode Association rule, pembangkitan rule menggunakan tiga nilai minimum support dan minimum confidence yaitu  $min\_sup=0,001$  dan  $min\_conf=0,1$ ,  $min\_sup=0,006$  dan  $min\_conf=0,1$ , serta  $min\_sup=0,009$  dan  $min\_conf=0,3$ . Dan untuk minimum frekuensi itemset menggunakan bernilai 3. Dan berdasarkan tabel 3 menunjukkan secara berturut-turut menghasilkan jumlah rule 44, 38 dan 20 untuk penggunaan  $min\_sup$  dan  $min\_conf$  yang berbeda. Setelah mendapatkan rule, maka masing-masing rule akan dicari hubungan antara gejala dan akar permasalahan. Rule untuk pengujian menggunakan *Fisher Exact Test One Side P-Value* adalah yang memiliki ketentuan syarat dari metode ini, sehingga tidak semua rule yang dari hasil Association Rule terlibat dalam pengujian. Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan terdapat 35 rule hasil dari penggunaan tiga nilai  $min\_sup$  dan  $min\_conf$  yang berbeda. Setelah nilai dari pengujian

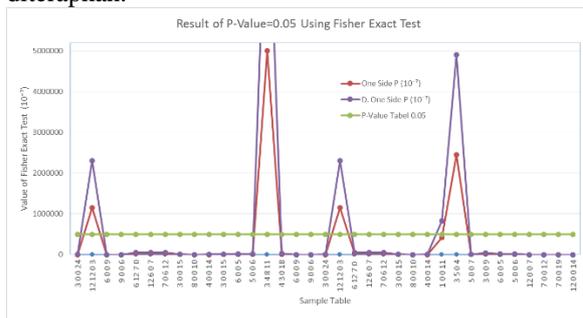
hubungan dua variabel menggunakan *Fisher Exact Test One Side P-Value*, kemudian penggunaan koefisien korelasi Phi untuk mencari kekuatan dari hubungan dua variabel hasil pengujian sebelumnya.

Tabel 5. Hasil Pengujian dari Pembangkitan Rule

| No | Sample Table | Σ Sampel | Min Sup | Min Conf | Fisher Exact Test              |                                   | Phi   |
|----|--------------|----------|---------|----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------|
|    |              |          |         |          | One Side P (10 <sup>-7</sup> ) | D. One Side P (10 <sup>-7</sup> ) |       |
| 1  | 3 0 0 24     | 27       | 0,001   | 0,1      | 1709,402                       | 3418,803                          | 1,000 |
| 2  | 12 12 0 3    | 27       | 0,001   | 0,1      | 1153846,154                    | 2307692,308                       | 0,316 |
| 3  | 6 0 0 9      | 15       | 0,001   | 0,1      | 999,001                        | 1998,002                          | 1,000 |
| 4  | 9 0 0 6      | 15       | 0,001   | 0,1      | 999,001                        | 1998,002                          | 1,000 |
| 5  | 6 12 7 0     | 25       | 0,001   | 0,1      | 26086,957                      | 52173,913                         | 0,599 |
| 6  | 12 6 0 7     | 25       | 0,001   | 0,1      | 26086,957                      | 52173,913                         | 0,599 |
| 7  | 7 0 6 12     | 25       | 0,001   | 0,1      | 26086,957                      | 52173,913                         | 0,599 |
| 8  | 3 0 0 15     | 18       | 0,001   | 0,1      | 6127,451                       | 12254,902                         | 1,000 |
| 9  | 8 0 0 10     | 18       | 0,001   | 0,1      | 114,265                        | 228,530                           | 1,000 |
| 10 | 4 0 0 14     | 18       | 0,001   | 0,1      | 1633,987                       | 3267,974                          | 1,000 |
| 11 | 3 0 0 15     | 18       | 0,001   | 0,1      | 6127,451                       | 12254,902                         | 1,000 |
| 12 | 6 0 0 5      | 11       | 0,001   | 0,1      | 10822,511                      | 21645,022                         | 1,000 |
| 13 | 5 0 0 6      | 11       | 0,001   | 0,1      | 10822,511                      | 21645,022                         | 1,000 |
| 14 | 3 4 8 11     | 26       | 0,001   | 0,1      | 5000000,000                    | 10000000,000                      | 0,007 |
| 15 | 4 3 0 18     | 25       | 0,001   | 0,1      | 13833,992                      | 27667,984                         | 0,700 |
| 16 | 6 0 0 9      | 15       | 0,006   | 0,1      | 999,001                        | 1998,002                          | 1,000 |
| 17 | 9 0 0 6      | 15       | 0,006   | 0,1      | 999,001                        | 1998,002                          | 1,000 |
| 18 | 3 0 0 24     | 27       | 0,006   | 0,1      | 1709,402                       | 3418,803                          | 1,000 |
| 19 | 12 12 0 3    | 27       | 0,006   | 0,1      | 1153846,154                    | 2307692,308                       | 0,316 |
| 20 | 6 12 7 0     | 25       | 0,006   | 0,1      | 26086,957                      | 52173,913                         | 0,599 |
| 21 | 12 6 0 7     | 25       | 0,006   | 0,1      | 26086,957                      | 52173,913                         | 0,599 |
| 22 | 7 0 6 12     | 25       | 0,006   | 0,1      | 26086,957                      | 52173,913                         | 0,599 |
| 23 | 3 0 0 15     | 18       | 0,006   | 0,1      | 6127,451                       | 12254,902                         | 1,000 |
| 24 | 8 0 0 10     | 18       | 0,006   | 0,1      | 114,265                        | 228,530                           | 1,000 |
| 25 | 4 0 0 14     | 18       | 0,006   | 0,1      | 1633,987                       | 3267,974                          | 1,000 |
| 26 | 1 0 0 11     | 12       | 0,006   | 0,1      | 416666,667                     | 833333,333                        | 1,000 |
| 27 | 3 5 0 4      | 12       | 0,006   | 0,1      | 2454545,455                    | 4909090,909                       | 0,408 |
| 28 | 5 0 0 7      | 12       | 0,006   | 0,1      | 6313,131                       | 12626,263                         | 1,000 |
| 29 | 3 0 0 9      | 12       | 0,006   | 0,1      | 22727,273                      | 45454,545                         | 1,000 |
| 30 | 6 0 0 5      | 11       | 0,006   | 0,1      | 10822,511                      | 21645,022                         | 1,000 |
| 31 | 5 0 0 6      | 11       | 0,006   | 0,1      | 10822,511                      | 21645,022                         | 1,000 |
| 32 | 12 0 0 7     | 19       | 0,009   | 0,3      | 99,230                         | 198,460                           | 1,000 |
| 33 | 7 0 0 12     | 19       | 0,009   | 0,3      | 99,230                         | 198,460                           | 1,000 |
| 34 | 7 0 0 19     | 26       | 0,009   | 0,3      | 7,601                          | 15,202                            | 1,000 |
| 35 | 12 0 0 14    | 26       | 0,009   | 0,3      | 0,518                          | 1,035                             | 1,000 |

Tabel 5 merupakan pengujian dari rule, dimana sample tabel merupakan data-data yang terbentuk dari rule, dan prosesnya seperti tergambar pada tabel 4. Dari tabel tersebut terlihat jika jumlah sampel dari rule yang terlibat adalah kurang dari 40 sebagaimana syarat dari metode *Fisher Exact Test* dan dalam tiap cell terlihat pada sebagian besar sample table terdapat nilai 0. Hasil hubungan antara gejala dan akar permasalahan tergambar pada grafik gambar 6.

Berdasarkan gambar 6 menunjukkan daerah penerimaan  $H_0$  untuk tipe 1 (*One Side P-Value*) terdapat dalam pada nomor sampel tabel 2, 14, 19, dan 27 dimana keempat sampel tersebut menunjukkan nilai yang lebih besar dari nilai 0,05 pada p-value tabel. Dan keempat sampel tersebut diperkuat dengan nilai koefisien korelasi kurang dari 0,5 yang berarti lebih dekat dengan nilai 0 yang berarti memiliki kekuatan korelasi yang lemah. Dan ketika dilakukan pengujian menggunakan tipe 2 (*Double One Side P-Value*) menunjukkan hal yang sama terjadi pada sampel tabel 2, 14, 19 dan 27. Namun kemudian ada perubahan penerimaan  $H_0$  pada rule no 26. Dimana nilai p-value lebih besar dari 0.05. Pernyataan (Campbell, 2007) terbukti dibagian rule ini dimana terdapat nilai yang berlawanan dari hasil penggunaan dua metode tersebut. Namun dari pengujian tersebut menunjukkan hampir 84% rule memiliki hubungan antara gejala dan akar permasalahan terlihat dari nilai Fisher Exact Test kurang dari 0,5 dan hampir keseluruhan sampel memiliki nilai koefisien korelasi Phi mendekati dan memiliki nilai 1. Sehingga penggunaan dua metode tersebut pada penelitian ini menggunakan data work order layak untuk diterapkan.



Gambar 6. Grafik Nilai Fisher Exact Test Terhadap P-Value Tabel

Dan berdasarkan tabel 5 menunjukkan bahwa penggunaan nilai *min\_sup* dan *min\_conf* yang makin tinggi semakin memperkuat hubungan rule yang terbentuk dimana terbukti penggunaan *min\_sup*=0,009 dan *min\_conf*=0,3 tidak terdapat satu pun hasil rule yang tidak memiliki hubungan antara dua variabel, serta menunjukkan hubungan yang kuat antara variabelnya, dimana semua nilai koefisien korelasi memiliki nilai 1.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian berdasarkan dari hasil uji dan analisa dari penggunaan metode di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Penggunaan Fisher Exact Test One-Side P Value dan Double One Side P-Value pada data work order menunjukkan adanya hubungan antara variabel gejala dan akar permasalahan pada rule hasil pembangkitan Association Rule pada

sebagian besar rule yang terbentuk.

- Semakin tinggi penggunaan nilai minimum support dan minimum confidence pada Association rule semakin memperbesar peluang suatu rule memiliki hubungan yang kuat.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- AGRAWAL R, IMIELINSKI T, SWAMI A. 1993. Mining Association Rules between Sets of Items in Large Database. *Proceeding of the 1993 ACM SIGMOOD Conference*. Computer Science Department Rutgers University.
- CAMPBELL, I. 2007. Chi-squared and Fisher-Irwin Tests of Two by Two Tables with Small Sample Recommendations. *Statistics in Medicine*. 26, pp. 3661 - 3675.
- CHENG C.W, LIN C.C, LEU S.S. 2010. Use of association rules to explore cause-effect relationships in occupational accidents in the Taiwan construction industry. *Safety Science*. vol. 8. pp. 436-444.
- PAWLAK, R.R. 2014. Industrial Problem Solving Simplified An 8-Step Program, Springer Since + Business Media, New York.
- ROZI, F., & SUKMANA, F. 2016. Metode Siklis dan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System untuk Peramalan Cuaca. *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika (JIPI)*, 1(01).
- ROZI, F., & SUKMANA, F. 2016. Penggunaan Moving Average Dengan Metode Hybrid Artificial Neural Network Dan Fuzzy Inference System Untuk Prediksi Cuaca. *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika (JIPI)*, 1(02).
- SARAN, ADITI. Association Rule Mining. *Data Mining Technique and Tools for Knowledge Discovery in Agricultural Dataset*. pp. 298.
- SUKMANA, F., & BULAILI, J. L. 2015. Rekomendasi Solusi pada Computer Maintenance Management System Menggunakan Association Rule, Koefisien Korelasi Phi dan Chi-Square. In *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII* (pp. 1-8).
- TAN, P.N, STEINBACH M DAN KUMAR V. 2006. Introduction Data Mining. 1<sup>st</sup> edition, Pearson Education, Inc., Boston.
- VERMA A, KHAN S.D, MAITI J, KHRISNA O.B. 2014. Identifying Pattern of Safety Related Incident in a Steel Plant Using Association Rule Mining of Incident

Investigation Report. *Safety Science*. 70.  
pp. 89-98.

WALLIS, SEAN. 2012. Measures of Association  
for Contingency Tables. *Survey of  
English Usage*, University College  
London.

WEAVER, BRUCE. 2016. Assumption or  
Restriction for Chi-Square Test on  
Contingency Table. University Lakehead.

ZAIED, R.A., ABHARY K., DAN GOMAA A.H.  
2010. Intelligent Integrated Maintenance  
of Manufacturing System. *Engineering  
The Future*. Vol.1, No. 15, hal. 297-316.

## OPTIMASI RENDERING GAME 2D ASTEROIDS MENGGUNAKAN PEMROGRAMAN CUDA

Fathony Teguh Irawan<sup>1</sup>, Muhammad Rizal Ma'rufi<sup>2</sup>, Imam Cholissodin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya

Email: <sup>1</sup>fathony.teguh@gmail.com, <sup>2</sup>mrmakroefi@gmail.com, <sup>3</sup>imamcs@ub.ac.id

(Naskah masuk: 19 Oktober 2017, diterima untuk diterbitkan: 25 Desember 2017)

### Abstrak

Sumber untuk mendapatkan hiburan sangatlah banyak, salah satunya melalui media *video game*. Minatnya masyarakat terhadap *video game* dibuktikan dengan besarnya angka pengguna *video game*. Oleh karena itu, performa *video game* sangatlah diperhitungkan agar dapat memperluas pasar. Salah satu cara untuk meningkatkan performa dari *video game* adalah dengan memanfaatkan GPU. Cara untuk membuktikan bahwa performa GPU lebih baik daripada CPU dalam pemrosesan secara paralel adalah dengan cara membandingkan hasil dari proses CPU dibandingkan dengan hasil proses GPU. Paper ini memaparkan perbedaan performa sebuah *video game* yang diimplementasikan menggunakan CPU yang dibandingkan dengan implementasi GPU.

**Kata kunci:** *games, video game, game development, CPU, GPU, CUDA, optimasi, analisis*

### Abstract

*There are many sources for having fun, one of them is through a video game. Public interest in a video game is proven by a large number of video game user. Therefore, the performance of video game is considered to expand the market. One of many ways to improve performance is using GPU processing. The way to prove that GPU processing is faster than CPU processing on the parallel process is by comparing the result of GPU processing and CPU processing. This paper describes the differences in performance of video game that is implemented using GPU approach and CPU approach.*

**Keywords:** *games, video game, game development, CPU, GPU, CUDA, optimization, analysis*

## 1. PENDAHULUAN

Era modern ini banyak sekali hiburan yang bisa dilakukan disaat senggang untuk melatih konsentrasi, daya ingat, terapi untuk edukasi, ataupun menghilangkan penat. Salah satu cara yang paling praktis, populer, dan hampir bisa dilakukan dimana saja serta tersedia di hampir semua platform seperti *mobile, desktop, laptop* dan *console*, adalah *video game*. *Video game* sangat diminati oleh masyarakat, hal ini disebabkan karena game dapat menyuguhkan sebuah cerita unik, baik visual maupun audio, dan *user* dapat berinteraksi langsung di dalamnya. Tidak sedikit penggemar *video game* yang bermain hanya untuk hiburan atau menghabiskan waktu luang, hal ini dibuktikan dengan meningkatnya kebutuhan *video game* dari tahun ke tahun dengan jumlah pemain *video game* yang mencapai pada angka 1,3 miliar (De Prato, Feijoo, & Simon, 2014).

Dipihak produsen game sendiri, ini merupakan perilaku yang menguntungkan bagi mereka, yaitu dengan memperluas pasar penjualan *video game*. Namun, kondisi ini tentunya harus diimbangi dengan peningkatan kualitas produksi *video game* oleh pihak industri, salah satunya ialah dengan cara memanfaatkan kemampuan perangkat keras yang tersedia sehingga performa dari *video game* yang

dimainkan dapat dijalankan oleh pemain dengan selancar mungkin. Dengan semakin optimalnya sebuah *video game*, maka dapat dipastikan luas pasar yang dapat dijangkau semakin besar. Meskipun sebelumnya, pasar utama dari *Graphical Processing Unit* (GPU) untuk pemrosesan grafis, namun GPU juga dapat digunakan dalam pemrosesan non-grafis dan menghasilkan performa yang sangat bagus. (Ryoo, et al., 2008). Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas hasil dari *video game* sehingga optimal adalah dengan menggunakan *parallel processing*. *Parallel processing* digunakan agar dapat melakukan komputasi secara paralel sehingga dapat meningkatkan jumlah *frame* yang diproses dalam satu detik, sehingga meningkatkan performa *video game* secara signifikan.

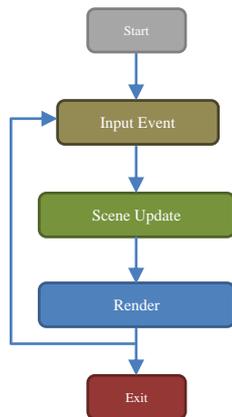
Pemrograman GPU mencakup konsep dasar *GPU programming*, pembahasan mendalam teknik komputasi paralel berbasis GPU, implementasi teknologi terkini, yang meliputi *deep learning, self-driving cars, virtual reality, game development, accelerated computing, design & visualization, autmous machines*, dengan melakukan komputasi secara cepat dan tepat, serta mengintegrasikan teknik paralel terhadap kebutuhan teknologi masa depan dengan mengambil potensi dari pengolahan data yang cepat untuk meningkatkan hasil yang lebih akurat.

Tujuan diadakan penelitian *video game* Asteroids sebagai objek adalah untuk meningkatkan performa secara umum. Proses peningkatan performa dari *video game* adalah dengan memanfaatkan *interoperability* dari CUDA dan OpenGL. Hasil dari penelitian ini adalah membandingkan perbedaan performa antara *video game* yang memanfaatkan *interoperability* CUDA dan OpenGL dibandingkan dengan *video game* tanpa memanfaatkan *interoperability* dari CUDA dan OpenGL. Batasan dari penelitian ini adalah *video game Asteroids* dengan memanfaatkan *freeglut* sebagai *windowing library* dan OpenGL sebagai *rendering library*.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Game Loop

Game loop merupakan *central point* dari sebuah game. Pada tahap ini, program akan menerima *input* dari *user*, yang kemudian akan diproses sebagai *input* untuk mengubah *environment* game dan perubahan visual akan ditampilkan sebagai *output*. Sehingga terjadi interaksi dari *player*. Proses ini akan dilakukan berulang dan terus menerus sampai program dihentikan. Pada Gambar 1 merupakan alur dari game loop berupa diagram.



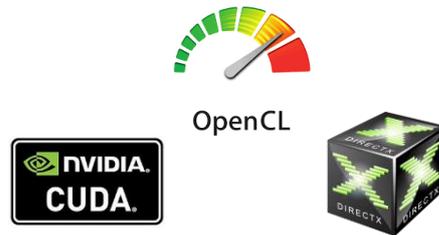
Gambar 1. Game Loop dari game Asteroids

### 2.2 Pemrograman GPU

*Graphics Processing Unit* (GPU) merupakan sebuah *hardware* yang dimaksudkan untuk memproses gambar pada komputer. Pada tahun 2001, GPU mulai dimanfaatkan untuk keperluan komputing umum atau non-grafis. Kelebihan utama dari GPU dibandingkan dengan CPU adalah *core* GPU yang berjumlah sampai ribuan buah. Hal ini membuat waktu proses menjadi lebih singkat dan efisien dengan memanfaatkan banyaknya *core* untuk membagi dan memproses data secara bersamaan dalam satu waktu.

Kemampuan dari GPU dapat dimanfaatkan harus ada jembatan untuk menghubungkan program dengan *hardware* GPU. Berdasarkan pada Gambar 2, setidaknya ada 3 API untuk memanfaatkan GPU,

yakni CUDA dari Nvidia, OpenCL dari Khronos, dan DirectCompute dari Microsoft. Dalam paper ini, API yang digunakan adalah Nvidia CUDA.



Gambar 2. Nvidia CUDA, OpenCL dan DirectX

### 2.3 CUDA

*Compute Unified Device Architecture* (CUDA) merupakan *platform* dan *programming* untuk komputasi paralel yang dikembangkan Nvidia. CUDA difokuskan untuk mengambil keuntungan sepenuhnya dari GPU Nvidia. Berbeda dengan OpenCL yang mampu memanfaatkan GPU non-Nvidia (AMD, Intel, Mali, dsb). CUDA memungkinkan untuk melakukan paralel komputing menggunakan GPU untuk keperluan non-grafis.

CUDA sendiri didesain untuk diprogram pada bahasa pemrograman C, C++, dan Fortran. Selain itu, CUDA juga mendukung API seperti OpenCL, hal ini memungkinkan kita untuk menggunakan API CUDA jika pada platform yang menggunakan GPU Nvidia, dan menggunakan API OpenCL pada platform non Nvidia seperti AMD, Intel, Mali, dan PowerVR.

### 2.4 Kode Kernel dan Host

Kode Kernel adalah kode yang akan dijalankan pada device atau GPU. Kode ini dijalankan pada *thread* di *device*. Salah satu contoh Kode Kernel yang ada pada CUDA dan kode host pada CPU ada pada Kode Program 1 berikut.

```

1 // kode kernel
2 __global__ void fnMatrixPlusGPU(float
3 *A, float *B, float *Hasil){
4     int kolom = threadIdx.x;
5     int baris = threadIdx.y;
6     int tid = (baris * N) + kolom;
7     Hasil[tid] = A[tid] + B[tid];
8 }
9 // kode host
10 void fnMatrixPlusCPU(float *A, float
11 *B, float *Hasil, int jumlahData){
12     for (int i = 0; i < jumlahData;
13         i+=1){
14         Hasil[i] = A[i] + B[i];
15     }
16 }
  
```

Kode Program 1. Penjumlahan Matrik N x N

Kode Host adalah kode yang dijalankan pada host atau CPU. Inisialisasi memori yang akan diproses oleh *device* akan dilakukan pada Kode Host. Pada Kode Program 1, *N* menyatakan ukuran dari

baris atau kolom dari matrik, sedangkan `jumlahData` merupakan hasil dari  $N \times N$ .

## 2.5 Grid, Block, dan Thread

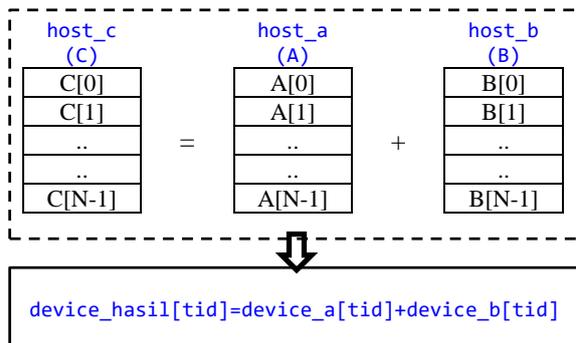
Ilustrasi penjelasan sebagai contoh yang lebih sederhana untuk memahami dengan mudah terkait konsep *grid*, *block* dan *threads* adalah dengan melihat Kode Program 2 dan 3 GPU untuk `vectorAddition` dengan `blockIdx.x` dibandingkan dengan Kode Program 4 dan 5 GPU untuk `vectorAddition` dengan `threadIdx.x` berikut.

```

1  __global__ void FnVectAdd(float
2  *device_hasil, float *device_a, float
3  *device_b){
4  // thread index (tid) yang diambil
5  // dari blockIdx.x
6  int tid = blockIdx.x;
7  // int tid2 = threadIdx.x;
8  // printf("cek threadIdx.x = %d \n",
9  // tid2);
10 // printf("cek blockIdx.x = %d \n",
11 // tid);
12 if (tid < N){
13     device_hasil[tid] = device_a[tid]
14     + device_b[tid];
15 }
16 }

```

Kode Program 2. `vectorAdd` dengan `blockIdx.x`



Gambar 3. Ilustrasi Proses Paralel pada `vectorAdd`

```

1  ////////////////////////////////////////////////////
2  // set ukuran grid dan block //
3  ////////////////////////////////////////////////////
4  dim3 grid(N, 1, 1);
5  dim3 block(1, 1, 1);
6
7  // memanggil fungsi pada GPU
8  FnVectAdd << < grid, block >>
9  >(device_hasil, device_a, device_b);
10 // atau dengan FnVectAdd << < N, 1 >>
11 // >(device_hasil, device_a, device_b);

```

Kode Program 3. Set grid, block dan Fungsi ke-1

Pada `vectorAddition` memiliki ukuran  $1 \times N$ , atau seperti matriks dengan ordo  $1 \times N$  atau sebaliknya, yaitu dengan ukuran  $N \times 1$  seperti matriks dengan ordo  $N \times 1$  seperti pada Gambar 3. Dari `dim3 grid(N, 1, 1)`; dapat dijabarkan berikut:

- `gridDim.x = N`, `gridDim.y = 1`, `gridDim.z = 1`

- `banyakBlok = gridDim.x*gridDim.y*gridDim.z = N`
- `blockIdx.x = {0,1,...,gridDim.x-1} = {0,1,...,N-1}` yang diambilkan dari `grid(N,...)`, `blockIdx.x`, memiliki anggota sebanyak `N`
- `blockIdx.y = {0}` yang diambilkan dari `grid(...,1,...)`, `blockIdx.y`, memiliki anggota sebanyak `1`
- `blockIdx.z = {0}` yang diambilkan dari `grid(...,1)`, `blockIdx.z`, memiliki anggota sebanyak `1`

Kemudian dari `dim3 block(1, 1, 1)`; dapat dijabarkan berikut:

- `blockDim.x = 1`, `blockDim.y = 1`, `blockDim.z = 1`
- `banyakThread = blockDim.x*blockDim.y*blockDim.z = 1`
- `threadIdx.x = {0}` yang diambilkan dari `block(1,...)`, `threadIdx.x`, memiliki anggota sebanyak `1`
- `threadIdx.y = {0}` yang diambilkan dari `block(...,1,...)`, `threadIdx.y`, memiliki anggota sebanyak `1`
- `threadIdx.z = {0}` yang diambilkan dari `block(...,1)`, `threadIdx.z`, memiliki anggota sebanyak `1`

```

1  __global__ void FnVectAdd(float
2  *device_hasil, float *device_a, float
3  *device_b){
4  // thread index (tid) yang diambil
5  // dari threadIdx.x
6  int tid = threadIdx.x;
7  // int tid2 = blockIdx.x;
8  // printf("cek blockIdx.x = %d \n",
9  // tid2);
10 // printf("cek threadIdx.x = %d \n",
11 // tid);
12 if (tid < N){
13     device_hasil[tid] = device_a[tid]
14     + device_b[tid];
15 }
16 }

```

Kode Program 4. `vectorAdd` dengan `threadIdx.x`

```

1  dim3 grid(1, 1, 1);
2  dim3 block(N, 1, 1);
3
4  // FnVectAdd << < grid, block >>
5  // >(device_hasil, device_a, device_b);
6  //atau dengan
7  FnVectAdd << < 1, N >> >(device_hasil,
8  device_a, device_b);

```

Kode Program 5. Set grid, block dan Fungsi ke-2

Dari `dim3 grid(1, 1, 1)`; dapat dijabarkan berikut:

- `gridDim.x = 1`, `gridDim.y = 1`, `gridDim.z = 1`
- `banyakBlok = gridDim.x*gridDim.y*gridDim.z = 1`
- `blockIdx.x = {0}` yang diambilkan dari `grid(1,...)`, `blockIdx.x`, memiliki anggota sebanyak `1`

- $blockIdx.y = \{0\}$  yang diambilkan dari  $grid(...,1,...)$ ,  $blockIdx.y$ , memiliki anggota sebanyak 1
- $blockIdx.z = \{0\}$  yang diambilkan dari  $grid(...,1)$ ,  $blockIdx.z$ , memiliki anggota sebanyak 1

Kemudian dari  $dim3\ block(N, 1, 1)$ ; dapat dijabarkan berikut:

- $blockDim.x = N, blockDim.y = 1, blockDim.z = 1$
- $banyakThread = blockDim.x * blockDim.y * blockDim.z = N$
- $threadIdx.x = \{0,1,...,blockDim.x-1\}$  yang diambilkan dari  $block(N,...)$ ,  $threadIdx.x$ , memiliki anggota sebanyak N
- $threadIdx.y = \{0\}$  yang diambilkan dari  $block(...,1,...)$ ,  $threadIdx.y$ , memiliki anggota sebanyak 1
- $threadIdx.z = \{0\}$  yang diambilkan dari  $block(...,1)$ ,  $threadIdx.z$ , memiliki anggota sebanyak 1

Global Thread ID (*x-direction*), pada komputasi paralel CUDA yang melibatkan  $blockIdx.x$ ,  $blockDim.x$ , dan  $threadIdx.x$  adalah berikut.

| Global Thread ID |   |   |   |   |                |   |   |   |   |
|------------------|---|---|---|---|----------------|---|---|---|---|
| 0                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5              | 6 | 7 | 8 | 9 |
| threadIdx.x      |   |   |   |   | threadIdx.x    |   |   |   |   |
| 0                | 1 | 2 | 3 | 4 | 0              | 1 | 2 | 3 | 4 |
| blockIdx.x = 0   |   |   |   |   | blockIdx.x = 1 |   |   |   |   |

Gambar 4. Ilustrasi Global Thread ID (tid)

Pada Gambar 4, diketahui  $gridDim.x = 2$ ,  $blockDim.x = 5$ , jumlah block = 2, dan jumlah thread (T) = 5. Jika dituliskan dalam bentuk set ukuran grid dan block-nya menjadi seperti "dim3 grid(2, 1, 1);" dan "dim3 block(5, 1, 1);", serta berikut kernel yang memungkinkan untuk digunakan:

- $FvectAdd<<<1, N>>>$
- $FvectAdd<<<(int)ceil(N/T), T>>>$ , terbaik untuk digunakan
- $FvectAdd<<<N, T>>>$ , atau lainnya

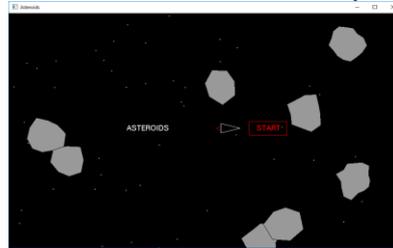
Global Thread ID (tid) dapat dihitung dengan "tid =  $blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x$ ". Jika Global Thread ID = 7, maka  $blockIdx.x = 1$ ,  $blockDim.x = 5$ , dan  $threadIdx.x = 2$ . Dan jika Global Thread ID = 4, maka  $blockIdx.x = 0$ ,  $blockDim.x = 5$ , dan  $threadIdx.x = 4$ .

### 3. IMPLEMENTASI

Kode yang diadopsi bersumber dari link web <https://github.com/RyGuyM/Asteroids> dan kode tersebut telah dioptimasi dengan menggunakan pemrograman CUDA, seperti yang terlihat pada Kode Program 7. Spesifikasi *hardware*, *software*, *dependency file* yang digunakan pada saat melakukan proses implementasi:

- Core i7, RAM 8 GB.
- NVIDIA GeForce GTX 1050Ti.

- Windows 10.
- Visual Studio Community 2015.
- CUDA Toolkit 8.0.
- File \*.dll, \*.lib, \*.h atau code lainnya.



Gambar 5. Tampilan Game Asteroids

Pada Gambar 5, game 2D Asteroids akan dilakukan proses *improvement*, dengan menggunakan GPU. Di dalam sebuah game pasti memiliki main loop. Pada main loop tersebut, sebuah proses pasti dilakukan secara berulang, dan hal inilah yang menjadi peluang untuk dilakukan pengoptimalan dengan Pemrograman CUDA, agar proses yang dilakukan dapat berjalan lebih cepat.

```

1  for (int i = 0; i < MAX_ASTERIODS; i++)
2  {
3      if (asteroids[i].active == 1){
4          asteroids[i].x = asteroids[i].x
5          + (asteroids[i].dx);
6          asteroids[i].y = asteroids[i].y
7          + (asteroids[i].dy);
8          asteroids[i].phi =
9          asteroids[i].phi
10         + asteroids[i].dphi;
11         if (asteroids[i].x < 0){
12             asteroids[i].x = xMax;
13         } else if (asteroids[i].x >
14             xMax){
15             asteroids[i].x = 0;
16         } else if (asteroids[i].y < 0){
17             asteroids[i].y = yMax;
18         } else if (asteroids[i].y >
19             yMax){
20             asteroids[i].y = 0;
21         }
22     }
23 }
    
```

Kode Program 6. Kode CPU (Game Asteroids)

Pada game loop yang terdapat pada game Asteroids di atas, terdapat beberapa method untuk melakukan *update* objek. Salah satunya yaitu melakukan *update* pada array asteroids. *Update* yang dilakukan yaitu berupa *update* posisi dan rotasi dari asteroids. Kode for-loop yang menggunakan CPU untuk melakukan *update* rotasi dan posisi asteroids ada pada file "Asteroids.c". Penjelasan Kode Program 6 adalah sebagai berikut:

1. Baris 1 for-loop untuk mengakses seluruh asteroid.
2. Baris 3 seleksi untuk merubah asteroids yang memiliki status aktif adalah *true*.
3. Baris 4 dan baris 6 untuk melakukan *update* posisi asteroids berdasarkan kecepatan masing-masing asteroids.

4. Baris 8 untuk melakukan *update* rotasi dari asteroids.
5. Baris 12-22 melakukan seleksi apabila asteroids keluar dari *border*, maka akan dipindahkan disebaliknya.

Kode di atas diubah agar dapat menggunakan GPU untuk melakukan *update* dari asteroids yang terdapat pada game. Dalam kasus ini for-loop akan dihilangkan dan akan diproses oleh masing-masing *thread* yang terdapat pada GPU. Hasil perubahan dari kode CPU di atas terdapat pada Kode Program 7.

```

1  __global__ void updateAsteroidsGPU
2  (Asteroid * asteroids, int xMax, int
3  yMax){
4      int i = threadIdx.x;
5      if (asteroids[i].active == 1){
6          asteroids[i].x = asteroids[i].x
7          + (asteroids[i].dx);
8          asteroids[i].y = asteroids[i].y
9          + (asteroids[i].dy);
10         asteroids[i].phi =
11         asteroids[i].phi +
12         asteroids[i].dphi;
13         if (asteroids[i].x < 0){
14             asteroids[i].x = xMax;
15         } else if (asteroids[i].x >
16         xMax){
17             asteroids[i].x = 0;
18         } else if (asteroids[i].y < 0){
19             asteroids[i].y = yMax;
20         } else if (asteroids[i].y >
21         yMax){
22             asteroids[i].y = 0;
23         }
24     }
25 }

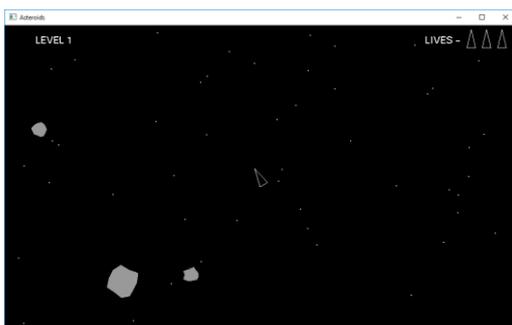
```

Kode Program 7. Kode CUDA (Game Asteroids)

Penjelasan detail dari kode program CUDA:

1. Baris 1 mendeklarasikan method kernel `updateAsteroidsGPU`.
2. Baris 4 mendapatkan `threadIdx.x` kemudian dimasukkan ke variable `i`.
3. Baris 5-24 merupakan kode dari Kode Program 6 dari kode host.

Hasil proses *running* ketika dijalankan pada Visual Studio dengan menggunakan GPU dapat dilihat keluarannya pada Gambar 6.

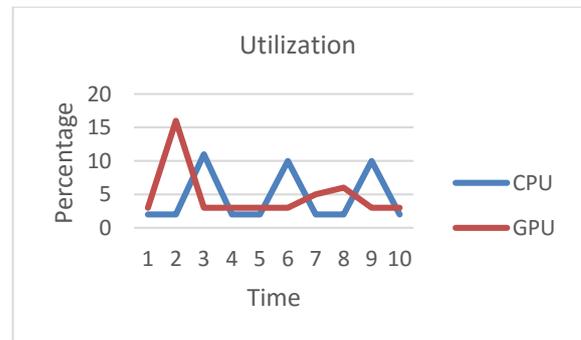


Gambar 6. Hasil Running dengan GPU

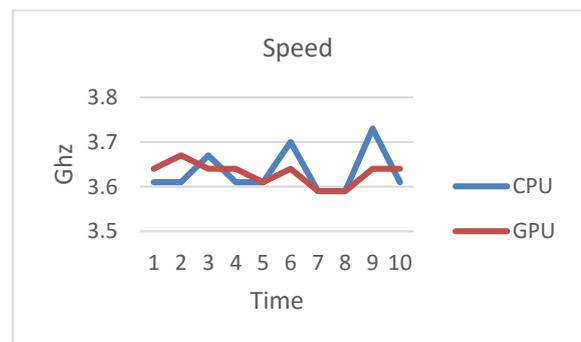
#### 4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Berdasarkan hasil pengujian CPU dan dengan menggunakan GPU, dapat dilihat hasilnya secara visualisasi. Berdasarkan grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 7-11, dapat dianalisis bahwa hasil nilai-nilai *utilization*, *speed*, *processes*, *thread*, dan *handles* yang menggunakan GPU relatif lebih kecil daripada kode yang di eksekusi menggunakan CPU.

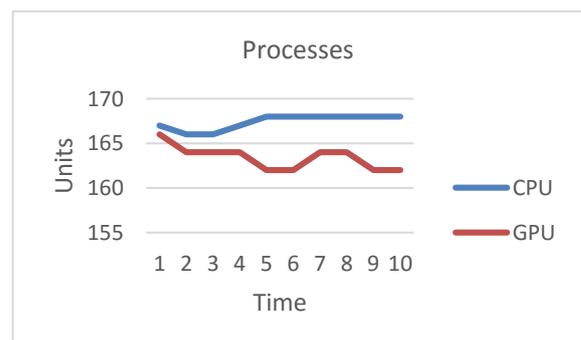
Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian, hasil percobaan menunjukkan bahwa implementasi dengan menggunakan pemrograman GPU dapat mengurangi *utilization* pada CPU. Dan pada percobaan menggunakan hanya CPU, terkadang terjadi *spiking*. Sedangkan ketika dilakukan implementasi dengan GPU, *utilization* dari CPU relatif stabil dan tidak terlihat adanya peningkatan kinerja yang signifikan. Hasil yang hampir sama juga terjadi pada *speed*, lalu pada *processes*, *threads*, dan *handles* juga, bahwa dengan GPU itu relatif lebih rendah dibandingkan CPU tanpa GPU.



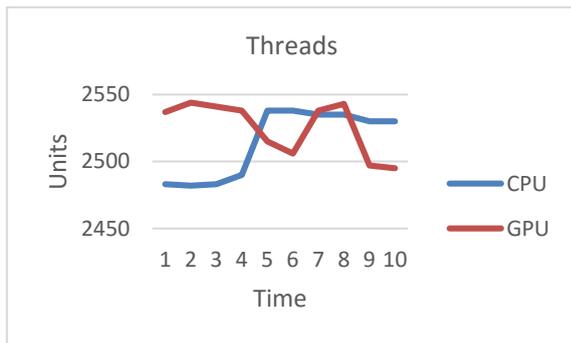
Gambar 7. Grafik perbandingan *utilization*



Gambar 8. Grafik perbandingan *speed*



Gambar 9. Grafik perbandingan *processes*



Gambar 10. Grafik perbandingan threads



Gambar 11. Grafik perbandingan handles

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Percobaan untuk melakukan peningkatan performa pada permainan Asteroids berhasil dengan memanfaatkan CUDA sebagai GPU *processing*. Pengujian dilakukan dengan merubah proses *update* dari objek yang di-render pada layar permainan. Hasil perubahan menggunakan GPU berdampak pada penggunaan sumber daya yang lebih ringan apabila dibandingkan dengan implementasi asli.

Hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa implementasi GPU dapat mengurangi *utilization* pada CPU. Pada percobaan CPU tanpa GPU, penggunaan CPU kadang terjadi *spiking*. Sedangkan pada implementasi GPU, *utilization* dari CPU relatif stabil. Hal yang sama juga terjadi pada *speed*. Kemudian pada bagian *processes*, *threads*, dan *handles* penggunaan dengan GPU relatif lebih rendah dibandingkan penggunaan CPU tanpa GPU. Kemudian untuk hasil yang didapatkan dari GPU adalah tidak adanya aktifitas yang signifikan pada CPU, karena proses yang awalnya berjalan pada CPU dipindahkan ke GPU. Akibat implementasi tersebut maka hasil pengoptimalan dapat tercapai. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan GPU dapat meningkatkan performa dibandingkan dengan implementasi CPU, meskipun tidak terlihat peningkatan performa secara signifikan, terutama dari segi tampilan grafis 2D. Dan saran untuk penelitian selanjutnya adalah meningkatkan performa dari *video game* dengan mengimplementasikan seluruh *update* yang dilakukan oleh CPU dengan

GPU, seperti *collision detection*, *particle*, dan objek-objek lain yang ada pada *video game*.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- BAKHODA, A., YUAN, G. L., FUNG, W. L., WONG, H., AAMODT, T. M., 2009, Analyzing CUDA Workloads Using a Detailed GPU Simulator. *University of British Columbia*.
- CHE, B., BOYER, M., MENG, J., TARJAN, D., SHEAFFER, J. W., SKADRON, K., 2008, A Performance Study of General-Purpose Applications on Graphics Processors Using CUDA, *Parallel and Distributed Computing*
- KECKLER, S. W., DALLY, W.J., KHAILANY, B., GARLAND, M., GLASCO, D., 2011, GPUs and The Future of Parallel Computing. *IEEE Computer Society*, 7-17.
- LEE, J. H., CLARKE, R. I., KARLOVA, N., THORNTON, K., & PERTI, A. 2014. Facet Analysis of Video Game Genres. *iConference 2014*, 131.
- MIVULE, K., HARVEY, B., COBB, C., SAYED, H. E., 2014, A Review of CUDA, MapReduce, and Pthreads Parallel Computing Models. *Bowie State University*.
- NICKOLLS, J., DALLY, W. J., 2010, The GPU Computing Era. *IEEE Computer Society*, 56-69.
- PRATO, G. D., FEIJOO, C., & SIMON, J.-P. 2014. Innovations in the Video Game Industry: Changing Global Markets. *Digiworld Economic Journal*, 17-18.
- RYOO, SHANE, RODRIGUES, CHRISTOPHER I., BAGHSORKHI, SARA S., STONE, SAM S., KIRK, DAVID B., HWU, WEN-MEI W., Optimization Principles and Application Performance Evaluation of a Multithreaded GPU Using CUDA, *PPoPP '08 Proceedings of the 13th ACM SIGPLAN Symposium on Principles and practice of parallel programming*, 73-82.
- WERKHOVEN, B. V., MAASSEN, J., SEINSTRA, F. J., 2011, Optimizing Convolution Operations in CUDA with Adaptive Tiling. *VU University*.

## ANALISIS QOS *DIFFERENTIATED SERVICE* PADA JARINGAN MPLS MENGUNAKAN ALGORITMA *THRESHOLD*

Laufi Dian Deodo Saputra<sup>1</sup>, Wiwin Sulisty<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Kristen Satya Wacana  
Email : <sup>1</sup>laufisaputra@gmail.com, <sup>2</sup>wiwinsulisty@staff.uksw.edu

(Naskah masuk: 15 Agustus 2017, diterima untuk diterbitkan: 30 Desember 2017)

### Abstrak

Seiring perkembangan layanan komunikasi data seperti *voice* (VoIP) dan *video streaming* pada jaringan yang memiliki *buffer space* dan *bandwidth* terbatas menyebabkan terjadinya beban *traffic*. Hal tersebut membuat pengguna VoIP dan *video streaming* membutuhkan suatu jaringan yang dapat memberikan *Quality of Service* (QoS) dalam memenuhi kebutuhan pengguna. IETF (*Internet Engineering Task Force*) mempunyai standar mekanisme layanan untuk memenuhi permintaan QoS diantaranya adalah penggabungan teknologi MPLS DiffServ yang mampu mengklasifikasi paket sesuai kebutuhan, tetapi ketika penumpukan terjadi akibat proses QoS ini, paket yang menumpuk tersebut akan di-drop, maka solusi untuk mengantisipasi *dropping* digunakanlah algoritma *threshold* pada WRED. Penambahan WRED sebagai algoritma *threshold* pada jaringan MPLS DiffServ memberikan pengaruh yang signifikan, dari hasil parameter QoS untuk layanan VoIP mampu mengurangi *packet loss* 43,1%, *delay* 0,005%, memaksimalkan *throughput* 1,26% dan mengurangi *jitter* 48,56%, untuk layanan *video streaming* mengurangi *packet loss* 15,93% dan memaksimalkan *throughput* 1,6% dibandingkan sebelum menerapkan algoritma *threshold*.

**Kata kunci:** *QoS, DiffServ, MPLS, threshold, VoIP, video streaming*

### Abstract

The development of data communication services like *voice* (VoIP) and *video streaming*, causing traffic load on networks which has limited *buffer space* and *bandwidth*. This condition makes VoIP and *video streaming* users need a network which can provide *Quality of Service* (QoS) to fill user needs. The IETF (*Internet Engineering Task Force*) has a standard service mechanism to fill QoS requests such as Incorporation of MPLS DiffServ technology which able to classify the package as needed but when the buildup occurs due to this QoS process, the packet will be dropped, Then the solution to anticipate dropping is used *threshold* algorithm on WRED. Added WRED as *threshold* algorithm on the MPLS-DiffServ network give a significant effect, from the results of QoS parameters for VoIP service is able to reduce *packet loss* 43.1%, *delay* 0.005%, maximize of *throughput* 1.26% and reduce *jitter* 48.56%, for streaming video services reduce *packet loss* 15.93% and maximize the *throughput* 1,6% than before applying the *threshold* algorithm.

**Keywords:** *QoS, DiffServ, MPLS, threshold, VoIP, video streaming*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi pada era globalisasi khususnya komunikasi data terus berkembang pesat. Hal ini dikarenakan layanan ini memberi kemudahan pada penggunaannya dalam berkomunikasi maupun bertukar informasi baik itu dalam bentuk data teks, suara maupun *video*.

QoS (*Quality of Service*) memegang peranan penting dalam implementasi berbagai layanan komunikasi, dikarenakan QoS merupakan parameter tingkat kualitas dari suatu layanan, akan tetapi pada jaringan IP tradisional saat ini masih berdasarkan pada *best effort services*. Dalam layanan *best effort services*, semua paket akan diperlakukan tidak sesuai kebutuhan dan diperlakukan *forwarding* yang sama. Seiring dengan perkembangan aplikasi-aplikasi seperti *voice* (VoIP) dan *video streaming* pada jaringan yang memiliki *buffer space* dan *bandwidth* yang terbatas menyebabkan adanya beban yang signifikan. Hal ini lah memicu

terjadinya *congestion* tidak bisa dihindari dalam jaringan IP *best effort* dan akan menghasilkan *packet loss*, *delay*, *throughput* dan *jitter* yang tidak baik. Hal ini akan berdampak pada kualitas dari *voice* (VoIP) dan *video* itu sendiri, karena *voice* (VoIP) dan *video streaming* sangat sensitive terhadap *delay* dan *packet loss*. Jadi, dalam arsitektur jaringan harus dilakukan semacam jaminan QoS yang akan menjamin kualitas aplikasi *voice* (VoIP) dan *video streaming* (Dhani dan Hafidudin, 2007).

Terdapat beberapa mekanisme QoS yang bisa dipetakan dalam klasifikasi paket *buffer management* dan *scheduling* dapat mengurangi dampak dari *congestion*. IETF (*Internet Engineering Task Force*) mempunyai standar model dan klasifikasi QoS diantaranya yaitu metode MPLS-DiffServ. Metode ini sudah banyak digunakan pada era sekarang dikarenakan memiliki kinerja yang lebih bagus dibanding MPLS-Intserv, karena MPLS-DiffServ merupakan suatu arsitektur jaringan IP QoS

yang mampu mengklasifikasi paket sesuai kebutuhan serta dapat melakukan proses *Dropping* saat terjadi penumpukan paket akibat proses QoS ini, dimana saat keadaan tertentu, paket-paket yang telah menumpuk akan dibuang atau di-drop (Putri, 2010). Mekanisme *dropping* pada umumnya diimplementasikan dengan mengatur fungsi paket *forwarding*. Dengan adanya *Differentiated Service Code Point* (DSCP) pada Diffserv, semua paket yang telah diprioritaskan biasanya di-drop pada saat antrian penuh, bisa diatasi dengan menggunakan algoritma *threshold* yang terdapat pada WRED (*Weighted Random Early Detection*).

Melihat dari permasalahan yang terjadi, maka pada penelitian ini akan diimplementasikan dan diuji, dimana jaringan IP MPLS-Diffserv dan mekanisme *dropping* menggunakan algoritma *threshold* akan dikombinasikan untuk melihat QoS dari *voice* (VoiP) dan *video streaming*. Dengan penambahan mekanisme *dropping* pada penggabungan *Differentiated Service* (Diffserv) dengan *Multi Protocol Label Switching* (MPLS) maka dapat memberikan performansi QoS yang terjamin dan memberikan solusi komunikasi yang lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan pengguna.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Firman Nurdiansyah dkk. (2010) membahas mengenai solusi mekanisme layanan untuk memenuhi permintaan QoS dengan kombinasi dari kedua teknologi Diffserv dan MPLS menjamin layanan jaringan tulang punggung dengan teknologi *fast packet switching*. Dari hasil penelitian dalam algoritma penjadwalan, CBQ-WRR menunjukkan performansi lebih baik dibanding WF2Q dikarenakan untuk algoritma penjadwalan WF2Q lebih handal dalam menangani paket VoIP saja dan untuk algoritma penjadwalan CBQ-WRR lebih handal dalam menangani paket *video* serta dalam menangani paket data.

Penelitian kedua yang membahas mengenai algoritma *threshold*, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Vivie Wulandari Sugiarto dkk. (2011) membahas mengenai simulasi dan implementasi algoritma *threshold*. Algoritma ini diimplementasikan ke dalam RED (*Random Early Detection*) dimana rata-rata ukuran paket yang berada dalam antrian dibandingkan dengan minimum *threshold* dan maximum *threshold*. Sebagai pembandingnya akan digunakan algoritma WRED (*Weighted Random Early Detection*). Dari hasil penelitian bahwa algoritma WRED menghasilkan nilai QoS yang lebih baik pada layanan *video*, karena algoritma WRED mempunyai keunggulan pada layanan dengan bobot paket yang besar seperti *voice* dan *video*, sedangkan algoritma penjadwalan RED menghasilkan nilai QoS yang lebih baik pada layanan dengan panjang paket berubah-ubah seperti HTTP.

Acuan penelitian terakhir oleh Misbahul Fajri (2016) yang membahas mengenai penanganan

kepadatan trafik data pada jaringan dengan mekanisme *Congestion Avoidance and Control* yang akan diimplementasikan metode AQM klasik FIFO (*Drop Tail*). Dengan mekanisme *Drop Tail* adanya pengiriman ulang pada paket yang telah di-drop karena terbatasnya *resource buffer*.

Berdasarkan acuan pustaka penelitian terdahulu, penulis memilih metode algoritma *Threshold* dengan menggunakan WRED menggantikan mekanisme *Drop Tail* sebagai *default Cisco* yang berada pada *Differentiated Service Code Point* (DSCP). Hal ini untuk menangani *congestion* pada *dropping* paket yang diimplementasikan pada trafik jaringan MPLS-Diffserv.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Quality of Service

*Quality of Service* (QoS) digunakan untuk mengukur performansi dan tingkat kualitas pada jaringan IP untuk menyediakan tingkat jaminan performansi pada layanan yang berbeda-beda. Parameter-parameter QoS yang biasa digunakan untuk pengukuran peformansi suatu jaringan antara lain *packet loss*, *delay*, *throughput* dan *jitter* [6].

*Packet Loss* merupakan suatu parameter QoS yang menunjukkan suatu jumlah total keseluruhan paket hilang atau tidak sampai ke *destinaton*, dikarenakan adanya *overload* atau *congestion* pada jaringan. Dalam suatu jaringan, *packet loss* diwajibkan mempunyai persentase yang kecil sesuai dengan standar (Ningsih, 2004).

Adapun standar *packet loss* dalam suatu implementasi jaringan versi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Packet Loss*

| Kategori     | Packet Loss |
|--------------|-------------|
| Sangat Bagus | 0 %         |
| Bagus        | 3 %         |
| Sedang       | 15 %        |
| Jelek        | 25 %        |

(Sumber: TIPHON)

Persamaan perhitungan *packet loss* dengan persamaan :

$$Packet\ Loss = \frac{(paket\ dikirim - paket\ diterima)}{paket\ dikirim} \times 100\% \dots\dots\dots (i)$$

*Delay* merupakan suatu parameter QoS yang menunjukkan jumlah waktu yang diperlukan paket untuk mencapai jarak dari *source* ke *destination*. Berberapa hal yang mempengaruhi *delay* adalah jarak, perangkat keras dan *congestion* (Ningsih,

2004). Standar *delay* menurut versi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Delay**

| Kategori     | Delay        |
|--------------|--------------|
| Sangat Bagus | < 150 ms     |
| Bagus        | 150 - 300 ms |
| Sedang       | 300 – 450 ms |
| Jelek        | > 450 ms     |

(Sumber: TIPHON)

Persamaan perhitungan *delay* dengan persamaan :  

$$Delay \text{ rata-rata} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket yang diterima}} \dots\dots\dots (ii)$$

*Throughput* merupakan parameter QoS yang menunjukkan suatu kecepatan rata-rata *bandwidth* yang sebenarnya, diukur dengan satuan waktu tertentu pada kondisi jaringan tertentu untuk melakukan pengiriman paket dengan ukuran tertentu juga (Ningsih, 2004). Hasil *throughput* diambil dari jumlah paket data yang dikirim dibagi dengan jumlah waktu yang diperlukan saat pengiriman paket data.

**Tabel 3. Throughput**

| Kategori     | Throughput |
|--------------|------------|
| Sangat Bagus | 100 %      |
| Bagus        | 75 %       |
| Sedang       | 50 %       |
| Jelek        | 25 %       |

(Sumber: TIPHON)

Persamaan perhitungan *throughput* dengan persamaan :

$$Throughput = \frac{\text{Jumlah paket data yang dikirim}}{\text{Waktu pengiriman data}} \dots\dots\dots (iii)$$

*Jitter* merupakan suatu parameter QoS yang menunjukkan jumlah dari variasi-variasi *delay* pada transmisi paket pada jaringan. Hal ini disebabkan banyaknya variasi panjang antrian paket dalam waktu proses paket dan waktu penghimpunan ulang paket-paket (Ningsih, 2004).

Terdapat 4 kategori penurunan perfromansi *jitter* menurut TIPHON (*Telecommnications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Jitter**

| Kategori     | Jitter       |
|--------------|--------------|
| Sangat Bagus | 0 ms         |
| Bagus        | 0 - 75 ms    |
| Sedang       | 75 - 125 ms  |
| Jelek        | 125 - 225 ms |

(Sumber: TIPHON)

Persamaan perhitungan *jitter* dengan persamaan :

$$Jitter = \frac{\text{(Total variasi delay)}}{\text{Total paket yang diterima - 1}} \dots\dots\dots (iv)$$

**2.2 Differented Service**

*Differented Service* (Diffserv) merupakan metode dalam implementasi kebutuhan QoS yang menyediakan multi layanan dengan membagi *traffic* dan memperlakukan setiap kelas secara berbeda. Diffserv menentukan IP *precedense field* maupun *Differentiated Service Code Point field* (DSCP) pada awal ketika paket akan masuk atau melewati ke dalam jaringan untuk menentukan jalan mana yang harus dilalui dengan tahapan *packet classification*, *traffic shaping*, *traffic policing*, dan *queuing* berdasarkan aturan yang dibutuhkan (Mirah, 2016).

**2.3 Multiprotocol Label Switching**

*Multiprotocol Label Switching* (MPLS) merupakan metode paket *forwarding* meneruskan paket pada jaringan dengan menyisipkan suatu label pada IP, yang memungkinkan sautu *router* dapat meneruskan packet tanpa perlu melihat IP alamat tujuan namun hanya melihat label dari paket tersebut (Nurdiansyah dkk., 2010).

MPLS pernggabungan metode *switching* pada *layer 2* dan metode *routing* pada *layer 3* sehingga dapat menyelesaikan masalah dalam *scalability*, kecepatan dan *Quality of Service* (QoS). *Label switching* yang didapat dari *layer routing network*, semua paket akan dianalisa didalam *router* saat pertama kali masuk dalam jaringan, setelah itu mekanisme *label switching* melakukan *forwading* paket data yang diterima. Tujuan utama MPLS adalah untuk mempercepat pencarian rute paket dalam setiap *router* yang dilewati, sehingga membuat proses jaringan menjadi efisien dan proses transmisi paket lebih cepat (Pettersson, 2005).

**2.4 WRED**

*Weighted Random Early Detection* (WRED) merupakan mekanisme probabilitas *dropping* berdasarkan pada panjang antrian dan mengadopsi proses *dropping* RED pada model *traffic* yang berbeda. WRED dapat menentukan profil *dropping* yang tidak sama pada suatu panjang antrian maupun

traffic namun dalam antrian yang sama (Floyd and Jacobson, 1993).

WRED dikonfigurasi dengan dua *policy-map*, pada packet saat akan masuk (*in profile*) dan pada packet saat keluar (*out profile*), sehingga *router* akan mengklasifikasi paket tersebut sebagai *in packet* maupun *out packet* saat kedatangan paket. Jika diketahui sebagai *in packet*, *router* akan melakukan perhitungan rata-rata panjang antrian *in packet* (*avg\_in*) dan apabila diketahui sebagai *out packet*, *router* akan melakukan perhitungan rata-rata total dari antrian paket yang datang untuk semua *in packet* dan *out packet* (*avg\_total*). Peluang *dropping* untuk *in packet* berdasarkan pada *avg\_in* dan untuk *out packet* berdasarkan pada *avg\_total* (Dhani dan Hafidudin, 2007).

Perhitungan propabilitas *dropping* pada algoritma *threshold* dijelaskan pada gambar 1.

```

For each packet arrival
  if it is an In packet
    calculate the average In queue size avg_in;
    calculate the average queue size avg_total;

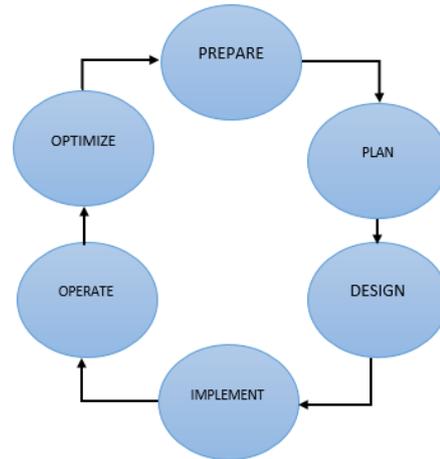
  If it is an In packet
    if min_in < avg_in < max_in
      calculate probability P_in;
      with probability P_in, drop this packet;
    else if max_in < avg_in
      drop this packet.
  if this is an Out packet
    if min_out < avg_total < max_out
      calculate probability P_out;
      with probability P_out, drop this packet;
    else if max_out < avg_total
      drop this packet.
    
```

**Gambar 1** Algoritma *threshold* (Sally Floyd and Van Jacobson, 1993)

*Router* akan melakukan *dropping* paket berdasarkan jenis paket yang datang, apabila *avg\_in* (rata-rata panjang antrian masuk) berada diantara minimal *threshold in* dan maksimal *threshold in* maka paket akan di *dropping* berdasarkan besarnya MPD (*Mark Probability Denominator*) dan *router* akan melakukan *dropping* paket berdasarkan besarnya MPD yang akan keluar *router* apabila rata-rata panjang antrian keluar (*avg\_out*) berada diantara minimal dan maksimal *threshold out*. Jika rata-rata total paket *in* dan *out* lebih besar dari maksimal *threshold* maka paket otomatis di-*dropping* secara acak.

### 3. METODE DAN PERANCANGAN

Metode desain jaringan yang digunakan pada penelitian ini adalah PPDIOO (*Prepare, Plan, Design, Implement, Operate and Optimize*) yang juga dikenal dengan *network lifecycle* merupakan sebuah metode penelitian yang dikembangkan oleh *Cisco System.Inc* (Wilkins, 2011). Berikut ini adalah tahap-tahapannya :



**Gambar 2** Metode PPDIOO (*Cisco System.Inc*)

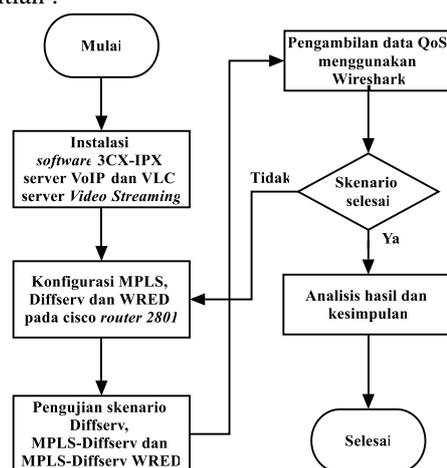
#### 3.1 Prepare

*Prepare* adalah tahap awal pada proses penelitian untuk menyusun rencana kerja agar penelitian dapat terorganisir dengan baik. Tahap ini menyangkut hal-hal yang berhubungan dengan analisa pokok pembahasan seperti permasalahan yang muncul, analisa kebutuhan penelitian dalam

VoIP dan *video streaming*, baik itu dari segi *hardware* ataupun *software* dan analisa topologi jaringan yang akan dibangun.

#### 3.2 Plan

*Plan* adalah tahap perencanaan jaringan yang dibuat baik segi *hardware* atau segi *software* yang dibutuhkan beserta skenario pengujian yang dilakukan pada penelitian. Berikut flowchart diagram yang menjelaskan tahapan perancangan penelitian :



**Gambar 3** Flowchart perancangan penelitian

Gambar 3 menunjukkan proses perancangan penelitian dimulai dengan instalasi perangkat lunak yang digunakan yaitu 3CX-PBX sebagai server VoIP, 3CX Softphone, VLC Media Player sebagai server dan *client*, Wireshark untuk *capture* pengambilan data parameter QoS VoIP dan *video streaming* serta Putty untuk telnet *router* dan konfigurasi perangkat keras yaitu 2 laptop sebagai

server dan *client*, 5 *router* cisco seri 2801 dimana konfigurasi Diffserv, MPLS dan algoritma *threshold* diterapkan, 1 kabel Console serta 6 kabel LAN Cross-Over sebagai penghubung antar router dan antar host.

Skenario pengujian yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut :

a. Skenario 1 Diffserv :

Melakukan VoIP dan *video streaming* pada jaringan MPLS dari PC *client* ke PC server dengan melewati 5 *router* dan hanya 2 *router* CE yang dikonfigurasi *Differentiated Service* (Diffserv), untuk ukuran file *video streaming* sebesar 15,40 MB. Proses pengambilan data VoIP dilakukan selama 90 detik dan pengambilan data *video streaming* dilakukan selama 60 detik. Masing-masing pengambilan dilakukan sebanyak 30 kali untuk mendapatkan nilai rata-rata parameter QoS.

b. Skenario 2 MPLS-Diffserv

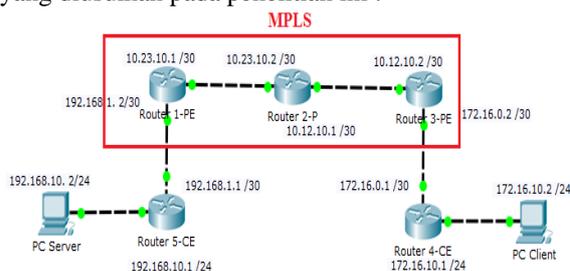
Melakukan VoIP dan *video streaming* pada jaringan MPLS dari PC *client* ke PC server dengan melewati 5 *router* yang dikonfigurasi *Differentiated Service* (Diffserv), untuk ukuran file *video streaming* sebesar 15,40 MB. Proses pengambilan data VoIP dilakukan selama 90 detik dan pengambilan data *video streaming* dilakukan selama 60 detik. Masing-masing pengambilan dilakukan sebanyak 30 kali untuk mendapatkan nilai rata-rata parameter QoS.

c. Skenario 3 MPLS-Diffserv WRED

Melakukan VoIP dan *video streaming* pada jaringan MPLS dari PC *client* ke PC server dengan melewati 5 *router* yang dikonfigurasi *Differentiated Service* (Diffserv) dan penambahan algoritma *threshold* pada *queue* WRED di *router* R4-CE dan R5-CE, untuk ukuran file *video streaming* sebesar 15,40 MB dengan bandwidth 1024 kbps dan VoIP dengan bandwidth 128 kbps. Proses pengambilan data VoIP dilakukan selama 90 detik dan pengambilan data *video streaming* dilakukan selama 60 detik. Masing-masing pengambilan dilakukan sebanyak 30 kali untuk mendapatkan nilai rata-rata parameter QoS.

### 3.3 Design

*Design* merupakan tahapan membuat suatu topologi jaringan yang akan dilakukan pada penelitian. Berikut ini gambar rancangan topologi yang diusulkan pada penelitian ini :



**Gambar 4** Design topologi jaringan MPLS-Diffserv

Gambar 4 merupakan topologi yang digunakan untuk implementasi jaringan MPLS-Diffserv pada penelitian ini. Sistem MPLS dengan memiliki arsitektur sendiri walaupun mempunyai proses yang begitu kompleks. Perangkat yang dibutuhkan pada jaringan MPLS antara lain adalah: *router* P (*Provider*), *router* PE (*Provider Edge*) dan *router* CE (*Customer Edge*) (Petersson, 2005).

Pada topologi jaringan MPLS domain terdapat 3 *router* yaitu *router* R2-P sebagai *router* provider (*core*) hanya untuk *swapping* label informasi, *router* R1-PE dan *router* R3-PE sebagai *router* *Provider Edge* perangkat distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan MPLS (*routing* OSPF) dengan jaringan luar (*routing* BGP) yaitu *router* R4-CE dan R5-CE untuk menghubungkan *host* dengan jaringan MPLS.

### 3.4 Implement

*Implement* merupakan tahap yang akan dilakukan sesuai pada topologi tahap *design*. Mulai dari konfigurasi laptop 1 sebagai server VoIP menggunakan perangkat lunak 3CX-PBX dan server *video streaming* menggunakan perangkat lunak VLC Media Player, konfigurasi laptop 2 sebagai *client* VoIP menggunakan perangkat lunak 3CX Softphone dan *client* *video streaming* menggunakan perangkat lunak VLC Media Player. Konfigurasi *router* cisco 2801 diimplementasikan sebagai jaringan MPLS-Diffserv dan mekanisme *dropping* Algoritma *Threshlod*. Pada R1-PE dan R3-PE *router* dikonfigurasi sebagai MPLS domain dan Diffserv dengan *routing* menggunakan OSPF *routing*. Pada *router* R2-P digunakan sebagai *core* MPLS dan untuk konfigurasi *router* R4-CE serta R5-CE hanya sebagai Diffserv serta mekanisme algoritma *threshold* yang berada pada WRED diimplementasikan pada DSCP Diffserv.

### 3.5 Operate

*Operate* merupakan tahap melakukan percobaan skenario yang telah disiapkan. Percobaan yang dilakukan dengan mengalirkan *traffic* VoIP dan *video streaming* pada jaringan MPLS-Diffserv dengan menggunakan protokol RTP dari *source* ke *destination* menggunakan *software* 3CX untuk VoIP dan *software* VLC Media Player untuk *video streaming*. Pada host laptop 2 melakukan *capture* wireshark untuk menguji QoS dari skenario yang sudah ditetapkan dan pemecahan masalah yang timbul selama proses pengambilan data.

### 3.6 Optimize

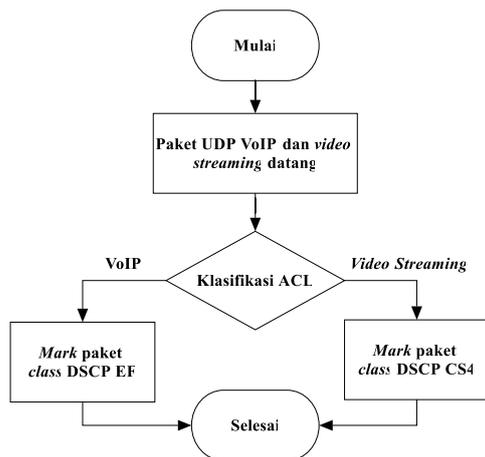
*Optimize* merupakan tahapan optimalisasi setelah melakukan analisa pada tahap *operate*, tahap ini dapat menyebabkan perlunya desain ulang jaringan apabila terlalu banyak masalah jaringan yang timbul atau kinerja tidak sesuai dengan yang diharapkan.

#### 4. HASIL PEMBAHASAN

Pada Penelitian ini digunakan perangkat lunak 3CX Softphone untuk melakukan VoIP selama 90 detik dan satu *file video* dengan format MPEG-4 dan *codec* H.264 berukuran 15,40 MB berdurasi 60 detik untuk *video streaming*. Kemudian dilakukan pengujian sebanyak 30 kali VoIP dan *video streaming* pada jaringan Diffserv, jaringan MPLS-Diffserv dan jaringan MPLS-Diffserv dengan mekanisme *dropping* algoritma *threshold* WRED. Pengujian pertama dilakukan panggilan VoIP dan *streaming video* pada jaringan Diffserv. Kode konfigurasi penentuan *marking* paket untuk *Differentiated Service Code Point* (DSCP) pada *router* R4-CE atau R5-CE dapat dilihat pada Kode Konfigurasi 1.

##### Kode Konfigurasi 1 Kode konfigurasi Diffserv

```
R4-CE(config)#access-list 101 permit
udp any any range 40000 45000
R4-CE(config)#access-list 102 permit
udp any any range 537 7000
R4-CE(config)#class-map VOIP
R4-CE(config-cmap)# match access-group
101
R4-CE(config)#class-map VIDEO
R4-CE(config-cmap)# match access-group
102
R4-CE(config)#policy-map DSCP_DIFFSERV
R4-CE(config-pmap)#class VOIP
R4-CE(config-pmap-c)#bandwidth 128
R4-CE(config-pmap-c)#set dscp ef
R4-CE(config-pmap-c)#class VIDEO
R4-CE(config-pmap-c)#bandwidth 1024
R4-CE(config-pmap-c)#set dscp cs4
```



**Gambar 5.** Flowchart proses paket Diffserv

Pada *router* cisco, *access-list* (ACL) merupakan metode selektivitas terhadap paket data yang akan dikirimkan ke tujuan. Hanya paket yang memiliki kriteria sesuai aturan ACL yang diperbolehkan (*permit*) melewati gerbang keamanan. *Class-map* digunakan untuk mengklasifikasikan *traffic* jaringan yang masuk atau melewati *router* berdasarkan aturan *match access-list* yang telah ditentukan dan *policy-map* merupakan serangkaian

tindakan yang akan diproses pada *traffic* yang telah diklasifikasi melalui *class-map* [9]. Untuk protokol UDP dengan port *range* 40000 hingga 45000 akan diklasifikasi sebagai ACL untuk VoIP dan untuk protokol UDP dengan port *range* 537 hingga 7000 akan diklasifikasi sebagai ACL untuk *video streaming*. *Class-map* berdasarkan *match* yang sesuai dengan ACL yang telah diklasifikasi. Kemudian *policy-map* digunakan mengatur *action* terhadap *class-map* dan untuk mengatur *bandwidth* minimal yang diprioritaskan pada paket yang sesuai dengan *class-map*. Ada 2 *class-map* dalam konfigurasi Diffserv, *class voip* untuk VoIP *marking* diatur sebagai DSCP EF (*Expedited Forwarding*) mendapatkan *bandwidth* minimal 128 kbps dan *class video* untuk *video streaming marking* diatur sebagai DSCP CS4 (*Expedited Forwarding*) mendapatkan *bandwidth* minimal 1024 kbps. Pengujian kedua dilakukan panggilan VoIP dan *streaming video* pada jaringan MPLS-Diffserv. Pengujian kedua dilakukan panggilan VoIP dan *streaming video* pada jaringan MPLS-Diffserv. Kode konfigurasi MPLS pada *router* R2-P dapat dilihat pada Kode Konfigurasi 2.

##### Kode Konfigurasi 2 Kode konfigurasi MPLS

```
R2-P(config)#ip cef
R2-P(config)#mpls ip
R2-P(config)#mpls label protocol ldp
R2-P(config)#interface FastEthernet0/0
R2-P(config-if)#mpls label protocol ldp
R2-P(config-if)#mpls ip
R2-P(config-if)#exit
R2-P(config)#interface FastEthernet0/1
R2-P(config-if)#mpls label protocol ldp
R2-P(config-if)#mpls ip
```

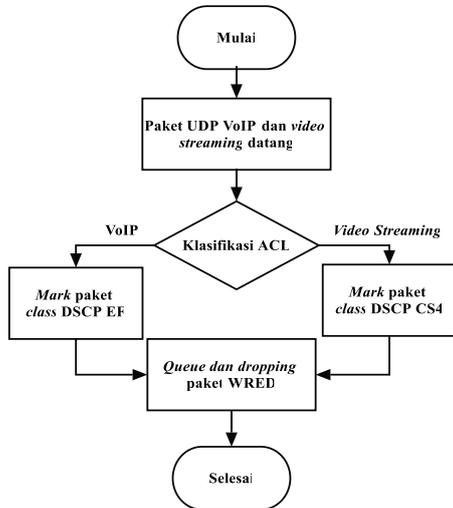
*Ip cef* pada konfigurasi MPLS berfungsi untuk menghidupkan fitur *ip cisco express forwarding* sebagai fitur untuk mempercepat *switching*, MPLS IP untuk mengaktifkan protokol MPLS pada sebuah ip dan *mpls label protocol ldp* digunakan untuk mengaktifkan label LDP (*Label Distribution Protocol*) mendistribusikan informasi pada label ke setiap LSR (*Label Swicthing Router*) [10]. Konfigurasi MPLS diterapkan pada *interfaces* yang terkoneksi antar *router* jaringan MPLS. Pengujian ketiga dilakukan panggilan VoIP dan *streaming video* pada jaringan MPLS-Diffserv WRED.

##### Kode Konfigurasi 3 Kode konfigurasi algoritma *threshold* WRED

```
R5-CE(config)#class-map m_cs4
R5-CE(config-cmap)#match dscp cs4
R5-CE(config)#class-map m_ef
R5-CE(config-cmap)#match dscp ef
R5-CE(config)#policy-map WRED
R5-CE(config-pmap)#class m_ef
R5-CE(config-pmap-c)#bandwidth 128
```

```
R5-CE(config-pmap-c)#random-detect
dscp-based
R5-CE(config-pmap-c)#random-detect dscp
46 30 50 10
R5-CE(config-pmap)#class m_cs4
R5-CE(config-pmap-c)#bandwidth 1024
R5-CE(config-pmap-c)#random-detect
dscp-based
R5-CE(config-pmap-c)#random-detect dscp
32 20 60 10
```

Mengaktifkan WRED pada *base DSCP field* di *policy-map* digunakan perintah *random-detect dscp-based*, untuk *class-map VoIP dropping marking* diatur sebagai DSCP 46 atau EF (*Expedited Forwarding*) prioritas *bandwidth* minimal sebesar 128 kbps dan dengan nilai minimal *threshold* 30 batas minimal antrian paket masuk dalam *drop flag*, nilai maksimal *threshold* 50 batas maksimal antrian paket akan di-drop secara acak dan nilai MPD (*Mark Probability Denominator*) 10 ketika nilai maksimal *threshold* terpenuhi maka 1 dari 10 paket akan di-drop. *Class-map video Streaming* diatur sebagai DSCP 32 atau CS4 prioritas *bandwidth* minimal sebesar 1024 kbps dengan nilai minimal *threshold* 20 batas minimal antrian paket masuk dalam *drop flag*, nilai maksimal *threshold* 60 batas maksimal antrian paket akan di-drop secara acak dan nilai MPD (*Mark Probability Denominator*) 10. *Flowchart* proses paket melewati *router* konfigurasi Diffserv dan WRED sebagai berikut :



**Gambar 5.** Flowchart proses paket

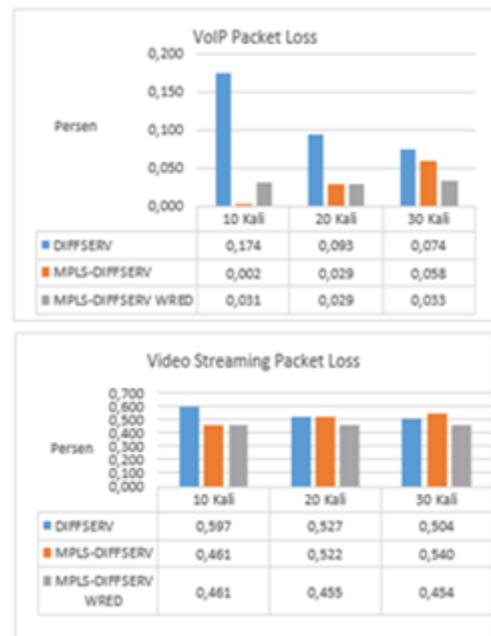
Pada gambar 5 menunjukkan bahwa saat paket VoIP atau *video streaming* datang ke *router*, tahap pertama yang diproses *router* adalah mengklasifikasi paket sesuai dengan aturan *access-list* apabila paket VoIP maka akan diperbolehkan masuk ke dalam *class-map* EF dan apabila paket *video streaming* maka akan diperbolehkan masuk ke dalam *class-map* CS4 untuk dioprioritaskan. Setelah itu paket yang sudah terklasifikasi sebagai paket VoIP dan *video streaming*, akan diproses sesuai kebijakan pada *policy-map* EF akan diberikan

*bandwidth* minimal sebesar 128 kbps dan CS4 diberikan *bandwidth* minimal 1024 kbps. Tahap terakhir apabila terjadi penumpukan paket pada antrian (*queue*) maka proses *dropping* paket akan dilakukan sesuai dengan algoritma *threshold* dikonfigurasi pada WRED sebelum paket keluar dari *router*.

Setelah konfigurasi *router* sesuai skenario pengujian selesai, dilakukan proses pengambilan data. Proses pengambilan data dengan me-*capture* menggunakan *wireshark* yang ada pada laptop 2, kemudian dilakukan analisis untuk parameter *Quality of Service (QoS)* yaitu *packet loss*, *delay*, *throughput* dan *jitter*.

**4.1 Packet Loss**

Berikut ini merupakan hasil pengukuran parameter QoS *packet loss* berdasarkan skenario pengujian yang telah ditentukan sebelumnya.



**Gambar 6.** Hasil pengukuran *Packet Loss*

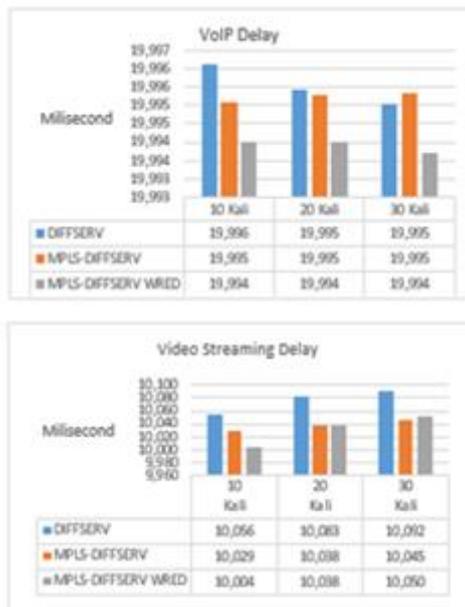
Dilihat dari data pada Gambar 7 *packet loss* layanan VoIP dengan semua skenario tergolong kategori sangat bagus menurut standar TIPHON yaitu dibawah 1% namun untuk *packet loss* dengan skenario Diffserv mempunyai nilai tertinggi. Hal ini disebabkan karena proses *marking* paket VoIP sebagai DSCP *field* EF (*Expedited Forwarding*) hanya terjadi pada *router* CE yang dikonfigurasi sebagai Diffserv dan saat paket melewati jaringan MPLS *router* P dan PE yang tidak dikonfigurasi sebagai Diffserv, maka tidak terjadi *marking* paket yang menyebabkan paket tidak diprioritaskan sehingga tidak menjamin keutuhan paket sampai pada tujuan.

*Packet loss* pada layanan *video streaming* metode MPLS-Diffserv WRED mempunyai *packet loss* yang paling rendah. Hal ini disebabkan adanya

*congestion avoidance* menggunakan algoritma *threshold WRED* yang menangani *dropping* paket saat penumpukan paket pada antrian.

#### 4.2 Delay

Berikut ini merupakan hasil pengukuran parameter QoS *delay* berdasarkan skenario pengujian yang telah ditentukan sebelumnya.



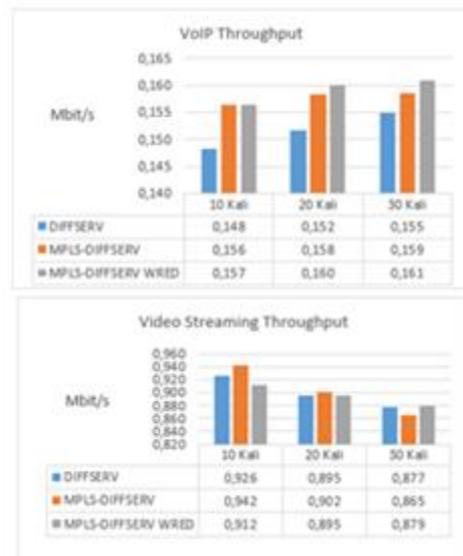
**Gambar 7** Hasil pengukuran *delay*

Dilihat dari data grafik pada Gambar 8 *delay* layanan VoIP dengan semua skenario tergolong indeks sangat bagus menurut standar TIPHON yaitu dibawah 150 ms dan semakin banyak percobaan dilakukan maka *delay* pada semua metode semakin turun nilainya namun untuk rata-rata *delay* dengan metode Diffserv mempunyai nilai tertinggi. Sama halnya saat terjadi pada *packet loss*, pada saat paket VoIP melewati jaringan MPLS *router* P dan PE tanpa konfigurasi Diffserv, maka tidak terjadi proses *marking* paket yang menyebabkan paket tidak diprioritaskan sehingga membuat nilai *delay* menjadi tinggi.

*Delay* pada layanan *video streaming* baik metode Diffserv, MPLS-Diffserv maupun MPLS-Diffserv WRED semakin banyak dilakukan percobaan maka nilai *delay* semakin naik. Hal ini disebabkan adanya antrian paket *video streaming*. Skenario MPLS-Diffserv dan MPLS-Diffserv WRED mempunyai rata-rata nilai *delay* yang lebih rendah dikarenakan adanya *marking* paket pada DSCP *field* Diffserv pada semua *router* sehingga paket *video streaming* lebih diprioritaskan untuk sampai ke *destination*.

#### 4.3 Throughput

Berikut ini merupakan hasil pengukuran parameter QoS *throughput* berdasarkan skenario pengujian yang telah ditentukan sebelumnya.

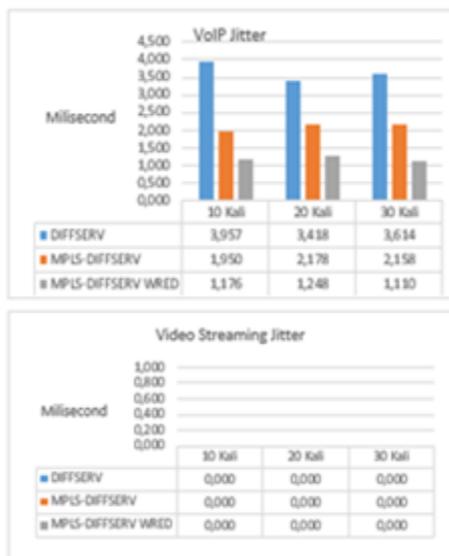


**Gambar 8** Hasil pengukuran *throughput*

Dilihat dari data grafik pada Gambar 9 bisa dilihat bahwa nilai *throughput* layanan VoIP ketika semakin banyak percobaan dilakukan nilai *throughput* untuk semua metode semakin naik dan nilai *throughput* layanan *video streaming* ketika semakin banyak percobaan dilakukan nilai *throughput* untuk semua metode semakin turun. Hal ini berbanding terbalik dengan nilai *delay video streaming* yang semakin lama semakin naik, dapat disimpulkan bahwa nilai *throughput* berbanding terbalik dengan nilai *delay*. Menurut standar TIPHON untuk semua skenario tergolong indeks sangat bagus yaitu 100% dari *bandwidth* yang dibutuhkan dilihat dari *traffic* VoIP yang membutuhkan *bandwidth* 128 kbps dan *video streaming* yang membutuhkan *bandwidth* 1024 kbps. Pada skenario MPLS-Diffserv dan MPLS-Diffserv WRED mempunyai perbedaan nilai *throughput* yang tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan karena pada *policy-map bandwidth* paket VoIP pada DSCP *field* EF dan *bandwidth* paket *video streaming* pada DSCP *field* CS4 telah diprioritaskan, sehingga memaksimalkan *bandwidth* yang ada untuk paket *traffic* VOIP dan *video streaming*.

#### 4.4 Jitter

Berikut ini merupakan hasil pengukuran parameter QoS *jitter* berdasarkan skenario pengujian yang telah ditentukan sebelumnya.



**Gambar 9** Hasil pengukuran *jitter*

Dilihat dari data grafik pada Gambar 10 *jitter* layanan VoIP dengan semua metode tergolong indeks bagus menurut standar TIPHON yaitu dibawah 75 ms dan sama halnya dengan hasil *delay*, semakin banyak percobaan *jitter* pada semua metode semakin turun nilainya. Nilai *jitter* pada metode MPLS-Diffserv dan MPLS-Diffserv WRED mempunyai selisih yang tidak terlalu signifikan pada setiap percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa proses *marking* paket atau pemberian prioritas pengiriman pada paket dapat mengurangi tingginya *jitter* yang timbul akibat adanya antrian paket pada semua *router*. Berbeda dengan skenario Diffserv yang hanya memberikan prioritas pada *router* CE namun saat melewati jaringan MPLS yang *routernya* tidak dikonfigurasi Diffserv maka paket tidak menjadi prioritas lagi dan memungkinkan variasi *delay* naik.

Pada layanan *video streaming* dengan semua skenario tergolong indeks sangat bagus menurut standar TIPHON yaitu 0 ms. Pada grafik “*Video Streaming Jitter*” nilai *jitter* di semua skenario pengujian adalah 0 ms, hal ini disebabkan *video streaming* menggunakan protokol RTP (*Real-Time Transfer Protocol*) pada UDP karena protokol TCP tidak mendukung pada pengiriman data *real-time*. RTP didesain untuk mengkompensasi *jitter* yang terjadi pada jaringan dikarenakan apabila semakin besar *jitter*, semakin besar pula peluang terjadinya *congestion* pada jaringan.

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pada semua skenario dengan parameter QoS (*packet loss*, *delay*, *throughput* dan *jitter*), dapat disimpulkan bahwa ketiga skenario Diffserv, MPLS-Diffserv dan MPLS-Diffserv WRED mampu mempertahankan QoS dari komunikasi VoIP maupun *video streaming*. Dari parameter *delay* dan *throughput*, ketiga

skenario tersebut mampu menghasilkan *delay* dan *throughput* dalam kategori sangat bagus berdasarkan standar TIPHON. Untuk parameter nilai *packet loss* dan *jitter*, skenario MPLS-Diffserv WRED memiliki nilai *packet loss* dan *jitter* paling baik dalam layanan VoIP maupun *video streaming*. Skenario penambahan WRED sebagai algoritma *threshold* pada jaringan MPLS-Diffserv memberikan pengaruh yang signifikan dalam menangani *dropping* paket. Dilihat dari hasil nilai parameter QoS dalam layanan VoIP yaitu mampu mengurangi *packet loss* hingga 43,1%, mengurangi *delay* 0,005%, memaksimalkan *throughput* 1,26% dan mampu mengurangi *jitter* 48,56%. Dalam layanan *video streaming* mampu mengurangi *packet loss* hingga 15,93% dan memaksimalkan *throughput* 1,6% dari sebelum menerapkan algoritma *threshold*.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa MPLS-Diffserv WRED pada penelitian ini memiliki kinerja paling bagus dalam layanan VoIP dan *video streaming*.

## 6. SARAN

Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan penyajian data QoS lebih detail, baik pada Diffserv maupun MPLS dengan penambahan proses *error identification* maupun *correction* paket data yang terjadi pada *traffic*. Penambahan ini berkaitan dengan analisa yang lebih mendalam terhadap transmisi data yang terjadi.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- DHANI, A., HAFIDUDIN, ARIF R. 2007. Analisa Perbandingan Performansi Skema Multi-Level Red Untuk Differentiated Services Di Internet, *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2007 (SNATI 2007)*, ISSN: 1907-5022.
- MIRAH, CHRISTIAN YORDAN. Analisis Perbandingan Quality of Service (QoS) Antara Metode Differentiated Service (DiffServ) dan Metode Multiprotocol Label Switching (MPLS). *Repository Jurnal Universitas Kristen Satya Wacana*.
- MISBAHUL, F. 2016. Simulasi Antrian Paket Data Jaringan dengan Mekanisme Drop Tail. *Repository Jurnal Universitas Mercu Buana*. Vol. 8 No. 2.
- SALLY, F., JACOBSON, V. 1993. *Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance*, University of California, USA.
- NINGSIH, KURNIA, Y., DKK. 2004, *Analisis Quality Of Service (QoS) pada Simulasi Jaringan Multiprotocol label Switching Virtual Private Network (Mpls Vpn)*, JETri, vol.3, no.2, pp.33-48.

- NURDIANSYAH, F., NIKEN, D. C., BAYU, E. 2010. *Analisis QoS Diffserv pada Jaringan Mpls Menggunakan Algoritma WF2Q dan CBQ-WRR*. Bandung: Telkom University.
- PETERSSON, JOHAN, M. O. 2005. *MPLS Based Recovery Mechanism*. Master Thesis, University of Oslo, USA.
- MARSELI, P. E. 2010. *Penerapan metode QoS pada jaringan traffic yang padat*. Sriwijaya: Teknik Informatika Bilingual Fakultas Ilmu Komputer University Sriwijaya.
- WILKINS, S. 2011. *Cisco's PPDIIO Network Cycle.*, Indianapolis: CISCO Press.
- SUGIARTO, V. W., SOFIA, N. H., MULYANA, A. 2011. *Simulasi dan Analisis Manajemen Buffer pada Jaringan Metro Ethernet dengan Algoritma threshold*. Bandung: Telkom University.
- JHON, W., SONS LTD. 2005. *Network Congestion Control Manage Internet Traffic*, British Library Cataloguing. ISBN-13 978-0-470-02528-4.

## PERANCANGAN SOFTWARE BIMBINGAN DAN PENGEMBANGAN KARIR SISWA DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN DAN KONSULTASI

Irwan<sup>1</sup>, Gustientiedina<sup>2</sup>, Sunarti<sup>3</sup>, Yenny Desnelita<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Pelita Indonesia

Email: <sup>1</sup>irwan@lecturer.pelitaindonesia.ac.id, <sup>2</sup>gustienti\_edina@yahoo.co.id,  
<sup>3</sup>sunarti@lecturer.pelitaindonesia.ac.id, <sup>4</sup>yenny.desnelita@lecturer.pelitaindonesia.ac.id

(Naskah masuk: 21 September 2017, diterima untuk diterbitkan: 30 Desember 2017)

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini mengemukakan pengembangan model sebuah perangkat lunak konseling siswa untuk melengkapi sebuah media sistem konsultasi bimbingan karir siswa. Perancangan software ini untuk mengkaji diri, mengenal diri sendiri, minat, bakat, kemampuan, pemilihan, penyesuaian sehingga siswa berupaya untuk mempersiapkan diri dengan meningkatkan kemampuan spiritual, pendidikan dan pelatihan, ketrampilan intelektual, ketrampilan berkomunikasi dan inter atau intra personal skill demi kehidupan di masa depan yang berupa alat penelusuran minat bakat berupa bimbingan dan pengembangan karir siswa. Penerapan metode *certainty factor* dapat merealisasikan jumlah kepercayaan dalam keputusan karir yang diambil dimana faktor kepastian dapat digunakan dengan berbagai kondisi. Dalam penelitian ini harus mengumpulkan nilai *certainty factor* keseluruhan kondisi yang ada. Penggunaan metode *Certainty Factor (CF)* dapat menunjukkan tingkat kebenaran, keakuratan dari kemungkinan dalam pemilihan karir. Perancangan software bimbingan dan pengembangan karir dapat membantu konselor dalam pemilihan karir yang diminati dengan terlebih dahulu menjawab pertanyaan pada *user interface software*.

**Kata kunci:** Model Software, Certainty Factor, Bimbingan, Pengembangan Karir, Pengambilan Keputusan

### Abstract

*The purpose of this study suggests the development of a model student counseling software to complement a media student career guidance consulting system. The design of this software to assess themselves, know themselves, interests, talents, abilities, selection, adjustment so that students try to prepare themselves by improving spiritual skills, education and training, intellectual skills, communication skills and inter or intra personal skill for life in front in the form of talent interest search tools in the form of guidance and career development of students. The application of the certainty factor method can realize the amount of confidence in the career decision taken where the certainty factor can be used under various conditions. In this research must collect the value of certainty factor overall condition. The use of the Certainty Factor (CF) method can show the degree of truth, the accuracy of the possibilities in career selection. The design of software guidance and career development can help counselors in the selection of careers in interest by first answering questions on the user interface software.*

**Keywords:** Application Model, Conseling, Career Development, Decision Maker, Certainty Factor

## 1. PENDAHULUAN

Hasil penelitian didasari adanya fenomena kebingungan siswa SMK terhadap Karir yang akan diambil. Pendidikan yang sedang ditempuh banyak yang tidak sejalan dengan karir yang sebenarnya diinginkan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui profil kematangan karir siswa SMK, Melakukan kajian terhadap program bimbingan karir di sekolah, mengetahui upaya bimbingan karir oleh Bimbingan Karir (BK), mengetahui efektifitas program bimbingan karir yang dilakukan.

Dalam menentukan pilihan karir terdapat variasi terhadap pemahaman karir, ada yang sudah sangat memahami minat dan bakat sehingga dengan mudahnya menentukan pilihan karir. Dan ada juga belum bisa menentukan pilihan minat dan bakat

untuk masa depan karirnya. Ada yang masih mengeksplorasi pilihan karir, dan ada yang sudah sampai pada tahap pemutusan pemilihan karir. Dan fakta lain siswa SMA dan SMK belum mampu mengambil keputusan terkait memilih perguruan tinggi juga dibahas dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hayadin (Hayadin, 2008) yang hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pada siswa setingkat SMK atau SMA masih banyak yang kesulitan mengambil keputusan yang tepat terkait studi lanjut ke Perguruan Tinggi. Usia siswa SMK dan SMA berkisar antara 15-19 tahun.

Masa ini dapat digolongkan sebagai masa remaja. Masa remaja adalah masa memilih, hal tersebut terlihat dari satu tugas perkembangan remaja yaitu memilih dan mempersiapkan diri untuk menjalankan suatu pekerjaan (Sukadji & Soetarlinah, 2000). Hal

tersebut merupakan tugas perkembangan yang penting dimasa remaja, sebab pekerjaan seseorang berbagai hal dalam kehidupan.

Pengambilan keputusan dalam pemilihan karir tidak hal yang mudah bagi siswa, karena siswa saat lulus dari SMK bingung menentukan pilihan karir yang diinginkan siswa. Menurut Moore, Jansen dan Hauk kebingungan ini terjadi karena dalam pengambilan keputusan merupakan proses yang rumit (Hurlock & Elizabeth, 1980). Sehingga siswa dalam pemilihan karir hanya berdasarkan informasi-informasi yang tidak pasti, dengan demikian informasi mengenai karir dan keputusan karir siswa tidak didapatkan dengan baik. Pada akhirnya siswa mengambil keputusan sesuai dengan saran teman dan orangtua, solusi yang didapatkan siswa yaitu solusi yang mengira-ngira saja bukan dari keinginan siswa tersebut.

Kenyataannya siswa dalam mengambil keputusan dalam pemilihan karir yang diminati sesuai dengan minat, bakat dan kepribadian merupakan sesuatu yang sulit bagi siswa, hal ini disebabkan kurangnya pengetahuan siswa tentang karir yang diminatinya sehingga perlu adanya konsultasi bimbingan karir sebagai tempat mendapatkan informasi untuk pengembangan karir sesuai minat dan bakat siswa. Sebagaimana ditegaskan oleh M. Fahli Zatra dimana sistem pelayanan bimbingan dan konseling yang bertujuan supaya siswa dapat memmanifestasikan dirinya sebagai orang yang mandiri, bertanggungjawab, siswa kreatif dan pekerja produktif (Fahli dkk, 2013).

Dalam pencapaian pemilihan karir pada dunia kerja sesuai dengan minat, bakat dan kepribadian siswa maka perlu membuat tahapan-tahapan bimbingan karir dan pemilihan karir siswa yang sesuai dengan rencana karir yang diinginkan nantinya. Layanan bimbingan dan pengembangan karir disekolah berfungsi untuk membantu siswa dalam upaya menemukan dan merencanakan karir sesuai dengan minat-bakat. Layanan bimbingan dan pengembangan karir siswa dari hasil penelitian yang mana bertujuan agar para siswa dapat menelusuri minat dan bakatnya untuk pengambilan keputusan merencanakan dan pemilihan karir sesuai dengan kompetensi yang dimiliki siswa. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pelaksanaan bimbingan dan konseling disekolah merupakan tanggung jawab guru atau konselor serta kepala sekolah dalam melakukan bimbingan konseling (Fahli dkk, 2013), sehingga siswa dapat dibimbing untuk mendapatkan bimbingan untuk kesuksesan didunia kerja atau apakah mau studi lanjut.

Metode *certainty factor* telah digunakan untuk membangun *expert system* atau sistem pakar (Turban, 1995), sehingga dapat membantu guru dan pembimbing dalam layanan bimbingan karir dan konseling untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi siswa. Menurut syah dan gunawan dalam artikelnya menyatakan dengan dibangunnya sistem

pakar bimbingan dan konseling siswa dengan menggunakan metode *certainty factor* dapat memudahkan siswa dalam bimbingan dan konseling yang dibutuhkan oleh siswa sehingga siswa tidak perlu langsung bertatap muka dengan guru bimbingan dan konseling (Syah dkk, 2016). Dengan dibangunnya sistem layanan bimbingan karir ini hendaknya dapat membantu siswa dalam berkonsultasi untuk mengambil keputusan pemilihan karir yang diminati siswa, sehingga sistem dirancang untuk mengumpulkan semua pengetahuan dari ahli atau pakar tentang pemilihan dan pengembangan karir siswa yang diminatinya. Menurut Andayati *Expert System* atau sistem pakar bertujuan untuk memindahkan pengetahuan dan pengalaman para ahli kepada yang membutuhkan (Andayati, 2012). Perangkat lunak yang demikian dapat dijadikan sebagai konsultasi atau tenaga ahli dibidangnya (Arhami, 2005). Dalam *Expert System* terdapat *Knowledge Base* yang berisi pengetahuan dalam penyelesaian masalah. Penerapan *knowledge base* ini dapat digunakan dalam berbagai bidang dengan menggunakan *Rule Base Reasoning* dan Penalaran Berbasis Kasus (*Case Base Reasoning*) (Hartono, 2003). Menurut Renata *Knowledge Management* merupakan teknologi andalan. Menggunakan *knowledge management system* dalam pendidikan dapat saling berbagi informasi secara efektif dan relevan (Renata, 2016). Serta relevansi integrasi antara teknologi informasi dan komunikasi dalam pendidikan teknik dan kejuruan serta pelatihan terhadap manajemen pengetahuan (Anumnu, 2014). Pada sistem bimbingan dan pengembangan karir ini, menggunakan *knowledge management system* untuk karir yang dipilih siswa sesuai dengan minat dan bakat.

Dari uraian diatas, maka dirancang model software bimbingan dan pengembangan karir siswa sebagai pengambilan keputusan dan media konsultasi yang diharapkan untuk mendapatkan informasi mengenai pengetahuan minat, bakat dan jenjang karir serta informasi pendidikan formal dan informal dalam membantu memilih karir serta dalam pengembangan karir siswa. Dalam rancangan model *software* ini metode *certainty factor* digunakan untuk mengetahui kemungkinan dalam mengukur kepastian karir.

## 2. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian ini telah ditinjau beberapa penelitian sebelumnya. Meski review ini tidak lengkap, Mengingat keterbatasan sumber dan waktu, namun bias mewakili review yang dilakukan pada beberapa sumber. Dalam artikel Saud, M. S menyatakan bahwa program bimbingan karir terbukti efektif untuk meningkatkan kematangan siswa sehingga layak untuk diterapkan dalam layanan bimbingan dan konseling (Saud, 2011). Dalam program bimbingan karir yang di publikasikan agustinus

yaitu hasil penilaian ahli bimbingan konseling dan ahli rancang program program bimbingan konseling, produk pengembangan ini dipandang sudah layak, ditunjukkan dengan hasil penelitian yang tinggi dari ahli bimbingan konseling dan hasil penilaian ahli rancangan program bimbingan konseling (Juwitanigrum, 2013). Secara empiris hasil penelitian uji ahli menunjukkan bahwa, setelah direvisi ternyata produk pengembangan bimbingan karir ini dapat memenuhi akseptabilitas (Agustinus, 2009).

Dalam penelitian Laksana, D.MP menyatakan bahwa pengembangan multimedia interaktif bimbingan karir untuk meningkatkan keterampilan membuat keputusan pemilihan karir pada program peminatan siswa, dimana bagaimana multimedia interaktif bimbingan karir dapat meningkatkan keterampilan mengambil keputusan karir bagi siswa yang tujuan penelitian menghasilkan multimedia interaktif bimbingan karir untuk meningkatkan keterampilan keputusan karir siswa (Laksana, 2013). Penelitian oleh Hatoss A (Hatoss, 2012), mengenai pemilihan karir yang dalam penelitian ini berisi bagaimana menganalisa minat bakat dan pemberian solusi terhadap masalah pemilihan karir oleh siswa. Metode yang digunakan metode campuran. Hasil dari penelitian ini, mengetahui masalah-masalah terhadap keraguan dalam pemilihan karir terhadap pemuda pemudi Australia. Sedangkan pengambilan keputusan berbasis pengetahuan, penelitian ini bertujuan untuk membantu siswa untuk memilih program pilihan karir yang cocok di Lembaga *Higher Learning* di Kenya. Arus pendekatan yang ada di Kenya adalah di mana siswa mendapatkan saran karir dari guru, motivator dan konselor karir. Dasar dari pendekatan dalam penelitian ini adalah merancang model sistem artificial cerdas menggunakan JESS plugin di IDE gerhana yang menerima hasil KCSE. Variabel yang dibutuhkan nilai dan mata pelajaran (Hatoss, 2012).

### 3. PERANCANGAN SISTEM

Sistem bekerja untuk membuat diagnosis berdasarkan fakta masalah pengembangan karir dan melakukan perhitungan berdasarkan nilai faktor kepastian masing-masing fakta yang ada. Penerapan metode certainty factor pada model software bimbingan dan pengembangan karir siswa dalam pengambilan keputusan serta sebagai media konsultasi yang dapat membantu siswa dalam masalah pengembangan dan pemilihan karir.

#### 3.1 Analisis Kebutuhan Aplikasinya

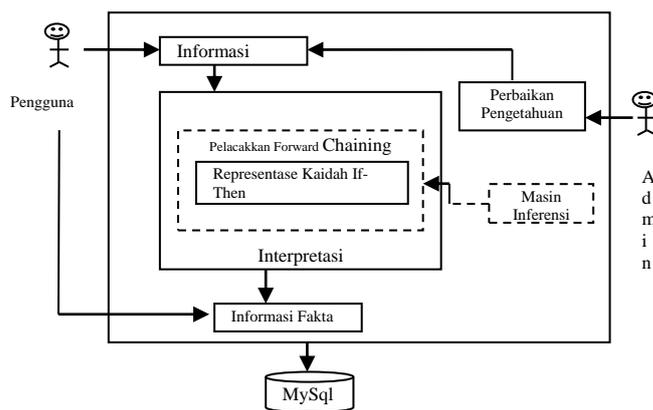
Aplikasi harus memiliki kesesuaian dengan kondisi, kriteria, persyaratan atau kemampuan yang dimiliki oleh *software* untuk konseling bimbingan dan pengembangan karir sebagai media konsultasi pengguna sistem. Desain software yang dibuat mempunyai kemampuan untuk memvalidasi input,

proses nilai, percobaan jawaban dengan pencocokan data skor, pencocokan total data skor dengan *database* dari basis aturan *knowledge*.

#### 3.2. Basis Pengetahuan

Proses identifikasi pengetahuan diawali dari akuisisi pengetahuan dan dilanjutkan dengan representasi pengetahuan atau *knowledge representation* dan cara suatu pendekatan pemikiran dari seorang pakar konselor.

Arsitektur desain dari sistem pakar penerapan *software* konsultasi bimbingan dan pengembangan karir siswa menggunakan metode *Certainty Factor* (CF) nantinya dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman berorientasi objek yang diwujudkan melalui *user interface* berbasis sistem pakar yang diilustrasikan pada gambar 1. Pada penggunaan *user interface*, pengguna (siswa) dapat menjawab pertanyaan dalam bentuk fakta, kemudian diproses menggunakan strategi kombinasi *forward chaining* dan *backward chaining* melalui inferensi mesin. Informasi yang didapatkan dari pengguna disesuaikan dengan *knowledge base* yang menggunakan aturan if-then. Strategi *forward chaining* digunakan pada pengujian fakta-fakta yang dimasukan pengguna, dengan aturan yang telah disimpan di dalam sistem, satu demi satu sehingga dapat diambil suatu kesimpulan. Sedangkan strategi *backward chaining* digunakan untuk menentukan fakta-fakta yang akan dinyatakan pengguna. Hasil penelusuran karir nantinya menggunakan *Certainty Factor* (CF). CF fakta ditentukan oleh pakar sedangkan CF jawaban atau solusi didapatkan dari hasil proses perhitungan rumus *Certainty Factor*. Seterusnya komponen terhubung ke sistem melalui pengguna *user interface*.



Gambar 1. Arsitektur Desain Sistem Pakar

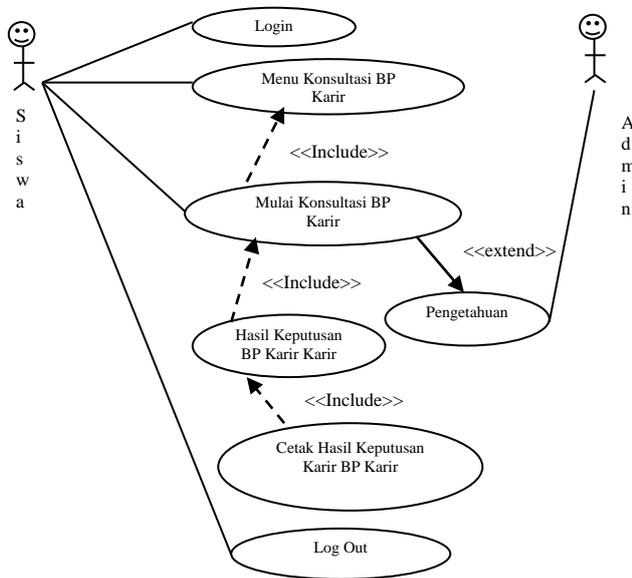
Desain mekanisme inferensi sistem pakar untuk software konsultasi bimbingan dan pengembangan karir siswa pada metode inferensi yang digunakan. Dalam hal ini kesimpulan ditarik oleh data atau masukan *user* melalui *user interface software*. Mekanisme inferensi, yaitu : (a) untuk pengguna menu konsultasi yang diberikan; (b) pengguna

menjawab semua pertanyaan pada sistem dengan memberi ceklist pada opsi yang mereka berikan jawaban untuk setiap pertanyaan yang dipilih; (c) pengguna terakhir mengklik tombol untuk melihat hasil atau solusi.

Setelah dilakukan analisa terhadap model rancangan *software* konseling bimbingan dan pengembangan karir siswa untuk pengambilan keputusan dan konsultasi menggunakan metode *Certainty Factor* (CF) yang akan dirancang, selanjutnya akan dilakukan perancangan atau desain sistem yang bertujuan untuk meningkatkan kegiatan yang ada didalam sistem yang dirancang menggunakan *Unified Modified Language* atau *UML* yang bertujuan untuk menggambarkan rancangan penentuan data masukan hingga menghasilkan informasi yang diinginkan nantinya, dapat dijabarkan nantinya dalam beberapa model-model dari rancangan sistem baru.

**3.3. Use Case Diagram Model Konseling BP Karir**

Diagram ini digunakan untuk menggambarkan aktor yaitu pengguna dan *use case* diartikan sebagai pelaku aplikasi yang diilustrasikan pada gambar 1.



Gambar 1. Use Case Diagram Konseling BP Karir

Dimana deskripsi *use case* diagram bimbingan pengembangan karir siswa diilustrasikan pada tabel 1. Pada tabel 1 menceritakan alur dari *use case* diagram untuk kegiatan *login* pengguna. Sedangkan tabel 2 menceritakan untuk mengelola data diagnosa bimbingan pengembangan karir yang dapat dilihat pada tabel 2. Tabel 3 menunjukkan deskripsi mengelola data minat dan bakat siswa sebagai basis pengetahuan.

Tabel 1. Deskripsi Use Case Diagram Login Bimbingan Pengembangan Karir

| Use Case Name        | Login Siswa Bimbingan Pengembangan Karir  |
|----------------------|---|
| Requirement          | A1-A6   |
| Goal                 | Siswa berhasil masuk ke halaman Bimbingan Pengembangan Karir (BP Karir)   |
| Pre-condition        | Siswa dapat memulai Bimbingan Pengembangan Karir (BP Karir)   |
| Post-condition       | Tampil hasil keputusan BP Karir   |
| Failed end condition | Siswa tidak malakukan BP Karir  |
| Primary Actor        | Siswa   |
| Main Flow/Basic Path | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Siswa dapat melihat hasil keputusan BP Karir</li> <li>2. Siswa dapat mencetak hasil BP Karir</li> <li>3. Siswa keluar dari aplikasi BP Karir</li> </ol> |

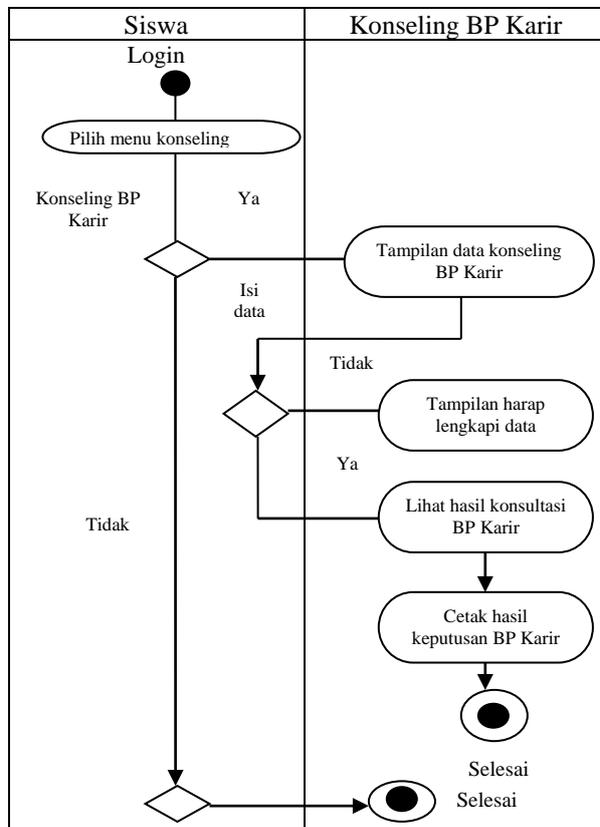
Tabel 2. Deskripsi Use Case Diagram mengelola data Bimbingan dan Pengembangan Karir

| Use Case Name        | Mengelola Data Bimbingan Dan Pengembangan Karir   |
|----------------------|---|
| Requirement          | B1  |
| Goal                 | Admin melakukan penambahan dan penghapusan data bimbingan dan pengembangan karir  |
| Pre-condition        | Admin telah masuk atau login  |
| Post-condition       | Data bimbingan dan pengembangan karir siswa   |
| Failed end condition | Gagal menyimpan dan menghapus data  |
| Primary actor        | Admin   |
| Main Flow/Basic Path | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Admin dapat melihat data bimbingan dan pengembangan karir siswa</li> <li>2. Admin menambah data bimbingan dan pengembangan karir siswa</li> <li>3. Admin menyimpan data bimbingan dan pengembangan karir siswa</li> </ol> |
| Alternatif           | Admin mengedit data bimbingan dan pengembangan karir siswa  |
| flow/invarian 1      |   |
| Invarian 2           |   |

Tabel 3. Deskripsi *Use Case Diagram* mengelola data minat dan bakat siswa berupa halaman pertanyaan

|                      |   |
|----------------------|---|
| Use Case Name        | Mengelola data gejala   |
| Requirement          | B2  |
| Goal                 | Admin dapat melakukan penambahan, pengeditan dan penghapusan data fakta yaitu minat dan bakat.  |
| Pre-condition        | Admin sudah masuk ke sistem atau login  |
| Post-condition       | Data gejala sudah disimpan dan sudah dihapus  |
| Failed end condition | Gagal menyimpan dan menghapus   |
| Primary Actor        | Admin   |
| Main Flow/Basic Path | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Admin melihat data gejala</li> <li>2. Admin sudah menambah data gejala</li> <li>3. Admin sudah menyimpan data gejala</li> </ol> |
| Alternatif           | Admin mengedit data bimbingan dan pengembangan karir siswa  |
| flow/invarian 1      |   |
| Invarian 2           |   |

**3.3. Activity Diagram Menu Koseling BP Karir**

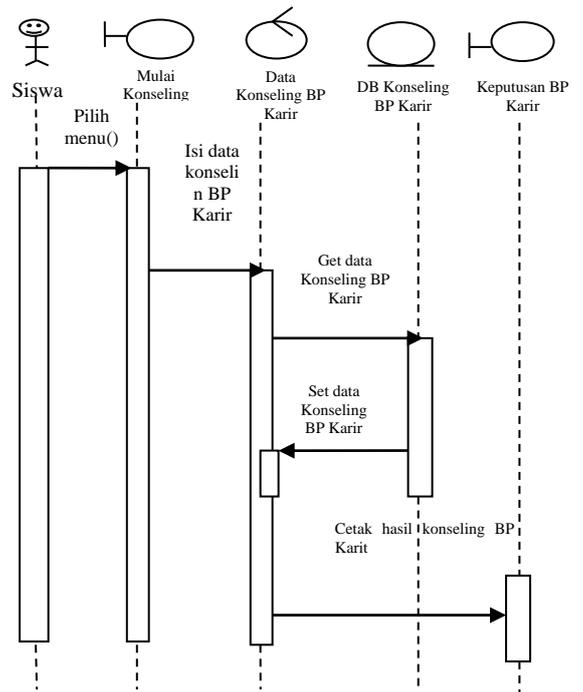


Gambar 2. Activity Diagram Koseling BP Karir

Pada gambar 2 di ilustrasikan proses dari activity diagram dari model *software* bimbingan dan pengembangan karir siswa yang terjadi saat aktifitas sistem dimulai sampai dengan berakhirnya aktifitas sistem.

**3.4. Sequence Diagram Koseling BP Karir**

Pada *sequence* diagram dibawah ini menggambarkan interaksi antara objek-objek pada model *software* yang dirancang sehingga dapat dilihat terjadinya komunikasi dan parameter waktu yang dibutuhkan waktu sistem dijalankan yang di ilustrasikan pada Gambar 3.

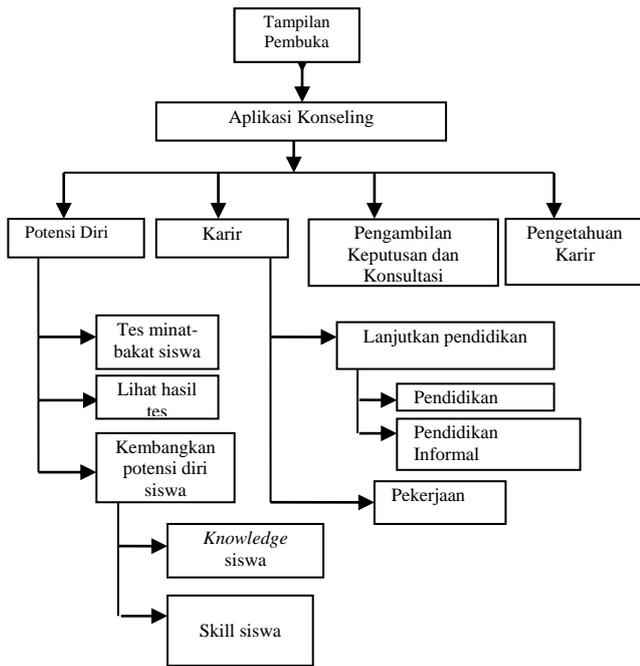


Gambar 3. Sequence Diagram Koseling BP Karir

**3.5. Arsitektur Software Koseling Bimbingan dan Pengembangan Karir Siswa**

Model aplikasi koseling bimbingan dan pengembangan karir siswa sebagai pengambilan keputusan untuk meningkatkan keterampilan manajemen informasi tentang pengetahuan karir yang di ilustrasikan pada Gambar 4. Dimana pada gambar 4 menunjukkan arsitektur dari model *software* yang dirancang yang terdiri dari empat (4) bagian yaitu : bagian 1 untuk modul potensi diri; bagian 2 Karir; bagian 3 pengambilan keputusan dan konsultasi dan bagian 4 pengetahuan tentang karir.

Selanjutnya pada modul software ini, berisi modul yang membantu siswa dalam konsultasi dan pengambilan keputusan pemilihan karir yaitu apakah bekerja atau melanjutkan pendidikan formal atau informal yang diilustrasikan pada gambar 4.



Gambar 4. Arsitektur Rancangan *Software* Konseling Bimbingan Pengembangan karir

Rancangan *software* ini digunakan untuk pemberian layanan konseling bimbingan dan pengembangan karir siswa secara tidak langsung dengan konselor. Layanan konseling bimbingan dan pengembangan karir melalui rancangan *software* (Teknologi Informasi) diharapkan dapat menjangkau siswa-siswa. *Software* ini merupakan bantuan layanan untuk kemajuan bimbingan dan pengembangan karir siswa.

Desain Antar muka pengguna dirancang untuk dialog ataupun penghubung antara user dan sistem pada *software* bimbingan dan pengembangan karir. Desain antar muka pengguna dapat digambarkan seperti gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Menu Utama



Gambar 6. Hasil Konsultasi

#### 4. KESIMPULAN

Model rancangan *software* konsultasi bimbingan dan pengembangan karir siswa yang dapat melakukan pengambilan keputusan karir dan sebagai media konsultasi siswa yang dibantu oleh penggunaan metode *certainty factor* untuk menghasilkan nilai kebenaran tentang pilihan karir yang sesuai dengan minat dan bakat siswa. Dengan demikian para siswa dan guru dapat terbantu dalam berkonsultasi tentang bimbingan dan pemilihan karir. Konseling dapat dengan mudah nantinya menangani perencanaan karir siswa yang diminatinya, rancangan aplikasi konseling ini dapat menjadi alternatif sebagai konsultasi bimbingan dan pengembangan karir siswa. Penggunaan metode *certainty factor* dalam rancangan aplikasi ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan-perhitungan penalaran. Karena tanpa harus menggunakan perhitungan statistik sebagaimana halnya pada metode lain. Sedangkan model rancangan aplikasi ini dirancang berbasis web, sehingga memudahkan para siswa dalam melakukan bimbingan karir.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi serta Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Pelita Indonesia.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

AGUSTINUS, R. K. 2009. Pengembangan Program Bimbingan Konseling Di Universitas Slamet Riyadi, Surakarta.

ANDAYATI, D. 2012. Sistem Pakar Bidang Psikologi. ISSN : 1979-911X, Yogyakarta.

ANUMNU, S. I. 2014. Knowledge Management and Development of Entrepreneurial Skills Among Students in Vocational Technical Institutions in Lagos. Nigeria, The Electronic Journal Knowledge

- Management, 12(2), 144-154, Available online at [www.ejkm.com](http://www.ejkm.com)
- ARHAMI, M. 2005. Konsep Sistem Pakar. Yogyakarta, Andi.
- FAHLI, M. ZATRA, H. A. Muri, Y. Syahniar. 2013. Perancangan Sistem Pakar Untuk Mengetahui Infertilitas Pada Perempuan Menggunakan Metode Certainty Factor Pemahaman Konselor Sekolah Tentang Tugas Perkembangan Siswa Dan Layanan Yang Diberikan. Padang, Fakultas Ilmu Pendidikan Uneversitas Negeri, 2(1).
- HARTONO, JOGIYANTO. 2003. Pengembangan Siste Pakar Menggunakan Visuak Basic. Yogyakarta, Andi.
- HATOSS, A., et, al. 2012. Career choices: Linguistic and educational socialization of Sudanese-background hingh-school students in Australia. Elsevier Inc, All rights reserved.
- HAYADIN. 2008. Pengambilan Keputusan Profesi Pada Siswa, *Junal Teknodika*, 8(2).
- HURLOCK, ELIZABETH, B. 1980. Psikologi Perkembangan Suatu Pendekatan Sepanjang Rentang Kehidupan. Terjemahan oleh Istiwidayanti dan Soedarno. Jakarta, Penerbit Erlangga.
- JUWITANINGRUM, I. 2013. Program Bimbingan Karir untuk Meningkatkan Kematangan Karir Siswa SMK, *Jurnal Bimbingan dan Konseling. PSIKOPEDAGOGIA*, II(2), Prodi Bimbingan dan Konseling UAD, ISSN: 2301-6160.
- LAKSANA, D. MP. 2013. Modul B. Karir, M. Interaktif, U. Meningkatkan, and K. Siswa, *Jurnal Bimbingan Konseling*, 2(1),1-9.
- RENATA SARAIVA, et al. 2016. Early Diagnosis of Gastrointestinal Cancer by Using Case-Based and Rule-Based Reasoning. *An International Journal Expert Systems With Applications*.
- SAUD, M. S., et al. 2011. Effective Integration of Information and Communication Technologies (ICTs) in Technical and vocational Education and Training (TVET) toward Knowledge Management in the Canging World of Work. *African Journal of Business Management*, 5 (16), 6668-6673, Available Online at <http://www.academicjournals.org/AJBM> ISSN:1993-8233.
- SUKADJI, SOETARLINAH, 2000. Psikologi Pendidikan dan Psikologi Sekolah (Direvisi dan Dilengkapi). Depok, Universitas Indonesia.
- SYAH, M. M., M. A. Gunawan. 2016. Sistem Pakar Bimbingan dan Konseling Siswa Dengan Metode Certainty Factor Berbasis Web Pada SMAN 1 Ckembar. SNIPTEK, ISBN:978-602-72850-3-3.
- TURBAN, E. 1995. Decision Support System and Expert System. Prentice Hall International Inc., USA.

## LOGIKA FUZZY PADA ROBOT *INVERTED* PENDULUM BERODA DUA

Fahmizal<sup>1</sup>, Galih Setyawan<sup>2</sup>, Muhammad Arrofiq<sup>3</sup>, Afrizal Mayub<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada

<sup>4</sup>Pascasarjana S2 Pendidikan IPA FKIP, Universitas Bengkulu

Email: <sup>1</sup>fahmizal@ugm.ac.id, <sup>2</sup>galih.setyawan24@mail.ugm.ac.id

<sup>3</sup>rofiq@ugm.ac.id, <sup>4</sup>afrizalmayub@unib.ac.id

(Naskah masuk: 14 Oktober 2017, diterima untuk diterbitkan: 30 Desember 2017)

### Abstrak

Robot *inverted pendulum* beroda dua (IPBD) merupakan sistem yang tidak stabil dan bersifat *non-linear*. Motor DC sebagai penggerak robot yang terletak pada masing-masing roda kiri dan kanan memberikan variabel gaya untuk mempertahankan kestabilan robot. Oleh karena itu diperlukan suatu kendali yang dapat menjaga keseimbangan dari robot. Makalah ini memaparkan kendali logika *fuzzy* dalam hal pengendali keseimbangan robot. Pada perancangan robot ini, penulis menggunakan sensor *inertia measurement unit* (IMU) versi MPU 6050 sebagai sensor pendeteksi keseimbangan robot. Nilai *setpoint* sudut robot yang diberikan adalah sudut elevasi robot terhadap sumbu horizontal atau pada sumbu *pitch*. Selanjutnya, nilai keluaran sensor IMU dibandingkan dengan *setpoint*. Lebih lanjut, nilai kesalahan (*error*) dan nilai perubahan kesalahan (*delta error*) yang dihasilkan akan digunakan sebagai masukan logika *fuzzy*. Hubungan relasi masukan *fuzzy* diselesaikan dengan aturan Mamdani. Keluaran dari logika *fuzzy* diselesaikan dengan perhitungan *weight average* (WA). Hasil keluaran logika *fuzzy* berupa nilai putaran motor kiri dan kanan yang dikendalikan dengan cara mengatur lebar pulsa sinyal *pulse with modulation* (PWM). Dari hasil pengujian diperoleh bahwa kendali logika *fuzzy* yang diaplikasikan pada robot IPBD dapat menjaga keseimbangan robot dengan osilasi pada sudut -2 hingga 2 derajat.

**Kata kunci:** Logika Fuzzy, *Inverted Pendulum*, IMU

### Abstract

*Inverted robot pendulum two (IPBD) is an unstable system that is naturally and non-linear. The DC motor as a robot drive located on each of the left and right wheels provides a force variable to maintain the robot's stability. Therefore we need a control that can maintain the balance of the robot. This paper presents fuzzy logic control in terms of robot balance control. In designing this robot, the author uses inertia measurement unit sensor (IMU) MPU 6050 version as a robot balance detection sensor. The given set of corner robot values is the robot's elevation angle to the horizontal axis or on the pitch axis. Furthermore, the value of the IMU sensor output is compared with the setpoint. Furthermore, the error value and the resulting error change value (delta error) will be used as fuzzy logic input. The relation of fuzzy input relation is solved with Mamdani rule. The output of fuzzy logic is solved by calculating the weight average (WA). The result of fuzzy logic output is left and right motor rotation controlled by adjusting pulse signal of pulse with modulation (PWM). The experiment results obtained that fuzzy logic control applied to the robot IPBD can maintain the robot balance by having oscillations at an angle of -2 to 2 degrees.*

**Keywords:** Fuzzy Logic, *Inverted Pendulum*, IMU

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan robotika tidak terlepas dari kemajuan teknologi mikroprosesor yang dirancang untuk melakukan pengolahan dan perhitungan. Selain itu, bentuk baru perangkat sensor yang terus berkembang telah menjadikan suatu mesin dengan kemampuan untuk mengidentifikasi benda disekitar mereka dalam berbagai cara. Oleh karena itu, penerapan robotika untuk membantu pekerjaan manusia sangatlah luas, mulai dari rumah tangga sampai dunia industri.

Robot *inverted pendulum* beroda dua (IPBD) mengadopsi model sistem dari *inverted pendulum* konvensional yang konfigurasi sistem fisik yang

terdiri dari bandul, pedati dan motor-DC. Bandul merupakan sebuah benda yang menempel pada poros pedati dan dapat bergerak dengan satu derajat kebebasan (searah atau berlawanan arah dengan jarum jam). Pedati merupakan sebuah benda yang dapat bergerak translasi dalam arah horizontal pada suatu lintasan.

Keunikan dan penerapan *inverted pendulum* yang luas telah menarik beberapa peneliti dan kalangan penggemar robotika untuk mengembangkan lebih jauh teknologi *balancing robot*. Dalam beberapa tahun ini, para peneliti telah menerapkan gagasan dari *inersia sensor* pada berbagai kasus seperti rancangan gaya berjalan untuk *humanoid robot* (Kuo, 2016) (Huang, 2005),

*Mecanum wheel robot* (Fahmizal, 2016), kestabilan Quadrotor (Bhatkhande, 2014), *balancing ball robot* (Kumagai, 2008) bahkan sampai pada alat transportasi alternatif.

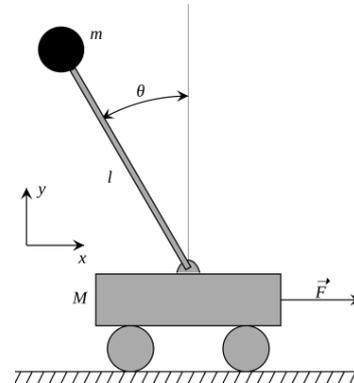
Para peneliti dari *Industrial Electronic Laboratory* di *Swiss Federal Institute of Technology* telah membangun suatu prototipe kendaraan beroda dua yang didasarkan pada prinsip kerja dari *inverted pendulum*. Kendaraan ini dilengkapi dengan pembebanan yang mensimulasikan berat manusia. Berbagai macam penelitian telah dilakukan dalam mengembangkan *balancing robot*, antara lain Nbot (Anderson, 2003) yaitu robot beroda dua mirip seperti robot JOW yang dibuat oleh David P. Anderson. Robot ini memiliki sensor inersia dan enkoder untuk menstabilkan sistem. Steven Hassenplug juga telah berhasil membangun *balancing robot* yang disebut Legway dengan menggunakan LEGO Mindstorms robotic kit (Hassenplug, 2008). Dua buah sensor *Electro-Optical Proximity Detector* digunakan untuk mengukur kemiringan robot. Selain itu, suatu perusahaan yang berasal dari Amerika sebut saja, "Segway HT" telah menciptakan suatu kendaraan beroda yang mengadopsi model *inverted pendulum*. (Nguyen, 2004). Kendaraan ini memiliki kemampuan untuk menyeimbangkan manusia yang berdiri di atas suatu platform, sementara bergerak melintasi suatu medan. Rancangan ini menggunakan lima buah *gyroscope* dan beberapa sensor kemiringan untuk menjaga tetap berdiri tegak.

Dari tinjauan berbagai literatur, ikut mendorong penulis mempelajari dan mengaplikasikan suatu sistem *inverted pendulum* kedalam sebuah robot IPBD. Pada penelitian ini bertujuan untuk menjaga robot IPBD agar tetap seimbang sesuai dengan masukan yang diberikan dan dapat menjaga kestabilan terhadap gangguan. Robot IPBD memiliki titik berat yang berada di atas sumbu putar motor penggeraknya, sehingga menyebabkan sistem ini tidak stabil apabila diberi gangguan. Oleh karena itu diperlukan suatu kendali yang dapat menjaga keseimbangan dari robot. Makalah ini memaparkan kendali logika *fuzzy* dalam hal pengendali keseimbangan robot. Pada perancangan robot ini, penulis menggunakan sensor *inertia measurement unit* (IMU) versi MPU 6050 sebagai sensor pendeteksi keseimbangan robot (Rowberg, 2014). Logika *fuzzy* pada penelitian ini akan ditanam pada *embeded system* Arduino.

## 2. ROBOT INVERTED PENDULUM BERODA DUA (IPBD)

Robot IPBD adalah suatu jenis robot beroda dua yang dapat menyeimbangkan dirinya saat bergerak. Dalam keadaan diam, robot IPBD sangatlah sukar seimbang. Robot IPBD merupakan pengembangan dari model *inverted pendulum* (pendulum terbalik). Pendulum terbalik terdiri dari

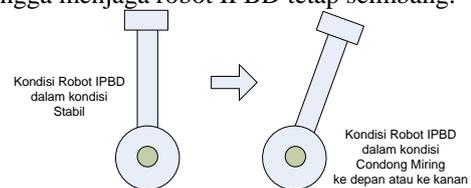
sebuah batang yang diletakkan di atas kereta beroda. Gambar 1 adalah ilustrasi sebuah pendulum terbalik dengan sebuah kereta.



Gambar 1. *Inverted pendulum* dengan sebuah kereta.

Akibat dari gaya gravitasi bumi, sebuah *inverted pendulum* yang pada mulanya tegak lurus maka mulai membentuk sudut kemiringan sebesar theta ( $\theta$ ) dan lama kelamaan akan jatuh. Oleh karena itu, dalam menjaga dan mempertahankan posisi pendulum pada suatu titik maka diperlukan sebuah aksi gaya yang dapat menahan pergerakan pendulum. Cara yang digunakan untuk menghasilkan gaya tersebut adalah dengan cara membuat kereta maju searah sesuai dengan arah kemana pendulum tersebut akan jatuh.

Dengan mengacu pada prinsip kerja *inverted pendulum* dengan sebuah kereta, maka untuk mempertahankan keseimbangan robot IPBD diperlukan gaya yang dapat membuat robot tetap berdiri. Pada saat kondisi robot akan condong ke depan (miring ke kanan) maka aksi tindakan yang perlu dilakukan adalah memutar motor roda searah dengan jarum jam sehingga robot berjalan ke arah depan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2. Pergerakan motor pada roda robot IPBD tersebut akan memberi percepatan linear pada pusat putar roda dan akan memberikan gaya dorong kedepan sehingga menjaga robot IPBD tetap seimbang.



Gambar 2. Kondisi *inverted pendulum* beroda.

## 3. SENSOR IMU DAN COMPLEMENTARY FILTER

*Inertial measurement unit* (IMU) sensor adalah perangkat MEMS (*Micro Electro Mechanical Systems*) yang mampu mengukur dan melaporkan percepatan, kecepatan, orientasi dan gaya gravitasi. IMU sensor umumnya terdiri atas konfigurasi dan menggunakan kombinasi dari *accelerometer*, *gyroscope* dan *magnetometer*. Pada penelitian ini, robot IPBD menggunakan sensor IMU tipe 6050.

Sensor ini memiliki konfigurasi sebagai berikut; memiliki 6 derajat kebebasan, terdiri atas dua konfigurasi *accelerometer* dan *gyroscope* dengan komunikasi protokol data menggunakan I2C (*inter ingrated circuit*). Sensor *accelerometer* dapat digunakan untuk mendeteksi serta mengukur getaran (vibrasi) dan juga mengukur percepatan akibat gravitasi. Sedangkan sensor *gyroscope* adalah untuk mengukur dan menentukan orientasi gerak yang berputar pada poros sumbu. Dari definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa pengertian lain dari sensor *gyroscope* untuk menentukan gerakan sesuai dengan gravitasi yang dilakukan oleh pengguna. Sebagai contoh pada sistem pesawat terbang, *gyroscope* memiliki peranan penting dalam hal mempertahankan keseimbangan. Peranan ini berupa keseimbangan kemiringan pada sumbu *x*, *y* dan *z*. Istilah penamaan keluaran sudut yang dihasilkan oleh *accelerometer* dan *gyroscope* berupa percepatan/ kecepatan sudut pada sumbu *x* berupa sudut *phi* ( $\Phi$ ) atau *roll*, sumbu *y* menjadi sudut *theta* ( $\theta$ ) atau *pitch* dan sumbu *z* menjadi sudut *psi* ( $\Psi$ ) atau *yaw*. Spesifikasi dari IMU 6050 dijelaskan pada Tabel 1 dan Gambar 3 merupakan bentuk fisik dari sensor IMU MPU 6050.

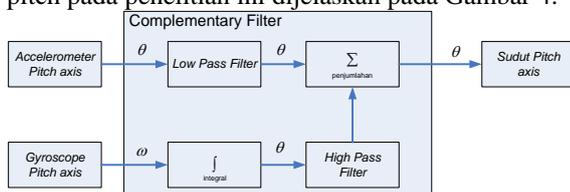
Tabel 1. Spesifikasi dari modul IMU 6050

| Spesifikasi                 | Operasi                          |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Chip                        | MPU-6050                         |
| Vin                         | 3V ~ 5V                          |
| Communication               | I2C                              |
| Gyroscopes ranges           | +/- 250 500 1000 2000 degree/sec |
| Acceleration ranges         | +/- 2g, +/- 4g, +/- 8g, +/- 16g  |
| Pin Spacing                 | 2.54mm (0.1in)                   |
| Built-in 16bit AD converter | 16 bit data output               |



Gambar 3. Bentuk fisik dari sensor IMU MPU 6050.

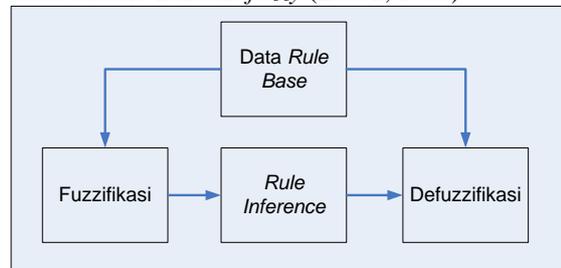
Dalam proses suatu pengukuran, *noise* merupakan gangguan penting yang harus diperhatikan. *Noise* dapat mengganggu jalannya suatu sistem kendali. Oleh karena itu, untuk mendapatkan sinyal sebenarnya yang memisahkan dari sekumpulan *noise*, teknik penyaringan (*filtering*) sangat dibutuhkan. Pada penelitian ini, *complementary filter* digunakan untuk menghilangkan *noise*. Konfigurasi dari *complementary filter* (Tseng, 2011) untuk sudut pitch pada penelitian ini dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok diagram *complementary filter*.

#### 4. SISTEM KENDALI FUZZY

Pada tahun 1965, Dr. Lotti A. Zadeh mengembangkan logika *fuzzy* yang didefinisikan sebagai perumusan secara matematika konsep ketidakpastian atau kesamaran, sehingga dapat diproses oleh komputer atau secara *digital*. Selain itu, sistem logika *fuzzy* adalah suatu sistem pengambilan keputusan berbasis aturan (*rule base*) yang bertujuan untuk memecahkan masalah, dimana sistem tersebut sukar untuk dimodelkan atau terdapat ambiguitas dan ketidakjelasan. Sistem logika *fuzzy* dibangun dari himpunan keanggotaan (*membership*) *fuzzy* dan aturan *fuzzy*. Subset *fuzzy* merupakan himpunan bagian yang berbeda dari variabel *input* dan *output*. Himpunan keanggotaan ini dapat dibangun dengan fungsi himpunan segitiga, trapesium, dan atau fungsi Gaussian. Secara umum, paada Gambar 5 menyajikan bagan dasar dari suatu sistem kendali *fuzzy* (Zadeh, 1965).

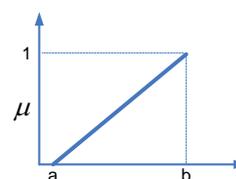


Gambar 5. Skema dasar *fuzzy inference system*.

Pada penelitian ini menggunakan aturan *fuzzy Mamdani* sebagai *inference* aturannya. Metode ini juga dikenal dengan istilah metode *Max-Min*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk memperoleh keluaran dari tahapan logika *fuzzy*, diperlukan 3 tahapan yaitu:

1. Tahap fuzzifikasi, pada tahap ini hal yang dilakukan adalah mengubah variabel *non fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Pada penelitian ini menggunakan tiga tipe analisis keanggotaan himpunan *fuzzy* pada proses fuzzifikasi, diantaranya ialah

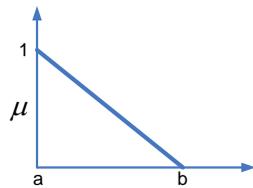
- a. Fungsi keanggotaan *fuzzy* naik yang dijelaskan pada Gambar 6 dan persamaan (1).



Gambar 6. Fungsi keanggotaan subset *fuzzy* naik

$$\mu = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ (x-a) & a < x \leq b \\ (b-a) & \end{cases} \quad (1)$$

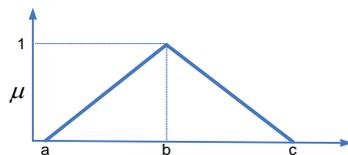
- b. Fungsi keanggotaan subset *fuzzy* turun yang dijelaskan pada Gambar 7 dan persamaan (2).



Gambar 7. Fungsi keanggotaan subset fuzzy turun.

$$\mu = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)} & a \leq x < b \\ 0 & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

- c. Fungsi keanggotaan subset fuzzy segitiga yang dijelaskan pada Gambar 8 dan persamaan (3).



Gambar 8. Fungsi keanggotaan subset fuzzy segitiga.

$$\mu = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)} & a \leq x < b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & b < x \leq c \end{cases} \quad (3)$$

- Tahap aturan logika fuzzy, secara umum adalah aturan-aturan fuzzy yang dinyatakan dalam bentuk "IF THEN" yang merupakan inti dari relasi logika fuzzy. Selanjutnya tahap implikasi dapat diselesaikan dengan sebuah metode, dan metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan Mamdani (Mamdani, 1975).
- Tahap defuzzifikasi, adalah perubahan data-data fuzzy menjadi data-data numerik yang selanjutnya dapat dikirimkan ke peralatan pengendalian. Masukan dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy. Proses defuzzifikasi pada penelitian ini menggunakan metode *weight average* (WA) dari Sugeno (Yoneyama, 2000).

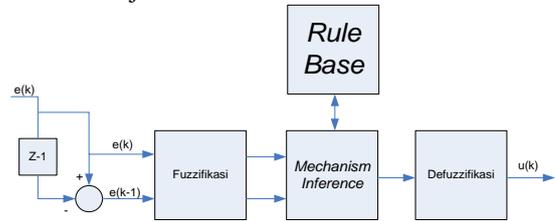
## 5. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

### 5.1. Spesifikasi Sistem

Sistem robot IPBD yang dirancang pada penelitian ini memiliki spesifikasi sistem sebagai berikut:

- Logika fuzzy yang dirancang adalah logika fuzzy tipe – PD yang dijelaskan pada Gambar 9.
- Robot IPBD secara otomatis mampu menyeimbangkan dirinya tanpa bantuan gaya luar.
- Robot IPBD menggunakan sensor IMU MPU 6050 6-axis sebagai sensor sudut keseimbangan dengan menggunakan *complementary filter* sebagai penghilang dan peredam *noise* yang umum terjadi pada sensor IMU.

- Kriteria seimbang robot IPBD adalah bergerak secara osilasi pada sudut kecil antara -2 hingga 2 derajat tanpa adanya gangguan, itu artinya robot IPBD mengalami goyangan kecil selama proses menyeimbangkan diri.
- Robot IPBD dapat menyeimbangkan diri secara otomatis dengan gangguan sebesar sudut 10 derajat.



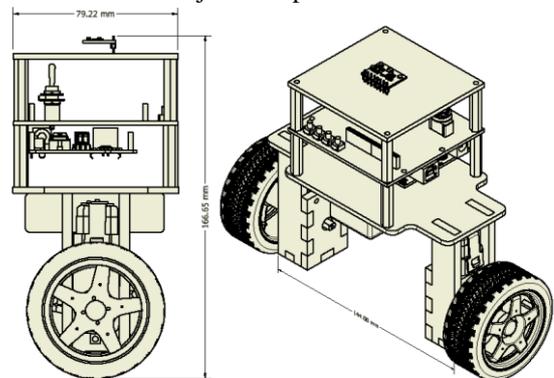
Gambar 9. Logika fuzzy tipe – PD.

### 5.2. Desain dan Implementasi Perangkat Keras

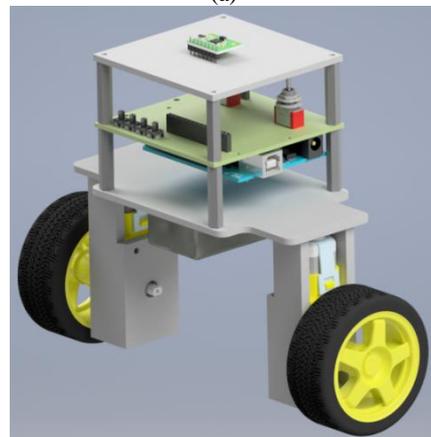
Pada tahapan perancangan perangkat keras robot IPBD ini terdiri dari dua bagian yaitu desain rancang bangun mekanik robot dan desain sistem elektronik.

#### 1. Desain Sistem Mekanik

Sistem mekanik dalam pembuatan robot IPBD ini sangat berpengaruh dalam proses seimbang robot, desain mekanik robot ini diusahakan dapat seimbang pada titik pusat masanya robot IPBD ini menggunakan dua buah roda. Desain mekanik dan bentuk real fisik dari robot IPBD dijelaskan pada Gambar 10.



(a)



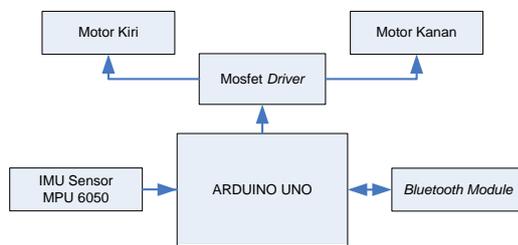
(b)



(c)

Gambar 10. (a) Dimensi desain robot IPBD, (b) desain mekanik CAD tampak keseluruhan dan (c) bentuk nyata fisik dari robot IPBD.

- Desain Sistem Elektronik  
Sistem elektronik robot IPBD menggunakan Arduino Uno sebagai kontroler utamanya. Adapun konfigurasi rangkaian elektronis dari robot IPBD ini dijelaskan pada Gambar 11.

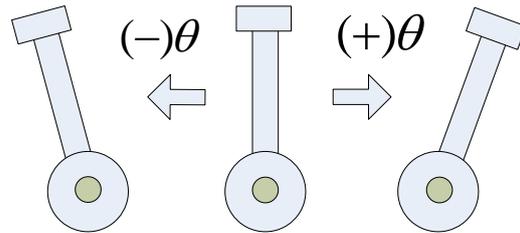


Gambar 11. Diagram blok rangkaian elektronis dari robot IPBD.

### 5.3. Desain dan Implementasi Perangkat Lunak Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* yang diimplementasikan pada sistem robot IPBD dikenal dengan istilah *embeded fuzzy*, artinya semua tahapan *fuzzy* diolah komputasinya pada suatu perangkat *digital* dan tertanam dalam sebuah *chip* seperti pada mikrokontroler. Pada sistem robot IPBD ini variabel masukan untuk fuzzifikasi didapat dari pembacaan sensor *accelerometer* dan *gyroscope* yang berupa sudut kemiringan dari robot IPBD, selisih dari *setpoint* (posisi stabil) dan pembacaan sensor yang disebut *error* dan perubahan *error* setiap waktu disebut *delta error*. Lebih lanjut, *error* dan *delta error* ini yang kemudian menjadi masukan ke dalam fuzzifikasi dan dijadikan himpunan *fuzzy*.

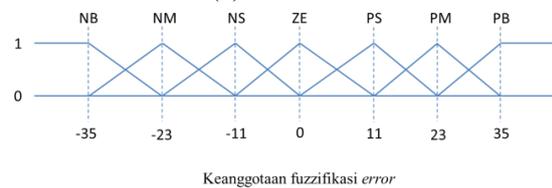
- Fungsi keanggotaan pada proses fuzzifikasi  
Untuk pembentukan fungsi keanggotaan dilakukan dengan melihat karakteristik robot IPBD. Robot IPBD pada kondisi stabil atau sudut 0 derajat. Ketika robot condong kekiri maka sudut berubah dari 0 – (+90) derajat dan ketika robot condong kekanan maka sudut berubah dari 0 – (-90). Perubahan ini yang akan menjadi masukan "*crisp*" yang kemudian dijadikan himpunan *fuzzy*. Adapun skenario pergerakan robot seperti pada Gambar 12.



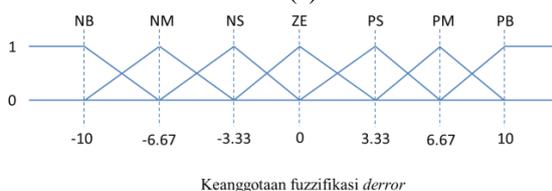
Gambar 12. Kondisi robot IPBD saat condong kekiri dan kekanan.

Dari skenario tersebut maka bisa ditentukan fungsi keanggotaan untuk *error* dan perubahan *derror(delta-error)* yang merupakan fungsi keanggotaan masukan. Untuk fungsi keanggotaan keluaran yang merupakan perubahan PWM terhadap perubahan posisi sudut ditentukan secara eksperimental. Adapun fungsi keanggotaan ini antara lain :

- Fungsi keanggotaan *error* terdiri dari *negative big* (NB), *negative medium* (NM), *negative small* (NS), *zero* (ZE), *positive small* (PS), *positive medium* (PM), *positive big* (PB). Untuk nilai dari masing-masing fungsi keanggotaan *error* seperti pada Gambar 13(a).
- Fungsi keanggotaan *derror* terdiri dari *negative big* (NB), *negative medium* (NM), *negative small* (NS), *zero* (ZE), *positive small* (PS), *positive medium* (PM), *positive big* (PB). Untuk nilai dari masing-masing fungsi keanggotaan *derror* seperti pada Gambar 13(b).



(a)



(b)

Gambar 13. (a) Fungsi keanggotaan *error* dan (b) fungsi keanggotaan *derror*.

2. Rule aturan *fuzzy* yang digunakan pada implementasi robot IPBD menggunakan implikasi (*inference*) dengan metode *Mamdani* seperti yang dijelaskan pada persamaan (4).

$$\mu_y(k) = \max [\min \{\mu_u(k), \mu_r(\text{error}(i), \text{derror}(j))\}] \quad (4)$$

Dari fungsi keanggotaan fuzzifikasi yang terdiri dari 7 anggota maka untuk komponen aturan terdiri dari 49 aturan dimana aturan tersebut antara lain dijelaskan pada Tabel 2 dengan mengacu pada aturan *MacVicar Whelan* (Tang, 1987).

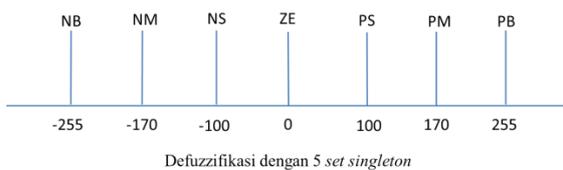
Tabel 2. Tabel aturan *fuzzy* menggunakan konfigurasi dari *MacVicar Whelan*.

|                             |    | <i>error</i> |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------|----|--------------|----|----|----|----|----|----|
|                             |    | NB           | NM | NS | ZE | PS | PM | PB |
| <i>delta error (derror)</i> | NB | NB           | NB | NM | NM | NS | NS | ZE |
|                             | NM | NB           | NM | NM | NS | NS | ZE | PS |
|                             | NS | NM           | NM | NS | NS | ZE | PS | PS |
|                             | ZE | NM           | NS | NS | ZE | PS | PS | PM |
|                             | PS | NS           | NS | ZE | PS | PS | PM | PM |
|                             | PM | NS           | ZE | PS | PS | PM | PM | PB |
|                             | PB | ZE           | PS | PS | PM | PM | PB | PB |

Berdasarkan daftar aturan tersebut maka dibentuk tabel komposisi aturan yang menjadi acuan implikasi dari masukan himpunan *fuzzy error* dan *derror*.

3. Keluaran *fuzzy* ditentukan oleh proses defuzzifikasi, pada penelitian ini peneliti menggunakan teknik *Weight Average (WA)* dari Sugeno yang dijelaskan pada persamaan (5) untuk mendapatkan *crisp output fuzzy* dengan konfigurasi keluaran yang memiliki 3 buah *singletone*. Pada penelitian ini, menggunakan keluaran *singletone* sebanyak 7. Nilai keluaran dari defuzzifikasi inilah yang digunakan sebagai nilai *Pulse Width Modulation (PWM)* Motor kiri kanan dan kiri pada robot IPBD. Himpunan *crisp output* dari defuzzifikasi ini dijelaskan pada Gambar 14.

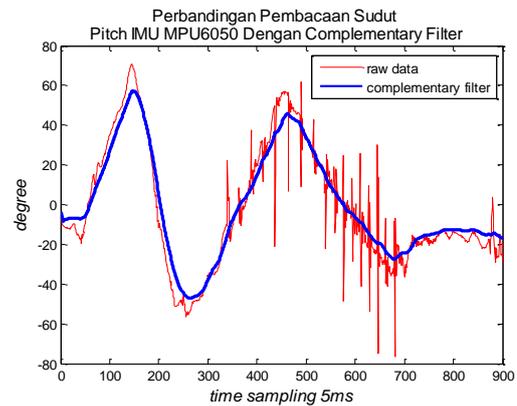
$$WA = \frac{\mu(k1) \times k1 + \mu(k2) \times k2 + \mu(k3) \times k3}{\mu(k1) + \mu(k2) + \mu(k3)} \quad (5)$$



Gambar 14. Himpunan *crisp output* dari defuzzifikasi.

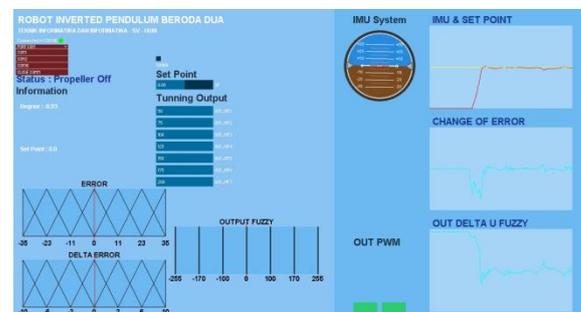
## 6. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perancangan, dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah terintegrasi. Pengujian sensor IMU MPU 6050 ialah sebagai fundamental dalam keberhasilan robot IPBD dapat stabil atau seimbang. Artinya teknik *filtering* yang digunakan pada sistem robot IPBD ini menjadi sangat penting. Dengan *complementary filter* hasil pembacaan sudut kemiringan *pitch* diperoleh dengan sangat stabil seperti yang dijelaskan pada Gambar 15.



Gambar 15. Perbandingan pembacaan sudut *pitch* IMU MPU 6050 dengan *complementary filter*.

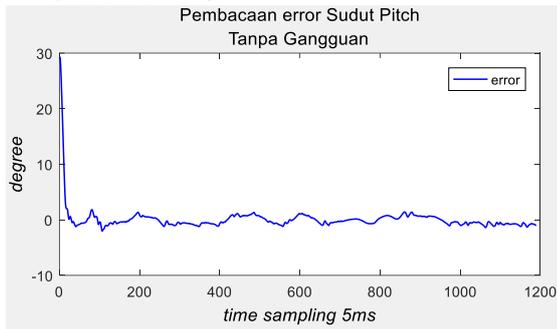
Pada pengujian selanjutnya ialah melihat respon dari kendali logika *fuzzy* apakah mampu membuat robot IPBD seimbang sesuai dengan spesifikasi pada perancangan atau tidak. Pengujian ini dilakukan pada saat keadaan tanpa gangguan maupun dengan diberikan gangguan. Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan robot IPBD seimbang dan membiarkannya menyeimbangkan dirinya sendiri. Untuk mempermudah pengamatan, dilakukan pengiriman data berupa sudut kemiringan dan PWM yang dikeluarkan oleh pengendali menggunakan komunikasi serial ke komputer atau dikenal dengan istilah *graphical user interface (GUI)* yang dijelaskan pada Gambar 16.



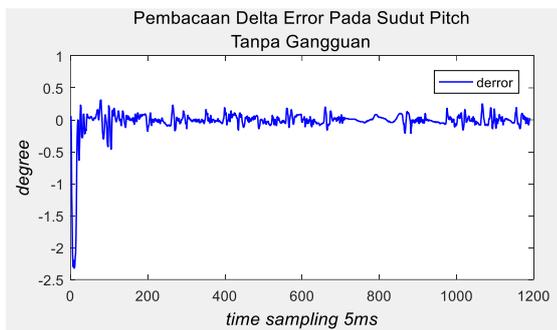
Gambar 16. Rancangan GUI robot IPBD.

Data pengamatan ini kemudian digambarkan dalam grafik hubungan sudut terhadap waktu dan grafik hubungan *out fuzzy* terhadap waktu. Berikut ini adalah hasil pengujian pengendali logika *fuzzy* ketika sudah diimplementasikan pada robot IPBD, dengan rincian sebagai berikut:

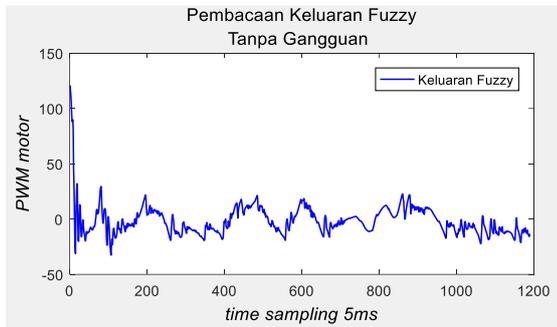
1. Pengujian tanpa ada gangguan, dijelaskan pada Gambar 17 – 19.



Gambar 17. Respons pembacaan *error* sudut *pitch* tanpa gangguan.

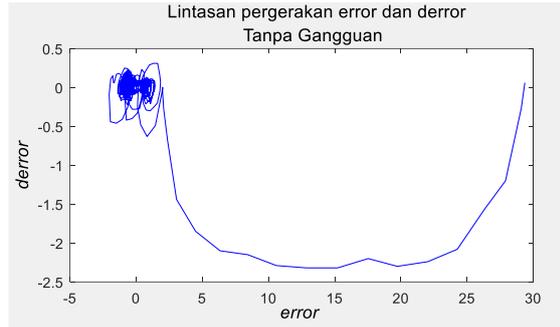


Gambar 18. Respons pembacaan *derror* sudut *pitch* tanpa gangguan.



Gambar 19. Respons keluaran *fuzzy* tanpa gangguan.

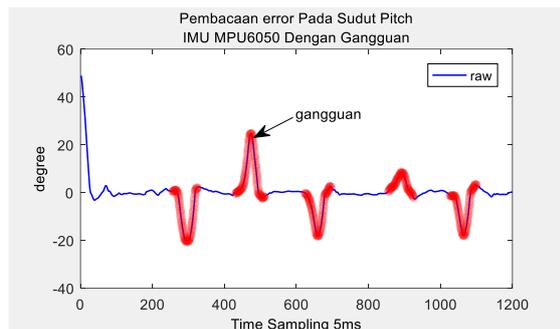
Dari Perbandingan respons *error*, *derror* dan keluaran *fuzzy* terlihat robot IPBD mencoba menyeimbangkan dirinya. Ketika *error* besar maka keluaran *fuzzy* juga besar dan begitu juga sebaliknya. Saat *error* mendekati titik kestabilan 0 derajat maka keluaran *fuzzy* juga mengecil mengikuti perubahan *error*. Karena pengaruh getaran motor maka terdapat *noise* pada pengukuran sudut oleh sensor *accelerometer*. Tapi *noise* ini tidak menjadi masalah bagi kontrol logika *fuzzy* karena robot masih tetap seimbang walaupun berhasil antara sudut 2 hingga -2 derajat. Berikut Gambar 20 menjelaskan *trajectory error* dan *derror* tanpa ada gangguan.



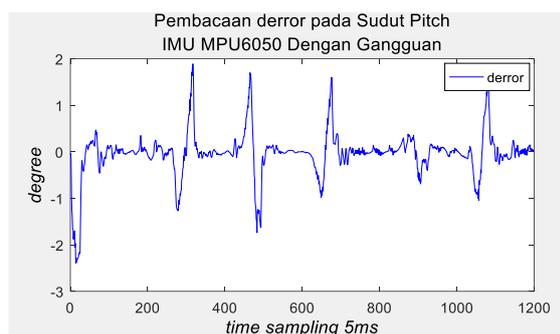
Gambar 20. *Trajectory error* dan *derror* tanpa ada gangguan.

2. Pengujian dengan gangguan

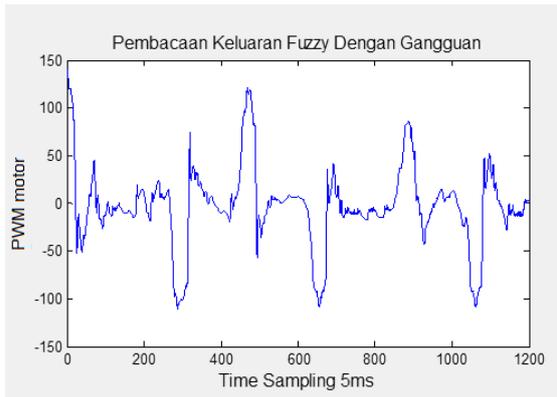
Pada percobaan ini, gangguan dari luar dengan cara memberi dorongan ke depan dan ke belakang sesuai arah pergerakan robot. Setelah diberi gangguan dari luar robot tidak jatuh dan tetap mempertahankan keseimbangannya. Respon pengujian dengan gangguan dijelaskan pada Gambar 21-23 dan Gambar 24 menjelaskan *trajectory error* dan *derror* dengan adanya gangguan.



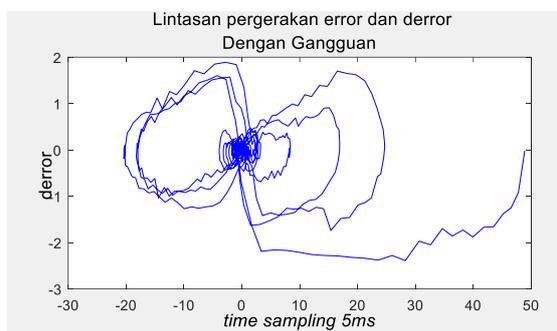
Gambar 21. Respons pembacaan *error* sudut *pitch* dengan gangguan.



Gambar 22. Respons pembacaan *derror* sudut *pitch* dengan gangguan.



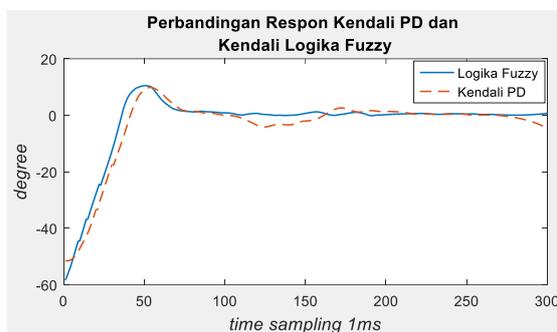
Gambar 23. Respons keluaran fuzzy dengan gangguan.



Gambar 24. Trajectory error dan derror dengan adanya gangguan.

Selanjutnya dilakukan perbandingan respon kontroler antara kendali PD dengan kendali logika fuzzy yang telah diterapkan pada robot IPBD. Kendali PD adalah suatu kontroler yang aksi kontrolernya proposional dan differensial terhadap suatu sinyal kesalahan. Hubungan antara sinyal kesalahan dan sinyal kontrol pada kontroler tipe-PD *dependent* dapat dinyatakan pada persamaan (6).

$$u(t) = K_p \left[ e(t) + \tau_d \frac{d}{dt} e(t) \right] \quad (6)$$

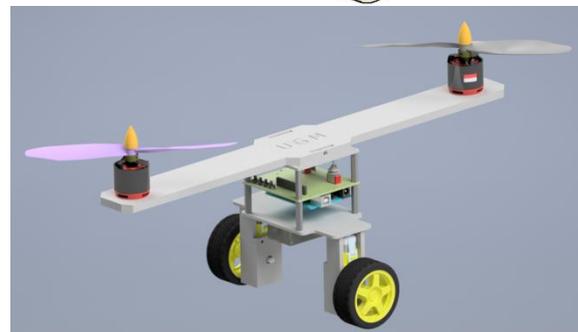
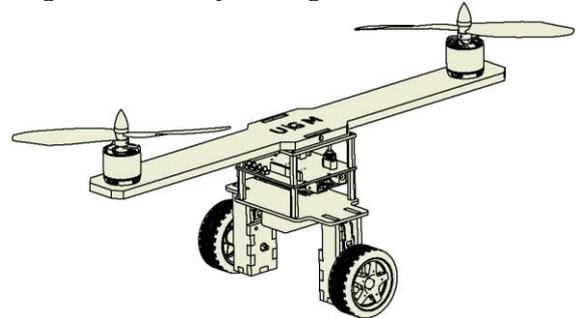


Gambar 25. Perbandingan respon kendali PD dan kendali logika fuzzy pada robot IPBD.

Dari hasil perbandingan respons sistem yang disajikan pada Gambar 25 terlihat bahwa kendali logika fuzzy memiliki *rise time* yang jauh lebih baik dari pada kendali PD, selain itu *error steady state* pada kendali logika fuzzy juga jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan kendali PD.

## 7. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian penerapan logika fuzzy pada robot IPBD, dapat ditarik beberapa simpulan bahwa sistem logika fuzzy dapat diimplementasikan dengan hasil baik ke dalam sistem kestabilan robot IPBD. Dengan kendali logika fuzzy robot mengalami osilasi pada sudut  $-2$  hingga  $2$  derajat yang dalam hal ini dianggap sebagai sistem yang sangat stabil. Jika diberikan gaya luar dengan variasi sudut dari kecil sampai sudut besar robot IPBD dapat mempertahankan keseimbangan. Jika robot IPBD dicondongkan kedepan maka robot akan maju begitu juga sebaliknya. Desain mekanik, torsi dan kecepatan motor sangat berpengaruh dalam kestabilan robot IPBD. Selanjutnya pada penelitian ini akan dikembangkan robot IPBD dengan ditambah dua buah propeller seperti yang disajikan pada Gambar 26. Pada sistem ini, dua buah propeller berguna untuk menyeimbangkan robot IPBD.



Gambar 26. Desain mekanik CAD robot IPBD dengan ditambah dua buah propeller sebagai penyeimbang.

## 8. DAFTAR PUSTAKA

- ANDERSON, D. P. 2003. nBot, a two wheel balancing robot. <http://www.geology.smu.edu/~dpa-www/robo/nbot/> [Diakses pada 20 - 08 - 2017].
- BHATKHANDI, PRANAV, & HAVENS, T. C. 2014. Real time fuzzy controller for quadrotor stability control. *Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), IEEE International Conference*, pp. 913-919. IEEE.
- FAHMIZAL, KUO, CHUNG-HSIEN. 2016. Trajectory and heading tracking of a mecanum wheeled robot using fuzzy logic control. *Instrumentation, Control and*

*Automation (ICA), International Conference*, pp. 54-59. IEEE.

- HASSENPLUG, STEVE. 2008. Nxt programming software. *NXT Programming Software*.
- HUANG, QIANG, & NAKAMURA, Y. 2005. Sensory reflex control for humanoid walking. *IEEE Transactions on Robotics* 21, no. 5, pp. 977-984. IEEE.
- KUMAGAI, MASAOKI, & OCHIAI, T. 2008. Development of a robot balancing on a ball. *In Control, Automation and Systems (ICCAS). International Conference*, pp. 433-438. IEEE.
- KUO, CHUNG-HSIEN, FAHMIZAL, & WU, S. 2016. Development of Fuzzy Logic Controllers for Controlling Bipedal Robot Locomotion on Uneven Terrains with IMU Feedbacks. *Indian Journal of Science and Technology* 9, no. 28.
- MAMDANI, EBRAHIM H. & ASSILIAN, S. 1975. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International journal of man-machine studies* 7, no. 1, pp. 1-13.
- NGUYEN, HOA G., MORRELL, J., MULLENS, K., BURMEISTER, A., MILES, S., FARRINGTON, N., THOMAS, K. & DOUGLAS, W. 2004. Cage. Segway robotic mobility platform. space and naval warfare systems center san diego ca.
- ROWBERG, JEFF. 2011. I2Cdevlib. MPU-6050 6-axis accelerometer/gyroscope. <http://www.i2cdevlib.com/devices/mpu6050>, [Diakses pada 27 – 08 - 2017].
- TANG, KWOK L., & MULHOLLAND, R. J. 1987. Comparing fuzzy logic with classical controller designs. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 17, no. 6, pp. 1085-1087, IEEE.
- TSENG, STEPHEN P., LI, W., SHENG, C., HSU, J. & CHEN, C. 2011. Motion and attitude estimation using inertial measurements with complementary filter. *Control Conference (ASCC), 2011 8th Asian*, pp. 863-868, IEEE.
- YONEYAMA, JUN, NISHIKAWA, M., KATAYAMA, H. & ICHIKAWA, A. 2000. Output stabilization of Takagi–Sugeno fuzzy systems. *Fuzzy sets and Systems* 111, no. 2, pp. 253-266.
- ZADEH, L. A. 1965. Fuzzy sets. *Information and control* 8, no. 3, pp. 338-353.

## REGISTRASI CITRA DENTAL MENGGUNAKAN *FEATURE FROM ACCELERATED SEGMENT TEST* DAN *LOCAL GABOR TEXTURE FOR ITERATIVE POINT CORRESPONDENCE*

Ahmad Afif Supianto<sup>1</sup>, Budi Darma Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>afif.supianto@ub.ac.id, <sup>2</sup>s.budidarma@ub.ac.id

(Naskah masuk: 1 November 2017, diterima untuk diterbitkan: 30 Desember 2017)

### Abstrak

Di bidang periodontal, registrasi citra yang telah dikembangkan berfokus pada evaluasi terhadap tulang alveolar. Salah satu proses yang dilakukan saat evaluasi adalah tahapan ekstraksi fitur. Masalah yang disebabkan oleh kesalahan saat ekstraksi fitur bisa timbul pada proses selanjutnya, yaitu pencocokan fitur. Selain itu, teknik registrasi citra yang didasarkan pada fitur seperti titik, identifikasi tepian (edges), kontur, atau fitur yang lain yang biasa digunakan untuk membandingkan citra dan kemudian memetakannya merupakan teknik yang sangat sensitif terhadap keakuratan pada tahap ekstraksi fitur. Dari kedua argumen ini, maka diperlukan teknik ekstraksi fitur yang tangguh untuk mencegah terjadinya kesalahan pada proses pencocokan fitur sehingga mendapatkan hasil registrasi citra yang akurat. Penelitian ini mengusulkan metode baru pada proses registrasi citra. Metode yang diusulkan menggunakan metode ekstraksi fitur yang efektif terhadap akurasi dengan menerapkan *Learning Features*, yaitu *Feature from Accelerated Segment Test* (FAST) dan pengembangan terhadap proses pencocokan fitur dengan menerapkan *Local Gabor Texture* (LGT) pada algoritma *Iterative Point Correspondence* (IPC). Uji coba dilakukan terhadap 8 citra grayscale dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode yang diusulkan berhasil melakukan registrasi dengan nilai akurasi rata-rata diatas 93% dengan jumlah iterasi minimal mulai dari 400 iterasi.

**Kata kunci:** *registrasi citra, learning feature, local gabor texture, iterative point correspondence, citra dental periapikal*

### Abstract

*In the periodontal field, research in image registration focused on the evaluation of alveolar bone. One of the processes during the evaluation is the feature extraction stage. Problems caused by an error in the feature extraction stage can arise in the next stage, i.e., feature matching. In addition, image registration techniques that are based on features such as pixels, edges detection, contours, or other features are very sensitive techniques for accuracy at the feature extraction stage. From both of these arguments, a robust feature extraction technique is needed to prevent mistakes in the feature matching process to get accurate image registration results. This research proposes a new method in image registration process. The proposed method uses an effective feature extraction method for accuracy by applying Learning Features, which is Feature from Accelerated Segment Test (FAST) and the development of feature matching process by using Local Gabor Texture (LGT) for Iterative Point Correspondence (IPC) algorithm. The experiments were conducted on eight grayscale images, and the results showed that the proposed method successfully registered with an average accuracy value of 93% with a minimum iteration count starting from 400 iterations.*

**Keywords:** *image registration, learning feature, local gabor texture, iterative point correspondence, dental periapical images*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam bidang kedokteran gigi, periodontitis dapat diartikan sebagai penyakit infeksi, yang mengakibatkan inflamasi (peradangan) lokal di dalam struktur-struktur pendukung gigi. Periodontitis menjurus pada kerusakan yang progresif pada ligamen periodontal dan tulang alveolar sehingga terbentuk *pocket* periodontal (Draidi, 2009). Tingkat keparahan kehilangan tulang (*bone loss*) umumnya berhubungan dengan

kedalaman *pocket*. Kedalaman *pocket* merupakan jarak antara dasar *pocket* dan puncak margin gingiva (Carranza dkk., 2006). Diagnosis periodontitis umumnya didasarkan pada pemeriksaan klinis, temuan-temuan radiografik dan data riwayat. Radiografik intraoral periapikal merupakan alat yang berguna untuk membantu dalam diagnosis penyakit periodontal, penentuan prognosis, dan evaluasi hasil perawatan. Alat tersebut umumnya digunakan untuk mendeteksi

kehilangan tulang alveolar yang terkait dengan penyakit periodontal (Khoct, 2010).

Perawatan penyakit periodontal meliputi terapi anti infeksi, terapi rekonstruksi dan terapi pemeliharaan. Dalam fase rekonstruksi diharapkan terjadinya regenerasi jaringan yang mengalami kerusakan. Sistem bantu komputer telah dikembangkan untuk melakukan proses registrasi citra medis (Modersitzki dkk., 2009; Plishker dkk., 2010; dan Klein dkk., 2010). Registrasi citra adalah proses pencarian nilai-nilai transformasi optimal dari dua data citra berbeda sedemikian sehingga bagian obyek yang sama akan menempati lokasi yang sama (Ou dkk., 2010). Semua tugas-tugas analisis citra seperti fusi citra, deteksi perubahan, dan pemulihan citra dilakukan melalui langkah-langkah penting dalam proses registrasi citra (Zitová dkk., 2003). Citra yang diperoleh dari hasil registrasi selanjutnya digunakan untuk melakukan proses subtraksi citra. Subtraksi citra adalah alat analisis bantu komputer radiografi yang dapat digunakan untuk deteksi dan visualisasi perubahan awal penyakit periodontal atau sekitar implants serta untuk pemantauan dan evaluasi prosedur terapi atau agen dalam uji klinis (Zacharaki dkk., 2004).

Penelitian di bidang periodontal terkait proses registrasi dan subtraksi citra telah diusulkan untuk mengevaluasi perubahan pada tulang alveolar. Sebagai contoh, Okano dkk. (1990) telah mengusulkan metode subtraksi citra digital untuk melakukan analisis terhadap terapi periodontal. Selain itu, Byrd dkk. (1998) telah mengevaluasi kesamaan citra secara semi-otomatis terhadap setiap perubahan kecil tulang alveolar dan mengoreksi perbedaan geometrik dari dua citra berbeda. Lebih jauh, identifikasi terhadap struktur anatomi gigi telah diusulkan oleh Ettinger (1994) dan dilanjutkan dengan koreksi geometrik citra untuk melakukan perhitungan terhadap tinggi tulang alveolar. Di sisi lain, Yi dkk. (2006) melakukan identifikasi tersebut untuk memperbaiki tingkat akurasi dari proses registrasi.

Meskipun demikian, metode-metode registrasi yang telah diusulkan belum diimbangi dengan optimasi terhadap proses ekstraksi fitur (*feature extraction*), dalam hal ini titik-titik yang memiliki ciri khas khusus (*distinctive points*). Hal optimasi untuk mendapatkan fitur yang tangguh tersebut menjadi penting karena masalah yang disebabkan oleh kesalahan saat ekstraksi fitur atau oleh degradasi citra dapat menimbulkan masalah pada proses selanjutnya di dalam registrasi citra, yaitu pada proses pencocokan fitur (*feature matching*) (Zitová dkk., 2003). Karyali dkk. (2008) menyampaikan bahwa teknik registrasi citra yang didasarkan pada fitur seperti titik, identifikasi tepian (*edges*), kontur, atau fitur yang lain yang biasa digunakan untuk membandingkan citra dan kemudian memetakannya merupakan teknik yang

sangat sensitif terhadap keakuratan pada tahap ekstraksi fitur. Dari kedua argumen ini, maka diperlukan teknik ekstraksi fitur yang tangguh untuk mencegah terjadinya kesalahan pada proses pencocokan fitur sehingga mendapatkan hasil registrasi citra yang akurat.

Salah satu penelitian yang melakukan proses ekstraksi fitur terhadap titik-titik yang memiliki ciri khas khusus telah diusulkan oleh Markaki dkk. pada tahun 2009. Markaki dkk. (2009) mengusulkan ekstraksi fitur menggunakan konsep *disparity measure* yang diusulkan oleh Likar dkk untuk memberikan bobot pada setiap titik dan kemudian dilanjutkan dengan proses registrasi citra dengan menemukan titik-titik bersesuaian secara iteratif. Markaki dkk. menjelaskan bahwa suatu titik dinyatakan sebagai fitur apabila memiliki jumlah informasi yang tinggi ketika dibandingkan dengan neighborhood-nya. Neighborhood dari suatu titik didefinisikan oleh suatu area lingkaran dengan radius tertentu. Supianto dkk. (2011) mengusulkan ekstraksi fitur menggunakan *Nonsubsampled Contourlet Transform* (NSCT) yang diperkenalkan oleh Cunha dkk. tahun 2006 dan dikembangkan oleh Serief dkk. di tahun 2007 untuk registrasi.

Pada penelitian ini akan diusulkan metode ekstraksi fitur dengan pendekatan lain, yaitu pendekatan machine learning untuk mendeteksi corner dari suatu obyek dalam citra, dalam hal ini obyek gigi dalam citra dental periapikal. Metode learning untuk memperoleh fitur didasarkan atas penelitian yang dilakukan oleh Rosten dkk. di tahun 2010. Rosten dkk. mengusulkan konsep *Feature from Accelerated Segment Test* (FAST) untuk menemukan titik-titik fitur secara efektif. Penggunaan FAST pada penelitian ini dilatarbelakangi atas tiga keunggulan yang dimiliki oleh FAST. Pertama, FAST menyajikan teknik heuristik baru untuk deteksi fitur dan dengan menggunakan machine learning. Kedua, FAST menggeneralisasi pendeteksi yang memungkinkan untuk dioptimalkan pada proses. Ketiga, FAST melakukan perbandingan yang sangat ketat pada saat pembelajaran terhadap pendeteksi sudut (Rosten dkk. 2010).

Di sisi lain, Supianto dkk. (2011) dalam melakukan pencocokan fitur menggunakan *Iterative Point Correspondence* (IPC) yang menggunakan fitur nilai intensitas keabuan (*graylevel value*). Nilai derajat keabuan rentan terhadap intensitas cahaya dari suatu citra. Perbedaan tingkat kecerahan antara citra sebelum dan sesudah dilakukan terapi dapat mempengaruhi tingkat keakuratan proses pencocokan fitur kedua citra tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan digunakan fitur yang didasarkan pada tekstur citra, dalam hal ini akan digunakan fitur *Local Gabor Texture* (LGT).

Dari uraian di atas, penelitian ini mengusulkan suatu metode ekstraksi fitur yang efektif terhadap akurasi dengan menerapkan FAST sebagai metode

ekstraksi fitur dan pengembangan fitur tekstur dengan menerapkan LGT pada algoritma IPC untuk melakukan registrasi pada citra dental periapikal.

## 2. REGISTRASI CITRA

Registrasi citra merupakan kegiatan penemuan parameter-parameter nilai transformasi korespondensi spasial yang optimal dari dua citra berbeda, sehingga struktur anatomi obyek pada kedua citra berbeda tersebut menempati lokasi spasial yang sama (Ou dkk., 2010). Tujuan registasi citra adalah menemukan titik-titik yang bersesuaian antara citra pertama (*reference*) dan citra kedua (*floating*) sehingga struktur objek yang sama antara kedua citra tersebut dapat menempati pada posisi yang sama.

Secara umum, metode registrasi citra terdiri dari pendeteksian fitur, pencocokan fitur, dan estimasi model transformasi dan transformasi citra (Zitová dkk. 2003). Proses pendeteksian objek yang menonjol dan merupakan ciri khas khusus, seperti batas area, tepian, kontur, persimpangan garis baik secara manual maupun otomatis adalah langkah awal untuk melakukan deteksi fitur. Selanjutnya, fitur ini dapat direpresentasikan oleh titik-titik yang dapat mewakilinya, seperti titik pusat gravitasi, akhir dari suatu garis, maupun titik-titik dengan nilai intensitas yang tinggi. Tahap selanjutnya adalah pencocokan fitur. Pada tahap ini dilakukan proses membangun korespondensi antara fitur yang terdeteksi pada citra *reference* dengan citra *floating*. Citra *floating* adalah citra *reference* yang mengalami transformasi geometri berupa translasi, rotasi, dan skala perbesaran. *Measure of Match* yang merupakan ukuran kesamaan (*similarity measure*) hubungan spasial antara fitur-fitur terdeteksi digunakan untuk tujuan ini. Selanjutnya tahap estimasi model transformasi dan transformasi citra. Pada tahap estimasi model transformasi, akan dilakukan estimasi terhadap parameter-parameter geometri yaitu translasi, rotasi, dan skala perbesaran. Dan pada tahap transformasi citra akan digunakan fungsi pemetaan yang dihitung dengan teknik interpolasi yang sesuai.

### 2.1. Features From Accelerated Segment Test (FAST)

Pendeteksi sudut (*corner detector*) FAST merupakan metode yang ideal untuk melakukan ekstraksi fitur pada lingkungan dengan sumber yang terbatas. Metode ini telah mendapatkan perhatian beberapa tahun terakhir dari para peneliti dan FAST dijadikan sebagai metode ekstraksi fitur pada penelitian mereka. Sebagai contoh penelitian yang dilakukan oleh Jeong dkk. (2011) yang menggunakan FAST untuk mendeteksi obyek pada *smartphone*. Algoritma pendeteksi *corner*, Harris *corner detector*, digunakan dalam metode SIFT mampu menghasilkan performa yang bagus tetapi

tidak efektif untuk deteksi obyek secara *real-time* (Jeong dkk., 2011).

FAST *corner detector* didefinisikan dengan ketentuan sebagai berikut:

- Kriteria segmen yang akan diuji (*segment test*) akan beroperasi dengan menganggap sebuah lingkaran dengan keliling 16 piksel yang berpusat pada piksel kandidat *corner* ( $p$ ). Piksel  $p$  akan menjadi *corner* jika terdapat sekumpulan  $n$  piksel yang saling terhubung dalam lingkaran yang semua nilai intensitas pikselnya lebih cerah daripada intensitas kandidat *corner*  $I_p + \text{threshold } t$ , atau semua nilai intensitas pikselnya lebih gelap daripada intensitas kandidat *corner*  $I_p - t$ .
- Sebuah piksel pada posisi yang relatif terhadap  $p$  (dinotasikan dengan  $p \rightarrow x$ ) memiliki salah satu dari tiga kondisi yang ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$S_{p \rightarrow x} \begin{cases} d, I_{p \rightarrow x} \leq I_p - t \text{ (lebih gelap)} \\ s, I_p - t < I_{p \rightarrow x} < I_p + t \text{ (sama)} \\ b, I_p + t \leq I_{p \rightarrow x} \text{ (lebih terang)} \end{cases} \quad (1)$$

FAST *corner detector* telah digunakan untuk mendeteksi obyek oleh Jeong dkk. Pada penelitian tersebut, FAST *corner detector* digunakan untuk melakukan ekstraksi fitur dari obyek. Fitur tersebut dijadikan sebagai input untuk *Support Vector Machine* dan *Back Propagation based Neural Network* sebagai algoritma untuk pengenalan obyek. Pada penelitian ini, kami menggunakan FAST *corner detector* yang diusulkan oleh Rosten dkk. untuk memperoleh fitur yang akan kami jadikan sebagai titik referensi untuk mengkorespondensikan fitur antara citra *reference* dan citra *floating*.

### 2.2. Fungsi Gabor Texture

Fungsi Gabor telah banyak digunakan dan sukses dalam memberikan kontribusi terhadap penelitian di bidang *computer vision*, seperti pengenalan wajah, pengenalan sidik jari, dan pengenalan retina. Penggunaan fungsi gabor dikarenakan adanya relevansi biologis dan karakteristik komputasi (Yu dkk., 2010). Fungsi Gabor 2-Dimensi merupakan *product* dari sebuah elips fungsi gaussian dan sebuah *plan wave* yang kompleks, yang dinyatakan dengan Persamaan (2) (Yongxin dkk., 2013):

$$G_{u,v}(z) = \frac{\|k_{u,v}\|^2}{\sigma^2} e^{\left(-\frac{\|k_{u,v}\|^2 \|z\|^2}{2\sigma^2}\right)} \left[ e^{ik_{u,v}z} - e^{-\sigma^2} \right] \quad (2)$$

dimana  $u$  dan  $v$  masing-masing merupakan arah dan skala dari kernel Gabor.  $z=(x,y)$  adalah variabel dalam domain spasial,  $\sigma$  adalah standar deviasi dari fungsi gaussian yang menentukan jumlah osilasi,  $\| \cdot \|$  merupakan notasi dari operator norm, dan vektor gelombang  $k_{u,v}$  didefinisikan pada Persamaan (3).

$$k_{u,v} = k_v e^{j\phi_u} \tag{3}$$

dimana  $k_v = k_{max}/f^v$  dan  $\phi_u = \pi u/8$ .  $k_{max}$  adalah frekuensi maksimum dan  $f$  adalah *spacing factor* antara kernel-kernel dalam domain frekuensi.

Pada penelitian ini, kami menggunakan fungsi Gabor untuk mendapatkan fitur yang akan kami jadikan sebagai fitur untuk mencocokkan antara *citra reference* dan *citra floating* pada proses pemetaan titik fitur menggunakan algoritma *Iterative Point Correspondence*.

**2.3. Iterative Point Correspondence (IPC)**

Asumsi yang diungkapkan oleh penggunaan fitur titik (piksel) pada proses registrasi citra adalah bahwa titik-titik yang berkorespondensi pada citra *reference* dan citra *floating* akan ditandai dan disimpan sebagai titik-titik yang sesuai. Selanjutnya, proses estimasi parameter menggunakan pasangan titik-titik yang bersesuaian tersebut dilakukan dengan model transformasi yang ditentukan. Dalam hal ini, transformasi yang digunakan adalah transformasi geometri, yaitu proses translasi, rotasi, dan skala perbesaran. Kemudian, metode iteratif dilakukan untuk memetakan titik-titik fitur pada citra *reference* ke titik-titik pada citra *floating*. Metode iteratif yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada algoritma IPC yang diusulkan oleh Markaki dkk.

Algoritma IPC terdiri dari dua langkah utama. Pertama, proses inisialisasi yang bertujuan untuk menemukan nilai MoM (*Measure of Match*) awal. Proses pencarian nilai MoM tersebut dilakukan dengan membandingkan area persegi tertentu pada citra *reference* dengan area hasil proses transformasi di dalam citra *floating*. Perhitungan nilai MoM dilakukan sesuai dengan Persamaan (4):

$$MoM_i = MoM(\mu A_i(0)(I_R), \mu T w_i(A_i(0))(I_F)) \tag{4}$$

dimana  $I_R$  dan  $I_F$  masing-masing adalah citra *reference* dan citra *floating*.  $\mu A(I)$  adalah nilai batasan dari citra  $I$  pada area  $A \subset \mathbb{R}^2$  dan  $T_w(A) \subset \mathbb{R}^2$  merupakan transformasi dari area  $A$  dengan parameter  $w = (w_1, w_2, \dots, w_k)$ ,  $k$  adalah jumlah parameter yang dibutuhkan untuk transformasi  $T$ . Area persegi yang dibentuk oleh setiap titik-titik fitur pada citra *reference* dilakukan menggunakan Persamaan (5):

$$A_i(n) = [x_i - r(n), x_i + r(n)] \times [y_i - r(n), y_i + r(n)] \tag{5}$$

dimana  $r(n) = side\ length$ . Nilai  $r(n)$  pada persamaan di atas berubah-ubah tergantung pada iterasi yang didapatkan dari Persamaan (6):

$$r(n) = [R_f + (R_i - R_f) \cdot e^{-c_r(n/n_{max})}] \tag{6}$$

dimana  $R_i$  adalah nilai awal dari *side length*,  $R_f$  adalah nilai akhir dari *side length*,  $c_r$  adalah nilai *decay constant* yang merupakan konstanta rasio antara

iterasi sekarang dengan iterasi maksimum,  $n_{max}$  merupakan jumlah iterasi maksimum,  $n$  adalah iterasi sekarang, dan  $\lfloor \cdot \rfloor$  adalah fungsi *floor*.

Langkah kedua setelah mendapatkan nilai awal MoM adalah melakukan proses update parameter transformasi sampai dengan iterasi maksimum. Proses dimulai dengan melakukan pembangkitan bilangan acak terhadap parameter-parameter transformasi yang kemudian disebut sebagai *Weight Perturbation* (WP). Nilai WP acak tersebut dibangkitkan pada setiap titik fitur. Hasilnya, titik-titik fitur akan memiliki 4 nilai acak yang terdiri dari nilai WP untuk pergeseran terhadap posisi horizontal, nilai WP untuk pergeseran terhadap posisi vertikal, nilai WP untuk sudut rotasi, dan nilai WP untuk skala perbesaran. Keempat nilai acak tersebut selanjutnya digunakan sebagai nilai parameter untuk mendapatkan titik-titik korespondensi antara citra *reference* dan citra *floating*. Kemudian dihitung nilai kemiripan berdasarkan fitur tekstur antara area pada kedua citra menggunakan fungsi Gabor. Nilai kemiripan tersebut direpresentasikan oleh nilai MoM.

**3. METODE YANG DIUSULKAN**

Seperti yang disampaikan oleh Khocht melalui hasil penelitiannya di tahun 2010, bahwa radiografik intraoral periapikal umumnya digunakan untuk mendeteksi kehilangan tulang alveolar yang terkait dengan penyakit periodontal. Pada penelitian ini, kami juga menggunakan citra medis jenis yang sama dengan Khocht, yaitu radiografik intraoral periapikal. Tujuan penelitian ini adalah merancang metode baru untuk melakukan registrasi citra dan melakukan evaluasi uji akurasi terhadap metode tersebut.



Gambar 1. Metode registrasi citra yang diusulkan

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan dari penelitian ini, maka terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu (i) ekstraksi fitur menggunakan FAST untuk menghasilkan titik-titik yang dijadikan sebagai fitur sekaligus masukan pada proses

selanjutnya, (ii) deteksi titik-titik yang bersesuaian menggunakan LGT-IPC untuk menemukan korespondensi titik-titik dengan tingkat kecocokan tertinggi berdasarkan nilai pengukuran *Measure Of Match*, dan (iii) registrasi menggunakan transformasi geometri. Alur metode registrasi citra pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

### 3.1. Ekstraksi Fitur Menggunakan Teknik *Learning Features*

Proses ekstraksi fitur bertujuan untuk mendapatkan titik-titik fitur yang memiliki karakteristik tangguh, yaitu titik yang memiliki ciri khas khusus. Titik-titik tersebut biasanya terletak di tepian atau di pojok suatu objek. Titik-titik tersebut diharapkan mampu menemukan nilai kecocokan tinggi ketika dilakukan proses registrasi. Pada penelitian ini digunakan metode FAST corner detector. FAST akan menemukan titik-titik fitur dengan melacak setiap corner object untuk kemudian dilakukan evaluasi melalui proses pembelajaran. Dalam proses pembelajaran FAST *corner detector* akan mencari *corner* dengan memeriksa piksel-piksel yang ada disekitar sebuah kandidat *corner*. Kami menggunakan area piksel sejauh 16 piksel yang melingkar dengan pusat kandidat *corner*.

### 3.2. Deteksi Titik-Titik yang Bersesuaian Menggunakan LGT-IPC

Proses deteksi titik-titik yang bersesuaian menggunakan IPC dilakukan secara iteratif. Iteratif dimaksudkan untuk melakukan *update* parameter transformasi. *Update* parameter ini ditujukan untuk mendapatkan titik-titik *correspondence* pada setiap iterasi. Parameter transformasi ini nantinya akan digunakan untuk menentukan nilai estimasi pada transformasi geometri.

Proses deteksi menggunakan metode LGT-IPC diawali dengan memberikan inisialisasi terhadap parameter transformasi. Parameter transformasi yang digunakan pada penelitian ini ada 4, yaitu parameter pergeseran horizontal, parameter pergeseran vertikal, parameter sudut rotasi, dan parameter skala perbesaran, dengan masing-masing pemberian nilai inisialisasi parameter  $w$  adalah  $w_1=0$ ,  $w_2=0$ ,  $w_3=0$ , dan  $w_4=1$  untuk setiap titik fitur. Dengan nilai  $w$  yang telah ditentukan, selanjutnya dilakukan penghitungan nilai MoM awal pada setiap titik fitur. Nilai MoM dihitung dengan membandingkan nilai fitur tekstur dengan fungsi Gabor yang terdapat pada citra *reference* dengan hasil transformasi menggunakan nilai  $w$  terhadap citra *floating*. Nilai MoM awal ini dijadikan sebagai nilai MoM maksimum untuk setiap titik fitur yang dinotasikan dengan  $MoM_{max}$ .

Langkah selanjutnya adalah memperbarui nilai  $w$  yang dilakukan secara iteratif sampai dengan iterasi maksimum yang ditentukan. Penentuan

jumlah iterasi maksimum diujikan untuk mendapatkan jumlah iterasi maksimum yang optimal dalam penelitian ini. Prosedur iteratif diawali dengan melakukan *generate random weight perturbation*. Pada tahap ini nilai *weight perturbation* dihasilkan oleh fungsi pembangkit bilangan acak yang mengikuti sebaran bilangan berdistribusi normal dengan  $mean=0$  dan standar deviasi=1.

Proses dilanjutkan dengan menghitung nilai MoM menggunakan parameter hasil penjumlahan antara nilai-nilai parameter transformasi dan *weight perturbation* yang didapatkan pada langkah sebelumnya. Hasil perhitungan nilai MoM kemudian disimpan dan dinotasikan dengan  $MoM_1$ .  $MoM_1$  ini dijadikan sebagai nilai masukan pada tahap berikutnya yaitu *update* nilai  $w$ .

Selanjutnya, dilakukan perhitungan kembali nilai MoM menggunakan parameter  $w$  yang telah diupdate. Hasil perhitungan nilai MoM kemudian disimpan dan dinotasikan dengan  $MoM_2$ . Kemudian langkah selanjutnya adalah membandingkan nilai MoM antara  $MoM_2$  dan  $MoM_{max}$ . Untuk setiap titik fitur  $i$ , jika nilai  $MoM_2$  lebih besar daripada  $MoM_{max}$  maka  $MoM_{max}$  akan diubah dengan nilai yang ada pada  $MoM_2$  beserta dengan parameter  $w$  yang menyertainya. Proses ini dilakukan sampai pada iterasi maksimum yang ditentukan. Hasil akhir yang diperoleh pada algoritma LGT-IPC ini berupa korespondensi titik-titik fitur yang terdapat pada citra *reference* dan titik-titik hasil transformasi pada citra *floating*.

### 3.3. Registrasi Menggunakan Transformasi Geometri

Lensa pada radiografi gigi umumnya memiliki ukuran lebih kecil dari 1 mm<sup>2</sup>. Ukuran tersebut mengasumsikan bahwa sinar X berasal dari satu titik sumber. Sinar X dan pasien diasumsikan berada pada posisi tetap, namun sensor digeser dan diputar pada semua arah dalam ruang 3D. Dampaknya, setiap piksel pada citra yang didapatkan sebelum pemindahan sensor di posisi (x,y) berubah pada posisi (x',y') setelah sensor dipindahkan. Transformasi geometri ini dikenal sebagai transformasi proyeksi perspektif (Lehmann dkk., 1998).

Pada pendekatan registrasi citra ini, memungkinkan lebih dari empat pasangan titik dihasilkan dari proses sebelumnya. Pada penelitian ini, kami menggunakan metode *least square* untuk melakukan pendekatan optimal dalam mendapatkan kumpulan parameter transformasi. Dengan pendekatan ini, nilai-nilai parameter transformasi didapatkan dari titik-titik korespondensi antara citra *reference* dengan citra *floating*. Titik-titik koordinat pada citra *reference* dinotasikan dengan (x,y), sedangkan (x',y') merupakan titik-titik koordinat yang didapatkan dari hasil transformasi pada citra *floating*.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Lingkungan Uji Coba

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah 8 citra dental periapikal. Data tersebut didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan oleh Supianto dkk. (2011). Adapun cara perolehan data didapatkan melalui pasien yang telah melakukan terapi periodontal. Untuk setiap pasien diambil dua sampel data. Data pertama adalah citra sebelum dilakukan tindakan bedah periodontal dan yang kedua adalah data citra setelah dilakukan tindakan bedah periodontal.

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam implementasi uji coba terdiri dari prosesor berjenis Intel(R) Core(TM) 2 Duo 2.20 GHz, memori berkapasitas 2.5 GB dan kapasitas harddisk 120 GB. Sedangkan untuk spesifikasi perangkat lunak yang digunakan yakni Matlab 7.8.0 (R2009a).

### 4.2. Pelaksanaan dan Hasil Uji Coba

Tahap uji coba dibagi menjadi dua bagian utama; (1) uji coba penentuan parameter internal sistem, dan (2) Uji coba performa yang dilihat dari akurasi terhadap registrasi menggunakan metode yang diusulkan dan diterapkan pada semua data pasien. Kami mengambil salah satu data citra dental untuk melakukan uji coba dalam penentuan parameter-parameter algoritma, yaitu penentuan batas threshold pada Persamaan (1) dan jumlah iterasi maksimum pada algoritma IPC.

#### *Uji Coba Penentuan Parameter Algoritma*

Uji ini ditujukan untuk menentukan parameter-parameter yang optimal yang terdapat pada proses tahapan algoritma yang diusulkan. Parameter-parameter optimal yang dimaksudkan adalah parameter-parameter yang menghasilkan tingkat akurasi registrasi yang terbaik. Uji coba dibagi menjadi dua bagian sesuai dengan jumlah parameter uji, yaitu: (1) Uji coba penentuan batas *threshold* pada proses ekstraksi fitur sebagai parameter untuk penentuan titik-titik *corner*, dan (2) Uji coba penentuan iterasi maksimum pada proses pencocokan fitur untuk mengetahui jumlah iterasi maksimum yang dilakukan untuk mendapatkan akurasi yang optimal. Penentuan transformasi geometri yang dilakukan pada kedua uji coba adalah translasi terhadap sumbu x sebesar 4 piksel, translasi sumbu y sebesar 6 piksel, rotasi sebesar  $3^\circ$ , dan skala perbesaran sebesar 1,1 (Supianto dkk., 2011). Uji coba dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap nilai parameter uji coba yang diberikan. Hal ini dilakukan karena setiap uji coba menghasilkan nilai parameter transformasi yang berbeda-beda. Nilai parameter yang berbeda tersebut dipengaruhi oleh hasil *generate random weight perturbation* pada proses pencarian titik-titik fitur yang bersesuaian antara citra *reference* dan citra *floating*. Setiap uji coba

yang dilakukan akan dipilih citra yang menghasilkan titik-titik fitur yang baik dengan rata-rata akurasi terbaik berdasarkan hasil dari proses registrasi.

Pengujian pertama adalah penentuan batas *threshold* yang ditujukan untuk menentukan nilai parameter  $t$  pada Persamaan (1). Parameter  $t$  yang digunakan pada lingkungan uji coba adalah nilai 1 sampai dengan 15 dengan beda 1 nilai, yaitu 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, dan 15. Hasil uji coba pada tahap pertama ini secara detail dapat dilihat pada Tabel 1 dimana untuk setiap parameter  $t$  dilakukan 10 kali uji coba untuk mendapatkan nilai rata-rata akurasinya.

Tabel 1. Hasil ujicoba registrasi dengan parameter  $t$  yang berbeda-beda.

| Uji ke    | Akurasi(%) untuk parameter $t$ |      |             |      |      |      |      |      |
|-----------|--------------------------------|------|-------------|------|------|------|------|------|
|           | 1                              | 3    | 5           | 7    | 9    | 11   | 13   | 15   |
| 1         | 94.3                           | 93.9 | 92.6        | 89.2 | 87.0 | 92.5 | 91.0 | 88.6 |
| 2         | 95.0                           | 94.9 | 93.8        | 94.5 | 94.9 | 91.6 | 93.3 | 90.1 |
| 3         | 94.6                           | 94.4 | 95.8        | 93.7 | 89.6 | 88.6 | 88.7 | 86.0 |
| 4         | 95.5                           | 95.9 | 95.5        | 94.3 | 93.5 | 92.8 | 92.2 | 90.0 |
| 5         | 94.5                           | 93.0 | 95.0        | 95.0 | 93.2 | 91.3 | 90.4 | 86.0 |
| 6         | 95.2                           | 95.4 | 95.1        | 93.0 | 93.5 | 90.7 | 86.4 | 88.5 |
| 7         | 94.9                           | 95.0 | 94.1        | 94.4 | 92.3 | 88.3 | 92.7 | 94.4 |
| 8         | 93.6                           | 94.3 | 93.6        | 89.0 | 88.8 | 89.8 | 91.9 | 94.4 |
| 9         | 95.6                           | 95.7 | 95.1        | 95.1 | 89.6 | 90.9 | 93.2 | 91.6 |
| 10        | 95.0                           | 93.8 | 95.8        | 94.4 | 93.7 | 90.6 | 93.0 | 94.0 |
| Rata-rata | 94.8                           | 94.6 | <b>94.7</b> | 93.3 | 91.6 | 90.7 | 91.3 | 90.3 |

Berdasarkan Tabel 1 tampak bahwa rata-rata akurasi mulai menurun ketika parameter  $t$  bernilai lebih dari 5. Sedangkan ketika parameter  $t$  bernilai 1, 3, dan 5 menghasilkan akurasi yang relatif sama. Banyaknya jumlah titik fitur yang dihasilkan disebabkan oleh semakin rendahnya nilai parameter  $t$  yang diberikan. Dengan jumlah titik fitur yang banyak menyebabkan semakin lamanya waktu proses yang dibutuhkan. Oleh sebab itu, dengan nilai rata-rata akurasi yang relatif sama maka ditentukan nilai parameter  $t = 5$  untuk pengujian berikutnya. Penentuan parameter  $t$  sebesar 5 tersebut akan menghasilkan nilai rata-rata akurasi yang baik dengan waktu proses lebih cepat.

Pengujian selanjutnya bertujuan untuk menentukan jumlah iterasi maksimum untuk menghasilkan nilai akurasi yang optimal. Uji coba yang dilakukan pada tahap ini didasarkan atas hasil pada tahap uji coba sebelumnya. Titik-titik fitur yang akan digunakan adalah titik-titik fitur pada citra dengan hasil tingkat akurasi yang tertinggi berdasarkan parameter batas *threshold* yang terpilih, yaitu  $t=5$ . Hasil uji coba dapat dilihat pada Tabel 2 dimana untuk setiap penentuan iterasi maksimum dilakukan 10 kali uji coba untuk mendapatkan nilai rata-rata akurasinya.

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai rata-rata akurasi yang dihasilkan relatif bernilai stabil mulai iterasi 400 kali. Meskipun pada penentuan jumlah iterasi sebanyak 600 kali nilai rata-rata akurasi

menunjukkan angka menurun, namun nilai rata-rata akurasi masih diatas 90%. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa penentuan jumlah iterasi mulai dari 400 kali relatif menghasilkan nilai rata-rata akurasi yang baik. Semakin besar jumlah iterasi maksimum yang ditentukan, maka semakin banyak proses iterasi yang dilakukan. Hal ini menjadikan waktu proses menjadi semakin lama. Oleh sebab itu, pada penelitian ini ditentukan jumlah iterasi maksimum sebanyak 400 kali. Penentuan jumlah iterasi maksimum sebanyak 400 iterasi tersebut akan menghasilkan nilai rata-rata akurasi yang baik dengan waktu proses lebih cepat.

Tabel 2. Hasil ujicoba registrasi dengan jumlah iterasi maksimum yang berbeda-beda.

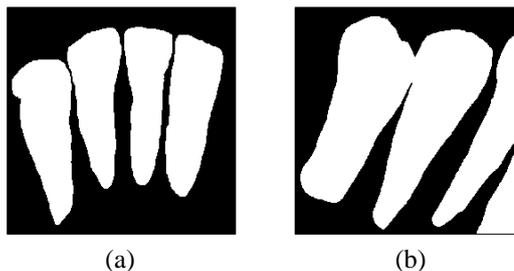
| Uji ke    | Akurasi untuk jumlah iterasi maksimum (%) |      |      |             |      |      |      |      |      |     |
|-----------|---|------|------|-------------|------|------|------|------|------|-----|
|           | 100                                       | 200  | 300  | 400         | 500  | 600  | 700  | 800  | 900  | 900 |
| 1         | 85.0                                      | 88.2 | 89.8 | 93.4        | 90.6 | 94.5 | 94.9 | 94.3 | 95.4 |     |
| 2         | 89.2                                      | 92.8 | 91.4 | 94.5        | 94.8 | 94.2 | 94.0 | 93.4 | 91.4 |     |
| 3         | 78.3                                      | 94.0 | 90.1 | 94.4        | 94.4 | 94.0 | 92.1 | 94.7 | 95.6 |     |
| 4         | 85.7                                      | 91.5 | 94.0 | 95.1        | 94.5 | 93.0 | 94.9 | 93.8 | 95.3 |     |
| 5         | 86.1                                      | 89.2 | 85.1 | 94.9        | 91.4 | 95.0 | 95.2 | 95.5 | 93.4 |     |
| 6         | 71.4                                      | 90.0 | 89.3 | 92.4        | 95.4 | 91.7 | 90.6 | 94.9 | 93.0 |     |
| 7         | 90.9                                      | 91.6 | 92.3 | 95.0        | 95.0 | 90.5 | 95.8 | 94.9 | 94.7 |     |
| 8         | 74.3                                      | 94.4 | 91.8 | 93.9        | 94.8 | 86.7 | 93.3 | 94.5 | 95.2 |     |
| 9         | 93.4                                      | 93.5 | 91.0 | 94.3        | 95.7 | 95.5 | 95.1 | 95.8 | 94.2 |     |
| 10        | 90.8                                      | 92.6 | 87.8 | 91.7        | 92.8 | 94.5 | 91.1 | 95.7 | 95.5 |     |
| Rata-rata | 84.5                                      | 91.8 | 90.3 | <b>94.0</b> | 93.9 | 93.0 | 93.7 | 94.8 | 94.4 |     |

#### Uji Coba Tingkat Akurasi

Uji coba dilakukan pada delapan data citra dental periapikal, 4 citra dental anterior dan 4 citra dental posterior. Langkah pengujiannya adalah pada setiap citra dental akan dilakukan transformasi geometri dan proses registrasi dengan parameter transformasi yang ditentukan pada uji coba sebelumnya, yaitu parameter  $t=5$  dan iterasi maksimum=400. Setelah citra registrasi didapat, maka akan dihitung nilai akurasi berdasarkan citra biner yang telah ditentukan oleh pakar kedokteran gigi. Gambar 2 adalah contoh citra biner untuk salah satu citra dental anterior dan posterior.

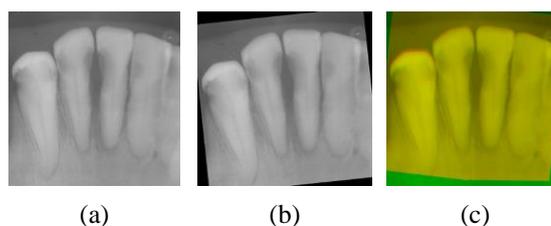
Uji coba dilakukan dengan melakukan registrasi dengan translasi, rotasi dan skala perbesaran yang ditentukan sebelumnya. Translasi ditentukan secara acak dengan pergeseran terhadap sumbu  $x$  sebesar 4 piksel dan pergeseran terhadap sumbu  $y$  sebesar 6 piksel untuk setiap rotasi dan skala perbesaran yang berbeda-beda. Rotasi yang ditentukan adalah  $1^\circ$ ,  $2^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $4^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $7^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ , dan  $60^\circ$ . Rotasi terurut yang dimulai dari  $1^\circ$  sampai dengan  $7^\circ$  ditujukan untuk mengetahui pengaruh rotasi mulai dari yang terkecil sampai yang

terbesar. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian terhadap rotasi yang lebih besar yang ditentukan secara acak sampai pada batas rotasi dengan nilai  $60^\circ$ . Skala perbesaran citra *floating* terhadap citra *reference* sebesar  $s \geq 1$ . Skala terpilih yang dianggap mewakili kondisi pada citra dental periapikal adalah 1,1; 1,2; dan 1,3. Skala perbesaran maksimal dipilih 1,3 karena skala perbesaran 1,3 dianggap skala perbesaran yang besar pada citra dental periapikal. Masing-masing citra uji dilakukan 10 kali uji coba untuk mendapatkan nilai rata-rata akurasi.



Gambar 2. Contoh citra biner *ground truth* oleh pakar. (a) contoh anterior. (b) contoh posterior.

Uji coba digunakan sampel dari citra dental anterior 1, anterior 2, anterior 3, anterior 4, posterior 1, posterior 2, posterior 3, dan posterior 4. Salah satu contoh uji coba pada citra dental anterior pada transformasi sudut rotasi  $3^\circ$  dan skala perbesaran 1,1 dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3(a) dan (b) masing-masing adalah citra *reference* dan citra *floating*. Gambar 3(c) merupakan citra *reference* yang ditambahkan dengan citra hasil registrasi. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai akurasi sebesar 95,86%.



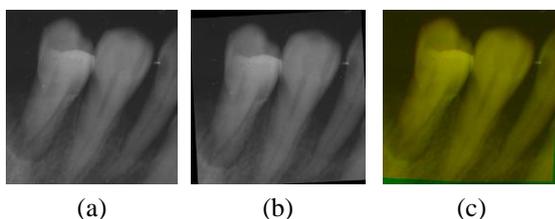
Gambar 3. Contoh hasil uji coba pada salah satu citra dental anterior. (a) citra *reference*. (b) citra *floating*. (c) citra hasil registrasi.

Hasil uji coba pada salah satu citra dental anterior secara detail dapat diamati pada Tabel 3. Nilai akurasi terbaik untuk skala perbesaran 1,1 didapatkan pada saat sudut rotasi sebesar  $3^\circ$ . Pada uji coba ini akurasi bernilai kurang dari 90% dihasilkan pada sudut rotasi sebesar  $5^\circ$  dan  $20^\circ$  atau lebih besar. Hal ini disebabkan oleh faktor nilai pembangkit bilangan acak pada proses iterasi untuk menemukan titik-titik yang bersesuaian. Pada tingkat skala perbesaran 1,2 nilai akurasi tertinggi mencapai 90,16%. Nilai tersebut dicapai pada penentuan sudut rotasi sebesar  $4^\circ$ . Pada skala perbesaran 1,3 hanya

mampu mencapai 70,15% dengan sudut rotasi sebesar 7°. Dari nilai akurasi tersebut tampak bahwa semakin besar skala perbesaran yang ditentukan, maka semakin menurun nilai akurasi yang dihasilkan. Kondisi tersebut juga terjadi pada 3 citra dental anterior lain. Nilai akurasi terendah pada citra uji ini terjadi pada skala perbesaran 1,1 adalah 73,95% dengan sudut rotasi sebesar 60°. Sedangkan nilai akurasi terendah pada skala perbesaran 1,2 adalah 64,78% juga dengan sudut rotasi sebesar 60°. Hal yang sama juga terjadi pada skala perbesaran 1,3 dengan sudut rotasi sebesar 10° yaitu 63,86%.

Tabel 3. Hasil akurasi registrasi pada salah satu citra dental anterior.

| Rotasi | Akurasi (%) |             |             |
|--------|-------------|-------------|-------------|
|        | Skala = 1.1 | Skala = 1.2 | Skala = 1.3 |
| 1      | 92.19       | 70.69       | 65.98       |
| 2      | 93.48       | 84.52       | 67.14       |
| 3      | 95.86       | 79.28       | 67.74       |
| 4      | 95.08       | 90.16       | 68.61       |
| 5      | 86.96       | 67.63       | 64.43       |
| 6      | 94.87       | 67.41       | 70.15       |
| 7      | 92.83       | 65.14       | 64.22       |
| 10     | 91.57       | 76.01       | 63.86       |
| 20     | 62.31       | 78.73       | 65.31       |
| 30     | 88.06       | 71.02       | 64.95       |
| 60     | 73.95       | 64.78       | 64.19       |



Gambar 4. Contoh hasil uji coba pada salah satu citra dental posterior. (a) citra reference. (b) citra floating. (c) citra hasil registrasi.

Pada uji coba citra dental posterior, salah satu contoh uji coba dilakukan dengan transformasi sudut rotasi 4° dan skala perbesaran 1,1 yang dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4(a) dan (b) masing-masing adalah citra reference dan citra floating. Gambar 4(c) merupakan citra reference yang ditambahkan dengan citra hasil registrasi. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai akurasi sebesar 93,18% (lihat Tabel 4).

Hasil uji coba pada salah satu citra dental posterior secara detail dapat diamati pada Tabel 4 dimana nilai akurasi terbaik untuk skala perbesaran 1,1 diperoleh pada saat sudut rotasi 4° dengan akurasi sebesar 93,18%. Skala perbesaran 1,2 dan 1,3 masing-masing diperoleh pada saat sudut rotasi 3° dan 5° dengan akurasi masing-masing sebesar 91,54% dan 72,61%. Pada uji coba ini dapat

diketahui bahwa semakin tinggi skala perbesaran yang ditentukan, nilai akurasi yang didapatkan semakin menurun. Untuk setiap skala perbesaran yang ditentukan, perolehan nilai akurasi tertinggi pada sudut rotasi yang berbeda-beda. Hal itu menunjukkan bahwa meningkatnya nilai akurasi tidak dipengaruhi oleh besar kecilnya sudut rotasi yang ditentukan. Kondisi tersebut juga terjadi pada citra dental posterior yang lain.

Tabel 4. Hasil akurasi registrasi pada salah satu citra dental posterior.

| Rotasi | Akurasi (%) |             |             |
|--------|-------------|-------------|-------------|
|        | Skala = 1.1 | Skala = 1.2 | Skala = 1.3 |
| 1      | 92.19       | 85.82       | 69.70       |
| 2      | 92.71       | 90.45       | 71.61       |
| 3      | 93.01       | 91.54       | 71.05       |
| 4      | 93.18       | 83.45       | 70.29       |
| 5      | 92.37       | 82.82       | 72.61       |
| 6      | 92.86       | 81.60       | 68.52       |
| 7      | 92.08       | 83.19       | 72.16       |
| 10     | 91.09       | 84.67       | 70.96       |
| 20     | 90.50       | 77.57       | 70.21       |
| 30     | 86.46       | 76.24       | 70.63       |
| 60     | 66.56       | 65.06       | 66.81       |

Hasil uji coba untuk semua citra dental anterior dan posterior dapat dilihat pada Tabel 5. Dari hasil uji akurasi tersebut tampak bahwa kondisi akurasi tertinggi tercapai pada tingkat akurasi antara 93.18% sampai dengan 96.53%. Kondisi tersebut tercapai pada skala perbesaran 1.1 dengan rotasi antara 3° sampai dengan 6°. Dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang diusulkan oleh Supianto dkk. (2011), hasil tingkat akurasi yang ditunjukkan pada Tabel 5 memperlihatkan bahwa metode yang diusulkan telah berhasil melakukan proses registrasi dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan terhadap proses pencocokan fitur dengan menerapkan *Local Gabor Texture (LGT)* pada algoritma *Iterative Point Correspondence (IPC)* memiliki prospek yang baik dalam proses registrasi pada citra dental periapikal.

Tabel 5. Hasil rata-rata akurasi registrasi pada delapan citra dental periapikal.

| Citra uji  | NSCT+IPC<br>Akurasi (%) | FAST+LGT-IPC |       |           |
|------------|-------------------------|--------------|-------|-----------|
|            |                         | Akurasi(%)   | Skala | Rotasi(°) |
| anterior1  | 91.04                   | 93.76        | 1.1   | 5         |
| anterior2  | 91.07                   | 95.86        | 1.1   | 3         |
| anterior3  | 86,47                   | 94.26        | 1.1   | 6         |
| anterior4  | 90.44                   | 94.25        | 1.1   | 3         |
| posterior1 | 92.48                   | 93.18        | 1.1   | 4         |
| posterior2 | 94.36                   | 95.64        | 1.1   | 4         |
| posterior3 | 93.25                   | 96.53        | 1.1   | 6         |
| posterior4 | 92.91                   | 95.47        | 1.1   | 3         |

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Metode kombinasi baru untuk registrasi citra yang memanfaatkan konsep *Learning Feature* diusulkan dalam penelitian ini. Metode yang diusulkan menggunakan metode ekstraksi fitur yang efektif terhadap akurasi dengan menerapkan *Feature from Accelerated Segment Test* sebagai metode ekstraksi fitur. Selain itu, pengembangan terhadap proses pencocokan fitur dilakukan dengan menerapkan *Local Gabor Texture* pada algoritma *Iterative Point Correspondence* untuk melakukan registrasi pada citra dental periapikal. Registrasi citra dengan penambahan metode morfologi pada *Feature from Accelerated Segment Test* untuk ekstraksi fitur menghasilkan titik-titik fitur yang berada pada obyek gigi dan tidak menyebar ke area yang bukan obyek gigi.

Berdasarkan hasil uji coba, metode yang kami usulkan telah berhasil melakukan registrasi citra pada delapan citra dental periapikal dengan nilai akurasi rata-rata diatas 93%. Registrasi citra dengan metode yang diusulkan secara iteratif melakukan penemuan titik-titik fitur yang bersesuaian antara citra *reference* dan citra *floating* dan mampu menghasilkan nilai akurasi yang optimal dengan jumlah iterasi minimal 400.

Berdasarkan metode penelitian dan hasil uji coba yang dilakukan, pekerjaan yang mungkin dapat dilakukan di masa mendatang adalah perbaikan pada proses pembangkitan bilangan acak untuk mendapatkan nilai parameter transformasi yang memiliki sifat konvergen yang lebih cepat. Proses pembangkitan tersebut bisa dilakukan dengan Markov Chain Algorithm. Algoritma tersebut akan menghitung probabilitas bilangan untuk memperoleh nilai parameter transformasi yang diprediksi akan menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- BYRD, V., TRACY, M., & REDDY, M. 1998. Semiautomated image registration for digital subtraction radiography. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics : Mosby-Year Book, Inc.*, 85(4), 473-478.
- CARRANZA, F. A. & CAMARGO, P. M. 2006. The Periodontal Pocket. *Saunders : Carranza's Clinical Periodontology*, 10, 445-446.
- DRAIDI, M. A. 2009. Differences in Amount and Architecture of Alveolar Bone Loss in Chronic and Aggressive Periodontitis Assessed Through Panoramic Radiographs. *Pakistan Oral and Dental Journal*, 29(1), 59-62.
- ETTINGER G. J. 1994. Development of automated registration algorithms for subtraction radiography. *Journal of Clinical Periodontology ed. 543 Blackwell Publishing Ltd.*, 21(8), 540.
- JEONG, K. & MOON, H. 2011. Object Detection using FAST Corner Detector based on Smartphone Platforms. *First ACIS/JNU International Conference on Computers, Networks, Systems, and Industrial Engineering*, 23-25 May, Jeju Island, Korea. 111-115.
- YU, L., HE, Z., & CAO, Q. 2010. Gabor texture representation method for face recognition using the Gamma and generalized Gaussian models. *Image and Vision Computing*, 28, 177-187.
- KARYBALI, I. G., PSARAKIS, E. Z., BERBERIDIS, K., & EVANGELIDIS, G. D. 2008. An efficient spatial domain technique for subpixel image registration. *Signal Processing: Image Communication*, 23(4), 711-724.
- KHOCHT, A. 2010. Screening for periodontal disease: radiographs vs. PSR. *American Dental Association*, 127, 749-756.
- KLEIN, S., STARING, M., MURPHY, K., VIERGEVER, M. A., PLUIM, J. P. W. 2010. elastix: A toolbox for intensity-based medical image registration. *IEEE Transactions on Medical Imaging* 29(1), 196-205.
- LEHMANN, T. M., GRONDAHL, K., GRONDAHL, H-G., SCHMITT, W., & SPITZER, K. 1998. Observer-independent registration of perspective projection prior to subtraction of in vivo radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 27, 140-150.
- MARKAKI, V. E., ASVESTAS, P. A. & MATSOPOULOS G. K. 2009. An iterative point correspondence algorithm for automatic image registration: An application to dental subtraction radiography. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 93(1), 61-72.
- MODERSITZKI, J., 2009. FAIR: Flexible Algorithms for Image Registration. *SIAM*, Philadelphia.
- MOKO, Y., WATANABE, Y., KOMURO, T., ISHIKAWA, M., NAKAJIMA, M., & ARIMOTO, K. 2011. Implementation and Evaluation of FAST Corner Detection on the Massively Parallel Embedded Processor MX-G. *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. CVPRW*, 157 -162.
- OKANO T. 1990. Digital subtraction of radiograph in evaluating alveolar bone changes after initial periodontal therapy. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral*

*radiology, and endodontics*, 69(2), 258-262.

- OU, Y., SOTIRAS, A., PARAGIOS, N. & DAVATZIKOS, C. 2010. DRAMMS: Deformable registration via attribute matching and mutual-saliency weighting. *Medical Image Analysis*, 15(4), 622-639.
- PLISHKER, W., DANDEKAR, O., BHATTACHARYYA, S. S., & SHEKHAR, R. 2010. Utilizing hierarchical multiprocessing for medical image registration. *IEEE Signal Processing Mag.*, 27(2), 62-68.
- ROSTEN, E., PORTER, R. & DRUMMOND, T. 2006. Machine learning for high-speed corner detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 32(1), 105-119.
- SERRA, J. 1982. *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Academic Press, Inc., London.
- SUPIANTO, A. A., ARIFIN, A. Z., & WIJAYA, A. Y. 2011. Nonsampled Contourlet Transform Dan Iterative Point Correspondence Untuk Registrasi Pada Citra Dental Periapikal. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIV. Program Studi MMT-ITS*, 23 Juli, Surabaya, Indonesia.
- YI W.-J., HEO, M.-S., LEE, S.-S., CHOI, S.-C. & HUH, K.-H. 2006. ROI-based image registration for digital subtraction radiography. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 101(4), 523-529.
- YONGXIN G., DAN, Y., JIWEN L., BO L., & XIAOHONG Z. 2013. Active appearance models using statistical characteristics of Gabor based texture representation. *J. Vis. Commun. Image R*, 24, 627-634.
- ZACHARAKI, E. I., MATSOPOULOS, G. K., ASVESTAS, P. A., NIKITAI, K. S., GRONDHL, K. & GRONDAHL, H-G. 2004. A digital subtraction radiography scheme based on automatic multiresolution registration. *Dentomaxillofacial Radiology : The British Institute of Radiology*, 33, 1-33.
- ZITOVÁ B. & FLUSSER J. 2003. Image registration methods: a survey. *Image and Vision Computing*, 21(11), 977-1000.

## OPTIMASI SUFFIX TREE CLUSTERING DENGAN WORDNET DAN NAMED ENTITY RECOGNITION UNTUK PENGELOMPOKAN DOKUMEN

Satrio Hadi Wijoyo<sup>1</sup>, Admaja Dwi Herlambang<sup>2</sup>, Fahrur Rozi<sup>3</sup>, Septiyah Andika Isanta<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya

<sup>3</sup>Jurusan Pendidikan Teknologi Informasi, STKIP PGRI Tulungagung

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Malang

Email: <sup>1</sup>satriohadi@ub.ac.id, <sup>2</sup>herlambang@ub.ac.id, <sup>3</sup>rozifahur04@gmail.com,

<sup>4</sup>septiyah.andika@gmail.com

(Naskah masuk: 26 Juli 2017, diterima untuk diterbitkan: 17 Desember 2017)

### Abstrak

Semakin meningkatnya jumlah dokumen teks di dunia digital mempengaruhi banyaknya jumlah informasi dan menyebabkan kesulitan dalam proses temu kembali informasi (information retrieval). Clustering dokumen merupakan suatu bidang text mining yang penting dan dapat digunakan untuk mengefisienkan dalam pengelolaan teks serta peringkasan teks. Namun beberapa permasalahan muncul dalam clustering dokumen teks terutama dalam dokumen berita seperti ambiguitas dalam content, overlapping cluster, dan struktur unik yang terdapat dalam dokumen berita. Penelitian ini mengusulkan metode baru yaitu optimasi Suffix Tree Clustering (STC) dengan WordNet dan Named Entity Recognition (NER) untuk pengelompokan dokumen. Metode ini memiliki beberapa tahap, yaitu preprocessing dokumen dengan mengekstraksi named entity serta melakukan deteksi sinonim berdasarkan WordNet. Tahap kedua adalah pembobotan term dengan tfidf dan nerfidf. Tahap ketiga adalah melakukan clustering dokumen dengan menggunakan Suffix Tree Clustering. Berdasarkan pengujian didapatkan rata-rata nilai precision sebesar 79.83%, recall 77.25%, dan f-measure 78.30 %.

**Kata kunci:** Clustering dokumen, Named Entity Recognition, Suffix Tree Clustering, WordNet

### Abstract

The increasing number of text documents in the internet, influence on the number of information and lead to difficulties in the process of information retrieval. Documents clustering is main field of text mining and can be used to streamline the management of text and summarization of text. However, some problems arise in documents clustering, especially in news documents such as ambiguity in the content, overlapping clusters, and the unique structure of the news that contained in the document. In this research, we propose a new method for documents clustering, optimization Suffix Tree Clustering (STC) with WordNet and Named Entity Recognition (NER). In this method there are several steps, step one is preprocessing documents with named entity extraction and synonym detection based on WordNet. Step two is term weighting with tfidf and nerfidf. For the last step is document clustering using Suffix Tree Clustering. Based on testing we obtained 79.83% for precision, 77.25% for recall, and 78.30% for F-measure

**Keywords:** Documents Clustering, Named Entity Recognition, Suffix Tree Clustering, WordNet

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan dunia digital yang pesat terutama di *World Wide Web* menyebabkan meningkatnya volume dokumen teks secara besar-besaran. Meningkatnya volume dokumen teks ini berpengaruh terhadap jumlah informasi yang sangat banyak dan menyebabkan kesulitan dalam proses temu kembali informasi (*information retrieval*). Sehingga dibutuhkan suatu metode yang mampu mengorganisasikan dokumen teks ke dalam informasi yang mudah dipahami oleh pengguna serta dalam meningkatkan efisiensi dalam *information retrieval* (Nogueira et al, 2011).

*Clustering* dokumen merupakan suatu bidang *text mining* yang penting dan dapat digunakan untuk mengefisienkan dalam pengelolaan teks serta

peringkasan teks (Luo et al, 2009). *Clustering* dalam suatu dokumen dapat membantu mengelompokkan dokumen berdasarkan *content* yang tepat, sehingga dapat membantu pengguna mendapat informasi yang diinginkan secara tepat.

Namun, terdapat beberapa permasalahan dalam *clustering* dokumen. Selain permasalahan terhadap volume dokumen yang mempengaruhi skalabilitas, permasalahan mengenai *content* juga berpengaruh dalam *clustering* dokumen. Contoh, dalam artikel berita, terkadang beberapa artikel dikategorikan dalam kategori yang sama padahal tidak memiliki kata-kata yang mirip. Begitu juga sebaliknya suatu artikel terkadang dikategorikan dalam kategori yang berbeda padahal memiliki kata-kata yang mirip (Bouras et al, 2012).

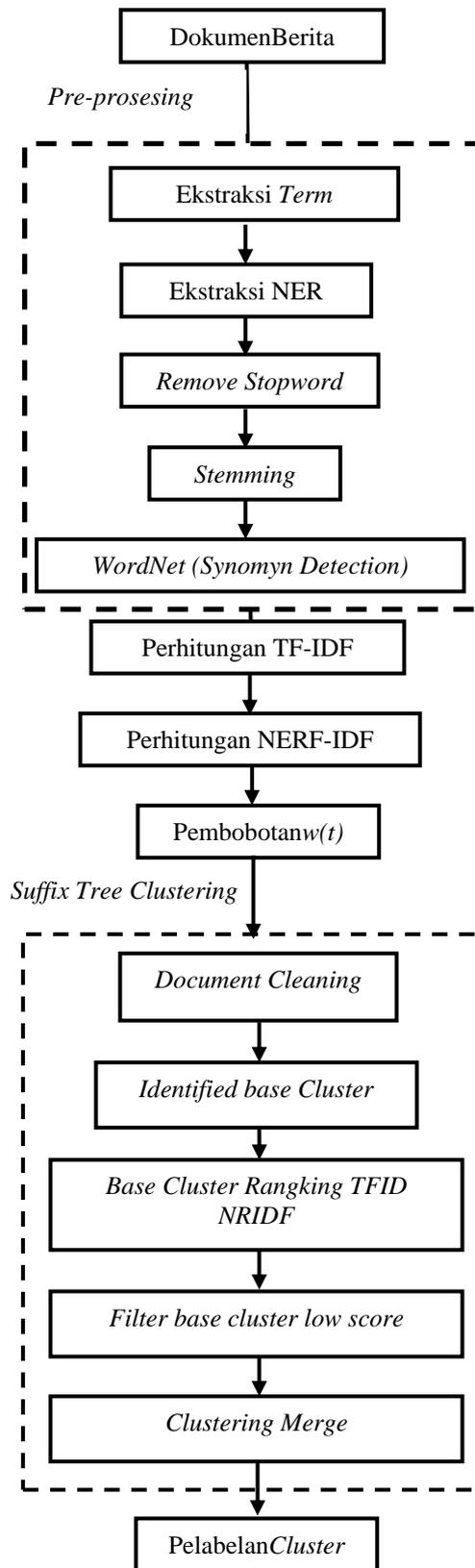
Penelitian dari Bouras pada tahun 2012,

menggunakan metode *k-means* yang terintegrasi dengan *WordNet* untuk mendeteksi hubungan semantik yang terjadi antar *term* untuk dokumen berita. Dengan memperhatikan semantik, permasalahan ambiguitas *content* dalam *clustering* dapat terselesaikan. Penggunaan metode *k-means* memiliki keterbatasan dalam *clustering* dokumen, karena algoritma *k-means* memperlakukan suatu dokumen sebagai kumpulan kata-kata dan mengabaikan *sequence* kata dalam dokumen serta *k-means* memerlukan suatu *stop-condition* dan nilai *k* sebagai *initial* awal masukan jumlah *cluster*. Selain itu *k-means* memiliki masalah utama yaitu *overlapping cluster* yang hanya dapat menempatkan suatu dokumen tepat pada satu *cluster*, padahal suatu dokumen dimungkinkan menempati lebih dari satu *cluster*. Selain itu terdapat struktur yang unik dalam dokumen berita, yaitu dalam dokumen berita sebagian besar tersusun atas struktur “*time*”, “*location*”, “*character*” dan “*event*”. Dengan mengekstraksi struktur tersebut akan didapatkan sebuah *noun* ataupun *meaningful* frase yang dapat digunakan sebagai *cluster* label (Zhang et al, 2013). Sehingga permasalahan yang terdapat dalam *k-means* terutama *overlapping cluster* serta ekstraksi struktur dalam dokumen berita menjadi tantangan baru dalam *clustering* dokumen.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode baru yaitu optimasi *Suffix Tree Clustering* (STC) dengan *WordNet* dan *Named Entity Recognition* (NER) untuk pengelompokan dokumen. Penggunaan algoritma STC tepat untuk mengatasi kelemahan pada *k-means* yang terdapat dalam penelitian dari Bouras menangani *overlapping clustering*. Hal ini dikarenakan STC memperlakukan kata-kata hasil ekstraksi sebagai suatu koleksi kata-kata yang memiliki hubungan terhadap suatu dokumen. Serta STC menggunakan salah satu frase atau kata sebagai topik utama atau label *cluster*. Selain itu penggunaan algoritma NER dalam penelitian ini dapat mengekstraksi struktur yang terdapat dalam dokumen berita (Zhang et al, 2013).

**2. METODE**

Perancangan sistem temu kembali informasi yang dibangun dalam penelitian ini adalah sistem untuk pengelompokan dokumen berita yang mempertimbangkan *similarity* kata dan *meta-data* dalam dokumen tersebut. Metode optimasi STC dengan *WordNet* dan NER memiliki beberapa tahap, yaitu *preprocessing* dokumen dengan mengekstraksi *named entity* serta melakukan deteksi sinonim berdasarkan *WordNet*. Tahap kedua adalah pembobotan *term* dengan *tfidf* dan *neridf*. Tahap ketiga adalah melakukan *clustering* dokumen dengan menggunakan STC. Detail tentang metode penelitian yang diusulkan digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Kerja Metode yang Diusulkan

Pada tahap *preprocessing* dokumen dilakukan ekstraksi *term* terlebih dahulu. Ekstraksi *term* digunakan untuk mengekstraksi ciri-ciri dari suatu koleksi dokumen berita yang sering disebut himpunan *term*. Himpunan *term* yang bermakna umum dilakukan *remove stopwords* dengan menggunakan daftar *stopword* untuk bahasa Inggris. Kemudian dikembalikan ke bentuk kata dasarnya dengan menggunakan algoritma *stemming* serta dapat meningkatkan performa IR (*Information Retrieval*). Salah satu cara mentransformasi kata yang berimbuhan dalam dokumen ke bentuk kata dasarnya disebut Algoritma *stemming*.

Setelah didapatkan *term* setiap dokumen akan dilakukan ekstraksi NER. Ekstraksi NER dilakukan untuk menemukan dan mengenali entitas nama (nama orang, nama organisasi, dan nama lokasi), ekspresi waktu (tanggal, jam, dan durasi) dan ekstraksi angka (uang, persentasi, ukuran, dan kardinal) dari dokumen berita. Setelah proses NER dijalankan, akan didapatkan *named-entity* (NE) atau sering disebut *mention* (fitur nama orang terkait) beserta tipe entitasnya, seperti kata “Amir” sebagai entitas nama orang, kata “13.00” sebagai entitas waktu, dan kata “Beijing” sebagai entitas lokasi. Deteksi NE dapat dilakukan dengan melihat pola dari kalimat yang ada di dalam dokumen berita.

Seluruh *term* yang didapatkan akan dilakukan pendeteksian sinonim berdasarkan *WordNet*. *WordNet* merupakan sistem *lexical database* yang menyimpan informasi relasi semantik antar *synset* (*Synonym set*). Makna sama yang dapat saling menggantikan dalam konteks tertentu yang dimiliki kumpulan satu kata atau lebih disebut *synset*. Tahap pembobotan *term* merupakan perhitungan frekuensi kemunculan *term* (kata) dalam dokumen berita serta pembobotannya. Perhitungan pembobotan *term* (*tfidf*) didapatkan melalui Persamaan (1)

$$tfidf(t, d, D) = tf(t, d) \times idf(t, D), \quad (1)$$

dimana  $tfidf(t, d, D)$  adalah frekuensi *term* dari dokumen berita  $d$ ,  $D$  adalah total dokumen berita,  $t$  adalah banyaknya *term*,  $tf(t, d)$  adalah *term frequency* dari suatu dokumen berita, dan  $idf(t, D)$  adalah *inverse document frequency* (Luo et al, 2009). Setelah ditemukan nilai  $tfidf(t, d, D)$ , selanjutnya nilai  $tfidf(t, d, D)$  dilakukan normalisasi yang ditunjukkan dalam persamaan (2)

$$tfidf(t, d)_{norm} = \frac{tfidf(t, d, D)}{\max(tfidf(t, d, D))}, \quad (2)$$

dimana  $tfidf(t, d)_{norm}$  merupakan nilai hasil normalisasi, dan  $\max(tfidf(t, d, D))$  merupakan nilai maksimum  $tfidf$  dalam dokumen  $d$ . Selanjutnya adalah pembobotan terhadap perhitungan

kemunculan entitas-entitas dalam dokumen berita. Perhitungan frekuensi entitas didapatkan melalui Persamaan (3)

$$nerfidf(ner, d, D) = nerf(ner, d) \times idf(ner, D), \quad (3)$$

dimana  $nerfidf(ner, d, D)$  adalah frekuensi entitas dari dokumen berita  $d$ ,  $D$  adalah total dokumen berita  $ner$  adalah banyaknya entitas di dokumen,  $nerf(ner, d)$  adalah NER *frequency* dari suatu dokumen berita, dan  $idf(ner, D)$  adalah *inverse document frequency*. Selanjutnya nilai  $nerfidf(ner, d)$  dilakukan normalisasi melalui Persamaan (4)

$$nerfidf(ner, d)_{norm} = \frac{nerfidf(ner, d, D) + 1}{\max(nerfidf(ner, d, D))}, \quad (4)$$

dimana  $nerfidf(ner, d)_{norm}$  merupakan nilai normalisasi dari  $nerfidf(ner, d)$ , dan  $\max(nerfidf(d))$  merupakan nilai maksimum  $nerfidf$  dalam dokumen  $d$ . Penambahan angka 1 terhadap  $nerfidf(ner, d)$  dilakukan agar  $nerfidf(ner, d)_{norm}$  tidak bernilai 0.

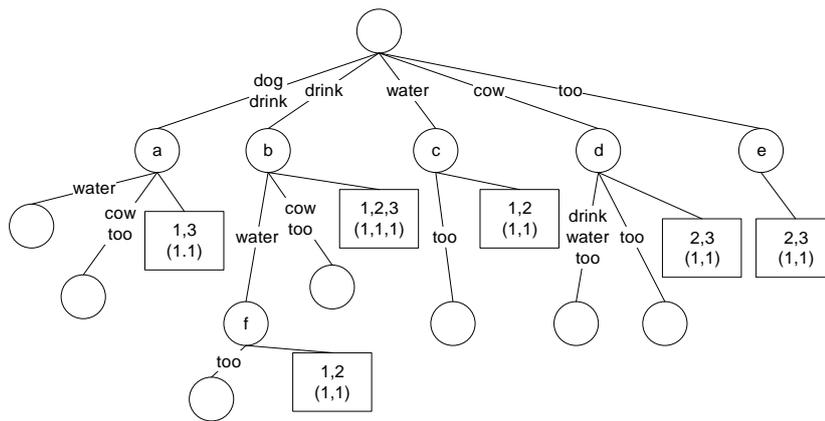
Setelah ditemukan nilai  $tfidf(t, d)_{norm}$  dan  $nerfidf(ner, d)_{norm}$  untuk masing – masing *term* maka selanjutnya dilakukan perhitungan pembobotan *term* dokumen berita sebelum dilakukan proses pengelompokan. Pada penelitian ini mengusulkan metode pembobotan didapatkan dari kombinasi perhitungan TF-IDF dan NERF-IDF melalui Persamaan (5).

$$w(t) = (tfidf_{norm}) * (nerfidf_{norm}), \quad (5)$$

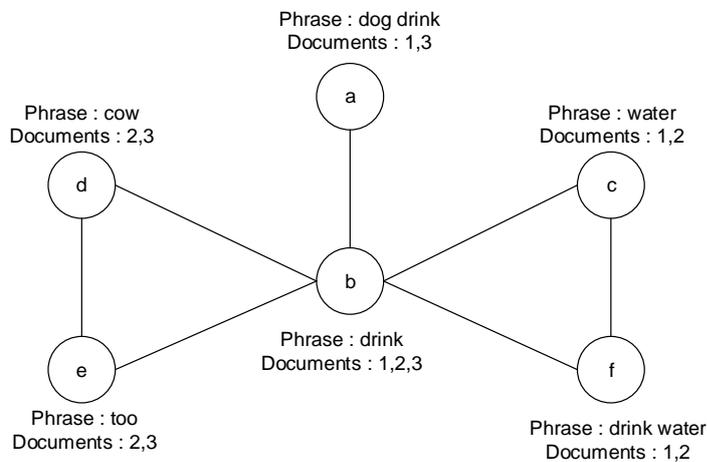
dimana  $w(t)$  adalah bobot dari *term* dan NER dari dokumen berita.

Tahap pengelompokan menggunakan algoritma *suffix tree clustering*. Terdapat dua tahapan utama dalam algoritma *Suffix tree clustering* untuk proses pengelompokan. Tahapan pertama adalah pencarian *shared phrase* pada semua koleksi dokumen berita dan disebut juga sebagai *phrase cluster* atau *base cluster*. Tahapan kedua adalah kombinasi *base cluster-base cluster* ke dalam suatu *cluster*. Kombinasi antar dua *base cluster* berdasarkan jumlah dokumen berita yang terdapat *overlap* diantara kedua *base cluster* tersebut seperti pada Gambar 2 dan 3 (Worawitphinyo, 2011).

Pelabelan *cluster* dalam *suffix tree clustering* diperoleh dari *shared phrase* yang ada dalam masing-masing *cluster*. Dikarenakan *shared phrase* bisa berisi banyak *phrase*, di paper ini dilakukan pemfilteran terhadap setengah bagian teratas yang telah di *ranking* berdasarkan bobot  $tfidf$  dan  $nerfidf$ .



Gambar 2. Suffix Tree Clustering dari Tree Dokumen



Gambar 3. Grafik dari Base Cluster

**3. UJI COBA DAN PEMBAHASAN**

Penelitian mengenai dokumen clustering ini menggunakan kumpulan data dari artikel berita yang terdiri atas 300 artikel yang bersumber dari 20 Newsgroups yang diperoleh dari situs: <http://web.istl.utl.pt/~acardoso/datasets>. Data tersebut digunakan untuk single label, dalam paper ini dilakukan modifikasi dari data single label menjadi multilabel jadi data digroupkan lagi.

Penelitian ini dilakukan 2 percobaan, percobaan pertama hanya menggunakan STC, percobaan kedua menggunakan STC dengan WordNet serta NER. Pengujian efektifitas dari metode clustering menggunakan precision (P), recall (R), dan f-measure. Dokumen terpanggil yang relevan dengan pernyataan (query) yang dimasukkan pengguna dalam suatu sistem temu balik informasi disebut recall. Sedangkan kemampuan sistem menemukan jumlah kelompok dokumen relevan dari total jumlah dokumen disebut precision. Perhitungan kombinasi antara recall dan precision disebut F-measure (Tan, 2006).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Worawitphinyo pada tahun 2011, filtering base

cluster low score menggunakan threshold 50% untuk menyeleksi base cluster teratas dengan menggunakan nilai tfidf. Sementara pada penelitian ini menggunakan nilai w(t) sebagai pengganti tfidf untuk menyeleksi base cluster.

Tabel 1 menunjukkan bahwa penggunaan WordNet dan NER dalam STC dapat meningkatkan nilai precision sebuah cluster. Semua cluster mengalami peningkatan yang berbeda-beda nilainya. Peningkatan nilai precision yang signifikan terdapat pada cluster no 5 dimana menggunakan metode STC dengan nilai precision sebesar 62.5%. Percobaan kedua setelah menggunakan STC, WordNet, dan NER nilai precision meningkat menjadi 70%.

Tabel 1. Berbandingan Nilai Precision dari Kedua Percobaan

| Cluster | STC  |                 |
|---------|------|-----------------|
|         | STC  | WORDNET dan NER |
| 1       | 77.8 | 80              |
| 2       | 87.5 | 88.9            |
| 3       | 69.2 | 75              |
| 4       | 76.9 | 83.3            |
| 5       | 62.5 | 70              |

|   |      |      |
|---|------|------|
| 6 | 77.8 | 81.8 |
|---|------|------|

Tabel 2. Berbandingan Nilai *Recall* dari Kedua Percobaan

| Cluster | STC  |                 |
|---------|------|-----------------|
|         | STC  | WORDNET dan NER |
| 1       | 63.6 | 72.7            |
| 2       | 63.6 | 72.7            |
| 3       | 81.8 | 81.8            |
| 4       | 90.9 | 90.9            |
| 5       | 54.5 | 63.6            |
| 6       | 63.6 | 81.8            |

Tabel 3. Berbandingan Nilai *F-Measure* dari Kedua Percobaan

| Cluster | STC  |                 |
|---------|------|-----------------|
|         | STC  | WORDNET dan NER |
| 1       | 69.9 | 76.1            |
| 2       | 73.7 | 79.9            |
| 3       | 74.9 | 78.3            |
| 4       | 83.3 | 86.9            |
| 5       | 58.2 | 66.6            |
| 6       | 69.9 | 81.8            |

Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan *WordNet* dan NER dalam STC dapat meningkatkan nilai *recall* sebuah *cluster*. Semua *cluster* mengalami peningkatan nilai *recall* yang berbeda-beda. Nilai peningkatan *recall* yang signifikan terdapat pada *cluster* no 6 dimana menggunakan metode STC dengan nilai *precision* sebesar 63.6%. Percobaan kedua setelah menggunakan STC, *WordNet*, dan NER nilai *precision* meningkat menjadi 81.8%.

Tabel 3 menunjukkan bahwa penggunaan *WordNet* dan NER dalam STC dapat meningkatkan nilai *f-measure* sebuah *cluster*. Semua *cluster* mengalami peningkatan nilai *recall* yang berbeda-beda. Nilai peningkatan *recall* yang signifikan terdapat pada *cluster* no 6 dimana menggunakan metode STC dengan nilai *f-measure* sebesar 69.9%. Percobaan kedua setelah menggunakan STC, *WordNet*, dan NER nilai *f-measure* meningkat sebesar 81.8%.

*WordNet* dan NER dapat meningkatkan nilai *precision*, *recall*, dan *f-measure* STC karena STC berdasarkan *sharing phrase*. *WordNet* (*synonym detection*) dapat mendeteksi kata yang beda penulisan tapi sama makna. Sehingga *phrase* atau kata yang sama antar dokumen bertambah banyak. NER sendiri berguna untuk mendeteksi dokumen yang mempunyai entitas. NER juga dapat mendeteksi kata yang dianggap penting.

*Synonym detection* telah mampu membuktikan meningkatkan kualitas *clustering* dokumen lebih baik. Namun, peningkatan kualitas *clustering* dapat lebih baik lagi jika dapat ditambahkan *hyponym* dan *hypernym detection* yang terintegrasi dengan *WordNet*. Sehingga untuk pengembangan penelitian

selanjutnya dapat ditambahkan *hyponym* dan *hypernym detection* dalam *clustering* dokumen.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil percobaan dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode yang diusulkan dapat melakukan pengelompokan dokumen dengan sangat baik. *WordNet* (*synonym detection*) dapat mendeteksi kata yang beda penulisan tapi sama makna. NER dapat mendeteksi dokumen yang mempunyai entitas. Selain itu, *WordNet* dan NER dapat digunakan untuk optimasi *clustering* dokumen menggunakan STC.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- NOGUEIRA, T. M., CAMARGO, H. A., & REZENDE, S. O. 2011. Fuzzy Rules for Document Classification to Improve Information Retrieval. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, 3, 210-217.
- LUO, CONGNAN, LI, YANJUN, CHUNG, SOON M. 2009. Text document clustering based on neighbors. *Data & Knowledge Engineering*. 1271-1288.
- BOURAS, CHRISTOS, TSOVKAS, VASILIS, 2012. A Clustering Technique for News Articles using *WordNet*. *Knowledge-Based Systems*. 115-128.
- ZHANG, J., DANG, Q., LU, Y., SUN, S., 2013. Suffix Tree Clustering with Named Entity Recognition. *International Conference on Cloud Computing and Big Data*. 549-556.
- WORAWITPHINYO PHIRADIT, GAO XIAOYING, JABEEN SHAHIDA, 2011. Improving Suffix Tree Clustering with New Ranking and Similarity Measures. 7th International Conference, ADMA 2011.
- TAN, P. N., MICHEAL S., & VIPIN K. 2006. *Introduction to Data Mining*. Pearson Education : India.

## REKAYASA APLIKASI KRIPTOGRAFI DENGAN PENERAPAN KOMBINASI ALGORITMA KNAPSACK MERKLE HELLMAN DAN AFFINE CIPHER

Muhammad Fadlan<sup>1</sup>, Hadriansa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sistem Informasi, STMIK PPKIA Tarakanita Rahmawati, Kota Tarakan, Indonesia  
<sup>2</sup>Teknik Informatika, STMIK PPKIA Tarakanita Rahmawati, Kota Tarakan, Indonesia  
Email: <sup>1</sup>thecuezman@gmail.com, <sup>2</sup>ansar@ppkia.ac.id

(Naskah masuk: 25 September 2017, diterima untuk diterbitkan: 24 Desember 2017)

### Abstrak

Kerahasiaan sebuah data merupakan hal yang sangat penting untuk dijaga. Tetapi masalah yang terkadang muncul adalah adanya data rahasia yang bocor atau dicuri oleh pihak-pihak tertentu yang tidak berwenang. Hal ini dikarenakan tidak adanya pengamanan untuk data tersebut dan diperkuat lagi dengan semakin sering dan mudahnya data untuk didistribusikan melalui sebuah pesan elektronik. Ketika pesan itu diretas, maka data rahasia yang belum diamankan dapat dengan mudah diketahui oleh pihak yang tidak berwenang. Kriptografi mampu menjadi salah satu cara untuk mengamankan sebuah data. Pada penelitian ini akan dilakukan kombinasi Metode Affine Cipher dan Knapsack Merkle Hellman untuk melakukan enkripsi dan dekripsi data teks. Awalnya data akan dienkripsi terlebih dahulu dengan menggunakan affine cipher, hasil enkripsi dari affine cipher kemudian akan dienkripsi lagi dengan menggunakan merkle hellman. Sedangkan, untuk tahap dekripsi, data akan didekripsi terlebih dahulu menggunakan merkle hellman, kemudian dilanjutkan dengan affine cipher. Kombinasi metode dilakukan untuk lebih memperkuat pengamanan terhadap sebuah data. Hasilnya, kriptografi dengan menggunakan kombinasi metode Affine Cipher dan Knapsack Merkle Hellman dapat dilakukan untuk melakukan enkripsi dan dekripsi terhadap sebuah data. Dengan adanya pengamanan terhadap data tersebut, maka akan menyulitkan dan memperkecil kemungkinan pihak-pihak yang tidak berkepentingan untuk mengetahui suatu data rahasia.

**Kata kunci:** *affine, dekripsi, enkripsi, knapsack merkle hellman, kriptografi, kerahasiaan*

### Abstract

*Confidentiality of data is very important to be maintained. But the problem that sometimes arises is the existence of secret data that is leaked or stolen by certain unauthorized parties. This is because there is no security for the data and is reinforced by the more frequent and easy data to be distributed via an electronic message. When the message is hacked, the secret data that has not been secured can easily be known by unauthorized parties. Cryptography can be one way to secure a data. In this research will be a combination of Affine Cipher Method and Knapsack Merkle Hellman to encrypt and decrypt text data. Initially the data will be encrypted first by using affine cipher, the encryption of the affine cipher will then be encrypted again using merkle hellman. Meanwhile, for the decryption stage, the data will be decrypted first using merkle hellman, then continued with affine cipher. Combination methods are done to further strengthen the security of a data. The result, cryptography by using a combination of Affine Cipher and Knapsack Merkle Hellman methods successfully done to perform encryption and decryption of a data. With the security of the data, it will complicate and minimize the possibility of parties who are not interested to know a secret data.*

**Keywords:** *affine, decryption, encryption, knapsack merkle hellman, cryptography, confidentiality*

### 1. PENDAHULUAN

Menjaga kerahasiaan sebuah data, agar tidak mudah jatuh kepada pihak yang tidak berwenang merupakan hal yang sangat penting. Bayangkan saja suatu data rahasia yang bahkan dapat bersifat pribadi dengan mudah bocor bahkan diketahui oleh pihak-pihak yang tidak berkepentingan, tentu saja menimbulkan dampak yang sangat merugikan bagi pihak-pihak yang memiliki data tersebut. Masalah keamanan data pada komputer khususnya, menjadi

isu yang sangat penting pada era digital saat ini. Para pelaku kejahatan cyber biasanya memanfaatkan celah-celah keamanan agar dapat memasuki, mengambil bahkan memanipulasi / mengubah data.

Selain itu, perkembangan yang pesat dalam proses pendistribusian data juga membawa dampak yang besar yaitu masalah keamanan dari suatu data. Hal tersebut dapat membuat para pemilik data menginginkan sesuatu yang lebih aman yang dapat melindungi suatu data yang bersifat rahasia tersebut. Untuk itu diperlukan suatu teknik dalam menjaga

kerahasiaan dari sebuah data. Teknik yang dimaksud adalah Ilmu Kriptografi. Dengan menggunakan kriptografi maka suatu data dapat diamankan dengan mengaburkan / mengubah / mengacak isi dari suatu data melalui proses enkripsi. Data tersebut tentu saja dapat dikembalikan ke bentuk semula melalui proses dekripsi. Keuntungan dalam menggunakan kriptografi adalah hanya pihak berwenang terhadap data saja yang dapat melakukan tahap enkripsi maupun dekripsi. Sehingga pihak-pihak yang tidak berwenang sulit untuk mengetahui isi dari data yang telah diacak / dienkripsi.

Awalnya, kriptografi hanya dipahami sebagai ilmu yang digunakan untuk menyembunyikan pesan. Namun, kini telah bergeser seiring dengan perkembangan jaman menjadi ilmu yang terkait dengan teknik matematika yang digunakan dalam keamanan informasi seperti keutuhan dan kerahasiaan data, serta pengesahan entitas (Sadikin, 2012).

Terdapat beberapa metode kriptografi ataupun algoritma dalam melakukan enkripsi dan dekripsi data. Di beberapa penelitian ada yang hanya menggunakan satu metode saja dalam pengamanan data. Namun pada penelitian ini akan menggunakan kombinasi dari dua metode dalam melakukan pengamanan data. Pemilihan dua metode dilakukan untuk meningkatkan keamanan dari sebuah data serta semakin menyulitkan bagi pihak-pihak yang tidak berkepentingan untuk mengetahui sebuah data.

Data yang diujicoba pada penelitian ini adalah berupa teks dan metode yang digunakan adalah kombinasi dari metode *Affine Cipher* dan *Knapsack Merkle Hellman*. Metode *Affine cipher* digunakan karena efisien dan efektif untuk mengamankan data, informasi, maupun dokumen-dokumen penting sehingga tidak dapat disalahgunakan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab (Babu, 2017). Sedangkan kelebihan dari merkle hellman adalah tidak diperlukannya kerahasiaan pada proses pendistribusian key. Hal ini dikarenakan key yang disalurkan / dibagikan berupa *public key*. Meskipun kunci ini diketahui oleh orang lain yang tidak berwenang, maka pesan akan tetap terjaga kerahasiaannya. Sedangkan *private key* akan tetap disimpan atau tidak didistribusikan (Hidayat, Akmal, & Rosyadi, 2016). Dengan kombinasi dari dua metode tersebut diharapkan dapat lebih memperkuat pengamanan terhadap sebuah pesan / data dibandingkan dengan menggunakan satu metode.

## 2. TINJAUAN UMUM

### 2.1. Keamanan Data

Masalah yang sangat penting pada era digital dan komputerisasi pada saat ini adalah masalah keamanan dan kerahasiaan data. Keamanan sebuah data sangat perlu untuk diperhatikan, mengingat semakin banyaknya pelaku-pelaku kejahatan *cyber*.

Sebuah data yang dianggap rahasia kebanyakan berupa data-data yang dianggap penting dan terbatas hanya boleh diketahui oleh orang-orang tertentu.

Banyaknya keuntungan atau dampak positif dari kemajuan teknologi, juga diikuti oleh banyaknya dampak negatif yang ditimbulkan, seperti *computer crime* yang terdiri atas pemerasan, pencurian dan penipuan, serta kompetisi. Jatuhnya data ke pihak lain tentu saja dapat menimbulkan kerugian bagi pemilik data / informasi. (Ariyus, 2008).

Keamanan jaringan menjadi lebih penting karena jumlah data yang dipertukarkan di Internet meningkat dengan drastis. Oleh karena itu, kerahasiaan dan integritas data diperlukan untuk melindungi dari akses yang tidak sah / pihak-pihak yang tidak berwenang (Moon & Kawitkar, 2007). Keamanan dan kerahasiaan data pada jaringan komputer saat ini menjadi isu yang sangat penting dan terus berkembang. Komputer sebagai sarana untuk menyimpan dan mentransmisikan data, informasi, dan dokumen rahasia, seringkali mudah diakses oleh orang yang tidak bertanggung jawab (Babu, 2017).

Oleh karena itu, pengamanan sebuah data kiranya sangat penting dan dibutuhkan, agar data / informasi yang dimiliki khususnya informasi yang bersifat rahasia dapat tetap terjaga kerahasiaannya, walaupun data tersebut telah jatuh ke pihak yang tidak berhak / berkepentingan.

### 2.2. Kriptografi

Salah satu solusi yang dapat digunakan untuk menjamin kerahasiaan maupun keamanan dari suatu informasi adalah dengan kriptografi. Dengan kriptografi sebuah informasi dapat diacak atau disandikan menjadi informasi yang sulit atau bahkan tidak dipahami melalui sebuah proses yang dinamakan dengan enkripsi (Murdani, 2017). Pada kriptografi juga akan dipelajari teknik-teknik matematika yang terkait dengan aspek keamanan informasi (Munir, 2006). Sebenarnya, teknik menjaga kerahasiaan pesan tidak hanya dengan menggunakan kriptografi. Ada juga teknik lain yang dapat digunakan yaitu steganografi. Steganografi sangat kontras dengan kriptografi (Fadlan & Deby, 2014).

Kriptografi memegang peranan penting dalam memberikan keamanan terhadap data yang dikirimkan melalui internet (Ali, 2014). Dengan kriptografi, maka pengamanan sebuah data dapat dilakukan. Suatu data yang tadinya bisa dibaca / dikenali dengan mudah, maka dengan kriptografi akan menjadi sulit dikenali karena telah melalui proses pengacakan pada tahap enkripsi. Pada kriptografi terdapat 2 tahap yang paling utama, yaitu enkripsi dan dekripsi. Pada tahap enkripsi, akan dilakukan pengacakan sebuah data / teks ke dalam format atau bentuk yang susah untuk dikenali (*cipherteks*). Sedangkan tahap dekripsi adalah

tahapan untuk mengubah data yang telah diacak ke dalam bentuk aslinya (*plaintexts*).

Akhir-akhir ini, persaingan dalam menggunakan kriptografi semakin berkembang, banyak individu maupun organisasi yang telah menggunakan kriptografi untuk mengamankan data atau pesan yang mereka punya, sehingga data tersebut tidak dapat diketahui oleh pihak yang tidak berwenang (Handayani, Pratitis, Nur, Mashuri, & Nugroho, 2017).

### 2.3. Affine dan Knapsack Merkle Hellman

Affine Cipher merupakan pengembangan dari Caesar Cipher. Pada affine, *plaintexts* akan dikalikan dengan sebuah nilai dan ditambahkan dengan sebuah pergeseran. Sedangkan Knapsack adalah algoritma kriptografi publik yang keamanannya terletak pada sulitnya memecahkan persoalan knapsack (Munir, 2006)

Gagasan tentang sebuah affine cipher adalah menggunakan perkalian dikombinasikan dengan penambahan, modulo  $m$ , di mana  $m$  adalah bilangan bulat, untuk membuat substitusi campuran. Secara umum, affine adalah sistem cipher dimana huruf *plaintexts* dienkripsikan secara matematis (Mokhtari & Hasan, 2012)

Metode Knapsack Merkle Hellman telah banyak digunakan untuk memodelkan solusi masalah di industri seperti pada kriptografi kunci publik. Knapsack Merkle-Hellman merupakan metode dalam kriptografi yang menggunakan algoritma asimetris dan memiliki 2 kunci utama, yakni kunci publik dan kunci privat. Kunci yang didistribusikan dikenal dengan istilah kunci publik, jika kunci publik ini diketahui oleh orang lain yang tidak berhak / berkepentingan, maka data yang dikirim akan tetap aman. Untuk kunci private adalah kunci yang tetap disimpan oleh pihak-pihak yang berhak.

Ide dasar di balik skema enkripsi Merkle-Hellman adalah menciptakan masalah subset yang bisa dipecahkan dengan mudah dan kemudian menyembunyikan sifat *superincreasing* dengan perkalian modular dan permutasi. Vektor yang ditransformasikan membentuk pesan terenkripsi dan vektor *superincreasing* asli membentuk kunci pribadi dan digunakan untuk menguraikan pesan (Agarwal, 2011).

Pada algoritma Merkle-Hellman Knapsack digunakan kunci privat dan kunci publik dalam melakukan proses kriptografinya, metode ini juga memiliki pengamanan ganda sehingga susah untuk ditembus (Murdani, 2017).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dengan melakukan studi literatur terhadap beberapa sumber baik yang berasal dari buku maupun jurnal-jurnal ilmiah nasional maupun internasional terkait dengan masalah pengamanan

data, maka pada penelitian ini dilakukan studi kasus untuk mengamankan sebuah data, khususnya data berupa teks dengan membangun sebuah aplikasi berbasis desktop, pengamanan data dilakukan dengan menggunakan metode-metode dalam kriptografi yaitu Affine Cipher dan Knapsack Merkle Hellman. Kombinasi dua metode dilakukan didalam penelitian ini. Metode affine cipher digunakan untuk melakukan enkripsi *plaintexts* tahap pertama sebelum dilakukan enkripsi tahap kedua menggunakan Knapsack Merkle Hellman. Enkripsi dengan metode affine cipher dapat dinyatakan dengan Persamaan 1:

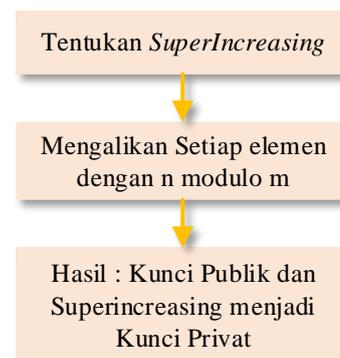
$$C = mP + b \pmod{n} \quad (1)$$

Sedangkan, untuk dekripsi pada metode affine digunakan Persamaan 2:

$$P = m^{-1}(C-b) \pmod{n} \quad (2)$$

Dimana,  $C$  adalah *ciphertext*,  $P$  adalah *plaintext*, bilangan bulat yang relatif prima dengan  $n$  diwakili dengan variabel  $m$ ,  $n$  adalah ukuran alphabet, dan  $b$  adalah jumlah pergeseran.

Metode Knapsack Merkle-Hellman digunakan pada tahapan untuk mengenkripsi *cipherteks* atau hasil enkripsi menggunakan affine cipher dan juga digunakan pada tahapan untuk mendekripsi *cipherteks* menjadi *plaintexts* yang akan didekripsi lagi menggunakan affine cipher. Hal pertama yang perlu dilakukan pada metode Knapsack Merkle Hellman adalah dengan membangkitkan kunci publik dan privat. Adapun algoritma untuk membangkitkan kunci tersebut dapat terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Algoritma Pembangkitan Kunci

Kunci publik adalah deret angka yang tidak termasuk dalam *superincreasing*, sedangkan kunci privat merupakan deret angka *superincreasing* itu sendiri. Dalam suatu deret angka *superincreasing* terdiri atas 8 angka, yang mana sebuah angka memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan penjumlahan semua angka sebelumnya.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa algoritma untuk membangkitkan kunci publik dan kunci privat diawali dengan penentuan barisan *superincreasing*. Yang dilanjutkan dengan pengalihan setiap elemen didalam barisan *superincreasing* yang telah

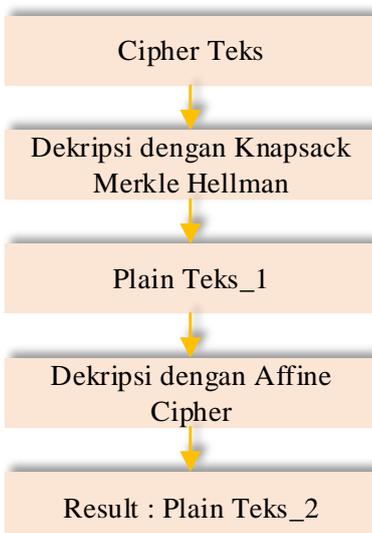
ditentukan dengan  $n \text{ modulo } m$  yang merupakan angka yang nilainya lebih besar dibandingkan jumlah seluruh elemen pada suatu deret angka, dan yang terakhir, hasil perkalian tersebut akan menjadi deretan kunci public. Untuk deretan angka superincreasing dianggap sebagai kunci privat.



Gambar 2. Tahapan Enkripsi

Untuk tahapan enkripsi plainteks dengan menggunakan kombinasi dari metode affine cipher dan knapsack merkle-hellman dapat terlihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 tersebut, dapat dilihat bahwa tahap enkripsi diawali dengan menyiapkan plainteks yang akan kita enkripsi. Enkripsi tahap pertama dimulai dengan menggunakan affine cipher, dimana setelah melalui proses enkripsi affine tersebut, akan menghasilkan sebuah cipher teks pertama (cipher teks\_1). Cipher Teks\_1 tersebut akan dienkripsi lagi untuk kedua kalinya dengan menggunakan Knapsack Merkle Hellman. Hasil akhir dari dua kali proses enkripsi tersebut berupa cipher teks (cipher teks\_2).



Gambar 3. Tahapan Dekripsi

Proses dekripsi dapat terlihat pada Gambar 3. Dekripsi diawali dengan menyiapkan cipher teks yang akan didekripsi. Kemudian dilanjutkan dengan dekripsi tahap pertama menggunakan Knapsack Merkle Hellman, yang akan menghasilkan plainteks tahap pertama (plain teks\_1). Plainteks tersebut bukanlah hasil akhir yang diinginkan. Untuk itu perlu dilakukan dekripsi tahap kedua menggunakan affine cipher. Setelah melalui dekripsi tahap kedua tersebut, maka akan dihasilkan hasil akhir / plain teks yang diinginkan (bentuk semula).

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melalui tahap perancangan aplikasi, dihasilkan sebuah aplikasi kriptografi dengan penerapan affine cipher dan knapsack merkle hellman, seperti yang terdapat pada Gambar 4, dan 5. Aplikasi tersebut dibuat dengan menggunakan *Microsoft Visual Studio 2012*, dengan nama project *KMHapp*. Pada Gambar 4, merupakan tampilan form ketika melakukan proses enkripsi data. Proses tersebut diawali dengan memilih sesuai kebutuhan pilihan enkripsi atau dekripsi data. Untuk melakukan enkripsi maka dipilih *radiobutton Encrypt*. Kemudian, menginputkan kunci untuk affine cipher. Selanjutnya menginput teks yang akan dienkripsi pada *textbox* plainteks. Yang terakhir dengan menekan tombol *Plaintext Encrypt* untuk melakukan enkripsi. Untuk alur lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 4. Secure Your Teks (Encrypt)

Seperti contoh huruf ‘S’ yang dapat dilihat pada Gambar 4 tersebut, setelah dilakukan enkripsi menjadi angka ‘258’. Bagi pihak-pihak yang tidak mengetahuinya mungkin saja mereka hanya berpikir bahwa angka ‘258’ itu berupa angka biasa saja, yang tidak memiliki makna. Disisi yang lain, angka ‘258’ tersebut sebenarnya merupakan hasil enkripsi dari karakter ‘S’ menggunakan kombinasi affine dan

knapsack merkle hellman. Karakter 'S' memiliki nilai ascii sebesar 83. Dengan menggunakan key affine 1 = 7 dan key 2 = 5, maka dengan menggunakan persamaan 1, didapat  $((83*7) + 5) \text{ mod } 255 = 76 = L$ .

L (ascii = 76) tersebut merupakan hasil enkripsi tahap pertama yang akan dilanjutkan dengan knapsack merkle hellman. Deretan *superincreasing* yang digunakan adalah 1,2,4,8,16,32,64,128. Karakter L (ascii = 76) dikonversi menjadi bilangan biner, sehingga didapatkan '01001100'. Nilai tiap-tiap bit pada bilangan biner tersebut dikalikan dengan deretan *public key* (41, 82, 164, 72, 144, 32, 64, 128) yang didapat melalui perhitungan terhadap *superincreasingly*, sehingga akan ditemukan hasil akhir berupa angka 258.

Contoh perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Pada Tabel 1, memperlihatkan perhitungan enkripsi pada affine cipher, yang mana hasil akhirnya akan dienkripsi lagi menggunakan merkle hellman, yang contoh perhitungannya untuk salah satu karakter dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 1. Perhitungan enkripsi affine cipher**

| Karakter        | $C = mP + b \text{ (mod } n)$          |
|-----------------|--|
| I (ascii = 73)  | $((73*7) + 5) \text{ mod } 255 = 6$    |
| m (ascii = 109) | $((109*7) + 5) \text{ mod } 255 = 3$   |
| p (ascii = 112) | $((112*7) + 5) \text{ mod } 255 = 24$  |
| l (ascii = 108) | $((108*7) + 5) \text{ mod } 255 = 251$ |
| e (ascii = 101) | $((101*7) + 5) \text{ mod } 255 = 202$ |
| m (ascii = 109) | $((109*7) + 5) \text{ mod } 255 = 3$   |
| e (ascii = 101) | $((101*7) + 5) \text{ mod } 255 = 202$ |
| n (ascii = 110) | $((119*7) + 5) \text{ mod } 255 = 10$  |
| t (ascii = 116) | $((116*7) + 5) \text{ mod } 255 = 52$  |
| a (ascii = 97)  | $((97*7) + 5) \text{ mod } 255 = 174$  |
| s (ascii = 115) | $((115*7) + 5) \text{ mod } 255 = 45$  |
| i (ascii = 105) | $((105*7) + 5) \text{ mod } 255 = 230$ |
| S (ascii = 83)  | $((83*7) + 5) \text{ mod } 255 = 76$   |
| U (ascii = 85)  | $((85*7) + 5) \text{ mod } 255 = 90$   |
| K (ascii = 75)  | $((75*7) + 5) \text{ mod } 255 = 20$   |
| S (ascii = 83)  | $((83*7) + 5) \text{ mod } 255 = 76$   |
| E (ascii = 69)  | $((83*7) + 5) \text{ mod } 255 = 233$  |
| S (ascii = 83)  | $((83*7) + 5) \text{ mod } 255 = 76$   |

**Tabel 2. Perhitungan enkripsi merkle hellman**

| Karakter | C  | Biner       | Public Key | Hasil             |
|----------|----|-------------|------------|-------------------|
| S        | 76 | 0           | 41         | $0*41 = 0$        |
|          |    | 1           | 82         | $1*82 = 82$       |
|          |    | 0           | 164        | $0*164 = 0$       |
|          |    | 0           | 72         | $0*72 = 0$        |
|          |    | 1           | 144        | $1*144 = 144$     |
|          |    | 1           | 32         | $1*32 = 32$       |
|          |    | 0           | 64         | $0*64 = 0$        |
|          |    | 0           | 128        | $0*128 = 0$       |
|          |    | Hasil Akhir |            | $82+144+32 = 258$ |

Hasil akhir dari tahap enkripsi berupa deretan angka yang dapat terlihat pada Gambar 4, *textbox*

*ciphertext*. Pada Gambar 5, menunjukkan proses dalam melakukan dekripsi. Dalam melakukan dekripsi maka yang dipilih adalah *radiobutton Decrypt*, kemudian dilanjutkan dengan memasukkan kunci untuk affine cipher. Kunci ini harus sama seperti kunci ketika melakukan enkripsi data. Jika tidak sama, maka hasil dekripsi tidak sesuai dengan yang diinginkan atau tidak kembali ke bentuk semula. Selanjutnya menginput teks yang akan didekripsi pada *textbox ciphertexts*. Untuk melakukan proses dekripsi dapat dilakukan dengan menekan tombol *Ciphertexts Decrypt*. Perhitungan dekripsi dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

**Tabel 3. Perhitungan dekripsi merkle hellman**

| Cipher (c) | $C*r^{-1} \text{ mod } q$ | P   | P <sub>1</sub> |
|------------|---------------------------|-----|----------------|
| 96         | $96*25 \text{ mod } 256$  | 96  | 6              |
| 192        | $192*25 \text{ mod } 256$ | 192 | 3              |
| 216        | $216*25 \text{ mod } 256$ | 24  | 24             |
| 695        | $695*25 \text{ mod } 256$ | 223 | 251            |
| 331        | $331*25 \text{ mod } 256$ | 83  | 202            |
| 192        | $192*25 \text{ mod } 256$ | 192 | 3              |
| 331        | $331*25 \text{ mod } 256$ | 83  | 202            |
| 208        | $208*25 \text{ mod } 256$ | 80  | 10             |
| 268        | $268*25 \text{ mod } 256$ | 44  | 52             |
| 445        | $445*25 \text{ mod } 256$ | 117 | 174            |
| 468        | $468*25 \text{ mod } 256$ | 180 | 45             |
| 383        | $383*25 \text{ mod } 256$ | 103 | 230            |
| 258        | $258*25 \text{ mod } 256$ | 50  | 76             |
| 362        | $362*25 \text{ mod } 256$ | 90  | 90             |
| 104        | $104*25 \text{ mod } 256$ | 40  | 20             |
| 258        | $258*25 \text{ mod } 256$ | 50  | 76             |
| 559        | $559*25 \text{ mod } 256$ | 151 | 233            |
| 258        | $258*25 \text{ mod } 256$ | 50  | 76             |

Pada tabel 3 tersebut, terlihat bahwa ciphertexts hasil enkripsi akan dikalikan dengan  $r^{-1}$  yang merupakan *modulo invers* dari r. Hasil perkalian kemudian dikalikan dengan q yang merupakan angka yang jumlahnya lebih besar dari keseluruhan *superincreasing key* jika di jumlahkan, sehingga akan menghasilkan nilai P dan P<sub>1</sub>. Nilai P<sub>1</sub> ini kemudian dianggap sebagai cipher teks pada tahap dekripsi menggunakan affine cipher. Oleh karena itu, nilai tersebut akan didekripsi lagi dengan menggunakan affine cipher. Seperti contoh yang dapat terlihat pada Tabel 4.

Pada Tabel 4, terlihat bahwa nilai P<sub>1</sub> pada dekripsi merkle hellman menjadi nilai C pada dekripsi affine. Setiap nilai akan didekripsi menggunakan persamaan 2. Contohnya: nilai C = 6, akan dikurangi dengan key 2 (=5) kemudian dikali dengan modulo invers dari m ( $m^{-1}$ ) yaitu dengan nilai sebesar 73, hasilnya kemudian akan di mod dengan n (=255) sehingga akan menghasilkan nilai P=73. Nilai P=73 tersebut kemudian dikonversi lagi untuk mengetahui karakter apakah yang memiliki nilai 73, setelah dikonversi hasilnya menjadi karakter I. Proses tersebut kemudian diulang terus-menerus sampai semua nilai C didekripsi.

**Tabel 4. Perhitungan dekripsi affine**

| C   | $m^{-1}(C-b) \pmod n$  | P   | Convert |
|-----|------------------------|-----|---------|
| 6   | $73(6-5) \pmod{255}$   | 73  | I       |
| 3   | $73(3-5) \pmod{255}$   | 109 | m       |
| 24  | $73(24-5) \pmod{255}$  | 112 | p       |
| 251 | $73(251-5) \pmod{255}$ | 108 | l       |
| 202 | $73(202-5) \pmod{255}$ | 101 | e       |
| 3   | $73(3-5) \pmod{255}$   | 109 | m       |
| 202 | $73(202-5) \pmod{255}$ | 101 | e       |
| 10  | $73(10-5) \pmod{255}$  | 110 | n       |
| 52  | $73(52-5) \pmod{255}$  | 116 | t       |
| 174 | $73(174-5) \pmod{255}$ | 97  | a       |
| 45  | $73(45-5) \pmod{255}$  | 115 | s       |
| 230 | $73(230-5) \pmod{255}$ | 105 | i       |
| 76  | $73(76-5) \pmod{255}$  | 83  | S       |
| 90  | $73(90-5) \pmod{255}$  | 85  | U       |
| 20  | $73(20-5) \pmod{255}$  | 75  | K       |
| 76  | $73(76-5) \pmod{255}$  | 83  | S       |
| 233 | $73(233-5) \pmod{255}$ | 69  | E       |
| 76  | $73(76-5) \pmod{255}$  | 83  | S       |

Sedangkan untuk implementasi pada program, maka hasil dari dekripsi tersebut akan terlihat seperti Gambar 5 dibawah ini. Jadi, ketika cipher teks dimasukkan pada *textbox* cipherteks, memasukkan kunci affine 1 dan 2, dan menekan tombol ciphertext maka hasilnya akan tampil pada *textbox* plaintext.



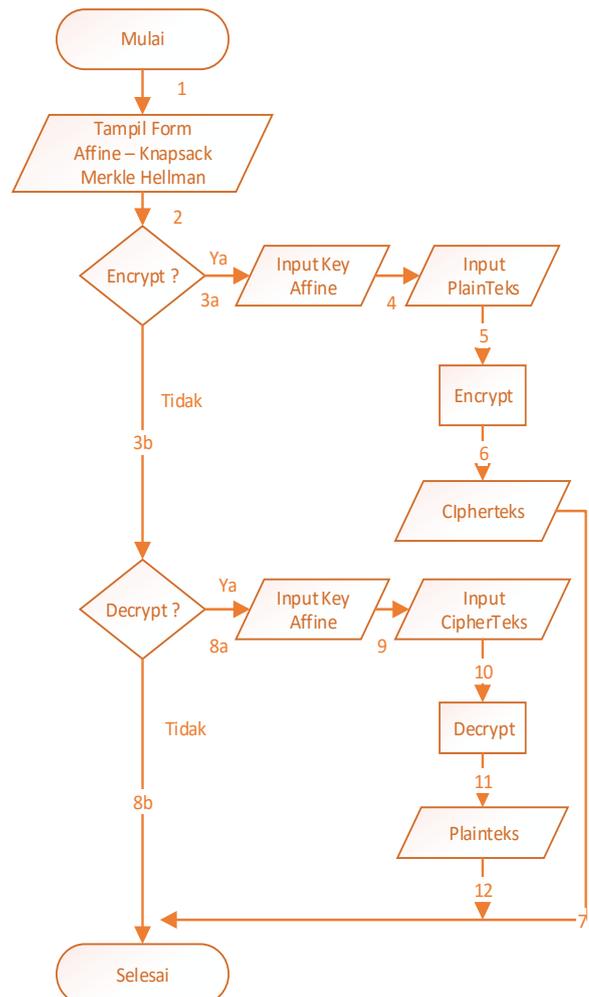
Gambar 5. Secure Your Teks (Decrypt)

Beberapa hasil pengujian terhadap aplikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 5. Tabel tersebut menggambarkan beberapa plainteks yang telah berhasil di enkripsi dengan aplikasi dan juga sukses kembali ke bentuk semula dalam proses dekripsi. Penerapan kombinasi knapsack merkle hellman dan affine cipher berhasil melakukan enkripsi terhadap sebuah teks menjadi cipherteks yang sulit dimaknai dan juga berhasil untuk mengembalikan ke teks semula melalui proses dekripsi.

**Tabel 5. Hasil pengujian aplikasi**

| Plainteks                                    | Hasil Enkripsi (Cipherteks)   | Hasil Dekripsi                               | Ket |
|--|---|--|-----|
| Implementasi SUKSES                          | 96 192 216 695 331<br>192 331 208 268 445<br>468 383 447 258 362<br>104 258 559 258   | Implementasi SUKSES                          | ✓   |
| Jurnal JTIK                                  | 304 572 260 208 445<br>695 447 304 346 96 96<br>104   | Jurnal JTIK                                  | ✓   |
| Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer | 304 572 260 208 445<br>695 447 346 331 391<br>208 200 695 200 339<br>383 447 96 208 323<br>200 260 192 445 468<br>383 447 315 445 208<br>447 96 695 192 572<br>447 104 200 192 216<br>572 268 331 260 | Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer | ✓   |
| Universitas Brawijaya                        | 362 208 383 146 331<br>260 468 383 268 445<br>468 447 227 260 445<br>354 383 591 445 378<br>445   | Universitas Brawijaya                        | ✓   |

Keterangan : ✓ = sesuai



Gambar 6. Flowchart Aplikasi Affine Knapsack

Secara keseluruhan, alur dalam menjalankan aplikasi kriptografi yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 6, yang merupakan flowchart dari aplikasi tersebut. Dimana terdapat dua pilihan, yaitu apakah akan melakukan enkripsi data ataupun dekripsi data, yang mana tiap-tiap pilihan akan terdapat alur proses tersendiri seperti yang terlihat dalam Gambar 6 tersebut.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan pada bagian-bagian sebelumnya, khususnya pada bagian hasil dan pembahasan disimpulkan bahwa implementasi kombinasi affine cipher dan knapsack merkle hellman dapat dilakukan, salah satunya dibuktikan dengan dilakukan perhitungan secara manual dan dengan aplikasi yang telah dirancang. Proses enkripsi diawali dengan menggunakan metode affine cipher, yang kemudian cipherteks dari hasil metode tersebut dienkripsi lagi dengan knapsack merkle hellman sehingga menghasilkan cipherteks yang baru yang jauh berbeda dengan bentuk aslinya / plainteks. Selain itu, pada proses dekripsi juga berhasil mengembalikan cipherteks menjadi bentuk semula (plainteks) melalui tahapan dekripsi, yang diawali dengan dekripsi knapsack merkle hellman yang dilanjutkan dengan dekripsi affine cipher. Oleh karena itu, implementasi kombinasi affine dan knapsack merkle hellman tersebut dapat digunakan untuk mengamankan sebuah data.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- AGARWAL, A. 2011. Encrypting Messages using the Merkle-Hellman Knapsack Cryptosystem. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 12-14.
- ALI, F. M. 2014. Combination of Classical Cipher with Stream Cipher for Improving Data Security. *AL-Qadisiyha Journal For Science Vol.19 No. 3*, 190-197.
- ARIYUS, D. 2008. *Pengantar Ilmu Kriptografi : Teori, Analisis dan Implementasi*. Yogyakarta: Andi.
- BABU, S. A. 2017. Modification Affine Ciphers Algorithm For Cryptography Password. *International Journal of Research In Science & Engineering Volume: 3 Issue: 2*, 346-351.
- FADLAN, M., & DEBY, K. 2014. Rekayasa Aplikasi Steganografi Untuk Teks Lagu Pada File Audio MP3 Dengan Menggunakan Metode Least Significant Bit. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia* (hal. 1.14-29 – 1.14-32). Yogyakarta: STMIK AMIKOM.
- HANDAYANI, E., PRATITIS, L. W., NUR, A., MASHURI, S. A., & NUGROHO, B. 2017.

Perancangan Aplikasi Kriptografi Berbasis Web Dengan Algoritma Double Caesar Cipher Menggunakan Tabel Ascii. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia* (hal. 241-246). Yogyakarta: STMIK Amikom.

- HIDAYAT, A., AKMAL, & ROSYADI, R. 2016. Cryptography Asymmetries Merkle-Hellman Knapsack Digunakan untuk Enkripsi dan Dekripsi Teks. *Prosiding Seminar Nasional MIPA*, (hal. 66-69). Jatinangor.
- MOKHTARI, M., & HASAN, N. 2012. Analysis and Design of Affine and Hill Cipher. *Journal of Mathematics Research, Vol. 4, No. 1*, 67-77.
- MOON, S. K., & KAWITKAR, R. S. 2007. Data Security using Data Hiding. *International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications*, (hal. 247-251). Sivakasi, Tamil Nadu, India.
- MUNIR, R. 2006. *Kriptografi*. Bandung: Informatika.
- MURDANI. 2017. Perancangan Aplikasi Keamanan Data Teks Menggunakan Algoritma Merkle Hellman Knapsack. *Jurnal Pelita Informatika, Volume 16, Nomor 3*, 284-302.
- SADIKIN, R. 2012. *Kriptografi Untuk Keamanan Jaringan dan Implementasinya dalam Bahasa Java*. Yogyakarta: Andi.

## PENGAMANAN CITRA DIGITAL BERDASARKAN MODIFIKASI ALGORITMA RC4

Taronisokhi Zebua<sup>1</sup>, Eferoni Ndruru<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AMIK STIEKOM Sumatera Utara

<sup>2</sup>STMIK Budi Darma Medan

Email: <sup>1</sup>taronizeb@gmail.com, <sup>2</sup>ronindruru@gmail.com

(Naskah masuk: 9 Oktober 2017, diterima untuk diterbitkan: 24 Desember 2017)

### Abstrak

Citra digital yang bersifat pribadi dan rahasia sangat rentan terhadap penyadapan oleh pihak-pihak lain, terutama bila citra tersebut didistribusikan melalui internet. Tindakan penyadapan dan penyalahgunaan terhadap citra yang sifatnya rahasia tentu saja dapat merugikan pihak pemilik citra. Salah satu teknik untuk meminimalkan tindakan tersebut di atas adalah pemanfaatan teknik kriptografi. Teknik kriptografi dapat mengamankan citra digital dengan cara modifikasi nilai-nilai *pixel* citra sehingga citra yang dihasilkan berbeda dengan citra asli. Algoritma RC4 dapat digunakan sebagai salah satu algoritma dalam mewujudkan tujuan teknik kriptografi. Namun algoritma ini memiliki kelemahan di mana pemecahan algoritma ini dengan *know plaintext attack* atau *know ciphertext only* dapat dilakukan dengan mudah. Penelitian ini menguraikan pengamanan citra digital berdasarkan modifikasi algoritma RC4. Modifikasi yang dilakukan adalah menambahkan sebuah blok *initial vector* pada proses enkripsi maupun dekripsi serta melakukan pemindahan sejumlah bit pada posisi tertentu. Hasil penelitian ini adalah citra digital dengan nilai-nilai *pixel* yang jauh berbeda dengan nilai *pixel* aslinya dengan tujuan dapat mempersulit pihak lain dalam memanipulasi citra rahasia.

**Kata kunci:** kriptografi, citra, algoritma, RC4, cipher aliran.

### Abstract

*Digital images of a private and confidential verry extend to wiretapping by other parties, especially when the image is distributed over the internet. The tapping or misuse of the confidential private image of course, harm the image owner. One technique to minimize the above measures is the utilization of cryptographic techniques. Cryptography techniques can secure digital images by modifying the image pixel values so that the resulting image is different from the original image. RC4 algorithm can be used in realizing the purpose of cryptographic technique. But this algorithm has a weakness where the solving of this algorithm with know plaintext attack or know ciphertext only can be done easily. This research describes the security of digital images based on RC4 algorithm modification. The modification is to add a initial vector block in the process of encryption and decryption and shift a number of bits in a certain position. The results of this research is a digital image with pixel values that are much different from the original pixel value to make it difficult for others in manipulating the secret image.*

**Keywords:** cryptography, image, algorithm, RC4, stream cipher.

## 1. PENDAHULUAN

Citra digital merupakan salah satu jenis data yang saat ini banyak digunakan dalam berkomunikasi baik secara langsung, maupun melalui media internet. Perkembangan pemanfaatan media sosial saat ini sudah semakin memudahkan orang-orang untuk saling berkomunikasi, bertukar informasi atau bertukar pesan baik berjenis teks, citra, audio maupun video. Namun, pada sisi lain perkembangan tersebut menyebabkan semakin mudahnya pihak-pihak tertentu untuk melakukan penyerangan dan penyalahgunaan terhadap data-data atau informasi yang didistribusikan seperti tindakan penyadapan informasi, pemantauan informasi,

manipulasi informasi atau menggunakan informasi tersebut pada kepentingan tertentu.

Berdasarkan penelitian Setianingsih, dalam penyandian citra sangat diperlukan sistem pengamanan untuk melindungi data yang ditransmisikan melalui suatu jaringan komunikasi. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengamankan data adalah dengan teknik kriptografi (Setyaningsih E., 2009). Sedangkan penelitian lain oleh Zebua dalam menyandikan *record database* mengatakan bahwa informasi penting untuk di jaga agar tidak dapat di akses dan disalahgunakan oleh orang-orang yang tidak berhak (Zebua T., 2013).

Salah satu algoritma kriptografi yang umum digunakan adalah algoritma RC4 (*Rivest Cipher 4*), namun kelemahan algoritma ini adalah mudah di serang dengan teknik *know-plaintext attack* dan

*ciphertext-only attack* (Hendarsyah D. & Wardoyo R., 2011).

Modifikasi algoritma RC4 yang diuraikan dalam penelitian ini adalah menambahkan sebuah nilai *intialization vector* (inisialisasi awal) yang saling berantai pada setiap operasi XOR antara biner *pixel* citra dan biner kunci serta melakukan pemindahan sejumlah bit-bit *plain* pada posisi tertentu baik pada proses enkripsi maupun pada proses dekripsi.

## 2. CITRA DIGITAL

Istilah lain dari gambar adalah citra digital dan merupakan bagian dari komponen multimedia yang sangat penting perannya dalam menghasilkan informasi visual (Munir R., 2004). Gambar atau citra digital kaya dengan informasi sehingga karakteristik inilah yang membedakannya dengan teks. Citra di bagi menjadi dua jenis yaitu citra kontinu dan citra diskrit. Citra yang dihasilkan melalui proses digitalisasi terhadap citra kontinu di sebut dengan citra diskrit atau citra digital (*digital image*).

Citra digital terdiri dari tiga jenis yaitu citra *monochrome* (hitam putih/citra biner), citra *grayscale* (abu-abu) dan citra *true color* (citra berwarna). Setiap *pixel* citra berwarna memiliki tiga elemen warna yang diistilahkan dengan RGB, yaitu *Red* (merah), *Green* (hijau) dan *Blue* (biru).

## 3. KRIPTOGRAFI

Teknik kriptografi merupakan salah satu teknik pengamanan data dengan melakukan proses penyandian terhadap data yang ingin diamankan sehingga makna asli dari data tidak lagi dapat dimengerti. Kriptografi merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan dalam menjaga dan mengamankan informasi pada saat di distribusikan dari suatu tempat ke tempat lain (Ariyus D., 2008).

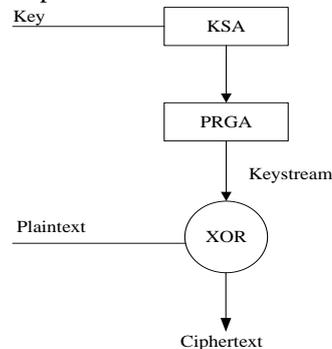
Adapun aspek atau tujuan yang harus dicapai dalam menerapkan teknik kriptografi adalah kerahasiaan, integritas, otentikasi dan *nir-penyangkalan* (Zebua T., 2015). Teknik kriptografi memiliki banyak algoritma dalam mencapai tujuan di atas, di antaranya algoritma *hill cipher*, *affine cipher*, DES, GOST, RC2, RC4 dan lainnya.

## 4. ALGORITMA RC4

Algoritma RC4 (*Riverst Cipher 4*) merupakan *stream cipher* yang dirancang di RSA Security oleh Ron Rivest tahun 1987. Sifat kunci dalam algoritma RC4 adalah simetris serta melakukan proses enkripsi *plain* per digit atau *byte* per *byte* dengan operasi biner (biasanya XOR) dengan sebuah angka semiacak. Namun algoritma ini memiliki kelemahan yaitu mudah diserang dengan teknik *know-plaintext attack* dan *ciphertext-only attack* (Setianingsih E., 2015). Serangan *know-plaintext attack* bisa diartikan jika kriptanalist memiliki potongan *plaintext* dan *ciphertext*, maka dengan mudah didapatkan aliran

kunci dengan cara meng-XOR-kan *plaintext* dengan *ciphertext*.

Algoritma RC4 bekerja dengan tiga tahap utama yaitu *Key Scheduling Algorithm (KSA)*, *Pseudo Random Generation Algorithm (PRGA)* dan Proses Enkripsi dan Dekripsi (Setianingsih E., 2015) dan (Agung H. & Budiman, 2015). Proses di atas, dapat diperlihatkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Blok Diagram Algoritma RC4

### a. *Key Scheduling Algorithm (KSA)*

Proses KSA merupakan proses pembentukan tabel S-Box (Tabel Array S) dan Kunci (Tabel array [T]) yang di permutasi sebanyak 256 iterasi. *Pseudocode* untuk proses inisialisasi S-Box dan Array T:

```

for (i = 0 ; i<=255; i++){
    S-Box[i] = i
    T[i] = kunci[ i mod panjang_kunci]
}
  
```

*Pseudocode* untuk permutasi isi array S-Box :

```

j = 0
for (i = 0 ; i<=255; i++){
    j = (j + S-Box[i] + T[i]) mod 256
    Swap( S-Box[i], S[j] )
    j = j
}
  
```

setelah dua proses ini dilakukan, maka array S-Box dan array Kunci (T) telah terbentuk.

### b. *Pseudo Random Generation Algorithm (PRGA)*

Tabel array S-Box akan digunakan pada proses ini untuk menghasilkan *key stream* yang jumlahnya sama dengan jumlah banyaknya karakter *plaintext* kemudian akan di-XOR dengan *plaintext*. Adapun *pseudocode* proses PRGA ini adalah :

```

i = 0; j = i
for (i = 0 ; i <= jlh_karakter_plaintext; i++){
    i = (i + 1) mod 256
    j = (j + S-Box[i]) mod 256
    Swap( S-Box[i], S-Box[j] )
    t = (S-Box[i] + S-Box[j]) mod 256
    Kunci[i] = S-Box[t]
}
  
```

### c. Proses enkripsi atau dekripsi dengan operasi XOR. Proses enkripsi atau dekripsi diawali dengan merubah setiap nilai *plaintext* ke biner.

Formula untuk melakukan proses enkripsi dan dekripsi (Zebua T., 2015), adalah:

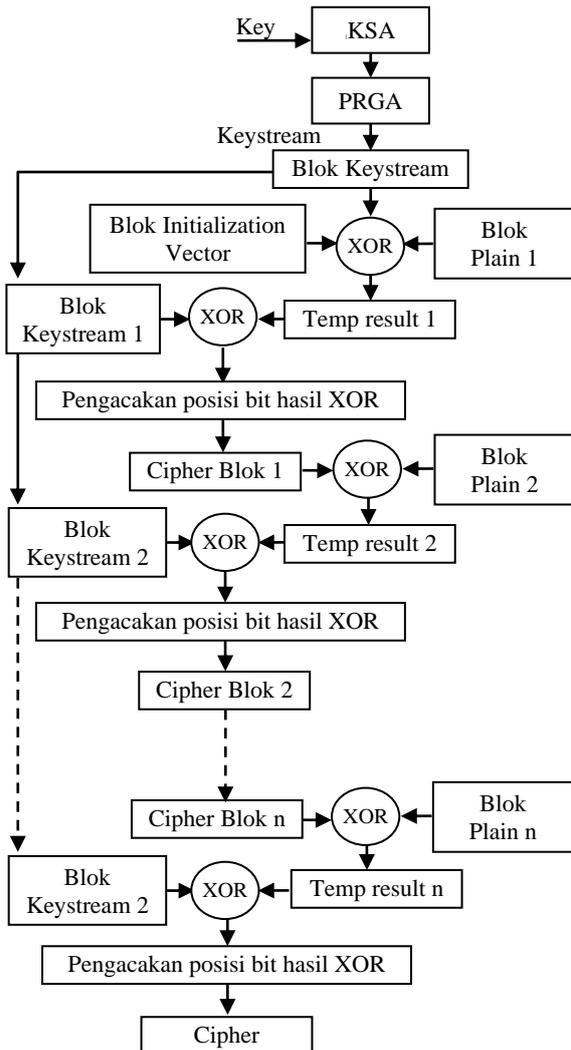
Formula proses enkripsi:  
 $C_i = P_i \oplus K_i$  (1)

Formula proses dekripsi:  
 $P_i = C_i \oplus K_i$  (2)

**5. PEMBAHASAN**

Berdasarkan prosedur enkripsi dan dekripsi algoritma RC4, maka diketahui bahwa formulasi untuk melakukan proses enkripsi maupun dekripsi sangat sederhana, yaitu hanya dengan operasi XOR. Hal inilah yang menjadi salah satu kelemahan dari algoritma RC4 (Haji W. H. & Mulyono S., 2012).

Modifikasi pada algoritma ini adalah menambahkan sebuah nilai inisialisasi awal yang kemudian di-XOR-kan dengan masing-masing *plain* atau *cipher* secara berantai untuk mengoptimalkan ketahanannya dari teknik penyerangan. Hasil operasi inilah yang kemudian di-XOR-kan dengan kunci. *Cipher* yang dihasilkan merupakan rangkaian bit yang telah teracak. Diagram proses modifikasi RC4 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Proses Modifikasi Algoritma RC4

Berdasarkan Gambar 2, dapat di ketahui bahwa setiap proses yang dilakukan untuk menghasilkan *cipher* berikutnya bergantung dari *cipher* sebelumnya.

Formulai enkripsi menjadi:  
 $C[i] = (P[i] \oplus C[i-1]) \oplus K[i+1]$  (3)

Formulai dekripsi menjadi :  
 $P[i] = (C[i] \oplus C[i-1]) \oplus K[i-1]$  (4)

di mana:  
 P[i] adalah biner setiap blok plain  
 C[i] adalah biner cipher setelah dikembalikan bitnya  
 C[i-1] biner cipher sebelum dikembalikan bitnya (*cipher* asli)  
 C[0] adalah nilai *Initialization Vector* (IV)  
 K[i+1] dan K[i-1] adalah kunci

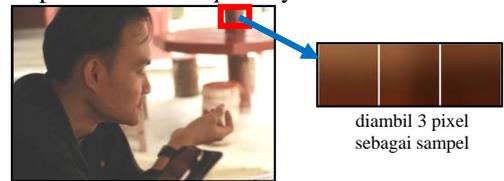
Proses dekripsi berdasarkan modifikasi algoritma RC4 ini di lakukan dengan cara yang sama seperti pada diagram proses enkripsi di atas.

Berikut ini diuraikan contoh penerapan algoritma RC4 yang telah di modifikasi dalam menyandikan sebuah citra berwarna berekstensi *bmp* dengan resolusi 187 x 314 dan *bitdepth* adalah 24 bit dengan kunci yang digunakan adalah ZEBUA dan biner *Inisialization Vector* adalah 01010100.



Gambar 4. Plainimage dengan Resolusi 187 x 314

Berdasarkan *plainimage* di atas, akan diambil 3 *pixel* sebagai sampel dalam perhitungan manual. Tiga *pixel* tersebut akan di ambil nilai desimal warna pada setiap elemen warna *pixel*nya.



Gambar 5. Plainimage Sampel sebanyak 3 Pixel

Nilai elemen warna dari tiga *pixel plainimage* sampel di atas di ambil dengan menggunakan *software* matlab, sehingga diperoleh:

Tabel 1. Nilai RGB Citra Sampel

| Pixel 1 |    |    | Pixel 2 |    |    | Pixel 3 |    |    |
|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|
| R       | G  | B  | R       | G  | B  | R       | G  | B  |
| 154     | 96 | 60 | 113     | 59 | 33 | 71      | 26 | 28 |

Berdasarkan Tabel 1 di atas, maka nilai desimal *plainimage* adalah 154,96,60,133, 59, 33, 71, 26, 28.

**5.1 Proses Enkripsi**

Proses enkripsi berdasarkan modifikasi algoritma RC4, meliputi:

a. Proses *Key Scheduling Algorithm* (KSA)

Pembentukan Tabel S-Box, dilakukan berdasarkan pseudocode-nya dan menghasilkan array dengan nilai 0 sampai dengan 255, sehingga tabel S-Box :

Tabel 2. Tabel S-Box

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |
| 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |
| :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   |
| :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   |
| :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   | :   |
| 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 |

Karakter kunci di buat dalam bentuk array :

| Index0 | Index1 | Index2 | Index3 | Index4 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| Z      | E      | B      | U      | A      |

Kemudian bentuklah array Tabel T sesuai dengan pseudocode-nya :

untuk  $i = 0$

$$T[0] = \text{Kunci}[0 \bmod 5]$$

$$T[0] = \text{Kunci}[0] \rightarrow Z \text{ (dec 90)}$$

untuk  $i = 1$

$$T[1] = \text{Kunci}[1 \bmod 5]$$

$$T[1] = \text{Kunci}[1] \rightarrow E \text{ (dec 69)}$$

proses ini dilakukan hingga nilai  $i = 255$

untuk  $i = 255$

$$T[255] = \text{Kunci}[255 \bmod 5]$$

$$T[255] = \text{Kunci}[0] \rightarrow Z \text{ (dec 90)}$$

Sehingga dihasilkan nilai tabel T keseluruhan adalah :

Tabel 3 : Tabel Array T

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 90 | 69 | 66 | 85 | 65 | 90 | 69 | 66 | 85 | 65 | 90 | 69 | 66 | 85 | 65 | 90 |
| 69 | 66 | 85 | 65 | 90 | 69 | 66 | 85 | 65 | 90 | 69 | 66 | 85 | 65 | 90 | 69 |
| :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  |
| :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  |
| :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  | :  |
| 90 | 69 | 66 | 85 | 65 | 90 | 69 | 66 | 85 | 65 | 90 | 69 | 66 | 85 | 65 | 90 |

Setelah tabel array S-Box dan Array T di dapatkan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan permutasi nilai-nilai tabel array S-Box. Permutasi dilakukan sebanyak 256 kali iterasi dengan menukarkan nilai S-Box dalam array  $i$  dengan nilai S-Box pada array  $j$ .

untuk nilai  $i = 0; j = 0$

$$j = (0 + \text{S-Box}[0] + T[0]) \bmod 256$$

$$j = (0 + 0 + 90) \bmod 256$$

$$j = 90$$

$$\text{Swap}(\text{S-Box}[0], \text{S-Box}[90])$$

$$j = 90, \text{ nilai } j \text{ berikutnya adalah } 90$$

Tukarkan nilai tabel S-Box pada array 0 dengan nilai tabel S-Box pada array 90 dan begitu sebaliknya.

Berdasarkan tabel 2, maka nilai S-Box[0] = 0 dan nilai S-Box[90] = 90. Jadi setelah ditukarkan, maka nilai S-Box[0] = 90 dan S-Box[90] = 0.

untuk nilai  $i = 1; j = 90$  (nilai akhir  $j$  pada iterasi  $i=0$ )

$$j = (90 + \text{S-Box}[1] + T[1]) \bmod 256$$

$$j = (90 + 1 + 69) \bmod 256$$

$$j = 160 \bmod 256 = 160$$

$$\text{Swap}(\text{S-Box}[1], \text{S-Box}[160])$$

$$j = 90, \text{ nilai } j \text{ berikutnya adalah } 90$$

Tukarkan nilai tabel S-Box pada array 1 (nilai  $i$ ) dengan nilai tabel S-Box pada array 160 (nilai  $j$ ) dan begitu sebaliknya.

Berdasarkan Tabel 2 setelah proses permutasi sebelumnya, maka nilai S-Box[1] = 1 dan nilai S-Box[160] = 160. Jadi setelah ditukarkan, maka nilai S-Box[1] = 160 dan S-Box[160] = 1.

Pada proses permutasi ini, nilai tabel S-Box yang digunakan pada setiap proses swap (penukaran) adalah nilai S-Box setelah dipermutasikan.

Proses permutasi ini dilakukan hingga nilai  $i = 255$ , sehingga proses ini dapat menyebabkan nilai array S-Box dapat di tukar secara berulang atau lebih dari satu kali. Hasil proses permutasi Tabel S-Box keseluruhan adalah:

Tabel 4. Hasil Permutasi S-Box

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 90  | 160 | 239 | 60  | 129 | 49  | 218 | 141 | 20  | 53  | 127 | 207 | 29  | 125 | 85  |
| 55  | 176 | 246 | 102 | 154 | 40  | 107 | 186 | 34  | 13  | 72  | 133 | 63  | 201 | 0   |
| 159 | 54  | 79  | 206 | 113 | 238 | 87  | 190 | 78  | 146 | 41  | 71  | 58  | 31  | 163 |
| 219 | 157 | 120 | 147 | 224 | 7   | 27  | 24  | 16  | 124 | 221 | 80  | 177 | 105 | 188 |
| 191 | 155 | 158 | 175 | 187 | 197 | 76  | 48  | 106 | 151 | 52  | 232 | 30  | 140 | 253 |
| 46  | 59  | 86  | 91  | 137 | 9   | 131 | 108 | 132 | 93  | 200 | 12  | 222 | 109 | 116 |
| 121 | 249 | 135 | 104 | 21  | 136 | 211 | 244 | 243 | 228 | 36  | 68  | 70  | 111 | 119 |
| 150 | 2   | 166 | 220 | 138 | 88  | 189 | 84  | 144 | 112 | 230 | 139 | 6   | 212 | 3   |
| 95  | 195 | 250 | 183 | 56  | 28  | 208 | 92  | 165 | 164 | 196 | 171 | 75  | 122 | 225 |
| 173 | 143 | 254 | 100 | 57  | 51  | 74  | 215 | 18  | 38  | 19  | 178 | 22  | 181 | 153 |
| 134 | 248 | 167 | 204 | 117 | 89  | 148 | 45  | 156 | 236 | 231 | 69  | 110 | 23  | 114 |
| 62  | 50  | 205 | 202 | 81  | 152 | 96  | 25  | 97  | 227 | 128 | 73  | 203 | 26  | 229 |
| 66  | 193 | 184 | 214 | 37  | 103 | 251 | 83  | 234 | 226 | 5   | 101 | 255 | 44  | 162 |
| 1   | 77  | 237 | 64  | 161 | 47  | 10  | 43  | 115 | 94  | 235 | 14  | 126 | 67  | 199 |
| 35  | 4   | 180 | 149 | 245 | 241 | 11  | 210 | 168 | 233 | 98  | 184 | 192 | 182 | 15  |
| 198 | 17  | 209 | 242 | 118 | 145 | 213 | 130 | 82  | 216 | 179 | 142 | 174 | 39  | 99  |
| 172 | 217 | 33  | 123 | 194 | 65  | 233 | 61  | 252 | 42  | 169 | 8   | 240 | 247 | 190 |

b. *Pseudo Random Generation Algorithm* (PRGA)

Proses PRGA menggunakan hasil permutasi S-Box pada Tabel 4 di atas. Proses ini dilakukan untuk menghasilkan *key stream* yang akan digunakan pada proses enkripsi ataupun dekripsi.

Proses iterasi pada PRGA dilakukan sebanyak jumlah nilai-nilai elemen warna citra. Bila citra sampel yang digunakan di atas memiliki 9 nilai, maka iterasi proses PRGA akan di lakukan sebanyak 9 kali.

Pada Proses PRGA menyebabkan tabel permutasi S-Box akan dipermutasikan kembali sebanyak iterasi yang dilakukan pada proses ini.

untuk iterasi 1  $\rightarrow i = 0; j = i$   
 $i = (0 + 1) \bmod 256 = 1$   
 $j = (0 + S\text{-Box}[1]) \bmod 256$   
 $j = (0 + 90) \bmod 256$   
 $j = 90$   
 Swap (S-Box[1], S-Box[90])

Berdasarkan tabel hasil permutasi S-Box (tabel 4), maka nilai S-Box[1] = 160; S-Box[90] = 116 setelah ditukarkan menjadi : S-Box[0] = 116; S-Box[90] = 160

$t = (S\text{-Box}[1] + S\text{-Box}[90]) \bmod 256$   
 $t = (116 + 160) \bmod 256$   
 $t = 276 \bmod 256$   
 $t = 20$   
 Kunci[0] = S-Box[20]  $\rightarrow$  154 (char š)

untuk iterasi 2  $\rightarrow i = 1; j = 1$   
 $i = (1 + 1) \bmod 256 = 2$   
 $j = (1 + S\text{-Box}[2]) \bmod 256$   
 $j = (1 + 239) \bmod 256$   
 $j = 240$   
 Swap (S-Box[2], S-Box[240])

Berdasarkan tabel S-Box (setelah permutasi iterasi 2 di atas), maka : nilai S-Box[2] = 239 dan S-Box[240] = 99 setelah ditukarkan menjadi : S-Box[2] = 99; S-Box[239] = 239

$t = (S\text{-Box}[2] + S\text{-Box}[239]) \bmod 256$   
 $t = (99 + 239) \bmod 256$   
 $t = 338 \bmod 256; t = 82$   
 Kunci[1] = S-Box[82]  $\rightarrow$  131 (char f)

Iterasi selanjutnya di cari berdasarkan cara yang sama seperti di atas, sehingga di peroleh hasil dari *key stream* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

| Kunci | Desimal | Char |
|-------|---------|------|
| K[0]  | 154     | š    |
| K[1]  | 131     | f    |
| K[2]  | 107     | ×    |
| K[3]  | 31      |      |
| K[4]  | 151     | —    |
| K[5]  | 204     | ì    |
| K[6]  | 141     | R    |
| K[7]  | 167     | §    |
| K[8]  | 123     | {    |

*key stream* yang dihasilkan dari proses PRGA di atas akan digunakan sebagai kunci pada proses enkripsi maupun dekripsi.

| Kunci | Char | Z  | E  | B  | U  | A  |
|-------|------|----|----|----|----|----|
| Awal  | Dec  | 90 | 69 | 66 | 85 | 65 |

| Key    | Char | š   | f   | ×   | —  | ì   | r   | §   | {   |     |
|--------|------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Stream | Dec  | 154 | 131 | 107 | 31 | 151 | 204 | 141 | 167 | 123 |

Berdasarkan jumlah *key stream* yang dihasilkan di atas, maka disimpulkan bahwa jumlah *key stream* yang dibangkitkan berbanding lurus atau sama dengan jumlah banyaknya *pixel* citra digital yang akan disandikan. Hal ini terjadi karena RC4 mengenkripsi setiap *pixel* citra dengan kunci yang berbeda. Konsep ini hampir sama dengan konsep algoritma *vegeneere cipher*.

c. Proses Enkripsi

Proses enkripsi diawali dengan mengkonversi nilai-nilai warna elemen *pixel* citra ke bilangan biner. Hal yang sama juga dilakukan untuk karakter *key stream*.

Tabel 6. Hasil konversi nilai *pixel* citra ke biner

| Pixel | Warna | Dec | Biner    | P[i] |
|-------|-------|-----|----------|------|
| 1     | R     | 154 | 10011010 | P[1] |
|       | G     | 96  | 01100000 | P[2] |
|       | B     | 60  | 00111100 | P[3] |
| 2     | R     | 133 | 10000101 | P[4] |
|       | G     | 59  | 00111011 | P[5] |
|       | B     | 33  | 00100001 | P[6] |
| 3     | R     | 71  | 01000111 | P[7] |
|       | G     | 26  | 00011010 | P[8] |
|       | B     | 28  | 00011100 | P[9] |

Tabel 7. Hasil Konversi Key Stream Ke Biner

| Key  | Char | Dec | Biner    |
|------|------|-----|----------|
| K[0] | š    | 154 | 10011010 |
| K[1] | f    | 131 | 10000011 |
| K[2] | ×    | 107 | 01101011 |
| K[3] |      | 31  | 00011111 |
| K[4] | —    | 151 | 10010111 |
| K[5] | ì    | 204 | 11001100 |
| K[6] | R    | 141 | 10001101 |
| K[7] | §    | 167 | 10100111 |
| K[8] | {    | 123 | 01111011 |

Selanjutnya melakukan proses enkripsi berdasarkan Persamaan (3).

Nilai bit Inisialization Vector (IV) atau C0 : 01010100

Karena jumlah bit IV adalah 8 bit, maka biner-biner *plainimage* dikelompokkan menjadi 8 bit (seperti kolom Pi pada Tabel 6).

Enkripsi Blok P1 :  $i = 1$

$$\begin{aligned}
 C1 &= (P[1] \oplus C[1-1]) \oplus K[1-1] \\
 &= (P[1] \oplus C[0]) \oplus K[0] \\
 &= (10011010 \oplus 01010100) \oplus 10011010 \\
 &= 11001110 \oplus 10011010 \\
 &= 01010100
 \end{aligned}$$

Shift 2 bit dari kiri ke kanan (pemindahan 2 bit kiri ke kanan)

$$C1 = 01010001 \text{ (dec 81)}$$

Enkripsi Blok P2 :  $i = 2$

$$\begin{aligned}
 C2 &= (P[2] \oplus C[2-1]) \oplus K[2-1] \\
 &= (P[2] \oplus C[1]) \oplus K[1] \\
 &= (01100000 \oplus 01010001) \oplus 10000011 \\
 &= 00110001 \oplus 10000011 \\
 &= 10110010
 \end{aligned}$$

Shift 2 bit dari kiri ke kanan (pemindahan 2 bit kiri ke kanan)

$$C2 = 11001010 \text{ (dec 202)}$$

Proses yang sama dilakukan untuk mencari Cipher dari blok plainimage lainnya, sehingga cipher seluruhnya seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai Desimal Hasil Enkripsi

| Block Ci | Nilai Desimal |
|----------|---------------|
| C1       | 81            |
| C2       | 202           |
| C3       | 118           |
| C4       | 179           |
| C5       | 124           |
| C6       | 70            |
| C7       | 50            |
| C8       | 62            |
| C9       | 101           |

Sehingga, nilai warna citra asli (plainimage) setelah di enkripsi ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai Pixel CipherImage

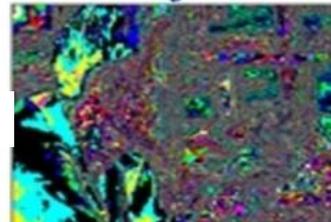
| Pixel | Warna | Plain | Cipher |
|-------|-------|-------|--------|
|       |       | Dec   | Dec    |
| 1     | R     | 154   | 81     |
|       | G     | 96    | 202    |
|       | B     | 60    | 118    |
| 2     | R     | 133   | 179    |
|       | G     | 59    | 124    |
|       | B     | 33    | 70     |
| 3     | R     | 71    | 50     |
|       | G     | 26    | 62     |
|       | B     | 28    | 101    |

Sehingga, warna citra yang dihasilkan akibat perubahan nilai setiap elemen warna pixel plainimage adalah:

PlainImage



CipherImage



Gambar 6. Tampilan CipherImage

### 5.2 Proses Dekripsi

Proses dekripsi diawali dengan proses KSA dan proses PRNG. Prosesnya sama dengan yang dilakukan pada proses enkripsi. Sehingga key stream yang dihasilkan sama seperti key stream pada proses enkripsi (tabel 5).

Sebelum proses dekripsi dilakukan, cipherimage dan nilai-nilai karakter kunci sebagai input harus dikonversi menjadi biner, kemudian dilakukan pengelompokan biner cipher sepanjang jumlah bit initialization vector (IV/C0).

Selanjutnya, dilakukan pengembalian 2 bit kanan ke posisi kiri pada setiap kelompok cipherimage. Hal dilakukan agar posisi-posisi bit yang telah diacak kembali pada posisi semula.

Tahap terakhir adalah melakukan proses dekripsi berdasarkan Persamaan (4).

Tabel 10. Nilai Desimal Pixel Cipher Image

| Pixel | Warna | Decimal Pixel | BinerPixel | Ci   |
|-------|-------|---------------|------------|------|
|       |       | Pixel Cipher  | Cipher     |      |
| 1     | R     | 81            | 01010001   | C[1] |
|       | G     | 202           | 11001010   | C[2] |
|       | B     | 118           | 01110110   | C[3] |
| 2     | R     | 179           | 10110011   | C[4] |
|       | G     | 124           | 01111100   | C[5] |
|       | B     | 70            | 01000110   | C[6] |
| 3     | R     | 50            | 00110010   | C[7] |
|       | G     | 62            | 00111110   | C[8] |
|       | B     | 101           | 01100101   | C[9] |

Nilai *key stream* sama dengan nilai pada Tabel 7. IV/C0 sama dengan nilai yang IV yang digunakan pada proses enkripsi yaitu 01010100. 2 bit di posisi kanan pada masing-masing kelompok *cipherimage* dikembalikan ke posisi kiri, sehingga di peroleh hasilnya seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengembalian Bit CipherImage

| C <sub>i</sub> | BinerPixel Cipher Sebelum dikembalikan | BinerPixel Cipher Setelah dikembalikan |
|----------------|--|--|
| C[1]           | 01010001                               | 01010100                               |
| C[2]           | 11001010                               | 10110010                               |
| C[3]           | 01110110                               | 10011101                               |
| C[4]           | 10110011                               | 11101100                               |
| C[5]           | 01111100                               | 00011111                               |
| C[6]           | 01000110                               | 10010001                               |
| C[7]           | 00110010                               | 10001100                               |
| C[8]           | 00111110                               | 10001111                               |
| C[9]           | 01100101                               | 01011001                               |

untuk mencari *PlainImage* Blok 1 :  $i = 1$

$$\begin{aligned}
 P[1] &= (C[1] \oplus C[1-1]) \oplus K[1-1] \\
 &= (C[1] \oplus C[0]) \oplus K[0] \\
 &= (01010100 \oplus 01010100) \oplus 10011010 \\
 &= 00000101 \oplus 10011010 \\
 P[1] &= 10011010 \text{ (decimal 154)}
 \end{aligned}$$

Untuk mencari *PlainImage* Blok 2 :  $i = 2$

$$\begin{aligned}
 P[2] &= (C[2] \oplus C[2-1]) \oplus K[2-1] \\
 &= (C[2] \oplus C[1]) \oplus K[1] \\
 &= (10110010 \oplus 01010001) \oplus 10000011 \\
 &= 11100011 \oplus 10000011 \\
 P[2] &= 01100000 \text{ (decimal 96)}
 \end{aligned}$$

Untuk mencari *PlainImage* Blok 3 :  $i = 3$

$$\begin{aligned}
 P[3] &= (C[3] \oplus C[3-1]) \oplus K[3-1] \\
 &= (C[3] \oplus C[2]) \oplus K[2] \\
 &= (10011101 \oplus 11001010) \oplus 01101011 \\
 &= 01010111 \oplus 01101011 \\
 P[3] &= 00111100 \text{ (decimal 60)}
 \end{aligned}$$

untuk mendapatkan nilai pixel *plainimage* dari blok *cipherimage* lainnya dilakukan dengan cara yang sama seperti di atas. Nilai yang dihasilkan sama seperti nilai setiap elemen warna *pixel* citra asli.

Tabel 12. Nilai Pixel Citra Hasil Dekripsi

| Pixel | Warna | Plain | Blok       |
|-------|-------|-------|------------|
|       |       | Dec   | PlainImage |
| 1     | R     | 154   | P[1]       |
|       | G     | 96    | P[2]       |
|       | B     | 60    | P[3]       |
| 2     | R     | 133   | P[4]       |
|       | G     | 59    | P[5]       |
|       | B     | 33    | P[6]       |
| 3     | R     | 71    | P[7]       |
|       | G     | 26    | P[8]       |
|       | B     | 28    | P[9]       |

Nilai-nilai elemen warna *pixel* citra tersebut di atas dipetakan kembali menjadi citra yang baru sehingga menghasilkan citra yang sama seperti citra aslinya (*plainimage*).

### 5.3 Ketahanan Terhadap Know Plain dan Know Cipher Attack

Jenis serangan *know plain attack* maupun *know cipher attack* dapat dilakukan dengan mengetahui potongan-potongan dari *plain* dan *cipher* kemudian kedua potongan tersebut di-XOR-kan untuk mendapatkan aliran kunci yang digunakan.

Bila seorang kriptanalis berhasil mendapatkan potongan biner *plain* dan *cipher* data yang telah di enkripsi berdasarkan algoritma RC4 tanpa modifikasi, kemudian dilakukan operasi XOR.

$$\begin{aligned}
 \text{potongan biner } plain &= 10011001 \\
 \text{potongan biner } cipher &= \underline{11001001} \oplus \\
 \text{maka, kunci adalah} &= 01010000
 \end{aligned}$$

Bila potongan biner *plain* maupun *cipher* di-XOR-kan dengan kunci yang telah ditemukan, maka *cipher* atau *plain* adalah benar.

$$\begin{aligned}
 \text{potongan biner } plain &= 10011001 \\
 \text{potongan biner } kunci &= \underline{01010000} \oplus \\
 \text{maka, cipher adalah} &= 11001001
 \end{aligned}$$

hasil operasi XOR yang didapatkan sama dengan biner *cipher*.

Ketahanan data yang telah di enkripsi berdasarkan modifikasi algoritma RC4 terhadap serangan jenis *know plain* dan *know cipher* terletak pada rumitnya untuk menemukan aliran kunci yang digunakan baik pada proses enkripsi maupun dekripsi. Kekuatan RC4 termodifikasi terletak pada operasi XOR yang tidak hanya dilakukan dengan kunci, namun dilakukan pada blok biner inisialisasi serta adanya proses pemindahan sejumlah bit dari posisi kiri ke kanan untuk mengacak posisi-posisi biner hasil operasi XOR dan proses ini dilakukan secara berantai pada setiap blok *plain* maupun *cipher*.

## 6. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas, maka disimpulkan bahwa :

1. Penambahan blok *initialization vector* dan pergeseran bit pada proses enkripsi maupun dekripsi pada modifikasi algoritma RC4 sangat efektif untuk mempersulit pihak penyerang baik dengan cara *know plain attack* maupun *cipher-only attack*.
2. Modifikasi yang dilakukan pada algoritma RC4 ini sangat efektif dalam mengaburkan pola dan warna citra asli sehingga *cipherimage* yang dihasilkan sangat berbeda dengan *plainimage*.
3. Pengubahan *size cipherimage* sangat berpengaruh terhadap gagalnya proses dekripsi.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- SETYANINGSIH, E. 2009. Penyandian Citra Menggunakan Metode Playfair Cipher, *J. Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 213–219.
- ZEBUA, T. 2013. Analisa dan Implementasi Algoritma Triangle Chain pada Penyandian Record Database. *Pelita Inform. Budi Darma*, vol. 3, no. 2, pp. 37–49.
- HENDARSYAH, D. & WARDOYO, R. 2011. Implementasi Protokol Diffie-Hellman dan Algoritma RC4 untuk Keamanan Pesan SMS. *IJCCS*, vol. 5, no. 1, pp. 14–25.
- MUNIR, R. 2004. Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik. Bandung: Informatika.
- ARIYUS, D. 2008. Pengantar Ilmu Kriptografi, Yogyakarta: Andi.
- ZEBUA, T. 2015. Penerapan Metode LSB-2 untuk Menyembunyikan Ciphertext pada Citra Digital. *Pelita Inform. Budi Darma*, vol. 10, no. 3, pp. 135–140.
- SETIANINGSIH, E. 2015. Kriptografi dan Implementasi Menggunakan Matlab, Yogyakarta: Andi.
- AGUNG, H. & BUDIMAN. 2015. Implementasi Affine Cipher dan RC4 Pada Enkripsi File Tunggal. *Prosiding SNATIF*, pp. 243–250.
- HAJI, W. H. & MULYONO, S. 2012. Implementasi Rc4 Stream Cipher Untuk Keamanan Basis Data. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*. pp. 15–16.

## EKSTRAKSI FITUR CIRCULARITY UNTUK PENGENALAN VARIETAS KOPI ARABIKA

Maria Mediatix Sebatubun<sup>1</sup>, Muhammad Agung Nugroho<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Informatika, STMIK AKAKOM Yogyakarta  
Email: <sup>1</sup>memey@akakom.ac.id, <sup>2</sup>m.agung.n@akakom.ac.id

(Naskah masuk: 3 November 2017, diterima untuk diterbitkan: 30 Desember 2017)

### Abstrak

Kopi merupakan salah satu minuman yang sangat populer di dunia dan digemari oleh banyak orang termasuk di Indonesia. Kopi terdiri dari berbagai varietas, salah satunya adalah varietas arabika. Varietas kopi dapat memiliki kenampakan yang berbeda – beda misalnya seperti perbedaan warna, bentuk, ataupun tekstur. Oleh karena itu, terkadang petani ataupun pemilik coffee shop dapat melakukan kesalahan dalam mengenali varietas kopi arabika yang dijual ataupun yang dibeli. Hal ini juga akan mempengaruhi penentuan harga kopi tersebut, karena masing-masing varietas kopi arabika memiliki harga yang berbeda-beda. Untuk itu, diperlukan sistem yang juga mampu mengenali varietas kopi arabika secara akurat sehingga dapat digunakan sebagai *second opinion* bagi para petani ataupun pemilik *coffee shop* dalam mengenali varietas kopi arabika. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan metode pencitraan. Tahap awal yang dilakukan adalah praproses yaitu *cropping* citra yang dilakukan secara manual, kemudian segmentasi menggunakan metode Otsu. Tahap selanjutnya adalah ekstraksi fitur bentuk menggunakan *circularity* dan klasifikasi menggunakan MultiLayer Perceptron. Hasil klasifikasi menunjukkan tingkat akurasi yang diperoleh sebesar 80%, sensitivitas 83,33% dan spesifisitas 76,7%.

**Kata kunci:** ekstraksi fitur, kopi, klasifikasi, segmentasi

### Abstract

*Coffee is one of the most popular beverages in the world and is favored by many people including Indonesians. Coffee consists of many variety, one of them is arabica. Coffee variety can have different features such as differences in color, shape, or texture. Therefore, sometimes farmers of coffee shop owners can make mistakes in recognizing the variety of arabica coffee that are sold or purchased. This will also affect the determination of coffee's price, because each variety of arabica coffee have different prices. Hence, a capable system which can recognize arabica coffee accurately is required to be used as a second opinion for farmers or coffee shop owners in recognizing these variety. One of the methods that can be done is imaging. The initial stage is pre-processing by cropping the images manually, followed by segmentation using Otsu method. The next stage is shape based feature extraction using circularity and the last is classification using MultiLayer Perceptron. Classification results show 80% level of accuracy, 83.33% sensitivity, and 76.7% specificity.*

**Keywords:** feature extraction, coffee, classification, segmentation

## 1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas di dunia yang dibudidayakan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Pemrosesan kopi sebelum dapat diminum dilakukan melalui proses yang cukup panjang, dimulai dari proses panen biji kopi yang telah matang, kemudian proses pengeringan dilanjutkan proses sangrai dengan menggunakan suhu yang bervariasi. Proses terakhir adalah penggilingan biji kopi yang telah disangrai menjadi bubuk kopi. Jenis kopi yang paling populer adalah arabika dan robusta. Masing-masing jenis kopi ini masih memiliki varietas yang cukup banyak dengan rasa yang berbeda-beda tergantung pada varietas kopi tersebut. Di Indonesia, juga terdapat jenis kopi arabika dengan berbagai varietas yang dibudidayakan di berbagai daerah. Masing – masing varietas kopi arabika tersebut memiliki kenampakan yang berbeda

– beda misalnya seperti perbedaan warna, bentuk, ataupun tekstur. Oleh karena itu, terkadang petani ataupun para pemilik *coffee shop* dapat melakukan kesalahan dalam mengenali varietas kopi arabika yang dijual ataupun yang dibeli. Hal ini juga akan mempengaruhi penentuan harga kopi tersebut, karena masing-masing varietas kopi arabika memiliki harga yang berbeda-beda. Untuk itu, diperlukan sistem yang juga mampu mengenali varietas kopi arabika secara akurat sehingga dapat digunakan sebagai *second opinion* bagi para petani ataupun pemilik *coffee shop* dalam mengenali varietas kopi arabika tersebut.

Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan metode pencitraan. Biji kopi yang telah diproses, dipotret menggunakan kamera Canon 750D dengan jarak yang tidak konstan. Tujuannya adalah agar sistem yang dihasilkan lebih fleksibel saat proses pemotretan citra. Kemudian citra hasil

pemotretan tersebut diproses menggunakan teknik-teknik pengolahan citra. Terdapat beberapa penelitian tentang pengenalan varietas kopi arabika yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan berbagai teknik pengolahan citra. Salah satu teknik yang sering digunakan adalah ekstraksi fitur yang bertujuan untuk mengambil fitur atau ciri dari sebuah objek. Teknik ini juga dapat digunakan untuk mengambil fitur yang dimiliki biji kopi sehingga sistem dapat mengenali varietas kopi arabika berdasarkan fitur-fitur yang diperoleh.

Salah satu metode ekstraksi fitur yang telah umum digunakan adalah fitur tekstur. Metode ini akan mengambil fitur-fitur tekstur pada permukaan biji kopi dengan menggunakan perhitungan statistik (Kadir and Adhi 2012). Fitur tekstur terdiri dari fitur tekstur orde satu dan fitur tekstur orde dua. Terdapat penelitian untuk pengenalan varietas biji kopi dilakukan dengan menggunakan fitur tekstur orde dua yang dikenal dengan *Gray Level Co-occurrence Matrices* (GLCM) (Condori et al. 2014), (Apaza et al. 2014). Selain fitur tekstur, terdapat fitur bentuk yang juga sering digunakan oleh para petani maupun pemilik *coffee shop* untuk membedakan varietas kopi secara manual. Oleh karena itu, penelitian ini akan melakukan pengenalan varietas kopi arabika yaitu varietas Sigarar Utang dan varietas Lini S-795 berdasarkan fitur bentuk menggunakan teknik pengolahan citra. Setelah mendapat fitur yang diinginkan, tahap selanjutnya yang perlu dilakukan adalah melakukan klasifikasi yang bertujuan untuk mengenali varietas kopi arabika.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Terdapat beberapa penelitian tentang pengenalan varietas kopi arabika dengan menggunakan teknik pengolahan citra. Tahap-tahap yang dilakukan terdiri dari ekstraksi fitur dan klasifikasi. Salah satunya adalah penelitian (Condori et al. 2014) yang melakukan pengenalan terhadap biji kopi dengan menggunakan citra sampel sebanyak 3367 citra. Tahap awal yang dilakukan adalah segmentasi untuk memisahkan *background* dengan objek pada citra menggunakan *contours algorithm*, kemudian tahap selanjutnya adalah ekstraksi fitur menggunakan GLCM dengan empat sudut arah yang berbeda yaitu  $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  dan  $135^{\circ}$ . Beberapa fitur GLCM yang digunakan adalah *contrast*, *dissimilarity*, *homogeneity*, *energy*, *entropy*, *correlation* dan *variance*. Tahap terakhir adalah klasifikasi dengan metode Support Vector Machine (SVM). Hasil yang diperoleh adalah tingkat akurasi mencapai 86%. Penelitian tentang klasifikasi biji kopi (Apaza et al. 2014), juga dilakukan dengan menggunakan metode lain. Tahap awal yang dilakukan adalah *pre-processing* terhadap citra digital dengan algoritme *Multi-scale Retinex with Color Restoration* (MSRCR). Metode tersebut kemudian dibandingkan dengan metode peningkatan kualitas citra yang berbeda yaitu *Histogram Equalization* dan *Contrast*

*Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE). Tahap selanjutnya adalah ekstraksi fitur menggunakan metode *Color GLCM* dengan empat sudut arah yang berbeda yaitu  $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  dan  $135^{\circ}$ . Tahap terakhir adalah klasifikasi menggunakan SVM. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kualitas visual dan akurasi lebih baik jika menggunakan metode *pre-processing* MSRCR.

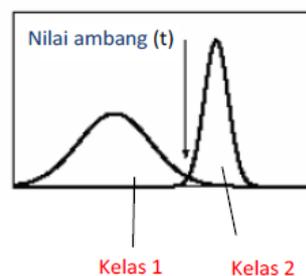
Penelitian lain juga dilakukan (De Oliveira et al. 2016) yaitu pengenalan terhadap biji kopi berdasarkan warna. Metode Artificial Neural Network (ANN) digunakan sebagai model transformasi kemudian NBC digunakan untuk mengenali biji kopi yang terdiri dari empat jenis yaitu : whitish, cane green, green, dan bluish-green. Metode ANN hanya mencapai tingkat eror sebesar 1,15% dan NBC menghasilkan tingkat akurasi sebesar 100%. Untuk memperoleh lebih banyak fitur, maka terdapat penelitian (Radi, Rivai, and Purnomo 2015) yang juga mengusulkan sistem untuk mengenali varietas kopi arabika menggunakan beberapa tahap yaitu ekstraksi fitur dengan menggabungkan metode fitur tekstur orde satu dan orde dua. Tahap klasifikasi dilakukan menggunakan metode ANN dan diperoleh rata-rata akurasi sebesar 80%. Penelitian terdahulu cenderung melakukan ekstraksi fitur berdasarkan pada fitur tekstur. Tetapi penelitian ini akan mengusulkan metode ekstraksi fitur berdasarkan fitur bentuk. Proses klasifikasi akan menggunakan MultiLayer Perceptron (MLP) yang merupakan pengembangan dari ANN dan telah banyak diterapkan pada kasus yang berbeda (Nugroho, Sebatubun, and Adji 2017).

## 3. LANDASAN TEORI

Sebelum ekstraksi fitur, dilakukan proses *cropping* yang dilakukan secara manual sehingga fokus penelitian hanya pada bagian biji kopi. Hasil dari proses *cropping* tersebut digunakan sebagai citra masukan untuk proses selanjutnya.

### 3.1 Tahap Segmentasi

Proses segmentasi dilakukan dengan menggunakan metode Otsu karena metode ini dapat memilih *threshold* paling optimal secara otomatis dan stabil karena didasarkan pada histogram citra (Ratri, Nugroho, and Adji 2015). Metode ini digunakan untuk melakukan konversi citra *grayscale* menjadi citra biner.



Gambar 1 Penentuan nilai ambang

Metode Otsu menentukan nilai ambang dengan cara membedakan dua kelompok yaitu objek dan latar belakang, yang memiliki bagian yang saling bertumpukan berdasarkan histogram seperti pada Gambar 3 (Susanto and Kadir 2012). Prinsip kerja metode Otsu yaitu pertama-tama menghitung probabilitas nilai intensitas  $i$  dalam histogram, dinormalisasikan dan didistribusikan dalam persamaan(1) berikut (Ratri et al. 2015).

$$p_i = \frac{n_i}{N}, p_i \geq 0, \sum_{i=1}^L p_i = 1 \quad (1)$$

Keterangan :

- $p_i$  = normalisasi jumlah piksel dengan intensitas  $i$
- $L$  = level keabuan pada citra
- $n_i$  = jumlah piksel pada level keabuan ke- $i$
- $N$  = jumlah total piksel

Selanjutnya dari persamaan(1) di atas, akan dilakukan pembagian piksel-piksel tersebut menjadi dua kelas  $C_0$  dan  $C_1$  (*background* dan objek dalam citra, atau sebaliknya) dengan sebuah threshold pada level keabuan  $k$ .  $C_0$  akan berisi piksel dengan level keabuan  $(1, \dots, k)$  dan  $C_1$  akan berisi piksel dengan level keabuan  $(k+1, \dots, L)$ . Maka probabilitas dari terjadinya kelas  $\omega_0$  dan  $\omega_1$  (*background* dan objek dalam citra) dan rata-rata level pada kelas  $\mu_0$  dan  $\mu_1$  (*background* dan objek dalam citra) didapatkan dari persamaan(2) hingga persamaan(7) berikut (Ratri et al. 2015).

$$\omega_0 = \Pr(C_0) = \sum_{i=1}^k p_i = \omega(k), \quad (2)$$

$$\omega_1 = \Pr(C_1) = \sum_{i=k+1}^L p_i = 1 - \omega(k), \quad (3)$$

dan 
$$\mu_0 = \sum_{i=1}^k i \Pr(i | C_0) = \sum_{i=1}^k i p_i / \omega_0 = \mu(k) / \omega(k), \quad (4)$$

$$\mu_1 = \sum_{i=k+1}^L i \Pr(i | C_1) = \sum_{i=k+1}^L i p_i / \omega_1 = \frac{\mu_T - \mu(k)}{1 - \omega(k)}, \quad (5)$$

dengan 
$$\omega(k) = \sum_{i=1}^k p_i, \quad (6)$$

dan 
$$\mu(k) = \sum_{i=1}^k i p_i. \quad (7)$$

Persamaan(7) di atas adalah nilai *zeroth* dan untuk mengetahui total rata-rata level keabuan  $\mu_T$  dari citra dengan persamaan(8) berikut (Ratri et al. 2015) :

$$\mu_T = \mu(L) = \sum_{i=1}^L i p_i \quad (8)$$

Kemudian untuk memudahkan dalam melakukan verifikasi terhadap beberapa relasi untuk semua pilihan threshold  $k$  yang ada, maka dapat menggunakan persamaan(9) (Ratri et al. 2015) :

$$\omega_0 \mu_0 + \omega_1 \mu_1 = \mu_T, \omega_0 + \omega_1 = 1 \quad (9)$$

Varian dari kedua kelas  $\sigma_0^2$  dan  $\sigma_1^2$  (*background* dan objek dalam citra) yang ada dapat diperoleh dari

persamaan(10) berikut.

$$\sigma_0^2 = \sum_{i=1}^k (i - \mu_0)^2 \Pr(i | C_0) = \sum_{i=1}^k (i - \mu_0)^2 p_i / \omega_0, \quad (10)$$

$$\sigma_1^2 = \sum_{i=k+1}^L (i - \mu_1)^2 \Pr(i | C_1) = \sum_{i=k+1}^L (i - \mu_1)^2 p_i / \omega_1 \quad (11)$$

### 3.2 Tahap Ekstraksi Fitur

Dalam berbagai fitur geometris, *circularity* (sifat bundar) merupakan salah satu fitur penting yang umum digunakan. *Circularity* biasanya didefinisikan dalam persamaan(12) berikut (Fu and Han 2012) :

$$CI = 4\pi * \frac{area}{perimeter^2} \quad (12)$$

$CI$  merupakan keluaran yang bernilai 1 jika objek mendekati bentuk lingkaran. Perimeter atau keliling menyatakan panjang tepi suatu objek yang dapat dihitung dengan persamaan(13) berikut (Fu and Han 2012) :

$$perimeter = \sum_{i=1}^n l_i \quad (13)$$

$l_i$  merupakan piksel-piksel pada tepi objek yang diperoleh dengan menggunakan kode rantai empat arah yang didefinisikan dengan persamaan(14) berikut (Fu and Han 2012) :

$$l_i = \overline{P_i P_{i-1}} = 1, \varepsilon_i = 0, 1, 2, 3, \quad (14)$$

Perimeter terdiri dari  $P_0, P_1, \dots, P_{n-1}, P_0$ , dan  $n$  merupakan total area yang diperoleh dengan menggunakan persamaan(15) berikut (Fu and Han 2012) :

$$area = \sum_{i=1}^n a_{ix} (y_{i-1} \frac{1}{2} a_{iy}), \quad (15)$$

Dengan

$$y_i = \sum_{j=1}^i a_{jy} + y_0 \quad (16)$$

$n$  adalah jumlah kode rantai,  $a_{ix}$  dan  $a_{iy}$  merupakan komponen  $x$  dan  $y$  dari dari rantai arah,  $y_i$  adalah koordinat  $y$  pada masing-masing titik,  $y_0$  adalah koordinat  $y$  untuk titik mulai. Algoritme akan menghitung perimeter dan area terlebih dulu menggunakan metode kode rantai dan diperoleh nilai  $CI$ . Dalam implementasi, sebuah bentuk bundar yang standar sulit didapat sehingga ditetapkan nilai threshold  $s$  di awal. Ketika  $CI$  lebih besar dari  $s$ , lingkaran yang terdeteksi akan ditampilkan berdasarkan kriteria  $s$ .

### 3.3 Tahap Klasifikasi

Multilayer perceptron merupakan pengembangan dari model Perceptron Neural Network yang dikembangkan pada awal 1960-an. Neural Network

memiliki banyak lapisan yang terbatas untuk mengurangi waktu untuk memecahkan masalah yang ada (Ratri et al. 2015). Multilayer Perceptron adalah contoh dari ANN yang biasanya digunakan untuk memberikan solusi untuk masalah yang berbeda, misalnya untuk pengenalan pola dan interpolasi (Noriega 2005).

Diperlukan beberapa langkah untuk menjalankan klasifikasi ANN menggunakan arsitektur MLP, yaitu dimulai dengan pengumpulan data, kemudian membuat dan mengkonfigurasi jaringan. Selanjutnya menginisialisasi bobot dan bias. Setelah jaringan dapat melakukan pelatihan, validasi data dan digunakan selama klasifikasi. Kelemahan perceptron adalah tempat perceptron hanya dapat memecahkan masalah yang dapat dipisahkan secara linear (Ratri et al. 2015).

Secara umum ANN adalah sebuah unit proses yang memiliki input dan mengeluarkan output, dengan neuron-neuron diorganisasikan sebagai layer. Output dari ANN dapat dikomputasikan dengan persamaan(17) berikut (Ratri et al. 2015).

$$O = f(IW_{io}) \quad (17)$$

Keterangan:

$W_{io}$ = Matriks beban (*weight matrix*), ukuran  $i \times o$

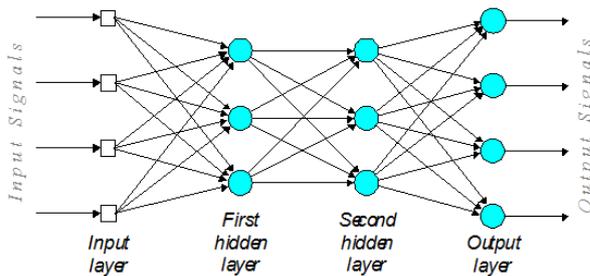
$i$  = jumlah *input* node

$o$  = jumlah *output* node

$I$  = input vector

$O$  = output vector

Secara umum data dipresentasikan dalam input layer, kemudian network akan melakukan proses input dengan mengalikan input dengan layer *weight* (beban). Prinsip kerja ANN ini hampir sama dengan MLP yang dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Arsitektur MLP dengan 2 hidden layer

Adapun untuk mempermudah dalam memahami cara kerja MLP, dapat digunakan algoritme yang telah disampaikan L.Noriega (Noriega 2005), sebagai berikut.

1. Melakukan inisialisasi network, dengan semua beban diset secara random antara angka -1 sampai dengan +1.
2. Mempresentasikan pola pelatihan pertama pada network yang ada, dan menyimpan hasil output.
3. Membandingkan output network tersebut dengan

output target yang ada.

4. Memperbaiki eror secara *backward*.

- a. Memperbaiki layer beban dari output dengan formula.

$$\omega_{ho} = \omega_{ho} + (\eta\delta_o o_h) \quad (18)$$

Keterangan :

$\omega_{ho}$ =nilai beban dari unit h yang tersembunyi

dengan output unit o,

$\eta$  = rasio pelatihan,

$o_h$  = output dari unit h yang tersembunyi. Dimana

$$\delta_o = o_o(1 - o_o)(t_o - o_o) \quad (19)$$

Keterangan :

$O_o$  = node o dari output layer

$t_o$  = target output untuk node tersebut

- b. Memperbaiki beban input dengan formula.

$$\omega_{ih} = \omega_{ih} + (\eta\delta_h o_i) \quad (20)$$

Keterangan:

$\omega_{ih}$ =nilai beban dari unit h yang tersembunyi dengan

input unit i,

$\eta$  = rasio pelatihan,

$o_i$  = input dari node i. Dimana

$$\delta_h = o_h(1 - o_h) \sum_o (\delta_o \omega_{ho}) \quad (21)$$

5. Melakukan perhitungan eror, dengan menghitung rata-rata dari nilai target dan output vector. Fungsi berikut dapat digunakan untuk menghitung eror tersebut.

$$E = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^p (t_o - o_o)^2}}{p} \quad (22)$$

Keterangan :

$P$  = jumlah unit pada output layer

$n$  = unit input layer

6. Mengulangi langkah no.2 untuk setiap pola pada dataset pelatihan untuk melengkapi satu *epoch*.
7. Melakukan pertukaran dataset pelatihan secara random. Hal ini untuk mengurangi kemungkinan network dipengaruhi oleh urutan pada data.
8. Mengulangi langkah 2 untuk sejumlah epochs atau hingga eror mulai berubah.

### 3.4 Indeks Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kesuksesan terhadap proses-proses yang telah dilakukan. Pengukuran yang akan dilakukan yaitu pengukuran terhadap kinerja dari metode ekstraksi fitur maupun metode klasifikasi. Pengukuran dari proses klasifikasi ditentukan dengan nilai-nilai berikut:

1. Akurasi

Nilai akurasi dari hasil klasifikasi dapat diperoleh dengan menghitung jumlah klasifikasi yang benar

dan sesuai target dibagi dengan jumlah klasifikasi yang berbeda dengan target dari semua kelas. Akurasi dirumuskan dalam persamaan(23) berikut

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \times 100 \quad (23)$$

dengan TP (*True Positive*) adalah jumlah data benar pada target yang terklasifikasi benar pada sistem, TN (*True Negative*) adalah jumlah data salah pada target yang terklasifikasi salah pada sistem, FP (*False Positive*) merupakan representasi jumlah data salah pada target yang terklasifikasi benar pada sistem dan FN (*False Negative*) merupakan representasi jumlah data benar pada target yang terklasifikasi salah pada sistem. Nilai-nilai tersebut akan tampil dalam bentuk *confusion matrix*.

## 2. Sensitivitas

Sensitivitas merupakan ukuran kemampuan sistem untuk melakukan prediksi terhadap data yang dianggap benar sesuai dengan TPR (*True Positive Rate*). Sensitivitas dapat dirumuskan dalam persamaan(24) berikut.

$$sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \times 100 \quad (24)$$

## 3. Spesifisitas

Spesifisitas berkebalikan dengan sensitivitas yaitu kemampuan sistem untuk melakukan prediksi terhadap data yang dianggap salah sesuai dengan TNR (*True Negative Rate*). Spesifisitas dapat dirumuskan dalam persamaan(25) berikut.

$$specificity = \frac{TN}{TN + FP} \times 100 \quad (25)$$

## 4. METODE PENELITIAN

### 4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini bekerja sama dengan black java coffee roaster Yogyakarta yang merupakan tempat untuk melakukan pengambilan sampel green bean sekaligus sebagai tempat wawancara narasumber untuk klasifikasi varietas kopi arabika. Selanjutnya, penelitian dilakukan di STMIK AKAKOM Yogyakarta.

### 4.2 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan citra green bean coffee yang difoto secara manual menggunakan kamera Canon 750D dengan jumlah data sebanyak 60 citra. Green bean coffee ini merupakan kopi arabika yang terdiri dari dua jenis yaitu mandailing dan toraja. Dari 60 citra tersebut, terdapat 30 citra jenis kopi mandailing dan 30 citra jenis kopi toraja. Citra tersebut merupakan citra RGB yang diambil dari dua sisi sehingga masing-masing biji kopi memiliki dua citra yang berbeda. Salah satu sisi dari jenis kopi cenderung hampir sama sehingga cukup sulit untuk dibedakan.

Sementara sisi yang lain secara visual dapat dibedakan berdasarkan bentuk permukaan dari biji kopi tersebut. Sementara itu, terdapat fitur lain yang sering digunakan sebagai acuan oleh petani ataupun pemilik coffee shop yaitu fitur bentuk. Bagi kaum awam, fitur ini tidak bisa terlihat dengan jelas, karena bentuknya cenderung hampir sama.

### 4.3 Tahap Penelitian

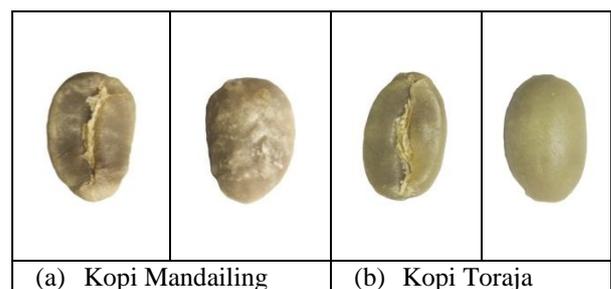


Gambar 3 Tahap Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang diawali dengan proses pengumpulan data citra, selanjutnya citra tersebut digunakan sebagai citra input dalam tahap pre-processing yaitu *cropping* citra yang bertujuan untuk menyiapkan citra agar dapat diolah. Proses ini hanya akan mengambil biji kopi dan mengabaikan *background* citra serta dilakukan secara manual karena mengikuti bentuk dan ukuran dari masing-masing biji kopi. Tahap selanjutnya adalah segmentasi citra yang bertujuan untuk mengambil bentuk biji kopi sebelum diekstraksi. Setelah segmentasi, tahap selanjutnya adalah ekstraksi fitur untuk memperoleh fitur bentuk. Tahap terakhir adalah proses klasifikasi menggunakan MLP. Proses klasifikasi dilakukan menggunakan WEKA 3.6 dengan test mode 10-fold cross-validation yang berarti data akan dibagi menjadi 10 bagian secara acak, kemudian dilakukan 10 kali eksperimen dimana masing-masing eksperimen menggunakan 10 data sebagai data uji dan sisanya sebagai data latih.

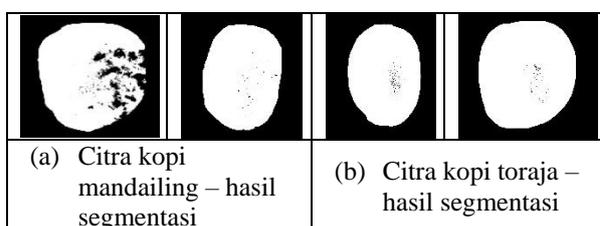
## 5. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, metode yang sering digunakan adalah GLCM dan memberikan hasil yang akurat. Sementara penelitian ini mengusulkan metode *circularity* yang digunakan untuk melakukan ekstraksi fitur bentuk dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode ini juga mampu memberikan hasil yang akurat. Hasil dari ekstraksi ini berupa angka-angka sesuai dengan fitur yang diukur. Gambar 4 berikut merupakan salah satu contoh citra kopi mandailing dan toraja.



Gambar 4 Contoh sampel dataset

Gambar 4(a) adalah varietas kopi mandailing yang diambil dari sisi depan maupun sisi belakang, selanjutnya hal yang sama juga dilakukan untuk Gambar 4(b) yang merupakan varietas kopi toraja. Sebelum diproses, citra tersebut *dicropping* secara manual dengan tujuan agar fokus penelitian hanya pada objeknya dan mempercepat proses komputasi karena ukuran citra menjadi lebih kecil. Sebelum diekstraksi, proses yang perlu dilakukan adalah mengambil objek yang terdapat dalam citra dan mengabaikan bagian yang bukan objek. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah melalui proses segmentasi. Gambar 5 berikut merupakan salah satu contoh hasil segmentasi citra menggunakan metode Otsu.



Gambar 5 Citra hasil segmentasi

Tahap selanjutnya adalah ekstraksi fitur menggunakan *circularity*. Tabel 1 berikut menunjukkan hasil ekstraksi fitur menggunakan *circularity*.

| <i>Circularity</i> | Jenis         | <i>Circularity</i> | Jenis      |
|--------------------|---------------|--------------------|------------|
| 0.26               | Sigarar Utang | 0.8                | Lini S-795 |
| 0.76               | Sigarar Utang | 0.83               | Lini S-795 |
| 0.54               | Sigarar Utang | 0.83               | Lini S-795 |
| 0.78               | Sigarar Utang | 0.79               | Lini S-795 |
| 0.11               | Sigarar Utang | 0.78               | Lini S-795 |
| 0.71               | Sigarar Utang | 0.76               | Lini S-795 |
| 0.62               | Sigarar Utang | 0.79               | Lini S-795 |
| 0.67               | Sigarar Utang | 0.8                | Lini S-795 |
| 0.72               | Sigarar Utang | 0.85               | Lini S-795 |
| 0.56               | Sigarar Utang | 0.82               | Lini S-795 |
| 0.71               | Sigarar Utang | 0.78               | Lini S-795 |
| 0.6                | Sigarar Utang | 0.7                | Lini S-795 |
| 0.37               | Sigarar Utang | 0.8                | Lini S-795 |
| 0.78               | Sigarar Utang | 0.83               | Lini S-795 |

|      |               |      |            |
|------|---------------|------|------------|
| 0.68 | Sigarar Utang | 0.82 | Lini S-795 |
| 0.73 | Sigarar Utang | 0.82 | Lini S-795 |
| 0.77 | Sigarar Utang | 0.5  | Lini S-795 |
| 0.79 | Sigarar Utang | 0.79 | Lini S-795 |
| 0.74 | Sigarar Utang | 0.78 | Lini S-795 |
| 0.73 | Sigarar Utang | 0.79 | Lini S-795 |
| 0.67 | Sigarar Utang | 0.78 | Lini S-795 |
| 0.75 | Sigarar Utang | 0.75 | Lini S-795 |
| 0.48 | Sigarar Utang | 0.87 | Lini S-795 |
| 0.34 | Sigarar Utang | 0.81 | Lini S-795 |
| 0.74 | Sigarar Utang | 0.79 | Lini S-795 |
| 0.69 | Sigarar Utang | 0.82 | Lini S-795 |
| 0.68 | Sigarar Utang | 0.8  | Lini S-795 |
| 0.71 | Sigarar Utang | 0.75 | Lini S-795 |
| 0.75 | Sigarar Utang | 0.72 | Lini S-795 |
| 0.73 | Sigarar Utang | 0.72 | Lini S-795 |

Hasil ekstraksi digunakan sebagai masukan dalam proses klasifikasi. Tabel 1 berikut merupakan *confusion matrix* dari hasil klasifikasi fitur GLCM menggunakan WEKA 3.6.

Tabel 1 Hasil klasifikasi dengan fitur GLCM

|                 |                      | <i>Target</i>        |                   |
|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------|
|                 |                      | <i>Sigarar urang</i> | <i>Lini S-795</i> |
| <i>Prediksi</i> | <i>Sigarar utang</i> | 25                   | 5                 |
|                 | <i>Lini S-795</i>    | 7                    | 23                |

Tabel 1 merupakan *confusion matrix* yang menggambarkan hasil klasifikasi menggunakan MLP dan diperoleh nilai *True Positive* (TP)=25, *True Negative*(TN)=23, *False Negative* (FN)=5 dan *False Positive* (FP)=7. Artinya dari 30 citra kopi mandailing, MLP mampu mengenali sebagai citra kopi sigarar utang sebanyak 25 citra sedangkan 5 citra dikenali sebagai citra kopi lini S-795. Selanjutnya dari 30 citra kopi lini S-795, MLP mampu mengenali sebagai citra kopi lini S-795 sebanyak 23 citra sedangkan 7 citra dikenali sebagai

citra kopi sigarar utang. Berdasarkan *confusion matrix* maka dapat dihitung tingkat akurasi, sensitivitas dan spesifisitas. Untuk pengenalan varietas kopi tersebut, diperoleh nilai akurasi sebesar 80% dengan sensitivitas sebesar 83,33% dan spesifisitas sebesar 76,7%. Berdasarkan hasil klasifikasi yang diperoleh, terdapat kesalahan pengenalan sebanyak 13 citra. Kesalahan terbanyak adalah ketika pengenalan varietas lini S-795. Hal ini mungkin disebabkan karena terdapat beberapa citra yang memiliki rentang nilai yang mirip ataupun sama seperti varietas sigarar utang, dan begitu juga sebaliknya.

## 6. KESIMPULAN

Proses pengenalan varietas kopi selama ini dilakukan secara manual dengan memanfaatkan pengalaman seorang petani. Ciri yang sering dijadikan acuan dalam mengenali varietas kopi ini adalah warna, ukuran dan bentuk maupun bentuk pohon. Namun demikian, petani dapat melakukan kesalahan ataupun pengenalan bisa menjadi tidak konsisten karena perbedaan pendapat antar petani. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan teknik pengolahan citra yang terdiri dari proses segmentasi menggunakan metode Otsu dan ekstraksi fitur menggunakan *circularity*. Tahap terakhir adalah proses klasifikasi menggunakan MultiLayer Perceptron. Nilai akurasi yang diperoleh sebesar 80% dengan sensitivitas sebesar 83,33% dan spesifisitas sebesar 76,7%.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- APAZA, REL GUZMÁN, CHRISTIAN E. PORTUGAL-ZAMBRANO, JUAN C. GUTIÉRREZ-CÁCERES, & CÉSAR A. BELTRÁN-CASTAÑÓN. 2014. An Approach for Improve the Recognition of Defects in Coffee Beans Using Retinex Algorithms. *Proceedings of the 2014 Latin American Computing Conference, CLEI 2014*.
- CONDORI, RAYNER H.MONTES, JUAN H.CHUCTAYA HUMARI, CHRISTIAN E. PORTUGAL-ZAMBRANO, JUAN C. GUTIÉRREZ-CÁCERES, & CÉSAR A. BELTRÁN-CASTAÑÓN. 2014. Automatic Classification of Physical Defects in Green Coffee Beans Using CGLCM and SVM. *Proceedings of the 2014 Latin American Computing Conference, CLEI 2014*.
- FU, ZHAOXIA & YAN HAN. 2012. A Circle Detection Algorithm Based on Mathematical Morphology and Chain Code. Pp. 253–56 in *2012 International Conference on Computing, Measurement, Control and Sensor Network*. Retrieved (<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6245828>).
- KADIR, ABDUL & SUSANTO ADHI. 2012. Ekstraksi Fitur Tekstur. Pp. 575–640 in *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*.
- NORIEGA, LEONARDO. 2005. Multilayer Perceptron Tutorial.
- NUGROHO, H. A., M. M. SEBATUBUN, & T. B. ADJI. 2017. Ground Glass Opacity Lesion Morphology Extraction in Primary Lung Cancer. *International Journal of Medical Engineering and Informatics* 9(4):398–411.
- DE OLIVEIRA, EMANUELLE MORAIS, DIMAS SAMID LEME, BRUNO HENRIQUE GROENNER BARBOSA, MIRIAN PEREIRA RODARTE, AND ROSEMARY GUALBERTO FONSECA ALVARENGA PEREIRA. 2016. A Computer Vision System for Coffee Beans Classification Based on Computational Intelligence Techniques. *Journal of Food Engineering* 171:22–27. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.10.009>).
- RADI, MUHAMMAD RIVAI, & MAURIDHI HERY PURNOMO. 2015. Combination of First and Second Order Statistical Features of Bulk Grain Image for Quality Grade Estimation of Green Coffee Bean. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences* 10(18):8165–74.
- RATRI, IGNATIAN DHIAN ESTU KARISMA, HANUNG ADI NUGROHO, & TEGUH BHARATA ADJI. 2015. Pengenalan Keaslian Tanda Tangan Dengan Menggunakan Kombinasi Dynamic Time Warping (DTW) Dan Polar Fourier Transform. Universitas Gadjah Mada.
- SUSANTO, ADHI & ABDUL KADIR. 2012. Ekstraksi Fitur Bentuk Dan Kontur. Pp. 575–640 in *Pengolahan Citra*.

## K-MODES CLUSTERING UNTUK MENGETAHUI JENIS MASAKAN DAERAH YANG POPULER PADA WEBSITE RESEP ONLINE (STUDI KASUS: MASAKAN BANJAR DI COOKPAD.COM)

Fatma Indriani<sup>1</sup>, Irwan Budiman<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Ilmu Komputer,  
Fakultas MIPA, Universitas Lambung Mangkurat  
Email: <sup>1</sup>f.indriani@unlam.ac.id, <sup>2</sup>irwan.budiman@unlam.ac.id

(Naskah masuk: 28 November 2017, diterima untuk diterbitkan: 30 Desember 2017)

### Abstrak

Pada makalah ini dipaparkan clustering pada data resep masakan daerah Banjar untuk mengetahui jenis makanan yang paling banyak di-post secara online oleh pengguna website recipe sharing. Pertama-tama data resep sebanyak 355 dikumpulkan dari suatu website resep, untuk selanjutnya dilakukan ekstraksi data bahan dan pembersihan. Metode clustering yang dipilih adalah k-modes karena cocok digunakan pada data kategorikal. Berdasar metode Elbow, jumlah cluster yang ideal adalah k=4 dan k=8. Jumlah cluster k=4 menghasilkan kelompok yang lebih umum, sedangkan k=8 menghasilkan kelompok yang lebih spesifik. Adapun kelompok yang berhasil diidentifikasi untuk k=4 adalah sayur asam, soto banjar, masakan gurih lain-lain, kue dan bubur manis. Sedangkan kelompok dengan jumlah cluster k=8 adalah sayur asam, soto banjar, kue basah, masakan gurih lain-lain, masak habang, bubur manis, kuah ketupat, dan masakan gurih asam. Evaluasi nilai purity menunjukkan nilai masing-masing 0,825 untuk k=4 dan 0,831 untuk k=8.

**Kata kunci:** data mining, clustering, k-modes, resep masakan, bahan

### Abstract

*In this paper, we cluster user-submitted recipes of Banjar regional cuisine to find out which type of cuisine are popular according to its ingredients. 355 recipes are collected from a recipe sharing website, then the ingredients extracted and cleaned. The clustering method chosen is k-modes because it is suitable for categorical data. Based on the Elbow method, the ideal number of clusters is k = 4 and k = 8. The number of clusters k = 4 produces more general cuisines group, whereas k = 8 produces more specific groups. The groups identified for k = 4 are (1) "sayur asam" (sour soup), (2) "soto banjar" (Banjar chicken soup), (3) savory dishes, and (4) sweet dishes. While the group with the number of clusters k = 8 consists of (1) "sayur asam" (sour soup) (2) "soto banjar", (3) Banjar sweet puddings, (4) various savory dishes, (5) "masak habang" (Banjar sweet chili dishes), (6) sweet porridge, (7) "kuah ketupat" (spicy coconut soup) and (8) various savory sour dishes. The purity of clusters are shown to be 0.825 for k=4 and 0.831 for k=8.*

**Keywords:** clustering, k-modes, data mining, recipe, ingredient

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki tradisi masakan yang kaya di dunia (SBS Food, 2016). Ada lebih dari 6000 pulau di Indonesia, dan hampir tiap daerah memiliki makanan khas. Para pengguna internet banyak saling berbagi resep di website khusus resep masakan. Data resep tersebut tersedia secara bebas bisa dimanfaatkan untuk menggali informasi mengenai berbagai masakan yang populer di masyarakat, tak terkecuali masakan daerah. Informasi jenis masakan yang populer bisa digunakan untuk memantau tren pengguna terkait makanan.

Permasalahannya, karena resep di internet merupakan *user-generated content*, masakan yang sama bisa di-posting dengan berbagai versi, baik itu judul yang berbeda, bahan yang berbeda, maupun langkah-langkah memasak yang berbeda. Misal terdapat perbedaan antara resep soto pengguna A

dengan soto versi pengguna B. Dengan demikian, mencari jenis masakan yang banyak dibagikan tidak bisa dengan menghitung secara sederhana, karena perlu diidentifikasi masakan-masakan yang mirip tersebut ke dalam kelompok masing-masing terlebih dahulu.

Salah satu teknik penggalian pola adalah analisis *cluster*. Clustering bermaksud mengelompokkan titik data yang mirip. Pada makalah ini, akan disampaikan cara penggalian kelompok jenis masakan daerah menggunakan teknik *clustering*. Metode clustering yang dipilih adalah *k-modes* karena cocok untuk data kategorikal seperti pada bahan resep masakan. Fitur yang digunakan adalah bahan makanan, dengan asumsi bahwa jenis masakan yang sama akan memiliki bahan yang mirip pula. Studi kasus yang dipilih adalah masakan daerah Banjar (Kalimantan Selatan) yang tersedia pakar di daerah asal penulis untuk menginterpretasi dan

menvalidasi hasil *cluster*. Namun metodologi yang digunakan bisa diterapkan pada masakan daerah manapun.

Selain mendapatkan kelompok-kelompok masakan yang sejenis, hasil cluster bisa digunakan untuk mengidentifikasi kombinasi bahan yang sering digunakan berdasar sentroid *cluster*. Ini akan menunjukkan ciri khas bahan masakan suatu daerah tersebut. Kita bisa lebih memahami budaya kulinernya, bisa membuat masakan tersebut, bahkan bisa mengkreasi masakan baru yang sesuai dengan ciri khas daerah tersebut.

Pada bagian 2 disampaikan penelitian terdahulu terkait dataset resep. Selanjutnya di bagian 3 dipaparkan metodologi yang dilakukan untuk menerapkan *k-modes* pada data resep. Di bagian 4 disampaikan hasil eksperimen, meliputi clustering dengan berbagai nilai *k*, serta penjelasan cluster dengan *k* terbaik. Dari hasil cluster akan didapat jenis resep yang sering dibagikan.

## 2. PENELITIAN TERDAHULU

Dalam ranah data mining, penelitian dalam pengolahan data resep pernah dilakukan melibatkan teknik *supervised* maupun *unsupervised learning*. Penerapan teknik *supervised learning* dilakukan oleh Su, dkk (2014), yaitu pembuatan model klasifikasi asal daerah suatu resep masakan menggunakan SVM dan SVD. Hasilnya diaplikasikan pada suatu sistem yang bisa memberi label asal daerah suatu masakan secara otomatis berdasarkan bahan-bahannya. Dari segi bahasa, Su menggunakan resep berbahasa Inggris, dan menggali karakteristik masakan khas daerah secara luas (negara), misal masakan Cina, Italia, Thailand, dll.

Teknik *supervised learning* juga diterapkan oleh Rufaidah (2016) yang membuat model klasifikasi resep MPASI (Makanan Pendamping ASI) ke dalam target kelompok umur, dengan metode ID3. Hasilnya berupa 40 aturan klasifikasi dengan akurasi rata-rata sebesar 73%.

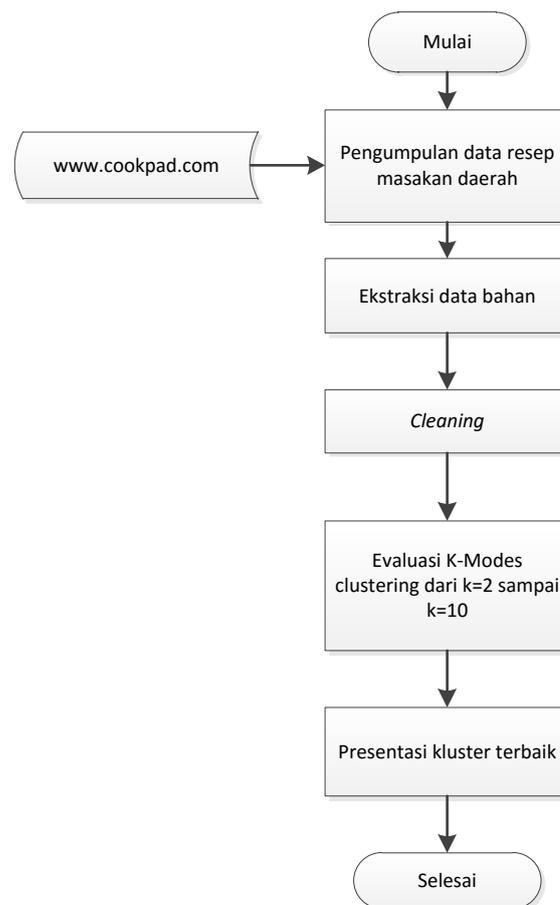
Sedangkan penelitian yang menerapkan teknik *unsupervised learning* yaitu Jain dkk (2015). Pada penelitian tersebut, dilakukan pencarian pasangan bahan yang sering ditemukan pada masakan khas India untuk dianalisis berdasar *flavor-compound* yang terkandung pada bahan-bahannya. Jain, dkk menemukan bahwa pada masakan India, sering terjadi pasangan bahan yang bertolak belakang dari segi rasa dan aroma. Konsep jaringan flavor dan prinsip pasangan bahan makanan diperkenalkan oleh Ahn, dkk (2011).

Nadamoto dkk (2016) menerapkan teknik *clustering* pada data resep dengan tujuan mengelompokkan hasil *search query* pada website resep. Teknik yang diusulkan terdiri dari dua tahap *clustering*, tahap pertama *clustering* berdasar bahan utama, tahap kedua *clustering* berdasar bumbu utama. Teknik ini berhasil mengelompokkan resep hasil pencarian ke dalam kelompok-kelompok yang mirip

untuk memperbaiki antarmuka pengguna pada hasil pencarian.

## 3. METODOLOGI

Langkah yang dilakukan meliputi pengumpulan data resep masakan daerah dari *website sharing* resep cookpad.com, ekstraksi bahan dan *cleaning*, menentukan nilai *k* pada *k-modes* dengan prinsip *Elbow method*, serta presentasi hasil *clustering* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Proses Clustering

### 3.1. Pengumpulan data

Pada tahap ini, dilakukan *crawling* website resep online Cookpad.com. *Query string* yang digunakan yaitu “masakan Banjar”, dan jumlah resep yang terkumpulkan adalah sebanyak 355.

### 3.2. Prapemrosesan Data

Pada tahap ini, data resep yang telah dikumpulkan akan melalui beberapa tahap prapemrosesan, yaitu:

- Ekstraksi bahan (*ingredient*). Data resep terdiri dari beberapa komponen, yaitu judul, link, daftar bahan beserta kuantitas, daftar langkah memasak, serta image gambar. Hanya daftar bahan yang

digunakan pada penelitian ini. Komponen lainnya diabaikan. Berikut ini contoh data yang didapat (Tabel 1).

Tabel 1. Contoh Hasil Ekstraksi Bahan dari Dataset Resep

|  |
|--|
| <p><b>Sayur/Gangan/Jangan Asem khas Banjar</b><br/> <a href="https://cookpad.com/id/resep/2144448-sayurganganjangan-asek-khas-banjar">https://cookpad.com/id/resep/2144448-sayurganganjangan-asek-khas-banjar</a><br/>                 patin ukuran kecil;mentimun;kol kecil;tomat;lombok besar;bawang merah besar;kemiri;kelingking laos;kelingking kunyit;serai;cabe rawit (sesuai selera);garam;gula pasir;saos tiram;air (panci uk. sedang)</p>  |
| <p><b>Soto Banjar</b><br/> <a href="https://cookpad.com/id/resep/2135070-soto-banjar">https://cookpad.com/id/resep/2135070-soto-banjar</a><br/>                 ayam (potong2);air;telur bebek rebus (ambil kuningnya aja);kentang uk kecil (rebus);Minyak untuk menumis;Garam+gula+kaldu (sesuai selera);Bumbu kering ;bunga lawang/pekak;kapulaga (tekan dengan jari sampai terbuka);cengkeh;kayu manis;Bumbu halus ;bawang merah;bawang putih;merica butiran;serutan buah pala;jahe;Pelengkap (sesuai selera);Ketupat/lontong;Soun/bihun rebus;Telur rebus;Sambal;Jeruk nipis;Seledri +prei/daun bawang;Bawang goreng;Kecap manis</p> |

|    |             |            |
|----|-------------|------------|
| 2. | cabai merah | cabe merah |
|    | cabai       |            |
|    | cabe        |            |
| 3. | kaminting   | kemiri     |
|    | kemiri      |            |
| 4. | sereh       | serai      |
|    | serai       |            |
|    | sarai       |            |
| 5. | lengkuas    | lengkuas   |
|    | laos        |            |
| 6. | telur       | telur      |
|    | telor       |            |
|    | hintalu     |            |

Tabel 3. Contoh Hasil *Cleaning*

|   |
|---|
| <p><b>Sayur/Gangan/Jangan Asem khas Banjar</b><br/> <a href="https://cookpad.com/id/resep/2144448-sayurganganjangan-asek-khas-banjar">https://cookpad.com/id/resep/2144448-sayurganganjangan-asek-khas-banjar</a><br/>                 patin;timun;kol;tomat;cabe;bawang merah;kemiri;lengkuas;kunyit;serai;cabe rawit;cabe;garam;gula;saus tiram;panci</p>   |
| <p><b>Soto Banjar</b><br/> <a href="https://cookpad.com/id/resep/2135070-soto-banjar">https://cookpad.com/id/resep/2135070-soto-banjar</a><br/>                 kecap manis;bawang goreng;seledri;bawang prei;jeruk nipis;sambal;telur;suun bihun;ketupat lontong;jahe;pala;merica;bawang putih;bawang merah;kayu manis;cengkeh;kapulaga;bunga lawang;garam;gula;minyak;kentang;t elur bebek;ayam</p> |

- b. *Cleaning* data meliputi (1) penghapusan karakter non huruf, (2) penghapusan *stopword* berbahasa Indonesia yang dibangun secara manual untuk data resep, serta (3) penyeragaman ejaan dan istilah.

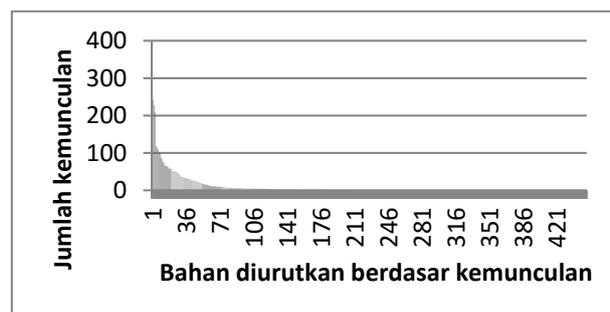
Stopword yang dibuat adalah kata-kata yang tidak ada hubungan dengan nama bahan namun sering muncul pada keterangan bahan, seperti “ada”, “ingin”, “jika”, “sedikit”, “tambahan”. Selain itu kata-kata keterangan yang sering muncul juga dimasukkan ke dalam stoplist, seperti “digeprak”, “diiris”, “dihaluskan”. Sedangkan penyeragaman ejaan dilakukan dengan sistem kamus yang dibuat secara manual (Tabel 2).

Jumlah fitur bahan akhir yaitu sebanyak 449 bahan unik. Rata-rata tiap resep mengandung 12,23 macam bahan. Contoh hasil pada tahap ini dapat dilihat di Tabel 3.

Tabel 2. Contoh beberapa transformasi yang dilakukan dengan sistem kamus

|    | Kata         | Penyeragaman |
|----|--------------|--------------|
| 1. | bwg merah    | bawang merah |
|    | bawang merah |              |
|    | bw merah     |              |
|    | bamer        |              |

- c. Vektorisasi data menghasilkan matriks biner berukuran 355 x 449 dengan fitur bahan. Bahan yang muncul pada tiap resep akan bernilai 1, sedangkan bahan yang tidak muncul bernilai 0. Dari 449 bahan yang ada, masing-masing memiliki kemunculan yang bervariasi, dengan rata-rata kemunculan bahan 9,65 kali. Ada 244 bahan yang hanya muncul 1 kali, dan bahan dengan kemunculan terbanyak yaitu garam 287 kali. Berikut ini adalah grafik frekuensi kemunculan tiap bahan pada dataset resep, diurutkan dari yang paling sering muncul (Gambar 1). Tabel 4 menunjukkan daftar 20 bahan teratas.



Gambar 2. Frekuensi Kemunculan Bahan

Tabel 4. 20 Bahan Dengan Kemunculan Terbanyak

| No | Nama Bahan    | Jumlah kemunculan |
|----|---------------|-------------------|
| 1  | garam         | 287               |
| 2  | bawang merah  | 243               |
| 3  | bawang putih  | 227               |
| 4  | gula          | 210               |
| 5  | santan        | 118               |
| 6  | jahe          | 114               |
| 7  | telur         | 109               |
| 8  | gula merah    | 102               |
| 9  | cabe merah    | 99                |
| 10 | kayu manis    | 88                |
| 11 | ayam          | 84                |
| 12 | kemiri        | 76                |
| 13 | kunyit        | 73                |
| 14 | minyak goreng | 67                |
| 15 | cengkeh       | 65                |
| 16 | serai         | 65                |
| 17 | tomat         | 63                |
| 18 | seledri       | 61                |
| 19 | merica        | 58                |
| 20 | teras         | 58                |

### 3.3. K-Modes Clustering

K-modes clustering pertama kali diperkenalkan oleh Huang (1998) sebagai suatu metode *clustering* yang dikembangkan dari metode *k-means*. Oleh karena itu *k-modes* efisien seperti *k-means* namun digunakan pada data yang bersifat kategorikal. Modifikasi yang dilakukan terhadap metode *k-means* yaitu:

1. Jarak antara dua titik data  $X$  dan  $Y$  adalah jumlah fitur pada  $X$  dan  $Y$  yang nilainya berbeda (*simple dissimilarity measure*), secara formal dirumuskan seperti berikut ini:

$$d_1(X, Y) = \sum_{j=1}^m \delta(x_j, y_j) \quad (1)$$

di mana

$$\delta(x_j, y_j) = \begin{cases} 0 & (x_j = y_j) \\ 1 & (x_j \neq y_j) \end{cases} \quad (2)$$

dengan

$x_j$  dan  $y_j$  adalah nilai fitur ke- $j$  dari data  $X$  dan  $Y$ , serta  $m$  adalah jumlah fitur.

2. Ubah rata-rata (*means*) menjadi modus (*modes*)
3. Menggunakan frekuensi untuk mencari modus

Tabel 5. Contoh mencari sentroid dari 3 buah data menggunakan modus

| ID       | bawang merah | ayam | santan | jahe |
|----------|--------------|------|--------|------|
| 1        | 1            | 1    | 1      | 0    |
| 2        | 1            | 0    | 0      | 1    |
| 3        | 1            | 1    | 1      | 0    |
| Sentroid | 1            | 1    | 1      | 0    |

Sebagai contoh dengan tiga data dummy berikut ini (Tabel 5), titik sentroid dibangun dari modus tiap

fitur. Modus adalah nilai data yang paling banyak muncul. Pembentukan sentroid adalah dengan mencari modus tiap fitur.

Berikut ini langkah-langkah *k-modes* clustering berdasar (Huang, 2008):

1. Pilih modus awal sejumlah  $k$
2. Alokasikan objek data pada *cluster* terdekat berdasar *simple dissimilarity measure*. Update tiap modus *cluster* setelah tiap alokasi.
3. Setelah semua objek data telah dialokasikan ke suatu *cluster*, periksa kembali nilai *dissimilarity* tiap objek terhadap modus. Jika suatu objek data ternyata modus terdekat berada pada *cluster* lain, pindahkan objek ke *cluster* yang sesuai dan update modus kedua *cluster*.
4. Ulangi langkah 3 sampai tidak ada objek data yang berubah *cluster*.

Untuk menentukan jumlah *cluster* optimal digunakan *Elbow method* Goutte, dkk (1999) namun dimodifikasi menggunakan *within cluster difference*. Dari hasil plotting *within cluster difference* pada berbagai nilai, prinsip *Elbow method* mengambil nilai  $k$  pada titik ketika nilainya tidak mengalami penurunan signifikan dengan penambahan nilai  $k$ .

$$y = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m d_1(x_j, x_c) \quad (3)$$

dengan

$y$  = jumlah *within cluster difference*

$k$  = jumlah *cluster*

$m$  = jumlah anggota pada tiap *cluster*

$c$  = sentroid dari *cluster*

$d$  = *simple dissimilarity measure* sesuai rumus (1)

$x$  = titik data

Selanjutnya, evaluasi *cluster* dilakukan secara eksternal menggunakan metrik *purity* (Tan, dkk., 2005). *Purity* dari *cluster* ke- $i$  adalah:

$$p_i = \max_j p_{ij} \quad (4)$$

Sedangkan *purity* secara keseluruhan adalah:

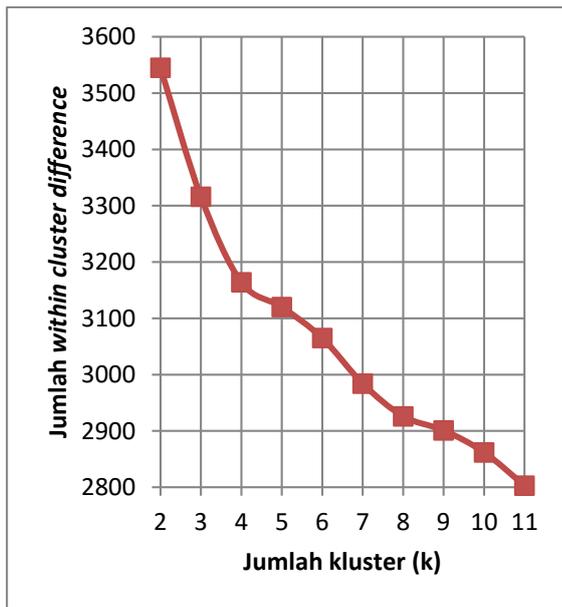
$$purity = \sum_{i=1}^k \frac{m_i}{m} p_i \quad (5)$$

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Clustering* dilakukan pada berbagai nilai  $k$  ( $k = 2, 3, \dots, 10$ ). Nilai *within cluster difference* terkecil untuk tiap nilai  $k$  ditampilkan pada Gambar 2. Berdasarkan kaidah *elbow method*, maka ada dua alternatif  $k$  terbaik yaitu  $k=4$  dan  $k=8$ . Ini karena pada  $k=4$  dan  $k=8$  terdapat bentuk melandai seperti siku (*elbow*). Oleh karena itu, akan dilakukan analisis dua macam nilai  $k$  tersebut.

Tabel 6. Hasil clustering dengan k=4

| Cluster | Sentroid   | Jumlah anggota | Contoh Anggota   | Identifikasi Berdasar Sentroid |          |
|---------|--|----------------|--|--------------------------------|----------|
|         |  |                |  | Jenis Masakan                  | Tipe     |
| A1      | bawang merah, bawang putih, cabe merah, garam, gula, kemiri, kunyit, lengkuas, serai, tomat                            | 55             | Sayur Asem Banjar<br>Gangan asam kepala patin<br>Gangan Kangkung Keladi<br>Gangan Asam Haruan<br>Ayam Suir Bumbu Habang                                    | sayur asam                     | spesifik |
| A2      | ayam, bawang merah, bawang putih, cengkeh, daun bawang, garam, gula, jahe, kapulaga, kayu manis, merica, pala, seledri | 65             | Soto Banjar<br>Soto Banjar khas kalimantan<br>Soto banjar sederhana<br>Bistik ayam banjar  | soto banjar                    | spesifik |
| A3      | bawang merah, bawang putih, garam  | 140            | Terong Bakar Banjar<br>Ayam Masak Habang<br>Garih Batanak<br>Ikan sepat goreng sambal cacapan<br>Ikan Pekasam Khas Banjar<br>Oseng Mandai (kulit cempedak) | masakan gurih lain-lain        | umum     |
| A4      | garam, gula, santan, telur   | 95             | Amparan Tatak Pisang<br>Hintalu Karuang<br>Lapis India<br>Sarimuka Ketan<br>Kokoleh<br>Bubur randang kuah santan   | kue dan bubur manis            | umum     |



Gambar 2. Jumlah *within cluster difference* berdasar jumlah cluster (k)

Hasil cluster dengan k=4 (Tabel 5) menghasilkan kelompok dengan jumlah anggota masing-masing 55, 65, 140, dan 95. Kelompok pertama (A1) setelah diidentifikasi secara manual oleh ahli merupakan kelompok yang dominan berupa jenis masakan “sayur asam”. Kelompok kedua (A2) mewakili masakan “soto Banjar”. Kelompok ketiga (A3) berjumlah paling besar 140 resep, tidak mewakili masakan spesifik tetapi diinterpretasi sebagai “masakan asin/gurih” secara umum, karena sentroid yang dihasilkan berupa (bawang merah,

bawang putih, garam). Sedangkan kelompok keempat (A4), juga tidak mewakili satu masakan khusus, melainkan gabungan dan berbagai resep kue manis dan bubur manis dengan sentroid berupa (garam, gula, santan, telur).

Tabel 8. Nilai purity untuk k=4

| Cluster            | Jenis masakan berdasar sentroid | Jumlah Anggota (m <sub>i</sub> ) | Benar | Purity |
|--------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------|--------|
| A1                 | sayur asam                      | 55                               | 32    | 0,582  |
| A2                 | soto banjar                     | 65                               | 45    | 0,692  |
| A3                 | masakan gurih lain-lain         | 140                              | 140   | 1,000  |
| A4                 | kue dan bubur manis             | 95                               | 76    | 0,800  |
| Purity keseluruhan |                                 |                                  |       | 0,825  |

Tabel 9. Nilai purity untuk k=8

| Cluster            | Jenis masakan berdasar sentroid | Jumlah Anggota (m <sub>i</sub> ) | Benar | Purity |
|--------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------|--------|
| B1                 | sayur asam                      | 25                               | 24    | 0,960  |
| B2                 | soto banjar                     | 54                               | 43    | 0,796  |
| B3                 | kue basah                       | 82                               | 59    | 0,720  |
| B4                 | masakan gurih lain-lain         | 117                              | 117   | 1,000  |
| B5                 | masak habang                    | 34                               | 26    | 0,765  |
| B6                 | bubur manis                     | 13                               | 8     | 0,615  |
| B7                 | kuah ketupat                    | 24                               | 13    | 0,542  |
| B8                 | masakan gurih asam              | 6                                | 5     | 0,833  |
| Purity keseluruhan |                                 |                                  |       | 0,831  |

Hasil cluster dengan  $k=8$  menghasilkan pengelompokan yang lebih spesifik (Tabel 7). “Sayur asam” dan “Soto Banjar” kembali teridentifikasi sebagai masing-masing satu kelompok (B1 dan B2). Namun ada jenis masakan lain yang teridentifikasi ke dalam kelompok tersendiri yaitu “masak habang” (B5) dan “kuah ketupat” (B7). Selanjutnya ada kelompok yang bersifat umum “masakan gurih asam” (B8), serta “masakan gurih lainnya” (B4).

Masakan bersifat manis yang pada  $k=4$  berada pada satu kelompok (A4), namun di  $k=8$  terbagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok “kue basah” (B3) dan kelompok “bubur manis” (B6). Namun kedua kelompok ini masih belum menunjukkan jenis masakan yang spesifik.

Selanjutnya dilakukan evaluasi *purity* tiap kelompok pada tiap *cluster*. Setelah tiap kelompok diberi label berdasar sentroidnya, misal A1 diidentifikasi sebagai kelompok sayur asam, maka untuk tiap anggota *cluster* A1 tersebut diperiksa apakah betul tergolong resep sayur asam. Hasil lengkap nilai *purity* tiap *cluster* ditampilkan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Nilai *purity* pada kelompok makanan yang spesifik (seperti sayur asam) secara umum lebih kecil daripada kelompok yang makanan yang umum (seperti masakan gurih). Namun semua nilai *purity* lebih besar daripada 0,5, sehingga dapat dikatakan bahwa deskripsi jenis masakan berdasar sentroid tiap *cluster* bisa mewakili anggota kelompok tersebut.

Tabel 7. Hasil clustering dengan  $k=8$ 

| Cluster | Sentroid   | Jumlah anggota | Contoh Anggota  | Identifikasi Berdasar Sentroid |          |
|---------|--|----------------|---|--------------------------------|----------|
|         |  |                |   | Jenis Masakan                  | Tipe     |
| B1      | bawang merah, bawang putih, cabe merah, garam, gula, kacang panjang, kemiri, kol, kunyit, lengkuas, serai, terasi, timun, tomat      | 25             | Gangan Asam Patin Khas Banjar<br>Sayur asam banjar kepala haruan<br>Sayur Asam Banjar<br>Sayur asam banjarmasin<br>Ikan baung gangan asam | sayur asam                     | spesifik |
| B2      | ayam, bawang merah, bawang putih, bunga lawang, cengkeh, daun bawang, garam, gula, jahe, kapulaga, kayu manis, merica, pala, seledri | 54             | Soto banjar<br>Sop Banjar ala Bunda Zio<br>Soto banjar limau nipis<br>Soto Banjar khas kalimantan   | soto banjar                    | spesifik |
| B3      | garam, gula, santan, telur   | 82             | Lempeng Nangka<br>Lempeng Pisang<br>Lapis india<br>Amparan tatak<br>Hintalu karuang   | kue basah                      | umum     |
| B4      | bawang merah, bawang putih, garam  | 117            | Ayam panggang banjar & acar<br>Karih ayam banjar<br>Iwak karing khas banjar<br>Ipau/lasagna banjar<br>Mie bancir<br>Pakasam               | masakan gurih lain-lain        | umum     |
| B5      | bawang merah, bawang putih, cabe merah, garam, gula, gula merah, jahe, kayu manis, minyak goreng                                     | 34             | Hintalu Masak Habang<br>Ayam Masak Habang<br>Ati Ampela Masak Habang<br>Ikan Gabus Masak Habang<br>Ayam Bistik Banjar                     | masak habang                   | spesifik |
| B6      | daun pandan, garam, gula, gula merah, kapur sirih, pandan, santan, tepung beras  | 13             | Kokoleh<br>Kokoleh (Bubur Sum-sum Banjar)<br>Babongko banjar  | bubur manis                    | umum     |
| B7      | bawang merah, bawang putih, cabe merah, garam, gula, kemiri, kunyit, lengkuas, santan, serai   | 26             | Gangan Asam Daging<br>Gangan tungkul / Sayur<br>Jantung Pisang<br>Garih betanak<br>Gangan asam kepala patin                               | kuah ketupat                   | spesifik |
| B8      | bawang merah, bawang putih, cabe rawit, garam, gula, kunyit, serai   | 6              | Pekasam durian<br>Pepes Ikan Kembung Banjar<br>Pedas<br>Gangan asam tulangan<br>Tumis pekasam   | masakan gurih asam             | umum     |

## 5. KESIMPULAN

Telah dilakukan eksperimen *clustering* dengan metode *k*-modes terhadap data bahan masakan Banjar yang bersumber dari suatu *recipe sharing website*. Untuk kasus ini, ada 2 alternatif jumlah *cluster* yang ideal, yaitu  $k=4$  dan  $k=8$ . Jumlah *cluster* 4 menghasilkan kelompok yang lebih umum, namun teridentifikasi bahwa soto Banjar dan sayur asam adalah dua kelompok yang populer. Sedangkan jumlah *cluster* 8 menghasilkan kelompok yang lebih sempit. Di samping soto Banjar dan sayur asam, juga bisa mengidentifikasi secara khusus jenis kelompok "masak *habang*" dan "kuah ketupat". Selain jenis masakan yang telah disebutkan, *k-modes* hanya mengidentifikasi kelompok yang umum seperti "masakan gurih" atau "kue basah".

Pada penelitian ini, fitur yang digunakan terbatas berupa bahan makanan. Perlu diteliti pemodelan data resep menggunakan fitur lain, misal TF-IDF. Selain itu, bagian judul dan instruksi memasak dari suatu resep juga bisa diekstraksi untuk membangun fitur.

Pola kelompok yang dihasilkan mewakili pola khusus dari resep masakan Banjar saja. Selanjutnya bisa digali pola masakan dari berbagai daerah lain. Dengan demikian, bisa didapat gambaran yang lebih lengkap mengenai persamaan dan perbedaan bahan pada masakan yang populer di tiap daerah.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- AHN, Y., AHNERT, S. E., BAGROW, J. P., & BARABÁSI, A. 2011. Flavor Network And The Principles Of Food Pairing. *Sci. Rep. 1*. doi:10.1038/srep00196.
- GOUTTE, C., TOFT, P., ROSTRUP, E., NIELSEN, F. A., & HANSEN, L. K. 1999. On Clustering fMRI Time Series. *NeuroImage*. 9 (3): 298–310. doi:10.1006/nimg.1998.0391.
- HUANG, Z. 1998. Extensions to the *k*-Means Algorithm for Clustering Large Data Sets with Categorical Values. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2(3), 283–304.
- JAIN, ANUPAM, RAKHI N K, & BAGLER, G.. 2015. Spices Form The Basis Of Food Pairing In Indian Cuisine. Arxiv.Org.
- RUFAIDA, S. 2016. Klasifikasi Resep Makanan Pendamping Air Susu Ibu (MPASI) Dengan Metode Decision Tree ID3 Berdasarkan Bahan Makanan. Skripsi, Universitas Sebelas Maret.
- SBS FOOD,. 2014. About Indonesian Food. *Food*. Diakses 20/05/2016.
- STEINBACH, M., KARYPIS, G. & KUMAR, V. 2000. A comparison of document clustering techniques. *KDD workshop on text mining* (Vol. 400, No. 1, pp. 525-526).
- SU, HAN, SHAN, M. K., LIN, T. W., CHANG, J., & LI, C. T. 2014. Automatic Recipe Cuisine Classification By Ingredients. *Proceedings Of The 2014 ACM International Joint Conference On Pervasive And Ubiquitous Computing Adjunct Publication - Ubicomp '14 Adjunct*. doi:10.1145/2638728.2641335.
- TAN, P.-N., STEINBACH, M., & KUMAR, V. 2005. Introduction to Data Mining. *Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA*.
- ZHU, YU-XIAO, HUANG, J., ZHANG, Z.K., ZHANG, Q. M, ZHOU, T., & AHN, Y. Y. 2013. Geography And Similarity Of Regional Cuisines In China. *Plos ONE* 8 (11): e79161. doi:10.1371/journal.pone.0079161.

## SISTEM KLASIFIKASI KUALITAS KOPRA BERDASARKAN WARNA DAN TEKSTUR MENGGUNAKAN METODE *NEAREST MEAN CLASSIFIER* (NMC)

Abdullah<sup>1</sup>, Usman<sup>2</sup>, M. Efendi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer  
Universitas Islam Indragiri  
Email: <sup>1</sup>abdialam@yahoo.com, <sup>2</sup>usmanovsky13411@gmail.com, <sup>3</sup>fendym12345@gmail.com

(Naskah masuk: 12 Oktober 2017, diterima untuk diterbitkan: 30 Desember 2017)

### Abstrak

Klasifikasi kualitas kopra dengan bantuan komputer menggunakan pengolahan citra dapat membantu mempercepat pekerjaan manusia. Teknik data mining dapat dimanfaatkan untuk melakukan klasifikasi kualitas kopra berdasarkan warna RGB (*red, green, blue*) dan tekstur (*energy, contrast, correlation, homogeneity*). Permasalahannya adalah kesulitan memprediksi kualitas kopra dalam kategori A (80-85%), kategori B (70-75%) dan kategori C (60-65%). Tujuan dari penelitian ini ialah membangun aplikasi untuk klasifikasi kualitas kopra berdasarkan warna dan tekstur. Adapun metode klasifikasi yang digunakan adalah *nearest mean classifier* (NMC). Sebelum proses klasifikasi dilakukan praproses *background subtraction* dengan metode *pixel subtraction* untuk memisahkan objek dengan latarnya. Manfaat dari penelitian ini antara lain dapat menghemat waktu dalam melakukan klasifikasi kualitas kopra dan dapat mempermudah penentuan harga jual beli kopra. Berdasarkan hasil evaluasi dengan menggunakan metode *cross validation* diperoleh ketelitian rata-rata 80.67% dengan simpangan baku 1.17%.

**Kata Kunci:** *Klasifikasi, citra, kopra, nearest mean classifier, pixel subtraction, warna RGB, tekstur*

### Abstract

*The classification of copra quality with the help of computer by using image processing can help to speed up human work. Data mining techniques can be utilized for copra quality classification based on RGB color (red, green, blue) and texture (energy, contrast, correlation, homogeneity). The problem is the difficulty in predicting the quality of copra in grade of A (80-85%), grade of B (70-75%) and grade of C (60-65%). The objective of this study is to develop an application for the classification of copra quality based on color and texture. The method used is the nearest mean classifier (NMC). Preprocessing is done before the classification process for background subtraction by using pixel subtraction method to separate the image of object against the background. The benefits of this research are it can save time in classifying the quality of copra and can facilitate the determination of copra price. Based on the evaluation result by using cross validation method obtained the average accuracy is 80.67% with standard deviation is 1.17%.*

**Keywords:** *classification, image, copra, nearest mean classifier, pixel subtraction, RGB color, texture*

## 1. PENDAHULUAN

Kelapa (*cocos nucifera*) merupakan pohon yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Kelapa terbungkus serabut dan batok yang cukup kuat. Setiap bagian dari pohon kelapa dapat dimanfaatkan bagi kepentingan manusia. Oleh karena itu, tanaman kelapa sering disebut sebagai pohon kehidupan.



Gambar 1. Kopra

Salah satu bentuk pengolahan kelapa adalah dengan menjadikannya kopra. Kopra adalah kelapa yang telah dikeluarkan isinya dan dikeringkan. Buah kelapa yang sudah dibelah mesti secepatnya dikeringkan menjadi kopra (lihat Gambar 1). Jika tetap berair permukaan daging buah akan berlendir dan berwarna kuning. Cara pengeringan buah kelapa digolongkan dalam dua cara, yaitu pengeringan menggunakan cahaya matahari dan pengeringan secara buatan.

Adapun cara pengeringan pertama dengan cahaya matahari yaitu daging kelapa yang masih melekat pada tempurung dijemur langsung di bawah terik matahari, sedangkan cara pengeringan kedua dengan pemanasan api yaitu dengan mengadakan kontak langsung daging buah dengan gas-gas atau panas api yang timbul dari pembakaran. Umumnya

cara ini disebut pula dengan pengasapan. Pengasapan bisa dilakukan di ruang terbuka atau mengeringkan di dalam ruang tertutup dengan udara yang dipanaskan.

Setelah selesai pengasapan kopra selanjutnya dilakukan pemisahan daging kopra dengan tempurungnya. Setelah selesai pemisahan daging kopra dengan tempurung lalu dimuat ke dalam karung. Setelah itu kopra dibawa ke penampung (tokeh) kopra. Tokeh kopra melakukan pengecekan dengan cara membuka karung lalu mencurah kopra ke permukaan lantai gudang kopra. Tokeh kopra melihat kopra dengan cara melihat warna dan ketebalan daging kopra secara kasat mata. Apabila warna kopra coklat kehitaman dan daging kopra tebal maka persentase kekeringan kopra baik. Namun hal ini dapat merugikan penjual kopra karena penentuan yang sepihak dan masih kurang akurat. Diperlukan pengamatan khusus terhadap pembakaran kopra terlebih dahulu untuk memperoleh pengukuran kualitas kopra yang akurat (Harsono and Siregar 2015).

Perkembangan perangkat keras dan perangkat lunak komputer yang begitu cepat dan didukung konsep datamining berupa klasifikasi pola serta teknik-teknik pengolahan citra, maka diharapkan penentuan klasifikasi kualitas kopra dengan bantuan komputer dapat direalisasikan untuk membantu mempercepat pekerjaan manusia pada umumnya dan tokeh kopra secara khususnya. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah membangun aplikasi untuk memprediksi persentase kekeringan kopra.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Citra Digital

Citra digital merupakan *image* dimana  $f(x,y)$  yang telah didigitalisasikan (dibentuk menjadi diskrit) baik koordinat spasialnya atau tingkat intensitasnya (Bhat 2014). Citra yang ada didigitalisasi agar mudah diolah dan disimpan dalam media penyimpanan seperti memori computer, hard disk atau media lain. Dalam penelitian ini prediksi citra kopra dilakukan pada citra warna 24 bit dengan format Jpeg (jpg) dengan ukuran 640 x 480 piksel. Setiap piksel menyatakan kombinasi komponen warna *red*, *green* dan *blue* (RGB). Model RGB adalah model warna 24 bit. Dalam model warna 24 bit masing-masing kanal warna (R,G,B) memiliki 256 bin. Masing-masing komponen warna direpresentasikan dengan 8 *binary digit*. Delapan *binary digit* ini merepresentasikan angka intensitas pada piksel. Oleh karena itu terdapat sebanyak  $2^8 = 256$  derajat intensitas (0– 255) untuk masing-masing komponen warna. Citra model warna 24 bit dikenal juga dengan sebutan citra 16 juta warna, sebab citra model ini dapat memproduksi sebanyak  $2^{24} = 16.777.216$  kombinasi warna. Setiap citra dalam model RGB, maka pada setiap kanal warna R (*red*), G (*green*) dan B (*blue*) memiliki histogram. Histogram adalah fungsi yang mendistribusikan

jumlah piksel yang ada pada suatu citra untuk setiap level intensitas. Absisnya yang merupakan sumbu x adalah tingkat intensitas, dan ordinatnya yang merupakan sumbu y adalah frekuensi kemunculan atau banyaknya piksel dengan nilai intensitas tertentu.

Objek yang ditangkap melalui kamera digital disimpan dalam bentuk digital. Intensitas RGB pada masing-masing piksel yang membentuk citra dapat diilustrasikan sebagaimana matriks di bawah ini:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

$$G = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{m1} & g_{m2} & \dots & g_{mn} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{bmatrix}$$

### 2.2. Pengolahan Citra

Tujuan dilakukannya pengolahan citra pada klasifikasi pola adalah untuk memperbaiki mutu citra tersebut sehingga mudah diproses oleh komputer. Pengolahan citra merupakan langkah praproses (*preprocessing*) sebelum proses klasifikasi dilakukan dan termasuk didalamnya *background subtraction* (Kumar and Yadav 2017). Pengolahan citra akan mentransformasi citra yang asalnya kurang baik menjadi citra keluaran yang lebih baik. Dengan demikian, *input* nya merupakan citra dan *output* nya citra pula, hanya saja citra keluaran akan lebih berkualitas dibandingkan citra asal.

### 2.3. Background Subtraction

*Background subtraction* merupakan *preprocessing* bertujuan untuk memisahkan objek pada citra terhadap latar belakangnya. Proses ini dapat dilakukan dengan metode *pixel subtraction* yaitu dengan cara membaca citra objek dengan latarnya kemudian dilanjutkan membaca citra latar saja. Setelah itu pada kedua citra tersebut dilakukan operasi pengurangan nilai intensitas piksel, yaitu citra dengan objek dikurangi dengan citra latar belakangnya. Hal ini bertujuan agar citra objek benar-benar tersegmentasi dari latarnya.

*Pixel subtraction* saja tidak cukup, hal ini disebabkan karena pengambilan citra latar dilakukan sebelum pengambilan citra objek sehingga dimungkinkan ada perubahan intensitas cahaya walaupun sangat kecil pada selang waktu pengambilan citra tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan *threshold* (penentuan nilai ambang batas) pada operasi pengurangan nilai intensitas cahaya pada kedua citra. Dengan demikian hasil *background subtraction* yang dilakukan tersebut benar-benar optimal. Operasi pengurangan piksel (*pixel subtraction*) adalah nilai absolut pengurangan citra objek dengan citra latar. Hasil operasi *pixel subtraction* di peroleh dari persamaan (1).

$$Q(i, j) = |P_1(i, j) - P_2(i, j)| \dots \dots \dots (1)$$

dengan  $P_1$  adalah citra objek dan  $P_2$  adalah citra latar. Intensitas R, G dan B hasil background subtraction yang nilainya kurang dari nilai *threshold* yang ditentukan akan dianggap sebagai latar atau bukan objek sehingga tidak perlu diidentifikasi ciri atau fiturnya (Kamate and Yilmazer 2015).

**2.4. Fitur**

Fitur adalah segala jenis aspek pembeda atau ciri-ciri yang dapat membedakan. Fitur digunakan dalam melakukan identifikasi terhadap objek yang akan dikenali. Fitur yang baik ialah fitur yang mempunyai kemampuan yang besar untuk membedakan, dengan demikian pengelompokkan objek bisa dilakukan dengan baik dan memberikan akurasi yang baik pula. Oleh karena itu pemilihan fitur sangat menentukan keberhasilan dalam pengenalan pola. Pengukuran nilai fitur diperoleh dari hasil ekstraksi fitur pada objek. Beberapa fitur yang dapat digunakan dalam membedakan objek adalah warna RGB dan tekstur.

Fitur warna RGB dapat berupa mean warna. Jika sebuah citra dengan jumlah piksel  $P$  maka mean warna red (R), green (G) dan Blue (B) berturut-turut diberikan persamaan (2),(3) dan (4).

$$\bar{x} = (\bar{r}, \bar{g}, \bar{b})^T \text{ dimana:}$$

$$\bar{r} = \frac{\sum r(p)}{P} \quad (2)$$

$$\bar{g} = \frac{\sum g(p)}{P} \quad (3)$$

$$\bar{b} = \frac{\sum b(p)}{P} \quad (4)$$

$r(p), r(g)$ , dan  $b(p)$  merupakan intensitas pada setiap kanal r (*red*), g (*green*) dan b (*blue*) yang ada pada piksel  $p$ .

Adapun tekstur dapat dikalkulasi menggunakan distribusi frekuensi intensitas piksel pada posisi tertentu relatif terhadap posisi piksel lainnya. Citra

direpresentasikan menggunakan matriks yang komponennya bergantung pada jumlah piksel dan intensitas masing-masing piksel. Statistik yang menyatakan keterkaitan antar piksel yang satu dengan piksel yang lain pada citra, dikategorikan menjadi tiga macam: (1) statistik orde pertama, yaitu statistik dikalkulasi melalui intensitas piksel dari citra (misalnya fitur *mean* dan *variance*) dengan mengabaikan hubungan antar piksel bertetangga; (2) statistik orde ke-dua yaitu dikalkulasi melalui intensitas piksel dari citra dengan memperhatikan hubungan antara piksel yang bertetangga; (3) statistik orde ke-tiga atau di atasnya, yaitu dikalkulasi melalui intensitas piksel dari citra dimana hubungan antara tiga atau lebih piksel diperhitungkan.

Salah satu metode pada statistik orde kedua, yakni GLCM (*Gray-Level Cooccurrence Matrix*). GLCM melakukan tabulasi berkaitan dengan frekuensi intensitas piksel pada berbagai posisi dalam suatu citra. (Angkoso, 2011). Ada empat macam fitur tekstur yang sering digunakan dalam GLCM ialah energi, kontras, korelasi, dan homogenitas (Halim & Hardy, 2015). Energi merupakan fitur yang diukur melalui konsentrasi pasangan intensitas pada matriks *co-occurrence*. Matriks *co-occurrence* ialah suatu matrik yang menunjukkan frekuensi kemunculan pasangan piksel pada citra dengan intensitas, jarak dan arah tertentu. Persamaan yang digunakan untuk menghitung energi adalah persamaan (5). Kontras ialah fitur yang menggambarkan sejauh mana kekuatan perbedaan tingkat intensitas pada suatu citra. Nilai kontras berbanding lurus dengan variasi intensitas citra. Kontras diukur menggunakan formula (6). Korelasi menggambarkan sejauh mana tingkat keteraturan pada citra, apabila nilai pada matriks sama atau merata, maka nilai korelasi yang dihasilkan adalah minimum, sebaliknya apabila nilainya semakin tidak merata, maka korelasi akan maksimum. Korelasi dapat dikalkulasikan melalui formula (7). Homogenitas ialah fitur yang menggambarkan homogen tidaknya variasi intensitas pada citra. Homogenitas akan membesar jika variasi mengecil dan sebaliknya. Homogenitas dihitung dengan menggunakan persamaan (8).

$$E = \sum_{i_1} \sum_{i_2} p^2(i_1, i_2)^2 \quad (5)$$

$$I = \sum \sum (i_1 - i_2)^2 p(i_1, i_2) \quad (6)$$

$$C = - \sum_{i_1} \sum_{i_2} p(i_1, i_2) \log p(i_1, i_2) \quad (7)$$

$$H = \sum_{i_1} \sum_{i_2} \frac{p(i_1, i_2)}{1+|i_1, i_2|} \quad (8)$$

dengan  $p$  adalah probabilitas dalam matriks *co-occurrence*,  $i_1, i_2$  adalah pasangan intensitas yang berdekatan, yang merupakan indeks baris dan kolom.

## 2.5. Data mining

*Data mining* merupakan proses penggalian pola dari sekumpulan data yang besar, dengan menggunakan teknik tertentu, yang menghasilkan nilai tambah berupa pengetahuan baru yang berharga dimana selama ini belum diketahui. *Data mining* berurusan dengan area lain, antara lain sistem basis data, jaringan syaraf tiruan, *pattern recognition*, data warehouse, statistik, mesin pembelajaran dan pencarian kembali informasi. *Data mining* dapat mempekerjakan satu atau lebih teknik pembelajaran komputer. Proses ini dapat otomatis atau semi otomatis. Pola yang digali lebih berarti dan pola tersebut menghasilkan pengetahuan yang berharga, yang umumnya menghasilkan nilai tambah ekonomi. (Gunawan, Putra, and Renaldi 2016).

## 2.6. Klasifikasi

Klasifikasi adalah proses pengelompokan objek ke dalam kategori tertentu berdasarkan fiturnya. Algoritma klasifikasi adalah sebuah fungsi yang memetakan objek ke salah satu label kelas tertentu. Algoritma klasifikasi atau *classifier* digunakan untuk melakukan tugas klasifikasi. Klasifikasi bertujuan untuk menentukan kategori objek yang belum diketahui label kelasnya berdasarkan karakteristik yang dimiliki objek tersebut, untuk dikategorikan ke dalam salah satu label kelas tertentu yang telah didefinisikan sebelumnya. Dalam klasifikasi terdapat dua proses yang dilakukan yaitu dengan membangun *classifier* (model) untuk disimpan dalam memori dan selanjutnya dilakukan pengenalan, klasifikasi atau prediksi pada suatu objek untuk ditentukan kategorinya berdasarkan model yang telah disimpan dalam memori tersebut. Model dapat berbentuk aturan (rule), pohon keputusan, jaringan syaraf tiruan ataupun formula matematika.

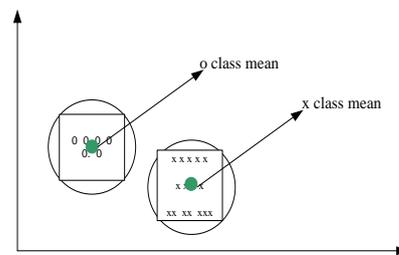
## 2.7. Nearest Mean Classifier

*Nearest mean classifier* (NMC) adalah sebuah teknik untuk melakukan klasifikasi (Bhavsar 2017). NMC sebagai sebuah pemilah menggunakan kemiripan antar pola untuk melakukan klasifikasi. Untuk setiap kelas, NMC menghitung rata-rata kelas (*centroid*) dari sampel data. Kemiripan diperoleh melalui perhitungan jarak *Euclidean* antara pola yang tidak diketahui dengan *centroid* dari sampel data. NMC mengklasifikasikan sebarang pola yang tidak diketahui ke kelas dengan *centroid* yang terdekat dengan pola yang akan dikenali. NMC telah berhasil diterapkan pada masalah klasifikasi dan menunjukkan hasil yang baik.

*Nearest mean classifier* merupakan pemilah linier sederhana untuk mengklasifikasikan sebuah objek yang tidak diketahui ke dalam suatu kelas terdekat. Metode ini disebut juga *minimum euclidean distance classifier*. Metode ini mudah dimengerti dan mudah diimplementasikan karena tidak membuat asumsi tentang distribusi data dalam ruang fitur. Setiap kelas (*cluster*) diwakili oleh rata-

rata vektor fitur objek yang sekelas berdasarkan data sampel. Rata-rata vektor fitur kelas (*class mean*) menjadi titik pusat kelas atau istilah lainnya adalah *centroid*. Selanjutnya klasifikasi didasarkan atas jarak terdekat vektor fitur objek dengan vektor fitur *class mean*.

Ilustrasi pada Gambar 2. di bawah ini menunjukkan dua buah kelas (*cluster*) yang diwakili oleh *class mean/ centroid*.



Gambar 2. Dua Buah Mean Kelas

*Class mean* pada masing-masing kelas dihitung berdasarkan nilai rata-rata fitur objek yang berada pada kelas yang sama. Aturan klasifikasi pada metode ini dapat dijelaskan sebagai berikut: jika diberikan dua buah kelas  $w_1$  dan  $w_2$  dan himpunan objek dinyatakan dalam himpunan vektor sebagai  $\{x_1, \dots, x_n\}$ , jika  $\bar{x}_{(i)}$  adalah mean kelas  $w_i$  maka untuk objek baru  $z$  diklasifikasikan ke dalam kelas  $w_i$  jika dan hanya jika jarak euclidean  $D^2(z, \bar{x}_{(i)}) < D^2(z, \bar{x}_{(2)})$ . Algoritma NMC adalah sebagai berikut:

1. Tentukan *class mean* untuk setiap kelas.
2. Untuk setiap objek yang akan diklasifikasikan, hitung jaraknya (norma vektor) ke setiap *class mean* yang ada menggunakan jarak euclidean.
3. Objek diklasifikasikan ke kelas yang jarak objek dengan *class mean* adalah terdekat (minimum).

## 3. METODOLOGI PENGEMBANGAN SISTEM

Pada pengembangan sistem ini dilakukan penentuan klasifikasi kualitas kopra melalui pengolahan citranya. Prediksi citra kopra dilakukan pada citra warna 24 bit dengan format Jpeg (jpg) dengan ukuran 640x480 piksel. Klasifikasi dilakukan pada sekelompok kopra, bukan per item kopra. Ciri pembeda yang digunakan adalah fitur warna RGB yaitu *red green* dan *blue* serta fitur tekstur yaitu *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity*.

Pengambilan citra dilakukan dengan menggunakan kamera, dimana kamera yang digunakan adalah Sony DSC-W610. Tinggi tripod waktu pengambilan citra adalah 47 cm, pencahayaan -1,0 dan zoom 1.4. Gambar 3 menampilkan perangkat keras yang digunakan. Kategori kualitas kopra selanjutnya dijadikan label kelas yaitu kelas A (80–85%), kelas B (70–75%) dan kelas C (60–65%).



Gambar 3. Perangkat Keras Penangkap Citra Kopra

#### 4. IMPLEMENTASI SISTEM

Sistem dibagi menjadi dua buah sub sistem yaitu sub sistem pembentukan basis data fitur citra yang menyimpan pengetahuan tentang data sampel kopra dan sub sistem klasifikasi yang akan memprediksi kualitas kopra yang belum diketahui.

##### 4.1. Sub Sistem Pembentuk kelas

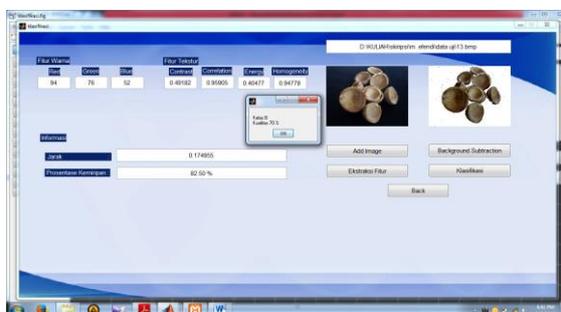
Pembentuk kelas digunakan untuk melakukan pelatihan/ pengenalan sampel. Tampilan antar mukanya seperti Gambar 4.



Gambar 4. Sub Sistem Pembentuk Kelas

##### 4.2. Sub Sistem Klasifikasi

Penentuan kualitas kopra dilakukan dengan cara melakukan query citra. Tampilan antar muka pemakai untuk sistem klasifikasi kualitas kopra seperti Gambar 5.



Gambar 5. Sub Sistem Klasifikasi

#### 5. HASIL DAN EVALUASI

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan sistem dalam melakukan klasifikasi kualitas kopra. Pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan. Masing-masing pengujian pada kelas A (80-85 %), kelas B (70-75%) dan kelas C (60-65 %). Untuk setiap data uji pada masing-masing kelas dilakukan sepuluh kali eksperimen. Setiap kali eksperimen menggunakan metode *10-fold cross validation*. Selanjutnya terakhir dilakukan pengujian secara global untuk mengukur kemampuan sistem dalam melakukan klasifikasi pada semua kelas. Akurasi yang diperoleh secara global ini yang merupakan ketelitian sistem dalam melakukan klasifikasi kualitas kopra.

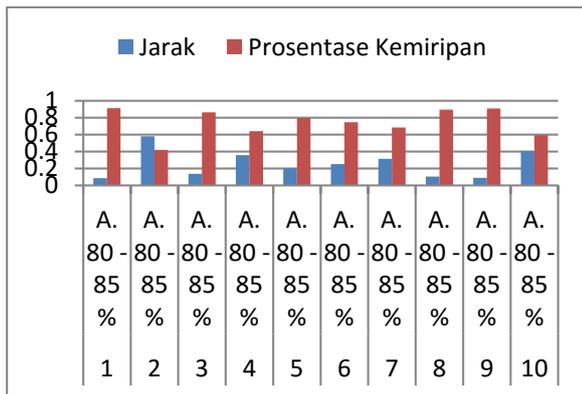
##### 5.1. Pengujian Untuk Data Uji 80–85 %

Dalam rangka pengujian sistem untuk mendeteksi kualitas kopra 80-85% atau kelas A maka dilakukan sepuluh (10) kali eksperimen. Setiap kali eksperimen menghasilkan informasi berupa jarak kemiripan dan prosentase kemiripan. Semakin kecil jarak kemiripan berarti semakin besar persentase kemiripan. Hasil rata-rata diperoleh persentase kemiripan 74,63% dan simpangan baku 16,2%. Untuk lebih lengkapnya hasil pengujian kategori 80-85%, ditampilkan pada Tabel 1.

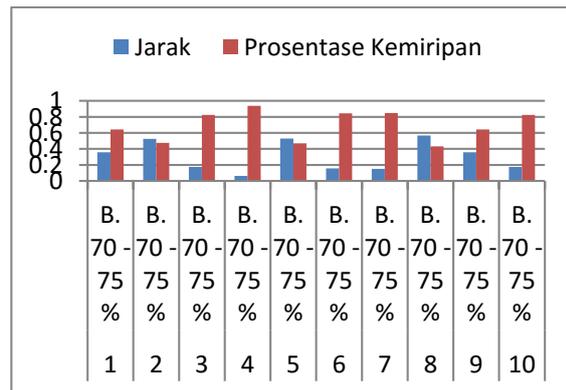
Tabel 1. Pengujian untuk Kategori 80–85%

| No.            | Kelas  | Jarak    | Persentase Kemiripan |
|----------------|--------|----------|----------------------|
| 1              | 80-85% | 0.087391 | 91.26                |
| 2              | 80-85% | 0.580568 | 41.94                |
| 3              | 80-85% | 0.136787 | 86.32                |
| 4              | 80-85% | 0.358948 | 64.11                |
| 5              | 80-85% | 0.203877 | 79.61                |
| 6              | 80-85% | 0.252446 | 74.76                |
| 7              | 80-85% | 0.315572 | 68.44                |
| 8              | 80-85% | 0.104578 | 89.54                |
| 9              | 80-85% | 0.091114 | 90.89                |
| 10             | 80-85% | 0.405636 | 59.44                |
| Rata – Rata    |        | 0.253692 | 74.63                |
| Simpangan Baku |        | 0.16238  | 16.2                 |

Gambar 6 merupakan grafik pengujian untuk data uji 80–85 %. Sepuluh (10) data eksperimen digunakan sehingga menghasilkan informasi berupa jarak dan prosentase kemiripan. Pengujian katedori kualitas bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Pengujian untuk Data Uji 80–85 %



Gambar 7. Grafik Pengujian untuk Data Uji 70–75%

### 5.2. Pengujian Untuk Data Uji 70–75 %

Seperti halnya pada pengujian kualitas pada kelas A maka pada pengujian kelas B (70-75%) juga dilakukan sepuluh (10) kali eksperimen. Setiap kali eksperimen menghasilkan informasi berupa jarak kemiripan dan prosentase kemiripan. Berdasarkan Pengujian klasifikasi kualitas menggunakan data uji diperoleh rata-rata kemiripan sebesar 69,43% dan simpangan baku 18,6%. Selanjutnya hasil pengujian selengkapnya diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Untuk Kategori 70–75%

| No.            | Kelas  | Jarak    | Persentase Kemiripan |
|----------------|--------|----------|----------------------|
| 1              | 70-75% | 0.357899 | 64.21                |
| 2              | 70-75% | 0.524852 | 47.51                |
| 3              | 70-75% | 0.174955 | 82.50                |
| 4              | 70-75% | 0.061913 | 93.81                |
| 5              | 70-75% | 0.529663 | 47.03                |
| 6              | 70-75% | 0.156025 | 84.40                |
| 7              | 70-75% | 0.150776 | 84.92                |
| 8              | 70-75% | 0.568089 | 43.19                |
| 9              | 70-75% | 0.357899 | 64.21                |
| 10             | 70-75% | 0.174955 | 82.50                |
| Rata - Rata    |        | 0.305703 | 69.43                |
| Simpangan Baku |        | 0.17678  | 18.6                 |

Gambar 7 merupakan grafik pengujian untuk data uji kelas B (70–75%). Sepuluh (10) data eksperimen digunakan sehingga menghasilkan informasi berupa jarak dan prosentase kemiripan. Pengujian klasifikasi kualitas bisa dilihat pada Gambar 7.

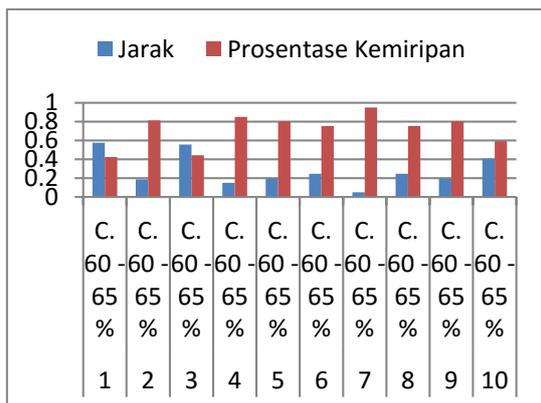
### 5.3. Pengujian Untuk Data Uji 60–65 %

Sepuluh (10) data eksperimen digunakan pada pengujian kualitas pada kelas C (60-65%) Setiap kali eksperimen menghasilkan informasi berupa jarak kemiripan dan prosentase kemiripan. Berdasarkan pengujian klasifikasi kualitas kelas C menggunakan data uji diperoleh rata-rata kemiripan sebesar 71,89% dan simpangan baku 17,5%. Hasil pengujian selengkapnya disajikan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Untuk Kategori 60–65%

| No.            | Kelas  | Jarak    | Persentase Kemiripan |
|----------------|--------|----------|----------------------|
| 1              | 60-65% | 0.575948 | 42.41                |
| 2              | 60-65% | 0.186366 | 81.36                |
| 3              | 60-65% | 0.557663 | 44.23                |
| 4              | 60-65% | 0.150148 | 84.99                |
| 5              | 60-65% | 0.195508 | 80.45                |
| 6              | 60-65% | 0.246113 | 75.39                |
| 7              | 60-65% | 0.049931 | 95.01                |
| 8              | 60-65% | 0.246113 | 75.39                |
| 9              | 60-65% | 0.195446 | 80.46                |
| 10             | 60-65% | 0.408213 | 59.18                |
| Rata - Rata    |        | 0.281145 | 71.89                |
| Simpangan Baku |        | 0.17520  | 17.5                 |

Gambar 8 merupakan grafik pengujian untuk data uji 60–65%. Sepuluh (10) data eksperimen digunakan sehingga menghasilkan informasi berupa jarak dan prosentase kemiripan. Pengujian klasifikasi kualitas bisa dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Pengujian untuk Data Uji 60–65%

#### 5.4. Pengujian Secara Global

Sebelumnya telah dilakukan pengujian untuk setiap kelas. Pada bagian ini dilakukan pengujian secara global, untuk menguji tingkat ketelitian aplikasi yang telah dibangun untuk memprediksi semua kelas yang ada yaitu A, B dan C. Berdasarkan hasil *eksperimen* pengujian menggunakan  $10 \times 10$ -fold *cross validation* (Abdullah and Ku-mahamud 2016), secara umum dihasilkan ketelitian rata-rata 80.67% dengan simpangan baku 1.17%. Hasil evaluasi selengkapnya ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Evaluasi Secara Global

| No. Pengujian         | Hasil        |
|-----------------------|--------------|
| 1                     | 81.67        |
| 2                     | 80.00        |
| 3                     | 81.67        |
| 4                     | 80.00        |
| 5                     | 80.00        |
| 6                     | 81.67        |
| 7                     | 80.00        |
| 8                     | 81.67        |
| 9                     | 81.67        |
| 10                    | 78.33        |
| <b>Rata-Rata</b>      | <b>80.67</b> |
| <b>Simpangan Baku</b> | <b>1.17</b>  |

#### 6. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, metode *nearest mean classifier* (NMC) digunakan untuk memprediksi klasifikasi kualitas kopra berdasarkan warna RGB dan tekstur. Sebelum proses klasifikasi berjalan dilakukan background subtraction menggunakan metode *pixel subtraction*. Berdasarkan hasil percobaan menggunakan metode  $10 \times 10$ -fold *cross validation*, dapat diambil kesimpulan pada masing-masing kategori sebagai berikut: pada klasifikasi

kualitas kopra kelas A (80–85%) dihasilkan ketelitian rata-rata 74.63 % dengan simpangan baku 16.2%; pada klasifikasi kualitas kopra kelas B (70–75%) rata-rata dihasilkan ketelitian 69.43% dengan simpangan baku 18.6%; sedangkan pada kualitas kopra kelas C (60–65%) rata-rata dihasilkan ketelitian 71.89% dengan simpangan baku 17.5%. Secara global berdasarkan hasil eksperimen diperoleh ketelitian rata-rata 80.67% dengan simpangan baku 1.17%. Prediksi persentase kekeringan kopra berdasarkan warna dan tekstur bisa dimanfaatkan dan dikembangkan lagi; serta dapat dikembangkan dengan berbasis android; selanjutnya perbaiki user interface sebaiknya dilakukan agar memudahkan pengguna.

#### 7. DAFTAR PUSTAKA

- ABDULLAH, & KU RUHANA KU-MAHAMUD. 2016. Ant System-Based Feature Set Partitioning Algorithm for Classifier Ensemble Construction. *International Journal of Soft Computing* 11(3): 176–84.
- BHAT, MUZAMIL. 2014. Digital Image Processing. *International Journal of Scientific & Technology Research* 3(1): 272–76. www.ijstr.org.
- BHAVSAR, HEMINA. 2017. Review on Feature Extraction Methods of Image Based Sign Language Recognition System. *Indian Journal of Computer Science and Engineering* 8(3): 249–59.
- GUNAWAN, ABDILLAH, PUTRA, F. A. & RENALDI, F. 2016. Penerapan Data Mining Pemakaian Air Pelanggan Untuk Menentukan Klasifikasi Potensi Pemakaian Air Pelanggan Baru Di PDAM Tirta Raharja Menggunakan Algoritma K-Means. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi (SENTIKA)*, Yogyakarta, 498–506.
- HARSONO, SISBUDI, S. & SIREGAR, K. 2015. Peningkatan Kinerja Mesin Diesel Dengan Produksi Biodiesel Dari Kelapa (Coconut Nufera) Dan Unjuk Kinerjanya Berbasis Transesterifikasi Dengan Sistem Injeksi Langsung. *Jurnal Rona Teknik Pertanian* 8 (2)(Oktober): 62–75.
- KAMATE, SHREYAMSH, & YILMAZER, N. 2015. Application of Object Detection and Tracking Techniques for Unmanned Aerial Vehicles. *Procedia Computer Science* 61: 436–41.
- KUMAR, SATRUGHAN, & YADAV, J.S. 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing. *Proceeding of International Conference on Intelligent Communication, Control and Devices*, eds. R Singh and Choudhury.

## FAKTOR YANG MEMPENGARUHI WARGA DAN PEMERINTAH DALAM ADOPSI E-GOVERNMENT: SEBUAH ULASAN SISTEMATIS

Yusrida Muflihah<sup>1</sup>, Tony Dwi Susanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Magister Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Jl. Raya ITS - Kampus ITS Sukilo, Surabaya, 60111 Indonesia  
Telp: (031) 5999944, Fax: (031) 5964965  
Email: <sup>1</sup>yusridamuflihah@gmail.ac.id, <sup>2</sup>tonydwisusanto@gmail.ac.id

(Naskah masuk: 13 Juni 2017, diterima untuk diterbitkan: 17 Desember 2017)

### Abstrak

Penelitian ini berfokus pada faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dilihat dari perspektif warga dan pemerintahan. Penelitian ini dilatarbelakangi adanya studi literature yang menjelaskan bahwa *e-Government* menjadi populer dikarenakan adanya manfaat yang signifikan kepada pemerintah, warga dan masyarakat. Studi literatur yang ada saat ini hanya menjelaskan mengenai faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dari sisi warga, tetapi belum ada yang membahas mengenai faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dari dua perspektif yaitu warga dan pemerintahan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengisi celah yang ada di studi literatur yaitu literatur mengenai adopsi e-Government, dengan fokus khusus pada faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dari perspektif warga dan pemerintahan. Dalam mencapai tujuan, digunakan metode studi literatur. Studi literatur yang digunakan dalam jurnal ini berasal dari berbagai jurnal yang membahas mengenai faktor adopsi dari sisi warga maupun pemerintah. Hasil dari jurnal ini berupa ulasan mengenai faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dari perspektif warga dan pemerintahan, perbedaan dari faktor beserta dampaknya.

**Kata kunci:** faktor adopsi, e-government, pemerintahan, warga.

### Abstract

*This study focuses on the factors that influence e-Government adoption seen from the perspective of citizens and governance. This research is based on a study of literature that explains that e-Government is becoming popular due to the significant benefits to government, citizens and society. The current literature study only explains the factors affecting e-Government adoption of citizens, but no one has yet discussed the factors affecting e-Government adoption from two perspectives: citizens and government. The purpose of this study is to fill the gaps in the literature study of literature on e-Government adoption, with a focus on the factors that influence e-Government adoption from the perspective of citizens and governments. In achieving the purpose of the paper, the literature study method is used. The literature study used in this paper comes from. The literature study used in this journal comes from various journals that discuss the adoption factors of the citizens and the government. The results of this journal are a review of factors affecting e-Government adoption of citizen and government perceptions, differences in factors and impacts.*

**Keywords:** adoption factor, e-government, citizen, governance

### 1. PENDAHULUAN

Kemajuan pesat dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi (TIK) berpengaruh secara global yang dampaknya meluas hampir ke seluruh lini masyarakat. Salah satu bentuk dampak positif dari perkembangan TIK adalah munculnya sistem digitalisasi dalam penyelenggaraan pemerintahan yang dikenal sebagai *Electronic Government* atau *e-Government* (E.S.Holle, 2011). E-government dikenal dengan istilah yang berbeda-beda seperti

electronic government, electronic governance, digital government, online government, eGov dan lain-lain (Gronlun, 2004). Menurut (Bank, 2002), e-government berhubungan dengan penggunaan teknologi informasi (seperti *wide area network*, internet dan *mobile computing*) oleh organisasi pemerintahan yang mempunyai kemampuan membentuk hubungan dengan warga negara, bisnis dan organisasi lain dalam pemerintahan. (Fang, 2002) mendefinisikan e-government sebagai cara pemerintah yang paling inovatif dalam menggunakan

teknologi, informasi dan komunikasi (TIK), khususnya aplikasi berbasis web untuk menyediakan dan memfasilitasi masyarakat dan bisnis dalam mengakses informasi dan layanan pemerintah yang lebih mudah. E-government juga dapat meningkatkan kualitas layanan dan memberikan kesempatan yang lebih besar bagi mereka untuk berpartisipasi dalam proses dan institusi demokrasi.

Pemerintahan di dunia secara berkelanjutan menggunakan *e-Government* untuk transformasi penyampaian layanan publik, meningkatkan interaksi antara warga dan pemerintah, menyederhanakan komunikasi dua arah antara warga dan pemerintah, meningkatkan efisiensi organisasi publik, dan penghematan uang pembayaran pajak (Gauld, 2010). Salah satu hasil penerapan *e-Government* adalah peningkatan kualitas dan aksesibilitas layanan publik melalui penyelenggaraan layanan publik secara online. Setiap masyarakat dapat dengan mudah untuk mengakses dan melakukan permohonan terhadap layanan public melalui sebuah aplikasi berbasis online yang terhubung dengan sistem internal instansi yang terkait (E.S.Holle, 2011). *E-Government* kini menjadi populer dikarenakan adanya manfaat yang signifikan kepada pemerintah, warga dan masyarakat termasuk penyampaian kualitas layanan publik, kenyamanan dan aksesibilitas pelayanan publik, pengurangan biaya komunikasi dan informasi, menjembatani kesenjangan digital, memfasilitasi partisipasi aktif warga dalam pemerintahan, memperluas jangkauan, dan memperpendek jarak dengan warga yang tinggal di daerah terpencil atau daerah kurang pada padat penduduk. Fakta yang ada menunjukkan bahwa *E-Government* dianggap sebagai cara yang efektif untuk menciptakan nilai publik (*public value*) bagi warga (Nations, 2003).

Adopsi dan penggunaan layanan pemerintah online memiliki arti khusus bagi negara-negara berkembang (Vinod Kumar, 2007). Di Indonesia, e-Government mulai diterapkan sejak tahun 1995 dengan nama Bina Graha Net yang berlokasi di Istana Negara, yang kemudian berlanjut dengan adanya website di instansi pemerintahan. Perkembangan e-Government semakin meningkat setelah adanya Inpres Nomor 3 Tahun 2003 mengenai kebijakan dan strategi nasional pengembangan e-Government. Sebelum adanya Inpres tersebut, Indonesia memiliki 322 situs web kemudian meningkat menjadi 472 situs web. Perkembangan e-Government menyebar tidak hanya di tingkat kementerian, melainkan pada pemerintahan daerah. e-Government merupakan suatu instrumen yang mendukung pertukaran informasi yang diperlukan antara pelanggan dan

administrasi berdasarkan teknologi informasi, dalam e-Government pertukaran informasi terjadi pada warga dan pemerintah (Sara Hofmann, 2012). Menurut (Lemuria Carter, 2005) dalam mengembangkan e-Government, pemerintah perlu mengetahui terlebih dahulu faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi warga terhadap inovasi e-Government. Fenomena mengenai berkembangnya adopsi e-Government, menimbulkan pertanyaan yaitu apa faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dari perspektif warga dan pemerintah?

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan review sistematis terhadap literatur terkini mengenai adopsi e-Government, dengan fokus khusus pada faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dari sisi warga dan pemerintahan. Dalam mencapai tujuan tersebut, akan dilakukan pencarian terhadap jurnal melalui berbagai sumber yang berkaitan dengan faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government, kemudian memilih jurnal yang sesuai dengan fokus penelitian, selanjutnya melakukan review dari jurnal yang telah dipilih sehingga didapatkan daftar faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dari perspektif warga dan pemerintahan, dari faktor tersebut kemudian diulas mengenai definisi dari setiap faktor, perbedaan faktor adopsi e-Government dari sisi warga dan pemerintah serta dampaknya.

## 2. METODOLOGI

Bagian berikut menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini sehingga penelitian ini dapat diselesaikan secara sistematis, terarah dan jelas. Alur pengerjaan penelitian ini, sebagai berikut:

### 1. Mencari jurnal mengenai faktor adopsi e-Government

Pencarian jurnal dilakukan pada berbagai sumber. Kata kunci yang digunakan untuk mendapatkan jurnal yang sesuai yaitu *adoption in e-Government*, *adoption e-Government citizen*, *factors adoption e-Government*, *adoption e-Government government*, *critical factors in e-Government*.

### 2. Memilih jurnal

Jurnal yang dihasilkan dari tahap pencarian kemudian dipilih yang sesuai. Dalam melakukan pemilihan jurnal, apakah mengulas tentang faktor adopsi e-Government. Konten dari jurnal yang dipilih diharuskan memiliki kriteria yaitu membahas mengenai faktor adopsi e-Government dari sisi warga atau pemerintahan.

**3. Melakukan review terhadap jurnal yang dipilih**

Jurnal yang telah ditemukan dan dipilih kemudian dilakukan ulasan sehingga didapatkan daftar faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dari sisi warga dan pemerintahan. Jurnal yang dilakukan review sebanyak 15 jurnal.

**4. Identifikasi faktor yang mempengaruhi adopsi dari sisi warga dan pemerintahan**

Tahap selanjutnya dilakukan analisis terhadap hasil review berupa faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dari sisi warga dan pemerintahan. Pada tahapan ini dilakukan identifikasi dari setiap faktor dengan melakukan pendefinisian tiap faktor, perbedaan faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dari sisi warga dan pemerintahan beserta dampaknya.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini akan dipaparkan hasil dan pembahasan mengenai faktor yang mempengaruhi adopsi E-Government dari sisi warga dan pemerintahan.

**3.1. Faktor Adopsi e-Government dari sisi Warga**

Adopsi dapat didefinisikan sebagai proses keputusan individu dalam menerima atau menolak atas sebuah inovasi yang diperkenalkan. Adopsi warga dalam e-Government merujuk pada tindakan penggunaan e-Government secara berkelanjutan. Berdasarkan ulasan yang telah dilakukan dari berbagai jurnal yang membahas mengenai faktor adopsi e-Government, ditemui adanya beberapa faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government diantaranya:

Tabel 1 Faktor Adopsi e-Government dari sisi Warga

| Faktor Adopsi e-Government dari sisi Warga       | Penjelasan   | Referensi   |
|--|--|---|
| <i>Perceive ease of use</i> (Persepsi Kemudahan) | Persepsi warga mengenai <b>kemudahan dalam penggunaan e-Government</b> | (Lemuria Carter, 2005; Carter, 2005; Yao, 2007; Bélanger, 2008; Chan, 2010; |

| Faktor Adopsi e-Government dari sisi Warga | Penjelasan  | Referensi   |
|--|---|---|
|  |   | Sipior, 2011).  |
| <i>Compatibility</i> (Kesesuaian)          | Persepsi <b>kesesuaian</b> layanan e-Government <b>dengan kebiasaan dan kebutuhan</b> dari warga  | (Lemuria Carter, 2005; Carter, 2005; Sara Hofmann, 2012).   |
| <i>Trustworthiness</i> (Kepercayaan)       | Kepercayaan dari sisi warga <b>mencakup kepercayaan terhadap internet dan pemerintah.</b> Kepercayaan yang dimiliki oleh warga yang menimbulkan inisiatif dalam menggunakan e-Government dipengaruhi oleh komponen kepercayaan terhadap internet yaitu langkah-langkah keamanan, keamanan dan struktur kinerja internet dan komponen kepercayaan terhadap pemerintah yaitu integritas dan kemampuan pemerintah dalam memberikan layanan | (Lemuria Carter, 2005; Carter, 2005; Bélanger, 2008; Latifa Alzahrani, 2016; Murathan Kurfali, 2017). |

| Faktor Adopsi e-Government dari sisi Warga               | Penjelasan   | Referensi  |
|--|--|--|
| <i>Facilitating Conditions (Kondisi fasilitas)</i>       | Warga menitik beratkan pada <b>ketersediaan infrastruktur dan teknis</b> yang memadai dalam mendukung penggunaan sistem dari pemerintah      | (Venkatesh, 2003; Chan, 2010; Murathan Kurfali, 2017).     |
| <i>User characteristics (Karakteristik pengguna)</i>     | Karakteristik pengguna mengarah pada <b>kemampuan</b> warga sebagai pengguna teknologi <b>dalam menguasai teknologi baru</b>                 | (Venkatesh, 2003; Stafford, 2011; Latifa Alzahrani, 2016). |
| <i>Performance Expectancy (Harapan terhadap kinerja)</i> | Warga percaya bahwa dengan menggunakan suatu sistem, akan membantu individu tersebut dalam mencapai <b>keuntungan pada kinerja pekerjaan</b> | (Murathan Kurfali, 2017)                                   |
| <i>Social Influence (Pengaruh sosial)</i>                | Tingkat dimana individu merasa bahwa yang terpenting orang lain <b>percaya bahwa dia harus menggunakan sistem yang baru</b>                  | (Murathan Kurfali, 2017)                                   |

Faktor adopsi e-Government dari sisi warga, mengarah pada beberapa hal penting yang harus menjadi perhatian bagi pemerintah yang akan menerapkan e-Government agar warga memiliki inisiatif melakukan adopsi e-Government, yaitu:

1. Pemerintah harus sudah menyiapkan hal-hal teknis seperti infrastruktur yang memadai.
2. Layanan e-Government memiliki privasi dan keamanan.
3. Layanan e-Government harus mudah untuk digunakan atau dapat dikatakan *effortless*, karena pada dasarnya sistem online harus lebih

- memberikan kemudahan dari sisi tenaga, waktu, dan biaya.
4. Layanan e-Government sesuai dengan nilai-nilai yang ada pada daerah dan kebutuhan warga, sebagai contoh untuk e-Government yang diterapkan dengan warga yang memiliki keragaman Bahasa seharusnya disediakan beberapa fitur Bahasa misalnya bahasa khas daerah dan Bahasa Indonesia.
5. Layanan e-Government memiliki tampilan antar muka yang mudah digunakan, dipahami dan *familiar*.
6. Layanan e-Government memberikan informasi dan layanan yang berpusat pada warga yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan warga.
7. Layanan e-Government memberikan nilai bagi warga, seperti operasional layanan publik yang efektif, meningkatkan kualitas pelayanan publik dan mewujudkan hasil yang diinginkan (*desired outcomes*).

Selain hal penting tersebut, yang lebih mengarah kepada teknis pengembangan layanan e-Government yang sesuai dengan warga, hal penting lain yang perlu diperhatikan adalah perbedaan kemampuan warga dalam menggunakan suatu teknologi. Perbedaan kemampuan tersebut, dapat diatasi dengan adanya sosialisasi dan pelatihan terhadap layanan e-Government.

### 3.2. Faktor Adopsi e-Government dari sisi Pemerintah

Berdasarkan ulasan yang telah dilakukan dari berbagai jurnal yang membahas mengenai faktor adopsi e-Government, ditemui adanya beberapa faktor yang mempengaruhi keputusan adopsi e-Government dari sisi pemerintahan, yaitu:

Tabel 2 Faktor Adopsi e-Government dari sisi Pemerintah

| Faktor Adopsi e-Government dari sisi Pemerintah                                     | Penjelasan   | Referensi                                    |
|---|--|--|
| <i>Perceived organizational preparedness (Kesiapan organisasi)</i>                  | Kesiapan organisasi berkaitan dengan sejauh mana organisasi <b>pemerintah siap melayani warga secara digital</b> | (Jim Yonazi, 2010)                           |
| <i>Regional and population characteristics (Karakteristik wilayah dan populasi)</i> | Karakteristik wilayah dan populasi dapat dilihat dari <b>ukuran dari populasi yang</b>                           | (Moon M. J., 2002; Moon M. J., 2005; Norris, |

| Faktor Adopsi e-Government dari sisi Pemerintah              | Penjelasan  | Referensi   |
|--|---|---|
|  | akan berpengaruh pada banyaknya administrasi yang menjadi tanggungjawab pemerintah, status dari pemerintah (dalam hal ini pemerintah daerah termasuk dalam suburban atau independen), dan sosioekonomi dari populasi seperti situasi demografis, distribusi pendapatan, dan Pendidikan  | 2005; Jun, 2010).                                 |
| <i>Government characteristics</i> (Karakteristik pemerintah) | Karakteristik pemerintah dilihat dari <b>jenis, bentuk dan ukuran pemerintahan</b>  | (Moon M. J., 2005; Norris, 2005; Korteland, 2008) |
| <i>Managerial characteristics</i> (Karakteristik manajerial) | Karakteristik manajerial berhubungan dengan <b>inovasi</b> yang digagas oleh pemerintah, <b>strategi difusi</b> (proses di mana layanan e-Government dikomunikasikan melalui saluran-saluran tertentu, berperan untuk penerapan e-Government oleh pemerintah), dan <b>politik</b> (peluang yang bisa diberikan oleh sebuah inovasi) | (Moon M. J., 2005; Korteland, 2008)               |
| <i>Government Capacities</i> (Kapabilitas pemerintah)        | Kapasitas pemerintah berhubungan dengan <b>kemampuan</b>  | (Moon M. J., 2005).                               |

| Faktor Adopsi e-Government dari sisi Pemerintah                 | Penjelasan   | Referensi                    |
|---|--|------------------------------|
|   | <b>pemerintah dalam hal teknis</b> , seperti jumlah staf teknis, keahlian teknis, informasi yang tersedia tentang aplikasi e-Government dan peningkatan teknis, kapasitas keuangan |                              |
| <i>Environmental characteristics</i> (Karakteristik lingkungan) | Karakteristik lingkungan berhubungan dengan <b>kedekatan dengan pemerintah lain dan budaya</b>   | (Korteland, 2008; Jun, 2010) |

Faktor adopsi dari sisi pemerintah memiliki beberapa kesamaan dengan teori difusi inovasi Rogers (Rogers, 2003) diantaranya:

1. Faktor *managerial characteristics* berhubungan dengan strategi difusi, Rogers menjelaskan mengenai strategi dalam menyebarkan sebuah inovasi, dimana harus memperhatikan objek, menetapkan tujuan dan cara mengukurnya, mengetahui keunikan dari audien serta menyampaikan pesan.
2. Faktor *environmental characteristics* berhubungan dengan kedekatan pemerintah lain, Rogers menjelaskan bahwa homophily adalah kondisi dimana individu-individu berkomunikasi mengenai hal yang serupa. Sedangkan heterophily adalah kondisi dimana individu-individu berkomunikasi mengenai hal yang berbeda. Jaringan difusi antar individu pada umumnya adalah homophilous.
3. Faktor *regional and population characteristic* berhubungan dengan sosioekonomi dari populasi seperti situasi demografis, distribusi pendapatan, dan Pendidikan, Rogers menjelaskan bahwa sosioekonomi dari individu akan mempengaruhi sejauh mana individu lebih awal dalam mengadopsi inovasi.

### 3.3. Perbedaan Faktor Adopsi dari sisi Warga dan Pemerintah serta Dampak dari faktor

Dari berbagai jurnal yang telah diulas, telah diketahui beberapa faktor yang mempengaruhi adopsi e-Government dari sisi warga dan pemerintah. Faktor-faktor adopsi dari kedua perspektif tersebut memiliki

perbedaan dan dampak dari adanya faktor adopsi yang dimiliki, yang dirangkum pada **Tabel 1** berikut.

Table 3 Perbedaan Faktor Adopsi dari Sisi Warga dan Pemerintah

| Perbedaan Faktor Adopsi dari Sisi Warga dan Pemerintah |   | Dampak  |
|--|---|---|
| Warga  | Faktor adopsi dari sisi warga <b>mengarah pada tindakan persuasi</b> yaitu persepsi positif atau negatif warga terhadap e-Government yang diberikan oleh pemerintah. Hal ini sesuai dengan teori <i>Diffusion of Innovation</i> Rogers mengenai tahapan pengambilan keputusan inovasi, dalam tahapan tersebut terdapat proses persuasi dimana individu melakukan penilaian terhadap suatu inovasi sebelum akhirnya memutuskan untuk menggunakan (Rogers, 2003). | Dampak dari adanya faktor (persepsi kemudahan, kesesuaian, kepercayaan, kondisi fasilitas, karakteristik pengguna, harapan terhadap kinerja) yang mempengaruhi warga dalam melakukan adopsi e-Government adalah (Rogers, 2003):<br>1. <i>Passive rejection</i> yaitu warga sama sekali tidak berpikir untuk melakukan adopsi e-Government.<br>2. <i>Active rejection</i> yaitu warga mempertimbangkan inovasi (e-Government), tetapi kemudian memilih untuk tidak mengadopsi.<br>3. <i>Continuance adoption</i> yaitu warga menggunakan e-Government secara berkelanjutan.<br>4. <i>Discontinuance adoption</i> yaitu tindakan penghentian setelah melakukan adopsi, yang disebabkan individu menjadi tidak puas dengan inovasi (e-Government). |
| Pemerintah   | Faktor adopsi dari sisi warga <b>mengarah pada</b> posisi kesiapan pemerintah dalam menerapkan dan memperkenalkan e-Government (Rogers, 2003).  | Dampak dari adanya faktor (kesiapan organisasi, karakteristik wilayah dan populasi, karakteristik pemerintah, karakteristik manajerial, kapasitas pemerintah, karakteristik lingkungan) yang mempengaruhi pemerintah dalam melakukan adopsi e-Government adalah penundaan dalam melakukan adopsi e-   |

| Perbedaan Faktor Adopsi dari Sisi Warga dan Pemerintah | Dampak   |
|--|--|
|  | Government karena ketidaksiapan pemerintah (Rogers, 2003). |

Selain perbedaan tersebut, terdapat persamaan yang mendasar dari faktor adopsi perspektif warga dan pemerintah yaitu faktor yang ada mengarah pada komponen difusi inovasi Rogers yaitu inovasi, waktu, sistem sosial dan saluran komunikasi. Dimana e-Government sebagai suatu inovasi harus memiliki karakteristik, pemerintah sebagai lembaga penyedia e-Government harus menciptakan inovasi layanan e-Government berdasarkan kebutuhan, permasalahan yang ada, karakteristik sosioekonomi warga serta memiliki strategi dalam menyebarkan e-Government.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan review jurnal yang telah dilakukan, didapatkan simpulan dan serta saran penelitian lanjutan yang akan dipaparkan pada bagian ini.

1. Dalam mengembangkan dan menerapkan e-Government, pemerintah harus memperhatikan beberapa faktor agar pemerintah sebagai penyedia dan warga sebagai pengguna dapat mengimplementasikan e-Government diantaranya pemerintah mengemas layanan e-Government agar mudah digunakan, memberikan nilai, keamanan, kenyamanan dan manfaat bagi warga serta melakukan persiapan seperti mengetahui karakteristik pemerintahan, sosioekonomi warga, melakukan strategi difusi e-Government agar e-Government dapat diterapkan dalam pemerintahan.
2. Perbedaan dari faktor adopsi dari sisi warga dan pemerintahan adalah faktor adopsi dari sisi warga dipengaruhi oleh persepsi positif atau negatif warga terhadap e-Government, sedangkan faktor adopsi dari sisi pemerintah dipengaruhi oleh kesiapan pemerintah dalam menerapkan dan memperkenalkan e-Government serta sosioekonomi warga.
3. Persamaan faktor adopsi dari sisi warga dan pemerintah yaitu faktor yang ada mengarah pada komponen difusi inovasi Rogers yaitu inovasi, waktu, sistem sosial dan saluran komunikasi.
4. Dampak adanya faktor yang mempengaruhi warga dalam melakukan adopsi yaitu tindakan *active rejection* (mempertimbangkan kemudian menolak), *passive rejection* (menolak dari awal), *continuance adoption* (adopsi secara berkelanjutan) dan *discontinuance adoption* (berhenti melakukan adopsi).

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- BANK, W. 2002. *Global Development Finance: Financing the Poorest Countries*. Washington: The World-Bank Group.
- BÉLANGER, F. C. 2008. Trust and risk in e-government adoption. *The Journal of Strategic Information Systems*, 165-176.
- CARTER, L. B. 2005. The utilization of e-government services: citizen trust, innovation and acceptance factors. *Information Systems Journal*, 5-25.
- CHAN, F. K. 2010. Modeling Citizen Satisfaction with Mandatory Adoption of an E-Government Technology. *Journal of the Association for Information Systems*, 519-549.
- E.S. HOLLE. 2011. elayanan Publik Melalui Electronic Government: Upaya Meminimalisir Praktek dalam Administrasi dalam Meningkatkan Public Service. *Jurnal SASI*, 21-30.
- FANG, Z. 2002. E-Government in Digital Era: Concept, Practice and Development. *International Journal of The Computer, The Internet and The Management*, 1-22.
- GAULD, R. G. 2010. Do they want it? Do they use it? The demand-side of e-government in Australia and New Zealand. *Government Information Quarterly*, 177-186.
- GRONLUN, A. 2004. Introducing e-Gov: History, Definitions and Issues. *Communications of The Association for Information Systems* , 713-729.
- JIM YONAZI, H. S. 2010. Exploring Issues Underlying Citizen Adoption of eGovernment Initiatives in Developing Countries: The Case of Tanzania. *Electronic Journal of e-Government* , 176-188.
- JUN, K. N. W. 2010. Institutional Motivations in the Adoption of Innovations: The Case of E-Government. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 495-519.
- KORTELAND, E. B. 2008. The diffusion of electronic service delivery innovations in dutch E-policing: The case of digital warning systems. *Public Management Review*, 71-88.
- LATIFA ALZHRANI, W. A. K. 2016. Analysing the critical factors influencing trust in e-government adoption from citizens' perspective: A systematic review and a conceptual framework. *International Business Review*, 1-12.
- LEMURIA CARTER, F. B. 2005. The utilization of e-government services: citizen trust, innovation and acceptance factors. *Information Systems Journal*, 5-25.
- MOON, M. J. 2002. The Evolution of E-Government among Municipalities: Rhetoric or Reality? . *Public Administration Review*, 424-433.
- MOON, M. J. 2005. Does managerial orientation matter? The adoption of reinventing government and e-government at the municipal level. *Information Systems Journal*, 43-60.
- MURATHAN KURFALI, A. A. 2017. Adoption of e-government services in Turkey. *Computers in Human Behavior*, 168-178.
- NATIONS, U. 2003. *World public sector report 2003: e-Government at cross road*. Retrieved from Global e-Government Survey: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/un/unpan012733.p>
- NORRIS, D. F. 2005. Advancing E-Government at the Grassroots: Tortoise or Hare? . *Public Administration Review*, 64-75.
- ROGERS, E. 2003. *Diffusion of Innovations Fifth Edition*. Albuquerque: Fress Press.
- SARA HOFMANN, M. R. 2012. Identifying Factors Of E-Government Acceptance – A Literature Review. *Thirty Third International Conference on Information Systems*, (pp. 1-19). Orlando.
- SIPIOR, J. C. 2011. The digital divide and t-government in the United States: using the technology acceptance model to understand usage. *European Journal of Information Systems*, 308-328.
- STAFFORD, T. F. 2011. Online tax payment systems as an emergent aspect of governmental transformation. *European Journal of Information Systems*, 343-357.
- VENKATESH, V. M. 2003. User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 425-478.
- VINOD KUMAR, B. M. 2007. Factors for Successful e-Government Adoption: a Conceptual Framework. *The Electronic Journal of e-Government*, 63-76.
- YAO, Y. M. 2007. Remote electronic voting systems: an exploration of voters' perceptions and intention to use. . *European Journal of Information Systems*, 106-120.

## KUMPULAN MODEL *MATURITY E-GOVERNMENT*: SEBUAH ULASAN SISTEMATIS

Qilbaaini Effendi Muftikhali<sup>1</sup>, Tony Dwi Susanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Magister Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) - Surabaya, 60111 Indonesia  
Email: <sup>1</sup>qilbaaini.muftikhali@gmail.com, <sup>2</sup>tonydwisusanto@gmail.com

(Naskah masuk: 13 Juni 2017, diterima untuk diterbitkan: 17 Desember 2017)

### Abstrak

Kemajuan pesat dalam perkembangan teknologi informasi berpengaruh secara global yang dampaknya meluas hampir ke seluruh lini masyarakat. Salah satu bentuk dampak positif dari perkembangan TIK adalah munculnya sistem digitalisasi dalam penyelenggaraan pemerintahan yang dikenal sebagai *Electronic Government (e-Government)*. Fenomena *e-Government* dapat didefinisikan yang mencakup semua penggunaan teknologi informasi oleh instansi pemerintah (seperti WAN, Internet, dan *mobile computing*) yang memiliki kemampuan untuk mengubah kondisi hubungan dengan warga, bisnis, dan pihak lain. E-Government pada saat ini masih sampai pada tahap pengembangan belum pada tahap evaluasi/penilaian e-government itu sendiri, sedangkan e-Government dapat dilihat mampu memberikan manfaat yang optimal ketika dalam kondisi *mature*, yaitu kondisi matang atau sempurna. Tujuan dari jurnal adalah membahas model pengembangan model *maturity* dari E-Government sesuai dengan 5 kategori *Capability Maturity Models, the governmental models, the holistic approach models, evolutionary e-government model maturity*, dan *related special purpose model* serta kekurangan, kelebihan dari setiap kategorinya.

**Kata kunci:** *E-Government, model maturity, model maturity e-Government*.

### Abstract

*Rapid advances in information technology are globally influential whose impact extends almost to the entire community. One of the positive impacts of ICT development is the emergence of a digitalization system in government administration known as Electronic Government or e-Government. The phenomenon of e-Government can be defined that includes all the use of information technology by government agencies (such as Wide Area Network, Internet, and mobile computing) that have the ability to change condition relationships with citizens, businesses and other parties. E-Government is still at the stage of development not yet at the stage of evaluation/assessment of e-government itself, while e-Government can be seen able to provide optimal benefits when in mature conditions, ie conditions mature or perfect. The purpose of the journal is to discuss the maturity development model of E-Government according to the five categories of Capability Maturity Models, the governmental models, the holistic approach models, the evolutionary e-government maturity model, and related special purpose models and the shortcomings, advantages of each category.*

**Keywords:** *E-Government, model maturity, model maturity e-Government*

## 1. PENDAHULUAN

Kemajuan pesat dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi (TIK) berpengaruh secara global yang dampaknya meluas hampir ke seluruh lini masyarakat. Salah satu bentuk dampak positif dari perkembangan TIK adalah munculnya sistem digitalisasi dalam penyelenggaraan pemerintahan yang dikenal sebagai *Electronic Government* atau *e-Government* (Holle, 2011). Pemerintahan di dunia secara berkelanjutan menggunakan *e-Government* untuk transformasi penyampaian layanan publik, meningkatkan interaksi antara warga dan pemerintah, menyederhanakan komunikasi dua arah antara warga dan pemerintah, meningkatkan efisiensi organisasi

publik, dan penghematan uang pembayaran pajak (Gauld, 2010). Revolusi dan perkembangan internet di bidang teknologi informasi dan komunikasi telah mengubah cara berinteraksi antara bisnis dan masyarakat dengan pemerintah. Untuk sebagian besar, fenomena *e-Government* dapat dijelaskan dengan mengadopsi definisi *e-Government* menurut World Bank (2002), yang mencakup semua penggunaan teknologi informasi oleh instansi pemerintah (seperti WAN, Internet, dan *mobile computing*) yang memiliki kemampuan untuk mengubah kondisi keadaan dengan warga, bisnis, dan pihak lainnya (Bank, 2012). Penerapan *e-Government* pada pemerintahan daerah telah didukung oleh, Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 3 tahun 2003, undang-undang tersebut

menyebutkan kebijakan dan strategi nasional pengembangan *e-Government* dan standarisasi Depkominfo dan UU Nomor 32 Tahun 2004.

Fenomena pengembangan *e-Government* sampai saat ini masih berkebutakan dalam bagaimana mengembangkan sistem *e-Government*, namun belum melakukan evaluasi/pengukuran tentang kesuksesan penerapan *e-Government*. Pengukuran/evaluasi penting untuk dilakukan karena menilai dan memastikan apakah penerapan *e-Government* telah sejalan dengan visi misi pemerintahan daerah. Supaya *e-Government* mampu memberikan manfaat yang optimal, maka *e-Government* di Indonesia haruslah mencapai kondisi *mature*, yaitu kondisi matang atau sempurna. Untuk mencapai kondisi *mature* ini, tentunya diperlukan sebuah proses, yang didalamnya terdiri dari berbagai tahapan (Sihwi, 2009).

Pengembangan *e-Government* semakin variatif dan inovatif dari yang berawal dari website pemerintahan kota hingga berbagai fasilitas-fasilitas lainnya, namun pengembangan *e-government* haruslah sesuai dengan fungsi, visi dan misi pemerintahan (Susanto, 2015). Banyak kejadian yang terjadi dalam pengembangan *e-government* namun tidak banyak yang telah melakukan penilaian dalam manfaat *e-government* (Susanto, 2015). Hasil beberapa evaluasi tentang penerapan *e-government* menunjukkan hasil yang sangat mengejutkan implementasi *e-Government* di Indonesia banyak yang mengalami ketidak suksesan, karena adanya kurangnya pemahaman paradigma tentang *e-Government* yang tidak sesuai dengan konsep yang benar (Supangkat, 2006). Implementasi *e-government* harus sejalan dengan pengukuran yang dilakukan, beberapa model pengukuran telah dikembangkan dan diimplementasikan, namun dibutuhkan kesesuaian dengan pengukuran *e-government* yang dilakukan. Model *maturity e-government* terdapat 5 kategori yaitu *Capability Maturity Models, the governmental models, the holistic approach models, evolutionary e-government model maturity*, dan *related special purpose model* (Gonzalo Valdés □, 2011). Setiap kategori mempunyai beberapa model pengembangan contohnya pada kategori *the holistic approach models* mempunyai 25 jenis model *maturity* yang disusun oleh beberapa peneliti (Abdoullah Fath-Allah, 2014). Banyaknya jenis model untuk melakukan penilaian dalam *e-government* merupakan tantangan yang harus dihadapi karena dalam memilih model *maturity* perlu disesuaikan dengan kondisi kota dan lain halnya.

Tujuan dari jurnal ini adalah memberikan ringkasan mengenai model *Maturity E-Government* dilihat dari beberapa kategori serta kelebihan dan kekurangannya. Dalam mencapai tujuan tersebut, metode yang digunakan dalam jurnal adalah review berbagai jurnal internasional yang membahas mengenai model *Maturity E-Government* kemudian dijadikan sebuah kesimpulan berupa ringkasan

mengenai kategori model *Maturity E-Government* serta tahapan pada setiap kategorinya. Luaran dari jurnal adalah membahas model pengembangan *maturity* dari *E-Government* sesuai dengan 5 kategori *Capability Maturity Models, the governmental models, the holistic approach models, evolutionary e-government model maturity*, dan *related special purpose model*.

## 2. METODOLOGI

Pada bagian ini merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini sehingga penelitian ini dapat diselesaikan secara sistematis, terarah dan jelas. Pada bagian ini akan dipaparkan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan.

### 1. Studi Literatur

Penelitian ini diawali dengan studi literatur yang berkaitan dengan model *Maturity* pada *E-Government*. Lebih dikhususkan pada konsep pengembangan model *maturity E-government* selama ini dan konsep-konsep yang terkait dengan *Maturity E-government*. Kata kunci yang digunakan dalam menemukan jurnal yang akan dijadikan sebagai acuan yaitu: model *Maturity*, dan model *Maturity E-Government*.

### 2. Mencari dan Review Paper

Setelah mendapatkan jurnal sesuai dengan kata kunci yang telah ditentukan, kemudian melakukan filterasi apakah jurnal tersebut memberikan hasil mengenai model *Maturity E-Government* atau jurnal tersebut berisikan tinjauan pustaka mengenai model *Maturity E-Government*. Untuk jurnal yang berisikan tinjauan pustaka mengenai model *Maturity E-Government*, yang dilakukan adalah mencari jurnal utama yang membahas mengenai model *Maturity E-Government*. Paper yang telah ditemukan dan dipilih kemudian dilakukan ulasan mengenai isi paper tersebut tentang alur paper dan hasil yang dituliskan pada paper tersebut dan hubungan terhadap model *maturity E-government*.

### 3. Analisis Model *Maturity E-Government*

Setelah melakukan review jurnal, sehingga didapatkan beberapa jenis model *Maturity E-Government* yang sering dibahas. Hasil review kemudian dilakukan analisis tentang beberapa jenis model *Maturity E-Government* yang dijadikan sebagai acuan dalam penulisan paper ini.

### 4. Model *Maturity E-Government*

Melakukan pembahasan berupa ulasan dari setiap kategori model *Maturity E-Government*. Menarik sebuah kesimpulan dalam bentuk ringkasan mengenai kategori model *Maturity E-Government* pada setiap kategori.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Kategori pengembangan model maturity e-Government

Model maturity e-government merupakan model yang selalu dikembangkan oleh para praktisi dan akademisi dengan tujuan mengukur kondisi e-government dalam kondisi mature (matang). Kematangan e-government dapat diukur dari beberapa hal yaitu teknologi, operasional organisasi, kemampuan sumber daya dan proses dari organisasi itu sendiri. Menurut Concha *et al.* (2012) (Gastón Concha, 2012) *Maturity Model E-government* terdapat 3 kategori, namun menurut Valdes *et al.* (2011) (Gonzalo Valdés *et al.*, 2011) terdapat 5 kategori *Maturity Model E-government (Egov-MM)* sebagai berikut :

Tabel 1. Kondisi Model Maturity saat ini

| Model   | Pengertian   |
|---|--|
| <i>Classic Capability Maturity Models</i> [7]               | Model ini biasanya menggambarkan best practices terkait dengan ruang lingkup dan mendukung perbaikan proses dengan menyediakan skala evolusioner yang menggambarkan perbaikan roadmaps. Model maturity proses untuk pengembangan produk dan jasa. Ini terdiri dari best practices yang membahas kegiatan pengembangan dan perawatan yang mencakup siklus hidup produk. Awal melalui pengiriman dan perawatan. Tujuan untuk pengembangan perangkat lunak adalah untuk membantu organisasi memperbaiki kinerjanya serta pengembangan dan pemeliharaan untuk produk dan layanan.<br>Contoh : CMM/CMMI |
| <i>the governmental models</i> [7] [9]                      | Model-model ini telah dikembangkan oleh pemerintah, konsultan dan akademisi untuk membantu instansi pemerintah mengidentifikasi dan memperbaiki tingkat kematangan mereka terkait dengan e-government.<br>contoh: the Business Process Interoperability Framework (BPIF) (AGIMO, 2007), PEGF   |
| <i>the holistic approach models</i> [9] [7]                 | Dirancang untuk diterapkan dalam layanan publik dalam proyek pengembangan model e-government, biasanya menguji kemampuan e-government melalui beberapa indikator, untuk menentukan apakah sebuah proyek e-government akan dilakukan sukses.<br>Contoh : Wimmer's Holistic Framework (Wimmer & Tambouris, 2002), Capability Assessment Toolkit (Cresswell <i>et al.</i> , 2006).  |
| <i>evolutionary e-government model maturity</i> [7] [9] [8] | Model ini dikembangkan secara berurutan Setiap langkah, berfokus pada evolusi e-government menggunakan langkah sekuensial, misalnya dari yang belum menghasilkan hingga matang e-government dengan kualitas yang lebih baik. Dari perspektif akademis.<br>Contoh : Layne dan Lee (2001), Andersen and Henriksen (2006)   |
| <i>Related special purpose model</i> [7]                    | Model maturity ini membahas tentang Konten yang terkait dengan cara-cara dan isu-isu penting terkait E-Government yang harus diatasi.<br>Contoh : COBIT, (IT Governance Institute, 2007), LISI (Levels of Information Systems Interoperability), EAMM (Enterprise Architecture Maturity Model)   |

#### 3.2 Pembahasan kategori model maturity e-government

Kategori model *maturity e-government* merupakan model pengembangan yang telah dilakukan beberapa penelitian sebelumnya. Model maturity e-government merupakan alat untuk mengevaluasi untuk menilai perkembangan yang terjadi dalam pelaksanaan e-Government. Terdapat beberapa metode evaluasi e-Government yang sudah diterapkan di seluruh dunia dan sudah memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap implementasi *e-government*. Berikut merupakan penjelasan tentang kategori model *maturity e-government*.

##### a. *Classic Capability Maturity Models*

*Capability Maturity Models* dikembangkan untuk pengembangan, pemeliharaan dan perolehan perangkat lunak Produk dan layanan, struktur tingkat kematangan kemampuan dan Mekanisme untuk menentukan tingkat tersebut telah direplikasi oleh Banyak model lain di daerah lain. sebuah model kematangan kemampuan sebagai satu mengandung unsur-unsur penting dari proses yang efektif untuk satu Atau lebih banyak disiplin dan menggambarkan jalur perbaikan evolusioner Dari ad-hoc, proses yang tidak matang hingga proses yang disiplin dan matang Dengan peningkatan kualitas dan efektivitas. "Oleh karena itu, ini biasanya menggambarkan *best practices* yang terkait dengan ruang lingkungannya dan mendukung perbaikan proses Dengan menyediakan skala evolusioner yang menggambarkan perbaikan *roadmaps* (Gonzalo Valdés *et al.*, 2011).

- Level 1: Initial Capability. Area domain utama ditangani secara reaktif dan individual berdasarkan kasus per kasus; Dan ada bukti bahwa itu telah diakui dan perlu ditangani.
- Level 2: Developing Capability. Pola intuitif yang biasa diikuti dalam menangani area domain utama. Orang yang berbeda mengikuti yang serupa. Prosedur untuk menangani tugas yang sama; Namun, tidak terdapat pelatihan khusus untuk menangani sebuah prosedur.
- Level 3: Defined Capability. Prosedur yang berkaitan dengan area domain utama telah didefinisikan, didokumentasikan, dan dikomunikasikan; Mereka tidak canggung, melainkan sesuai dengan formalisasi praktik yang ada. Ada pelatihan formal untuk mendukung inisiatif terkait dengan area kunci
- Level 4: Managed Capability. Hal ini dimungkinkan untuk memantau dan mengukur pemenuhan dan kepatuhan prosedur, dan untuk mengambil tindakan ketika area domain utama tampaknya tidak berfungsi secara tidak efektif. Dan standar dan peraturan yang ditetapkan - terkait dengan area kunci - diterapkan di seluruh organisasi.
- Level 5: Integrated Capability (Optimizing). Prosedur yang berkaitan dengan area domain utama telah mencapai tingkat praktik terbaik dan perbaikan terus menerus diterapkan. Area kunci dioptimalkan melalui penggunaan TIK dan bekerja secara terpadu dengan bidang terkait lainnya.

##### b. *the governmental models*

Model pemerintah telah dikembangkan oleh pemerintah, Konsultan, dan akademisi untuk

membantu instansi pemerintah mengidentifikasi dan Meningkatkan tingkat kematangan e-government (Gonzalo Valdés □, 2011). Dalam prakteknya berisi sebuah model yang digunakan untuk mengukur atau mengevaluasi e-government pada saat ini. Contoh dari model maturity e-government salah satunya adalah PeGI.

- **PeGI**

PeGI merupakan sebuah kerangka kerja yang bertujuan melihat peta kondisi pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) oleh lembaga pemerintah secara nasional. PeGI merupakan metodologi untuk menilai kesiapan pemerintah dalam penerapan *e-Government* hasil akhirnya berupa nilai yang dapat digunakan untuk menentukan peringkat. Implementasi kerangka PeGI sudah dilakukan sejak tahun 2007 diterapkan pada tingkat pemerintah daerah provinsi. Pada Framework PeGI terdapat 5 dimensi pengukuran (Sihwi, 2009) :

1. Kebijakan : Merupakan dimensi kebijakan yang berhubungan dengan produk hukum dan dokumen-dokumen resmi yang berfungsi dalam implementasi dan pemanfaatan TI contoh dari dokumen tersebut terdiri dari: visi dan misi, strategi pemanfaatan TIK, standar laporan, pedoman, peraturan, dan kebijakan anggaran.

2. Kelembagaan : merupakan dimensi yang berhubungan dengan keberadaan organisasi yang memiliki tanggung jawab dan wewenang terhadap pengembangan dan pemanfaatan TIK dengan indikator antara lain: keberadaan organisasi struktural yang lengkap dengan tugasnya, tugas pokok dan fungsi (tupoksi) yang jelas, kelengkapan unit dan aparatur, dan legalitas.

3. Infrastruktur : merupakan dimensi yang berhubungan dengan sarana dan prasarana yang mendukung pemanfaatan TIK yang terdiri dari: hardware dan software, jaringan komunikasi (LAN, WAN, Internet), service delivery channel (web, telepon, sms dan lain lain), dan fasilitas pendukung (AC, UPS, Genset, Access Control).

4. Aplikasi : Dimensi aplikasi yang berhubungan dengan ketersediaan dan digunakannya software atau aplikasi yang memenuhi kriteria antara lain: ketersediaan infrastruktur, sumber daya manusia, berfungsi mendukung proses kerja yang efisien yang memanfaatkan teknologi informasi secara maksimal.

5. Perencanaan : merupakan dimensi perencanaan yang berhubungan dengan proses perencanaan, indikatornya antara lain: adanya perencanaan untuk pengembangan dan pemanfaatan TIK yang dilakukan secara

nyata, kajian kebutuhan dan strategi penerapan TIK yang lengkap.

- c. ***the holistic approach models***

Dirancang untuk diterapkan dalam layanan publik dalam proyek pengembangan model e-government, biasanya menguji kemampuan e-government melalui beberapa indikator, untuk menentukan apakah sebuah proyek e-government akan dilakukan sukses (Gonzalo Valdés □, 2011).

- Wimmer's Holistic Framework (Wimmer, 2002): tujuannya adalah untuk mendukung integrasi model dari layanan elektronik publik yang berhubungan dengan pengembangan teknologi, sehingga layanan elektronik yang dihasilkan dari proyek memenuhi semua persyaratan yang relevan.

- Capability Assessment Toolkit (Cresswell, 2006): sebuah perangkat pengujian yang menguji kemampuan melalui 180 indikator yang diidentifikasi, hal ini penting untuk menentukan apakah sebuah proyek e-Government akan berhasil.

- d. ***evolutionary e-government model maturity***

*Evolutionary e-government maturity model* merupakan model penilaian kematangan e-government berdasarkan perkembangan tahapan yang dilakukan (Gonzalo Valdés □, 2011). Dalam pengembangannya terdapat beberapa stages/tahapan dari setiap model yang dikembangkan. Proses evaluasi ini melibatkan beberapa tahapan atau fase pengembangan dan bukan merupakan proses satu langkah. Menurut Abdoullah Fath-Allah, 2014 Terdapat 25 model yang telah dilakukan review terdapat model yang mempunyai 2 stages hingga 6 stages namun sebenarnya model dikembangkan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Berikut merupakan contoh model dari *Layne and Lee*, *Andersen and Henriksen*, *United Nations*, *Alhomod et al.*, *Hiller and Belanger*, *Almazan and Gil-Garcia*, *Cisco*, *Gartner group*, *West, Moon*, *World Bank*, *Deloitte and Touche*, *Howard*, *Shahkooh et al.*, *Lee and Kwak*, *Siau and Long*, *Wescott, Chandler and Emanuel*, *Kim and Grant*, *Chen et al.*, *Windley*, *Reddick*, *Accenture*, *the UK National Audit Office*, and *Netchaeva*.

- ***Layne and Lee***

Untuk membantu administrator publik berpikir tentang e-Government dan organisasi mereka, Layne dan Lee (2001) menyediakan pengembangan e-Government dalam empat tahapan dan mengusulkan model 'tahap pertumbuhan' untuk fungsional e-Government sepenuhnya. Berikut tahapan menurut Layne and Lee (Karen Layne, 2001) :

1. *Cataloguing* : Dalam tahap pertama katalogisasi, upaya awal pemerintah negara difokuskan pada membangun kehadiran layanan on-line bagi pemerintah.

2. *Transaction* : Pada tahap transaksi, inisiatif e-Government akan fokus pada menghubungkan sistem pemerintahan internal untuk antarmuka on-line dan memungkinkan warga untuk bertransaksi dengan pemerintah secara elektronik.
3. *Vertical Integration* : Integrasi vertikal mengacu kepada pemerintahan lokal, negara bagian dan pemerintah federal terhubung untuk fungsi-fungsi atau jasa dari pemerintah yang berbeda.
4. *Horizontal Integration* : Integrasi horizontal didefinisikan sebagai integrasi seluruh fungsi dan layanan yang berbeda. Dalam mendefinisikan tahap-tahap perkembangan e-Government, integrasi vertikal di seluruh tingkat yang berbeda dalam fungsi yang serupa ditempatkan mendahului integrasi horizontal dalam fungsi yang berbeda.

- **World Bank Study – Three Phases of e-Government**

Untuk membantu pembuat kebijakan dalam merancang rencana mereka sendiri dan inisiatif membagi proses pelaksanaan e-Government menjadi tiga fase (Technology, 2002). Fase ini tidak tergantung satu sama lain, tidak memerlukan satu fase selesai sebelum yang lain dapat dimulai, tetapi secara konseptual mereka menawarkan tiga cara untuk berpikir tentang tujuan e-Government. Tiga cara tersebut antara lain (Toasaki, 2003) :

1. *Publish* : Mempublikasikan situs bertujuan untuk menyebarkan informasi tentang pemerintah dan informasi disusun oleh pemerintah untuk dapat dibaca oleh pembaca seluas mungkin. Dalam pelaksanaannya, publikasi situs merupakan hal utama dalam e-Government.
2. *Interact* : e-Government yang interaktif mempunyai sifat yang melibatkan komunikasi dua arah, dimulai dari informasi kontak email bagi para pejabat pemerintah atau adanya formulir tanggapan yang mengizinkan pengguna untuk mengirimkan komentar maupun usulan legislatif, kebijakan dan organisasi pemerintah yang bersangkutan.
3. *Transact* : Memungkinkan warga untuk mendapatkan pelayanan pemerintah atau bertransaksi bisnis dengan pemerintah secara online. Sebuah website yang memiliki karakter transaksi, menawarkan link langsung ke layanan pemerintah dan tersedia di setiap waktu. Situs Transact dapat meningkatkan produktivitas baik di sektor publik dan swasta dengan membuat proses yang membutuhkan bantuan pemerintah atau persetujuan sederhana, lebih cepat, dan lebih murah.

- **Hiller and Belanger Maturity Model**

Memperkenalkan 5 tahapan dalam evaluasi e-government (Hiller, 2001) :

1. *Information* : pada fase ini merupakan fase paling dasar yaitu website membagikan sebuah informasi
2. *two way communications*: Pada fase ini memungkinkan untuk melibatkan komunikasi dua arah yaitu pemerintah dan warga
3. *transaction* : Fase ini memungkinkan layanan online dan transaksi keuangan tersedia untuk digunakan oleh warga negara.
4. *Integration* : Pada tahap ini, semua layanan terhubung. Sebuah e-portal tunggal dapat digunakan untuk mengakses semua layanan e-government
5. *Participants* : ini menampilkan partisipasi politik, memberikan komentar dan memberikan suara.

Berdasarkan 3 contoh model *maturity e-government* terdapat 3 hingga 5 fase evaluasi yang dilakukan namun jika dilihat mempunyai makna yang sama yaitu :

Fase pertama yaitu fase *presence* dimana e-government merupakan sarana penyebaran informasi satu arah, dengan menggunakan website. Fase kedua *interaction* dimana fitur e-government dapat mempunyai komunikasi dua arah antara pemerintah dan warganya. Fase ketiga *transaction* yaitu dimana dengan menggunakan e-government pemerintah dan warga dapat bertransaksi secara online. Fase Keempat *integration* dimana e-government dapat memberikan proses integrasi pada banyak hal. Setiap model yang ada memberikan nama dan memberikan ciri khas masing-masing dalam mengevaluasi e-government. Proses evaluasi e-government berbasis proses/tahapan perlu dilakukan karena dalam prakteknya *e-government* dapat menciptakan *good governance* serta dapat mengurangi tingkat korupsi pada berbagai negara. Proses maturity atau evaluasi e-government berbasis tahapan penting dilakukan untuk mengetahui bagaimana proses perkembangan e-government dan pengembangan perangkat lunak yang diperlukan pada setiap tahapannya dan pengembangan organisasi serta tata kelola pemerintahan yang harus diperbaiki setiap fasenya (Harjaloka, 2014)

- e. **Related special purpose model**

*Related Special purpose model* merupakan sebuah kerangka kerja yang diusulkan sesuai dengan pengembangan fenomena e-government saat ini []. Contoh beberapa model pengembangan *maturity* ini adalah COBIT, LISLEAMM. berikut merupakan penjelasan singkat mengenai COBIT :

- COBIT (ISACA, 2013)

Merupakan kepanjangan dari *Control Objectives for Information and Related Technology* (COBIT)

adalah sebuah kerangka kerja yang diteliti oleh *Information System Audit and Control Association* (ISACA) melalui lembaga yang dibentuk khusus menangani e-government yaitu *Information and Technology Governance Institute* (ITGI) pada tahun 1992. Skala penilaian pada COBIT 5 terdiri atas enam level, yaitu:

- Level 0 (*incomplete*): merupakan penilaian dimana suatu proses tidak dilaksanakan dan tidak ada bukti dari setiap pencapaian sistematis dari suatu tujuan proses.
- Level 1 (*performed*): sebuah proses yang telah dilaksanakan dan mencapai tujuannya
- Level 2 (*managed*): diimplementasikan melalui cara-cara yang terkelola (terencana, terpantau dan disesuaikan) dan hasil dari aktivitas tersebut sudah tepat, mapan, dan terkendali.
- Level 3 (*established*): diimplementasikan menggunakan proses yang telah diidentifikasi yang mampu meraih hasil yang diinginkan.
- Level 4 (*predictable*): berjalan di dalam batasan-batasan yang telah ditentukan untuk mencapai hasil proses yang diinginkan.
- Level 5 (*optimized*): peningkatan secara berkelanjutan untuk memenuhi tujuan organisasi saat ini dan di masa mendatang.

### 3.3 Model Pengembangan maturity e-government

Berdasarkan penjelasan *systematic review* beberapa kategori model *maturity e-government* diatas, diberikan rekomendasi tentang bagaimana menggunakan *model maturity e-government* tersebut. Hasil dari penelitian ini merupakan rekomendasi dari model pengembangan *model maturity e-government* yang dapat dilakukan dengan penerapan studi kasus pengukuran evaluasi e-government menggunakan *model maturity e-government*. Model ini dibangun atas dasar beberapa *systematic review* tentang *maturity e-government*. Model ini digunakan untuk menjawab bagaimana perkembangan model *maturity e-government* saat ini yang masih menuai perdebatan dan memunculkan banyak kebingungan. Berikut merupakan usulan model dalam paper ini :



Gambar 1. Usulan Kerangka Model Maturity E-Government

Sering perkembangan *e-government* semakin diperlukan juga pengembangan dalam metode evaluasi dalam menilai bagaimana kinerja *e-government*. Dalam paper kali ini diajukan model

untuk evaluasi *e-government* dengan menggabungkan beberapa model *maturity e-government*. Dalam model diatas digunakan 2 model yaitu *evolutionary e-government model maturity* dan *Related special purpose model*. Model *evolutionary e-government model maturity* digunakan 4 tahapan sesuai dengan ringkasan yang ada dalam 25 metode serupa dan 4 tahapan dirasa sudah mempunyai konten yang sama. Model ini dinilai dapat memberikan perkembangan model *maturity e-government*. Model *Related special purpose model* memilih menggunakan COBIT 5 dalam pengukuran proses dalam *maturity e-government* karena dirasa kerangka kerja yang sangat sesuai dan dapat mengukur proses yang terjadi pada perkembangan *e-government* pada setiap prosesnya.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan review jurnal yang telah dilakukan, didapatkan simpulan berupa ringkasan mengenai maturity e-government serta sara penelitian lanjutan.

### 4.1 Kesimpulan

1. Kategori maturity e-government terdapat 5 jenis yaitu kategori *Capability Maturity Models, the governmental models, the holistic approach models, evolutionary e-government model maturity*, dan *related special purpose model*. Setiap kategori memiliki tujuan pengukuran, cara dan sudut pandang pengembangan yang berbeda.
2. Kategori *Capability Maturity Models* mengevaluasi e-government dengan sebuah peringkat, *the governmental models* mengevaluasi e-government dengan cara membuat framework yang sesuai dengan lingkungan iu sendiri. *the holistic approach models* menilai e-government dengan indikator-indikator yang ditetapkan. *evolutionary e-government model maturity* menilai e-government menggunakan tahapan dari awal hingga akhir implementasi. *related special purpose model* merupakan model yang mengevaluasi pada setiap proses yang terjadi.

### 4.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji model yang diajukan untuk mengevaluasi perkembangan *e-government*. Pengujian model tersebut akan mendapatkan output kematangan dari *e-government*. Pengujian model ini harusnya dilakukan pada kota maupun daerah yang telah menerapkan e-government.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- ABDOULLAH FATH-ALLAH, L. C. Q. 2014. E-GOVERNMENT MATURITY MODELS: A COMPARATIVE STUDY. *International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA)*, 5(3), 71-91.
- BANK, W. 2012. <http://web.worldbank.org/e-Government>.

- CRESSWELL, A. P. 2006. Digital capability assessment for e-Government: A multi-dimensional approach. In M. A. Wimmer, H. J. Scholl, Å.Grönlund, & K. V. Andersen (Eds.), *EGOV 2006, Lecture notes in computer science, Vol. 4084*, (pp. 293–304).
- GASTÓN CONCHA, H. A. 2012. E-Government procurement observatory, maturity model and early measurements. *Government Information Quarterly*, 29, S43–S50.
- GAULD, R. A. 2010. Do they want it? Do they use it? The demand-side of e-government in Australia and New Zealand. *Government Information Quarterly*, 27(2), 177–186.
- GONZALO VALDÉS, M. S. 2011. Conception, development and implementation of an e-Government maturity model in public agencies. *Government Information Quarterly*, 28, 176-187.
- HARJALOKA, L. 2014. Studi Penerapan E-Government di Indonesia dan Negara Lainnya sebagai Solusi Pemberantasan Solusi di Sektor Publik. *Jurnal RECHTSVinding, Vol 3(3)*, pp 435-452.
- HILLER, J. S. 2001. Privacy strategies for electronic government. *E-Government*, 200, 162–198.
- HOLLE, E. S. 2011. Pelayanan Publik Melalui Electronic Government: Upaya Meminimalisir Praktek dalam Administrasi dalam Meningkatkan Public Service. *Jurnal SASI*, 17, pp 21-30.
- ISACA. 2013. *Process Assessment Model Using COBIT 5*. Rolling Meadows, IL 60008 USA: ISACA.
- KAREN LAYNE, A. J. 2001. Developing fully functional E-government: A four stage Model. *Government Information Quarterly*, 18, 122–136.
- SIHWI, S. W. 2009. *Pengembangan Process Maturity Framework pada e-Government di Indonesia*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- SUPANGKAT, D. S. 2006. Framework Strategi Implementasi e-Government. *Prosiding Konferensi Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi untuk Indonesia*, 35-37.
- SUSANTO, T. D. 2015. Measuring e-Government Implementation Program: A Case Study of Surabaya City, Indonesia. *International Journal of Information Systems and Engineering*.
- TECHNOLOGY, C. F. 2002. *E-Government Handbook*.
- TOASAKI, Y. 2003. e-Government from A User's Perspective. *APEC telecommunication and information working group*.
- WIMMER, M. A. 2002. Online one-stop government: A working framework and requirements. In R. Traunmüller (Ed.). *Information systems: The e-Business challenge*, pp. 117–130.

## ANALISIS KINERJA SISTEM INFORMASI DAN TEKNOLOGI INFORMASI UNTUK MENUNJANG KINERJA KARYAWAN MENGGUNAKAN *FRAMEWORK IT BALANCED SCORECARD* (STUDI KASUS PADA *WI-FI* UNIVERSITAS KRISTEN SATYA WACANA)

Bertho Molly<sup>1</sup>, Andeka Rocky Tanaamah<sup>2</sup>, Melkior Nikolar Ngalumsine Sitokdana<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana

Email: <sup>1</sup>682013068@student.uksw.edu, <sup>2</sup>atanaamah@staff.uksw.edu, <sup>3</sup>melkior.sitokdana@staff.uksw.edu

(Naskah masuk: 27 Oktober 2017, diterima untuk diterbitkan: 30 Desember 2017)

### Abstrak

*Wi-Fi* UKSW merupakan fasilitas jaringan internet yang dibangun untuk memfasilitasi dan mendukung kebutuhan civitas UKSW dalam proses belajar mengajar. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengukuran bagaimana tingkat pemanfaatan Sistem Informasi dan Teknologi Informasi berdasarkan kinerja karyawan *Wi-Fi* UKSW. Penelitian ini menggunakan metode *IT Balanced Scorecard* sebagai sarana pengukuran yang jelas, memantau dan mengoptimalkan realisasi dari nilai atau manfaat bisnis dan manfaat Teknologi Informasi dimana *IT Balanced Scorecard* mempunyai 4 perspektif (Perspektif Kontribusi Perusahaan, Perspektif Orientasi Pengguna, Perspektif Penyempurnaan Operasional, dan Perspektif Orientasi Masa Depan). Penelitian ini dimulai dari tahapan perencanaan, tahapan studi kelayakan awal dan studi *literature*, tahapan wawancara dan observasi, tahapan analisis data, serta tahapan membuat dan menyusun laporan serta rekomendasi menggunakan *IT Balanced Scorecard*. Adapun beberapa hal yang ditemukan dalam penelitian ini dan harus ditangani yaitu, dibutuhkan penambahan Sumber Daya Manusia (SDM) untuk membantu kinerja *Wi-Fi* UKSW baik dalam hal penanganan *complain* maupun penyelesaian proyek mengingat *Wi-Fi* UKSW selalu dibutuhkan dan digunakan oleh semua civitas UKSW serta perlu adanya evaluasi dan *upgrade* terhadap sistem aplikasi monitoring *Wi-Fi*. Karena sebagai sarana penyedia layanan jaringan internet yang mana semua yang dilakukan karyawan *Wi-Fi* UKSW berhubungan erat dengan Sistem Informasi dan Teknologi Informasi dan hasilnya, yang kehadirannya memberikan nilai manfaat yang baik khususnya bagi kemajuan kinerja karyawan *Wi-Fi* UKSW.

**Kata kunci:** Kinerja SI dan TI, *IT Balanced Scorecard*, *Wi-Fi* UKSW

### Abstract

*Wi-Fi* SWCU is an internet network facility built to facilitate and support the needs of SWCU civities in teaching and learning. The purpose of this research is take measurements of what is the level the use of Information Systems and Information Technology based on of employee performance *Wi-Fi* SWCU. This study uses the *Balanced Scorecard* as a method of measurement as well as monitoring and optimizing business value, and the benefit of Information Technology. *IT Balanced Scorecard* has four perspectives such as, Perspective of Corporate Contributions, User Orientation Perspective, Operational Improvement Perspective, and Percent Orientation Performance Front. This research starts from planning stage, initial feasibility study, literature study, interview and observation, data analysis, making reports and recommendations use *IT Balanced Scorecard*. But some things found in this study and to work on that, needed the addition of Human Resources (HR) to assist the performance of SWCU *Wi-Fi* both in the handling of complaints and project completion and *Wi-Fi* SWCU needs an evaluation and upgrade for *Wi-Fi* monitoring application system. Because as a means of the internet network providers which all done employees *Wi-Fi* SWCU closely related to Information Systems and Information Technology and as a result, the presence of Information Systems and Information Technology give the value of the benefit a good especially for progress of employee performance *Wi-Fi* SWCU.

**Keywords:** Performance IS and IT, *IT Balanced Scorecard*, *Wi-Fi* SWCU

### 1. PENDAHULUAN

Tidak bisa dipungkiri bahwa era saat ini merupakan era dimana Teknologi sangat berperan penting dan Teknologi mengeluarkan inovasi-inovasi terbaru dalam segala bidang. Demikian juga,

dalam bidang perusahaan, setiap perusahaan pasti mengharapakan dengan adanya kehadiran Teknologi Informasi dapat membantu perusahaan meningkatkan kinerja mereka. Setiap perusahaan dalam menjalankan kegiatannya akan selalu berusaha untuk menunjang dan meningkatkan kualitas pelayanan karyawannya semaksimal

mungkin, tentunya dalam batas-batas kemampuan yang dimiliki perusahaan tersebut. Misalnya fenomena pada Kementerian Perhubungan Republik Indonesia (Kemenhub). Kemenhub tidak luput dari perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi. Dalam menyikapi pengaruh serta perkembangan TIK tersebut, Kemenhub selalu berupaya keras dalam menjaga kualitas layanan yang dimiliki, mereka berusaha mengoptimalkan layanan-layanan TIK yang dilakukan secara kurang terstruktur dan parsial ke dalam bentuk terstruktur dan terintegrasi sehingga membuat layanan dirasa lebih efektif dan efisien yang pada akhirnya dapat berkontribusi untuk mewujudkan performa Kementerian Perhubungan lebih baik. Ada 3 fokus yang menjadi bagian dari layanan TIK Kemenhub diantaranya, **1) Layanan e-Mail Kemenhub**, tujuan dari dibuatnya *e-Mail* ini adalah untuk memudahkan para pegawai Kementerian Perhubungan untuk berkomunikasi terkait aktifitas-aktifitas yang terjadi, baik antara pimpinan dan jajarannya begitupun sebaliknya. Selain itu, melalui *account e-Mail* resmi ini pula, dapat dikatakan Kementerian Perhubungan telah ikut serta melaksanakan program Pemerintah tentang kewajiban setiap Aparatur Sipil Negara (ASN) dengan memiliki *account* resmi dengan domain *@.go.id*. Dan yang paling penting adalah, dengan penggunaan *e-Mail* ini ialah Kemenhub telah telah menghemat waktu dan biaya untuk penyampaian setiap laporan, berita dan informasi di seluruh jajaran Kementerian Perhubungan. **2) Layanan Portal Terpadu Kemenhub**, dengan alamat [www.dephub.go.id](http://www.dephub.go.id) yang mana tujuan dari portal ini adalah, untuk menampilkan semua atau setiap informasi yang *valid* dari Kemenhub agar masyarakat yang ingin mencari data atau informasi apapun terkait Kemenhub dapat di akses dengan mudah dan cepat serta dimuatnya berita-berita akurat. Portal Terpadu Kemenhub ini dibuat dengan teknologi web terkini yang didukung dengan server dengan spesifikasi yang sesuai serta oleh infrastruktur TIK dengan konfigurasi *firewall* terkini yang dapat menghasilkan tingkat keamanan tinggi yang mana, diharapkan mampu mengurangi penyusup (*hacker*) dan orang-orang yang tidak bertanggung jawab yang berusaha untuk mengganggu layanan dari portal ini. **3) Layanan Contact Center**, layanan ini merupakan layanan terbaru berbasis TIK Kemenhub. Maksud dari layanan ini adalah, untuk menampung semua keluhan, masukan, usul dan saran, serta permasalahan masyarakat yang mana kaitannya dengan pelayanan yang diberikan oleh Kemenhub pada sektor darat, laut, udara, dan perkereta api. Kemudian ada yang namanya, Infrastruktur Helpdesk, dimana dalam upaya untuk mendukung pengoperasian ke 3 bentuk layanan TIK di atas, Kemenhub telah menyiapkan infrastruktur dan helpdesk TIK yang beroperasi selama 24/7 dengan tenaga Sumber Daya Manusia bagian divisi TIK yang handal yang mendapat

dukungan profesional di bidang TIK untuk mengatasi permasalahan yang lebih kompleks. Agar terus dapat meng-*update* teknologi terkini dalam perkembangan teknologi TIK, Kementerian Perhubungan secara rutin memberikan kursus dan pelatihan di dalam maupun di luar negeri kepada Tenaga pengelola TIK Kemenhub, baik itu di sisi perangkat lunak maupun perangkat keras. Di sisi lain, Kemehub juga terus memberikan kesempatan kepada Tenaga tersebut memperoleh sertifikasi keahlian khusus di bidang TIK. Semua ini bertujuan agar Kemenhub dapat memberikan pelayanan yang baik bagi masyarakat dan memajukan kinerja semua pegawai Kemenhub dalam menyikapi kehadiran Teknologi Informasi. (Layanan Berbasis TIK, Kemenhub 2017).

Salah satu langkah untuk menunjang dan meningkatkan kualitas pelayanan di sebuah perusahaan adalah dengan pemanfaatan Sistem dan Teknologi Informasi. Tujuan utamanya adalah agar perusahaan mampu menyesuaikan diri dengan perubahan-perubahan yang terjadi, agar perusahaan tersebut mampu beroperasi secara efektif dan efisien. Dengan demikian, penggunaan Sistem dan Teknologi Informasi di perusahaan tersebut dapat memberikan pengaruh yang baik bagi tercapainya tujuan yg baik. Melihat dari banyaknya persoalan dan kondisi pemanfaatan Sistem Informasi dan Teknologi Informasi (SI dan TI) yang seringnya terjadi karena kurang dapat memberikan manfaat bagi tujuan bisnis organisasi, dan tidak dapat menangkap peluang bisnis. Keadaan tersebut dapat terjadi karena pemanfaatan SI dan TI yang kurang fokus pada bisnis, dilakukan oleh bagian yang kurang mengerti peluang bisnis, dan hanya membuat strategi karena kebutuhan Teknologi semata. Padahal, Teknologi merupakan salah satu aset berharga bagi perusahaan atau organisasi untuk bersaing dalam dunia bisnis. Melihat dari fenomena di atas, bagaimanakah jika pemanfaatan SI dan TI dilakukan oleh karyawan di sebuah organisasi dengan kurang maksimal, secara otomatis akan berpengaruh terhadap kinerja karyawannya sendiri dan berdampak pada kemajuan perusahaan tersebut (Putra, Benyamin Sinaga, Irya Wisnubhadra. 2015).

Perkembangan jumlah mahasiswa di Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW), mendorong pihak pengolah layanan penyedia teknologi informasi untuk meningkatkan kualitas layanan yang lebih optimal untuk menunjang keberhasilan pencapaian dan tujuan dari universitas. Di tahun 2017 ini, UKSW telah memiliki 3 program studi untuk diploma (D3), 1 program studi untuk sarjana terapan (D4), 39 program studi untuk sarjana (S1), 10 program studi untuk magister (S2), dan 3 program studi untuk doktor (S3). Dengan jumlah dosen sebanyak 440 orang dan jumlah mahasiswa sebanyak 16.322 orang. Ke-56 program studi ini merupakan suatu pencapaian yang baik bagi

universitas swasta, yang telah berhasil menarik minat masyarakat untuk melanjutkan pendidikan di jenjang perguruan tinggi dan tentunya menjadi tanggung jawab dari pihak universitas untuk menunjang segala kebutuhan yang baik dan menyiapkan dan memfasilitasi layanan teknologi dengan standar yang baik bagi segenap sivitas akademika.

Internet sebagai media yang dapat digunakan untuk melakukan komunikasi, pencarian data, serta menunjang kegiatan bisnis lainnya, menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting bagi pihak universitas untuk mengelolanya. UKSW bekerjasama dengan pihak ketiga yaitu PT. Kreasi Sejahtera untuk mengelola serta mengembangkan penggunaan jaringan internet tanpa kabel atau *Wireless Fidelity (Wi-Fi)* digunakan oleh seluruh sivitas akademika UKSW. PT. Kreasi Sejahtera menempatkan divisi *Network Operation* kedalam lingkup universitas yang bertugas untuk menjamin kelancaran akses internet khususnya *Wi-Fi* ini agar bisa berjalan dengan semestinya. Namun dalam operasionalnya setiap hari, masih ditemukan beberapa permasalahan seperti respon terhadap permintaan *id* nya lambat karena proses terhadap permintaan *id* masih manual, sehingga calon pengguna *Wi-Fi* harus menunggu admin membalas satu per satu permintaan *id* yang masuk, *User* yang tidak bisa *log in*, serta masalah jaringan *Wi-Fi* yang sering mengalami *disconnected* serta terkadang agak lambatnya akses internet pada jam kerja yaitu sekitar pukul 08.00 – 16.00. Satu akun *Username* dan *password Wi-Fi* hanya bisa digunakan didalam satu perangkat saja, sehingga akun yang akan digunakan diwaktu yang bersamaan tidak bisa dilakukan karena sistem hanya memperbolehkan akses satu akun untuk satu perangkat saja tidak boleh lebih.

Kinerja karyawan harus selalu di optimalkan agar dapat memberikan kualitas pelayanan yang baik dan kepuasan kerja tersendiri bagi karyawan tersebut. Dengan menggunakan metode *IT Balanced Scorecard* sebagai sarana pengukuran yang jelas, memantau dan mengoptimalkan realisasi dari nilai atau manfaat bisnis dan manfaat Teknologi Informasi, *IT Balanced Scorecard* mempunyai 4 Perspektif untuk mengukur kinerja karyawan diantaranya, Perspektif Kontribusi Perusahaan, Perspektif Orientasi Pengguna, Perspektif Penyempurnaan Operasional, dan Perspektif Orientasi Masa Depan (Arofah, N., Sholih, & Nisafani, A. S. 2012). Tujuan penelitian ini adalah, mengetahui tingkat pemanfaatan Teknologi Informasi melihat dari kualitas kinerja karyawan *Wi-Fi* UKSW. Langkah berikutnya adalah, penelitian ini melihat bagaimana mengukur SI dan TI yang dapat meningkatkan efektifitas diberbagai perspektif yang digunakan, maka setiap temuan atau permasalahan yang terdapat dari 4 perspektif *IT Balanced Scorecard* akan dibuatkan saran dan masukkan yang

dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja karyawan *Wi-Fi* UKSW.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terkait pertama yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yang berjudul “Analisa Kinerja Sistem Informasi/Teknologi Informasi Pada BPPT dan PM Kota Salatiga Menggunakan Kerangka IT *Balanced Scorecard*” oleh Giska Sandra Legoh dan Johan J.C Tambotih, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengukur kinerja SI/TI yang sudah ada atau yang sudah dilakukan sebelumnya oleh BPPT dan PM Kota Salatiga sendiri, selain itu melihat pemanfaatan Teknologi Informasi yang dilakukan oleh BPPT dan PM Kota Salatiga. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *IT Balanced Scorecard*. Hasil yang di dapatkan dari penelitian ini yaitu, 4 Perspektif IT BSC dibuat dalam bentuk pembobotan berdasarkan teknik pengaambilaan data yang sudah dilakukan, kemudian dapat dinyatakan bahwa, penggunaan dukungan SI/TI di BPPT & PM Kota Salatiga ini sudah cenderung baik, walaupun dalam prosesnya masih ada beberapa kendala, namun sudah bisa ditangani dengan baik. Dari keempat perspektif *IT Balanced Scorecard*, Perspektif Kontribusi Organisasi lah yang mendapat hasil yang dapat dikatakan paling rendah dikarenakan penerapan aplikasi yang belum maksimal, produktifitas dari pegawai belum efektif dan efisien karena pegawai masih banyak yang menggunakan proses manual, serta penggunaan dana belum efektif untuk proses pengembangan aplikasi (Giska Sandra Legoh & Johan J.C Tambotih. 2015).

Penelitian terkait kedua yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yang berjudul “Pengukuran Kinerja Organisasi Teknologi Informasi Menggunakan *IT Balanced Scorecard* Studi Kasus Pada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur” oleh Ronggo Alit dan Firza Prima Aditiyawan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Tujuan dari penelitian ini yaitu, mengukur kinerja Organisasi Teknologi Informasi UPN “Veteran” Jawa Timur melalui *Key Performance Indicator (KPI)* dengan *framework IT Balanced Scorecard* serta menjadi dasar acuan bagi UPN “Veteran” Jawa Timur dalam melakukan perbaikan di dalam pengembangan organisasi teknologi informasi kedepan. Hasil yang di dapat dari penelitian ini yaitu, 4 Perspektif *IT Balanced Scorecard* membahas pointnya masing-masing, dan berdasarkan penilaian kinerja dengan menggunakan *IT Balanced Scorecard*, nilai rata-rata yang dihasilkan dari 4 perspektif adalah 34,22 % dimana masuk kedalam kriteria kurang karena nilai presentasenya terbilang kecil dan kurang dari 50 % dan harus banyak perbaikan yang dilakukan oleh UPN Veteran Jawa Timur terutama pada Perspektif Orientasi Pengguna, dimana yang masih harus

diperbaiki adalah kualitas produk, kontribusi pengguna, kepuasan pengguna, dan interaksi pengguna dengan unit kerja TI (Ronggo Alit & Firza Prima Aditiyawan. Oktober 2016).

Penelitian terkait ketiga yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yang berjudul "Penggunaan IT *Balanced Scorecard* Untuk Pengukuran Kinerja Teknologi Informasi Pada STIKOM Bali" oleh Ratna Kartika Wiyati, STIKOM Bali. Tujuan penelitian ini yaitu, STIKOM Bali belum pernah melakukan pengukuran kinerja pada bagian Divisi IT atau yang sering mereka sebut yaitu Pengembangan Sistem Informasi (PSI). Dimana mereka menyadari bahwa selaku perguruan tinggi yang bergerak di bidang Teknologi Informasi, sudah seharusnya mereka melakukan pengukuran tingkat pemanfaatan Teknologi Informasi. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini dilakukan pengukuran kinerja divisi IT menggunakan IT *Balanced Scorecard*. Dengan adanya pengukuran kinerja dapat diketahui kinerja divisi IT STIKOM Bali. Selain itu hasil pengukuran dapat dijadikan dasar sebagai rekomendasi perbaikan kinerja divisi IT. Hasil yang di dapatkan dari penelitian ini yaitu, *Key Performance Indicator* (KPI) Kinerja bagian Pengembangan Sistem Informasi (PSI) menunjukkan hasil yang cukup baik, hal ini dapat dilihat pada kinerja yang dinilai capaiannya diatas 80%. Rekomendasi perbaikan kinerja bagian PSI dapat dilihat dengan memperbaiki beberapa sasaran strategis yang nilai target capaiannya dibawah 80% seperti pengembangan SDM IT dan hal ini jelas terlihat pada Perspektif Orientasi Masa Depan (Ratna Kartika Wiyati. November 2015).

Dari ketiga penelitian terkait di atas terdapat persamaan yaitu, ketiga penelitian tersebut membahas tentang Analisis kinerja Teknologi Informasi serta pengukuran kinerja Teknologi Informasi dan ketiga penelitian tersebut menggunakan *framework* IT *Balanced Scorecard*. Menurut peneliti, literature review yang memiliki korelasi yang sama dengan penelitian ini adalah literature review pertama, karena dilihat dari judul, tujuan penelitian, proses pengambilan data (wawancara), yang mana sama dengan penelitian ini, dan diperkuat dengan menggunakan teknik pengambilan data menggunakan kuesioner. Dimana tujuan dari penelitian terkait pertama yaitu mengukur kinerja pegawai dalam memanfaatkan SI dan TI dan harapannya, semua pegawai dapat, memaksimalkan kinerjanya dan siap memberikan kualitas layanan TI yang baik.

Hasil dari ketiga penelitian di atas yang ditelaah oleh peneliti, terdapat perbedaan pada masing-masing Perspektif, dimana pada *literature review* pertama masih banyaknya proses secara manual yang dilakukan pegawai dikarenakan penerapan aplikasi yang belum maksimal, produktifitas dari pegawai belum efektif dan efisien, serta penggunaan dana belum efektif untuk proses pengembangan

aplikasi yang mana seharusnya penggunaan aplikasi dapat membantu kinerja pegawai serta pada literature review kedua, masih perlu adanya perbaikan terhadap kualitas layanan dan kualitas pengguna (*user*) terhadap unit kerja tersebut, dan pada literature review ketiga masih perlu adanya pengembangan atau penambahan berupa SDM dalam membantu kinerja pegawai. Namun pada dasarnya, jika dilihat dari pemanfaatan Teknologi Informasi, ketiga penelitian terkait ini sudah memanfaatkan Teknologi Informasi khususnya para pegawainya. Berdasarkan ketiga penelitian yang sudah dilakukan tersebut, maka akan dilakukan penelitian yang membahas mengenai Analisis Kinerja Sistem Informasi dan Teknologi Informasi untuk menunjang kinerja karyawan menggunakan *framework* IT *Balanced Scorecard* pada karyawan *Wi-Fi* UKSW, untuk dapat memajukan kinerja karyawan *Wi-Fi* UKSW, mengingat *Wi-Fi* UKSW selalu dibutuhkan setiap saatnya oleh semua civitas UKSW, dimana narasumbernya adalah karyawan *Wi-Fi* UKSW, Manager BTSI, dan Pembantu Rektor 1 dengan melakukan teknik pengambilan data berupa wawancara dan observasi.

Alasan peneliti memilih menggunakan *framework* IT *Balanced Scorecard* yaitu, karena IT *Balanced Scorecard* sering digunakan dalam pengukuran kinerja Sistem dan Teknologi Informasi serta IT *Balanced Scorecard* menilai, menelaah, dan mengevaluasi kinerja Teknologi Informasi dalam berbagai aspek berdasarkan 4 Perspektif sebagai jati diri IT *Balanced Scorecard*.

Pengukuran kinerja Sistem Informasi dan Teknologi Informasi (SI dan TI) pada sebuah organisasi perlu mendapat perhatian khusus, karena inisiatif pengadaan SI dan TI diharapkan bisa memberikan manfaat yang besar kepada masyarakat dan juga organisasi itu sendiri (Giska Sandra Legoh & Johan J.C Tambotih. 2015). Pada tahun 1997, oleh Van Grembergen dan Van Bruggen mengadopsi *Balanced Scorecard* (BSC) untuk digunakan pada bagian Departemen Teknologi Informasi. Tujuan dari IT *Balanced Scorecard* adalah dapat memungkinkan para pengguna untuk dapat menyesuaikan perencanaan dan aktivitas-aktivitas sistem informasi dengan tujuan dan kebutuhan organisasi, menyesuaikan usaha pegawai dengan tujuan sistem informasi, menyediakan pengukuran untuk mengevaluasi efektivitas organisasi sistem informasi, mendorong dan mempertahankan kinerja sistem informasi yang semakin meningkat, dan juga tujuannya untuk mendapatkan pencapaian hasil yang seimbang di antara kelompok *stakeholder* (Achmad Nizar Hidayanto, Yudhiansyah Ahmadin, Dan Meganingrum Arista Jiwanggi. 2010).

IT *Balanced Scorecard* menyediakan pemaparan dan ulasan yang bersifat menyeluruh dan terstruktur, sehingga pengelola SI dan TI dapat terus memantau perkembangan setiap aspek dari strategi

penerapan teknologi informasi dengan mengacu kepada nilai dari masing-masing perspektif (Cram, A. 2007. *The IT Balanced Scorecard Revisited*).

Perspektif Kontribusi Perusahaan, yang dibahas dari perspektif ini dalam penelitian ini adalah pencapaian Visi dan Misi organisasi dimana *Wi-Fi UKSW* merupakan organisasi penyedia layanan jaringan internet dimana semua yang dilakukan berkaitan dengan teknologi serta pemanfaatan teknologi informasi yang ada untuk kemajuan organisasi.

Perspektif Oreintasi Pengguna, perspektif ini membahas mengenai, tingkat kepuasan terhadap aplikasi oleh karyawan itu sendiri yang mana aplikasi dibangun untuk membantu kinerja karyawan. Pengguna yang dimaksud dalam perspektif ini adalah karyawan *Wi-Fi UKSW* itu sendiri.

Perspektif Penyempurnaan Operasional, perspektif ini menilai kinerja IT berdasarkan cara pandang IT itu sendiri. Pihak yang berkaitan dengan penyelesaian proyek yang diminta dari *stakeholder*, aturan-aturan yang berlaku dalam proses kerja, serta ketepatan waktu dalam penyelesaian proyek yang diminta.

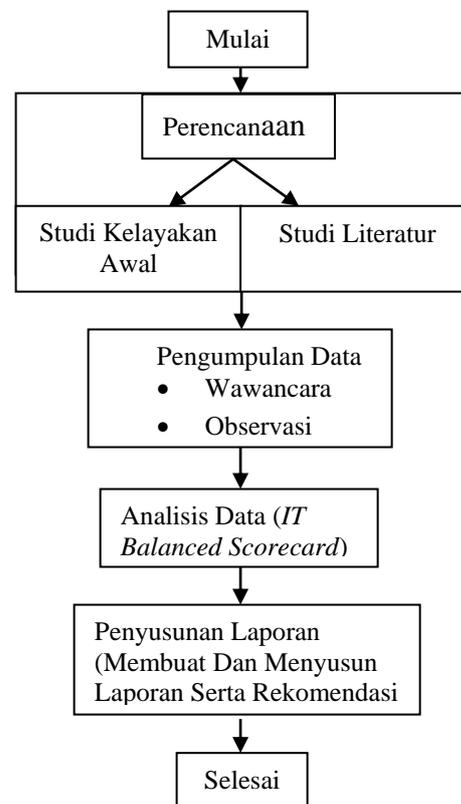
Perspektif Orientasi Masa Depan, perspektif ini menilai kinerja IT berdasarkan cara pandang dari organisasi itu sendiri. Pada perspektif ini akan menyiapkan infrastruktur organisasi yang memungkinkan tujuan pada tiga perspektif lainnya dapat dicapai. Kemampuan organisasi untuk dapat menghasilkan produk atau jasa di masa mendatang dengan kemampuan layanan yang memuaskan harus dipersiapkan mulai dari saat ini. Pihak manajemen harus dapat memperkirakan *trend* dan inofasi di masa mendatang dan membuat langkah-langkah persiapan dalam menghadapinya (Eriyanto Vetanus, Devi, Lindawati, Veronika, Hermawan Putra Kurniawan, Deborah Kristianti Sitompul. 2014).

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif. Metode kualitatif adalah data informasi yang berbentuk kalimat verbal bukan berupa simbol angka atau bilangan. Jenis data kualitatif didapat melalui suatu proses menggunakan teknik analisis mendalam dan tidak bisa diperoleh secara langsung. Dengan kata lain untuk mendapatkan data kualitatif lebih banyak membutuhkan waktu karena harus melakukan wawancara, observasi, diskusi atau pengamatan. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara dan observasi. Alasan peneliti memilih metode kualitatif (pengumpulan data wawancara dan observasi) yaitu agar data yang diperoleh dapat bersifat obyektif dan *valid* karena didapatkan langsung dari narasumber pada studi kasus dan secara langsung melakukan proses tanya jawab. Data hasil wawancara dan observasi ini akan digunakan

untuk memperkuat penelitian yang dilakukan. Dalam melakukan wawancara, peneliti menggunakan perekam suara melalui *smart phone* untuk mendengarkan kembali jawaban dari narasumber dan juga peneliti mencatat hasil wawancara lalu diketikkan menggunakan *Micfosoft Word 2010*

Lokasi penelitian ini dilakukan di kantor *Wi-Fi UKSW*, Ruangannya BTSI, dan Ruangannya Pembantu Rektor 1. Narasumber yang berpartisipasi dalam penelitian ini adalah karyawan *Wi-Fi UKSW* berjumlah 2 orang, Manager BTSI 1 orang, dan Pembantu Rektor 1, 1 orang. Fokus utama dari penelitian ini adalah mendeskripsikan kinerja karyawan *Wi-Fi UKSW* dalam memanfaatkan kehadiran Teknologi Informasi berdasarkan 4 perspektif *IT Balanced Scorecard*. Tahapan-tahapan atau alur penelitian yang sudah dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Tahapan Penelitian

Tahap awal penelitian ini yaitu diawali dengan peneliti menentukan topik yang menjadi pertanyaan atau permasalahan, yaitu analisis kinerja SI dan TI. Kemudian peneliti menentukan tempat studi kasus atau objek yang akan diteliti yaitu *Wi-Fi UKSW*. Tahap kedua yaitu perencanaan yang di dalamnya terdapat studi kelayakan awal dan studi literatur. Studi kelayakan awal yaitu menganalisa awal tentang kondisi objek yang diteliti sehingga peneliti dapat mempersiapkan serta menentukan kebutuhan yang diperlukan selama melakukan penelitian. Studi

*literature* merupakan proses pengumpulan literatur menggunakan metode studi pustaka yang berhubungan dengan analisa kinerja SI dan TI untuk menunjang kinerja karyawan dengan tujuan agar peneliti dapat memahami studi kasus yang akan diteliti. *Literature* didapatkan melalui buku, jurnal, artikel internet yang terkait atau pun buku elektronik. Tahap selanjutnya adalah aktifitas pengumpulan data lapangan berdasarkan studi kasus yang diteliti. Dalam pengumpulan data lapangan terdapat dua aktifitas yang dilakukan yaitu dengan melakukan observasi dan wawancara. Observasi merupakan teknik pengumpulan data dengan cara mengamati secara langsung objek yang diteliti. Sedangkan wawancara merupakan teknik pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab kepada narasumber terkait penelitian dengan tujuan untuk mendapatkan informasi yang diperlukan. Dan untuk mengolah data hasil wawancara, peneliti menggunakan patokan dari 4 perspektif IT *Balanced Scorecard* yang langsung dituangkan dalam hasil dan pembahasan. Berikut desain penilain kriteria berdasarkan 4 Pespektif yang nantinya akan ditarik dalam analisis dan kesimpulan ;

**Tabel 1.** Kriteria/Penilaian 4 Perspektif IT BSC

| No | Nama Pespektif                       | Penilaian/Kriteria  |
|----|--------------------------------------|---|
| 1  | Perspektif Kontribusi Perusahaan     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemanfaatan kehadiran Teknologi Informasi</li> <li>• Proyek di daerah Salatiga</li> <li>• Nilai tambah aplikasi IT</li> <li>• Visi dan Misi Perusahaan</li> </ul>  |
| 2  | Perpektif Orientasi Pengguna         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pembuatan aplikasi sesuai kebutuhan dan permintaan</li> <li>• <i>Training</i> dan pembelajaran terkait aplikasi yang dibuatkan</li> <li>• Tingkat kepuasan terhadap aplikasi yang dibangun dari <i>developer</i> luar negeri :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Manfaat</li> <li>- Keluhan</li> </ul> </li> <li>• Penanganan aplikasi jika <i>error</i><sup>3</sup></li> </ul> |
| 3  | Perspektif Penyempurnaan Operasional | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah karyawan yang mengerjakan proyek</li> <li>• Kontrol dan pengawasan BTSI</li> <li>• Kontrol dan pengawasan Pembantu Rektor 1</li> </ul>  |

|   |                                 |   |
|---|---------------------------------|---|
|   |                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kendala BTSI dan Pembantu Rekrtror 1 dalam penngontrolan <i>Wi-Fi</i> serta cara penanganan</li> <li>• Proses penyelesaian proyek yang diminta :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruang lingkup lokasi</li> <li>- Rentan waktu pengerjaan</li> </ul> </li> <li>• Kualitas jaringan <i>Wi-Fi</i> UKSW menurut Karyawan</li> <li>• Keadaan <i>software</i> dan <i>hardware</i> di kantor <i>Wi-Fi</i></li> </ul>   |
| 4 | Perspektif Orientasi Masa Depan | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standar perekrutan lkaryawan baru :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemampuan</li> <li>- Pengalaman</li> </ul> </li> <li>• <i>Training</i> dan pembelajaran untuk karyawan baru</li> <li>• Pendistribusian tugas karyawan <i>Wi-Fi</i> UKSW</li> <li>• <i>Complain</i> dari <i>stakeholder</i> dan penanganannya :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penanganan</li> <li>- Proses penyelesaian</li> </ul> </li> <li>• Keamanan informasi dan aset perusahaan :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Bakcup</i> data</li> </ul> </li> </ul> <p><i>Hacker</i></p> |

#### 4. TEMUAN EMPIRIS

##### Analisa Kondisi *Wi-Fi* UKSW saat ini (*Current Condition*)

*Wi-Fi* UKSW merupakan fasilitas jaringan internet yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan civitas UKSW dalam mendukung proses belajar mengajar. Dengan adanya *Wi-Fi* di UKSW sangat membantu civitas UKSW dalam melakukan proses belajar mengajar di area lingkungan kampus UKSW, dalam hal ini, dengan menggunakan koneksi jaringan internet. Maka timbulah pertanyaan, bagaimanakah PT. Kreasi Sejahtera Teknologi ini bisa bekerja sama dengan UKSW sehingga terciptanya *Wi-Fi* UKSW (Net ID)? Melihat dari kemajuan Teknologi jaringan internet dan UKSW selalu berupaya mendukung fasilitas belajar mengajar mahasiswa/i, maka Pembantu Rektor 4 mengirim surat dan email untuk PT. Kreasi Sejahtera Teknologi ini melakukan presentasi di dalam rapat pimpinan. Kemudian, Rektor dan para Pembantu Rektor melihat fasilitas PT. Kreasi Sejahtera Teknologi yang berada di Jakarta. Setelah itu, Rektor dan Pembantu Rektor membuat tawaran untuk PT. Kreasi Sejahtera Teknologi (*Wi-Fi*

UKSW) bekerja sama dengan UKSW, dan proses ini dibawa lagi ke rapat pimpinan dan disetujui untuk PT. Kreasi Sejahtera Teknologi bekerja sama dengan UKSW, dan dari situlah tercipta *Wi-Fi* UKSW (Net ID) hingga saat ini. *Wi-Fi* UKSW ini sendiri berada dalam pengawasan dan kontrol Biro Teknologi dan Sistem Informasi (BTSI) bersama dengan pembantu Rektor 1. Biro Teknologi dan Sistem Informasi (BTSI) merupakan sebuah Biro yang berada di bawah Pembantu Rektor 1 UKSW, yang bertugas bersama dengan 10 pimpinan UKSW bertanggung jawab mengembangkan dan melayani kebutuhan civitas akademika dalam bidang Teknologi Informasi, sistem informasi, multimedia (termasuk di dalamnya mengembangkan modul pengajaran) dan fasilitas pengajaran. Saat ini *Wi-Fi* UKSW berkantor di gedung LPMAI (Lembaga Penjaminan Mutu dan Audit Internal) Lantai 2. Namun, akhirnya ini *Wi-Fi* UKSW sering mengalami lambat koneksi. Oleh sebab itu, mengingat karena begitu pentingnya jaringan *Wi-Fi* UKSW untuk menunjang proses belajar mengajar di area kampus, maka timbulah pertanyaan yaitu, apakah civitas UKSW sudah merasakan manfaat yang optimal dari penggunaan *Wi-Fi* UKSW? Bagaimanakah kinerja karyawan *Wi-Fi* UKSW dalam memanfaatkan Teknologi Informasi? Bagaimanakah kontrol dan pengawasan yang dilakukan oleh Biro Teknologi dan Sistem Informasi beserta Pembantu Rektor 1 dalam menjaga kestabilan kinerja karyawan *Wi-Fi* UKSW untuk menunjang layanan *Wi-Fi* UKSW? Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, maka perlu dilakukan analisis kinerja Sistem Informasi/Teknologi Informasi untuk menunjang kinerja karyawan melihat *Wi-Fi* UKSW selalu saja digunakan oleh civitas UKSW.

### 1. Perspektif Kontribusi Perusahaan

Setiap organisasi harus berupaya keras untuk mewujudkan Visi dan Misi organisasi tersebut, agar organisasi tersebut memiliki tujuan yang jelas tentunya. Visi dan Misi yang ada, diharapkan dapat menjadi salah satu penunjuk ke arah yang baik kedepannya. Visi dan Misi menjadi acuan, agar organisasi lebih mengerti, kearah mana mereka harus bergerak dan apa yang akan mereka hasilkan juga harus jelas.

Menurut Bapak Rangga selaku karyawan *Wi-Fi* UKSW, untuk menjawab Visi dan Misi perusahaan bukan cuma dengan omongan semata tetapi harus dengan kerja keras juga dan tindakan yang nyata, lalu bagaimanakah karyawan *Wi-Fi* berupaya keras mewujudkan Visi dan Misi perusahaan? Berikut tanggapan Bapak Rangga :

*"hmm..ya tentunya bekerja sesuai aturan dan berupaya keras untuk menjunjung tinggi kenyamanan dan kepuasan orang yang bekerja sama dengan kami. Intinya, nama baik perusahaan itu yang paling utama mas,*

*oleh karena itu kita selalu berusaha melakukan yang terbaik demi untuk nama baik perusahaan kita yang mana tentunya berujung pada kerja kita selaku karyawan."*

Jelas bahwa visi dan misi perusahaan pun menjadi sebuah komitmen dalam melayani dimana bunyi dari visi dan misi tersebut adalah :

Visi *"Kami adalah menjadi perusahaan penyedia jasa IT yang terdepan dan terpercaya dalam pengembangan teknologi informasi dengan selalu memberikan solusi yang inovatif bagi setiap mitra."*

Misi *"Kami adalah menyediakan jasa IT yang terbaik dengan nilai tambah kepada setiap mitra dengan prinsip-prinsip sebagai berikut :*

- *Berorientasi kemitraan dengan semangat dan budaya profesional*
- *Inovasi yang berkesinambungan serta efektif dan efisien dalam penanganan solusi*
- *Mengakomodasi potensi sumber daya manusia dan mengembangkan peluang bisnis dalam bidang teknologi informasi yang ada."*

Melihat Visi dan Misi tersebut, maka karyawan *Wi-Fi* UKSW mengakui bahwa kinerja yang baik akan memberikan hasil yang baik pula tentunya. Tentunya mereka selalu berusaha dalam batas-batas kemampuan yang mereka miliki. Apalagi PT. Kreasi Sejahtera Teknologi ini punya beberapa cabang perusahaan, yang berada di Jakarta dan Mataram, oleh sebab itu setiap karyawannya dituntut bekerja secara profesional.

Karyawan *Wi-Fi* UKSW menyadari bahwa kemajuan Teknologi Informasi sampai detik ini sangat berkembang pesat dan persaingannya pun semakin ketat, teknologi informasi merupakan salah satu aset penting bagi kemajuan perusahaan, oleh karena itu mereka selaku perusahaan penyedia jasa teknologi informasi pun harus mengikuti perkembangan dan siap melakukan inofasi – inofasi baru dalam bidang Teknologi Informasi. Keseharian pekerjaan karyawan *Wi-Fi* UKSW pun dibantu dengan menggunakan teknologi agar lebih memudahkan mereka dalam bekerja. Menurut bapak Rangga selaku karyawan *Wi-Fi* UKSW :

*"hmm..kami sangat menyadari akan perkembangan teknologi apalagi perkembangan jaringan internet mas. Dunia sekarang sih apa-apa selalu dengan bantuan teknologi, iya kan mas? hehehe. Dan, kami juga menyadari bahwa kehadiran teknologi informasi sangat membantu kerja kami, apalagi kami bekerja dibagian jaringan Wi-Fi. Yang mana, sudah pasti semua*

*yang kami kerjakan di kantor ini berhubungan dengan Teknologi.”*

Untuk memudahkan dan membantu pekerjaan karyawan *Wi-Fi* UKSW, mereka bekerja dengan menggunakan bantuan Aplikasi, yang mana fungsi dari salah satu aplikasi yang mereka gunakan adalah untuk memonitoring jaringan *Wi-Fi* itu sendiri. Aplikasi yang mereka gunakan dibuatkan oleh *developer* dari luar negeri. Aplikasi tersebut dibuatkan atas dasar permintaan dan kebutuhan pihak perusahaan PT.Kreasi Sejahtera Teknologi.

Oleh sebab itu, sebagai perusahaan penyedia layanan dan jasa dalam bidang teknologi informasi, karyawan *Wi-Fi* UKSW tidak terlepas dari yang namanya proyek. Proyek mereka untuk daerah Salatiga hanya di kampus UKSW saja. Berikut penuturan bapak Rangga terkait proyek mereka sebagai karyawan *Wi-Fi* UKSW :

*“ohh..proyek kami untuk daerah Salatiga sendiri hanya di kampus UKSW saja, tetapi menurut kami, di lingkup kampus UKSW pun bukanlah sebuah proyek yang biasa saja, sudah termasuk proyek yang besar bagi kami. Tetapi, kemajuan proyek untuk perusahaan pusat kami di Jakarta, proyeknya hampir bulanan mas.”*

Dalam hal mewujudkan Visi dan Misi perusahaan, menurut karyawan *Wi-Fi* UKSW sendiri bahwa harus dilandasi dengan kerja keras dan tindakan nyata seperti kata bapak Rangga. Dimana peningkatan layanan berbasis Teknologi harus selalu diutamakan dengan memanfaatkan kehadiran Teknologi Informasi demi kenyamanan setiap pihak yang bekerja sama dengan karyawan PT. Kreasi Sejahtera Teknologi (dalam hal ini *Wi-Fi* UKSW).

Perspektif Kontribusi Perusahaan menjelaskan bagaimana pencapaian Visi dan Misi perusahaan dapat memajukan perusahaan tersebut lewat karyawannya. Apa saja yang sudah dilakukan perusahaan dalam hal mencapai Visi dan Misi tersebut. Pada perspektif ini sudah terbilang cukup baik karena mengutamakan kualitas layanan dalam batasan kemampuan yang dimiliki dengan berdasarkan Visi dan Misi.

## 2. Perspektif Orientasi Pengguna

Pengguna yang dimaksud pada perspektif ini adalah karyawan *Wi-Fi* UKSW itu sendiri. Dan seperti yang sudah dijelaskan pada perspektif kontribusi perusahaan bahwa, karyawan *Wi-Fi* UKSW bekerja dengan bantuan sistem aplikasi tentunya. Aplikasi yang mereka gunakan dibuatkan oleh *developer* dari luar negeri, dimana mereka melakukan kontrak dengan *developer* luar negeri tersebut untuk pembuatan sistem aplikasi yang mereka butuhkan. Karyawan *Wi-Fi* tidak dilibatkan dalam proses pembuatan aplikasi tersebut, namun

aplikasi yang dibuatkan sesuai dengan kebutuhan mereka dan apa yang mereka minta.

*“hmm..kami tidak dilibatkan dalam pembuatan aplikasi, hanya saja saat kami melakukan kontrak pembuatan aplikasi dengan developer luar negeri tersebut, kami menjelaskan apa kebutuhan kami untuk sistem aplikasi yang akan dibangun.”* Tutar bapak Yudi selaku karyawan *Wi-Fi* UKSW.

Setelah aplikasi tersebut sudah dibuatkan, mereka mendapat *training* dan pembelajaran untuk penggunaan aplikasi tersebut. Hanya saja, akhir-akhir ini aplikasi tersebut sering mengalami *error*, yang mana dapat berakibat dan berpengaruh ke kualitas jaringan *Wi-Fi* itu sendiri. Karena aplikasi yang dibuatkan, tersambung dengan koneksi jaringan *Wi-Fi* dan memonitoring jaringan *Wi-Fi*. Namun, karyawan *Wi-Fi* UKSW selalu berusaha untuk memperbaiki jika terjadi *error* pada aplikasi tersebut. Berikut penuturan menurut bapak Yudi terkait dengan sistem aplikasi yang dibangun :

**Tabel 2.** Pertanyaan dan Jawaban Wawancara

| Pertanyaan   | Jawaban Narasumber   | Biodata  |
|--|--|--|
| Bagaimana penilaian bapak sapa saat ini terkait sistem aplikasi yang dibangun? | <i>“yaa begini mas, setelah aplikasi sudah dibuatkan, kami mendapat training atau pelatihan terkait aplikasi tersebut yang mana, developer dari luar negeri tersebut lah yang menjelaskan kepada kami cara penggunaan aplikasi tersebut. Hanya saja, aplikasinya akhir-akhir ini sering error yang berakibat ke jaringan Wi-Fi itu sendiri dan bisa menyebabkan loading 1-2 menit, kalo diperhatikan akhir-akhir ini Wi-Fi kadang lelet, ya itu sih mas..tapi ya kami di sini selalu berusaha untuk mencegah error pada aplikasi ini. Yang mana, jika error dan berujung pada kualitas jaringan Wi-Fi itu sendiri, kami selalu berupaya untuk memperbaikinya. Menurut saya sih ini harus segera di upgrade dan ada perbaikan, gitu.”</i> Jelas pak Yudi. | <b>Nama :</b> Bapak Yudi<br><b>Pekerjaan :</b> Karyawan <i>Wi-Fi</i> UKSW<br><b>Jabatan :</b> <i>Networking Engineer</i> |

Jika ditanyakan tingkat kepuasan terhadap aplikasi yang dibangun, karyawan *Wi-Fi* UKSW cukup merasa puas dengan aplikasi yang dibangun. Berikut penjelasan tingkat kepuasan aplikasi yang dibangun menurut bapak Rangga dan bapak Yudi :

*“yaa sampai detik ini kami merasa cukup puas dengan aplikasi yang dibuatkan oleh developer luar negeri ini, aplikasi ini sangat membantu kami bekerja dan untuk memonitoring Wi-Fi itu sendiri seperti yang sudah dijelaskan tadi mas. Hanya saja, belakangan ini kadang terjadi error pada aplikasi yang kami gunakan ini, namun ya namanya untuk menjaga kualitas jaringan, apapun itu kami berusaha untuk memperbaikinya demi tercapainya kenyamanan bersama, gitu mas.”*

Karyawan *Wi-Fi* UKSW selalu berusaha meningkatkan kualitas layanan *Wi-Fi* karena mereka selalu menjunjung Visi Misi perusahaan dan nama baik perusahaan serta mereka menyadari bahwa jaringan *Wi-Fi* di kampus UKSW selalu saja dibutuhkan. Itu sebabnya, mereka selalu mengutamakan kualitas jaringan *Wi-Fi* agar terciptanya kenyamanan bagi pengguna civitas UKSW. Aplikasi yang dibangun sangat mendukung kerja mereka, hanya saja, karyawan *Wi-Fi* mengharapkan perlu dilakukannya *upgrade* dan evaluasi terhadap penggunaan aplikasi tersebut agar kinerja karyawan *Wi-Fi* tidak terganggu dengan aplikasi yang *error* dan agar kualitas jaringan *Wi-Fi* pun tetap memberikan nilai yang baik bagi pengguna *Wi-Fi* UKSW dan menurut karyawan *Wi-Fi* UKSW inilah hal yang harus segera dibenahi dan ditangani. Dari cara pandang IT BSC, penjaminan mutu harus selalu bukan saja untuk kenyamanan *stakeholder* tetapi untuk kenyamanan karyawan itu sendiri.

### 3. Perspektif Penyempurnaan Operasional

Penilaian kinerja karyawan berdasarkan cara pandang IT itu sendiri merupakan bagian yang dibahas dalam Perspektif Penyempurnaan Operasional. Kinerja karyawan sangat mempengaruhi bagaimana kemajuan perusahaan kedepannya dilihat dari proses penyelesaian proyek yang diminta *stakeholder*, serta aturan-aturan dalam proses bekerja.

Di kantor *Wi-Fi* UKSW sendiri, ada 2 karyawan yang menempatinya. Namun, jika ada proyek dari dalam kampus untuk *Wi-Fi* UKSW, maka biasanya karyawan *Wi-Fi* UKSW dibantu oleh Biro Teknologi dan Sistem Informasi (BTSI), atau biasanya BTSI melibatkan mahasiswa kerja praktek untuk membantu Karyawan *Wi-Fi* UKSW dalam pengerjaan dan penyelesaian proyek. Adapun penuturan bapak Rangga demikian :

*“hmm..kalau untuk berapa orang yang mengerjakan proyek, ya biasanya saya dan*

*bapak Yudi yang berkantor di sini yang turun tangan, tetapi tidak terlepas dari bantuan dan kontrol pihak BTSI dan Pembantu Rektor 1. Namun, biasanya dibantu pihak BTSI sih mas dan, kami juga sering melibatkan mahasiswa kerja praktek untuk membantu pengerjaan proyek kami.”* Jelas dari bapak Rangga selaku karyawan *Wi-Fi* UKSW.

Hal serupa juga dijelaskan oleh bapak Dian W. Chandra selaku manager BTSI pengontrol lingkup Teknologi Informasi kampus UKSW:

*“ya..kami hanya menerima laporan dari bagian Wi-Fi UKSW, kami hanya berusaha menjembatani tetapi selebihnya laporan masuk ke Pembantu Rektor 1 dalam pengambil kebijakan. Hanya saja, kami selalu berupaya membantu Wi-Fi UKSW misalnya jika ada pengerjaan proyek di area kampus. Terkadang kita juga turut melibatkan mahasiswa yang kerja partek di BTSI untuk membantu penyelesaian proyek Wi-Fi UKSW.”*

Mengingat *Wi-Fi* UKSW selalu saja dibutuhkan dan digunakan setiap saatnya oleh semua civitas UKSW, maka control dan pengawasan kinerja yang dilakukan oleh bagian yang menangani *Wi-Fi* UKSW pun harus jelas dan terkontrol dengan baik. Adapun penuturan bapak Ferdy Rondunuwu selaku Pembantu Rektor 1 UKSW saat ini, demikian :

*“ya saya hanya menunggu laporan. Jika tidak ada laporan, saya berusaha membangun komunikasi dengan pihak Wi-Fi dan menanyakan adakah kendala atau apa yang dibutuhkan, dan kami UKSW siap memfasilitasi. Saya selalu berusaha mengontrol dan mengawasi Wi-Fi. Ada kalanya, saya membangun komunikasi dengan BTSI jika Wi-Fi UKSW punya proyek yang harus diselesaikan di dalam kampus. Biasanya, bagian Wi-Fi itu sendiri yang datang memberikan laporan ke saya.”* Ujar Bapak Ferdy Rondunuwu.

Menurut Bapak Ferdy, selama ini dalam melakukan control dan pengawasan kerja terhadap *Wi-Fi* UKSW, semua baik-baik saja. Beliau serta BTSI selalu berusaha membangun komunikasi yang baik dengan pihak *Wi-Fi* UKSW, demikian penuturan bapak Ferdy terkait kendala yang di alami dalam pengontrolan *Wi-Fi* UKSW :

*“selama ini tidak ada kendala. Jika tidak ada laporan, saya yang selalu berusaha membangun komunikasi, baik lewat BTSI atau saya bertanya langsung kepada pihak Wi-Fi, atau pihak Wi-Fi yang melaporkan sendiri ke saya. Namun, jika ada kendala selama pengawasan atau dalam hal memfasilitasi, selalu dibicarakan dalam rapat pimpinan yang dihadiri pihak Wi-Fi juga.”* Ujar Bapak Ferdy Rondunuwu.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, *Wi-Fi* UKSW dalam pengerjaan proyek adakalanya dibantu oleh mahasiswa kerja parktek. Mengutamakan kepuasan *stakeholder* adalah salah satu factor pendukung kemajuan organisasi, dan hal ini sangat disadari oleh pihak *Wi-Fi* UKSW. Demikian pula, yang namanya proyek tidak terlepas dari proses pengerjaan dan penyelesaiannya. Membuat proyek selesai tepat sesuai yang diminta merupakan sebuah nilai tambah tersendiri bagi setiap orang yang bekerja sama dengan sebuah organisasi. Baik nilai tambah bagi perusahaan itu sendiri maupun nilai tambah bagi *stakeholder*. Karyawan *Wi-Fi* UKSW selalu berupaya menyelesaikan proyek yang diminta tepat pada waktunya, tentunya dalam batas-batas kemampuan yang dimiliki. Berikut penuturan bapak Rangga terkait penyelesaian proyek yang diminta :

*"wah..kalau permintaan proyek tergantung ruang lingkup pengerjaannya mas. Besarnya lokasi juga mempengaruhi karena ini Wi-Fi, kemudian tingkat kesulitan dari lokasi juga menentukan, untuk skala yang kecil bisa dalam waktu 1-2 minggu pengerjaannya, contoh skala yang kecil misalnya sekolah SMA yang hanya 1 lantai yang luasnya tidak seberapa. Kalau skala besarnya bisa 1-2 bulan bahkan lebih, contoh skala besarnya yaitu kampus UKSW ini..sama contoh lainnya saat FTI pindah ke blotongan juga, kan itu merupakan proyek Wi-Fi UKSW juga dibantu BTSI, pengerjaannya cukup lama sih mas. Ujar Bapak Rangga.*

Melihat dari besarnya proyek dan akan berpengaruh ke kinerja karyawan itu sendiri, maka kondisi lingkup teknologi informasi di kantor *Wi-Fi* UKSW pun menjadi salah satu aset penting yang harus dijaga, karena teknologi informasi mempunyai peran yang sangat penting. Berusaha keras menjaga kualitas koneksi jaringan *Wi-Fi* UKSW, lalu bagaimana dengan kualitas jaringan di kantor *Wi-Fi* UKSW itu sendiri serta bagaimanakah cara-cara pemeliharaan jaringan yang dilakukan? Berikut penuturan bapak Yudi terkait kualitas koneksi jaringan serta cara pemeliharaan jaringan di kantor *Wi-Fi* UKSW :

*"hmm..karena kami di sini kantornya, puji Tuhan kualitas jaringan untuk kerja kami sangat baik, untuk seberapa sering gangguannya, kualitas kami jarang sekali mengalami gangguan. Jika mengalami gangguan, kami langsung berusaha memperbaikinya dan puji Tuhan sampai saat ini untuk kualitas jaringan di kantor kami aman-aman saja. Ya namanya sesuatu yang mengalami gangguan, akan*

*menghambat apapun itu tapi kami selalu berupaya menjaga kualitas jaringan kami sendiri. Terkait cara pemeliharaan jaringan, berikut penuturan dari bapak Rangga "kita selalu melakukan backup data jaringan setiap bulan. Lalu kemudian, kalau pemeliharaan secara fisik, kita sering membersihkan (sambil meperlihatkan port-port kabel jaringan) dan juga, kita sering cek apakah ada yang off atau ada kabel yang secara tidak sengaja terlepas ataukah yang alami gangguan. Jika terjadi kerusakan di kantor ini maupun di lokasi, untuk akses poinnya, biasanya kita langsung ganti."*

Maka timbul juga pertanyaan, bagaimanakah kualitas koneksi jaringan *Wi-Fi* UKSW sendiri? Mengingat *Wi-Fi* UKSW selalu saja digunakan dan dibutuhkan oleh seluruh civitas UKSW. Tanggapan yang sama dituturkan oleh bapak Rangga dan bapak Yudi selaku karyawan *Wi-Fi* UKSW, demikian :

*"ya kami selaku karyawan Wi-Fi yang mana tugas kami adalah menangani dan memfasilitasi penggunaan Wi-Fi itu sendiri, menurut kami mas, kualitas koneksi jaringan Wi-Fi UKSW sudah cukup baik ya. Hal ini bisa dilihat dari tingkat kepuasan dan keluhan penggunaanya, ya civitas UKSW itu sendiri. Namun, selama ini semua aman-aman saja sih mas. Tapi, tidak bisa dipungkiri juga jika jaringannya lelet atau kadang bahkan error, ya bukan cuma untuk Wi-Fi UKSW saja, kami rasa yang namanya jaringan internet dimanapun dan kapanpun pasti bisa lelet dan error mas.. tapi kami selalu berusaha untuk menangani jika ada laporan masuk terkait jaringan Wi-Fi UKSW ini. Salah satu faktor penyebab lelet belakangan ini adalah aplikasi yang kami gunakan kadang error yang mana berakibat ke jaringan Wi-Fi itu sendiri. Namun selama ini, semuanya aman-aman saja."*

Bukan hanya soal kualitas jaringan yang harus dijaga, *software* dan *hardware* juga berperan penting dalam hal mendukung kinerja karyawan *Wi-Fi* UKSW. Semua ini merupakan komponen yang saling membantu dan tidak bisa dipisahkan. Lalu bagaimana pula cara pemeliharaan *software* dan *hardware* yang dilakukan karyawan *Wi-Fi* UKSW? Berikut penuturan bapak Rangga :

*"Untuk kondisi hardware dan software yang rusak, yang harusnya ditangani UKSW (laporan ke Pembantu Rektor 1) kami langsung melaporkannya ke atasan UKSW yang mengontrol Wi-Fi UKSW. Namun, jika kerusakan yang*

*harusnya ditangani manager PT. Kreasi Sejahtera Teknologi, maka laporan langsung ke manager kami di jakarta. Namun biasanya, jika software dan hardware ada yang rusak, biasanya langsung diganti dengan baru.*” Tutur bapak Rangga.

Berdasarkan cara pandang dari *IT Balanced Scorecard*, Pengaruh kontrol dan pengawasan kinerja dari pihak terkait juga akan sangat membantu kinerja yang baik khususnya bagi karyawan *Wi-Fi UKSW* mengingat *UKSW* memfasilitasi *Wi-Fi UKSW* itu sendiri, oleh karena itu harus ada kontrol yang jelas dan terarah. Bagi karyawan *Wi-Fi UKSW* sendiri, *software* dan *hardware* perusahaan harus juga dijaga agar tetap menunjang kerja karyawan *Wi-Fi UKSW*. Hal lain, untuk kualitas jaringan baik di kantor *Wi-Fi* maupun kualitas *Wi-Fi UKSW* sendiri, sudah cukup baik, hanya saja yang namanya jaringan internet pasti ada saja yang sering mengalami gangguan, namun karyawan *Wi-Fi UKSW* selalu berusaha menanganinya.

#### 4. Perspektif Orientasi Masa Depan

Berbicara mengenai orientasi masa depan, maka *knowledge SDM* merupakan salah satu aset yang paling berpengaruh untuk pertumbuhan dan lajunya sebuah organisasi atau perusahaan. Perekrutan karyawan yang didasari pada kemampuan dan *skill* juga sangat berpengaruh demi tercapainya apa yang di inginkan oleh perusahaan. Proses penempatan sesuai *job desc* pun harus diperhatikan dan harus ditentukan sebelum dimulainya masa kerja. Standar penerimaan karyawan baru untuk PT. Kreasi Sejahtera Teknologi, mereka punya standar sendiri untuk perekrutan karyawan baru. Berikut penuturan bapak Daniel selaku salah satu karyawan PT. Kreasi Sejahtera Teknologi yang berkantor di Jakarta (terkait perekrutan karyawan baru) beliau sedang berada di Salatiga :

*“oh..perusahaan kami selalu merekrut karyawan baru untuk bekerja sama dengan kami, tentunya perekrutan dari perusahaan kami sesuai kebutuhan perusahaan kami dan perusahaan kami juga punya standar sendiri untuk perekrutan karyawan baru, salah satu yang kami utamakan adalah pengalaman bekerja. Mengapa pengalaman bekerja? Karena menurut kami, kemampuan seseorang bisa terlihat baik dari pengalamannya selama ini.”* Ujar bapak Daniel.

Sementara itu, untuk sesuatu yang baru harus selalu ada yang namanya *training* atau pelatihan, begitupula dengan penerimaan karyawan baru di PT. Kreasi Sejahtera Teknologi ini, mereka selalu melakukan pembelajaran atau sosialisasi terhadap karyawan yang baru bergabung. Bukan saja terhadap karyawan yang baru bergabung, tetapi terhadap

semua implementasi sistem yang baru atau pun penggunaan aplikasi yang baru baik untuk karyawan baru atau karyawan lama. Tanggapan yang sama disampaikan bapak Daniel, demikian :

*“Untuk training terhadap karyawan baru, semua karyawan yang baru bergabung di PT. Kreasi Sejahtera Teknologi selalu mendapat training. Terutama jika ada implementasi sistem atau perangkat baru. Hal ini selalu dilakukan bukan saja untuk karyawan yang baru bergabung, tetapi karyawan lama pun akan selalu mendapatkan training untuk sesuatu yang baru digunakan di perusahaan.”*

*Job desc* yang diberikan juga sesuai kemampuan karyawan dan keahlian karyawan dikarenakan ini akan berpengaruh pula pada kinerja mereka ke depannya nanti. Pembagian tugas berdasarkan *skill* dan kemampuan serta pengalaman terlihat sangat jelas pada karyawan *Wi-Fi UKSW*, dimana rata-rata karyawan yang bekerja mereka semua lulusan S1 pada bidang pekerjaan mereka masing-masing. Berikut penuturan bapak Rangga terkait pembagian *job desc* di kantor :

*“gini mas..kalau untuk pendistribusian tugas, kami bekerja sesuai keahlian kami. Namun, kami selalu saling membantu dalam tugas dan tanggung jawab masing-masing, karena yaa itu seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, kami selalu menjaga nama baik perusahaan. Kami selalu memberikan penjelasan antara satu dengan yang lain jika ada kesulitan dalam pekerjaan saat di kantor.”* Demikian tutur bapak Rangga.

Jika dikaitkan dengan penyelesaian proyek yang diminta oleh pihak *UKSW*, maka karyawan *Wi-Fi* selalu berusaha memberikan layanan dan hasil proyek yang baik. Semua ini tidak terlepas dari yang namanya *complain* dan keluhan dari pihak *stakeholder*, hal ini dapat dirasakan dari tingkat kepuasan dan keluhan terhadap proyek yang dibangun. Apa saja yang dilakukan pihak *Wi-Fi UKSW* jika ada *complain* dari pihak *stakeholder*? Berikut penjelasan bapak Yudi terkait hal demikian :

*“yaa..kalau yang namanya complain dari pihak yang bekerja sama dengan kami, tentu pasti ada mas, misalnya ada bagian-bagian yang belum ter-cover rapi oleh kami namun kita selalu berusaha memperbaiki. Contoh kasusnya pada ruangan SWCA mereka pernah complain kalau di ruangan mereka tidak dapat signal. Nah langkah pertama yang kita lakukan adalah assesment, kita lakukan cek lokasi, apakah benar mereka tidak mendapatkan signal. Jika benar mereka*

tidak mendapatkan signal, kita langsung menarik dan memasang 1 perangkat akses point yang kita pasang di sana dengan tarikan kabel. Namun kendalanya, karena kesibukan kami dengan pekerjaan yang lain juga, kami tidak selalu langsung menangani setiap *complain* atau keluhan mas, ada kalanya baru kami kerjakan 2-3 hari setelah *complain*, ya kami sadar ini kelemahan kami juga mas karena banyak keluhan dari pihak jika tidak segera kami tangani. Inilah yang harus kami perbaiki untuk kedepannya. Kalo untuk contoh kasusnya, misalnya di FKIK juga, mereka pernah *complain* kalau jaringan Wi-Fi di FKIK juga kadang hilang-hilang dan lelet, kami tangani 2 hari sesudah *complain* hehehe” Ujar bapak Yudi.

Melihat hal demikian, maka timbul juga pertanyaan terkait SDM (Sumber Daya Manusia), apakah karyawan Wi-Fi tidak membutuhkan tambahan karyawan baru untuk bersama-sama bekerja dengan mereka? Mengingat tidak selamanya pihak BTSI bisa membantu penyelesaian proyek karyawan Wi-Fi. Berikut penuturan Bapak Rangga terkait penambahan SDM :

**Tabel 3.** Pertanyaan dan Jawaban Wawancara

| Pertanyaan  | Jawaban Narasumber  | Biodata   |
|---|---|---|
| Apakah Karyawan Wi-Fi UKSW membutuhkan penambahan berupa SDM? | “gimana ya mas hehee, hmm kami sih sempat mikir gitu bahkan sudah coba ngomong juga, karena emang butuh dan jika ada bantuan berupa SDM yaitu karyawan baru di kantor kami kan sudah pasti bisa saling bantu juga dan agak ringan tapi bukan berarti leleh-leleh heheh namun ya itu, belum ada konfirmasi dari perusahaan kami terkait hal ini, tapi emang butuh sih mas kalo menurut kami, Cuma ya segala sesuatu harus ada prosedurnya, jadi ya gitu nunggu aja hehe. Kami juga udah coba bawa hal ini di rapat pimpinan UKSW tapi belum ada info selanjutnya” Ujar Bapak Rangga. | <b>Nama ;</b><br>Bapak Rangga<br><b>Pekerjaan ;</b><br>Karyawan Wi-Fi Uksw<br><b>Jabatan ;</b><br>Networking Engineer |

Karena begitu pentingnya kehadiran Teknologi Informasi, maka pengamanan data-data dan aset-aset kantor pun harus selalu dilakukan agar aset perusahaan tetap terjaga dengan baik. Untuk

pengamanan IT perusahaan dan informasi perusahaan, karyawan Wi-Fi UKSW selalu melakukan *Backup* data perusahaan dan berusaha agar tidak ada dan tidak terjadi yang namanya *hacker*. Untuk keamanan informasi, karyawan Wi-Fi UKSW memberikan informasi perusahaan terhadap orang-orang yang sudah dipercaya dan yang bekerja sama dengan mereka. Adapun yang disampaikan bapak Rangga :

“yaa seperti kalian ini (mahasiswa tugas akhir) jika datang dengan maksud dan tujuan baik-baik dan menyertakan surat perijinan penelitian, maka kami dari PT. Kreasi Sejahtera Teknologi yang berkantor di sini (Wi-Fi UKSW) juga tidak sungkan memberikan informasi perusahaan. Karena menurut kami, wawancara ini sama halnya dengan kami memberikan informasi dan data perusahaan juga. Terlepas dari semua itu, untuk keamanan data perusahaan, sampai saat ini belum pernah terjadi yang namanya *hacker* atau yang sering disebut kecolongan data. Kami selalu berupaya keras menjaga aset-aset perusahaan, selain itu kami melakukan *backup* setiap 1 kali sehari. Keamanan yang kami terapkan adalah dengan menerapkan enkripsi canggih yang menggunakan *secured-server*. Selain itu, untuk dapat menggunakan komputer di kantor ini pun harus memasukkan *password* dan identifikasi diri agar dapat masuk ke dalam sistem. Sampai saat ini sih mas, belum pernah terjadi kehilangan data akibat *hacker* dan lainnya.” Ujar Bapak Rangga.”

Berdasarkan penuturan dari bapak Rangga, bapak Yudi, dan bapak Daniel, dapat dilihat adanya sedikit *problem* pada penanganan *complain* dari pihak *stakeholder*, yang mana *complain* dari pihak *stakeholder* tidak bisa langsung diatasi dan harus menunggu 2-3 hari. Selaku karyawan Wi-Fi UKSW, diharapkan mereka harus siap dengan yang namanya *complain* dan keluhan dan harus bisa mengatasi, kurun waktu 2-3 hari merupakan rentan waktu yang cukup lama apalagi ini dalam lingkup kampus yang mana, Wi-Fi selalu digunakan dan dibutuhkan setiap saat oleh civitas UKSW, oleh sebab itu pihak Wi-Fi UKSW menyadari bahwa mereka membutuhkan penambahan karyawan baru atau SDM karena pihak BTSI tidak bisa selamanya membantu dan hal ini terkait penyelesaian proyek dan kinerja mereka tetap dapat di optimalkan. Dalam IT BSC pun demikian, SDM merupakan salah satu hal yang sangat penting, karena *knowledge management* juga sangat dibutuhkan bagi kemajuan perusahaan dan karyawan Wi-Fi UKSW pun menyadari bahwa inilah hal yang harus dibenahi.

#### 4.1 ANALISIS

Perspektif Kontribusi Perusahaan pada *Wi-Fi* UKSW menjelaskan tentang visi dan misi, pemanfaatan Teknologi Informasi, proyek di daerah Salatiga, dan nilai tambah aplikasi IT. Visi dan Misi perusahaan menjadi indikator yaitu bekerja sesuai aturan dan menjaga nama baik perusahaan dengan memberikan kenyamanan bagi *stakeholder*, serta bekerja dan bertindak nyata bukan hanya omongan semata. Karyawan *Wi-Fi* UKSW menyadari akan manfaat kehadiran Teknologi Informasi yang mana sangat membantu kerja mereka karena yang mereka lakukan semua berhubungan dengan Teknologi Informasi. Dibantu dengan sistem aplikasi IT yang dibangun oleh *developer* dari luar negeri, hal ini sangat membantu kinerja karyawan *Wi-Fi* UKSW. Untuk proyek di daerah Salatiga hanya di kampus UKSW saja, namun karyawan *Wi-Fi* menyadari bahwa proyek untuk kampus UKSW juga merupakan proyek yang tidak biasa.

Perspektif Orientasi Pengguna *Wi-Fi* UKSW menjelaskan tentang bagaimana manfaat penggunaan sistem aplikasi yang ada. Aplikasi yang dibuatkan sesuai dengan permintaan dan kebutuhan, fungsi dari aplikasi tersebut untuk memonitoring *Wi-Fi* itu sendiri. Setelah aplikasi dibuatkan karyawan *Wi-Fi* mendapatkan *training* dan pembelajaran terkait penggunaan aplikasi. Hanya saja, akhir-akhir ini aplikasi tersebut sering mengalami *error* mengakibatkan *loading* bisa 1-2 menit, hal inilah yang harus segera dibenahi dan diperbaiki karena aplikasi tersebut tersambung langsung untuk memonitoring *Wi-Fi* itu sendiri, mengingat *Wi-Fi* UKSW selalu digunakan dan dibutuhkan oleh civitas UKSW maka perlu adanya *upgrade* atau perbaikan dan evaluasi terhadap aplikasi tersebut.

Perspektif Penyempurnaan Operasional pada *Wi-Fi* UKSW berkenaan dengan kontrol dan pengawasan dari BTSI (selaku pengontrol lingkup Teknologi di kampus UKSW) dan Pembantu Rektor 1 (selaku pemangku kebijakan dan pengontrol BTSI) maka kontrol dan pengawasan kinerja yang dilakukan oleh kedua pihak terhadap *Wi-Fi* UKSW sudah cukup baik, setiap laporan dari *Wi-Fi* ada kalanya langsung ke Pembantu Rektor 1 dan dibawa dalam rapat pimpinan yang dihadiri pihak *Wi-Fi* UKSW juga. Ada 2 karyawan *Wi-Fi* UKSW yang bekerja di kantor. Terkait proses penyelesaian proyek yang diminta *stakeholder*, proyek *Wi-Fi* UKSW adakalanya dibantu mahasiswa kerja praktek, dan penyelesaian proyek tergantung ruang lingkup pengerjaan, keadaan lokasi sangat menentukan waktu pengerjaan. Untuk kualitas jaringan *Wi-Fi* sendiri sudah cukup baik, hal ini dapat dilihat dari tingkat kepuasan oleh pengguna yaitu civitas UKSW. Dan, untuk keadaan *software* dan *hardware* di kantor *Wi-Fi* UKSW jika ada kerusakan, yang harusnya ditangani pihak UKSW maka laporan langsung ke Pembantu Rektor 1, dan

biasanya *software* dan *hardware* yang rusak langsung diganti dengan yang baru.

Perspektif Orientasi Masa Depan menjelaskan terkait *knowledge* SDM yang mana merupakan salah satu aset baik untuk mempersiapkan perusahaan baik di masa sekarang atau masa yang akan datang. PT Kreasi Sejahtera Teknologi punya standar untuk perekrutan karyawan baru, dimana ada *training* dan pemebelajaran untuk setiap karyawan yang baru bergabung apalagi jika ada implementasi sistem baru baik untuk karyawan baru maupun karyawan lama. Pendistribusian tugas dan *job desc* juga sesuai pengalaman dan kemampuan dan ada kalanya saling membantu. Namun, penanganan *complain* dari *stakeholder* (pihak *Wi-Fi*) tidak bisa langsung diatasi, kadang harus menunggu waktu 2-3 hari yang mana ini merupakan rentan waktu yang cukup lama terhadap penyelesaian *complain* dan juga pihak *Wi-Fi* UKSW membutuhkan penambahan SDM berupa karyawan baru untuk membantu kinerja mereka namun hal ini belum mendapat kepastian baik dari pihak PT. Kreasi Sejahtera Teknologi maupun pihak UKSW. Karyawan *Wi-Fi* UKSW menyadari, inilah hal yang harus mereka benahi karena mengingat *Wi-Fi* UKSW selalu digunakan dan dibutuhkan oleh semua civitas UKSW. Berikut hasil analisis yang dituangkan dalam bentuk tabel.

**Tabel 4.** Hasil analisis dari 4 Perspektif IT BSC

|   |   |
|---|---|
| <p>1. Perspektif Kontribusi Perusahaan</p> <p>Pada Perspektif ini melalui hasil wawancara, terbilang sudah cukup baik, Visi dan Misi perusahaan dan nama baik perusahaan yang selalu diutamakan serta menjaga kenyamanan pihak <i>stakeholder</i> dalam memberikan pelayanan berbasis Teknologi</p>   | <p>2. Perspektif Orientasi Pengguna</p> <p>Pada Perspektif ini melalui hasil analisis, terbilang masih harus dibenahi, karena sistem aplikasi yang digunakan karyawan <i>Wi-Fi</i> masih mengalami <i>error</i> belakangan ini dan akibatnya jaringan <i>Wi-Fi</i> kadang mengalami lambat dan kadang <i>disconnected</i>.</p>                      |
| <p>3. Perspektif Penyempurnaan Operasional</p> <p>Pada Persepektif ini melalui hasil analisis, terbilang sudah cukup baik, karena kontrol dan pengawasan dari BTSI dan PR 1 dalam mengawasi kinerja karyawan <i>Wi-Fi</i> cukup baik dan proses penyelesaian proyek karyawan <i>Wi-Fi</i> terkadang melibatkan mahasiswa kerja praktek dari BTSI.</p> | <p>4. Perspektif Orientasi Masa Depan</p> <p>Pada Perspektif ini melalui hasil analisis, dapat dikatakan masih harus dibenahi karena karyawan <i>Wi-Fi</i> UKSW membutuhkan penambahan SDM berupa karyawan baru untuk membanatu kinerja mereka dalam bentuk apapun hal ini berkaitan dengan penyelesaian proyek dan penanganan <i>complain</i>.</p> |

Dari kriteria penilaian dan bahasan dalam temuan empiris serta hasil analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa Perspektif Orientasi Pengguna dan Perspektif Orientasi Masa depan yang mempunyai kriteria belum memenuhi sesuai kriteria yang telah ditentukan pada metodologi penelitian dan jika dibandingkan dengan Perspektif Kontribusi Perusahaan dan Kontribusi Penyempurnaan Operasional, maka kedua perspektif ini (Perspektif Orientasi Pengguna dan Perspektif Orientasi Masa Depan) harus segera ditangani dan dibenahi mengingat *Wi-Fi* UKSW sangat dibutuhkan setiap saatnya. Oleh sebab itu, karyawan *Wi-Fi* harus selalu menjamin mutu peningkatan kinerja juga tentunya agar terciptanya kinerja yang ideal bagi karyawan *Wi-Fi* UKSW sendiri karena *Wi-Fi* UKSW merupakan salah bagian dari layanan yang menjamin UKSW mampu bersaing dengan PTS lainnya tentunya dengan layanan dan fasilitas kampus yang ada, dengan demikian kinerja karyawan *Wi-Fi* harus di maksimalkan dalam hal apapun.

## 5. KESIMPULAN

IT *Balanced Scorecard* menyelaraskan Visi dan Misi perusahaan ke arah yang lebih baik tentunya, dan dapat memberikan nilai baik bagi kemajuan perusahaan melalui evaluasi dan pengukuran terhadap kinerja karyawan. Karyawan *Wi-Fi* UKSW serius menjalankan tugas dan tanggung jawabnya sebagai sarana penyedia layanan jaringan internet di kampus UKSW. Pentingnya penggunaan *Wi-Fi* di kampus ini membuat karyawan *Wi-Fi* selalu mengutamakan kenyamanan pihak *user* (pengguna *Wi-Fi*). Berdasarkan 4 Perspektif IT *Balanced Scorecard* temuan empiris, dan hasil analisis yang sudah dibahas dalam penelitian ini, Perspektif Orientasi pengguna dan Perspektif Orientasi Masa Depan lah yang di nilai harus dibenahi karena penting layanan Teknologi dan Sistem Informasi lewat *Wi-Fi* UKSW ini selalu harus ditingkatkan mengingat *Wi-Fi* UKSW dibutuhkan setiap saatnya oleh ribuat civitas UKSW.

Adapun beberapa temuan dalam penelitian ini berdasarkan hasil analisis antara lain, 1) pada Perspektif Orientasi Pengguna, aplikasi untuk memonitoring *Wi-Fi* yang akhir-akhir ini sering mengalami *error* dan akibatnya membuat koneksi jaringan *Wi-Fi* agak lambat karena aplikasi tersebut tersambung ke koneksi jaringan *Wi-Fi* dan inilah hal yang disadari oleh pihak *Wi-Fi* UKSW dan harus dibenahi 2) pada Perspektif Orientasi Masa Depan, *complain* dari pihak *stakeholder* yang tidak langsung ditangani tetapi harus menunggu waktu 2-3 hari dan terkadang menjadi keluhan pihak *stakeholder* serta 3) dibutuhkannya penambahan SDM untuk membantu kinerja *Wi-Fi* UKSW oleh sebab itu pihak *Wi-Fi* UKSW pun menyadari akan hal ini dan harus ditangani.

Berdasarkan temuan tersebut, maka diharapkan agar hal-hal tersebut dapat ditindak lanjuti sebagai perbaikan guna meningkatkan profesionalitas serta mutu jaminan kinerja Teknologi Informasi dan Sistem Informasi karyawan *Wi-Fi* UKSW.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- PUTRA, SINAGA, B., WISNUBHADRA, I. 2015. Evaluasi Tata Kelola Sistem Informasi Akademik Bebas COBIT 5 di Universitas Pendidikan Genesha. *Jurnal Buana Informatika, Volume 6, Nomor 4, Oktober 2015: 279-288.*
- ANASTASIA, E., RAHADJA, Y., & MANUPUTTY, A. D. 2015. Analisis Pengukuran Kinerja Teknologi Informasi Pada PT Pegadaian menggunakan Metode IT Balanced Scorecard (Studi Kasus: PT Pegadaian Cabang Salatiga). *Artikel ilmiah. Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.*
- AROFAH, N., SHOLIQ, & NISAFANI, A. S. 2012. Penyusunan IT Balanced Scorecard Untuk Pengukuran Kinerja Divisi IT Di PT. Pertamina Upms V Surabaya. *Jurnal Teknik Pomits, 1(2), 1-9.*
- LEGOH, G. S., & TAMBOTOH, J. J. C. 2015. Analisa Kinerja Sistem Informasi/Teknologi Informasi Pada BPPT dan PM Kota Salatiga Menggunakan Kerangka IT Balanced Scorecard. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi Terapan, 13-14 September 2015, Semarang, Indonesia, 403-407.*
- ALIT, R., & ADITIYAWAN, F. P. 2016. Pengukuran Kinerja Organisasi Teknologi Informasi Menggunakan IT Balanced Scorecard (Studi Kasus : Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur). ISSN 1978-0087. XI(3), 57-62.
- WIYATI, R. K. 2015. Penggunaan IT Balanced Scorecard Untuk Pengukuran Kinerja Teknologi Informasi Pada STIKOM Bali. *Jurnal Sistem Dan Informatika. 10(1), 120-128.*
- CRAM, A. 2007. The IT Balanced Scorecard Revisited.
- VETANUSI, E., DEVI, LINDAWATI, VERONIKA, KURNIAWAN, H. P., SITOMPUL, D. K. 2014. Pengukuran Kinerja Teknologi Informasi Pada PT. XYZ. *Laporan Penelitian. Universitas Bina Nusantara, Jakarta. Topik-topik Lanjutan Sistem Informasi.*
- HIDAYANTO, A. N., AHMADIN, Y., & JIWANGGI, M. A. 2010. Pengukuran Tingkat Dukungan Teknologi Informasi Pada Direktorat Transformasi Teknologi

Komunikasi Dan Informasi, Direktorat Jenderal Pajak Dengan Menggunakan IT Balanced Scorecard. *Journal of Information Systems, Volume 6, Issues 2, October 2010, 117-125.*

Berikut lampiran daftar pertanyaan untuk pengambilan data (wawancara) yang diminta dari reviewer dan editor :

#### 1. Perspektif Kontribusi Perusahaan

- Apakah ada pembuatan aplikasi yang mana untuk mendukung kebutuhan kerja karyawan?
- Bagaimanakah dampak penggunaan teknologi informasi terhadap kemudahan pekerjaan karyawan? Apakah dengan adanya IT membantu atautkah sebaliknya?
- Apakah setiap tahunnya atau setiap bulannya proyek karyawan *Wi-Fi* meningkat atautkah sebaliknya? Apakah bisa diselesaikan dengan rentan waktu yang diminta oleh pihak stakeholder?
- Visi dan Misi perusahaan.
- Sikap seperti apa dalam mewujudkan Visi dan Misi perusahaan?

#### 2. Perspektif Orientasi Pengguna

- Bagaimana atau seberapa besar kemampuan karyawan *Wi-Fi* UKSW dalam menggunakan sistem aplikasi?
- Apakah dalam pengembangan atau pembuatan aplikasi, karyawan *Wi-Fi* UKSW turut dilibatkan dalam proses pembuatan aplikasi tersebut, sehingga *developer* dari luar negeri yang membuatkan aplikasi tersebut dapat mengetahui secara langsung apa kebutuhan karyawan?
- Apakah ada pelatihan atau *training* terhadap aplikasi/proyek yang akan digunakan oleh karyawan *Wi-Fi*, sehingga mereka dapat mengetahui keuntungan apa saja yang didapatkan apabila menggunakan aplikasi tersebut?

#### 3. Perspektif Penyempurnaan Operasional

- Berapa jumlah karyawan *Wi-Fi* yang mengerjakan proyek?
- Bagaimana para karyawan *Wi-Fi* UKSW menyelesaikan pengerjaan proyek yang diminta *stakeholder* dengan memanfaatkan waktu sebaik mungkin?
- Bagaimanakah kualitas koneksi jaringan pada kantor *Wi-Fi*? Seberapa seringkah jaringan mengalami kerusakan? Apakah ketika jaringan mengalami gangguan, dapat mengganggu pekerjaan karyawan *Wi-Fi* UKSW?
- Bagaimana cara penanganan serta bagaimana cara pemeliharaan jaringan?
- Menurut karyawan *Wi-Fi* sendiri, bagaimana kualitas jaringan *Wi-Fi* UKSW saat ini?

- Bagaimana kualitas jaringan *Wi-Fi* di UKSW?
- Bagaimana keadaan *software dan hardware*? Berapa banyak jumlah *software hardware* yang sudah rusak? Serta bagaimana cara penanganannya?

#### 4. Perspektif Orientasi Masa Depan

- Apakah ada pembelajaran atau sosialisasi, atau *training* terhadap setiap karyawan divisi IT untuk meningkatkan kinerjanya?
- Bagaimana karyawan *Wi-Fi* UKSW dapat memberikan solusi terhadap stakeholder atas proyek yang dibuatnya atau yang dibangunnya jika ada complain dari stakeholder tersebut? serta bagaimana cara penanganannya?
- Seberapa aman kah pengamanan aset, informasi, dan data-data perusahaan yang dilakukan karyawan *Wi-Fi* UKSW khususnya keamanan untuk kantor di sini?
- Apakah pernah ada *hacker* yang secara sengaja mengambil data penting perusahaan? Bagaimanakah cara penanganannya?
- Bagaimanakah proses pendistribusian tugas atau *job desc*? Apakah tugas yang diberikan sesuai kemampuannya?
- Bagaimana jika atau *complain* dari pihak luar terhadap kinerja atau layanan yang mereka rasa kurang memuaskan? Tindakan apa yang dilakukan?
- Bagaimanakah mekanisme untuk perekrutan karyawan baru?
- Apakah saat ini atau untuk kedepannya, karyawan *Wi-Fi* memerlukan penambahan atau perekrutan karyawan baru?

Dan berikut desain pertanyaan untuk pihak BTSI dan Pembantu Rektor 1 :

- Bagaimana proses sampai *Wi-Fi* UKSW bisa menjadi bagian dan bekerja sama dengan UKSW?
- Selama ini apa saja yang dilakukan BTSI dan Pembantu Rektor 1 dalam mengontrol *Wi-Fi* UKSW?
- Pernahkah ada kendala yang dialami BTSI dan Pembantu Rektor 1 dalam mengawasi dan mengontrol kinerja *Wi-Fi*? Jika pernah, siapa yang langsung mengatasinya
- Bagaimana alur jika ada laporan yang mau disampaikan masuk dari pihak *Wi-Fi*?

**JUDUL ARTIKEL** (huruf besar, times new roman, 12pt, tebal, dan ditengah)  
(1 baris kosong, 10pt)

**Penulis Satu<sup>1</sup>, Penulis Dua<sup>2</sup> (10pt, tebal, dan ditengah)**  
(1 baris kosong, 10pt)

<sup>1</sup>Afiliasi Penulis Satu (10pt)

<sup>2</sup>Afiliasi Penulis Dua (10 pt)

Email: <sup>1</sup>penulis.satu@xmail.ac.id, <sup>2</sup>penulis.dua@xmail.ac.id (10pt)  
(1 baris kosong, 10pt)

(Naskah masuk: dd mmm yyyy, diterima untuk diterbitkan: dd mmm yyyy)  
(1 baris kosong, 10pt)

**Abstrak** (10pt, tebal, dan ditengah)  
(1 baris kosong, 10pt)

Tempatkan abstrak berbahasa Indonesia pada bagian ini. Abstrak memberikan gambaran umum tentang isi makalah dan harus ditulis dengan *Times New Roman* 10 dalam format satu kolom. Panjang ideal sebuah abstrak adalah 150 sampai 250 kata. Jika terdapat istilah-istilah asing yang belum dibakukan ditulis *italic*.

(1 baris kosong, 10pt)

**Kata kunci:** kata kunci sedapat mungkin menjelaskan isi tulisan, ditulis dengan huruf kecil kecuali singkatan, maksimum enam kata, masing-masing dipisahkan dengan koma, *Times New Roman* 10pt, *italic*

(2 baris kosong, 10pt)

**JUDUL BAHASA INGGRIS** (huruf besar, times new roman, 12pt, *italic*, tebal, dan ditengah)  
(1 baris kosong, 10pt)

**Abstract** (10pt, *italic*, tebal, dan ditengah)  
(1 baris kosong, 10pt)

Tempatkan abstrak berbahasa Inggris pada bagian ini. Gunakan font *Times New Roman* 10pt, *italic*.  
(1 baris kosong, 10pt)

**Keywords:** kata kunci sedapat mungkin menjelaskan isi tulisan, ditulis dengan huruf kecil kecuali singkatan, maksimum enam kata, masing-masing dipisahkan dengan koma, *Times New Roman* 10, *italic*

(1 baris kosong, 10pt)

---

(1 baris kosong, 10pt)

## 1. PENDAHULUAN (huruf besar, 10pt, tebal)

Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK) merupakan jurnal yang diterbitkan oleh Fakultas Ilmu Komputer (FILKOM) Universitas Brawijaya, Malang. JTIK memuat naskah hasil-hasil penelitian di bidang Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.

Dokumen ini merupakan template untuk penulisan naskah di JTIK. Naskah diketik pada kertas berukuran standar A4 (21 cm x 29,7 cm) dalam format dua kolom dan satu spasi. Gunakan margin 3-3-2-2 cm (left-top-right-bottom), lebar tiap kolom 7,5 cm dengan jarak antar kolom 1 cm, menggunakan huruf Times New Roman 10 point dengan spasi tunggal. Pengiriman naskah ke JTIK

harus melalui website yang ada pada alamat <http://www.jtiik.ub.ac.id>.

Naskah harus ditulis menggunakan Bahasa Indonesia dengan panjang naskah diharapkan tidak melebihi 10 halaman. Penulis diharuskan mengikuti petunjuk penulisan ini dan templatnya bisa didapatkan pada <http://www.jtiik.ub.ac.id>.

Sistematika naskah adalah: judul yang harus ditulis secara ringkas dan menggambarkan isi naskah; nama penulis (tanpa gelar akademik); afiliasi penulis; alamat email; abstrak (150 – 250 kata); kata kunci (minimal tiga buah); pendahuluan yang berisi latar belakang dan tujuan atau ruang lingkup tulisan; bahasan utama (dapat dibagi ke dalam beberapa sub-bagian); penutup atau kesimpulan; daftar pustaka (hanya memuat sumber-sumber yang dirujuk).

Isi pendahuluan mengandung latar belakang, tujuan, identifikasi masalah dan metode penelitian, yang dipaparkan secara tersirat (implisit). Kecuali bab Pendahuluan dan bab Kesimpulan, penulisan judul-judul bab sebaiknya eksplisit menyesuaikan isinya. Tidak harus implisit dinyatakan sebagai dasar teori, perancangan, dan sebagainya.

## 2. PERSAMAAN MATEMATIKA

Semua rumus atau persamaan ditulis dengan menggunakan *equation editor* atau *Math Type* (<http://www.mathtype.com>). Penulisan persamaan dimulai pada batas kiri, rata dengan kalimat tepat di atasnya. Jarak baris yang digunakan antara persamaan dengan kalimat di atasnya dan di bawahnya adalah 1,5 (satu setengah) spasi.

Persamaan matematika harus diberi nomor urut dalam kurung biasa dan harus diacu dalam tulisan. Persamaan matematika dinomori dengan angka Arab di dalam tanda kurung buka-tutup pada posisi rata kanan kolom. Untuk persamaan yang tidak cukup ditulis dalam lebar 1 kolom, penulisannya dapat melintasi 2 kolom, ditulis di bagian bawah halaman dan diberi nomor urut yang sesuai. Simbol didalam persamaan harus didefinisikan dan dapat dituliskan sebelum atau setelah persamaan. Persamaan (1) merupakan contoh penulisan persamaan untuk mencari frekuensi *baud rate* mode dua pada komunikasi serial mikrokontroler 8051.

Pada persamaan (1),  $f_{baud}$  merupakan frekuensi *baud rate*. *SMOD* adalah bit control dalam *PCON* (*Power Mode Control Special Function Register*), sedangkan  $f_{osc}$  merupakan frekuensi *oscillator*/Kristal yang digunakan dalam rangkaian mikrokontroler.

$$f_{baud} = \frac{2^{SMOD}}{64} \times f_{osc} \quad (1)$$

## 3. TABEL DAN GAMBAR

Semua tabel dan gambar harus jelas/tidak kabur/buram. Ukuran huruf pada tabel dan gambar harus dapat dibaca oleh mata normal dengan mudah. Posisi tabel atau gambar disuatu halaman, sebaiknya terletak dibagian atas atau bawah halaman pada tiap kolom. Contoh dapat dilihat pada tabel 1 atau gambar 1. Meletakkan tabel atau gambar ditengah halaman atau paragraf supaya dihindari. Tabel dan gambar diletakkan pada posisi tengahsetiap kolom (*center alignment*).

### 3.1. Penulisan Tabel (10pt, tebal)

Nomor dan judul tabel ditulis diposisi tengah kolom (*center alignment*). Tabel dinomori dengan angka arab sesuai dengan urutannya. Judul tabel ditulis dibagian atas tabel dengan cara *title case*, kecuali untuk kata sambung dan kata depan. Ukuran huruf untuk judul tabel dan isi tabel adalah 8

(delapan). Sisi paling luar tabel tidak boleh melebihi batas margin kolom. Jika ukuran tabel tidak cukup ditulis dalam lebar 1 (satu), maka penulisannya dapat melintasi 2 kolom. Jarak baris yang digunakan antara tabel dengan kalimat di atasnya dan di bawahnya adalah 1 (satu) baris kosong. Tabel wajib menggunakan *layout* sesuai dengan Tabel 1 tanpa menggunakan garis lurus/vertikal. Setiap tabel harus diacu dalam tulisan dengan disertai nomor tabel dan diawali dengan huruf besar, misalnya Tabel 1.

### 3.2. Penggunaan Gambar

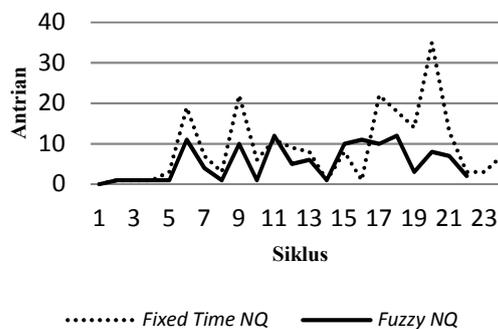
Nomor dan judul gambar ditulis diposisi tengah kolom (*center alignment*). Nomor gambar ditulis sesuai dengan urutannya menggunakan angka arab. Judul gambar ditulis dibagian bawah gambar dengan cara *title case*, kecuali untuk kata sambung kata sambung dan kata depan. Judul gambar menggunakan ukuran huruf 8 (delapan). Gambar tidak boleh melebihi batas margin dari tiap kolom, kecuali jika ukuran gambar yang besar tidak cukup dalam 1 kolom, maka dapat melintasi 2 kolom.

(1 baris kosong, 10pt)

Tabel 1. Rancangan Analisis Komputasi (8pt, ditengah)

| mesin | operasi | waktu(menit) |
|-------|---------|--------------|
| 1     | 5       | 10           |
|       | 4       | 12           |
|       | 4       | 16           |
| 2     | 3       | 18           |
|       | 4       | 20           |

(1 baris kosong, 10pt)



Gambar 1. Contoh penggunaan gambar (8pt, ditengah)

(1 baris kosong, 10pt)

Jarak baris yang digunakan antara gambar dengan kalimat di atasnya dan di bawahnya adalah 1 (satu) baris kosong. Usahakan gambar tidak berwarna/hitam putih (kecuali penggunaan warna pada gambar sangat diperlukan/tidak bisa dihindari) dan jika dicetak dalam hitam putih bisa dibedakan. Jika gambar berupa grafik harus jelas perbedaan antara satu sama lain dengan menggunakan jenis *line* dan *marker* yang berbeda-beda. Setiap gambar harus diacu dalam tulisan dengan disertai nomor gambar dan diawali dengan huruf besar, misalnya Gambar 1.

#### 4. SUMBER PUSTAKA/RUJUKAN

Sumber pustaka/rujukan sedapat mungkin merupakan pustaka-pustaka terbitan 5 tahun terakhir. Pustaka yang diutamakan adalah naskah-naskah penelitian dalam jurnal, konferensi dan/atau majalah ilmiah. Pustaka lain dapat berupa buku teks atau laporan penelitian (termasuk Skripsi/Tugas Akhir, Tesis, dan Disertasi), akan tetapi diusahakan tidak melebihi 20% dari seluruh jumlah sumber pustaka.

Penulisan sumber pustaka dan cara mengacu menggunakan aturan *Harvard-Anglia* dengan sedikit modifikasi dalam penulisan nama penulis didaftar pustaka menggunakan **huruf besar semua**. Beberapa aturan tentang penulisan sumber pustaka, yaitu: sumber pustaka yang ditulis dalam daftar pustaka sebelumnya harus pernah diacu dalam naskah, ditulis berurutan secara alfabetis tanpa nomor, apabila ada beberapa sumber pustaka mempunyai penulis sama maka diurutkan berdasarkan tanggal terbitnya, dan apabila ada beberapa sumber pustaka mempunyai penulis sama pada tahun penerbitan yang sama juga maka diurutkan dengan menambah huruf kecil ditahun publikasi (2011a, 2011b, 2011c).

Petunjuk lebih lengkap mengenai aturan *Harvard-Anglia* dapat dibaca pada link <http://www.citethisforme.com/guides/harvard-anglia-ruskin-university/>. Beberapa contoh penulisan sumber pustaka dapat dilihat dibagian Daftar Pustaka.

Sebagai contoh cara menulis daftar pustaka yang mengacu pada jurnal. Elemen yang harus ditulis pada daftar pustaka adalah:

NAMA BELAKANG PENULIS, INISIAL., Tahun.  
Judul artikel. Judul jurnal, Nomor volume (Nomor/tipe keluaran), No halaman.  
Tempat publikasi:Penerbit.

Elemen yang harus ditulis pada saat mengacu adalah: Nama penulis diikuti dengan tahun publikasi. Dalam daftar pustaka tertulis:

BROUGHTON, J.M., 2002. The Brettow Woods proposal: a brief look. *Political Science Quarterly*, 42(6), p.564.

COX, C., BROWN, J.T. dan TUMPINGTON, W.T., 2002. What health care assistants know about clean hands. *Nursing Today*, Spring Issue, pp.64-68.

Saat mengacu dalam teksnya yang harus ditulis adalah:

...(Broughton, 2002).

...(Cox, Brown, & Tumpington, 2002).

#### 5. ATURAN LAIN

Semua naskah ditelaah secara *double blind-review* oleh mitra bestari (*reviewers*) yang ditunjuk oleh *editor* menurut bidang kepakarannya. Penulis naskah diberi kesempatan untuk melakukan perbaikan (revisi) naskah atas dasar rekomendasi/saran dari mitra bestari dan editor. Kepastian pemuatan atau penolakan naskah akan diberitahukan secara tertulis melalui email.

Pemeriksaan dan penyuntingan cetak-coba dikerjakan oleh redaksi dan/atau dengan melibatkan penulis. Naskah yang sudah dalam bentuk cetak-coba dapat dibatalkan pemuatannya oleh redaksi jika diketahui bermasalah.

Segala sesuatu yang menyangkut perijinan pengutipan atau penggunaan software komputer untuk pembuatan naskah atau hal lain yang terkait dengan HAKI yang dilakukan oleh penulis naskah, berikut konsekuensi hukum yang mungkin timbul karenanya, menjadi tanggung jawab penuh penulis naskah tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

ALIF, A., 2013. *Komputasi cerdas untuk pemula*. Malang: ABC Press.

BERNDTSSON, M., HANSSON, J., OLSSON, B. & LUNDELL, B., 2008. *Thesis projects: a guide for students in Computer Science and Information Systems*. 2nd ed. London: Springer-Verlag London Limited.

BROUGHTON, J.M., 2002a. The Brettow Woods Proposal: a Brief Look. *Political Science Quarterly*, 42(6), p.564.

BROUGHTON, J.M., 2002b. The Brettow Woods Proposal: a Brief Look. *Political Science Quarterly*, [e-journal] 42(6). Tersedia melalui: Perpustakaan Universitas BX <<http://perpustakaan.ubx.ac.id>> [Diakses 1 Juli 2013]

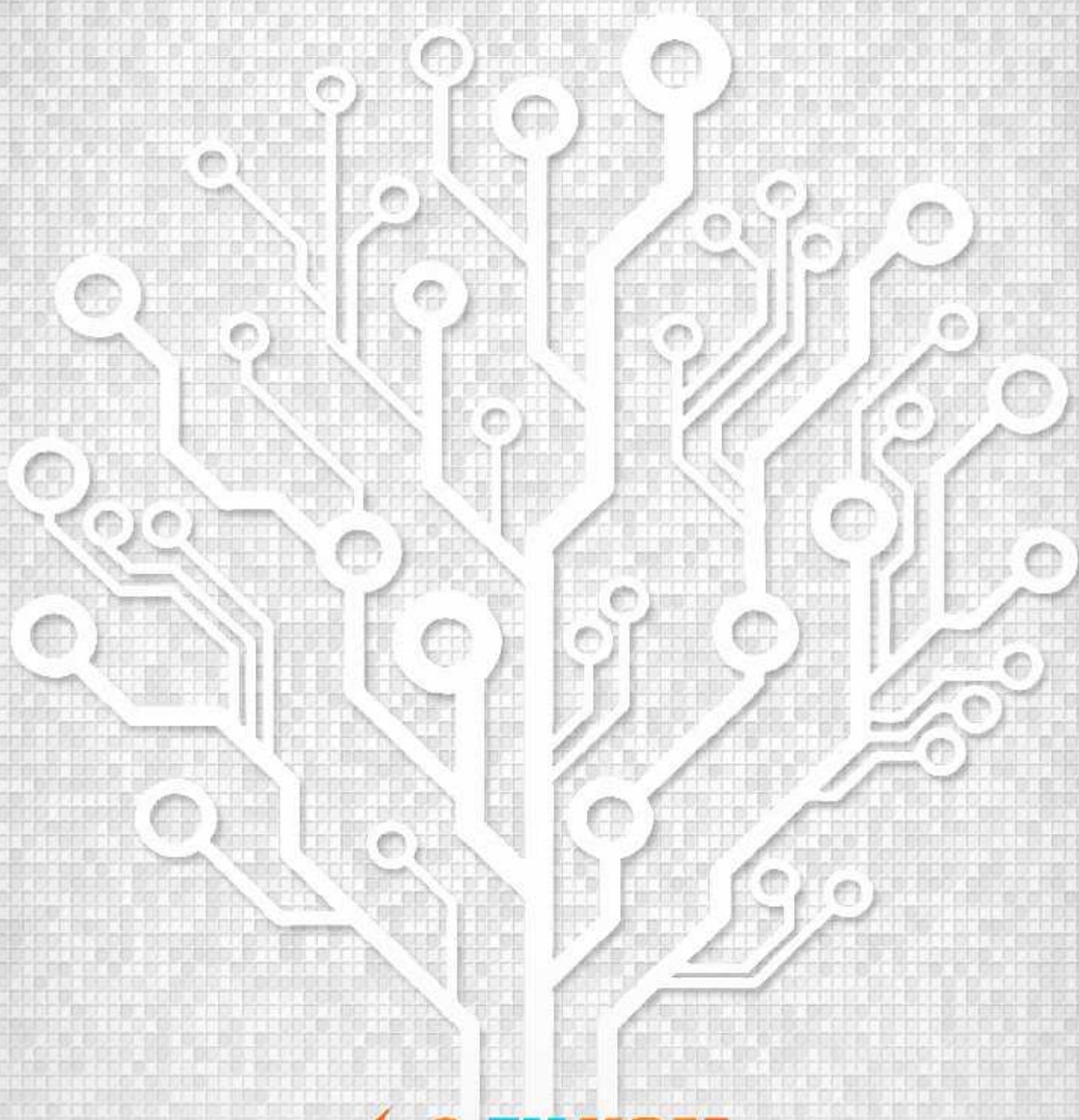
CAKRANINGRAT, R., 2011. *Sistem pendukung Keputusan untuk UMKM*. [ebook]. UBX Press. Tersedia melalui: Perpustakaan Universitas BX <<http://perpustakaan.ubx.ac.id>> [Diakses 1 Juli 2013]

COX, C., BROWN, J.T. dan TUMPINGTON, W.T., 2002. What Health Care Assistants Know about Clean Hands. *Nursing Today*, Spring Issue, pp.64-68.

GOALIE, D. 2008. Remote Sensing Technology for Modern Soccer. *Popular science and Technology*, [online] Tersedia di: <<http://www.popsoci.com/b012378/soccer.html>> [Diakses 1 Juli 2009]

International Standards Office, 1998. *ISO 690 – 2 Information and Documentation: Bibliographical References: Electronic Documents*. Geneva: ISO.

- RICHMOD, J., 2005. Customer Expectations in the World of Electronic Banking: a Case Study of the Bank of Britain. PhD. Anglia Ruskin University.
- RUMBAUGH, J., JACOBSON, I. & BOOCH, G., 2005. The Unified Modeling Language reference manual. 2nd ed. Boston: Addison-Wesley.
- SAMSON, C., 1970. Problems of information studies in history. Dalam: S. Stone, ed. 1980. Humanities information research. Sheffield: CRUS.pp. 44-68.
- Scottish Intercollegiate Guidelines, 2001. Hypertension in the elderly. (SIGN publication 20) [online] Edinburgh: SIGN (Diterbitkan 2001) Tersedia di:<<http://www.sign.ac.uk/sign49.pdf>> [Diakses 22 November 2004]
- SOMMERVILLE, I., 2011. Software engineering. 9th ed. London: AddisonWesley.
- TANENBAUM, A.S., 1998. Organisasi Komputer Terstruktur, jilid 1. Diterjemahkan dari Bahasa Inggris oleh T.A.H Al-Hamdany. 2001. Jakarta: Salemba Teknika.
- UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs), 2005. 6th Global forum for reinventing government: towards participatory dan transparent governance. Seoul, Republic of Korea, 24-27 May 2005. New York: United Nations.
- Undang-undang Republik Indonesia nomor 12 tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.



JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



9 772540 943000