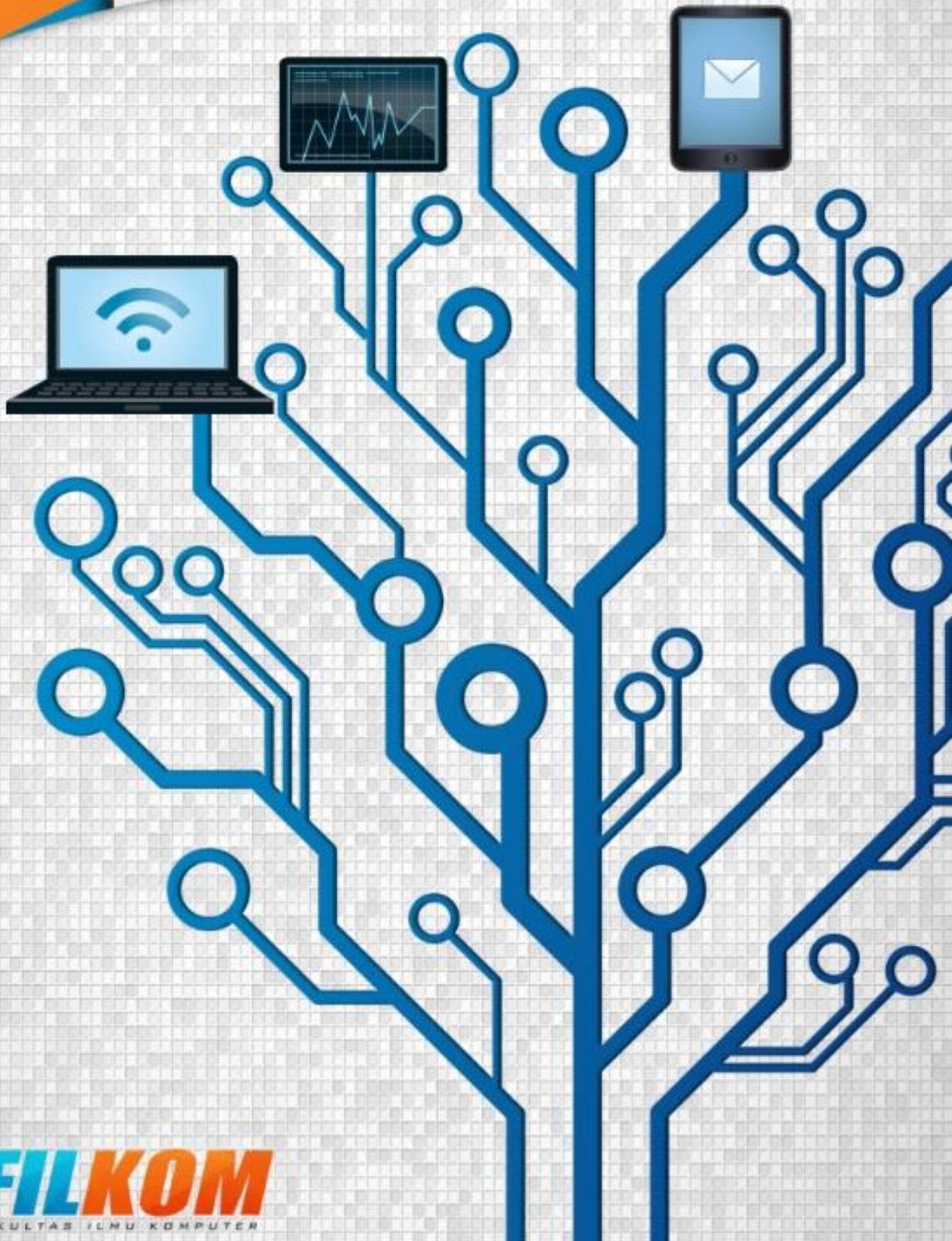


ISSN : 2355-7699

JURNAL

TEKNOLOGI INFORMASI & ILMU KOMPUTER

Volume 4 | Nomor 3 | September 2017 | Halaman 148-212



JTIK

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 4, Nomor 3, September 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
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 3, September 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. Arif Muntasa, Universitas Trunojoyo, Indonesia
2. Agustinus Fritz Wijaya, Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW), Indonesia
3. Barlian Henryranu Prasetio, Universitas Brawijaya, Indonesia
4. Budi Rahmadya, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas, Indonesia
5. Budi Darma Setiawan, Universitas Brawijaya, Indonesia
6. Candra Dewi, Universitas Brawijaya, Indonesia
7. Denny Sagita, Universitas Brawijaya, Indonesia
8. Didit Widiyanto, UPN Veteran Jakarta, Indonesia
9. Robbi Rahim, APIKES Imelda Medan, Indonesia
10. Eka Mistiko Rini, Politeknik Negeri Banyuwangi, Indonesia
11. Erick Fernando, STIKOM Dinamika Bangsa Jambi, Indonesia
12. Indri Sudanawati Rozas, UIN Surabaya, Indonesia
13. Heliza Rahmania Hatta, Universitas Mulawarman, Indonesia
14. Muhammad Tanzil Furqon, Universitas Brawijaya, Indonesia
15. Nurfiana Nurfiana, Fakultas Ilmu Komputer, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya, Indonesia
16. Octav M Octaviano Pratama, CEP CCIT Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Indonesia
17. Pitoyo Hartono, Universitas Chukyo, Japan
18. Rahimi Fitri, Politeknik Negeri Banjarmasin, Indonesia
19. Ratih Ayuninghemi, Politeknik Negeri Jember, Indonesia
20. Riyanto Sigit, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia
21. Titin Pramiyati, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta, Indonesia
22. Wayan Firdaus Mahmudy, Universitas Brawijaya, Indonesia
23. Yeni Anistiyasari, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

JTIK

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 4, Nomor 3, Oktober 2017

ISSN 2355-7699

DAFTAR ISI

Peningkatan Network Lifetime pada Wireless Sensor Network Menggunakan Clustered Shortest Geopath Routing (C-SGP) Protocol <i>Listyanti Dewi Astuti, Waskitho Wibisono</i>	148-153
Analisis Kepuasan Pelanggan Pembuatan Sertifikat Tanah dengan Menggunakan Servqual dan Kansei Engineering Berdasarkan Twitter BPN Salatiga <i>Juwita Artanti Kusumaningtyas, Eko Sedyono</i>	154-159
Kombinasi Logika Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prakiraan Curah Hujan Timeseries di Area Puspo – Jawa Timur <i>M. Chandra Cahyo Utomo, Wayan Firdaus Mahmudy, Syaiful Anam</i>	160-167
Pengenalan Emosi Berdasarkan Suara Menggunakan Algoritma HMM <i>Barlian Henryranu Prasetio, Wijaya Kurniawan, Mochammad Hannats Hanafi Ichsan</i>	168-172
Rancang Bangun Document Management System untuk Mengelola Dokumen Standart Operational Procedure <i>I Putu Susila Handika, I Gede Totok Suryawan</i>	173-179
Optimasi Naïve Bayes Classifier dengan Menggunakan Particle Swarm Optimization pada Data Iris <i>Husin Muhamad, Cahyo Adi Prasajo, Nur Afifah Sugianto, Listiya Surtiningsih, Imam Cholissodin</i>	180-184
Taksonomi dan Formalisasi Relasi Antar Model Proses Bisnis Berbasis Anotasi Efek <i>Tri Astoto Kurniawan</i>	185-193
Sistem Rekomendasi Pada E-Commerce Menggunakan K-Nearest Neighbor <i>Chandra Saha Dewa Prasetya</i>	194-200
Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel Zigbee Menggunakan Topologi Mesh pada Pemantauan dan Kendali Perangkat Ruang <i>Fathur Zaini Rachman, Armin Armin, Nur Yanti, Qory Hidayati</i>	201-206
Optimasi Proses Rendering Objek Game 3D Menggunakan Pemrograman CUDA pada Game Sandbox Craft <i>Hilmi Ilyas Rizaldi, Firadi Surya Pramana, Bariq Najmi R, Aditya Yudha A. N., Imam Cholissodin</i>	207-212

PENINGKATAN *NETWORK LIFETIME* PADA WIRELESS SENSOR NETWORK MENGUNAKAN *CLUSTERED SHORTEST GEOPATH ROUTING (C-SGP) PROTOCOL*

Listyanti Dewi Astuti¹, Waskitho Wibisono²

^{1,2}Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Email: ¹listyantidewi@gmail.com, ²waswib@gmail.com

(Naskah masuk: 15 Mei 2017, diterima untuk diterbitkan: 14 Agustus 2017)

Abstrak

Jaringan sensor nirkabel atau *wireless sensor network* adalah sebuah jaringan yang terdiri dari banyak *sensor node*, yang berfungsi untuk memindai fenomena tertentu di sekitarnya. Masing-masing *sensor node* pada umumnya memiliki sumber daya energi berupa baterai, yang memiliki kapasitas terbatas, sehingga diperlukan sebuah teknik untuk meningkatkan *network lifetime* pada *wireless sensor network*. Pada penelitian ini, protokol *routing Shortest Geopath* (SGP) dikembangkan menjadi sebuah protokol *routing* berbasis *cluster*, dengan membagi jaringan menjadi beberapa *cluster* yang masing-masing memiliki *cluster head*. Pembentukan *cluster* dilakukan dengan menggunakan informasi geografis area jaringan untuk membentuk *cluster* berupa segi enam (*hexagon*). Penentuan *cluster head* dilakukan dengan mencari *node* yang memiliki posisi geografis paling dekat dengan titik tengah area *cluster*. Pengiriman data dilakukan dengan sistem adaptif, dimana data dengan prioritas rendah dikirim setelah mencapai jumlah data tertentu, dan dikirim setelah melalui proses rata-rata sehingga hanya menghasilkan satu data untuk dikirim. Data dengan prioritas tinggi, dikirim langsung menuju *sink*. Hasil simulasi menunjukkan peningkatan *network lifetime* hingga 25,68% jika dibandingkan dengan protokol *routing Shortest Geopath* yang tidak melalui proses *clustering*.

Kata kunci: *Network Lifetime, clustering, Shortest Geopath Routing, Wireless Sensor Network*

Abstract

Wireless sensor network is a type of network consisting many sensor nodes. Each sensor node has a limited battery capacity, which most of the time, cannot be recharged. Thus, researches on extending network lifetime of wireless sensor networks are indispensable. This research proposed a cluster-based routing protocol, which adds clustering phase to the Shortest Geopath Routing (SGP) protocol. Cluster formation is done by forming imaginary hexagons using geographical informations about the network. Node which is nearest to the center point of the hexagon is appointed to be cluster head. Data transmissions are controlled by an adaptive mechanism. Low priority datas are only sent after the responsible node already obtained a specified number of datas. The datas, then, are being averaged and wrapped into a single data to be sent to the sink. Very high priority datas are, however, directly sent to the sink without passing the averaging process. It reduces the number of transmissions, which eventually help extending the network lifetime together with the clustering mechanism. Simulation results showed that the proposed protocol increases network lifetime up to 25.68% compared to the original un-clustered Shortest Geopath Routing protocol.

Keywords: *Network Lifetime, clustering, Shortest Geopath Routing, Wireless Sensor Network*

1. PENDAHULUAN

Jaringan sensor nirkabel (*wireless sensor network/WSN*) adalah kumpulan dari piranti-piranti sensor nirkabel (*sensor nodes*) yang pada umumnya digunakan untuk merekam data-data mengenai fenomena tertentu dalam suatu wilayah. *Sensor nodes* memiliki kemampuan komputasi dan komunikasi yang terbatas. Pola komunikasi umum pada WSN adalah pengiriman data hasil pemindaian (*sensing*) fenomena menuju *base station* atau sejumlah *node* yang sudah ditentukan sebagai penghimpun data. *Base station* melakukan *request*

kepada *sensor nodes*, yang berisi *query* tentang fenomena yang akan dikoleksi, *interval sampling*, dan waktu total *sampling*. (Kaur & Amarvir, 2016)

Sensor nodes memiliki sumber daya energi yang terbatas. Pengisian ulang baterai pada umumnya tidak bisa dilakukan karena posisi *sensor nodes* yang dapat berada pada kondisi wilayah yang ekstrim, seperti lokasi bencana alam. Oleh karena itu, masa hidup WSN (*wireless sensor network life time*) perlu ditingkatkan agar manfaat WSN dapat dirasakan lebih lama. Penelitian terkini dalam meningkatkan masa hidup WSN cenderung dilakukan dengan mengembangkan protokol-protokol *energy aware*

routing yang melibatkan agregasi data, *clustering*, dan *scheduling* yang diharapkan mampu menghemat sumber daya energi dari *sensor node*.

Geographic routing (GR) atau penentuan rute berdasarkan posisi geografis diperkenalkan untuk mengatasi keterbatasan protokol *routing* berbasis topologi. Protokol *geographic routing* mengandalkan informasi lokasi fisik *node* dalam WSN yang diperoleh dari *location service* (misalnya: GPS). Dengan memanfaatkan informasi posisi geografis, GR tidak perlu melakukan pemeliharaan *routing table*, dan bahkan bisa berjalan tanpa *routing table* sama sekali (Maghsoudlou, St-Hilaire, & Kunz, 2011).

Dalam penelitian ini dikembangkan protokol *routing* berbasis geografis dengan menambahkan tahap *clustering* pada protokol *Shortest Geopath Routing* (SGP), sehingga menjadi protokol baru yang diberi nama *Clustered Shortest Geopath Routing Protocol* (C-SGP). Pengembangan ini diharapkan mampu meningkatkan *network lifetime* dari *Wireless Sensor Network* (WSN) sehingga kemampuan pemindaian data dapat berjalan dengan efisien, tahan lama, terhindar dari kegagalan jaringan yang disebabkan oleh habisnya sumber daya energi *node* sebelum waktunya, dan memenuhi target yang ditentukan.

2. PENELITIAN TERKAIT

Beberapa protokol *routing* berbasis geografis telah diperkenalkan sejak tahun 1980, misalnya *Greedy Routing* yang dikembangkan oleh Takagi dan Kleinrock (1980) yang menghitung semua jalur berdasarkan jarak *Euclidean* dari *sensor node* menuju *sink node*, lalu memilih jalur yang paling sesuai. Protokol-protokol terbaru pada umumnya merupakan pengembangan dari protokol *Greedy Routing*, dengan cara menambahkan modifikasi tertentu sesuai pertimbangan *delay*, *throughput*, energi, dan lain-lain.

Dari beberapa protokol *geographic routing* yang telah dikembangkan, *Shortest Geopath Routing* (SGP) merupakan salah satu protokol yang banyak diteliti pada WSN, karena menjanjikan *packet delivery ratio* yang baik dengan waktu *delay* yang rendah. Selain itu, protokol SGP tidak memerlukan komputasi yang rumit, sehingga cocok untuk diterapkan pada WSN yang memiliki kemampuan komputasi terbatas. (Ghica, et.al., 2007).

Protokol SGP dikembangkan oleh peneliti dengan menambahkan tahap *clustering* dan mengontrol pengiriman data agar *sensor node* mampu mengirim data sesuai prioritas. *Clustering* dilakukan dengan memanfaatkan informasi geografis masing-masing *sensor node*. Teknik *clustering* yang menjadi rujukan peneliti dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terkait

Referensi	Penelitian Terkait	Keterangan
(Lee & Kao, 2016)	Teknik <i>clustering</i> menggunakan LEACH (<i>Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy</i>).	Mampu meningkatkan <i>network lifetime</i> WSN hanya pada jaringan-jaringan yang padat, karena <i>cluster head</i> dipilih secara acak bergilir yang mengakibatkan beberapa <i>node</i> terisolasi
(Jannu & Jana, 2014)	Teknik <i>routing</i> berbasis informasi geografis dengan membagi jaringan dalam beberapa <i>cluster</i> yang berbentuk persegi empat.	Bentuk <i>cluster</i> kurang sesuai dengan area transmisi <i>sensor node</i> yang berbentuk lingkaran.

2.2 Network Lifetime

Network lifetime atau masa hidup sebuah jaringan sensor memiliki berbagai definisi. Masing-masing definisi memiliki batasan dan belum ada yang bisa diterapkan pada semua kriteria jaringan. Penelitian awal yang merumuskan *network lifetime* sebagai rentang waktu sejak dimulainya transmisi data yang pertama hingga *node* terakhir mati dikemukakan oleh Tian dan Georganas (2002). Namun pada kenyataannya, sebuah jaringan sensor sudah tidak bisa mengirim data pemindaian, meskipun belum semua *node* mati.

Definisi berikutnya yang lebih realistis dikemukakan seiring dengan berkembangnya metode *routing* berbasis *cluster*. Soro dan Heinzelman (2005) menyatakan bahwa *network lifetime* adalah waktu hingga *cluster head* yang pertama mati. Definisi ini menjadi tidak relevan ketika protokol *clustering* mulai mampu menangani perubahan topologi dengan mengganti *cluster head*. Pengertian lain dari *network lifetime* didefinisikan sebagai waktu jaringan mulai mengirimkan data hingga α persen dari total *sensor node* mati (Rajagopalan & Varshney, 2006). Dalam beberapa kasus pada jaringan sensor nirkabel yang sangat mengutamakan lama waktu kemampuan operasi pada salah satu *node sensor*, *lifetime* didefinisikan sebagai waktu *sensor node* yang pertama mengalami kehabisan energi untuk beroperasi. Definisi ini digunakan oleh peneliti dalam

mengevaluasi kinerja protokol CSBP, karena skenario yang dijalankan sangat mengutamakan kemampuan operasi pada setiap *sensor node*. Jika salah satu *sensor node* mati, maka data yang diterima oleh sink menjadi tidak lengkap karena ada wilayah yang tidak terdeteksi suhunya.

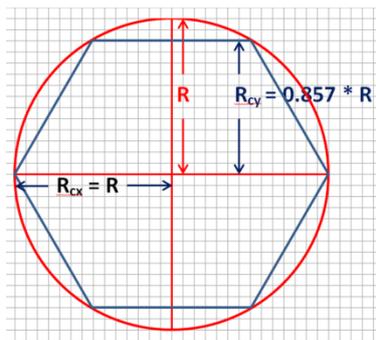
Network lifetime menjadi karakteristik utama pada saat melakukan evaluasi kinerja sebuah WSN. Bahkan ukuran *quality of service* dapat menurun dengan pertimbangan *network lifetime*. *Network lifetime* yang baik berpengaruh secara langsung dalam ketersediaan data hasil pemindaian dan penghematan biaya yang diperlukan untuk pemasangan baterai pada *sensor node* (Dietrich & Dressler, 2009).

3. METODE

Pengembangan protokol *routing* C-SGP dilakukan dengan memodifikasi protokol *routing* SGP, meliputi penambahan tahap *clustering*, mengubah jalur *routing*, dan membuat proses pengiriman adaptif.

3.1. Tahap Clustering

Masing-masing *node* memiliki area jangkauan transmisi berbentuk lingkaran dengan jari-jari R, di mana R sama dengan jangkauan sinyal terkecil dari *node*, dikurangi konstanta c. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, maka *cluster* pada C-SGP diimplementasikan secara geografis dengan membagi wilayah menjadi sejumlah k *cluster*, dan masing-masing *cluster* berbentuk *hexagon* seperti divisualisasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Cluster

Lingkaran berwarna merah adalah area jangkauan transmisi *node* yang sebenarnya, dengan asumsi bahwa *node* berada tepat di tengah lingkaran. Jika *node* tersebut menjadi *cluster head*, maka seluruh *node* tetangganya akan berada satu langkah dari *cluster head*. Sehingga, titik tengah lingkaran merupakan posisi yang paling ideal untuk *cluster head*.

Bangun *hexagon* berwarna biru didesain dengan luas yang lebih kecil dari luas jangkauan transmisi minimal *node* yang sebenarnya. Namun

seluruh sudut *cluster* menyentuh sisi lingkaran. Hal ini dilakukan untuk menghindari adanya *node* yang posisinya di luar jangkauan, namun ditentukan untuk menjadi anggota *cluster* tersebut. Karena luas *cluster* lebih kecil dari luas jangkauan transmisi, maka *cluster* diberi nilai Rcy (jarak dari titik tengah ke koordinat Y tertinggi dan terendah) dan Rcx (jarak dari titik tengah ke koordinat X tertinggi dan terendah).

Nilai Rcx sama dengan nilai R, karena sudut samping *cluster* bersentuhan dengan sisi samping lingkaran, sehingga jarak dari titik tengah *cluster* ke koordinat X tertinggi dan terendah adalah sama dengan panjang jari-jari lingkaran. Sedangkan nilai Rcy lebih rendah dari R, sehingga dihitung ukuran Rcy secara proporsional, yaitu 85.7% dari ukuran R. Dengan demikian, maka panjang dan lebar *cluster* adalah dua kali nilai Rcx dan Rcy.

Tata letak *cluster* pada area WSN dapat dilihat pada Gambar 2, di mana *cluster* diformasikan menjadi baris dan kolom. Penentuan jumlah baris (r) dan kolom (c) didapat dari membagi nilai panjang (p) dan lebar (l) area WSN dengan nilai Rcx dan nilai Rcy seperti pada persamaan (1) dan (2).

$$r = l / (2 \times Rcy) + 1 \dots\dots\dots(1)$$

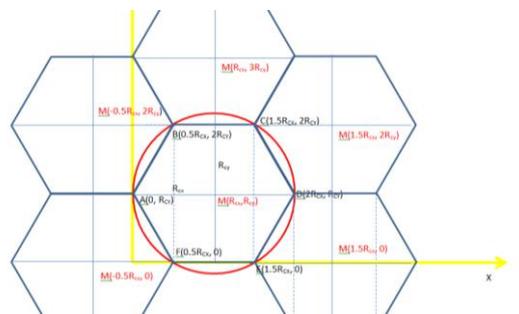
$$c = p / (2 \times Rcx) + 1 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- r = jumlah baris
- c = jumlah kolom
- l = lebar area WSN
- p = panjang area WSN
- Rcx = separuh panjang cluster
- Rcy = separuh tinggi cluster

Dari jumlah baris dan kolom, didapat jumlah *cluster* (nk) sesuai persamaan (3).

$$nk = r * c \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 2. Tata Letak dan Penentuan Titik Tengah Cluster

Titik tengah *cluster* merupakan koordinat yang paling strategis untuk penempatan *cluster head*. Namun jika tidak ada *node* yang berada persis di tengah *cluster*, maka *node* yang posisinya paling dekat dengan titik tengah akan dijadikan sebagai

cluster head. Penentuan koordinat titik tengah (M) untuk beberapa *cluster* pertama dapat divisualisasikan seperti pada Gambar 2.

Dari Gambar terlihat bahwa kenaikan nilai koordinat X untuk setiap titik M pada baris yang sama ada sebesar $1.5 \times R_{cx}$ dan bersifat tetap pada baris-baris berikutnya. Sehingga nilai koordinat X untuk setiap titik M dapat dihitung dengan persamaan (4).

$$M_{(current\ x)} = M_{(previous\ x + 1.5 \times R_{cx})} \dots \dots \dots (4)$$

Pada posisi kolom 0 atau genap, nilai $M(y)$ bernilai sama pada baris yang sama, dan naik sebesar $2 \times R_{cy}$ pada kolom yang sama seperti pada persamaan (5).

$$M_{(current\ y)0/genap} = M_{(previous\ y + 2 \times R_{cy})genap} \dots \dots \dots (5)$$

Pada posisi kolom ganjil, nilai $M(y)$ bernilai sama pada baris yang sama, dan naik sebesar $2 \times R_{cy}$ pada kolom yang sama, namun lebih tinggi sebesar R_{cy} jika dibandingkan dengan nilai $M(y)$ pada posisi kolom genap.

$$M_{(current\ y)ganjil} = M_{(previous\ y + 2 \times R_{cy})ganjil} \dots \dots \dots (6)$$

```

1 function estimateClusterArea
2 //tentukan lebar cluster (Ry), tinggi cluster (Rx)
3 set R to 60
4 set Rx = R
5 set Ry = 0.875 * R
6 //menghitung jumlah cluster (c)
7 set c = (fieldlength/2*Rx+1) * (fieldlength/2*Ry+1)
8 //menghitung titik tengah cluster M(x,y)
9 M(x,y) = M(previous x + 1.5*Rcx, previous y + 2*Rcy)
10 //melengkapi properties cluster dengan cluster id
11 for i=0 to i<c
12   cluster[i] id = i
    
```

Pseudocode 1. Pembentukan Cluster

3.2. Pemilihan Cluster Head

Setelah didapatkan koordinat titik tengah dari masing-masing *cluster*, maka masing-masing *sensor node* mulai melakukan pemindaian. Sebelum mengirim data, setiap *sensor node* mencari *node* yang paling dekat posisinya dengan titik M pada masing-masing *cluster*. Semakin dekat posisi *node* terhadap titik tengah *cluster*, maka semakin banyak pula *node* yang dapat dijangkau pada *cluster* tersebut. Algoritma penentuan *cluster head* dapat dilihat pada Pseudocode 2.

```

1 Function getFirstCH
2 Initialize jarak = 1000000
3 While node entry is member of cluster neighbor
4   linked list
5   If node entry cluster id = active node cluster
6     id then
7     If node entry distance to cluster center <
8       jarak then
9       jarak = node entry distance to cluster
10      center
11      next hop IP address = node entry ip
12      address
13      set node entry status = true
    
```

Pseudocode 2. Menentukan Cluster Head

3.3 Proses Pengiriman Data

Modifikasi berikutnya adalah pembuatan mekanisme penanganan pengiriman pesan yang adaptif sesuai dengan prioritas pesan. Jika data yang terdeteksi adalah data dengan prioritas tinggi (P1), maka data tersebut akan langsung dikirim menuju *sink*. Jika data yang terdeteksi adalah data dengan prioritas sedang (P2), maka *node* tersebut akan menyimpan data hingga 60 data. Setelah tercapai 60 data, maka *node* akan melakukan proses agregasi data dengan mengambil rata-rata dari keseluruhan data yang tertampung, dan mengirim hasil rata-rata data ke *sink*. Untuk data dengan prioritas rendah (P3), maka ditampung hingga 300 data. Hal ini akan mengurangi banyak data yang ditransmisikan, sehingga membantu mengurangi penggunaan sumber daya energi. Algoritma proses pengiriman data dituliskan pada Pseudocode 3.

3.4 Pembentukan Jalur Routing C-SGP

Secara garis besar, protokol routing *Shortest Geopath* menggunakan informasi geografis dari *node* untuk melakukan penentuan jalur. Dimisalkan sebuah *node A* akan melakukan transmisi data ke *node B*. Maka *node A*, memilih salah satu *node* tetangganya yang memiliki jarak geografis paling dekat dengan *node B*, lalu mengirimkan data ke *node* tetangga yang terpilih tersebut. Proses tersebut berulang hingga data sampai ke *node B*, seperti diilustrasikan pada Gambar 3.

Pada protokol *routing* yang diusulkan, jalur *routing* dirubah sehingga setiap *node* akan mengirimkan data menuju *cluster head* di dalam *cluster* yang sama, kemudian *cluster head* meneruskan data menuju *sink* dengan menggunakan protokol *routing SGP*.

```

1 if message priority = P1 then
2   if message space > 0 then
3     send message
4     clear message space
5 else if message priority = P2 then
6   if message space > 20 then
7     calculate average value
8     wrap as msgSGP
9     send msgSGP
10    clear message space
11 else if message priority = P3 then
12   if message space > 200 then
13     calculate average value
14     wrap as msgSGP
15     send msgSGP
16    clear message space
    
```

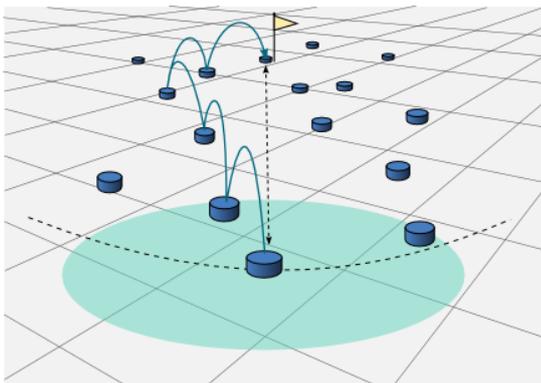
Pseudocode 3. Menentukan Mekanisme Pengiriman

3.5 Spesifikasi Sensor dan Parameter Uji

Pengujian dilakukan di lingkungan simulator SIDnet-SWANS (*Simulator and Integrated Development Platform for Sensor Networks Applications*), yang berjalan di atas JiST-SWANS (*Java in Simulation Time – Scalable Wireless Ad Hoc Network Simulator*). Spesifikasi *node* dan parameter uji dicantumkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi *Node* dan Parameter Uji

No	Keterangan	Detail
1	<i>Radio Bandwidth</i>	40000 Hz
2	<i>Sampling interval</i>	3 seconds
3	Penempatan <i>node</i>	Random
4	Konsumsi baterai <ul style="list-style-type: none"> - <i>Active mode</i> - <i>Sleep mode</i> - <i>Transmit mode</i> - <i>Receive mode</i> - <i>Listen mode</i> - <i>Passive mode</i> 	10 mA 0.5 mA 27 mA 10 mA 3 mA 0.01 mA
5	Kapasitas baterai <i>source node</i>	40 mAh
6	Kapasitas baterai <i>sink node</i>	100 mAh
7	Panjang garis tengah <i>cluster</i>	60
8	Tinggi <i>cluster</i>	0.987 * 60
9	Luas jaringan	300 m ²
10	Jumlah <i>node</i>	300 <i>node</i>



Gambar 3. SGP Dengan Teknik *Greedy Routing*. (Sarkar, 2010)

4. HASIL DAN ANALISA

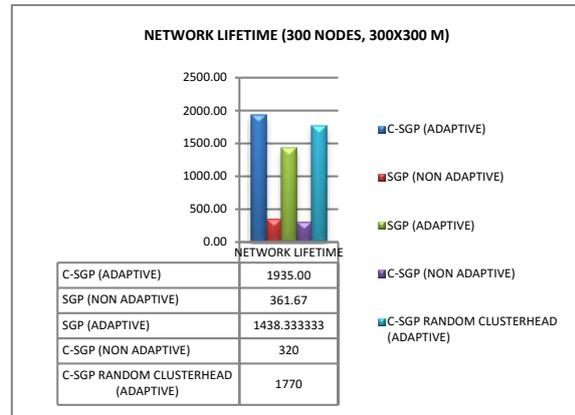
Simulasi dilakukan dengan menggunakan SIDnet SWANS *Simulator*, yang merupakan simulator khusus WSN. SIDnet SWANS dikembangkan oleh *Northwestern University*, dan berjalan di atas JiST/SWANS (*Java in Simulation Time / Scalable Wireless Ad Hoc Network Simulator*). Sistem operasi yang digunakan adalah Windows 10 dengan 6 GB RAM. Jumlah *node* yang digunakan adalah 300 *node* dengan luas jaringan 300 m², dan ditempatkan secara acak.

Hasil simulasi dibandingkan dengan protokol SGP (tanpa *clustering*, tanpa mekanisme pengiriman adaptif), SGP-*adaptive* (tanpa *clustering*, dengan pengiriman adaptif), C-SGP non-*adaptive* (dengan *clustering*, tanpa pengiriman adaptif), dan C-SGP-*random* (pemilihan *cluster head* dibuat *random*).

4.1 Hasil Perbandingan *Network Lifetime*

Hasil simulasi menunjukkan bahwa protokol C-SGP memiliki *network lifetime* tertinggi dibandingkan protokol pembanding. Peningkatan

25,68% terjadi jika dibandingkan dengan protokol SGP *adaptive* seperti tercantum pada Gambar 4.

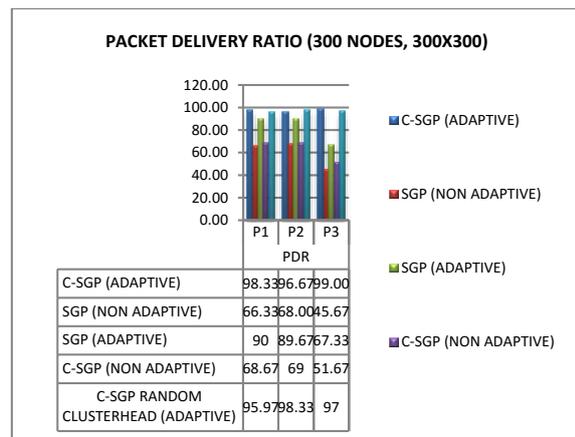


Gambar 4. Perbandingan *Network Lifetime*

Tingginya *network lifetime* adalah karena pada protokol C-SGP tidak semua *node* terlibat dalam proses *forward* data, sebab data hasil pemindaian dikirim ke *cluster head* sehingga proses transmisi data lebih terlokalisasi. Mekanisme pengiriman yang adaptif juga mengurangi jumlah transmisi secara drastis, tanpa mengabaikan data-data dengan prioritas tinggi.

4.2 Hasil Perbandingan *Packet Delivery Ratio* (PDR)

Packet Delivery Ratio adalah rasio antara jumlah data yang dikirim dengan data yang diterima oleh *sink*. Dalam protokol *routing* berbasis *cluster*, data yang dihitung sebagai data kirim adalah data yang dikirim oleh *cluster head*. Dari hasil simulasi, PDR dari protokol *routing* C-SGP, relatif tinggi jika dibandingkan dengan protokol pembanding, seperti divisualisasikan pada Gambar 5.

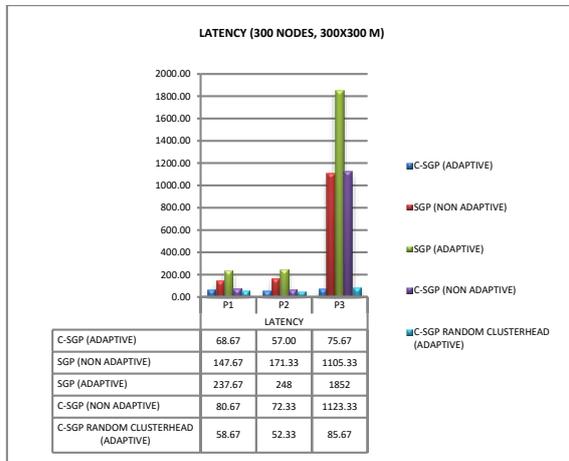


Gambar 5. Perbandingan *Packet Delivery Ratio*

4.3 Hasil Perbandingan *Latency*

Latency adalah rentang waktu yang diperlukan mulai paket dikirim hingga paket diterima oleh *sink*. Menurut hasil simulasi, *latency* protokol C-SGP relatif rendah jika dibandingkan dengan protokol pembanding. Hal ini disebabkan oleh proses

pengiriman adaptif yang diterapkan mengurangi jumlah transmisi, yang pada akhirnya turut mengurangi kesibukan jaringan sehingga tabrakan data juga berkurang.



Gambar 5. Perbandingan Latency

5. KESIMPULAN

Pengembangan protokol *routing* C-SGP dilakukan dengan cara memodifikasi protokol *routing* SGP. Modifikasi dilakukan dengan menambahkan tahapan *clustering*, dimana jaringan dibagi menjadi beberapa *cluster* berbentuk segi enam berdasarkan informasi geografis jaringan. Pemilihan *cluster head* dilakukan dengan mencari node yang memiliki posisi paling tengah atau paling dekat dengan titik tengah geografis cluster.

Dari hasil uji coba, protokol C-SGP terbukti meningkatkan *network lifetime* dibandingkan dengan SGP (tanpa *clustering*, tanpa mekanisme pengiriman adaptif), SGP-adaptive (tanpa *clustering*, dengan pengiriman adaptif), C-SGP non-adaptive (dengan *clustering*, tanpa pengiriman adaptif), dan C-SGP-random (pemilihan *cluster head* dibuat random).

6. SARAN

Perlu dilakukan uji coba mengenai penentuan kepadatan jaringan yang optimal untuk penggunaan protokol C-SGP. Uji coba ini berkaitan dengan analisa yang lebih mendalam mengenai pengaruh rasio jumlah *node* dan luas area jaringan terhadap *network lifetime*, *packet delivery ratio*, dan *latency*.

7. DAFTAR PUSTAKA

- DIETRICH, I., & DRESSLER, F. 2009. On the Lifetime of Wireless Sensor Network. *ACM Transactions on Sensor Networks*, Vol. 5, No. 1, 1-38.
- GHICA, O., TRAJCEVSKI, G., SCHEUERMANN, P., BISCHOF, Z., & VALTCHANOV, N. 2007. *Demo Abstract: SIDnet-SWANS: A Simulator and Integrated Development Platform for Sensor Networks Application*.

Evanston, IL, USA: Departement of EECS, Northwestern University.

- HEINZELMAN, W., CHANDRAKASAN, A., & BALAKRISHNAN, H. 2005. Energy-Efficient Communication Protocols for Wireless Microsensor Networks. *Proceedings of the 33rd Hawaiian International Conference on Systems Science (HICSS)*.
- JANNU, S., & JANA, P. K. 2014. Energy Efficient Grid Based Clustering and Routing Algorithm for Wireless Sensor Network. *Fourth International Conference on Communication Systems and Network Technologies*. Dhanbad, India.
- KAUR, M., & AMARVIR, S. 2016. Detection and Mitigation of Sinkhole Attack in Wireless Sensor Network. *International Conference on Micro-Electronics and Telecommunication Engineering (ICMETE)*. Ghaziabad, India.
- LEE, J. S., & KAO, T. Y. 2016. An Improved Three-Layer Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy for Wireless Sensor Networks. *IEEE Internet of Things Journal*, 951-958.
- MAGHSOUDLOU, A., ST-HILAIRE, M., & KUNZ, T. 2011. *A Survey on Geographic Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks*. Technical Report SCE-11-03, Carleton University.
- RAJAGOPALAN, R., & VARSHNEY, P. K. 2006. Data Aggregatin Techniques in Wireless Sensor Network: A Survey. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 48-63.

ANALISIS KEPUASAN PELANGGAN PEMBUATAN SERTIFIKAT TANAH DENGAN MENGGUNAKAN SERVQUAL DAN KANSEI ENGINEERING BERDASARKAN TWITTER BPN SALATIGA

Juwita Artanti Kusumaningtyas¹, Eko Sedyono²

^{1,2}Universitas Kristen Satya Wacana

Email: ¹mee.juwita@gmail.com, ²ekosed1@yahoo.com

(Naskah masuk: 10 Mei 2017, diterima untuk diterbitkan: 14 Agustus 2017)

Abstrak

BPN (Badan Pertanahan Nasional) merupakan instansi pemerintah dengan tugas di bidang pertanahan sesuai dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2015. Salah satu tugas BPN yaitu melaksanakan kebijakan penetapan hak tanah, pendaftaran tanah, dan pemberdayaan masyarakat. Fungsi tugas pendaftaran dan penetapan hak tanah tertuang dalam salah satunya pelayanan BPN yaitu pembuatan sertifikat tanah. Pemberdayaan masyarakat sendiri dilakukan BPN Salatiga dengan memanfaatkan media sosial *twitter* untuk berbagi informasi kepada masyarakat terkait program kerja dan pelayanan. Melalui *twitter* BPN Salatiga, masyarakat dapat mengetahui pelayanan BPN Salatiga dan menjadi forum diskusi masyarakat dengan pihak BPN, sehingga dapat mengetahui keluhan dan harapan masyarakat terhadap pelayanan BPN Salatiga khususnya mengenai sertifikat tanah. Berdasarkan *tweet* BPN Salatiga ada 20 atribut layanan yang akan diolah dengan metode Servqual dan menggunakan metode *Kansei Engineering* untuk melakukan perbaikan. Analisis ini diharapkan dapat memberi pandangan kepada BPN untuk mengetahui kualitas pelayanan yang diberikan kepada pelanggan dan mengetahui kepuasan pelanggan terhadap pelayanan sertifikat tanah melalui *twitter* BPN Salatiga. Hasilnya tingkat harapan tertinggi ada pada dimensi Tangible (4,50) dan persepsi tertinggi pada dimensi *Reliability* (4,49) dengan 12 *kansei words*.

Kata kunci: *Kepuasan Pelanggan, Servqual, Kansei Engineering, Twitter*

Abstract

BPN (National Land Agency) is a government agency with a task in the field of land in accordance with the Presidential Regulation of the Republic of Indonesia No. 20 of 2015. One of the duties of BPN is implementing the policy of land titling, land registration, and community empowerment. The function of registration and assignment of land rights is contained in one of the BPN services namely the making of land certificate. Community empowerment itself is done by BPN Salatiga by utilizing social media *twitter* to share information to the community related to work program and service. Through *twitter* BPN Salatiga, the public can know the service of BPN Salatiga and become a forum of community discussions with the BPN, so it can know the complaints and expectations of the community on the service of Salatiga BPN especially regarding the land certificate. Based on Salatiga BPN tweet there are 20 service attributes that will be processed by Servqual method and using *Kansei Engineering* method to make improvements. This analysis is expected to give a view to BPN to know the quality of services provided to customers and know customer satisfaction with the service of land certificate through *twitter* BPN Salatiga. The result is the highest expectation level in Tangible dimension (4.50) and highest perception on *Reliability* dimension (4.49) with 12 *kansei words*.

Keywords: *Customer Satisfaction, Servqual, Kansei Engineering, Twitter*

1. PENDAHULUAN

BPN (Badan Pertanahan Nasional) merupakan Lembaga Pemerintah Non Kementrian yang bertanggung jawab kepada Presiden dan dipimpin oleh Kepala (sesuai dengan Perpres No. 63 Tahun 2013). Berdasarkan website BPN (www.bpn.go.id), BPN bertugas di bidang pertanahan secara nasional, regional dan sektoral sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Salah satu tugas fungsi BPN yaitu merumuskan dan melakukan kebijakan penetapan hak tanah, pendaftaran tanah, dan pemberdayaan masyarakat, Pelayanan BPN khususnya di Salatiga dalam mewujudkan salah satu fungsi tugas BPN yaitu memberikan pelayanan pembuatan sertifikat tanah sesuai harapan pemohon. Pelayanan ini dilakukan pemohon dengan mengunjungi loket yang ada pada kantor BPN atau menggunakan jasa notaris untuk menyelesaikan proses pembuatan sertifikat tanah. Selama proses pembuatan sertifikat tanah, pemohon dapat memanfaatkan fasilitas BPN secara online yang digunakan untuk memantau proses pembuatan sertifikat tanah yang diaplikasikan pada *smartphone* bernama "Sentuh". Sedangkan untuk fungsi tugas BPN terkait pemberdayaan masyarakat, BPN Salatiga memiliki berbagai program kerja untuk masyarakat yang semuanya di-*share* melalui media sosial *twitter*. Media Sosial *Twitter* BPN Salatiga juga dijadikan forum untuk forum diskusi secara *online* oleh masyarakat.

Sesuai dengan 11 Agenda Kebijakan BPN, pelayanan dikatakan baik jika dapat membangun kepercayaan masyarakat kepada BPN dengan mengetahui respon pelanggan terhadap pelayanan BPN sebagai kepuasan pelanggan. Cara mengetahui kepuasan pelanggan yaitu melakukan analisis pelayanan BPN dengan mengukur harapan, kerja nyata, tingkat kepentingan pelayanan, hingga rekomendasi terhadap pelayanan BPN. Oleh sebab itu penelitian ini menggunakan metode *Servqual* (*Service Quality*) dan *Kansei Engineering*.

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi kepada BPN mengenai respon tingkat pelayanan yang sudah dan mengetahui kualitas pelayanan yang diberikan kepada pelanggan dengan hasil tingkat kepuasan pelanggan. Berdasarkan hasil kepuasan pelanggan, diharapkan dapat memberi wacana pelayanan yang perlu dipertahankan dan dikembangkan serta pelayanan yang masih perlu dilakukan perbaikan untuk meningkatkan kualitas pelayanan BPN Salatiga.

2. KAJIAN PUSTAKA

Penelitian mengenai kualitas pelayanan dan kepuasan pelanggan sudah banyak dilakukan, diantaranya adalah penelitian menggunakan perspektif *Servqual* dengan 5 dimensi untuk mengetahui kualitas layanan. Penelitian ini

menggunakan kuesioner sebagai pengumpulan data dengan memanfaatkan model Kano sebagai pengukuran kepuasan pelanggan. Kesimpulan ketika menggunakan dua metode ini menunjukkan kepuasan pelanggan dipengaruhi oleh klasifikasi atribut. (Sulisworo&Maniquiz,2012) Keterkaitan dengan penelitian ini yaitu penggunaan metode *Servqual* dengan 5 dimensi untuk menentukan jenis layanan. Perbedaannya, penelitian ini menggunakan metode *Servqual* yang dikombinasikan dengan metode *Kansei Engineering*.

Penelitian dengan topik pembahasan kepuasan pelanggan juga terdapat pada penelitian selanjutnya untuk peningkatan kualitas pelayanan dengan menggunakan metode *Servqual* dan *Triz*. Metode *Servqual* digunakan untuk menganalisa masalah yang terjadi sedangkan *Triz* digunakan sebagai solusi usulan perbaikan kualitas pelayanan di PT. XYZ. Hasilnya berupa rekomendasi yang diberikan kepada PT. XYZ salah satunya dengan memisahkan dan mengklasifikasikan barang-barang yang akan dikirim menjadi beberapa kategori dan memberikan pelatihan secara berkala kepada staf serta memberikan reward kepada staf. (Erni,2014) Keterkaitan dengan penelitian ini yaitu penggunaan *Servqual* dan *Triz* untuk mengukur kepuasan pelanggan. Perbedaannya, penelitian ini mengintegrasikan *Servqual* dan *Kansei Engineering* untuk mengukur kepuasan pelanggan.

Selain itu, penelitian terdahulu yang menggunakan metode *Kansei Engineering* juga terdapat pada penelitian yang membantu mengidentifikasi produk untuk melakukan penelusuran terhadap harapan dan keinginan konsumen terhadap suatu kemasan produk. Penelitian tidak hanya memfokuskan berdasarkan perasaan psikologi konsumen saja, namun juga memetakan atribut produk berdasarkan performasinya. Sehingga metode yang digunakan yaitu *Kansei Engineering* didukung dengan model Kano. Hasil penelitian ini adalah mengintegrasikan kedua metode untuk mengetahui desain yang sesuai dengan citra dan perasaan konsumen dengan desain kategori Kano. (Haryono&Baryah, 2014) Keterkaitan dengan penelitian ini yaitu menganalisa kepuasan pelanggan dengan menggabungkan metode *Kansei Engineering* dan metode kepuasan pelanggan yang lain. Perbedaannya, penelitian ini tidak menggabungkan metode *Kansei Engineering* dan model Kano, metode yang digunakan dengan memanfaatkan model *Servqual* dan *Kansei Engineering* untuk dikolaborasi.

Penelitian selanjutnya, menerapkan metode *Kansei Engineering* untuk mengidentifikasi perancangan desain untuk souvenir khas Malang. Tujuan yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah dihasilkan inovasi-inovasi baru untuk desain souvenir berbahan dasar kayu yang benar-benar khas Malang. Temuan yang dihasilkan dari penelitian ini adalah dengan menerapkan metode *Kansei*

Engineering, maka akan memperoleh poin-poin atribut desain dalam perancangan souvenir khas Malang (Rofieq,2014). Keterkaitan dengan penelitian ini yaitu menggunakan metode *Kansei Engineering* untuk mengukur kepuasan pelanggan. Perbedaannya, penelitian ini menambahkan pengumpulan data menggunakan sosial media *twitter* untuk mendapatkan *kansei words* dan mengkolaborasikan dengan metode *Servqual*.

Kajian pustaka pada penelitian ini tidak hanya melihat dari penelitian terdahulu, namun juga melihat dari dasar teori yang terkait dengan topik pembahasan. Dasar teori dikutip dari para pakar yang terdapat pada jurnal penelitian dan buku. Teori yang terkait dengan penelitian ini yaitu mengenai kepuasan pelanggan, metode *Servqual*, dan *Kansei Engineering*.

Kepuasan pelanggan menurut Armistead, Pritchard, dan Machin merupakan proses bisnis manajemen yang didasarkan serangkaian pelayanan sebagai hal yang penting untuk keselarasan kepuasan pelanggan (Maddem). Kepuasan pelanggan menurut Gomez et al didefinisikan dan diukur sebagai penilaian konsumen terhadap suatu atribut tertentu (Suchanek,2014).

Service Quality digunakan untuk mendefinisikan kualitas pelayanan sejauh mana layanan tersebut memenuhi kebutuhan pelanggan atau harapan pelanggan (Sahin). *Servqual* juga didasarkan pada proposisi bahwa kualitas pelayanan dapat diukur dengan kesenjangan atau gap antara layanan yang diharapkan pelanggan dan kinerja yang diterima pelanggan (Landrum,2009). Metode *Servqual* terdiri dari 5 dimensi kualitas pelayanan, sebagai berikut : 1) *Reliability* (keandalan), berfokus kepada pelayanan yang dijanjikan secara akurat dan handal. 2) *Assurance* (jaminan), berfokus kepada perilaku karyawan yang sopan dan berpengetahuan luas sehingga memberikan rasa percaya serta keyakinan. 3) *Tangibles* (bukti terukur), berfokus kepada fasilitas fisik, perlengkapan, dan tampilan dari personalia serta kehadiran para pengguna. 4) *Empathy* (empati), berfokus kepada kepedulian serta perhatian kepada masing-masing pengguna. 5) *Responsiveness* (daya tanggap), berfokus kepada kesanggupan untuk membantu pelanggan serta memberikan perhatian yang tepat (Djunaidi,dkk).

Metode yang digunakan selanjutnya yaitu metode *Kansei Engineering*. Menurut Nagamachi, metode *Kansei Engineering* dianggap unggul dibandingkan dengan metode-metode serupa lainnya. Metode ini mampu menerjemahkan kebutuhan emosional pelanggan ke dalam parameter atribut produk melalui rekayasa (Hartono,2012). Prosedur standard dalam pendekatan *Kansei Engineering* terdiri dari 4 langkah yaitu : 1) Identifikasi suatu produk akan kebutuhan konsumen dari segi *images* dan ergonomis berdasarkan perasaan psikologis. 2) Ekstraksi parameter produk agar dapat memuaskan calon konsumen. 3)

Pengembangan *Kansei Engineering* untuk mendapatkan teknologi ergonomis. 4) Melakukan penyesuaian desain suatu produk berdasarkan preferensi konsumen dan kelompok sosial (Mu'alim&Hidayat,2014).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pemilihan Sampel

Teknik pengambilan sampel merupakan upaya penelitian untuk mendapat sampel yang representatif (mewakili), yang dapat menggambarkan populasinya. Teknik pengambilan sampel dibagi atas 2 kelompok besar yaitu *Probability Sampling* dan *Non Probability Sampling* (Nasution,2003). Pemilihan pengambilan sampel data pada penelitian ini dengan menerapkan Teknik *Non Probability Sampling*. Teknik *Non Random Sampling (non probability sampling)* adalah cara pengambilan sampel yang tidak semua anggota dari populasi tersebut memiliki kesempatan yang sama untuk dipilih menjadi sampel penelitian dengan *convenience sampling* (pemilihan unit analisa disesuaikan dengan penelitian), *purposive sampling* (berdasarkan pertimbangan dalam pengambilan sampel), dan *quota sampling* (Hasibuan,2007). Alasan teknik *Non Probability Sampling* yang dipilih karena unit pembagian kuesioner sudah ditentukan, yaitu di BPN Salatiga, Notaris, dan pengguna jasa BPN dalam pembuatan sertifikat tanah sebanyak 70 responden terdiri dari Pegawai Negeri, Swasta, Auditor, Pegawai Tidak Tetap, Ibu rumah tangga, dan Wiraswasta. Wawancara dilakukan kepada pegawai BPN Salatiga dan pemohon yang mendatangi BPN Salatiga. Sedangkan data *twitter* BPN Salatiga diambil mulai bulan Februari sampai Oktober 2016.

3.2. Teknik dan Langkah-langkah Analisis

Teknik analisis dan pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan teknik kuantitatif. Teknik kuantitatif pada dasarnya merupakan suatu pengamatan yang melibatkan suatu ciri tertentu berupa perhitungan, angka atau kuantitas (Hermansyah,2014).

Metode *Servqual* digunakan untuk menentukan atribut penilaian layanan dari BPN Salatiga yang nantinya akan menjadi pertanyaan untuk kuesioner. Atribut yang ditentukan berdasarkan analisis *tweet* BPN Salatiga dan hasil wawancara non-formal kepada pihak BPN yang berkaitan dengan pelayanan pembuatan sertifikat tanah. Sehingga dari penggabungan tren topik berdasarkan *tweet* BPN Salatiga terkait sertifikat tanah dan wawancara non-formal, maka dihasilkan pertanyaan-pertanyaan yang digunakan untuk kuesioner sebanyak 20 pertanyaan atribut dan dikelompokkan berdasarkan 5 dimensi *Servqual*. Komposisi atribut-atribut tersebut terdiri dari 5 atribut *Tangible*, 4 atribut *Reliability*, 3 atribut *Responsiveness*, 4 atribut *Assurance*, dan 4 atribut

Empathy. Atribut layanan akan dibagikan kepada responden sebagai kuesioner dengan skala *Likert* 1-5 dengan perincian sebagai berikut : (1) (STB) Sangat Tidak Baik, (2) (TB) Tidak Baik, (3) (CB) Cukup Baik, (4) (B) Baik, (5) (SB) Sangat Baik. Hasil dari data kuesioner akan dilakukan analisis dengan memperoleh nilai kepuasan atau persepsi pelanggan dan prioritas kepentingan pelayanan yang diharapkan oleh responden. Hasil analisis kuesioner menunjukkan Gap antara harapan dan pelayanan nyata dari pelanggan terhadap BPN Salatiga

Langkah selanjutnya menggunakan metode *Kansei Engineering*. Metode ini digunakan untuk mengukur secara responden secara psikologis terhadap pelayanan BPN Salatiga berdasarkan *Kansei words*. *Kansei words* dipilih berdasarkan pertanyaan kuesioner, hasil wawancara non-formal, dan data pada *twitter* BPN Salatiga yang membahas mengenai sertifikat tanah. Penilaian menggunakan skala *Likert* 1-5 untuk setiap kosa kata yang menggambarkan pelayanan BPN Salatiga. Nilai 1 menunjukkan penilaian paling negatif, dan Nilai 5 menunjukkan penilaian paling positif.

Hasil *Servqual* dan *Kansei words* akan dilakukan analisis dengan menggunakan Regresi Linier Berganda dengan metode *stepwise*. *Kansei words* sebagai *variable* dependen, dan atribut layanan *Servqual* sebagai *variable* independen. Hal ini untuk mengetahui keterkaitan antara *Servqual* dan *Kansei words*. Selanjutnya, akan didapatkan hasil kepuasan pelanggan baik secara analisis kuesioner yang berupa pertanyaan mengenai pelayanan BPN Salatiga terkait sertifikat tanah dan kepuasan pelanggan dengan menggunakan analisis emosi atau psikologis dari responden.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

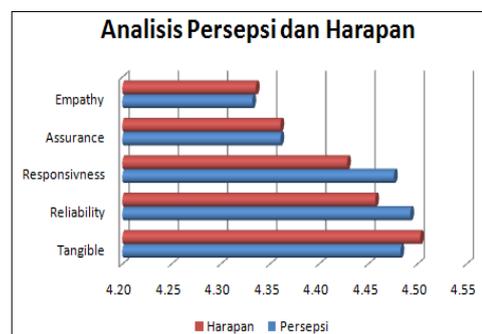
4.1. Responden Terpilih

Awal pengumpulan data dilakukan dengan membagikan kuesioner kepada responden yang dikelompokkan berdasarkan jenis kelamin, usia, dan jenis pekerjaan. Sesuai dengan Teknik Sampling yang terpilih yaitu *Non Probability Sampling*, maka unit yang ditentukan untuk membagikan kuesioner adalah di BPN Salatiga, Notaris dan pengguna jasa BPN di Salatiga sebanyak 70 responden. Responden tersebut dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu kelompok usia, jenis kelamin, dan pekerjaan. Presentase terbanyak berdasarkan jenis kelamin responden yaitu 54.29% adalah pria. Sedangkan untuk wanita memiliki presentase 45.71%. Sedangkan presentase terbesar responden berdasarkan usia berada pada kelompok usia 31-35 tahun dengan presentase 41.43%. Jenis pekerjaan responden berisi kelompok responden dengan presentase terbesar yaitu Pegawai Negeri dengan 32.86%.

4.2. Hasil Analisis Data

4.2.1 Analisis *Servqual*

Pertanyaan kuesioner yang terdiri dari 20 atribut layanan, masing-masing dianalisis untuk mengetahui respon dari masyarakat dilihat dari nilai harapan masyarakat dan nilai kerja nyata BPN Salatiga dari sudut pandang masyarakat. Selanjutnya, hasil analisis ini digunakan untuk mengetahui nilai tertinggi dari 5 dimensi *Servqual* oleh pemohon. Hasil analisis digambarkan dalam bentuk grafik perbandingan terhadap rata-rata tingkat persepsi dan tingkat harapan. Persepsi adalah kepuasan atau kerja nyata yang didapat pemohon pada saat mendapat layanan di BPN Salatiga. Harapan adalah keinginan pelanggan yang didapatkan dari layanan BPN Salatiga.



Gambar 1. Perbandingan Rata-rata Persepsi dan Harapan

Berdasarkan gambar Perbandingan Rata-rata Persepsi dan Harapan, tingkat Harapan tertinggi ada pada dimensi *Tangible* dengan nilai 4,50. Sedangkan tingkat Persepsi tertinggi ada pada dimensi *Reliability* (4,49).

Hal ini menunjukkan *Gap* antara persepsi/kepuasan dengan harapan pemohon ada pada dimensi *Tangible* dan *Empathy*. Karena itu pihak BPN Salatiga perlu melakukan perbaikan dalam fasilitas fisik, perlengkapan, dan keterampilan personalia kepada pemohon (*Tangible*) serta meningkatkan perhatian dan kepedulian kepada pemohon (*Empathy*). Perbaikan dapat dilakukan dengan melihat diagram Kartesius untuk mengetahui perbaikan yang perlu dilakukan berdasarkan atribut *Servqual*.

4.2.2. Analisis *Kansei Engineering*

Analisis ini digunakan untuk mengetahui kesan secara psikologi pemohon terhadap pelayanan BPN Salatiga. Hasil analisis dapat dilihat melalui perhitungan *Mean Kansei Words* yang sudah ditentukan dari *tweet* di *twitter* BPN Salatiga pada kuesioner mengenai layanan sertifikat tanah.

Tabel 1. Perhitungan *Mean Kansei Words*

Kansei Words	Nilai					Tota l	Mea n
	1	2	3	4	5		
Cepat	0	0	8	5	7	70	4.41

Jelas	0	0	3	2	5	70	4.46
Mudah	0	0	6	5	9	70	4.47
Tanggap	0	0	7	6	7	70	4.43
Tepat	0	0	4	3	3	70	4.41
Teliti	0	0	1	6	3	70	4.60
Nyaman	0	0	2	3	3	70	4.49
Terampil	0	0	3	3	4	70	4.44
Percaya	0	0	0	1	9	70	4.56
Kreatif	0	0	2	0	8	70	4.51
Tanggung jawab	0	0	5	3	3	70	4.41
Bersih	0	0	4	0	6	70	4.46

Hasil *mean Kansei Engineering* dengan nilai tertinggi yaitu “Teliti” (4,60). Hal ini menunjukkan mayoritas pemohon merasa puas dengan kecermatan dan ketelitian dalam pelayanan terhadap pemohon. Sedangkan nilai terendah dengan nilai yang sama yaitu “Cepat”, “Tepat”, dan “Tanggung jawab” (4,41) perlu dilakukan peningkatan pelayanan supaya pemohon lebih merasakan kesan tersebut.

4.2.3. Analisis Hubungan Servqual dan Kansei Engineering

Analisis ini digunakan untuk mencari keterkaitan atribut Servqual dan *Kansei Words* dengan menggunakan SPSS 16.0. Pemodelan yang digunakan yaitu Regresi Linear Berganda dengan metode *stepwise*. *Kansei words* berfungsi sebagai variabel dependen, sedangkan atribut layanan Servqual sebagai variabel independen.

Hasil *Coefficient* atribut persepsi thitung = 2.244 dengan probabilitas = 0.035 < 0.05, menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan antara atribut Servqual dan *Kansei words*. Hubungan Servqual dan *Kansei Engineering* dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. Hubungan Servqual dan *Kansei Engineering*

Kansei Words	Mean Kansei Words (4,47)	Mean Tingkat Kepentingan (4,42)	Atribut
Cepat	4,41	4,47	Proses pembayaran cepat dan mudah (9)
		4,53	Kejelasan dalam menyelesaikan permasalahan pengukuran

			tanah (12)
		4,39	Cepat dalam menangani masalah pemohon (18)
		4,43	Bukti surat ukur tanah diterima pelanggan setelah pengukuran tanah (5)
Jelas	4,46	4,37	Kejelasan informasi mengenai kapan sertifikat tanah selesai diproses (16)
		4,53	Kemudahan untuk memperoleh informasi tentang sertifikat tanah (4)
Mudah	4,47	4,47	Proses pembayaran cepat dan mudah (9)
		4,39	Proses pembayaran sudah berjalan sesuai aturan yang berlaku (15)
		4,31	Kesiapan membantu pemohon (11)
		4,53	Kejelasan dalam menyelesaikan permasalahan pengukuran tanah (12)
		4,41	Adanya layanan aduan pemohon oleh petugas (17)
Tanggap	4,43	4,39	Cepat dalam menangani masalah pemohon (18)
		4,14	Tanggung jawab terhadap pemohon atas kesalahan yang dilakukan petugas dalam pengukuran tanah maupun pembuatan sertifikat tanah (20)
		4,40	Keakuratan data pengukuran tanah milik pemohon (8)
Tepat	4,41	4,44	Waktu beroperasi dalam melayani (jam pelayanan) sesuai jadwal (19)
		4,40	Kecermatan dan ketelitian pelayanan (10)
Teliti	4,60	4,66	Pelayanan sopan dan ramah (13)
Nyaman	4,49	4,44	Pengetahuan dan keterampilan karyawan dalam melayani (14)
		4,26	Pengetahuan serta kemampuan karyawan yang dapat diandalkan untuk menangani permasalahan pelanggan (6)
		4,43	Pelaksanaan pengukuran sesuai janji (7)
		4,67	Pemanfaatan teknologi digunakan untuk membantu pembuatan sertifikat tanah (1)
Percaya	4,56	4,41	Layanan inovatif ‘Sentuh’ untuk memantau proses pembuatan sertifikat tanah (2)
		4,43	Bukti surat ukur tanah diterima pelanggan setelah pengukuran tanah (5)
		4,14	Tanggung jawab terhadap pemohon atas kesalahan yang dilakukan petugas dalam pengukuran tanah maupun pembuatan sertifikat tanah (20)
		4,41	Fasilitas (tempat mengantri, toilet, tempat pelayanan) bersih (3)
Tanggung jawab	4,43	4,47	
Bersih	4,46	4,47	

Setiap *kansei words* dapat mewakili beberapa atribut pelayanan yang mempengaruhi emosi pelanggan. Kolom *Kansei words* terdiri dari kosa kata untuk menilai kepuasan pelanggan berdasarkan psikologi masyarakat yang terukur dalam kolom *Mean Kansei words*. Rata-rata keseluruhan dari *mean kansei words* yaitu 4,47. Sehingga jika masing-masing *kansei words* memiliki rata-rata $\geq 4,47$, maka kosa kata tersebut mewakili respon masyarakat terhadap pelayanan BPN Salatiga khususnya sertifikat tanah. Kosa kata yang mewakili yaitu “Mudah”, “Teliti”, “Nyaman”, “Percaya”, dan “Kreatif”. Kolom *Mean Tingkat kepentingan* ini memiliki rata-rata keseluruhan 4,42. Atribut yang memiliki rata-rata diatas rata-rata tingkat kepentingan menunjukkan bahwa atribut layanan tersebut penting untuk diperhatikan oleh BPN Salatiga.

Mengetahui pengaruh layanan terhadap kepuasan pelanggan yang diberikan BPN Salatiga dilihat berdasarkan tingkat kepentingan dan tingkat *kansei words* yang mempengaruhi. Jika tingkat *kansei words* lebih tinggi dari rata-rata *kansei words*, dan tingkat kepentingan melebihi rata-rata tingkat kepentingan, maka layanan tersebut membawa pengaruh terhadap kepuasan pelanggan. Atribut yang mempengaruhi kepuasan pelanggan yaitu atribut : (1), (4), (7), (9), (13).

5. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini yaitu : 1) Atribut dengan tingkat harapan tertinggi berdasarkan *twitter* dan layanan BPN Salatiga yaitu dimensi *Tangible* (4,50). Tingkat persepsi tertinggi yaitu dimensi *Reliability* (4,49). 2) Hasil *mean Kansei Engineering* dengan nilai tertinggi yaitu “Teliti” (4,60) yang menunjukkan faktor ketelitian memiliki pengaruh psikologis terhadap kepuasan pelanggan. 3) Atribut yang mempengaruhi kepuasan pelanggan berdasarkan hasil hubungan *Servqual* dan *Kansei Engineering* adalah atribut (1), (4), (7), (9), dan (13).

6. DAFTAR PUSTAKA

- SULISWORO. D, and MANIQUIZ. N, 2012, Integrating Kano’s Model and *Servqual* to Improve Healthcare Service Quality, Ahmad Dahlan University, pp.130-144
- ERNI. N, dkk, 2014, Peningkatan Kualitas Pelayanan Dengan Metode *Servqual* Dan *triz* Di Pt. XYZ, Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol. 2, No. 2, pp 92-100
- HARYONO. M dan BARIYAH. C, 2014, Perancangan Konsep Produk Alas Kaki Dengan Menggunakan Integrasi Metode *Kansei Engineering* Dan Model Kano, JITI, pp.71-82
- ROFIEQ. M, dkk, 2014, Penerapan Metode *Kansei Engineering* Guna Mengidentifikasi Atribut Desain Dalam Perancangan Souvenir Khusus Malang, FT UMS: Simposium Nasional RAPI XIII, ISSN: 1412-9612
- MADDERN. H, et.al, Customer Satisfaction And Service Quality in UK Financial Services, International Journal of Production and Operations Management, University of Exeter. No. 07/10
- SUCHANEK. P, et.al, 2014, Customer Satisfaction, Product Quality and Performance of Companies, *Narodohospodarsky Obzor*, Vol.14, Issue 4, pp.329-344
- SHAHIN. A, *Servqual* and Model of Service Quality Gaps: A Framework for Determining and Prioritizing Critical Factors in Delivering Quality Services, pp.1-10
- LANDRUM. H, et.al, 2009, Measuring IS System Service Quality with *Servqual*: User’s Perceptions of Relative Importance of the Five *Servperf* Dimensions, International Journal of an Emerging Transdiscipline, Vol.12
- DJUNAIDI. M, dkk, Analisis Kepuasan Pelanggan Dengan Pendekatan *Fuzzy Service Quality* Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Pelayanan, pp.139-146
- HARTONO. M, 2012, Kerangka Konseptual Integrasi *Servqual*, Model Kano Dan *Kansei Engineering* Dengan QFD Pada Industri Jasa, Industrial Engineering Conference (IEC)
- MU’ALIM dan HIDAYAT. R, 2014, Re-Desain Kemasan dengan Metode *Kansei Engineering*, Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi, Vol.2, No.4
- NASUTION. R, 2003, Teknik Sampling, Universitas Sumatera Utara, USU Digital Library, pp 1-7
- HASIBUAN. Z.A, 2007, Metodologi Penelitian Pada Bidang Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Depok : Universitas Indonesia
- HERMANSYAH. M, dkk, 2014, Measurement of Consumer Satisfaction to The Service Quality of Oyster Mushroom Processed Product Use *Servqual* Method (A Case Study at CV. Sejo Njamoer of Branch Outlet Malang), Universitas Brawijaya, pp.1-9

KOMBINASI LOGIKA FUZZY DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK PRAKIRAAN CURAH HUJAN TIMESERIES DI AREA PUSPO – JAWA TIMUR

M. Chandra C. Utomo¹, Wayan Firdaus Mahmudy², Syaiful Anam³

^{1,2}Filkom Universitas Brawijaya

³FMIPA Universitas Brawijaya

Email: ¹ccahyo@gmail.com, ²wayanfm@ub.ac.id, ³Syaiful@ub.ac.id

(Naskah masuk: 8 Februari 2017, diterima untuk diterbitkan: 19 Agustus 2017)

Abstrak

Prakiraan curah hujan merupakan salah satu tanggung jawab penting yang dilakukan oleh layanan meteorologi di seluruh dunia. Permasalahan utama dalam hal analisis dan prakiraan adalah tingkat kesalahan yang semakin meningkat dari waktu ke waktu. Hal ini dapat terjadi karena kondisi ketidakpastian juga meningkat seiring dengan perubahan musim dan iklim. Penelitian ini mencoba mengombinasikan dua metode yaitu Logika *Fuzzy* untuk menghadapi kondisi-kondisi yang tidak pasti dan Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* untuk menghadapi kondisi dengan ketidakpastian yang terus meningkat. Penelitian ini juga menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* untuk menentukan kebutuhan secara otomatis. Kebutuhan yang perlu ditentukan secara otomatis adalah bobot-bobot awal dalam Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* sebelum akhirnya melakukan proses pelatihan algoritma. Penelitian ini menggunakan studi kasus di empat area Jawa Timur yaitu Puspo, Tutur, Tosari, dan Sumber untuk memprakirakan curah hujan di area Puspo. Data yang digunakan merupakan curah hujan timeseries yang dicatat selama 10 tahun oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi dari Logika *Fuzzy* dengan Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* mampu memberikan tingkat RMSE sebesar 2.399 dibandingkan dengan hanya menggunakan regresi linear dengan tingkat RMSE sebesar 7.211.

Kata kunci: *fuzzy, hujan, hybrid, jaringan syaraf, optimasi, timeseries*

Abstract

Rainfall forecasting is one of the important responsibilities that carried out by meteorological services in the worldwide. The main problem in terms of analysis and forecasting is the error rate is almost increasing from time to time. This caused by the uncertainty conditions are also increasing with the change of seasons and climate. This study tried to combine two methods of Fuzzy Logic for the problem solved of uncertain conditions and multi-layer Artificial Neural Network for the problem solved of the uncertainty that continues to increase. Particle Swarm Optimization algorithm also is used to determine the requirement automatically. The requirement that needs to be determined automatically is initial weights in multi-layer Artificial Neural Networks before the process of algorithm training. This study uses a case study in four areas of East Java that are Puspo, Tutur, Tosari, and Sumber. The data are a time series of rainfall rate that recorded in the 10 years by Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). The results of this study indicate that the combination of Fuzzy Logic with Multi-Layer Neural Networks is capable of providing an RMSE level of 2,399 compared to only using linear regression with an RMSE level of 7,211.

Keywords: *fuzzy, hybrid, neural networks, optimization, rainfall, time series*

1. PENDAHULUAN

Analisis curah hujan *timeseries*, pada skala spasial dan temporal yang berbeda, telah menjadi perhatian besar selama abad terakhir. Hal tersebut ditunjukkan dengan perhatian yang diberikan terhadap perubahan iklim secara global dari komunitas peneliti. Para peneliti menunjukkan tren global yang sedikit lebih positif, meskipun pada beberapa daerah besar ditandai dengan tren negatif (Stocker, 2014). Pada awal mulanya, penelitian yang berkaitan dengan analisis data kualitatif dan timeseries homogen dilakukan menggunakan

metodologi langsung maupun tidak langsung (Longobardi and Villani, 2009).

Prakiraan curah hujan merupakan salah satu tanggung jawab penting yang dilakukan oleh layanan meteorologi di seluruh dunia. Permasalahan utama dalam hal analisis dan prakiraan adalah tingkat kesalahan yang semakin meningkat dari waktu ke waktu. Hal ini dapat terjadi karena kondisi ketidakpastian juga meningkat seiring dengan perubahan musim dan iklim (Kajornrit et al., 2014; Patel and Parekh, 2014; Wilks, 1998). Ini merupakan tugas yang rumit karena semua keputusan yang akan diambil di bidang meteorologi adalah suatu hal yang tidak pasti.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai prosedur statistik telah sering digunakan untuk meramalkan banyaknya curah hujan. Salah satu metode yang paling sering digunakan pada sebagian besar kasus untuk analisis data statistik yang berbentuk timeseries adalah pemodelan Regresi Linear dengan metode ARIMA (Hashem et al., 1990; Papalaskaris et al., 2016; Svetlíková et al., 2008).

Dua kata kunci utama untuk mencapai keberhasilan dan efektivitas ketika berhadapan dengan data yang berbentuk timeseries menurut Ahmed dkk (2009) yaitu metode yang sebaiknya digunakan dalam merepresentasikan kasus dan penyamaan pola. Akan tetapi pada kasus Prakiraan Curah Hujan *Timeseries* bukanlah sebuah kasus yang memiliki pola sederhana yang dapat diselesaikan dengan model Regresi Linear.

Beberapa peneliti lain juga telah mencoba mengembangkan metode lain yang lebih rumit untuk menghadapi kasus Prakiraan Curah Hujan *Timeseries*. Beberapa peneliti menggunakan metode Logika *Fuzzy* untuk menghadapi berbagai kondisi yang tidak pasti/jelas (Askhany et al., 2011; Fallah-Ghahary et al., 2009; Hasan et al., 2013) sedangkan beberapa peneliti yang lain menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* untuk menghadapi kondisi dengan ketidakpastian yang terus meningkat (Awan and Maqbool, 2010; Khidir et al., 2013; Mislán et al., 2015).

Namun jika menggunakan metode Logika *Fuzzy* maka metode tersebut tidak mampu menghadapi permasalahan dari kondisi dengan ketidakpastian yang terus meningkat. Sebaliknya jika menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* maka metode tersebut tidak mampu menghadapi kondisi-kondisi yang tidak pasti/jelas. Agar dapat menghadapi kedua permasalahan tersebut maka penelitian ini akan mencoba mengombinasikan dua metode yaitu Logika *Fuzzy* dan Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer*.

3. STUDI KASUS

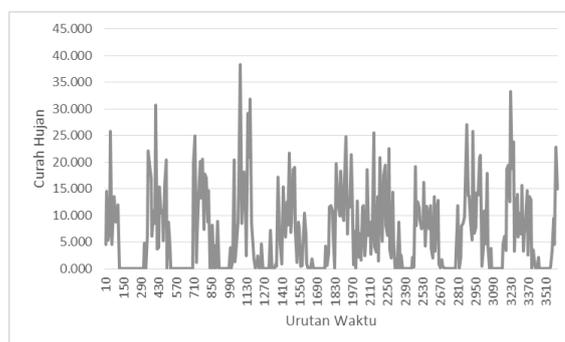
Penelitian ini menggunakan empat area di Jawa Timur yaitu Puspo, Tutur, Tosari, dan Sumber untuk memprakirakan curah hujan di area Puspo. Masing-masing area tersebut dapat dilihat seperti pada Gambar 1. Dari Gambar 1 diketahui bahwa keempat area tersebut saling berdekatan dan berada di area pegunungan di mana biasa terdapat area pertanian. Menurut Liu dan Lee (1999) penggunaan beberapa area yang berdekatan sebagai parameter dapat meningkatkan akurasi yang dihasilkan.

Data *timeseries* yang digunakan adalah nilai curah hujan harian yang terjadi di Puspo, Tutur, Tosari, dan Sumber pada tahun 2005 hingga 2014. Data *timeseries* tersebut diukur menggunakan sebuah alat yang disebut ombrometer oleh Badan

Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dengan nilai rata-rata antara 0 – 40.000 mm³ per hari.



Gambar 1. Area Puspo, Tutur, Tosari, dan Sumber



Gambar 2. Curah Hujan yang terjadi di Area Puspo

Data timeseries dapat dimodelkan seperti pada Persamaan (1) di mana t merepresentasikan waktu sedangkan $x(t)$ adalah nilai curah hujan pada waktu t . Contoh pola curah hujan secara *timeseries* dari area Puspo dapat dilihat seperti pada Gambar 2. Menurut Svetlíková dkk (2008) dari Gambar 2 dapat dibagi menjadi 4 pola yaitu,

- pola tidak teratur - sebuah pola acak yang tidak memiliki kemiripan dengan nilai sebelumnya,
- pola siklus - sebuah pola yang membentuk seperti gelombang sinus kosinus yang terjadi beberapa kali,
- pola musim - sebuah pola yang pasti terjadi sekali dalam setahun.
- Pola tren - sebuah pola kecenderungan meningkat atau menurun.



Gambar 3. Flowchart Kombinasi

$$x(t) \text{ di mana } t = 0, 1, \dots \quad (1)$$

4. METODOLOGI

Penelitian ini mengusulkan sebuah algoritma yang mengombinasikan Logika Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* seperti pada Gambar 3 untuk kasus Prakiraan Curah Hujan *Timeseries* di area Puspo. Dari Gambar 3 diketahui mula-mula nilai curah hujan masuk sebagai nilai masukan. Selanjutnya nilai yang masuk tersebut diproses menggunakan metode Logika Fuzzy. Setelah diperoleh hasil dari proses Logika Fuzzy maka selanjutnya hasil tersebut dinormalisasi. Hasil normalisasi tersebut kemudian diproses menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer*. Setelah diproses menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* maka selanjutnya dapat diperoleh hasil akhir. Penjelasan lebih detail dari masing-masing proses akan dijelaskan pada Bab berikutnya.

5. LOGIKA FUZZY

Logika Fuzzy merupakan sebuah metode yang mampu mengambil keputusan dari permasalahan yang memiliki sifat ketidakjelasan. Ketidakjelasan yang dimaksud adalah pengklasifikasian sebuah nilai yang tidak termasuk salah satu dari klasifikasi yang tersedia (Takagi and Sugeno, 1985).

Sebagai contoh sederhana yaitu sebuah suhu 50°C merupakan suhu yang bukan termasuk suhu panas maupun dingin. Logika Fuzzy mampu bekerja dengan mengubah nilai yang tidak jelas menjadi nilai fuzzy sehingga kemudian mampu memberikan keputusan. Dua hal yang perlu diperhatikan agar metode Logika Fuzzy dapat bekerja dengan baik yaitu menentukan himpunan fuzzy dan aturan fuzzy.

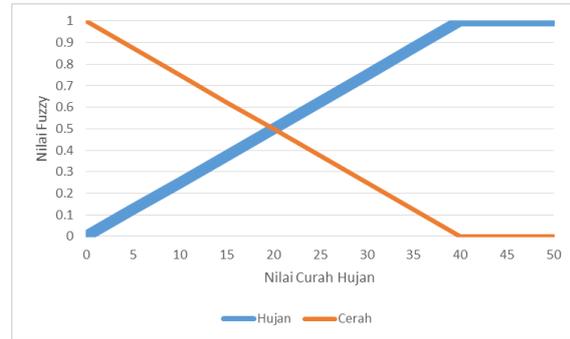
Sedangkan nilai tidak jelas yang diproses dalam penelitian ini adalah nilai-nilai curah hujan yang terjadi di Puspo, Tukur, Tosari, dan Sumber. Nilai-nilai tersebut perlu difuzzykan karena secara semantik kita hanya mengenal kondisi hujan dan cerah yang kemudian dijelaskan lebih lanjut pada Subbab 5.1. Selain itu, karena penelitian ini merupakan prakiraan secara statistik maka nilai-nilai curah hujan yang terjadi beberapa hari sebelumnya juga diperlukan dan akan dijelaskan lebih lanjut pada Subbab 5.2.

5.1. Himpunan Fuzzy

Kebutuhan pertama agar Logika Fuzzy dapat bekerja dengan baik adalah menentukan himpunan fuzzy. Himpunan fuzzy berfungsi supaya nilai yang tidak jelas tetap dapat diproses secara jelas dengan cara mengubahnya menjadi nilai fuzzy.

Dalam curah hujan yang diukur menggunakan ombrometer diketahui bahwa nilai sebesar 0 adalah cerah sedangkan nilai sebesar 40 adalah hujan lebat. Berdasarkan pernyataan tersebut maka penelitian ini menentukan himpunan fuzzy seperti pada Gambar 4. Dari Gambar 4 diketahui terdapat dua pola yaitu pola

hujan dengan nilai fuzzy dari 0 hingga 1 dan pola cerah dengan nilai fuzzy dari 1 hingga 0.



Gambar 4. Himpunan Fuzzy

Persamaan yang mengikuti pola di dalam Gambar 4 adalah Persamaan (2) untuk memperoleh nilai fuzzy hujan dan Persamaan (3) untuk memperoleh nilai fuzzy cerah di mana *min* adalah curah hujan sebesar 0, *max* adalah curah hujan sebesar 40, dan *x* adalah nilai curah hujan yang akan diproses.

$$f_1(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq \min \\ \frac{x-\min}{\max-\min} & \text{jika } \min < x < \max \\ 1 & \text{jika } \max \leq x \end{cases} \quad (2)$$

$$f_1(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq \min \\ \frac{\max-x}{\max-\min} & \text{jika } \min < x < \max \\ 0 & \text{jika } \max \leq x \end{cases} \quad (3)$$

5.2. Aturan Fuzzy

Kebutuhan kedua agar Logika Fuzzy dapat bekerja dengan baik adalah menentukan aturan fuzzy. Aturan fuzzy terdiri dari beberapa kondisi *IF-THEN* berdasarkan nilai fuzzy yang diperoleh sebagai *IF* hingga memperoleh sebuah keputusan sebagai *THEN*.

Penelitian ini menggunakan beberapa aturan fuzzy yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan oleh Utomo dan Mahmudy (2016) seperti pada Tabel 1. Secara keseluruhan, Tabel 1 memiliki 17 kolom sebagai 16 nilai masukan dan 1 nilai keluaran; dan 16 baris sebagai 16 macam aturan. Jika *P* adalah Puspo, *U* adalah Tukur, *O* adalah Tosari, *S* adalah Sumber, dan *t-36* adalah 360 hari sebelumnya maka Logika Fuzzy memiliki 16 nilai masukan yaitu *P-1, P-2, P-18, P-36, U-1, U-2, U-18, U-36, O-1, O-2, O-18, O-36, S-1, S-2, S-18, S-36*, sedangkan *t-0* adalah hasil Logika Fuzzy untuk hari prakiraan. Jika variabel *C* merepresentasikan nilai fuzzy cerah, variabel *H* merepresentasikan nilai fuzzy hujan dan hubungan antar variabel adalah *AND* maka pada baris pertama dalam aturan fuzzy dapat dibaca sebagai,

$$\text{IF } P(t-1) = \text{cerah AND } P(t-2) = \text{cerah AND } P(t-18) = \text{hujan AND } \dots \text{ AND } S(t-36) = \text{cerah THEN } t-0 = f_1(z_{1-17})$$

Pada kolom $t-0$ memiliki beberapa baris persamaan yang berbeda-beda tetapi memiliki struktur yang sama yaitu seperti pada Persamaan (4). Struktur ini disebut dengan struktur persamaan regresi linear di mana variabel z merupakan konstanta yang perlu ditetapkan. Apabila Tabel 1 memiliki 16 buah persamaan dan setiap persamaan memiliki 17 variabel z maka secara keseluruhan Tabel 1 memiliki 272 variabel z yang perlu ditetapkan. Aturan fuzzy yang seperti ini biasa dikenal dengan sebutan *Fuzzy Sugeno*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Utomo dan Mahmudy (2016), beberapa konstanta yang diperoleh adalah seperti pada Tabel 2.

Tabel 1. Aturan Fuzzy

$t-0$	P_{t-1}	P_{t-2}	P_{t-18}	....	S_{t-36}
$f_1(z_{1-17})$	C	C	H	....	C
$f_2(z_{1-17})$	H	H	C	....	H
$f_3(z_{1-17})$	C	H	H	....	C
$f_4(z_{1-17})$	H	C	C	....	H
$f_5(z_{1-17})$	C	C	C	....	H
....
$f_{16}(z_{1-17})$	H	H	H	....	C

$$f(z_{1-17}) = z_1 + z_2 * P_{t-1} + \dots + z_{17} * S_{t-36} \quad (4)$$

Tabel 2. Konstanta Persamaan (4)

Variabel	Konstanta	Variabel	Konstanta
z_1	1.124	z_{10}	0.535
z_2	0.088	z_{11}	-0.10
z_3	-0.07	z_{12}	0.02
z_4	-0.08	z_{13}	0.300
z_5	-0.11	z_{14}	-0.00
z_6	-0.52	z_{15}	0.480
z_7	0.503	z_{16}	0.013
z_8	0.092	z_{17}	-0.04
z_9	0.332		

6. MEKANISME NORMALISASI

Beberapa penelitian seperti yang dilakukan oleh Patro dan Sahu (2015) menyatakan bahwa algoritma Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* untuk beberapa kasus tertentu memerlukan mekanisme normalisasi. Hal tersebut diperlukan karena Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* mampu bekerja dengan baik apabila data latih yang digunakan merupakan data dengan sebaran normal. Penelitian ini menggunakan rasio yang sering digunakan untuk menormalisasikan nilai keluaran dari proses Logika Fuzzy dengan kisaran antara 0 sampai 10 dengan rasio antara 0 sampai 1 untuk kemudian diproses menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (Patro and Sahu, 2015).

Persamaan normalisasi yang digunakan adalah persamaan *min-max normalization* seperti pada Persamaan (5) di mana y adalah hasil normalisasi, x adalah nilai yang akan dinormalisasi, $minX$ adalah rentang x terendah, $maxX$ adalah rentang x tertinggi,

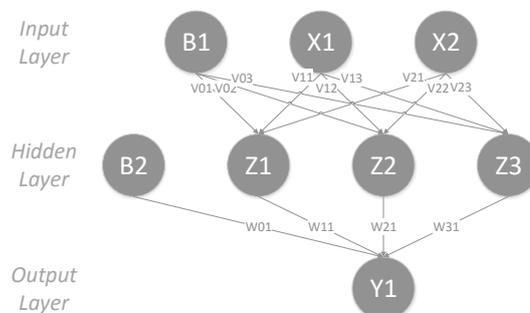
$minY$ adalah rentang y terendah dan $maxY$ adalah rentang y tertinggi.

$$y = \frac{x-minX}{maxX-minX} * (maxY - minY) + minY \quad (5)$$

7. JARINGAN SYARAF TIRUAN

Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* merupakan sebuah metode adaptif yang dapat mengubah strukturnya untuk memecahkan masalah berdasarkan informasi eksternal dan internal yang mengalir melalui jaringan tersebut (Zurada, 1992).

Jaringan Saraf Tiruan dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara nilai masukan dan keluaran untuk menemukan pola-pola dalam data. Karena terinspirasi oleh model kerja jaringan syaraf biologis otak, Jaringan Saraf Tiruan memproses sejumlah besar informasi secara paralel dan terdistribusi (Haykin, 2005).



Gambar 5. Contoh Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* memiliki minimal 3 layer yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Masing-masing layer memiliki minimal satu neuron. Contoh sederhana dari arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* ditunjukkan seperti pada Gambar 5. Dari Gambar 5 diketahui bahwa variabel B1 dan B2 adalah bias neuron, X1 dan X2 adalah *input neuron*, Y1 adalah *output neuron*, Z1, Z2, dan Z3 adalah *hidden neuron* sedangkan garis antar neuron adalah bobot neuron. Nilai keluaran yang diharapkan dari proses ini adalah sebuah nilai prakiraan curah hujan yang akan terjadi dengan nilai antara 0 – 40.000 mm³ untuk rata-rata curah hujan per hari.

Karena proses Logika Fuzzy yang memiliki 16 macam aturan di mana setiap aturan memiliki 1 nilai keluaran maka proses Jaringan Syaraf Tiruan ini memiliki 16 nilai masukan. Dengan kata lain arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan memiliki 16 *input neuron* yaitu X1, X2, ..., X16. Dua hal yang perlu diperhatikan agar metode Jaringan Syaraf *multi-layer* dapat bekerja dengan baik yaitu menentukan berapa banyaknya *hidden neuron* yang sebaiknya digunakan dan bobot-bobot awal dalam pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer*. Selanjutnya penelitian ini akan menunjukkan cara bagaimana menentukan banyaknya *hidden neuron* dan bobot-bobot neuron.

7.1. Banyaknya Hidden Neuron

Pada prinsipnya apabila semakin banyak neuron yang digunakan maka semakin tinggi tingkat akurasi yang diperoleh. Akan tetapi semakin bertambah banyaknya neuron yang digunakan maka tingkat akurasi yang diperoleh semakin tidak berbeda secara signifikan. Selain itu setiap penambahan neuron yang digunakan maka semakin rumit proses komputasi yang terjadi sehingga semakin membutuhkan waktu yang lebih lama (Hagan et al., 2014).

Dalam menentukan berapa banyaknya *hidden* neuron yang sebaiknya digunakan, Heaton (2008) menyatakan bahwa banyaknya *hidden* neuron sebanyak $\frac{2}{3}$ dari banyaknya *input* neuron ditambah dengan banyaknya *output* neuron. Dalam Subbab 4.2, Aturan *Fuzzy* memiliki 16 baris aturan maka penelitian ini juga menggunakan 16 *input* neuron. Penelitian ini hanya akan menghasilkan nilai keluaran sehingga penelitian ini juga menggunakan 1 *output* neuron. Dengan 16 *input* neuron, 1 *output* neuron, dan mengacu pada pernyataan Heaton (2008) maka penelitian ini menggunakan 12 *hidden* neuron.

7.2. Bobot-Bobot Awal Jaringan

Dalam beberapa kasus seperti kasus Prakiraan Tren Curah Hujan, penentuan bobot-bobot awal jaringan sebelum melakukan prosedur pelatihan perlu diperhatikan. Hal tersebut diperlukan karena apabila menggunakan bobot-bobot awal secara acak maka proses pelatihan menjadi kurang optimal (Fausett, 1994). Apabila arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan memiliki 16 input neuron, 12 hidden neuron, dan 1 output neuron maka arsitektur ini memiliki $(1+16)*12 + (1+12)*1 = 217$ bobot-bobot jaringan yang harus ditentukan.

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut maka penelitian ini akan menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* untuk menentukan bobot-bobot awal jaringan secara otomatis seperti penelitian yang pernah dilakukan oleh Pulido dkk (2014). Akan tetapi sebelum dapat menentukan secara otomatis diperlukan banyaknya *swarm*, nilai konstanta lokal, dan nilai konstanta global yang telah ditentukan. Perhitungan *error* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sebuah perhitungan yang disebut *Root Mean Square Error* seperti pada Persamaan (6) di mana y adalah error yang diperoleh, x' adalah hasil yang telah diperoleh, x adalah hasil yang seharusnya diperoleh, i adalah urutan dari data latih, dan n adalah banyaknya data latih.

$$y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x'_i - x_i)^2}{n}} \tag{6}$$

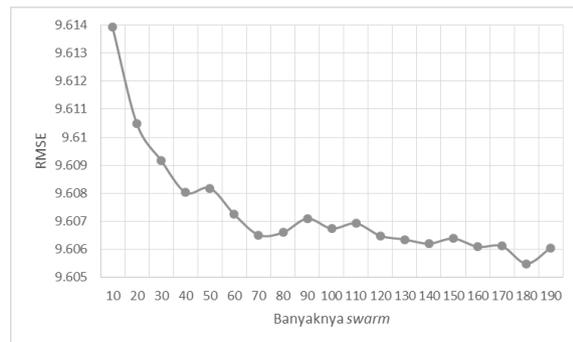
8. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penentuan bobot-bobot jaringan merupakan proses stokastik di mana setiap kali proses dilakukan maka akan diperoleh hasil yang berbeda-beda. Maka dari itu masing-masing pengujian yang

dilakukan dalam penelitian ini dengan menjalankan *Particle Swarm Optimization* sebanyak 10 kali sehingga kemudian diperoleh RMSE rata-rata yang diperoleh. Untuk memperoleh bobot-bobot awal jaringan yang baik maka terlebih dahulu dilakukan pengujian parameter untuk algoritma *Particle Swarm Optimization* antara lain yaitu banyaknya *swarm*, nilai konstanta lokal dan nilai konstanta global.

8.1. Banyaknya swarm

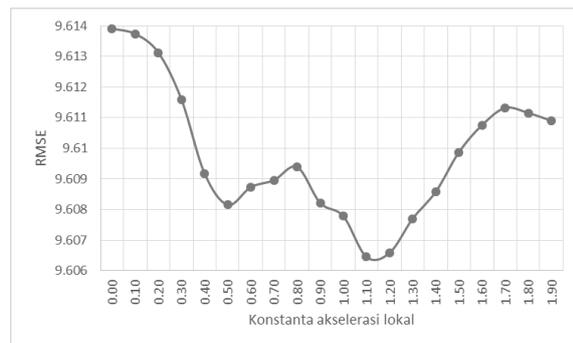
Pengujian yang pertama adalah menentukan banyaknya *swarm* yang dibutuhkan. Pada prinsipnya semakin banyak *swarm* yang digunakan maka semakin memperoleh hasil yang optimal tetapi setiap penambahan *swarm* maka hasil yang diperoleh semakin tidak signifikan sehingga semakin membutuhkan waktu yang lebih lama. Hasil pengujian ditunjukkan seperti pada Gambar 6. Dari Gambar 6 diketahui bahwa banyaknya *swarm* yang mampu memberikan RMSE yang masih signifikan adalah sebanyak 70 *swarm*.



Gambar 6. Hasil Pengujian Banyaknya *swarm*

8.2. Nilai Konstanta Lokal

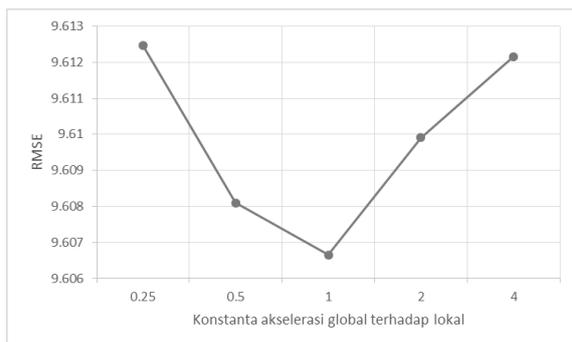
Pengujian yang kedua adalah menentukan nilai konstanta lokal. Nilai konstanta lokal ini memengaruhi perilaku observasi *swarm* berdasarkan hasil yang pernah diperoleh *swarm* tersebut. Hasil pengujian ditunjukkan seperti pada Gambar 7. Dari Gambar 7 diketahui bahwa nilai konstanta lokal yang mampu memberikan RMSE yang rendah adalah nilai konstanta yang sebesar 1.20.



Gambar 7. Hasil Pengujian Nilai Konstanta Lokal

8.3. Nilai Konstanta Global

Pengujian yang ketiga adalah menentukan nilai konstanta global. Nilai konstanta global ini memengaruhi perilaku observasi *swarm* berdasarkan hasil yang pernah diperoleh *swarm* lain. Hasil pengujian ini ditunjukkan seperti pada Gambar 8. Dari Gambar 8 diketahui bahwa nilai konstanta global yang mampu memberikan RMSE yang rendah sebaiknya sama dengan besaran nilai konstanta akselerasi lokal, bukan setengah atau dua kalinya.



Gambar 8. Hasil Pengujian Nilai Konstanta Global

8.3. Perbandingan dengan Metode Lain

Setelah menentukan banyaknya *swarm*, nilai konstanta lokal, dan nilai konstanta global maka kemudian dapat menentukan bobot-bobot awal dalam Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* secara otomatis. Setelah memperoleh bobot-bobot awal maka selanjutnya melakukan prosedur pelatihan algoritma yang dimiliki oleh metode Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer*. Bobot-bobot jaringan yang diperoleh setelah melalui prosedur pelatihan yang dimiliki algoritma Jaringan Syaraf Tiruan ditunjukkan seperti pada Tabel 3. B1 adalah nilai bias pada *input layer*, X1, X2, ..., X16 adalah neuron pada *input layer*, dan Z1, Z2, ..., Z12 adalah neuron pada *hidden layer*. Nilai 4.093 pada kolom B1 dan baris Z1 berarti jaringan yang menghubungkan antara neuron B1 dengan Z1 memiliki bobot sebesar 4.093.

Algoritma yang telah terbentuk kemudian dibandingkan dengan model Regresi Linear, Logika Fuzzy Sugeno tanpa Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer*, dan Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* tanpa Logika Fuzzy Sugeno. Hasil dari perbandingan tersebut ditunjukkan seperti pada Tabel 4. Dari Tabel 4 diketahui bahwa dengan mengombinasikan dua metode yaitu Logika Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* mampu memberikan RMSE yang paling rendah dibandingkan dengan algoritma lain yang lebih sederhana. Sedangkan ketiga metode lain sudah sangat sulit memperoleh RMSE yang lebih rendah lagi dikarenakan kelemahan yang dimiliki masing-masing metode.

Apabila diperhatikan dengan lebih terperinci maka perbandingan hasil prediksi masing-masing metode dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 5. Tabel

5 merupakan sebagian dari data curah hujan yang digunakan untuk pengujian. Kolom Aktual adalah nilai curah hujan yang sebenarnya terjadi, FIS adalah nilai *error* (selisih antara nilai sebenarnya dengan nilai prediksi) dari metode Logika Fuzzy, JST adalah nilai *error* dari metode Jaringan Syaraf Tiruan, sedangkan FIS+JST adalah nilai *error* dari metode gabungan yang diusulkan.

Tabel 3. Bobot-bobot Jaringan Syaraf Tiruan

	B1	X1	X2	....	X16
Z1	4.093	0.211	2.189	....	1.204
Z2	4.137	0.134	2.702	....	2.331
....
Z12	3.641	0.629	0.871	....	0.087

Tabel 4. Perbandingan RMSE dengan Metode Lain

Metode	RMSE
Model Regresi Linear	7.211
Logika Fuzzy Sugeno	2.982
Jaringan Syaraf Tiruan <i>multi-layer</i>	2.750
Logika Fuzzy + Jaringan Syaraf	2.399

Tabel 5. Perbandingan Error dengan Metode Lain

Aktual	FIS+JST	JST	FIS
0,6	4.179	3.194	5.164
2,9	4.162	0.847	7.478
11,5	-0.950	-3.012	1.112
11,909	-1.006	-3.188	1.176
10,8	-0.541	-1.391	0.308
6,4	2.029	0.882	3.175
0	2.518	4.215	0.822
19,7	-5.249	-7.922	-2.576
16,8	-3.782	-5.029	-2.535
11,625	1.359	-0.584	3.302
9,9	1.860	0.418	3.302
18,3	-4.549	-7.125	-1.973
10,727	-1.785	-2.904	-0.665
9,1	-0.847	-1.954	0.259
16,6	-1.358	1.718	-4.433
24,8	-4.600	-3.004	-6.197
6,5	1.863	-0.330	4.055
11,8	-3.280	-4.472	-2.088
11,636	-1.181	-2.351	-0.011
RMSE	2.882	3.553	3.358

Jika diperhatikan hanya dari nilai RMSE maka FIS terlihat mampu memberikan nilai RMSE yang lebih rendah dibandingkan dengan JST meskipun masih belum serendah FIS+JST. Jika diperhatikan

kuantitas metode dalam memberikan nilai error di antara 1 sampai -1 maka FIS dan JST mampu memberikan kuantitas yang setara yaitu sebanyak 5 sedangkan FIS+JST hanya 3 (ditandai dengan blok warna abu-abu). Akan tetapi jika memperhatikan kuantitas metode dalam memberikan nilai error di luar 5 sampai -5 maka FIS+JST mampu memberikan kuantitas hanya 1 daripada FIS dan JST dengan memberikan kuantitas sebanyak 3 (ditandai dengan blok warna hitam). Berdasarkan hal ini maka diketahui bahwa kelebihan dari kombinasi dari Logika Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan *multi-layer* adalah menekan error yang tinggi dari sudut kuantitas.

9. KESIMPULAN

Apabila menghadapi sebuah kasus dengan salah satu metode adakalanya sudah sangat sulit untuk memperoleh akurasi yang lebih baik lagi. Hal tersebut dapat terjadi karena masing-masing metode memiliki kelemahan tersendiri. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan mengombinasikan Logika Fuzzy yang memiliki kelebihan dalam memproses kondisi yang tidak pasti dengan Jaringan Syaraf Tiruan yang memiliki kelebihan dalam memproses kondisi yang berubah-ubah mampu menurunkan tingkat RMSE menjadi lebih rendah lagi untuk kasus Prakiraan Curah Hujan *Timeseries*. Metode Logika Fuzzy yang mampu memberikan tingkat RMSE sebesar 2.982 sedangkan Jaringan Syaraf Tiruan yang mampu memberikan tingkat RMSE sebesar 2.750 apabila dikombinasikan maka mampu menurunkan tingkat RMSE menjadi sebesar 2.399.

Di samping itu, penggunaan algoritma *Particle Swarm Optimization* juga bermanfaat untuk menentukan bobot-bobot awal pada Jaringan Syaraf Tiruan untuk meningkatkan kemampuannya dalam memberikan tingkat RMSE yang rendah. Pada penelitian selanjutnya akan mencoba mengganti algoritma *Particle Swarm Optimization* dengan strategi optimasi lain yang lebih kompleks untuk menentukan bobot-bobot jaringan beserta banyaknya *hidden neuron* secara otomatis. Dengan kemampuan menentukan bobot-bobot jaringan beserta banyaknya *hidden neuron* secara otomatis maka diharapkan memperoleh solusi untuk prakiraan curah hujan agar menjadi lebih baik.

10. DAFTAR PUSTAKA

- AHMED, A.M., BAKAR, A.A., HAMDAN, A.R., 2009. Improved SAX Time Series Data Representation based on Relative Frequency and K-Nearest Neighbor Algorithm. Presented at the 2nd Conference on Data Mining and Optimization, IEEE, Kajang, Malaysia.
- ASKLANY, S.A., ELHELOW, K., YOUSSEF, I.K., ABD EL-WAHAB, M., 2011. Rainfall Events Prediction using Rule-based Fuzzy Inference System. *Atmospheric Res.* 101, 228–236.
doi:10.1016/j.atmosres.2011.02.015
- AWAN, J.A., MAQBOOL, O., 2010. Application of artificial neural networks for monsoon rainfall prediction, in: *Emerging Technologies (ICET), 2010 6th International Conference on.* IEEE, pp. 27–32.
- FALLAH-GHALHARY, G.A., MOUSAVI-BAYGI, M., NOKHANDAN, M.H., 2009. Annual Rainfall Forecasting by Using Mamdani Fuzzy Inference System. *Res. J. Environ. Sci.* 3, 400–413.
- FAUSETT, L.V., 1994. *Fundamentals Of Neural Network: Architecture, Algorithms, and Applications*, International Editions. ed. Prentice-Hall.
- HAGAN, M.T., DEMUTH, H.B., BEALE, M.H., JESUS, O.D., 2014. *Neural Network Design*, 2nd ed. Martin Hagan.
- HASAN, M., SHI, X., TSEGAYE, T., AHMED, N.U., KHAN, S.M.M., 2013. Rainfall Prediction Model Improvement by Fuzzy Set Theory. *J. Water Resour. Prot.* 5, 1–11.
doi:10.4236/jwarp.2013.51001
- HASHEM, A.A., ABU-ELHASSAN, A., KHEIRALLAH, H.N., 1990. Time series analysis of rainfall in Alexandria, Egypt, in: *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1990. IGARSS'90. Remote Sensing Science for the Nineties', 10th Annual International.* IEEE, pp. 441–444.
- HAYKIN, S., 2005. *Neural Networks. A Comprehensive Foundation*, 2nd ed. Pearson Prentice Hall, Singapore.
- HEATON, J.T., 2008. *Introduction to Neural Networks for Java*, 2nd ed. Heaton Research, Inc.
- KAJORNIT, J., WONG, K.W., FUNG, C.C., ONG, Y.S., 2014. An integrated intelligent technique for monthly rainfall time series prediction, in: *2014 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE).* IEEE, pp. 1632–1639.
- KHIDIR, A.M., ADLAN, H.H.A., BASHEIR, I.A., 2013. Neural Networks forecasting architectures for rainfall in the rain-fed Sectors in Sudan, in: *Computing, Electrical and Electronics Engineering (ICCEEE), 2013 International Conference on.* IEEE, pp. 700–707.
- LIU, J.N., LEE, R.S., 1999. Rainfall forecasting from multiple point sources using neural networks, in: *Systems, Man, and Cybernetics, 1999. IEEE SMC'99 Conference Proceedings. 1999 IEEE International Conference on.* IEEE, pp. 429–434.
- LONGOBARDI, A., VILLANI, P., 2009. Trend analysis of annual and seasonal rainfall time

- series in the Mediterranean area. *Int. J. Climatol.* n/a-n/a. doi:10.1002/joc.2001
- MISLAN, HAVILUDDIN, HARDWINARTO, S., SUMARYONO, AIPASSA, M., 2015. Rainfall Monthly Prediction Based on Artificial Neural Network: A Case Study in Tenggarong Station, East Kalimantan - Indonesia. *Procedia Comput. Sci.* 59, 142–151. doi:10.1016/j.procs.2015.07.528
- PAPALASKARIS, T., PANAGIOTIDIS, T., PANTRAKIS, A., 2016. Stochastic Monthly Rainfall Time Series Analysis, Modeling and Forecasting in Kavala City, Greece, North-Eastern Mediterranean Basin. *Procedia Eng.* 162, 254–263. doi:10.1016/j.proeng.2016.11.054
- PATEL, J., PAREKH, F., 2014. Forecasting Rainfall Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). *Int. J. Appl. Innov. Eng. Manag.* 3, 262–269.
- PATRO, S., SAHU, K.K., 2015. Normalization: A Preprocessing Stage. *ArXiv Prepr. ArXiv150306462.*
- PULIDO, M., MELIN, P., CASTILLO, O., 2014. Particle Swarm Optimization of Ensemble Neural Networks with Fuzzy Aggregation for Time Series Prediction of the Mexican Stock Exchange. *Inf. Sci.* 280, 188–204. doi:10.1016/j.ins.2014.05.006
- STOCKER, T. (ED.), 2014. *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, New York.
- SVETLÍKOVÁ, D., KOMORNÍKOVÁ, M., KOHNOVÁ, S., SZOLGAY, J., HLAVČOVÁ, K., 2008. Analysis of discharge and rainfall time series in the region of the Káštorské lúky wetland in Slovakia, in: *XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting.* Conference E-Papers. Bled.
- TAKAGI, T., SUGENO, M., 1985. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *Syst. Man Cybern. IEEE Trans.* On 116–132.
- UTOMO, M.C.C., MAHMUDY, W.F., N.D. Optimization of Sugeno Fuzzy Inference System's Rules for Rainfall Forecasting. *IAENG.*
- WILKS, D.S., 1998. Multisite generalization of a daily stochastic precipitation generation model. *J. Hydrol.* 210, 178–191.
- ZURADA, J.M., 1992. *Introduction to Artificial Neural Systems.* West, St. Paul.

PENGENALAN EMOSI BERDASARKAN SUARA MENGGUNAKAN ALGORITMA HMM

Barlian Henryranu Prasetio¹, Wijaya Kurniawan², Mochammad Hannats Hanafi Ichsan³

^{1,2,3}Laboratorium Sistem Komputer dan Robotika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹barlian@ub.ac.id, ²wjaykurnia@ub.ac.id, ³hanas.hanafi@ub.ac.id

(Naskah masuk: 16 Mei 2017, diterima untuk diterbitkan: 19 Agustus 2017)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengenali emosi seseorang melalui ucapan menggunakan algoritma HMM. Sistem dibangun dapat mengenali 3 jenis emosi yaitu marah, bahagia dan netral. Fitur yang digunakan dalam sistem ini adalah *pitch*, energi dan *formant*. *Database* yang digunakan adalah suara dari rekaman film. Dari hasil observasi probabilitas emosi marah sebesar 0.196, bahagia 0.254 dan netral 0.045. Sistem memiliki tingkat akurasi rata-rata sebesar 86.66%. Rata waktu eksekusi sistem dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan emosi sebesar 21.6ms.

Kata kunci: suara, emosi, HMM, klasifikasi

Abstract

This research aims to recognize human emotions through voice using HMM algorithm. The system can confirm three types of emotions: anger, happiness and neutrality. The features used in this system are pitch, energy and formant. From the results, the emotional probability of angry is 0.196, happy is 0.254 and neutral is 0.045. Based on testing result, the system has an average accuracy of 86.66% and average execution time of the system in detecting and classifying emotions of 21.6ms.

Keywords: voice, emotion, HMM, classification

1. PENDAHULUAN

Emosi adalah perasaan intens yang ditujukan kepada seseorang atau sesuatu (N. H. Frieda, 1993). Selain itu, emosi dapat diartikan sebagai reaksi yang timbul akibat perbuatan seseorang atau pun kejadian tertentu. Jenis-jenis emosi dapat dikategorikan seperti kecemasan, kebosanan, ketidakpuasan, dominasi, depresi, jijik, frustrasi, takut, kebahagiaan, ketidakpedulian, ironi, sukacita, netral, panik, larangan, kejutan, kesedihan, stres, rasa malu, shock, kelelahan, stres beban tugas dan kuatir.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa beberapa parameter statistik memiliki korelasi yang tinggi antara ucapan dengan keadaan emosional pembicara (B. Heuft, 1996). Parameter tersebut adalah *pitch*, energi, artikulasi dan bentuk spektral. Misalnya, emosi kesedihan memiliki standar deviasi *pitch* yang rendah dan tingkat berbicara lambat, sementara emosi marah biasanya memiliki standar deviasi *pitch* yang lebih tinggi dan berbicara cepat (A. Nogueiras, 2001).

Bentuk emosional seseorang juga dapat dipengaruhi oleh tempat atau budaya tempat tinggalnya. Sebagai contoh, kalimat interogatif biasanya menyiratkan kontur *pitch* yang lebih luas daripada kalimat afirmatif, sehingga standar deviasi *pitch* mereka biasanya akan lebih tinggi. Namun hal ini tidak ada kaitannya dengan gaya emosional, hanya dengan sifat kalimat. Keterbatasan lain dari

menggunakan statistik global adalah kenyataan bahwa pengolahan hanya dapat dilakukan setelah seluruh ucapan telah diucapkan. Fakta ini membatasi kemampuan membangun recognizer real time dan merupakan kelemahan utama ketika emosi bervariasi sepanjang ucapan (A. Nogueiras, 2001).

Sebuah pendekatan yang berbeda untuk statistik global ialah dengan mempertimbangkan bahwa jenis pemodelan hanya merupakan refleksi dari perilaku seseorang dalam waktu singkat (tertentu). Misalnya, kita menggunakan parameter mean dan standar deviasi dari fitur baku waktu singkat seperti energi atau *pitch*, maka kita bisa menghubungkan langsung parameter tersebut dengan *Probability Distribution Function* (pdf). Jika kita menambahkan pemodelan pdf dengan distribusi *Gaussian*, sama dengan menggunakan *Hidden Markov Model* (HMM) satu *state*. Yang harus diketahui bahwa statistik suara tidak stasioner. HMM memodelkan suara menjadi rangkaian *state*, yang berbeda untuk masing-masing model suara atau kombinasi suara, dan memiliki sifat statistik yang berbeda pula.

Hidden Markov Model (HMM) terdiri dari rantai markov pada bagian pertama yang menyembunyikan *state* oleh karena itu perilaku internal model tetap tidak terlihat. *State-state* yang tersembunyi dari model menangkap struktur temporal data. HMM merupakan model statistik yang menggambarkan urutan peristiwa. HMM memiliki keuntungan bahwa dinamika temporal fitur

ucapan dapat terdeteksi oleh Matrik *state* transisi. Selama *clustering*, sinyal ucapan diambil dan probabilitas untuk setiap sinyal suara dihitung. Output klasifikasi didasarkan pada probabilitas maksimum yang dimiliki model yang telah dihasilkan sinyal tersebut (B. Schuller, 2003). Untuk pengenalan emosi menggunakan HMM, pertamanya yang dilakukan adalah *database* memilah sesuai dengan mode klasifikasi dan kemudian mengekstraksi fitur dari input gelombang yang diambil. Fitur-fitur ini kemudian ditambahkan ke *database*. Matrik transisi dan matrik emisi telah dibuat sesuai dengan mode, yang menghasilkan random urutan *state* dan emisi dari model (A. B. Ingale, 2012). Algoritma HMM memiliki tingkat akurasi yang relative lebih rendah dibandingkan dengan algoritma pengenalan suara yang lainnya, namun HMM lebih baik dalam pengenalan suara dengan noise yang tinggi (T. L. Pao, 2008).

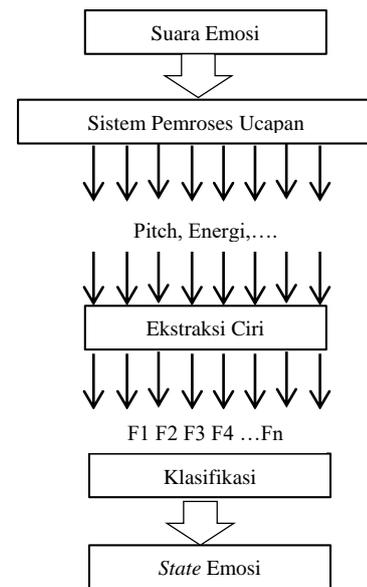
2. PENGENALAN EMOSI

Pengenalan emosi berbasis suara bertujuan untuk secara otomatis mengidentifikasi keadaan emosional manusia dari suaranya. Hal ini didasarkan pada analisis mendalam dari mekanisme generasi sinyal suara, penggalian beberapa fitur yang berisi informasi emosional dari suara pembicara, dan mengambil metode pengenalan pola yang tepat untuk mengidentifikasi keadaan emosi. Seperti sistem pengenalan pola yang khas, sistem pengenalan emosi terdiri dari empat modul utama: masukan ucapan, ekstraksi fitur, klasifikasi dan emosi keluaran (Y. Pan, 2012). Arsitektur umum sistem Pengenalan emosi berbasis suara memiliki tiga langkah yang ditunjukkan pada Gambar 1:

- Sebuah sistem pemroses ucapan, mengekstrak beberapa jumlah sinyal yang sesuai, seperti *pitch* atau energi,
- Jumlah ini diringkas (*summarized*) menjadi beberapa fitur yang sesuai atau dibutuhkan saja,
- Sebuah classifier learning dengan cara mengambil data sampel dan bagaimana menghubungkan fitur ke emosi.

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa setelah melakukan *pre-processing*, suara dimodelkan berdasarkan cirinya. Ekstraksi ciri berdasarkan pada partisi ucapan dalam interval kecil yang dikenal sebagai *frame*. Untuk memilih fitur yang sesuai yang membawa informasi tentang emosi dari sinyal suara merupakan langkah penting dalam sistem pengenalan emosi berbasis suara.

Energi adalah fitur dasar dan paling penting dalam sinyal suara. Untuk mendapatkan nilai statistik dari fitur energi, kita menggunakan fungsi *short-term* untuk mengekstrak nilai energi di setiap *frame* ucapan. Kemudian kita dapat memperoleh nilai statistic energi dalam keseluruhan sampel dan menghitung energi, seperti nilai mean, nilai maks, varian, range variasi, kontur energi (D. Ververidis, 2004).



Gambar 1. Sistem Pengenalan Emosi Berbasis Suara

Tingkat getaran vokal disebut frekuensi fundamental F0 atau frekuensi *pitch*. Sinyal *pitch* memiliki informasi tentang emosi, karena tergantung pada ketegangan pita suara dan *sub-glottal* tekanan udara, sehingga nilai rata-rata dari *pitch*, varian, variasi *range* dan kontur yang berbeda dalam tujuh status emosional dasar (Y. Pan, 2012).

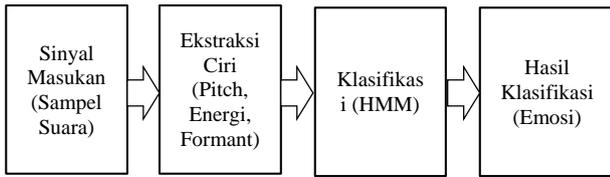
Nilai statistik berikut, dihitung dari *pitch* dan digunakan dalam vektor fitur *pitch* (F. Yu, 2001):

- Mean, Median, Variance, Maksimum, Minimum (untuk vektor fitur *pitch* dan turunannya)
- Energi rata-rata suara dan tanpa suara
- Kecepatan ucapan (kebalikan dari panjang rata-rata bagian ucapan).

Mel-Frequency cepstrum Coefficient (MFCC) adalah fitur yang paling penting dari ucapan. MFCC memiliki resolusi frekuensi yang baik, pada frekuensi rendah. Selain itu, MFCC juga memiliki ketahanan terhadap kebisingan yang baik. MFCC mengambil rata-rata atau nilai mean logaritmik spektrum setelah *Mel Filter Bank* dan Frekuensi wrapping (Y. Pan, 2012). LPCC mengandung karakteristik tertentu pada saluran bicara. Seseorang ketika sedang dalam emosional yang berbeda akan memiliki karakteristik saluran bicara yang berbeda pula, sehingga kita dapat mengekstraksi koefisien fitur ini untuk mengidentifikasi emosi yang terkandung dalam ucapannya.

3. METODE

Dalam perancangan, sistem mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan emosi berdasarkan suara yang diterima. Sistem pengenalan emosi biasanya mengenali sejumlah 3-5 jenis emosi. Penelitian ini menggunakan 3 jenis emosi yaitu marah, bahagia, dan netral. Secara umum, teknik pengenalan emosi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Teknik Pengenalan Emosi

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa sistem terdiri dari 2 bagian utama yaitu ekstraksi fitur dan klasifikasi. Bagian awal sistem adalah input suara yang dicacah menjadi *frame* yang merupakan sampel suara. Kemudian sampel suara ini dilakukan ekstraksi ciri berdasarkan *pitch*, energi dan frekuensi *formant*. Dari hasil perhitungan ekstraksi ciri, diklasifikasikan menggunakan teknik HMM.

3.1. Ekstraksi Ciri

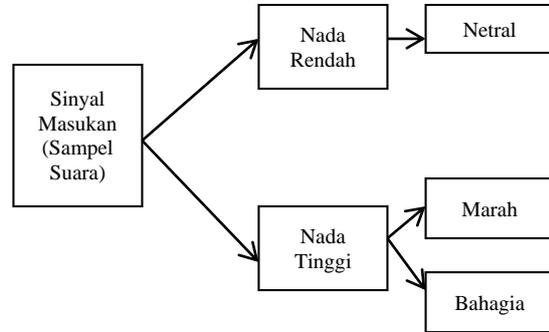
Ekstraksi ciri berdasarkan pada partisi ucapan dalam interval kecil yang dikenal sebagai *frame*. Untuk memilih fitur yang sesuai yang membawa informasi tentang emosi dari sinyal suara merupakan langkah penting dalam sistem pengenalan emosi berbasis suara. Terdapat dua jenis fitur: prosodic fitur energi, *pitch* dan fitur spektral termasuk MFCC, MEDC, LPCC.

Proses ekstraksi ciri dilakukan untuk mendapatkan nilai dari parameter *pitch*, energi dan *formant*. Proses ini dimulai dengan menyaring sinyal suara menggunakan 2 filter yaitu *Low Pass Filter* (LPF) dengan frekuensi *cut-off* 3.5kHz dan *Finite Impulse Response* (FIR). Sinyal suara keluaran kedua filter ini berupa sinyal diskrit dan flatten. Kemudian, amplitud dari sinyal tersebut dikuadratkan sehingga mendapatkan energi. Selain itu, sinyal keluaran filter juga disegmentasi tiap 10ms. Setelah dilakukan segmentasi, sinyal suara dimasukkan pada bagian *Linear Prediction Coding* (LPC). Pada LPC sinyal diumpun balikkan menggunakan filter adaptif sehingga memiliki 2 keluaran, yaitu sinyal *predicted* $\hat{S}(n)$ dan *predicted error* $e(n)$. Setelah itu melakukan transformasi pada sinyal $\hat{S}(n)$ dan $e(n)$ menggunakan *Discrete Fourier Transform* (DFT). Hasil DFT dari sinyal $\hat{S}(n)$ diambil nilai puncak pada tiap *picking*-nya. Nilai puncak *picking* sinyal ini disebut *formant*. Sedangkan hasil DFT dari sinyal $e(n)$ dilakukan proses logaritmik pada *absolute magnitude*-nya. Sinyal tersebut kemudian dilakukan transformasi kembali menggunakan DFT. Hasil sinyal ini disebut *cepstrum*. Nilai puncak tiap *picking* pada sinyal *cepstrum* disebut *pitch*.

3.2. Pemodelan HMM

Setiap sinyal suara akan memiliki fitur *pitch*, energi dan *formant*. Ketiga fitur tersebut dihitung nilai mean-nya. Dalam HMM, klasifikasi suara dilakukan sesuai dengan mode klasifikasi sinyal masukan yang diambil. Fitur-fitur ini kemudian ditambahkan ke *database*. Matrik transisi dan matrik

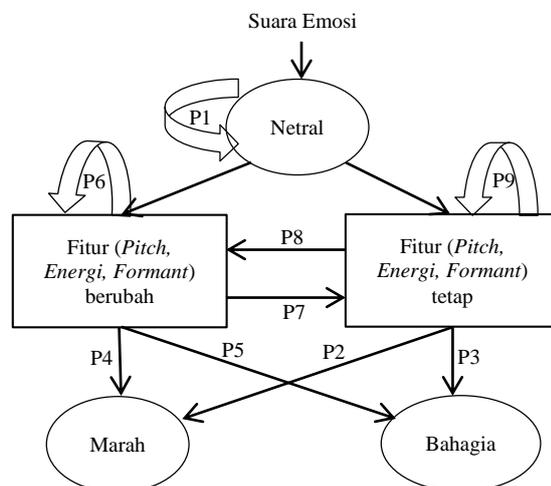
emisi dibuat sesuai dengan probabilitas emosi sehingga menghasilkan urutan *state* (A. B. Ingale, 2012). Sistem pengklasifikasikan emosi menggunakan HMM. Teknik klasifikasi HMM dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Klasifikasi Suara

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa sinyal masukan suara dikategorikan menjadi 2 bagian yaitu nada rendah dan tinggi. Nada rendah menghasilkan emosi netral. Nada tinggi menghasilkan nada negatif untuk marah atau nada positif untuk bahagia.

Pada bagian awal, setiap suara diasumsikan sebagai emosi netral. Jika diketahui sebuah suara memiliki mean *pitch* (M_x), mean energi (M_y) dan mean *formant* (M_z), maka berdasarkan training sistem, probabilitas emosi tetap netral adalah P_1 , emosi marah adalah P_2 dan emosi bahagia adalah P_3 . Namun suara tersebut dapat dipengaruhi oleh perubahan fitur (*pitch*, energi dan *formant*) yang mempengaruhi factor hidden transisi. Jika suara berubah fitur maka probabilitas emosi marah adalah P_4 dan emosi bahagia adalah P_5 . Jikasuara memiliki fitur berubah, maka akan tetap berubah dengan probabilitas P_6 dan dapat menjadi fitur tetap dengan probabilitas P_7 . Sementara jika suara memiliki fitur tetap, maka suara akan menjadi fitur berubah dengan probabilitas P_8 dan akan menjadi fitur tetap dengan probabilitas P_9 . Ilustrasi pemodelan HMM untuk mengenali emosi dapat dilihat pada Gambar 4.



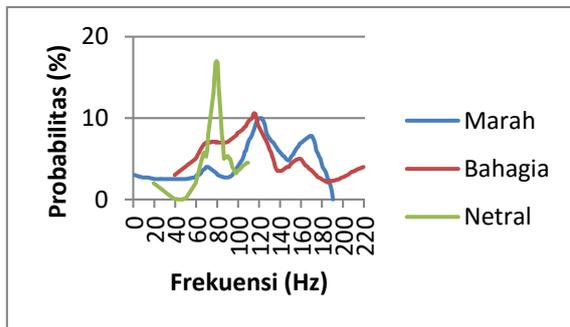
Gambar 4. Diagram State Pemodelan HMM

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

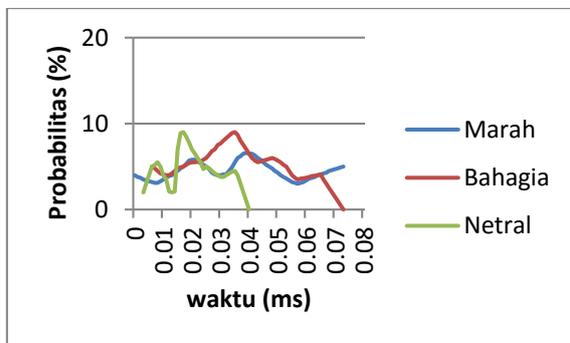
Penelitian ini menggunakan suara pria sebagai data latih dan data uji.

4.1. Probabilitas Emosi

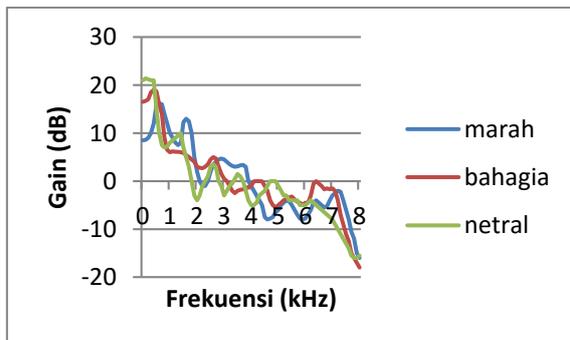
Dalam melakukan ekstraksi ciri, sistem menggunakan 3 fitur yaitu *pitch*, energi dan *formant*. Setiap suara memiliki kontur emosi yang berbeda pada tiap frekuensi. Kontur probabilitas emosi dalam frekuensi untuk fitur *pitch* dapat dilihat pada Gambar 5, fitur energi dapat dilihat pada Gambar 6 dan fitur *formant* dapat dilihat pada Gambar 7, berikut masing-masing warna yang memberikan informasi terkait kondisi emosinya.



Gambar 5. Kontur Probabilitas Emosi Dalam Frekuensi Untuk Fitur *Pitch*



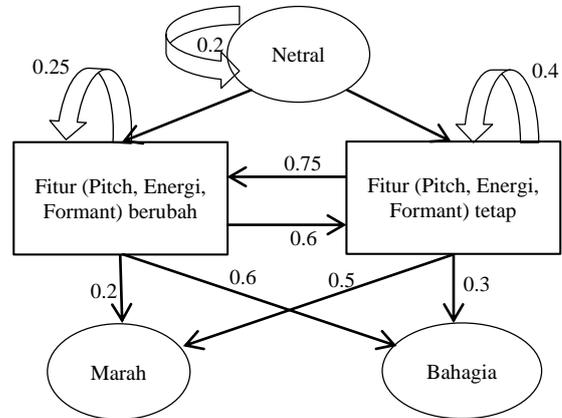
Gambar 6. Kontur Probabilitas Emosi Dalam Frekuensi Untuk Fitur Energi



Gambar 7. Kontur Probabilitas Emosi Dalam Frekuensi Untuk Fitur *Formant*

4.2. Klasifikasi Emosi

Berdasarkan hasil observasi ekstraksi ciri emosi menggunakan suara dapat dibuat diagram *state* untuk 3 emosi dengan asumsi frekuensi dasar $F_0=250\text{Hz}$ dengan gender pria. Diagram *state* HMM dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram *State* HMM Klasifikasi Suara

4.3. Pengujian

Pengujian dilakukan dalam 2 skenario. Skenario pertama sistem diberikan sinyal masukan suara yang kemudian disimpan dalam *frame* dengan panjang 10 detik. Sistem diberi masukan 3 jenis emosi dan masing-masing emosi terdiri dari 5 suara uji. Hasil klasifikasi sistem dibandingkan dengan dataset untuk dilihat tingkat akurasi. Data set adalah suara yang telah diketahui jenis emosinya dan disimpan pada *database*. *Database* yang digunakan adalah suara dari rekaman film. Hasil pengujian akurasi sistem dapat dilihat dan Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Akurasi Sistem

Suara	Klasifikasi Sistem	DataSet	Akurasi
1	Marah	Marah	1
2	Marah	Bahagia	0
3	Marah	Marah	1
4	Marah	Marah	1
5	Marah	Marah	1
6	Bahagia	Bahagia	1
7	Bahagia	Bahagia	1
8	Bahagia	Marah	0
9	Bahagia	Bahagia	1
10	Bahagia	Bahagia	1
11	Netral	Netral	1
12	Netral	Netral	1
13	Netral	Netral	1
14	Netral	Netral	1
15	Netral	Netral	1
Rata-Rata			86.66%

Skenario pengujian kedua menghitung waktu eksekusi pengenalan emosi. Waktu dihitung mulai masuknya sinyal suara sampai sistem memberikan hasil klasifikasi emosi yang terdeteksi. Waktu eksekusi sistem dalam mengenali emosi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu Eksekusi Sistem

Suara	Klasifikasi Sistem	Waktu (ms)
1	Marah	20.5
2	Marah	20.1
3	Marah	19.5
4	Marah	19.0
5	Marah	20.1
6	Bahagia	22.3
7	Bahagia	21.9
8	Bahagia	22.4
9	Bahagia	22.9
10	Bahagia	21.0
11	Netral	22.6
12	Netral	22.9
13	Netral	23.0
14	Netral	23.1
15	Netral	22.8
	Rata-Rata	21.6

5. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan pengujian sistem dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Sistem dapat mengenali emosi marah, bahagia dan netral
- Fitur yang digunakan dalam sistem adalah *pitch*, energi dan *formant*
- Sistem mengklasifikasikan emosi menggunakan HMM
- Dari hasil obeservasi probabilitas emosi marah sebesar 0.196, bahagia 0.254 dan netral 0.045.
- Sistem memiliki tingkat akurasi rata-rata sebesar 86.66%
- Rata waktu eksekusi sistem dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan emosi sebesar 21.6ms

6. DAFTAR PUSTAKA

- B. INGALE, D. S. CHAUDHARI, 2012, Speech Emotion Recognition Using Hidden Markov Model And Support Vector Machine. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies (IJAERS)*, Vol. I, Issue 3, April-June, 316-318.
- A. NOGUEIRAS, A. MORENO, A. BONAFONTE, J. B. MARINO, 2001, Speech emotion recognition using hidden Markov models, EUROSPEECH 2001 Scandinavia, *7th European Conference on Speech Communication and Technology*, 2nd INTERSPEECH Event, Aalborg, Denmark, pp: 2679-2682
- B. HEUFT, T. PORTELE, AND M. RAUTH, 1996, Emotions in time domain synthesis, *in Proc. of ICSLP*, Philadelphia, pp. 1974-1977
- B. SCHULLER, G. RIGOLL, M. LANG, 2003, Hidden Markov model-based Speech emotion recognition, *Proceedings of the IEEE ICASSP Conference on Acoustics,*

Speech and Signal Processing, vol. 2, pp. 1-4.

- D. VERVERIDIS, C. KOTROPOULOS, AND I. PITAS, 2004, Automatic emotional speech classification, in *Proc. 2004 IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing*, vol.1, pp. 593-596, Montreal, May.
- F. YU, E. CHANG, Y. XU, H. SHUM, 2001, Emotion detection from speech to enrich multimedia content, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 2195, 550-557.
- N.H. FRIEDA, 1993, Moods, Emotion Episodes and Emotions, *New York: Guilford Press*, hal. 381-403.
- T. L. PAO, W. Y. LIAO, Y. T. CHEN, J. H. YEH, 2008, Comparison of Several Classifiers for Emotion Recognition from Noisy Mandarin Speech, *Third International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, Vol. 1, pp: 23-26
- Y. PAN, PEIPEI SHEN AND LIPING SHEN, 2012, Speech Emotion Recognition Using Support Vector Machine, *International Journal of Smart Home*, Vol. 6, No. 2, April.

**RANCANG BANGUN *DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM*
UNTUK MENGELOLA DOKUMEN *STANDART OPERATIONAL PROCEDURE***

I Putu Susila Handika¹, I Gede Totok Suryawan²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, STIMIK STIKOM Indonesia
Email: ¹susilaandika@gmail.com, ²totok.suryawan@gmail.com

(Naskah masuk: 14 Mei 2017, diterima untuk diterbitkan: 20 September 2017)

Abstrak

Standart Operational Procedure (SOP) merupakan salah satu dokumen penting pada sebuah perusahaan karena berguna untuk meningkatkan mutu perusahaan. PT. Global Retailindo Pratama merupakan salah perusahaan yang bergerak dibidang retail yang menggunakan standart management mutu ISO 9001:2008. Saat ini pengelolaan dokumen SOP pada PT. Global Retailindo Pratama masih menggunakan cara tradisional. Cara tradisional tersebut menimbulkan beberapa masalah diantaranya adalah proses pencarian dan proses distribusi dokumen membutuhkan waktu yang cukup lama. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun *Document Management System* untuk mengelola dokumen SOP. Model pengembangan sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah model *prototyping*. Aplikasi ini dibangun berbasis *web* dengan PHP sebagai bahasa pemrogramannya. Pengujian aplikasi menggunakan *Blak Box Testing* dan *Usability Testing* menunjukkan bahwa aplikasi *Document Management System* dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan dan dapat digunakan dengan mudah sehingga proses pengelolaan dokumen SOP menjadi lebih cepat.

Kata kunci: *Document Management System, Standart Operational Procedure, Sistem Informasi, PHP.*

Abstract

Standard Operational Procedure (SOP) is one important document in a company because it is useful to improve the quality of the company. PT. Global Retailindo Pratama is one of the companies engaged in retail that using standard of quality management ISO 9001: 2008. Currently the management of SOP documents at PT. Global Retailindo Pratama still use manual way. Manual way cause some problems such as the search process and document distribution process takes quite a long time. This research aims to design and build *Document Management System* to manage SOP documents. The system development model used in this research is *prototyping model*. This application is built in *web-based* with PHP as programming language. Testing the application using *Blak Box Testing* and *Usability Testing* shows that the *Document Management System* can run in accordance with the needs and can be used easily so that the process of document management SOP becomes faster.

Keywords: *Document Management System, Standart Operational Procedure, Information System, PHP.*

1. PENDAHULUAN

Kemunculan minimarket yang begitu banyak membuat persaingan semakin berat. Manajemen perusahaan harus memikirkan cara agar perusahaan dapat bersaing dengan perusahaan lainnya. Cara yang paling sering dilakukan adalah melalui harga, diferensiasi produk atau jasa, fleksibilitas, waktu pengiriman, dan mutu. Tidak dapat dipungkiri, mutu telah menjadi syarat utama bagi kesuksesan bisnis. Dalam hal ini, mutu yang dimaksud adalah produk yang dijual serta pelayanan kepada pelanggan. Banyak dampak positif yang dapat didapat jika manajemen memberikan perhatian penuh kepada mutu, salah satu yang paling penting adalah kepuasan pelanggan.

Salah satu cara meningkatkan mutu adalah dengan menerapkan suatu standar manajemen mutu dalam perusahaan (Santosa, dkk, 2013). PT. Global Retailindo Pratama (Minimart) merupakan salah satu

perusahaan *retail* di Bali. Salah satu standar manajemen mutu yang digunakan pada perusahaan ini adalah *International Organization for Standardization (ISO) 9001:2008*. PT. Global Retailindo Pratama (Minimart) memiliki 8 departemen, 180 toko yang berada di Bali, dan 2 toko berada di Lombok. Saat ini penyimpanan dokumen *Standart Operational Procedure* pada perusahaan ini masih menggunakan cara tradisional yaitu menyimpan pada map dan diletakkan pada lemari arsip. Cara tradisional ini menimbulkan permasalahan ketika dokumen SOP tersebut harus dikirimkan ke masing-masing toko. Proses pengiriman dokumen jadi terhambat karena lokasi toko yang jauh dari kantor pusat. Selain itu proses pencarian dokumen juga kurang optimal karena dokumen SOP yang disimpan terlalu banyak dan lokasi penyimpanan yang tidak memadai.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sebuah sistem yang dikenal sebagai *Document Management System (DMS)*. Dengan

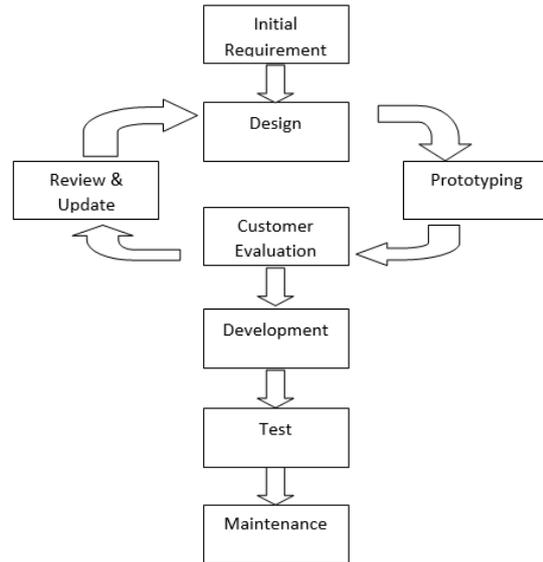
DMS, dokumen-dokumen kertas akan dikonversi menjadi bentuk digital sehingga proses distribusi dokumen SOP menjadi lebih cepat dan mudah untuk dilakukan. Selain itu proses pencarian akan menjadi optimal karena user hanya perlu mengetik nama dokumen untuk melakukan proses pencarian. Dengan adanya aplikasi DMS, kebijakan keamanan dapat diterapkan dalam manajemen dokumen SOP melalui pengaturan hak akses untuk setiap pengguna.

Pengembangan sistem dalam penelitian ini menggunakan PHP dan SQL Server Express 2008 sebagai penyimpanan data. Bahasa pemrograman PHP digunakan pada penelitian ini karena PHP memiliki beberapa kelebihan yaitu: (1) PHP mudah dibuat dan memiliki kecepatan yang tinggi. (2) PHP dapat dijalankan di berbagai macam sistem operasi baik itu Windows, MAC, ataupun linux. (3) PHP diedarkan secara gratis. (4) PHP termasuk dalam *server-side programming* (Aggaeni & Sujatmiko, 2013). SQL Server Express 2008 dipilih karena selain DBMS tersebut gratis, SQL Server Express 2008 mendukung *Extended Stored Procedure* yang dapat mempercepat proses pengolahan data (Pramana dkk, 2017).

2. METODE PROTOTYPING

Metode pengembangan perangkat lunak dipilih berdasarkan sifat aplikasi dan waktu yang diberikan untuk menyelesaikan aplikasi tersebut. Terdapat beberapa metode yang sering digunakan untuk pengembangan perangkat lunak, salah satunya adalah metode prototyping. Metode *prototyping* merupakan sebuah metode yang memiliki sifat berulang pada saat pembuatan desain aplikasi (Nugroho dkk, 2010). Pada proses perulangan, perancang hanya membuat rancangan sementara yang berfokus pada kebutuhan *user*.

Gambar 1 menunjukkan proses rancang bangun *document management system* untuk mengelola *standart operational procedure* di PT. Global Retailindo Pratama. Pada tahap pertama, pengembang akan mengumpulkan semua informasi yang mendukung pengembangan sistem. Setelah mengumpulkan informasi dari *user*, tahap kedua adalah pembuatan desain sistem. Output dari proses desain sistem adalah dokumentasi desain yang berupa *use case*, *Data Flow Diagram (DFD)*, *Conceptual Data Model (CDM)*, dan *Physical Data Model (PDM)*. Tahap ketiga adalah pembuatan prototipe sistem. Prototipe dibuat berdasarkan kebutuhan dan desain yang telah disetujui. Selanjutnya, prototipe tersebut akan dievaluasi oleh *user*. Jika terdapat evaluasi dari *user*, proses akan diulang sampai seluruh prototipe diterima oleh *user*. Tahap keempat adalah pembuatan aplikasi yang dilanjutkan dengan proses pengujian. Setelah aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan, tahap terakhir adalah melakukan pemeliharaan terhadap aplikasi tersebut.



Gambar 1. Metode Prototyping

3. ANALISIS KEBUTUHAN

Analisis kebutuhan bertujuan untuk menggali informasi sehingga didapat kebutuhan fungsional dari *Document Management System* yang akan dibuat. Analisis kebutuhan didapat dengan cara melakukan wawancara langsung dengan *user* yang terlibat pada proses bisnis. Tabel 1 menunjukkan kebutuhan fungsional yang didapat dari hasil wawancara.

Tabel 1. Kebutuhan Fungsional

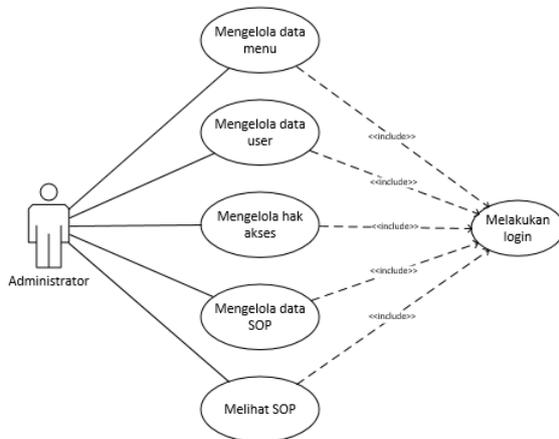
No	Requirement
1	<i>User</i> hanya bisa melihat SOP. Tidak boleh print dan download SOP
2	<i>User</i> yang berhak upload SOP adalah <i>Document Control (DCR)</i>
3	Sistem dapat memberikan info jika ada SOP baru
4	<i>User</i> diperbolehkan melihat SOP departemen lainnya jika dokumen tersebut berhubungan
5	Sistem dapat menampilkan data <i>user</i> yang sudah menerima SOP
6	<i>User</i> yang harus melakukan konfirmasi penerimaan SOP adalah : <ul style="list-style-type: none"> - Kepala departemen jika SOP ditujukan untuk departemen selain departemen <i>Operational</i> - Store Supervisor, Assistant Area Manager (AAM) jika dokumen ditujukan untuk departemen <i>Operational</i> Staff tidak dapat melihat SOP jika SOP tersebut tidak disetujui oleh kepala departemen.
7	Sistem dapat menampilkan laporan <i>user</i> yang melakukan konfirmasi untuk setiap SOP baru yang telah diterbitkan
8	Sistem dapat menampilkan laporan apa saja yang telah diterbitkan
9	Sistem dapat mengirim <i>email</i> jika ada SOP baru yang diterbitkan

4. DESAIN SISTEM

Sesuai dengan analisis yang telah dibuat, dapat dibuat desain sistem seperti berikut.

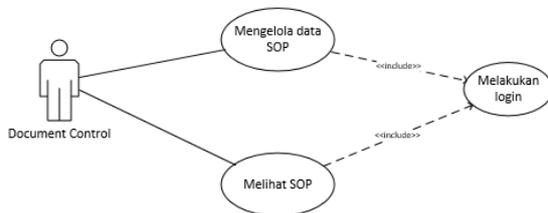
4.1. Use Case

Document Management System untuk mengelola *Standart Operational Procedure* (SOP) memiliki empat *user* yang dibagi menjadi administrator, *document control*, *manager*, dan *staff*. Keempat *user* tersebut memiliki hak akses yang berbeda-beda. *User* administrator merupakan *user* tertinggi pada sistem dimana *user* administrator memiliki hak untuk mengelola data *user*, mengelola hak akses tiap *user*, mengelola data SOP, serta melihat report. Gambar 2 menunjukkan *use case* untuk administrator.



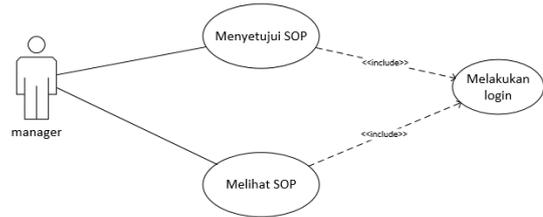
Gambar 2. Use Case Administrator

User document control adalah *user* yang bertugas untuk meng-*upload* dokumen SOP ke dalam sistem. Selain meng-*upload* dokumen, *user document control* dapat melihat dokumen SOP yang disediakan oleh sistem. Gambar 3 menunjukkan *use case* untuk *document control*.



Gambar 3. Use Case Document Control

User manager adalah *user* yang bertugas untuk menyetujui dokumen yang telah di-*upload* oleh *user document control* dalam hal ini *user* yang dimaksud sebagai *manager* adalah kepala departemen, *store supervisor*, *assistant area manager*, dan *assistant manager*.



Gambar 4. Use Case Manager

Sesuai dengan analisis kebutuhan pada Tabel 1, dokumen SOP yang telah di-*upload* tidak dapat dilihat oleh *staff* jika dokumen tersebut belum disetujui oleh kepala departemen. Gambar 4 menunjukkan *use case* untuk *manager*.

User staff merupakan *user* yang hanya dapat melihat dokumen SOP sesuai dengan departemen dan dokumen SOP terhubung dengan departemen-nya. Semua dokumen tersebut harus sudah disetujui oleh *manager* dari departemen masing-masing. Gambar 5 menunjukkan *use case* untuk *staff*.



Gambar 5. Use Case Staff

4.2. Data Flow Diagram (DFD)

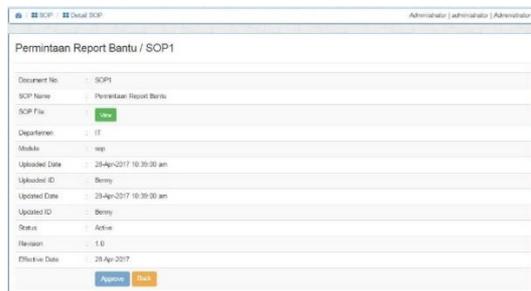
Data Flow Diagram (DFD) merupakan suatu model yang menggambarkan alur data sebuah sistem baik secara manual ataupun komputerisasi (Rismayani & Sy, 2015). Entitas yang terhubung dengan aplikasi *Document Management System* antara lain *adminstrator*, *document control*, *manager*, dan *staff*. Entitas *administrator* adalah entitas yang dapat semua proses pada sistem. Entitas *document control* adalah entitas yang bertugas untuk mengelola dokumen SOP dan melihat SOP yang sudah diupload. Entitas *manager* adalah entitas yang bertugas menyetujui SOP yang telah di-*upload* oleh *document control*. Entitas *staff* adalah entitas yang hanya dapat melihat SOP yang telah disetujui oleh *manager* dari masing-masing departemen. Inputan data dari entitas administrator adalah data *user*, data sop, dan data hak akses. *Output* yang diterima oleh entitas administrator adalah info sop, info hak akses, serta info *user*. Inputan pada entitas *document control* adalah data sop dan *Output* yang didapat oleh entitas *document control* adalah info sop. Entitas *manager* hanya menginputkan data *approval* ke sistem dan mendapatkan info SOP sebagai *Output*-nya. Sedangkan entitas *staff* hanya menerima info SOP sebagai *Output*. Gambar 6 menunjukkan DFD level konteks aplikasi *Document Management System*.

pemrograman PHP ditunjukkan pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 11.



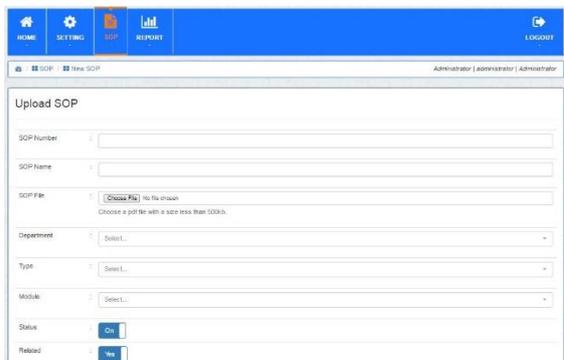
Gambar 9. Form List SOP.

Gambar 9 menunjukkan form *list* SOP. Semua dokumen yang telah diupload akan muncul pada form ini. Pada form *list* SOP *user* dapat melakukan proses melihat detail SOP seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 10. Pada form detail SOP, *user* dapat melihat informasi yang dimiliki oleh dokumen SOP mulai dari nomer dokumen, nama dokumen, tanggal *upload*, identitas *user* yang meng-*upload*, tanggal perubahan dokumen, nomer revisi dokumen. Selain itu *user* juga dapat melihat dokumen SOP sesuai dengan yang diupload oleh *document control*.



Gambar 10. Form Detail SOP.

Gambar 11 menunjukkan form untuk meng-*upload* dokumen SOP. *User* yang berhak untuk masuk ke form *upload* SOP hanya *document control* dan *administrator*.



Gambar 11. Form Upload SOP.

Pada form *upload* SOP *user* dapat memberikan nama, memilih departemen, status, dll. Sesuai dengan kebutuhan yang didapat, sistem akan mengirimkan notifikasi berupa email kepada *user manager* sebagai pemberitahuan jika ada dokumen baru yang harus disetujui.

5.2. Pengujian Fungsional (*Blackbox Testing*)

Pengujian fungsional sistem merupakan salah satu metode pengujian yang didasari oleh kebutuhan sistem. Tujuan dari pengujian *black box* adalah kebutuhan fungsional dapat berjalan dengan baik pada aplikasi *Document Management System*. Pengujian *black box* dilakukan dengan cara menjalankan modul-modul aplikasi *Document Management System* dihadapan *user* lalu memberikan status OK jika modul yang diujikan diterima oleh *user*. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian fungsional (*Black Box*) *Document Management System*. Sesuai dengan hasil pengujian pada Tabel 2, semua fungsional mempunyai status OK dengan demikian dapat dikatakan sistem berfungsi dengan baik sesuai dengan *requirement*.

Tabel 2. Hasil Pengujian Fungsional (*Black Box Testing*)

No	Requirement	Status
1	<i>User</i> hanya bisa melihat SOP. Tidak boleh print dan download SOP	OK
2	<i>User</i> yang berhak <i>upload</i> SOP adalah <i>Document Control</i> (DCR)	OK
3	Sistem dapat memberikan info jika ada SOP baru	OK
4	<i>User</i> diperbolehkan melihat SOP departemen lainnya jika dokumen tersebut berhubungan	OK
5	Sistem dapat menampilkan data <i>user</i> yang sudah menerima SOP	OK
6	<i>User</i> yang harus melakukan konfirmasi penerimaan SOP adalah : <ul style="list-style-type: none"> - Kepala departemen jika SOP ditujukan untuk departemen selain departemen <i>Operational</i> - Store Supervisor, Assistant Area Manager (AAM) jika dokumen ditujukan untuk departemen <i>Operational</i> <p><i>Staff</i> tidak dapat melihat SOP jika SOP tersebut tidak disetujui oleh kepala departemen.</p>	OK
7	Sistem dapat menampilkan report <i>user</i> yang melakukan konfirmasi untuk setiap SOP baru yang telah diterbitkan	OK
8	Sistem dapat menampilkan report apa saja yang telah diterbitkan	OK
9	Sistem dapat mengirim email jika ada SOP baru yang diterbitkan	OK

5.3. Usability Testing

Usability Testing metode untuk menguji sebuah sistem dimana fokus dari pengujian ini adalah kenyamanan pada saat penggunaan sistem serta menjamin semua aspek dalam sistem dapat berjalan dengan baik. Salah satu metode untuk menguji *usability testing* adalah metode USE. Tiga aspek yang dicakup oleh metode USE adalah efisiensi, efektivitas, dan kepuasan (Rahadi, 2014). Terdapat 30 pertanyaan yang disediakan oleh metode USE untuk mengukur tingkat persetujuan *user* terhadap aplikasi yang telah dibuat. Point-point kuisisioner pada metode USE adalah sebagai berikut (Aelani & Falahah, 2012):

Kegunaan

1. Pekerjaan saya menjadi lebih efektif dengan adanya aplikasi ini.
2. Saya menjadi lebih produktif dengan adanya aplikasi ini.
3. Aplikasi ini berguna bagi saya.
4. Saya mendapatkan kontrol yang lebih dari aplikasi ini.
5. Saya dapat menyelesaikan hal-hal dengan lebih mudah.
6. Waktu yang saya gunakan untuk bekerja menjadi lebih hemat.
7. Kebutuhan saya terpenuhi dengan adanya aplikasi ini.
8. Semua yang saya harapkan dapat dilakukan oleh aplikasi ini.

Kemudahan dalam penggunaan

9. Aplikasi ini mudah digunakan.
10. Aplikasi ini mudah dimengerti.
11. Tampilannya menarik.
12. Langkah-langkah untuk mencapai tujuan sangat sedikit.
13. Kontennya fleksibel, sesuai dengan kebutuhan.
14. Saat menggunakan aplikasi ini, tidak perlu upaya yang lebih.
15. Tanpa instruksi tertulis, saya bisa menggunakannya.
16. Tampilannya konsisten.
17. Saya menyukai aplikasi ini.
18. Kesalahan dapat diselesaikan dengan cepat dan mudah.
19. Saya bisa menggunakan dengan sukses setiap saat.

Kemudahan dalam pembelajaran

20. Tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mempelajari aplikasi ini.
21. Aplikasi ini mudah diingat.
22. Aplikasi ini mudah digunakan untuk pemula.

23. Saya dapat menggunakan aplikasi dengan terampil tanpa membutuhkan waktu yang lama.

Kepuasan

24. Saya puas dengan aplikasi ini.
25. Aplikasi ini sangat direkomendasikan kepada orang lain.
26. Sangat menyenangkan dalam menggunakan aplikasi ini.
27. Aplikasi ini bekerja seperti yang saya inginkan.
28. Aplikasi ini mengagumkan.
29. Aplikasi ini harus saya miliki.
30. Aplikasi ini nyaman digunakan.

Tabel 3 menunjukkan contoh tabel kuisisioner *usability testing* yang diberikan pada karyawan PT. Global Retailindo dengan rincian yang ditunjukkan pada Tabel 4.

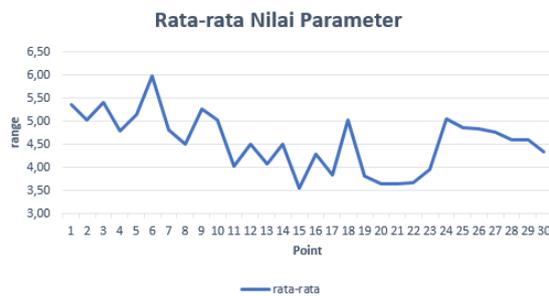
Tabel 3. Kuisisioner *usability testing*.

No	Pertanyaan	1	2	3	4	5	6	7	N A
1	Pekerjaan saya menjadi lebih efektif dengan adanya aplikasi ini								
2	Saya menjadi lebih produktif dengan adanya aplikasi ini								
3	Aplikasi ini berguna bagi saya								
...	...								
...	...								
28	Aplikasi ini mengagumkan								
29	Aplikasi ini harus saya miliki								
30	Aplikasi ini nyaman digunakan								

Tabel 4. Pembagian Sampel.

Objek	Jumlah (Orang)
<i>Manager</i>	10
<i>Staff Back Office</i>	10
<i>Staff Toko</i>	100
<i>Store Supervisor</i>	50
<i>Assistant Area Manager</i>	5

Setelah dilakukan pengujian *usability testing*, didapat hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Rata-rata Nilai Tiap Parameter.

Hasil pengolahan data pengujian ditemukan bahwa point yang mendapat nilai dibawah nilai tengah skala *likert* adalah point nomor 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23 dimana point 15, 17, dan 19 mengacu pada elemen *ease of use* dan point 20, 21, 22, 23 mengacu pada elemen *ease of learning*. Temuan ini dapat disebabkan karena berbagai faktor dimana salah satu faktornya adalah tingkat pendidikan yang dimiliki oleh *staff* toko yang masih banyak berada pada level SMA. Sehingga kemampuan untuk mempelajari hal yang baru khususnya dalam bidang teknologi masih dibawah rata-rata. Kekurangan pada elemen *ease of use* dan *ease of learning* dapat diatasi dengan melakukan pelatihan dan pendampingan terhadap *user* yang menggunakan aplikasi *Document Management System* terutama *staff* toko. Dari keseluruhan rata-rata tiap pertanyaan menunjukkan hasil lebih dari nilai tengah skala *likert* 1 – 7 yang berarti secara garis besar, aplikasi *Document Management System* dapat diterima dan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan *user* (Oktaviani, Widyanan, & Hantono, 2014).

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, aplikasi *Document Management System* dapat membantu pihak *document control* untuk mengelola dokumen *Standart Operational Procedure* di PT. Global Retailindo Pratama. Dengan adanya sistem, proses pendistribusian dokumen ke departemen dan seluruh toko menjadi lebih cepat karena dokumen tidak perlu dihantarkan ke departemen maupun toko tujuan. Dari hasil pengujian juga semua kebutuhan yang dianalisis di awal pengembangan sistem dapat diterima dengan baik dan dapat digunakan oleh *user* walaupun perlu pelatihan dan pendampingan terutama pada *user staff* toko. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan sistem dapat berjalan pada aplikasi mobile sehingga proses untuk melihat dokumen dapat dilakukan dimana saja.

7. DAFTAR PUSTAKA

AELANI, K., & FALAHAH. (2012). Pengukuran Usability Sistem Menggunakan USE

Questionnaire (Studi Kasus Aplikasi Perwalian Online STIMIK “AMIKBANDUNG”). *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2012 (SNATI 2012)*.

AGGAENI, P. A., & SUJATMIKO, B. (2013). Sistem Informasi Tugas Akhir Berbasis Web (Studi Kasus D3 Manajemen Informatika TE FT Unesa). *Jurnal Manajemen Informatika*, 2, 37–45.

NUGROHO, A., BEEH, Y. R., & ASTUNINGDYAS, H. (2010). Perancangan Aplikasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) (Studi Kasus Pada Dinas Pekerjaan Umum Kota Salatiga). *Jurnal Informatika*, 10(1), 10–18.

OKTAVIANI, T. W., WIDYAWAN, & HANTONO, B. S. (2014). Perancangan User Interface Berbasis Web Untuk Home Automation Gateway Yang Berbasis IQRF TR53B. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 271–278.

PRAMANA, R., GUNAWAN, A., & STYORINI, W. (2017). Sistem Informasi Pendeteksi Dini Banjir. *Jurnal Aksara Elementer*, 2(2).

RAHADI, D. R. (2014). Pengukuran Usability Sistem Menggunakan Use Questionnaire Pada Aplikasi Android. *Jurnal Sistem Informasi*, 6(1).

RIBEIRO, A., SILVA, A., & SILVA, A. R. DA. (2015). Data Modeling and Data Analytics: A Survey from a Big Data Perspective. *Journal of Software Engineering and Applications*, 08(12), 617. <https://doi.org/10.4236/jsea.2015.812058>

RISMAYANI, & SY, H. (2015). Implementasi Manajemen Sistem Informasi Siaran Pada Radio Venus FM Makassar. *Jurnal Sistem dan Informatika*, 0(0).

SANTOSA, M. A. W., WIDHIAWATI, I. A. R., & DIPUTRA, G. A. (2013). Penerapan Standar Sistem Manajemen Mutu (ISO) 9001:2008 Pada Kontraktor PT. Tunas Jaya Sanur. *Jurnal Ilmiah Elektro Infrastruktur Teknik Sipil*, 2, 1–6.

OPTIMASI NAÏVE BAYES CLASSIFIER DENGAN MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION PADA DATA IRIS

Husin Muhamad¹, Cahyo Adi Prasajo², Nur Afifah Sugianto³, Listiya Surtiningsih⁴, Imam Cholissodin⁵

^{1,2,3,4,5} Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya

Email: ¹husin.muh@outlook.com, ²cahyo.ap@outlook.co.id, ³afifahnur30@gmail.com,

⁴listiyasurtiningsing@gmail.com, ⁵imamcs@ub.ac.id

(Naskah masuk: 12 Januari 2017, diterima untuk diterbitkan: 25 September 2017)

Abstrak

Klasifikasi adalah proses identifikasi obyek kedalam sebuah kelas, kelompok, atau kategori berdasarkan karakteristik yang telah ditentukan sebelumnya. Secara singkat, klasifikasi merupakan pengelompokan obyek berdasarkan kelompoknya yang biasanya disebut dengan kelas (*class*). Tak hanya klasifikasi, proses pengelompokan obyek juga dapat dilakukan dengan menggunakan teknik *clustering* yang merupakan pengelompokan obyek berdasarkan kemiripan antar obyek. Salah satu metode klasifikasi yang sering digunakan adalah *Naïve Bayes Classifier*. Menurut beberapa penelitian, *Naïve Bayes Classifier* memiliki beberapa kelebihan yaitu, cepat dalam proses perhitungan, algoritma yang sederhana dan akurasi yang tinggi. Namun probabilitas pada *Naïve Bayes Classifier* tidak bisa mengukur seberapa besar tingkat keakuratan sebuah prediksi, hasil akurasi metode ini juga masih kurang jika dibandingkan dengan metode C4.5, selain itu metode *naïve bayes* juga memiliki kelemahan pada seleksi atribut. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, algoritma *particle swarm optimization* (PSO) dapat digunakan untuk melakukan pembobotan atribut untuk meningkatkan akurasi *naïve bayes classifier*.

Kata kunci: *Naïve Bayes Classifier, Particle Swarm Optimization, klasifikasi, pembobotan atribut.*

Abstract

Classification is the process of identifying objects into a class, group or category based on the predetermined characteristics. In other words, classification is a process to group objects based on their class. Grouping objects can be done not only by classification but also by clustering, which is grouping objects according to the similarity between objects. One of the most frequently used methods for classification is Naïve Bayes Classifier. According to some researchers, Naïve Bayes methods has its strength which is a simple and fast algorithm that can acquire a high accuracy. However, the probability of Naïve Bayes methods cannot measure the level of accuracy of a prediction, the accuracy of the results of this method is still less than the C4.5 method, and Naïve Bayes method has a deficiency on the selection of attributes. To solve this problem, Particle Swarm Optimization Algorithm (PSO) can be used to give weight to attributes to improve the accuracy of Naïve Bayes Classifier.

Keywords: *Naïve Bayes Classifier, Particle Swarm Optimization, classification, attribute weighting.*

1. PENDAHULUAN

Klasifikasi adalah proses pengidentifikasian obyek ke dalam sebuah kategori, kelas atau kelompok berdasarkan prosedur, definisi dan karakteristik yang telah ditentukan sebelumnya (U.S Fish and Wildlife Service, 2013). Klasifikasi bertujuan untuk menempatkan objek yang ditugaskan hanya ke salah satu kategori yang disebut kelas (Bramer, 2007). Tak hanya klasifikasi, proses pengelompokan obyek juga dapat dilakukan dengan menggunakan teknik *clustering*. *Clustering* merupakan pengelompokan obyek berdasarkan kemiripan antar obyek. Perbedaan antara klasifikasi dan *clustering* terletak pada proses pengelompokan obyek. Jika pada klasifikasi proses pengelompokan obyek dilakukan dengan membagi obyek berdasarkan kelompok / kategori yang telah

didefinisikan sebelumnya, maka proses pengelompokan obyek pada *clustering* dilakukan dengan melihat kemiripan antar obyek, sehingga kategori belum terdefinisi sebelumnya. Salah satu metode klasifikasi yang sering digunakan adalah *Naïve Bayes Classifier* yang pertama kali dikemukakan oleh Revered Thomas Bayes. Penggunaan *Naïve Bayes Classifier* sudah dikenalkan sejak tahun 1702-1761. Menurut Lewis, Hand dan Yu, *Naïve Bayes Classifier* merupakan pendekatan yang sangat sederhana dan sangat efektif untuk pelatihan klasifikasi (Lewis, 1998) (Hand and Yu, 2001). Sedangkan Kononenko dan Langley menyimpulkan bahwa *Naïve Bayes Classifier* merupakan kemungkinan label kelas data atau bisa diasumsikan sebagai atribut kelas yang diberi label (Kononenko, 1990) (Langley, 1994).

Penelitian terkait penggunaan *Naïve Bayes Classifier* telah banyak dilakukan. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Hamzah pada tahun 2012. Menurut Hamzah, *Naïve Bayes* memiliki beberapa kelebihan, yaitu cepat dalam perhitungan, algoritma yang sederhana dan berakurasi tinggi (Hamzah, 2012). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Henny Leidiyana juga mengungkapkan bahwa algoritma NBC hasil akurasi masih kurang dibandingkan menggunakan algoritma C4.5 (Leidiyana, 2012). Hal ini dikarenakan dalam C4.5 seluruh atribut diseleksi yang kemudian dibagi menjadi himpunan bagian yang lebih kecil, namun jika data berukuran besar dengan banyak atribut maka model yang terbentuk menjadi rumit dan sulit dipahami, sehingga perlu dilakukan pemangkasan yang dapat mengurangi akurasi (Wu et al, 2009). Sedangkan *Naïve Bayes Classifier* lebih tepat diterapkan pada data yang besar dan dapat menangani data yang tidak lengkap (*missing value*) serta kuat terhadap atribut yang tidak relevan dan noise pada data. Akan tetapi, *Naïve Bayes Classifier* juga memiliki kelemahan dimana sebuah probabilitas tidak bisa mengukur seberapa besar tingkat keakuratan sebuah prediksi. Selain itu, *Naïve Bayes Classifier* juga memiliki kelemahan pada seleksi atribut sehingga dapat mempengaruhi nilai akurasi. Oleh karena itu, *Naïve Bayes Classifier* perlu dioptimasi dengan cara memberikan bobot pada atribut agar *Naïve Bayes Classifier* dapat bekerja lebih efektif.

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dapat digunakan untuk melakukan pembobotan atribut untuk meningkatkan akurasi *Naïve Bayes Classifier*. Data yang digunakan pada paper ini adalah data iris yang diambil dari *UCI Machine Learning* yang terdiri dari 150 dataset yang terbagi menjadi 3 kelas dan 4 atribut, yaitu *sepal length*, *sepal width*, *petal length* dan *petal width*. Dengan adanya algoritma *Particle Swarm Optimization* dalam optimasi diharapkan akan menambah akurasi dari *Naïve Bayes Classifier*.

2. DASAR TEORI

2.1 Penjelasan Dataset

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Iris yang diambil dari *UCI Machine Learning*. Data yang digunakan dibagi menjadi dua bagian yaitu *data training* dan *data testing*. Data tersebut terdiri dari 150 dataset yang terbagi menjadi 3 kelas dan 4 atribut, yaitu:

Class:

1. Iris Sentosa
2. Iris Versicolor
3. Iris Virginica

Atribut:

1. *Sepal Length*

2. *Sepal Width*
3. *Petal Length*
4. *Petal Width*

2.2 Klasifikasi

Klasifikasi adalah proses pengidentifikasian obyek ke dalam sebuah kategori, kelas atau kelompok berdasarkan prosedur, definisi dan karakteristik yang telah ditentukan sebelumnya. Klasifikasi bertujuan untuk menempatkan objek yang ditugaskan hanya ke salah satu kategori yang disebut kelas.

2.3 Algoritma Naïve Bayes Classifier

Naïve Bayes Classifier atau disebut juga dengan *Bayesian Classification* merupakan metode pengklasifikasian statistik yang didasarkan pada teorema *bayes* yang dapat digunakan untuk memprediksi probabilitas keanggotaan suatu kelas. *Bayesian Classification* terbukti memiliki akurasi dan kecepatan yang tinggi saat diaplikasikan ke dalam *database* yang besar.

Bentuk umum teorema *bayes* adalah sebagai berikut:

$$P(H|X) = \frac{P(X|H)P(H)}{P(X)} \quad (1)$$

Dimana :

- X = Data dengan kelas yang belum diketahui
- H = Hipotesa data X merupakan suatu kelas spesifik
- P(H|X) = Probabilitas hipotesis H berdasarkan kondisi X (posterior probability)
- P(H) = Probabilitas hipotesis H (prior probability)

Peluang bersyarat atribut kategorikal dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$P(A_i|C_j) = \frac{|A_{ij}|}{N_{C_j}} \quad (2)$$

Dimana $|A_{ij}|$ adalah jumlah contoh pelatihan dari kelas A_i yang menerima nilai C_j . Jika hasilnya adalah nol, maka menggunakan pendekatan berikut:

$$P(A_i|C_j) = \frac{n_c + n_{equiv} p}{n + n_{equiv}} \quad (3)$$

Dimana n adalah total dari jumlah hasil dari kelas C_j . n_c adalah jumlah contoh pelatihan dari kelas A_i yang menerima nilai C_j . n_{equiv} adalah nilai konstan dari ukuran sampel yang ekuivalen. P adalah peluang estimasi *prior*, $P = 1/k$ dimana k adalah jumlah kelas dalam variabel target.

Peluang bersyarat atribut kontinu dinyatakan dalam bentuk berikut:

$$P(A_i|C_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{ij}} \exp\left[-\frac{(A_i-\mu_{ij})^2}{2(\sigma_{ij})^2}\right] \quad (4)$$

Parameter μ_{ij} dapat diestimasi berdasarkan sampel *mean* A_i untuk seluruh hasil pelatihan yang dimiliki kelas C_j . Dengan cara sama, $(\sigma_{ij})^2$ dapat diestimasi dari sampel varian (s^2) hasil pelatihan tersebut.

2.4 Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO) adalah metode optimasi global yang diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhart pada tahun 1995 berdasarkan penelitian terhadap perilaku kawanan burung dan ikan. Setiap partikel dalam *Particle Swarm Optimization* memiliki kecepatan partikel bergerak dalam ruang pencarian dengan kecepatan yang dinamis disesuaikan dengan perilaku historis mereka. Oleh karena itu, partikel memiliki kecenderungan untuk bergerak menuju daerah pencarian yang lebih baik selama proses pencarian.

Dalam algoritma PSO terdapat beberapa proses sebagai berikut:

1. Inisialisasi

- a. Inisialisasi kecepatan awal
Pada iterasi ke-0, dapat dipastikan bahwa nilai kecepatan awal semua partikel adalah 0.
- b. Inisialisasi posisi awal partikel
Pada iterasi ke-0, posisi awal partikel dibangkitkan dengan persamaan :

$$x = x_{min} + rand[0,1] \times (x_{max} - x_{min}) \quad (5)$$

- c. Inisialisasi pBest dan gBest
Pada iterasi ke-0, pBest akan disamakan dengan nilai posisi awal partikel. Sedangkan gBest dipilih dari satu pBest dengan *fitness* tertinggi.

2. Update kecepatan

Untuk melakukan *update* kecepatan, digunakan rumus berikut:

$$v_{i,j}^{t+1} = w \cdot v_{i,j}^t + c_1 \cdot r_1 (Pbest_{i,j}^t - x_{i,j}^t) + c_2 \cdot r_2 (Gbest_{g,j}^t - x_{i,j}^t) \quad (6)$$

3. Update posisi dan hitung fitness

Untuk melakukan *update* posisi, digunakan rumus berikut:

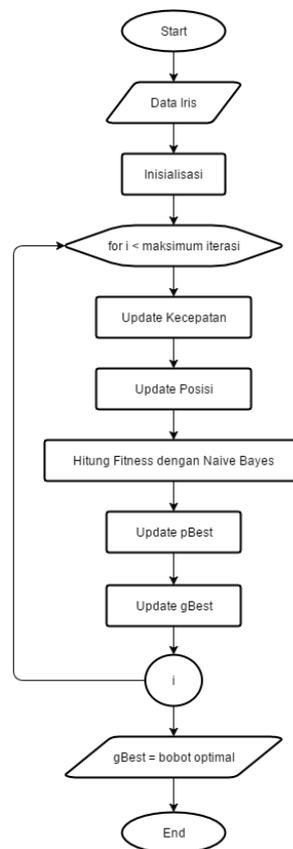
$$x_{i,j}^{t+1} = x_{i,j}^t + v_{i,j}^{t+1} \quad (7)$$

4. Update pBest dan gBest

Dilakukan perbandingan antara pBest pada iterasi sebelumnya dengan hasil dari *update* posisi. *Fitness* yang lebih tinggi akan menjadi pBest yang baru. pBest terbaru yang memiliki nilai *fitness* tertinggi akan menjadi gBest yang baru.

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Proses optimasi *Naïve Bayes Classifier* menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* pada data iris ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Kombinasi NBC dan PSO

Implementasi sistem klasifikasi menggunakan metode NBC dan PSO terdiri dari beberapa masukan yaitu jumlah partikel, jumlah iterasi, bobot inersia, konstanta kecepatan 1 dan 2. Jumlah partikel digunakan untuk menentukan banyaknya *popsize* pada PSO. Partikel direpresentasikan dengan bobot tiap atribut yang akan dioptimasi. Kemudian setiap *data training* dan *data testing* akan di kalikan dengan bobot.

Proses ini merupakan proses menghitung *fitness* dari data testing. Dengan mencari hasil klasifikasi setiap data dengan NBC dan kemudian dihitung akurasi sebagai *fitness*.

```

1 public void hitFitness() {
2     double[][] dataTest =
3         getDataTest();
4     String[] hasilKlasifikasi = new
5         String[dataTest.length];
6
7     for(int
8         i=0;i<hasilKlasifikasi.length; i++){
9         hasilKlasifikasi[i] = new
10            Bayes(dataTest[i],
11                posisi).hasilKlasifikasi();
12    }
13
14    int fit = 0;
15    for(int i=0; i<17; i++) {
16        if(hasilKlasifikasi[i]
17            .equals("sentosa")) {
18            fit++;
19        }
20    }
21    for(int i=17; i<34; i++) {
22        if(hasilKlasifikasi[i]
23            .equals("versicolor")) {
24            fit++;
25        }
26    }
27    for(int i=34; i<51; i++){
28        if(hasilKlasifikasi[i]
29            .equals("virginica")) {
30            fit++;
31        }
32    }
33    fitness = fit;
34 }
    
```

Kode program 1. Perhitungan *fitness*

Penjelasan Kode Program 1:

1. Baris 1-12 merupakan proses mengambil hasil klasifikasi dengan menggunakan NBC
2. Baris 14-34 merupakan proses perhitungan *fitness* dengan menggunakan akurasi klasifikasi.

```

run:
Inisialisasi
=====

Partikel 1 :
    Posisi : 0.2, 0.3, 0.4, 0.1,
    Kecepatan : 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
    Fitness : 36.0

Partikel 2 :
    Posisi : 0.9, 0.2, 0.9, 0.1,
    Kecepatan : 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
    Fitness : 36.0

Partikel 3 :
    Posisi : 0.7, 0.3, 0.7, 0.2,
    Kecepatan : 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
    Fitness : 47.0
    
```

Gambar 2. Hasil inisialisasi partikel awal

```

*****
gBest
Posisi : 0.8907999999999999, 0.43829999999999997, 0.7782399999999999, 0.5004,
Kecepatan : 0.04619999999999996, 0.05639999999999995, -0.04665000000000011, 0.10619999999999997,
Fitness : 47.0

BUILD SUCCESSFUL (total time: 1 second)
    
```

Gambar 3. Hasil *gBest* iterasi terakhir

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Jumlah Partikel

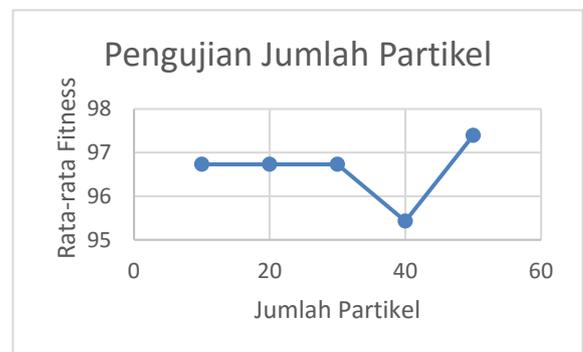
Pada pengujian ini, akan dilakukan pengujian jumlah partikel dengan kelipatan 10 dan iterasi 100 kali dengan percobaan sebanyak 3 kali di setiap pengujian.

Tabel 1. Pengujian Jumlah Partikel

Jumlah Partikel	Percobaan <i>fitness</i> ke - i			Rata-rata <i>fitness</i>
	1	2	3	
10	94.12	98.04	98.04	96.73
20	98.04	94.12	98.04	96.73
30	98.04	98.04	94.12	96.73
40	94.12	98.04	94.12	95.43
50	98.04	98.04	96.08	97.39

Pengujian ini dilakukan dengan beberapa jumlah partikel berbeda dengan kelipatan 10 seperti yang dicantumkan pada Tabel 1, dan untuk setiap jumlah partikel akan dijalankan sebanyak 3 kali percobaan. Dimana hasil akan dilihat adalah nilai rata-rata *fitness* tertinggi.

Berdasarkan hasil pengujian jumlah partikel dalam 3 kali percobaan pada Tabel 1, rata-rata *fitness* terbaik didapatkan pada partikel 50. Jumlah partikel tersebut menghasilkan rata-rata *fitness* tertinggi sebanyak 97.39. Hasil pengujian dapat dilihat dari grafik pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik pengujian jumlah partikel

4.2 Pengujian Kombinasi Parameter

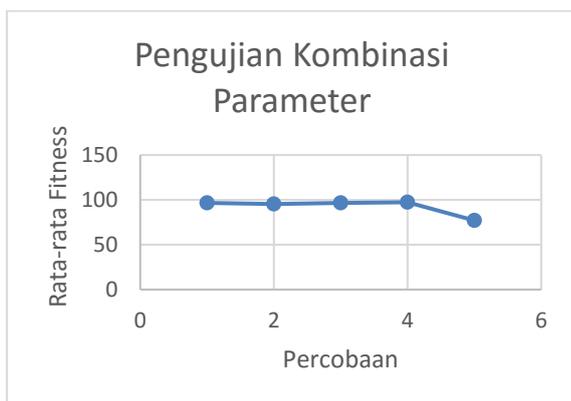
Pada pengujian ini, dilakukan uji coba kombinasi parameter C_1 dan C_2 dengan jumlah partikel 10, iterasi sebanyak 50 dan bobot (w) dengan nilai 1.

Tabel 2. Pengujian Kombinasi Parameter

C1	C2	Percobaan <i>fitness</i> ke - i			Rata-rata <i>fitness</i>
		1	2	3	
0.2	0.5	94.12	98.04	98.04	96.73
0.3	0.4	92.17	98.04	96.08	95.43
0.2	0.3	98.04	98.04	94.12	96.73
0.8	0.3	96.08	98.04	98.04	97.39
0.9	0.4	35.29	98.04	98.04	77.12

Pengujian ini dilakukan dengan kombinasi parameter yang diambil secara *random* dan untuk setiap kombinasi parameter akan dijalankan sebanyak 3 kali percobaan. Dimana hasil akan dilihat adalah nilai rata-rata *fitness* tertinggi.

Berdasarkan hasil pengujian kombinasi parameter dalam 3 kali percobaan pada Tabel 2, rata-rata *fitness* tertinggi didapatkan pada kombinasi parameter C1 dengan nilai 0.8 dan C2 dengan nilai 0.3. Kombinasi parameter tersebut menghasilkan rata-rata *fitness* tertinggi sebanyak 97.39. Hasil pengujian ini dapat dilihat dari grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik pengujian kombinasi parameter

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada optimasi *Naïve Bayes Classifier* dengan menggunakan *Particle Swarm Optimization* pada data iris. Klasifikasi dilakukan dengan menentukan bobot atribut optimum dengan menggunakan *Particle Swarm Optimization*. Hasil klasifikasi diperoleh dari *fitness* tertinggi.

Dalam implementasi ini, dilakukan 2 pengujian yaitu pengujian jumlah partikel dan pengujian kombinasi parameter. Pada pengujian jumlah partikel sebanyak 10 hingga 50 dengan percobaan sebanyak 3 kali didapatkan rata-rata *fitness* tertinggi sebanyak 97.39 pada partikel 50. Sedangkan, Pada pengujian kombinasi parameter, nilai kombinasi di bangkitkan secara *random* dengan percobaan sebanyak 3 kali didapatkan rata-rata *fitness* tertinggi sebanyak 97.39 pada kombinasi parameter C1 dengan nilai 0.9 dan C2 dengan nilai 0.3. Adapun saran dalam penelitian ini yaitu metode yang digunakan dapat dilanjutkan dengan metode lain atau mengganti metode optimasi lain untuk menghasilkan klasifikasi yang optimal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- BRAMER, MAX. 2007. *Principles of Data Mining*. Springer, London.
- HAMZAH, A. 2012. Klasifikasi Teks dengan *Naïve Bayes Classifier (NBC)* untuk Pengelompokan Teks Berita dan Abstrak Akademik. *Proceedings Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*

Periode III. 3 Novermber, Yogyakarta, Indonesia.

- HAND, DAVID J. & YU, KEMING. 2001. Idiot's Bayes: Not So Stupid after All?. *International Statistical Review*, 69 (3), 385-398.
- LANGLEY & S. SAGE. 1994. Induction of Selective Bayesian Classifier. *Proceeding of The Tenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann, US.
- LEIDIYANA, H. 2012. Komparasi Algoritma Klasifikasi Data Mining dalam Penentuan Resiko Kredit Kepemilikan Kendaraan Bermotor. *Tesis Magister Ilmu Komputer*. Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Nusa Mandiri. Jakarta
- LEWIS, D. 1998. *Naïve Bayes at forty: The independence assumption in information retrieval*. *Proceedings of the Tenth European Conference on Machine Learning*. April, Berlin, Germany. 4-15.
- U.S FISH AND WILDLIFE SERVICE. 2013. *Definition of Terms and Phrases*. February 8, 2013. <http://www.fws.gov/stand/devterms.html>, diakses tanggal 1 Desember 2016.
- WU, XINDONG & KUMAR, VIPIN. 2009. *The Top Ten Algorithms in Data Mining*. CRC Press, Boca Raton.

TAKSONOMI DAN FORMALISASI RELASI ANTAR MODEL PROSES BISNIS BERBASIS ANOTASI EFEK

Tri A. Kurniawan

Software Engineering Research Grup (SERG), Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: triak@ub.ac.id

(Naskah masuk: 19 Juli 2017, diterima untuk diterbitkan: 26 September 2017)

Abstrak

Sebuah institusi, baik privat maupun nonprivat, bisa memiliki puluhan, ratusan bahkan ribuan proses bisnis yang dimodelkan dengan menggunakan bahasa pemodelan tertentu. Manajemen model sebanyak itu tidak mudah, terlebih lagi dengan adanya relasi antar model yang harus dikelola. Sehingga, alat bantu untuk memudahkan pengelolaan model proses bisnis tersebut sangat diperlukan, terlebih oleh institusi-institusi bisnis, guna mendukung kemampuannya untuk berkompetisi dalam persaingan bisnis yang sangat ketat. Untuk itu, penentuan taksonomi dan formalisasi relasi antar model menjadi aspek mendasar yang harus dilakukan agar alat bantu tersebut mampu memproses secara otomatis aspek-aspek yang diperlukan dalam pengelolaan model pada sebuah repositori proses bisnis. Pendefinisian taksonomi dan formalisasi relasi antar model proses bisnis menjadi kontribusi penting dari penelitian ini. Artikel ini membahas hal tersebut dengan mengacu pada anotasi efek yang diberikan pada setiap model proses bisnis, yang dimodelkan dengan BPMN. Artikel ini merupakan perbaikan dan penyempurnaan atas pendekatan yang sudah pernah dibahas oleh penulis pada publikasi sebelumnya. Ada tiga jenis relasi yang dibahas, yaitu *part-whole*, *inter-operation*, *generalization-specialization*. Taksonomi dan formalisasi relasi antar model proses bisnis ini diharapkan bisa membantu analis proses bisnis untuk menentukan secara tepat dan konsisten relasi-relasi yang ada dalam sebuah repositori proses bisnis yang kompleks.

Kata kunci: *anotasi efek, relasi, model proses bisnis, manajemen proses bisnis, taksonomi, formalisasi*

Abstract

An institution, either private or non-private, may have tens, hundreds even thousands of business processes which are modeled in a particular business process modeling language. Managing such models is not a trivial task, especially in dealing with inter-process relationships. Thus, a tool is required to assist any process analyst in managing such business process models, especially by enterprises, in order to strengthen their competitiveness in their hard business environment. As such, defining the taxonomy of inter-process relationships and formalizing them become a fundamental aspect as the basis for such tool to be able to automatically proceed any aspect of model management in a business process repository. Such taxonomy definition and formalization of inter-process relationships become the important contribution of this research. This article discusses such idea using effect annotation which is semantically applied to a business process, modeled in BPMN. It becomes a correction and improvement of the approach discussed in our previous publication. There are three discussed relationship types, i.e. part-whole, inter-operation, generalization-specialization. This taxonomy and formalization of inter-process relationships can be used by the process analyst to precisely and consistently establish any relationship which can occur in a tortuous repository of processes.

Keywords: *effect annotation, relation, business process model, business process management, taxonomy, formalization*

1. PENDAHULUAN

Proses bisnis yang dijalankan oleh sebuah institusi bisa sampai berjumlah ribuan, tergantung pada skala institusi tersebut. Untuk memudahkan pemahaman, proses bisnis tersebut dimodelkan dengan menggunakan bahasa pemodelan tertentu. Model proses bisnis tersebut disimpan dan dikelola di dalam sebuah repositori proses bisnis, baik dalam bentuk format internal dan/atau eksternal (Dijkman, et al., 2012). Dalam kenyataannya, repositori proses tersebut menyimpan banyak sekali model proses. Sebagai contoh, SAP R/3 memiliki lebih dari 600

model proses, sedangkan Suncorp mengelola lebih dari 6000 model proses (Ekanayake, et al., 2011). Selanjutnya, di antara model proses tersebut terdapat relasi saling ketergantungan yang dijelaskan secara deskriptif sesuai dengan taksonominya (Malone, et al., 1999) (Malone, et al., 2003).

Pengelolaan repositori model proses yang kompleks tersebut membutuhkan manajemen yang tidak sederhana, mengingat besarnya jumlah model yang harus ditangani serta adanya relasi saling ketergantungan antar proses yang harus dijaga. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah perubahan model proses bisnis yang dilakukan dalam sebuah institusi. Perubahan pada proses bisnis harus

dilakukan untuk menjaga keberlangsungan (*sustainability*) institusi dengan mempertimbangkan berbagai alasan, antara lain karena perubahan organisasi institusi (Todnem By, 2005), perubahan produk yang disebabkan oleh perubahan kebutuhan pelanggan, kebutuhan optimasi proses (Kurniawan, et al., 2011).

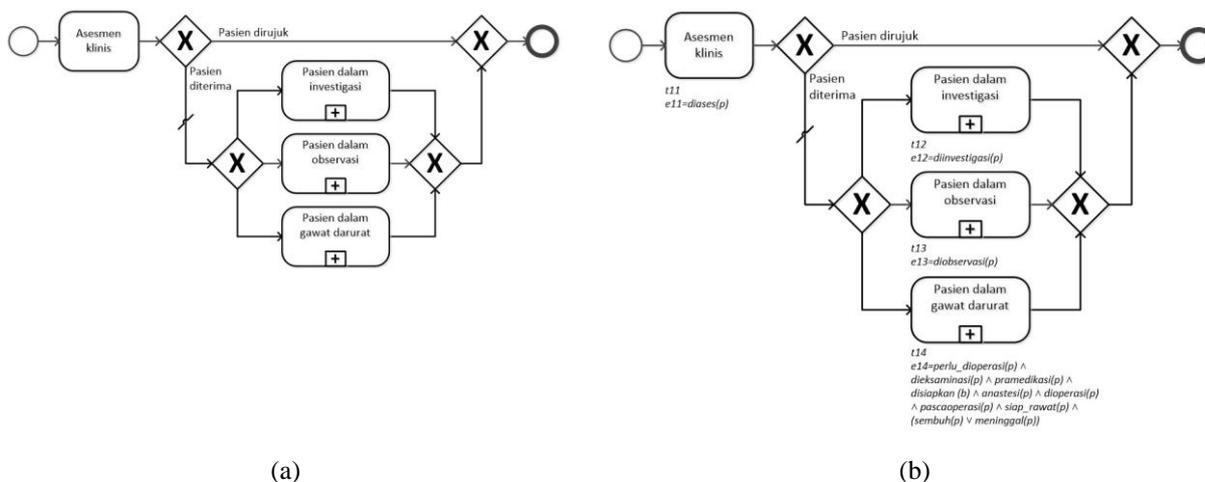
Perubahan proses bisnis tersebut harus dilakukan dengan tetap memperhatikan relasi saling ketergantungan antar model proses, mengingat sebuah perubahan proses bisa merusak relasi antar proses yang sudah ada dalam sebuah repositori. Mengelola perubahan proses dalam sebuah repositori model proses bisnis yang kompleks seperti itu bukanlah sesuatu yang mudah karena diperlukan mekanisme penalaran perubahan jika harus mempertahankan kesetimbangan relasi antar proses (Chua & Hossain, 2012) (Kurniawan, et al., 2012) (Weidlich, et al., 2012) (Mafazi, et al., 2013). Hal yang sama juga terjadi pada relasi antara proses dengan servis yang bersesuaian dalam sebuah sistem berbasis servis (Wang, et al., 2012). Untuk itu diperlukan sebuah alat bantu berbasis komputer yang handal guna menjaga konsistensi relasi yang terbentuk. Berdasarkan hal itu, peneliti berpendapat bahwa penentuan taksonomi dan pendefinisian secara formal dari berbagai bentuk relasi ketergantungan antar model proses menjadi aspek mendasar yang harus dilakukan agar alat bantu tersebut bisa berfungsi dengan baik. Namun demikian, penelitian yang telah ada belum sepenuhnya membahas kedua hal tersebut, seperti yang dibahas pada (Koliadis & Ghose, 2007), (Malone, et al., 2003), (Aalst & Hee, 1995) (Aalst & Basten, 2002). Penelitian-penelitian tersebut sudah mengusulkan klasifikasi relasi antar proses bisnis tetapi belum membahas formalisasinya. Untuk mengatasi hal itu, peneliti telah mengusulkan pendekatan baru dalam rangka penentuan taksonomi

dan formalisasi dari relasi antar proses bisnis pada publikasi sebelumnya (Kurniawan, et al., 2012). Namun demikian, dari hasil evaluasi ternyata sebagian formalisasi tersebut perlu diperbaiki dan disempurnakan, sebagaimana yang akan dijelaskan di dalam artikel ini. Formalisasi relasi antar model proses didasarkan hanya pada proses bisnis yang dimodelkan dengan menggunakan bahasa pemodelan BPMN (*business process model and notation*)¹ yang diperkaya dengan anotasi efek.

Pembahasan dalam artikel ini terbagi dalam beberapa bagian. Bagian 2 menjelaskan konsep pemodelan proses bisnis yang diperkaya dengan anotasi efek. Bagian 3 membahas taksonomi dan formalisasi relasi antar proses. Bagian 4 mengilustrasikan penggunaan formalisasi relasi antar proses. Bagian 5 menjelaskan secara singkat penelitian-penelitian sejenis yang telah dilakukan. Dan terakhir, Bagian 6 menjelaskan kesimpulan dan penelitian lanjutan yang mungkin bisa dilakukan.

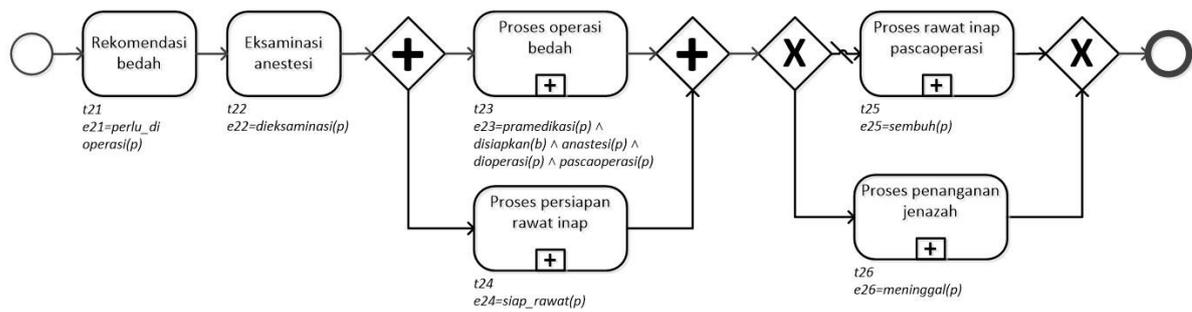
2. MODEL PROSES BISNIS YANG BERANOTASI EFEK

Anotasi efek berhubungan dengan hasil atau dampak sebuah aktivitas dalam sebuah model proses (Koliadis & Ghose, 2007). Aktivitas menyatakan pekerjaan yang dilakukan dalam sebuah proses bisnis. Aktivitas di dalam sebuah proses bisa bersifat atom (disebut dengan *task*) atau majemuk (disebut dengan *sub-process*) (White, 2004). Sebuah *task* adalah sebuah pekerjaan yang berada pada level terbawah dan sudah tidak bisa didekomposisi lagi menjadi pekerjaan-pekerjaan yang lain. *Sub-process* adalah pekerjaan yang masih bisa didekomposisi menjadi serangkaian pekerjaan lain yang dijelaskan dalam sebuah proses yang berbeda.



Gambar 1. Model proses bisnis ‘Manajemen Kedatangan Pasien Bedah Syaraf’: (a) tanpa anotasi efek, diadopsi secara parsial dari (Bertolini, et al., 2011); (b) dengan anotasi efek

¹ Homepage: <http://www.bpmn.org/>



Gambar 2. Model proses bisnis ‘Pasien di IGD’, sebagai perluasan *sub-process* t_{14} pada Gambar 1(b)

Sebuah model proses bisnis BPMN yang diperkaya dengan anotasi efek memiliki karakteristik khusus, yaitu setiap aktivitas, baik *task* maupun *sub-process*, akan diberikan anotasi efek yang disebut dengan efek seketika (*immediate effects*) (Author, 2013). Efek seketika adalah hasil atau dampak yang diperoleh dari eksekusi sebuah aktivitas. Oleh karena sebuah aktivitas bisa berupa *task* atau *sub-process*, maka efek seketika e_t dari sebuah aktivitas t (yang berupa *sub-process*) bisa bersifat tidak pasti (*non-deterministic*), karena untuk menghasilkan e_t bisa terdapat lebih dari 1 jalur eksekusi pada t . Banyaknya jalur eksekusi tersebut disebabkan oleh adanya pilihan jalur yang bisa diambil (dengan adanya sepasang gerbang-XOR atau lebih) pada sebuah proses. Oleh karena itu, e_t merupakan hasil atau dampak yang tidak bergantung pada konteks (*context-independent*) dari eksekusi t (yang berada pada proses apapun) dan merupakan himpunan dari skenario efek $\{es_1, es_2, \dots, es_n\}$ berdasarkan pada 1 sampai n jalur pada eksekusi tersebut. Dalam hal ini, karakteristik efek seketika dari *task* dan *sub-process* akan bisa berbeda. Untuk *task*, efek seketikanya hanya akan terdiri dari 1 skenario efek sehingga bersifat past (*deterministic*). Sedangkan untuk *sub-process*, efek seketikanya bersifat tidak pasti karena skenario efeknya bisa lebih dari 1.

Efek seketika dianotasikan pada setiap aktivitas dalam bentuk CNF (*conjunctive normal form*) sehingga memungkinkan proses analisis bisa menjelaskan efek seketika dalam bentuk himpunan dari kalimat hasil (*outcome clauses*). Setiap kalimat hasil direpresentasikan dengan menggunakan bahasa yang lebih formal dibandingkan bahasa natural, misalnya CNL (*controlled natural language*), sehingga memungkinkan komputer (dengan menggunakan teknik *theorem-prover*) bisa melakukan inferensi.

Untuk eksekusi sebuah proses yang komplisit maka akan menghasilkan efek kumulatif (*cumulative effects*). Efek kumulatif diperoleh dari akumulasi seluruh efek seketika dari aktivitas-aktivitas yang dilakukan sebelumnya, selama konsisten, sampai dengan titik di mana eksekusi berakhir di dalam sebuah proses dengan mempertimbangkan jalur yang dilalui. Inkonsistensi efek seketika terjadi jika terdapat kontradiksi atau saling meniadakan dari 2

atau lebih efek seketika yang muncul secara berurutan. Sebagai contoh, efek ‘*pintu_terbuka*’ dan ‘*pintu_tertutup*’ jika merupakan efek seketika dari 2 aktivitas berbeda yang dijalankan secara berurutan maka hasil akhirnya adalah ‘*pintu_tertutup*’ dan bukan ‘*pintu_terbuka dan pintu_tertutup*’.

Untuk mengelola variasi efek kumulatif tersebut maka digunakan konsep skenario efek (*effect scenario*). Sebuah skenario efek akan merepresentasikan sebuah jalur eksekusi dalam sebuah model proses bisnis. Sebuah proses bisnis bisa memiliki lebih dari satu skenario efek pada efek kumulatifnya di setiap titik yang ditentukan dalam proses.

Dengan penggunaan konsep anotasi efek pada proses model ini maka analisis statis pada saat *design time* dapat dilakukan pada sebuah proses untuk mengetahui dampak yang dihasilkan jika eksekusi dilakukan sampai titik tertentu pada proses tersebut. Dalam kasus lain, analisis proses mungkin perlu mengetahui proses mana saja yang hasil eksekusinya mengandung dampak tertentu dari sekumpulan proses bisnis dalam sebuah repositori sehingga bisa dilakukan analisis lanjutan untuk mengetahui tingkat kemiripan antar model proses.

Gambar 1(a) mengilustrasikan sebuah contoh proses bisnis tentang manajemen kedatangan pasien bedah syaraf di sebuah rumah sakit yang diadopsi secara parsial dari (Bertolini, et al., 2011), yang model aslinya dinyatakan dalam notasi EPC (*event-driven process chain*), dan selanjutnya ditransformasikan dalam notasi BPMN untuk kebutuhan penelitian ini. Proses ini terdiri dari 1 *task* dan 3 *sub-process*. Sementara, Gambar 1(b) menjelaskan model proses bisnis yang sama yang telah diberikan anotasi efek dalam bentuk FOL (*first order logic*) pada setiap aktivitasnya. Identitas aktivitas ditunjukkan dengan t_{ij} , sedangkan efek seketikanya dinyatakan dengan e_{ij} . Dengan adanya anotasi efek, maka kita bisa mengetahui dengan mudah hasil eksekusi sampai pada titik tertentu dari proses tersebut. Misalnya, jika pasien diterima tetapi harus diobservasi maka analisis hasil akhir eksekusi proses adalah $diases(p) \wedge diobservasi(p)$, karena aktivitas-aktivitas yang akan dilakukan adalah t_{11} dan t_{13} . Analisis yang sama tidak bisa dilakukan jika proses bisnis tersebut tidak diberikan anotasi efek.

3. TAKSONOMI DAN FORMALISASI RELASI

Terdapat dua kategori relasi yang akan dibahas, yaitu ketergantungan fungsional (*functional dependencies*) dan ketergantungan konsistensi (*consistency links*). Kategori pertama terdiri dari relasi: *part-whole* dan *inter-operation*. Kategori kedua terdiri dari relasi: *specialization-generalization*. Pembahasan pada bagian ini merupakan perbaikan dan penyempurnaan terhadap ide yang dibahas di (Author, et al., 2012).

Untuk melakukan analisis efek dalam mendefinisikan relasi secara formal akan digunakan beberapa simbol, yaitu:

- **acc(P)** untuk menyatakan efek kumulatif jika proses *P* dieksekusi sampai pada akhir,
- **CE(P, t_i)** untuk menyatakan efek kumulatif jika proses *P* dieksekusi sampai pada aktivitas *t_i*,
- **es_j** untuk menyatakan skenario efek *ke - j*.

Sebagai catatan, *acc(P)* dan *CE(P, t_i)* masing-masing merupakan himpunan dari skenario efek yang bersifat tidak pasti.

3.1. Part-Whole

Relasi ini menyatakan ketergantungan secara fungsional dari 2 buah proses dimana sebuah proses (*whole*) membutuhkan fungsionalitas dari proses (*part*) yang lain untuk bisa memenuhi fungsionalitasnya sendiri. Secara logik terdapat titik insersi pada proses *whole* dari fungsionalitas proses *part*.

Definition 1. Insertion point

Inseri proses P2 pada aktivitas t dalam proses P1, P1 ↑^t P2, adalah sebuah desain proses yang didapatkan dengan menempatkan proses P2 dalam

P1 sebagai sebuah sub-process yang merupakan ekspansi dari aktivitas t.

Definition 2. Context-dependent part-whole

Diberikan model proses P1 dan P2, P2 adalah direct part dari P1 iff terdapat aktivitas t dalam P1 sedemikian sehingga CE(P1, t) = CE(P1 ↑^t P2, t).

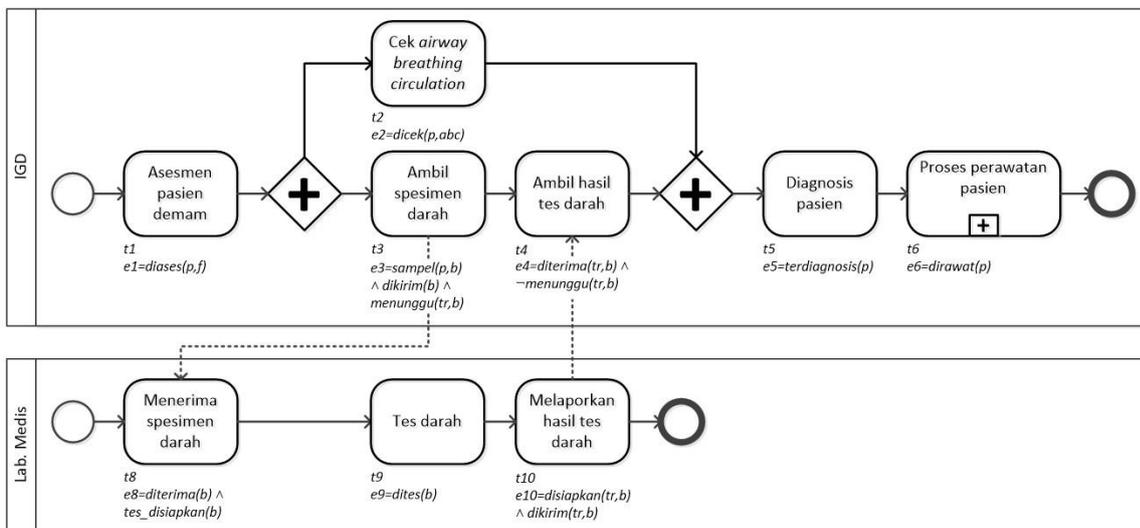
Definition 3. Context-independent part-whole

Diberikan model proses P1 dan P2, P2 adalah direct part dari P1 iff terdapat aktivitas t dalam P1 dengan efek seketika e_t = {es_{t1}, ..., es_{tm}} sedemikian sehingga ∀es_q ∈ acc(P2), ∃es_{tp} dimana es_{tp} = es_q dan ∀es_{tp}, ∃es_q ∈ acc(P2) dimana es_q = es_{tp}, dan 1 ≤ p ≤ m.

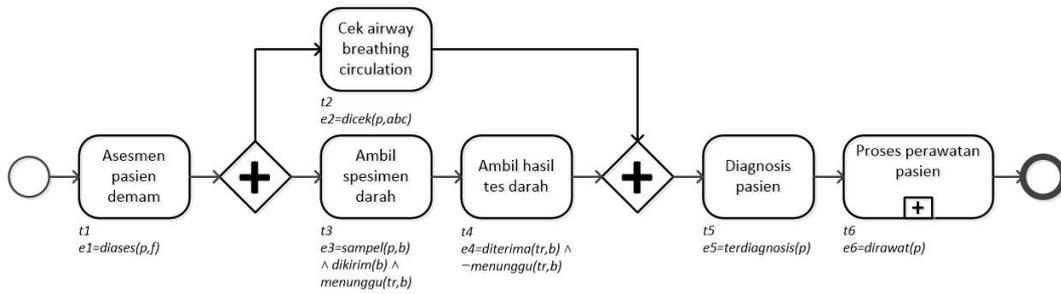
Context-dependent part-whole terjadi sebagai akibat adanya ketergantungan relasi pada efek yang terakumulasi pada seluruh aktivitas sebelum titik insersi *t*. Sedangkan, *context-independent part-whole* tidak bergantung pada konteks proses sama sekali tetapi pada efek seketika dari aktivitas yang berfungsi sebagai titik insersinya saja.

Gambar 2 mengilustrasikan sebuah model proses yang merupakan *part* dari model proses yang ada di Gambar 1(b) pada aktivitas *t₁₄* yaitu ‘Pasien dalam gawat darurat’. Dalam hal ini, model-model proses yang ada di Gambar 1(b) dan Gambar 2 masing-masing berperan sebagai *whole*, dinotasikan P1 dan *part*, dinotasikan P2. Aktivitas *t₁₄* pada Gambar 1(b) berfungsi sebagai *insertion point* untuk proses yang ada di Gambar 2. Relasi kedua proses telah memenuhi ketentuan-ketentuan yang ada pada *Definition 2* dan *3*, dengan penjelasan berikut. Efek kumulatif pada pada titik insersi *t₁₄* adalah CE(P1, *t₁₄*) = {es₁₄₁, es₁₄₂}. Dengan melakukan akumulasi efek, maka diperoleh:

- es₁₄₁ = *diases(p) ∧ perlu_dioperasi(p) ∧ dieksaminasi(p) ∧ pramedikasi(p) ∧ disiapkan(b) ∧ anestesi(p) ∧ dioperasi(p) ∧*



Gambar 3. Model proses ‘Penanganan Pasien Demam di IGD’ yang merupakan relasi *inter-operation* antara proses di Lab. Medis dan IGD



Gambar 4. Model proses 'Penanganan Pasien Demam di IGD', sebagai *generalized process*

$pascaoperasi(p) \wedge siap_rawat(p) \wedge sembuh(p)$;

- $es_{142} = dias(es(p) \wedge perlu_dioperasi(p) \wedge dieksaminasi(p) \wedge pramedikasi(p) \wedge disiapkan(b) \wedge anestesi(p) \wedge dioperasi(p) \wedge pascaoperasi(p) \wedge siap_rawat(p) \wedge meninggal(p)$.

Perhitungan yang lain dengan memasukkan P2 pada titik insersi akan diperoleh $CE(P1 \uparrow^{t_{14}} P2, t_{14}) = \{es'_{141}, es'_{142}\}$, dimana:

- $es'_{141} = dias(es(p) \wedge perlu_dioperasi(p) \wedge dieksaminasi(p) \wedge pramedikasi(p) \wedge disiapkan(b) \wedge anestesi(p) \wedge dioperasi(p) \wedge pascaoperasi(p) \wedge siap_rawat(p) \wedge sembuh(p)$;
- $es'_{142} = dias(es(p) \wedge perlu_dioperasi(p) \wedge dieksaminasi(p) \wedge pramedikasi(p) \wedge disiapkan(b) \wedge anestesi(p) \wedge dioperasi(p) \wedge pascaoperasi(p) \wedge siap_rawat(p) \wedge meninggal(p)$.

Dari analisis efek tersebut dapat disimpulkan bahwa $CE(P1, t_{14}) = CE(P1 \uparrow^{t_{14}} P2, t_{14})$.

3.2. Inter-operation

Relasi ini terjadi di antara dua proses bisnis jika terdapat minimal 1 pesan yang dipertukarkan di antara keduanya dan tidak ada kontradiksi di antara efek kumulatif pada aktivitas-aktivitas yang terlibat dalam pertukaran pesan tersebut.

Definition 4. Inter-operation

Diberikan model proses P1 dan P2, relasi *inter-operation* terjadi di antara kedua proses pada aktivitas t_i dan t_j iff kedua kondisi berikut terpenuhi:

- $\exists t_i$ di P1, $\exists t_j$ di P2 sedemikian sehingga $t_i \rightarrow t_j$, yang menyatakan bahwa t_i mengirim pesan ke t_j , atau arah sebaliknya $t_j \rightarrow t_i$;
- diasumsikan $E_i = \{es_{i1}, es_{i2}, \dots, es_{im}\}$ adalah efek kumulatif proses P1 pada aktivitas t_i , yaitu $CE(P1, t_i)$, dan $E_j = \{es_{j1}, es_{j2}, \dots, es_{jm}\}$ adalah efek kumulatif proses P2 pada aktivitas t_j , yaitu $CE(P2, t_j)$. Maka, tidak ada kontradiksi di antara E_i dan E_j untuk semua $es_{ip} \in E_i$ dan $es_{jq} \in E_j$

sedemikian sehingga $es_{ip} \cup es_{jq} \vdash \perp$ tidak terpenuhi, dimana $1 \leq p \leq m$ dan $1 \leq q \leq n$.

Aktivitas yang mengirimkan pesan disebut dengan *aktivitas pengirim*, sedangkan yang menerima disebut *aktivitas penerima*. Kontradiksi efek terjadi jika efek yang diharapkan (yang terakumulasi di sisi penerima) berbeda atau berlawanan dengan efek yang terjadi (yang terakumulasi di sisi pengirim). Jika hal itu terjadi, maka relasi *inter-operation* tidak relevan untuk dua buah proses yang saling berkirim pesan.

Gambar 3 menggambarkan model proses 'Penanganan Pasien Demam di IGD' yang melibatkan relasi *inter-operation* 2 buah proses dari 2 bagian yang berbeda, yaitu Lab. Medis dan IGD. Kedua proses saling bertukar pesan: dikirim oleh aktivitas t_3 dan diterima oleh t_8 ; serta dikirim oleh aktivitas t_{10} dan diterima oleh t_4 . Kedua pesan yang terkirim memenuhi ketentuan pada *Definition 4*, dengan penjelasan berikut. Secara semantik, kita bisa menganalisis efek akumulatif masing-masing di sisi pengirim dan penerima, yaitu $CE(P1, t_3) = \{es_{13}\}$ dan $CE(P2, t_8) = \{es_{28}\}$ dimana:

- $es_{13} = dias(es(p, f) \wedge sampel(p, b) \wedge dikirim(b) \wedge menunggu(tr, b)$;
- $es_{28} = diterima(b) \wedge tes_disiapkan(b)$.

Dari hasil analisis efek tersebut dapat disimpulkan bahwa $es_{13} \cup es_{28} \vdash \perp$ tidak terpenuhi. Dengan cara yang sama, kita bisa menganalisis untuk pertukaran pesan kedua berlaku hal yang sama untuk $CE(P2, t_{10}) = \{es_{210}\}$ dan $CE(P1, t_4) = \{es_{14}\}$.

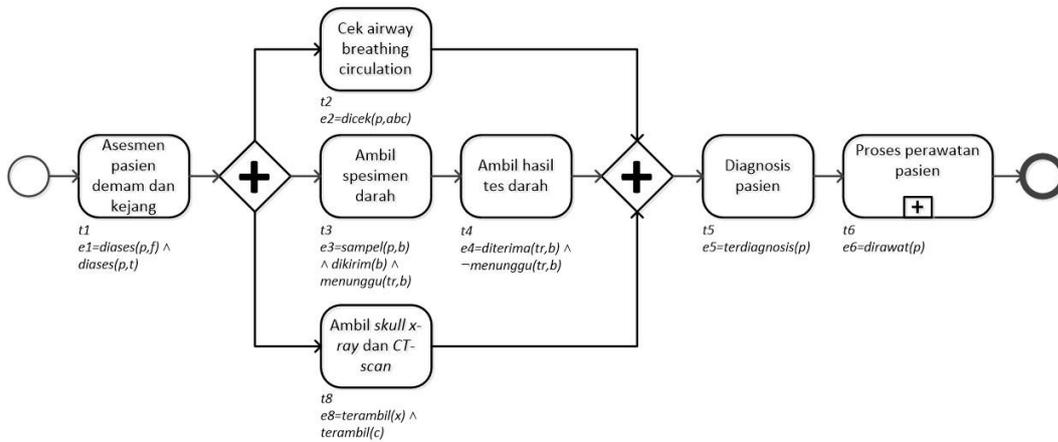
3.3. Generalization-Specialization

Dua buah proses memiliki relasi seperti ini jika secara mendasar salah satu proses memiliki fungsionalitas yang sama dengan proses yang lain tetapi memiliki cakupan yang lebih luas. Pada kondisi ini, secara fungsionalitas proses yang satu merupakan perluasan dari proses yang lain.

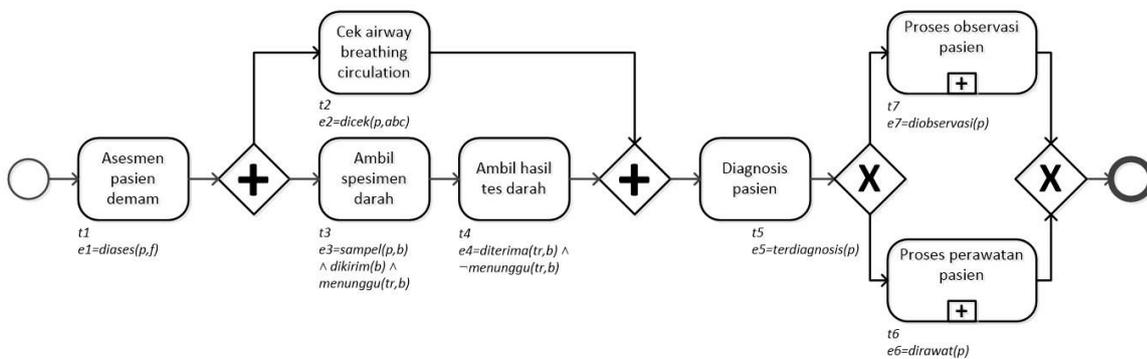
Definition 5. Strict generalization-specialization

Diberikan model proses P1 dan P2, P2 adalah *specialization* dari P1 jika memenuhi aturan berikut:

- $\forall es_i \in acc(P1), \exists es_j \in acc(P2)$ sedemikian sehingga $es_j \models es_i$
- $\forall es_j \in acc(P2), \exists es_i \in acc(P1)$ sedemikian sehingga $es_j \models es_i$



Gambar 5. Model proses ‘Penanganan Pasien Demam dan Kejang di IGD’, sebagai *specialized process* dalam skema *strict generalization-specialization*



Gambar 6. Model proses ‘Penanganan Pasien Demam dengan Opsi Observasi di IGD’, sebagai *specialized process* dalam skema *relax generalization-specialization*

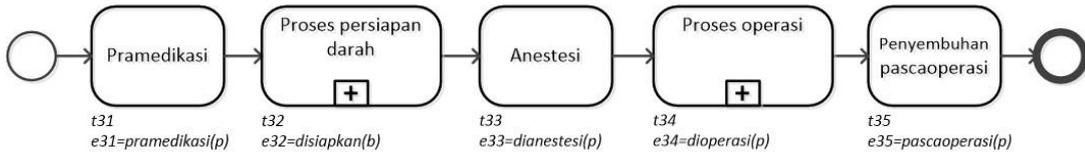
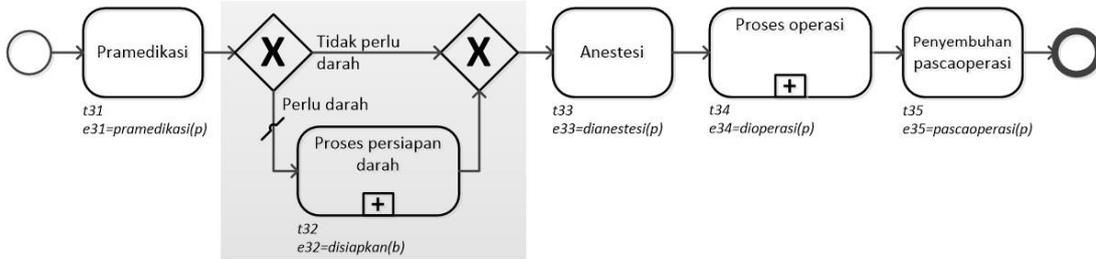
Definition 5 merupakan perbaikan atas definisi yang telah dibahas pada (Author, et al., 2012) tentang *generalization-specialization*, mengingat pada definisi sebelumnya terkandung pengertian yaitu kedua proses yang berelasi bisa dimaknai secara salah sebagai dua buah proses yang sama. Dari definisi yang baru ini, kita berasumsi bahwa ketentuan relasi ini bisa berlaku baik untuk proses yang berada dalam tahap desain maupun eksekusi.

Gambar 4 dan 5 mengilustrasikan dua model proses penanganan pasien demam di ruang gawat darurat. Proses ‘Penanganan Pasien Demam di IGD’ di Gambar 4, disebut $P1$, merupakan sebuah proses yang bersifat umum (*generalized process*) yang menjelaskan prosedur dasar bagi pasien demam. Gambar 5, disebut $P2$, menjelaskan model proses ‘Penanganan Pasien Demam dan Kejang di IGD’ yang merupakan spesialisasi dari proses di Gambar 4 dengan skema yang mengacu pada Definition 5. Spesialisasi ditunjukkan oleh perluasan fungsionalitas yang ada pada: (i) aktivitas yang sama pada kedua proses, yaitu t_1 ; (ii) penambahan aktivitas baru t_8 . Dari hasil analisis efek terhadap $acc(P1)$ dan $acc(P2)$ dapat dibuktikan bahwa ketentuan pada Definition 5 terpenuhi.

Definition 6. Relax generalization-specialization
 Diberikan model proses $P1$ dan $P2$, $P2$ adalah *specialization* dari $P1$ iff $\forall es_i \in acc(P1), \exists es_j \in acc(P2)$ sedemikian sehingga $es_j \models es_i$

Definition 6 merupakan perluasan/penambahan atas definisi yang telah dibahas pada (Author, et al., 2012) tentang *generalization-specialization*. Definisi ini dibuat berdasarkan kenyataan bahwa seorang analis proses, berdasarkan pengalamannya, bisa menyimpulkan adanya relasi *generalization-specialization* antar dua proses meskipun ketentuan pada Definition 5 tidak bisa terpenuhi semuanya.

Gambar 6, disebut $P2'$, tidak bisa disebut sebagai proses spesialisasi dari proses $P1$ di Gambar 4 jika mengacu pada Definition 5. Hal ini disebabkan oleh karena $P2'$ memiliki skenario efek yang tidak ada pada $P1$ dengan adanya gerbang XOR dan aktivitas baru t_7 . Namun demikian, secara intuitif kedua proses bisa disimpulkan memiliki relasi ini hanya pada tahap desain proses dan bukan pada tahap eksekusi proses, dengan mengacu pada konsep pewarisan klas yang ada pada pendekatan *object-oriented* (Booch, 1994). Dalam hal ini, $P2'$ memiliki himpunan skenario efek yang merupakan perluasan/pewarisan dari himpunan skenario efek

Gambar 7. Model proses bisnis ‘Operasi Bedah’, sebagai perluasan *sub-process* t_{23} pada Gambar 2

Gambar 8. Model proses bisnis pada Gambar 7 yang dimodifikasi pada daerah yang diarsir

yang dimiliki oleh $P1$. Berdasarkan pertimbangan ini, *Definition 6* merupakan definisi yang lebih longgar untuk menjelaskan relasi *generalization-specialization* dari sepasang proses. Dengan definisi ini maka $P2'$ bisa dinyatakan sebagai spesialisasi dari $P1$ karena setiap skenario efek yang ada di $P1$ terpenuhi oleh efek skenario yang ada di $P2'$.

4. SIMULASI MANAJEMEN PERUBAHAN MODEL PROSES BISNIS

Untuk memberikan ilustrasi bagaimana formalisasi relasi antar model proses bisnis diperlukan dalam manajemen model proses bisnis, kita akan membahas 2 aspek penting yaitu: (i) manajemen perubahan model proses yang diinisiasi oleh modifikasi pada salah satu model, dan (ii) pencarian model proses berdasarkan kata kunci efek seketika yang diberikan. Kita akan menggunakan sebuah repositori sederhana yang terdiri dari 3 buah model proses bisnis, yaitu masing-masing ditunjukkan pada Gambar 1(b) sebagai proses $P1$, Gambar 2 sebagai proses $P2$, dan Gambar 7 sebagai proses $P3$. Ketiga model menggambarkan hubungan *part-whole* antar proses bisnis. Proses $P2$ ‘Pasien di IGD’ merupakan **part** dari proses $P1$ ‘Manajemen Kedatangan Pasien Bedah Syaraf’. Sedangkan, proses $P3$ ‘Operasi Bedah’ merupakan **part** dari proses $P2$ ‘Pasien di IGD’. Berdasarkan analisis efek, masing-masing relasi telah memenuhi ketentuan *context-dependent part-whole* dengan mengacu pada *Definition 1* dan 2.

4.1. Manajemen perubahan model proses

Untuk menjalankan simulasi manajemen perubahan ini, harus ada sebuah proses yang diubah. Proses $P3$ pada Gambar 7 perlu dimodifikasi mengingat dalam kenyataannya tidak semua tindakan operasi membutuhkan persiapan darah, sebagaimana diilustrasikan sebagai proses $P3'$ pada Gambar 8. Berdasarkan perubahan ini, maka efek kumulatif

proses menjadi berbeda dengan sebelumnya, yaitu $acc(P3) = \{es_{31}\}$ dan $acc(P3') = \{es'_{31}, es'_{32}\}$ dengan penjelasan berikut:

- $es_{31} = pramedikasi(p) \wedge disiapkan(b) \wedge dianestesi(p) \wedge dioperasi(p) \wedge pascaoperasi(p)$
- $es'_{31} = pramedikasi(p) \wedge disiapkan(b) \wedge dianestesi(p) \wedge dioperasi(p) \wedge pascaoperasi(p)$
- $es'_{32} = pramedikasi(p) \wedge dianestesi(p) \wedge dioperasi(p) \wedge pascaoperasi(p)$

Dengan menambahkan sepasang gerbang-XOR, seperti terlihat pada Gambar 8, maka ada penambahan jumlah skenario efek pada $P3$ sehingga menjadi $P3'$. Pasca modifikasi, jumlah skenario efek kedua proses menjadi tidak sama karena adanya es_{32} , meskipun $es_{31} = es'_{31}$. Dengan demikian maka kesimpulannya adalah $acc(P3) \neq acc(P3')$. Perbedaan ini menyebabkan terjadinya gangguan relasi antara proses $P3$ yang dimodifikasi menjadi $P3'$ dengan proses $P2$, karena $CE(P2, t_{23}) \neq CE(P2 \uparrow^{t_{23}} P3', t_{23})$, sehingga *Definition 1* dan 2 tidak terpenuhi lagi. Sedangkan kondisi sebelumnya adalah $CE(P2, t_{23}) = CE(P2 \uparrow^{t_{23}} P3, t_{23})$. Agar gangguan relasi tersebut bisa diselesaikan maka proses $P2$ perlu dilakukan perubahan menjadi proses $P2'$, dengan memodifikasi efek seketika dari aktivitas t_{23} sehingga menjadi $e'_{23} = \{es_{231}, es_{232}\}$, dimana:

- $es_{231} = pramedikasi(p) \wedge disiapkan(b) \wedge dianestesi(p) \wedge dioperasi(p) \wedge pascaoperasi(p)$; dan
- $es_{232} = pramedikasi(p) \wedge dianestesi(p) \wedge dioperasi(p) \wedge pascaoperasi(p)$.

Selanjutnya, perubahan proses $P2$ ini akan menimbulkan gangguan relasi dengan proses $P1$ karena $CE(P1, t_{14}) \neq CE(P1 \uparrow^{t_{14}} P2', t_{14})$. Dengan jalan yang sama, gangguan relasi bisa diselesaikan dengan merubah efek seketika dari aktivitas t_{14} pada proses $P1$ untuk menjadi $P1'$. Sebagai hasil akhir,

repositori proses akan terdiri dari proses-proses $P1'$, $P2'$, dan $P3'$ setelah adanya perubahan-perubahan model proses dalam rangka untuk menjaga kesetimbangan relasi antar proses.

Mekanisme di atas merupakan proses untuk melakukan penjalaran perubahan (*change propagation*) pada model proses bisnis dalam rangka untuk menjaga kesetimbangan relasi antar model proses sehingga masing-masing relasi tetap memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah diatur dalam masing-masing *Definition*. Dengan adanya anotasi efek pada masing-masing aktivitas dari setiap model proses, maka proses identifikasi gangguan relasi dapat dilakukan secara otomatis oleh sebuah program komputer berdasarkan analisis efek kumulatifnya di titik-titik yang diperlukan pada model tersebut.

4.2. Manajemen pencarian model proses

Dalam sebuah repositori yang memiliki model proses yang berjumlah banyak, bisa ratusan bahkan ribuan, pencarian proses bisnis tidak mudah untuk dilakukan. Pencarian model proses biasanya dilakukan dengan mencari tingkat kemiripan dengan model proses yang dijadikan acuan berdasarkan struktur atau perilaku dari model proses secara keseluruhan maupun fragmentasinya (Dijkman, et al., 2011) (Becker & Laue, 2012) (Dumas, et al., 2013). Secara berbeda, kita akan melakukan simulasi untuk pencarian model proses berdasarkan semantiknya yang direpresentasikan dalam bentuk efek yang dihasilkan dari eksekusi satu atau lebih aktivitas dalam sebuah model proses. Sebagai acuan pencarian adalah sekumpulan efek seketika yang dinyatakan dalam bentuk CNF. Sebagai hasilnya adalah sekumpulan model proses yang efek kumulatifnya mengandung efek acuan yang telah ditentukan. Selanjutnya, analisis proses akan melakukan pemilihan model proses yang paling sesuai dari sekumpulan model yang direkomendasikan oleh aplikasi.

Sebagai ilustrasi, jika ditentukan efek yang digunakan sebagai acuan pencarian adalah $diases(p) \wedge diinvestigasi(p)$, maka hasil yang direkomendasikan adalah proses $P1$ yang dijelaskan pada Gambar 1(b). Efek kumulatif proses tersebut adalah $acc(P1) = \{es_{11}, es_{12}, es_{13}, es_{14}, es_{15}\}$, dimana:

- $es_{11} = diases(p)$
- $es_{12} = diases(p) \wedge diinvestigasi(p)$
- $es_{13} = diases(p) \wedge diobservasi(p)$
- $es_{14} = diases(p) \wedge perlu_dioperasi(p) \wedge dieksaminasi(p) \wedge pramedikasi(p) \wedge disiapkan(b) \wedge anestesi(p) \wedge dioperasi(p) \wedge pascaoperasi(p) \wedge siap_rawat(p) \wedge sembuh(p)$
- $es_{15} = diases(p) \wedge perlu_dioperasi(p) \wedge dieksaminasi(p) \wedge pramedikasi(p) \wedge disiapkan(b) \wedge anestesi(p) \wedge dioperasi(p) \wedge$

$$pascaoperasi(p) \wedge siap_rawat(p) \wedge meninggal(p)$$

Hasil analisis efek menunjukkan bahwa efek acuan sesuai dengan efek yang dihasilkan dari eksekusi proses $P1$ pada salah satu skenario efek, yaitu es_{12} . Sedangkan kedua proses yang lain, $P2$ dan $P3$, tidak memiliki satupun skenario efek yang sesuai dengan efek acuan.

5. PENELITIAN SEJENIS

Penelitian tentang taksonomi dan formalisasi relasi antar model proses bisnis sejauh ini dilakukan sangat terbatas oleh para peneliti sebelumnya, sebagaimana yang dibahas pada (Koliadis & Ghose, 2007), (Malone, et al., 2003), (Aalst & Hee, 1995) (Aalst & Basten, 2002). Relasi *part-whole* yang diusulkan dalam artikel ini bersesuaian dengan *use-parts* dalam (Malone, et al., 2003) meskipun relasi *use-parts* tersebut tidak dinyatakan secara formal. Mereka menggunakan dekomposisi dalam mengelola pengetahuan/informasi yang berkaitan dengan proses-proses yang ada dalam repositori. Relasi *inter-operation* yang dibahas dalam artikel ini memperluas pengertian yang ada di (Koliadis & Ghose, 2007) dan sekaligus diformalisasi. Selanjutnya, relasi *specialization-generalization* yang dibahas pada artikel ini memiliki kemiripan dengan yang ada di (Malone, et al., 2003), meskipun mereka menggunakan istilah *specializations-generalizations*. Konsep *specialization* mereka didasarkan pada perilaku (*behavior*) dari proses, dimana perilaku dari proses yang bersifat spesialisasi merupakan bagian (*subset*) dari perilaku proses yang bersifat umum. Sejauh ini, konsep *specialization-generalization* yang dibahas pada artikel ini lebih dekat pengertiannya dengan konsep *projection inheritance* yang dibahas di (Aalst & Basten, 2002).

Berbeda dengan berbagai penelitian yang sudah ada, konsep relasi antar model proses bisnis yang diajukan dalam artikel ini didasarkan pada anotasi efek semantik yang memungkinkan manajemen relasi antar model proses bisnis dalam sebuah repositori proses bisa dilakukan secara semiotomatis dengan bantuan sebuah aplikasi.

6. KESIMPULAN

Taksonomi dan formalisasi dari 3 jenis relasi yang mungkin terjadi antar model proses bisnis dalam sebuah repositori proses bisnis telah dibahas, yaitu *part-whole*, *inter-operation*, dan *specialization-generalization*. Pembahasan ketiga relasi tersebut dibangun berdasarkan konsep anotasi efek secara semantik pada model proses bisnis yang merupakan perbaikan dan penyempurnaan terhadap artikel yang sudah pernah dipublikasikan sebelumnya. Dari hasil simulasi, dapat diketahui bahwa manajemen model proses, misalnya dalam hal manajemen perubahan dan pencarian proses, pada sebuah repositori proses

yang kompleks dan besar dapat dilakukan dengan pendekatan anotasi efek semantik ini. Sehingga, dengan adanya taksonomi dan formalisasi tersebut, maka manajemen relasi antar model proses dalam sebuah repositori yang kompleks dan besar bisa dilakukan secara semiotomatis dengan bantuan sebuah aplikasi. Peran analisis proses tetap diperlukan dalam melakukan penentuan akhir terhadap rekomendasi yang diberikan oleh aplikasi, sehingga manajemen proses dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien.

7. DAFTAR PUSTAKA

- AALST, W. M. P. V. D. & BASTEN, T., 2002. Inheritance of workflows: an approach to tackling problems related to change. *Theoretical Computer Science*, 270(1), pp. 125-203.
- AALST, W. M. P. V. D. & HEE, K. M. V., 1995. Framework for business process redesign. *Proceedings of the Fourth Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprise*, pp. 36-45.
- BECKER, M. & LAUE, R., 2012. A comparative survey of business process similarity measures. *Computers in Industry*, 63(2), pp. 148-167.
- BERTOLINI, M., BEVILACQUA, M., CIARAPICA, F. E. & GIACCHETTA, G., 2011. Business process re-engineering in healthcare management: a case study. *Business Process Management Journal*, 17(1), pp. 42-66.
- BOOCH, G., 1994. *Object Oriented Analysis & Design with Application*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc..
- CHUA, D. K. & HOSSAIN, M. A., 2012. Predicting change propagation and impact on design schedule due to external changes. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, 59(3), pp. 483-493.
- DIJKMAN, R. ET AL., 2011. Similarity of business process models: Metrics and evaluation. *Information Systems*, 36(2), pp. 498-516.
- DIJKMAN, R. M., LA ROSA, M. & REIJERS, H. A., 2012. Managing large collections of business process models-current techniques and challenges. *Computers in Industry*, 63(2), pp. 91--97.
- DUMAS, M., GARCIA-BAÑUELOS, L., LA ROSA, M. & UBA, R., 2013. Fast detection of exact clones in business process model repositories. *Information Systems*, 38(4), pp. 619-633.
- EKANAYAKE, C. C., LA ROSA, M., TER HOFSTEDÉ, A. H. & FAUVET, M.-C., 2011. Fragment-based version management for repositories of business process models. Dalam: *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2011*. Springer, pp. 20-37.
- KOLIADIS, G. & GHOSE, A., 2007. Verifying semantic business process models in inter-operation. Dalam: *IEEE International Conference on Services Computing, 2007. SCC 2007*. IEEE, pp. 731-738.
- KURNIAWAN, T. A., GHOSE, A. K., DAM, H. K. & LÊ, L.-S., 2012. Relationship-preserving change propagation in process ecosystems. *Service-Oriented Computing*, pp. 63-78.
- KURNIAWAN, T. A., GHOSE, A. K. & LÊ, L.-S., 2011. A framework for optimizing inter-operating business process portfolio. Dalam: *Information Systems Development*. Springer, pp. 383-396.
- KURNIAWAN, T. A., GHOSE, A. K., LÊ, L.-S. & DAM, H. K., 2012. On formalizing inter-process relationships. *Business Process Management Workshops*, pp. 75-86.
- MAFAZI, S., GROSSMANN, G., MAYER, W. & STUMPTNER, M., 2013. On-the-fly change propagation for the co-evolution of business processes. *On the Move to Meaningful Internet Systems*, pp. 75-93.
- MALONE, T. W. ET AL., 1999. Tools for inventing organizations: Toward a handbook of organizational processes. *Management Science*, Volume 45, pp. 425-443.
- MALONE, T. W., CROWSTON, K. & HERMAN, G. A., 2003. *Organizing business knowledge: the MIT process handbook*. MIT press.
- TODNEM By, R., 2005. Organisational change management: A critical review. *Journal of Change Management*, Volume 5, pp. 369-380.
- WANG, Y., Yang, J., ZHAO, W. & SU, J., 2012. Change impact analysis in service-based business processes. *Service Oriented Computing and Applications*, 6(2), pp. 131-149.
- WEIDLICH, M., MENDLING, J. & WESKE, M., 2012. Propagating changes between aligned process models. *Journal of Systems and Software*, 85(8), pp. 1885-1898.
- WESKE, M., 2012. *Business process management: concepts, languages, architectures*. 2nd Edition. Berlin: Springer Science & Business Media.
- WHITE, S. A., 2004. Introduction to BPMN. *BPTrends*, Volume 2, pp. 1-11.

SISTEM REKOMENDASI PADA E-COMMERCE MENGGUNAKAN K-NEAREST NEIGHBOR

Chandra Saha Dewa Prasetya

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada
Email: chandrasahadp@gmail.com

(Naskah masuk: 19 Juli 2017, diterima untuk diterbitkan: 28 September 2017)

Abstrak

Semakin banyaknya informasi produk yang ada di internet menghadirkan tantangan baik pembeli maupun pebisnis online dalam lingkungan e-commerce. Pembeli sering mengalami kesulitan saat mencari produk di internet karena banyaknya produk yang dijual di internet. Selain itu, pebisnis online sering mengalami kesulitan karena memiliki data mengenai produk, pembeli, dan transaksi yang sangat banyak, sehingga menyebabkan pebisnis online mengalami kesulitan untuk mempromosikan produk yang tepat pada target pembeli tertentu. Sistem rekomendasi dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan berbagai metode seperti *Collaborative Fltering*, *Content based*, dan *Hybrid*. Metode *Collaborative Fltering* menggunakan data rating pembeli, *Content Based* menggunakan konten produk seperti judul atau deskripsi, dan *Hybrid* menggunakan keduanya sebagai dasar rekomendasi. Dengan menggunakan basis data graf, maka model sistem rekomendasi dapat dirancang dengan berbagai metode pendekatan sekaligus. Pada penelitian ini, algoritma *k-Nearest Neighbor* digunakan untuk menentukan top-n rekomendasi produk untuk setiap pembeli. Hasil dari penelitian ini metode *Content Based* mengungguli metode lain karena data yang digunakan *sparse*, yaitu kondisi dimana jumlah rating yang diberikan pembeli relatif sedikit terhadap banyaknya produk yang tersedia pada e-commerce.

Kata kunci: *sistem rekomendasi, k-nearest neighbor, collaborative filtering, content based.*

Abstract

The growing number of product information available on the internet brings challenges to both customer and online businesses in the e-commerce environment. Customer often have difficulty when looking for products on the internet because of the number of products sold on the internet. In addition, online businessman often experience difficulties because they has much data about products, customers and transactions, thus causing online businessman have difficulty to promote the right product to a particular customer target. A recommendation system was developed to address those problem with various methods such as Collaborative Filtering, ContentBased, and Hybrid. Collaborative filtering method uses customer's rating data, content based using product content such as title or description, and hybrid using both as the basis of the recommendation. In this research, the k-nearest neighbor algorithm is used to determine the top-n product recommendations for each buyer. The result of this research method Content Based outperforms other methods because the sparse data, that is the condition where the number of rating given by the customers is relatively little compared the number of products available in e-commerce.

Keywords: *recomendation system, k-nearest neighbor, collaborative filtering, content based.*

1. PENDAHULUAN

Semakin banyaknya informasi produk yang ada di internet menghadirkan tantangan baik pembeli maupun pebisnis online dalam lingkungan e-commerce. Pembeli sering mengalami kesulitan saat mencari produk di internet karena banyaknya produk yang dijual di internet. Pebisnis online sering mengalami kesulitan karena memiliki data mengenai produk, pembeli, dan transaksi yang sangat banyak, sehingga menyebabkan pebisnis online mengalami kesulitan untuk mempromosikan produk yang tepat pada target pembeli tertentu. Menurut Knijnenburg et al. (2012) sistem rekomendasi secara otomatis dapat menganalisis penggunaan data calon pembeli untuk

menyaring konten halaman web, mengkategorisasi pesan newsgroup, dan merekomendasikan informasi. Sistem rekomendasi menganalisis data mengenai produk atau interaksi pengguna dan produk untuk menemukan hubungan antara produk dan pengguna. Hasil yang diterima akan ditampilkan sebagai rekomendasi.

Konsep sistem rekomendasi telah digunakan oleh berbagai bisnis online seperti amazon.com dan ebay.com sebagai alat bisnis. Sistem rekomendasi dilaporkan telah meningkatkan penjualan produk dan membangun loyalitas pembeli (Mobasher, 2007). Dalam sistem rekomendasi terdapat beberapa metode yang sering digunakan yaitu *Collaborative Filtering*, *Content Based*, dan *Hybrid*. *Collaborative Filtering* menggunakan riwayat pemilihan atau riwayat penilaian sebagai dasar untuk menentukan

rekomendasi. *Content Based* menggunakan kesamaan produk untuk ditawarkan kepada pembeli. Sedangkan metode *Hybrid* menggabungkan metode dua atau lebih metode untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih baik.

Pengembangan sistem rekomendasi sering mengalami 2 tantangan. Yang pertama bagaimana menggambarkan berbagai macam informasi mengenai produk dan pengguna dan bagaimana. Selain itu bagaimana membangun sebuah model yang fleksibel untuk digunakan dengan berbagai metode pendekatan yang berbeda. Pada penelitian ini akan digunakan algoritma k-nearest neighbor untuk menemukan top-n rekomendasi produk untuk setiap pembeli. Algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN) memiliki beberapa kelebihan yaitu kemudahan, efektivitas, intuitif, dan performa klasifikasi yang kompetitif dalam banyak domain (Imandoust dan Bolandraftar, 2013).

2. DASAR TEORI

Sistem rekomendasi membantu pengguna untuk mengidentifikasi

2.1 Sistem Rekomendasi

Sistem rekomendasi membantu pengguna untuk mengidentifikasi produk yang sesuai dengan kebutuhan, kesenangan, dan keinginan user. Sistem rekomendasi akan membimbing user untuk menemukan produk yang relevan dan berguna dari banyaknya produk yang tersedia .

Menurut sejak pertama Tang et al. (2013) kali ditemukan pada tahun 1990, ada banyak penelitian mengenai sistem rekomendasi dilakukan. Sistem rekomendasi mulai diaplikasikan ke berbagai bidang dengan metode yang berbeda seperti *Content Based*, *Collaborative Filtering*, dan *Hybrid*. Sistem rekomendasi yang menggunakan metode Content Based menggunakan kesamaan produk untuk ditawarkan kepada pengguna. Namun, metode Content Based memiliki kelemahan yaitu ketika fitur konten yang tersedia terbatas, maka akurasi rekomendasi yang dihasilkan cukup rendah (Yuan et al., 2014).

Collaborative Filtering adalah metode yang paling sering digunakan untuk membangun sistem rekomendasi. Metode ini bergantung pada riwayat pemilihan atau riwayat penilaian (Su dan Khoshgoftaar, 2009). Metode *Hybrid* menggabungkan metode *Content Based* dan *Collaborative Filtering* untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih baik (Tang et al., 2013).

2.2 Vector Space Model

Vector Space Model adalah model aljabar untuk merepresentasikan teks dokumen sebagai vektor dan setiap dimensi sesuai dengan sebuah istilah yang terpisah dalam sebuah ruang vektor. Jika sebuah istilah ada dalam suatu dokumen, maka nilai dari

vektor tersebut tidak nol. Misalkan kita mempunyai n istilah berbeda pada *lexicon*. Kemudian *lexicon*, ℓ , merepresentasikan sebuah kumpulan dari istilah dan dapat didefinisikan pada Persamaan (1).

$$\ell = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\} \quad (1)$$

Kemudian, sebuah vektor \vec{d}_i didefinisikan pada persamaan (2).

$$\vec{d}_i = \{w_{1i}, w_{2i}, w_{3i}, \dots, w_{ni}\} \quad (2)$$

dimana w_{ki} merepresentasikan bobot istilah ke- k pada dokumen i . *Vector Space Model* merupakan dasar dalam operasi information retrieval seperti klasifikasi atau klustering dokumen (Danisman dan Alpkocak, 2008).

2.3 Cosine Similarity

Setelah dokumen direpresentasikan sebagai vektor, maka derajat kesamaan antara dua dokumen dapat dihitung sebagai korelasi antara 2 vektor yang sesuai. Hal ini dapat diukur sebagai dua sudut antar vektor yang disebut *Cosine Similarity*. *Cosine similarity* adalah salah satu metode yang paling populer yang sering diterapkan pada teks dokumen untuk keperluan temu balik informasi dan klustering. Untuk mencari cosine similarity antara dua dokumen \vec{t}_a dan \vec{t}_b ditunjukkan pada Persamaan (3).

$$SIM(\vec{t}_a, \vec{t}_b) = \frac{\vec{t}_a \cdot \vec{t}_b}{|\vec{t}_a| \times |\vec{t}_b|} \quad (3)$$

dimana \vec{t}_a dan \vec{t}_b adalah vektor multi dimensional dari kumpulan istilah $T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$. Setiap dimensi pada vektor merepresentasikan istilah dengan bobotnya pada dokumen yang bernilai non negatif. Hasil dari *Cosine Similarity* bernilai non negatif dan berada diantara nilai 0 dan 1 (Huang, 2008).

2.4 KNN

Algoritma KNN adalah salah satu algoritma yang sering digunakan untuk melakukan klasifikasi. Algoritma termasuk dalam algoritma lazy learning yang mudah untuk diimplementasikan (Alkhatib et al., 2013).

Dalam penggunaan algoritma KNN data dibagi menjadi dua bagian yaitu data latih dan data uji. Data latih digunakan algoritma untuk melakukan dasar prediksi, sedangkan data uji terdiri dari nilai yang diprediksi oleh algoritma (Imandoust dan Bolandraftar, 2013). Data latih diubah menjadi vektor dan sebuah jarak dihitung menggunakan beberapa metode, seperti *euclidean distance* atau *cosine similarity*.

Langkah-langkah algoritma KNN:

1. Menentukan parameter k (jumlah tetangga terdekat)

2. Hitung jarak data latih dengan semua data uji
3. Urutkan jarak tersebut berdasarkan nilai yang terkecil sejumlah k.
4. Tentukan kelompok data uji berdasarkan label mayoritas pada k.

```

Id: 1
ASIN: 0827229534
title: Patterns of Preaching: A Sermon Sampler
group: Book
salesrank: 396585
similar: 5 0804215715 156101074X 0687023955 0687074231 082721619X
categories: 2
[Books[283155]]Subjects[1000]Religion & Spirituality[22]Christianity[12290]
[Books[283155]]Subjects[1000]Religion & Spirituality[22]Christianity[12290]
reviews: total: 2 downloaded: 2 avg rating: 5
2000-7-28 customer: A2JW67OYBU6HHK rating: 5 votes: 10 helpful: 9
2003-12-14 customer: A2VE83MZF98ITY rating: 5 votes: 6 helpful: 5
    
```

Gambar 1. Cuplikan data yang digunakan

2.4 Evaluasi

Metode yang paling dasar dan sering digunakan untuk mengukur performa sistem adalah precision dan recall (Christopher et al, 2008). Gagasan ini dapat dijelaskan dengan confusion matrix pada Tabel 1.

Tabel 1. Confusion matrix

	Prediksi	
	Relevan	Tidak Relevan
Relevan	True Positive	False Positive
Tidak Relevan	False Negative	True Negative

Jika data positif dan diprediksi positif akan dihitung sebagai True Positive (TP), tetapi jika data itu diprediksi negatif maka akan dihitung sebagai False Negative (FN). Jika data negatif dan diprediksi negatif akan dihitung sebagai true negative, tetapi jika data tersebut diprediksi positif maka akan dihitung sebagai False Positive (FP).

Dari Tabel 1 dapat dihitung nilai *precision*, *recall*, dan *F-measure*. *Precision* adalah bagian dari dokumen yang diambil secara benar. Persamaan (4) adalah persamaan untuk menghitung nilai *precision*.

$$precision = \frac{TP}{TP+FP} \tag{4}$$

Recall adalah bagian dari dokumen yang relevan yang diambil. Persamaan (5) adalah persamaan untuk menghitung nilai *recall*.

$$recall = \frac{TP}{TP+FN} \tag{5}$$

F-measure adalah nilai yang mewakili kinerja sistem yang merupakan rata-rata dari nilai *precision* dan *recall* (Christopher et al, 2008). Persamaan (6) adalah persamaan untuk menghitung nilai *F-measure*.

$$F - measure = \frac{2PR}{P+R} \tag{6}$$

3. DATASET

Dataset yang digunakan diambil dari laman Stanford Network Analysis Platform (SNAP) yang berisi metadata produk produk pada e-commerce amazon pada musim panas 2005. Untuk setiap produk terdapat beberapa informasi berikut yaitu judul, salesrank, kategori, group, dan review produk seperti meliputi waktu, rating, dan pembeli. Cuplikan data ditunjukkan pada Gambar 1.

4. PERANCANGAN SISTEM

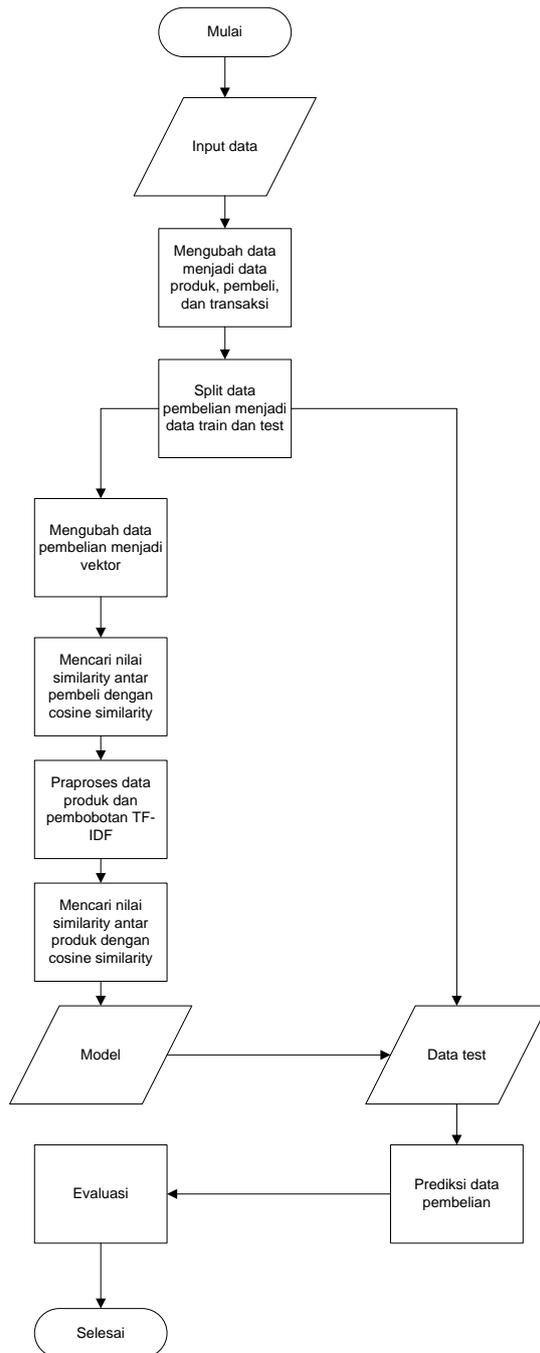
Pada penelitian ini, preprocessing dilakukan terhadap dataset yang berformat txt ke menjadi 3 data yaitu data produk, data pembeli, dan data transaksi. Data yang telah diolah kemudian disimpan dalam format *comma separated value (csv)*.

Kemudian proses *5-fold cross validation* dilakukan pada data transaksi yang terdiri dari id pembeli, id produk, dan rating produk untuk membagi dataset menjadi data train dan data test. Data train adalah data yang digunakan untuk membentuk model. Model ini merupakan representasi pengetahuan yang akan digunakan untuk prediksi kelas data baru yang belum pernah ada. Data test adalah data yang digunakan untuk mengukur sejauh mana model dapat melakukan prediksi dengan benar.

Selanjutnya data transaksi pembeli diubah menjadi vektor dengan dimensi union produk yang akan dibandingkan. Vektor tersebut kemudian dibandingkan dengan vektor lain menggunakan *cosine similarity*. Pada data produk, terdapat beberapa fitur yang dapat digunakan untuk mencari similarity yaitu judul, grup, dan kategori. Untuk masing-masing fitur tersebut dilakukan pembobotan TF-IDF.

Selanjutnya dilakukan vektorisasi dengan dimensi union dari kata yang dibandingkan. *Cosine similarity* kemudian dilakukan untuk mengetahui similarity antara dua vektor yang dibandingkan.. Selanjutnya algoritma KNN dengan metode *Collaborative Filtering*, *Content Based*, atau *Hybrid* dijalankan untuk mencari top-n rekomendasi dengan kepada suatu pembeli. Metode *Collaborative Filtering* menggunakan similarity antar pembeli sebagai dasar rekomendasi.

Metode *Content Based* menggunakan similarity antar produk sebagai dasar rekomendasi. Sedangkan metode *Hybrid* menggabungkan hasil dari *Collaborative Filtering* dan *Content Based* sebagai dasar rekomendasi. Data test hasil dari proses *5-fold cross validation* digunakan sebagai masukan untuk melakukan prediksi. Hasil dari prediksi kemudian dihitung nilai *presisi*, *recall*, dan *F-measure* untuk mengetahui performa metode yang digunakan. Perancangan sistem pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan Sistem

5. PENGUJIAN DAN HASIL

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa metode *Collaborative Filtering*, *Content Based*, dan *Hybrid*. Pengujian dilakukan dengan menghitung nilai *precision*, *recall*, dan *F-measure* dari masing-masing metode. Proses pengujian dilakukan dengan metode 5-fold Cross Validation yaitu membagi data menjadi 5 bagian, kemudian satu bagian pertama dijadikan data latih dan data lainnya menjadi data uji.

Kemudian bagian kedua dijadikan data train dan bagian lainnya dijadikan data test, begitu seterusnya sampai bagian kelima. Sehingga persentase data yang

digunakan untuk penelitian ini adalah 80% data train dan 20% data test. Untuk setiap pembeli akan diberikan rekomendasi produk sebanyak 10, 30, 50, 80, dan 100 dari total 9467 produk yang digunakan pada penelitian ini.

5.1. Contoh Pengujian

Untuk setiap pembeli pada data pengujian akan diberikan rekomendasi produk. Selanjutnya akan dicari nilai *precision* dan *recall* untuk setiap pembeli. Pengujian dilakukan menggunakan parameter k yaitu 10, 30, 50, 80, 100. Contoh hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Contoh pengujian

Kode pembeli	Rekomendasi	Produk dibeli
A1JTG	18059, 7448,	
	13886, 34371,	7448, 1231
	34772, 24475,	34772, 1213
	17361, 30919,	12021, 2341
	21314, 12432	10231, 2134
	12301, 12344	

Dari Tabel 2 nilai *precision* dan *recall* kemudian dihitung sebagai yaitu $precision = 2/(2 + 10) = 0,16$ dan $recall = 2/(2 + 8) = 0,20$.

Proses pengujian untuk setiap percobaan dilakukan terhadap 1323 pembeli. Nilai rata-rata *precision* dan *recall* adalah nilai *precision* dan *recall* pada percobaan tersebut. Nilai *F-measure* untuk percobaan tersebut kemudian dicari menggunakan nilai rata-rata *precision* dan *recall*.

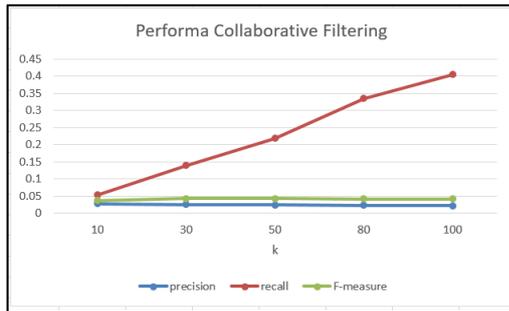
5.2. Pengujian Metode *Collaborative Filtering*

Pada sistem rekomendasi menggunakan metode ini, didapatkan hasil seperti Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Metode *Collaborative Filtering*

k	<i>precision</i>	<i>recall</i>	<i>F-measure</i>
10	0.028	0.053	0.036
30	0.025	0.138	0.0424
50	0.023	0.218	0.0425
80	0.022	0.334	0.0420
100	0.021	0.404	0.041

Dari Tabel 3, metode *Collaborative Filtering* menghasilkan *precision* terbaik pada percobaan dengan parameter $k=10$ yaitu sebesar 0.028. *Recall* terbaik dihasilkan pada percobaan menggunakan $k=100$ yaitu sebesar 0.404. *F-measure* terbaik dihasilkan pada percobaan dengan parameter $k=50$ yaitu sebesar 0.0425. Nilai *precision* terendah dihasilkan pada percobaan dengan parameter $k=100$ yaitu sebesar 0.021. Nilai *recall* dan *F-measure* terendah dihasilkan pada percobaan dengan parameter $k=10$ yaitu sebesar 0.053 dan 0.036. Performa metode *Collaborative Filtering* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Performa Collaborative Filtering

Gambar 3 menunjukkan semakin rendah nilai k maka nilai *precision* dan *F-measure* akan semakin tinggi. Namun nilai *recall* akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi nilai k, maka nilai false positive yaitu barang yang direkomendasikan namun tidak dibeli akan semakin tinggi.

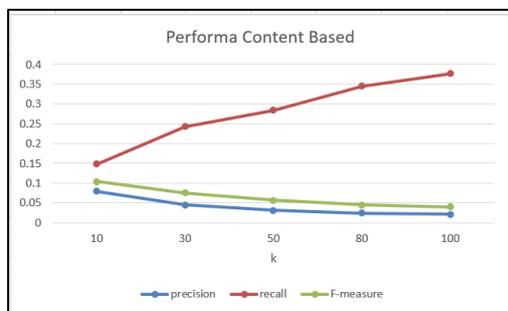
5.3. Pengujian Metode Content Based

Pada sistem rekomendasi menggunakan metode ini, didapatkan hasil seperti Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Metode Content Based

k	precision	recall	F-measure
10	0.080	0.148	0.103
30	0.044	0.242	0.075
50	0.031	0.284	0.057
80	0.024	0.345	0.045
100	0.021	0.377	0.040

Dari Tabel 4, metode *Content Based* menghasilkan *precision*, dan *F-measure* terbaik pada percobaan menggunakan parameter k=10 yaitu sebesar 0.080 dan 0.103. *Recall* tertinggi dihasilkan pada percobaan menggunakan k=100 yaitu sebesar 0.377. Sedangkan nilai *precision*, dan *F-measure* terendah dihasilkan pada percobaan menggunakan nilai k=100 yaitu sebesar 0.0212 dan 0.040. *Recall* terendah dihasilkan pada percobaan menggunakan k=10 yaitu sebesar 0.148. Performa metode *Content Based* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Performa Content Based

Dari Gambar 4 dapat disimpulkan semakin rendah nilai k maka nilai *precision* dan *F-measure* akan semakin tinggi. Namun nilai *recall* akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin

tinggi nilai k, maka nilai false positive yaitu barang yang direkomendasikan namun tidak dibeli akan semakin tinggi.

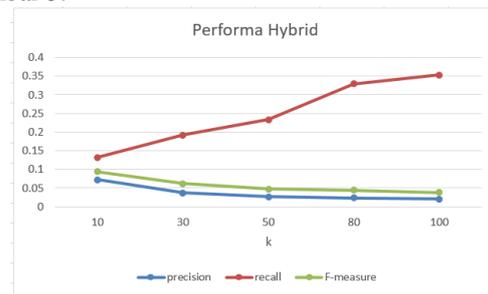
5.4. Pengujian Metode Hybrid

Pada sistem rekomendasi menggunakan metode ini, didapatkan hasil seperti Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Metode Hybrid

K	precision	recall	F-measure
10	0.072	0.1323	0.093
30	0.036	0.192	0.061
50	0.026	0.233	0.057
80	0.023	0.329	0.043
100	0.020	0.353	0.038

Dari Tabel 5, metode *Hybrid* menghasilkan *precision*, dan *F-measure* terbaik pada percobaan menggunakan parameter k=10 yaitu sebesar 0.072 dan 0.093. *Recall* tertinggi dihasilkan pada percobaan menggunakan k=100 yaitu sebesar 0.353. Sedangkan nilai *precision*, dan *F-measure* terendah dihasilkan pada percobaan menggunakan nilai k=100 yaitu sebesar 0.020 dan 0.038. *Recall* terendah dihasilkan pada percobaan menggunakan k=10 yaitu sebesar 0.132. Performa metode *Hybrid* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Performa Hybrid

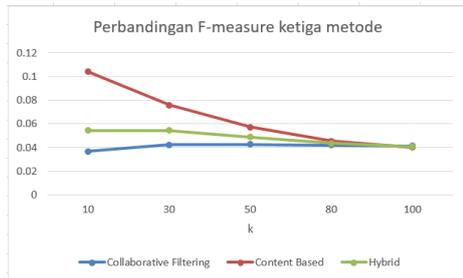
Dari Gambar 5 dapat disimpulkan semakin rendah nilai k maka nilai *precision* dan *F-measure* akan semakin tinggi. Namun nilai *recall* akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi nilai k, maka nilai false positive yaitu barang yang direkomendasikan namun tidak dibeli akan semakin tinggi.

5.5. Perbandingan Performa Ketiga Metode

Dari ketiga metode yang diujikan, maka nilai rata-rata *F-measure* yang dihasilkan dapat dibandingkan untuk mengetahui performa metode mana yang menghasilkan hasil terbaik. Pada Gambar 6 merupakan hasil perbandingan sistem rekomendasi dari ketiga metode yang diaplikasikan.

Tabel 6.4 menunjukkan bahwa metode *Content Based* menghasilkan nilai *F-measure* tertinggi pada parameter k=10 yaitu sebesar 0.103. Sedangkan sistem rekomendasi menggunakan metode *Collaborative Filtering* dengan parameter k=10

menghasilkan nilai *F-measure* paling rendah yaitu sebesar 0.036.



Gambar 6. Perbandingan *F-measure* ketiga metode

Pada penelitian ini metode *Content Based* menghasilkan *F-measure* yang lebih baik dari metode *Collaborative Filtering* dan *Hybrid* karena data pembelian sangat *sparse*. Kondisi tersebut terjadi karena jumlah transaksi setiap pembeli relatif sedikit dibandingkan banyaknya produk yang tersedia. Pada penelitian ini, seorang pembeli rata-rata hanya memberikan rating terhadap 38 produk dari 9467 produk yang tersedia. Data yang *sparse* tersebut mengakibatkan turunnya performa metode *Collaborative Filtering*.

Sedangkan metode *Content Based* dapat menghasilkan performa yang lebih baik saat data pembelian yang dilakukan oleh seorang pembeli sedikit. Hal ini disebabkan karena metode ini menentukan rekomendasi berdasarkan data produk seperti judul, grup, dan kategori.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dataset yang digunakan pada penelitian ini, didapatkan bahwa metode *Content Based* menghasilkan nilai rata-rata *precision* dan *F-measure* paling tinggi dibandingkan *Collaborative Filtering* dan *Hybrid* pada $k=10$ yaitu sebesar 0.080 dan 0.148. Sedangkan *recall* tertinggi dihasilkan dengan metode *Collaborative Filtering* pada $k=100$ yaitu 0.404.

Dari percobaan yang dilakukan pada ketiga metode apabila nilai k yang semakin tinggi, maka nilai *recall* yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena semakin banyak rekomendasi produk yang diberikan kepada pembeli, maka nilai *true positive* yaitu barang yang direkomendasikan dan dibeli akan meningkat. Selain itu nilai *false positive* tidak mempengaruhi *recall* sehingga nilainya tetap tinggi.

Pada penelitian ini, masih terdapat sejumlah keterbatasan dan kekurangan. Salah satu kelemahan menggunakan algoritma KNN adalah nilai parameter k perlu dicari terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil yang paling optimal. Selain itu biaya komputasinya juga cukup tinggi karena perhitungan jarak dilakukan antara data uji dengan setiap data latih.

Penelitian selanjutnya dapat menggunakan data yang lebih besar dari penelitian ini. Selanjutnya

metode lain seperti *adjusted cosine similarity* dapat diterapkan untuk mencari bobot similarity antar produk maupun antar pembeli untuk meningkatkan nilai *precision*, *recall*, dan *F-measure*.

7. DAFTAR PUSTAKA

- ALKHATIB, K., NAJADAT, H., HMEIDI, I. & SHATNAWI, M.K.A. 2013. Stock price prediction using k-nearest neighbor (kNN) algorithm. *International Journal of Business, Humanities and Technology*, 3(3), 32-44.
- CHOI, K., YOO, D., KIM, G. & SUH, Y. 2012. A hybrid online-product recommendation system: Combining implicit rating-based collaborative filtering and sequential pattern analysis. *Electronic Commerce Research and Applications*, 11(4), 309-317.
- CHRISTOPHER, D.M., PRABHAKAR, R. & HINRICH, S.C.H.Ü.T.Z.E. 2008. Introduction to information retrieval. *An Introduction To Information Retrieval*, 151, 177.
- DANISMAN, T. & ALPKOÇAK, A. 2008, April. Feeler: Emotion classification of text using vector space model. In *AISB 2008 Convention Communication, Interaction and Social Intelligence* (Vol. 1, p. 53).
- DESYAPUTRI, D.M., ERWIN, A., GALINIUM, M. & NUGRAHADI, D. 2013, October. News recommendation in Indonesian language based on user click behavior. In *Information Technology and Electrical Engineering*, 164-169.
- HUANG, A. 2008, April. Similarity measures for text document clustering. In *Proceedings of the sixth new zealand computer science research student conference (NZCSRSC2008)*, Christchurch, New Zealand. 49-56.
- IMANDOUST, S.B. & BOLANDRAFTAR, M. 2013. Application of k-nearest neighbor (knn) approach for predicting economic events: Theoretical background. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3(5), 605-610.
- KNIJNENBURG, B. P., WILLEMSSEN, M. C., GANTNER, Z., SONCU, H., & NEWELL, C., 2012. Explaining the user experience of recommender systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 22(4-5), 441-504.
- LUND, S.S. & TANDBERG, Ø. 2015. Design of a Hybrid Recommender System: A Study of the Cold-Start User Problem (Master's thesis, NTNU).

- MA, K. 2016. Content-based Recommender System for Movie Website.
- MOBASHER, B. 2007. Data mining for web personalization. In *The adaptive web*, 90-135. Springer Berlin Heidelberg.
- SAHAL, R., SELIM, S. & ELKORANY, A. 2014. An Adaptive Framework for Enhancing Recommendation Using Hybrid Techniques. *International Journal of Computer Science & Information Technology*, 6(2), 51.
- SU, X. & KHOSHGOFTAAR, T.M. 2009. A survey of collaborative filtering techniques. *Advances in artificial intelligence*, 2009, 4.
- TANG, J., HU, X. & LIU, H. 2013. Social recommendation: a review. *Social Network Analysis and Mining*, 3(4), 1113-1133.
- VAINIONPÄÄ, I., & DAVIDSSON, S. 2014. Stock market prediction using the K Nearest Neighbours algorithm and a comparison with the moving average formula.
- YANG, X., GUO, Y. & LIU, Y. 2013. Bayesian-inference-based recommendation in online social networks. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 24(4), 642-651.
- Yin, H., Sun, Y., Cui, B., Hu, Z. & Chen, L. 2013, August. Lcars: a location content-aware recommender system. In *Proceedings of the 19th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, 221-229. ACM.
- YUAN, Q., CONG, G. & LIN, C.Y. 2014, August. COM: a generative model for group recommendation. In *Proceedings of the 20th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, 163-172. ACM.

IMPLEMENTASI JARINGAN SENSOR NIRKABEL ZIGBEE MENGGUNAKAN TOPOLOGI *MESH* PADA PEMANTAUAN DAN KENDALI PERANGKAT RUANG

Fathur Zaini Rachman¹, Armin², Nur Yanti³, Qory Hidayati⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Balikpapan

Email: ¹fozer85@gmail.com, ²armin@poltekba.ac.id, ³nur.yanti@poltekba.ac.id, ⁴qory.hidayati@poltekba.ac.id

(Naskah masuk: 25 Agustus 2017, diterima untuk diterbitkan: 28 September 2017)

Abstrak

Sistem pemantau dan kendali memiliki fungsi untuk merekap data dan mengakses perangkat ruangan yang terpasang pada setiap titik pemasangan. Komunikasi yang digunakan adalah komunikasi nirkabel ZigBee dengan menggunakan topologi *mesh*. *Coordinator* merupakan pusat data yang terhubung langsung ke komputer, dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk HMI, sehingga seorang operator dapat dengan mudah memantau dan mengendalikan perangkat-perangkat yang terpasang pada ruangan. Perangkat ruangan terdiri dari sensor diantaranya PIR, arus, pendeteksi asap dan sidik jari, yang kesemuanya terhubung dengan arduino yang bertugas sebagai pemroses data untuk membentuk protokol-protokol yang akan dikirim dari titik *end device* ke *coordinator*. Hasil pengujian jarak pengiriman antara titik pemasangan ZigBee maksimal 93 meter tanpa halangan dan 30 meter dengan halangan. Adapun *throughput* pengiriman data dari *end device* dan simulator ke titik *coordinator* akan semakin besar jika delay diperkecil dan paket data diperbesar dalam setiap pengirimannya. Hasil dari *packet loss* pada pengujian didapatkan 4,94 %, ini dikarenakan faktor *floating* yang terjadi pada arduino.

Kata kunci: ZigBee, topologi mesh, throughput, packet loss

Abstract

The monitoring and control system has the function of recording data and accessing the installed room equipment. The communication used is ZigBee wireless communication with mesh topology. The coordinator is a data center connected directly to the computer, and the results are displayed in the form of HMI, so that an operator can easily monitor and control the devices installed in the room. The room equipment consists of sensors such as PIR, current, smoke detector and fingerprint, all of which are connected to the arduino that serves as data processors in the form of protocols to be sent from the end device point to the coordinator. The result of test, delivery distance between ZigBee installation point is 93 meters away without obstruction and 30 meter with obstacle. The data transmission throughput from the end device and simulator to the coordinator point will be greater if the delay is reduced and the data packet enlarged in each delivery. The result of packet loss in the test is 4.94%, this is due to floating factor.

Keywords: ZigBee, topologi mesh, throughput, packet loss

1. PENDAHULUAN

Saat ini, hampir semua perangkat ruangan di perkantoran, hotel, kampus dan instansi-instansi pemerintah atau swasta sudah dilengkapi dengan sistem keamanan ruangan, mulai penggunaan kunci, *password* keypad hingga teknologi RFID pada setiap pintu untuk meningkatkan keamanan ruangan. Dimulai dari sistem keamanan ruang menggunakan pin pada keypad dan kecerdasan ruang menggunakan multi sensor (Kamolani, 2016). Dari beberapa teknologi tersebut, yang paling banyak diimplementasikan adalah teknologi RFID yang difungsikan untuk akses pintu yang memiliki beberapa ruangan yang bertingkat dan banyak pada setiap bangunan. Seiring dalam penggunaan ternyata ditemukan beberapa kendala oleh pengguna, seperti hilang, lupa dan bahkan penyalahgunaan kartu RFID. kemudian dilanjutkan lagi dengan teknologi

fingerprint yang ditambah dengan kemajuan sensor dan mikrokontroler sehingga membuat suatu ruangan menjadi lebih cerdas, ruangan dilengkapi dengan sensor tambahan seperti sensor sidik jari sebagai akses pintu ruangan dan sensor PIR (*Passive Infrared Receiver*) sebagai sensor gerak yang difungsikan untuk kendali lampu ruangan (Saputra, 2014) dan sistem pengaturan pencahayaan ruangan dalam penghematan energi (Putro, 2016). Teknologi yang diterapkan untuk akses ruang terus berkembang hingga penggunaan yang berlapis yaitu RFID, PIN pada keypad, sidik jari yang juga dilengkapi dengan penyimpanan data dan notifikasi diharapkan dapat meningkatkan keamanan ruang (Suhendro, 2016). Kemudian teknologi nirkabel dalam kecerdasan ruang menjadi solusi dalam instalasi kabel yang banyak khususnya pada multi sensor pada akses ruang *smart home* (Rachman, 2016) dan bidang medis salah satunya pada

monitoring tetes infus menggunakan jaringan nirkabel dengan topologi *star* (Rachman, 2015). Teknologi itu semua hanya sebatas pada akses ruang dan kecerdasannya yang berdiri sendiri pada setiap ruang. Sedangkan pada kenyataannya perkembangan dibutuhkan akses ruang yang banyak seperti pada laboratorium kampus ataupun tempat lain yang memerlukan pemantauan dan kendali pada setiap ruang, agar dapat terjamin keamanannya.

Pada penelitian ini membahas bagaimana membangun suatu sistem pemantau dan kendali ruang yang berpusat dengan menggunakan jaringan nirkabel ZigBee pada gelombang 2,4 GHz, terdiri dari beberapa perangkat diantaranya *end device* sebagai titik pemasangan, *router* sebagai jembatan penghubung antara *end device* dengan *coordinator* serta pengujian kinerja dari ZigBee itu sendiri. Selain itu, sistem pemantauan dan kendali ditampilkan dalam bentuk HMI (*Human Machine Interface*) sehingga mudah digunakan oleh operator dalam pengoperasiannya.

2. Komunikasi ZigBee

ZigBee adalah suatu modul RF yang memiliki kecepatan data rendah (*low data rate*), biaya murah (*low cost*) yang berkerja pada jaringan nirkabel jarak pendek. ZigBee beroperasi pada frekuensi 868 MHz, 915 MHz serta 2,4 GHz. Data rate maksimum adalah 250 Kbps (Farahani, 2008) (Firdaus, 2014). Salah satu bentuk fisik teknologi ini seperti pada gambar 1 di bawah ini .

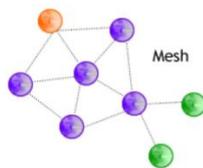


Gambar 1. Zigbee

ZigBee memiliki berbagai jenis jangkauannya dan topologi jaringan seperti *star* dan *mesh*.

A. Jaringan Mesh

Seperti pada gambar 2, jaringan *mesh* adalah jaringan komunikasi yang terdiri dari *client mesh* (node), *mesh* dan *router gateway* dan terhubung menggunakan topologi *mesh*. Node bisa berupa laptop, ponsel dan perangkat nirkabel lainnya (Firdaus, 2014).



Gambar 2. Topologi Mesh

Dalam penerapannya jaringan *mesh* memiliki kelebihan dalam jarak, karena setiap node saling terhubung sehingga sangat memungkinkan pengiriman. Sedangkan jaringan yang menggunakan topologi *star* jarak jangkauan lebih pendek, karena setiap node pemasangan hanya dapat mengirim dan menerima data sesuai dengan jarak yang dimiliki

oleh ZigBee, sehingga topologi ini tidak cocok jika diterapkan di ruang lingkup yang luas.

B. Kinerja Coordinator ZigBee

Dalam pengujian kinerja *coordinator* dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pengujian *throughput* dan *packet loss*.

Throughput menunjukkan banyaknya data yang dapat diterima oleh *coordinator* dalam selang waktu tertentu, *throughput* pada besarnya trafik yang terdapat pada jaringan. *Throughput* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (B. Preveze, 2010):

$$Tg \left(\frac{byte}{s} \right) = \frac{Db * rx}{T(s)} \tag{1}$$

Keterangan:

Db = Data Byte

Tg = *Throughput*

rx = data yang diterima

T = waktu (detik)

Packet loss adalah data-data yang terkirim dari titik pemasangan hingga ke titik *coordinator* yang mana data-data tersebut tidak diterima oleh *coordinator* (Shamsi, 2010). Perhitungan *packet loss* dalam suatu pengiriman dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (Koul).

$$PL_T = \left(1 - \frac{nT_{recv}}{nT_{sent}} \right) * 100\% \tag{2}$$

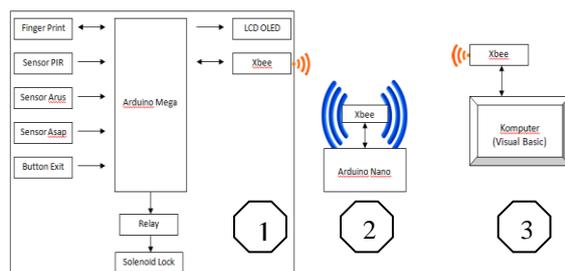
Pad pengujian *throughput*, semua perangkat pada satu lingkup jaringan mengirim data ke titik *coordinator* maka terjadi perubahan jumlah data yang dikirim maupun yang diterima. Dari perubahan tersebut didapatkan *packet loss*, adapun perhitungan untuk mendapatkan rata-rata dari *packet loss* tersebut dapat menggunakan persamaan.

$$Rata - rata PL_T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \tag{3}$$

Dengan pengujian pengiriman data yang diterima maka akan didapat *packet loss*, dalam pengujiannya dilakukan dengan peningkatan jumlah data yang dikirim dari titik perangkat atau *end device* ke titik *coordinator*.

3. Model Sistem

Pada model sistem, dibagi menjadi 3 bagian yaitu *end device*, *router* dan *coordinator*. Adapun perancangannya seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Model Sistem Komunikasi

Keterangan :

- 1: *End device* (titik perangkat)
- 2: *Router*
- 3: *Coordinator* (pusat data)

Model sistem komunikasi terdiri dari *end device*, *router* dan *coordinator*, *end device* sebagai pusat informasi dan pengolahan data-data sensor dan perangkat-perangkatnya ruangan, data dibentuk menjadi sebuah protokol-protokol. *Router* berfungsi sebagai penghubung pertukaran protokol data yang dikirim dari atau ke titik *coordinator*. Sedangkan *coordinator* sebagai pusat kendali dan pemantauan keadaan ruangan dalam satu jaringan yang sama.

A. Konfigurasi ZigBee (xbee)

Konfigurasi xbee menggunakan software XCTU dan konfigurasi tersebut akan tetap ada meskipun xbee dimatikan sementara, konfigurasi xbee *end device* *router* dan *coordinator* dapat dilakukan sekaligus asalkan ketiga xbee terhubung ke komputer. Konfigurasinya seperti pada tabel 1.

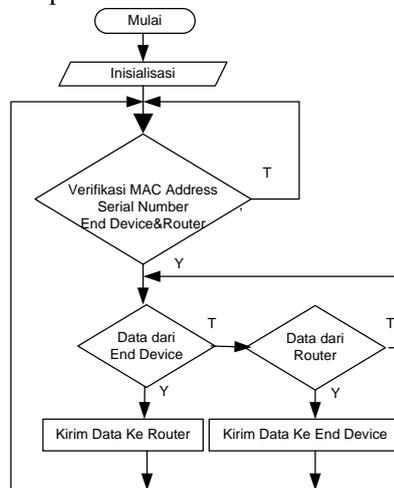
Tabel 1. Konfigurasi xbee

Xbee	Configuration	value
Port :COM5-9600/8/N/1/N-AT Mac : 0013A20040A0AF69	CH Channel	C
	ID pan ID	3332
	DH (Destination Address High)	0
	DL (Destination Address Low)	0
	SH (Serial Number High)	13A200
	SL (Serial Number Low)	40A0AF69
	CE Coordinate Enable	Coordinate [1]
	NI Node Identifier	Coordinator
Port :COM15-9600/8/N/1/N-AT Mac : :0013A20040936D2D	CH Channel	C
	ID pan ID	3332
	DH (Destination Address High)	13A200
	DL (Destination Address Low)	40A0AF69
	SH (Serial Number High)	13A200
	SL (Serial Number Low)	40936D2D
	CE Coordinate Enable	End device [0]
	NI Node Identifier	Ruang1
Port :COM4-9600/8/N/1/N-AT Mac : 0013A20040A0AF9A	CH Channel	C
	ID pan ID	3332
	DH (Destination Address High)	13A200
	DL (Destination Address Low)	40A0AF69
	SH (Serial Number High)	13A200
	SL (Serial Number Low)	40A0AF9A
	CE Coordinate Enable	End device [0]
	NI Node Identifier	Ruang2

Konfigurasi xbee dimaksudkan agar komunikasi data antar xbee dapat dikirim sesuai penerima dan dapat ditampilkan hasil pengirimannya.

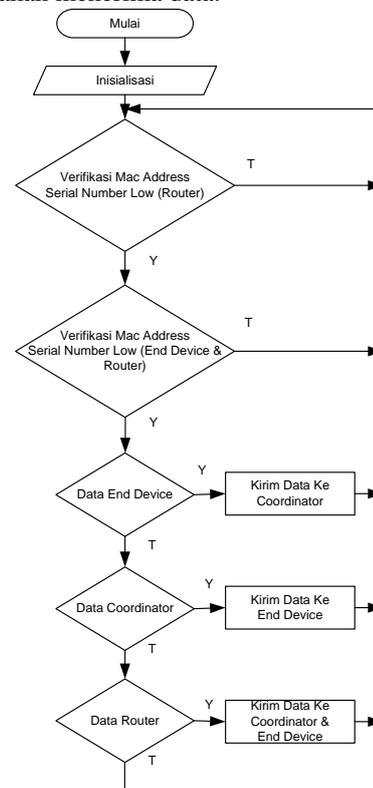
B. Proses kerja Jaringan xbee

Pada setiap titik jaringan memiliki proses kerja masing-masing sesuai dengan fungsi dan perannya dalam jaringan. Pada gambar 4, merupakan alir proses data pada *end device*.



Gambar 4. Diagram Alir End device

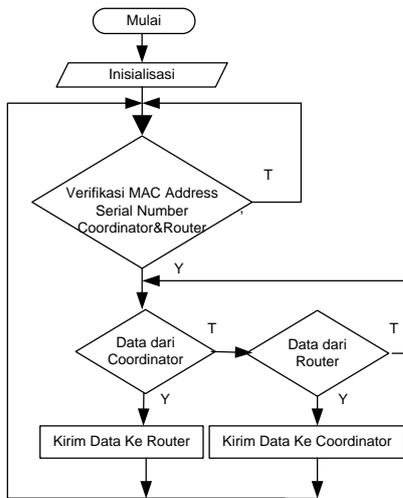
Dalam proses pengiriman data xbee memiliki pengaturan berbeda antara *router* dan *end device*, selanjutnya xbee *end device* dan xbee *router* akan melakukan verifikasi, yaitu konfigurasi *end device* dan *router* itu sendiri, serial number high dan serial number low dari *router* sebagai protokol dan jika data berasal dari *end device* maka data dikirim ke *router* namun jika data asalnya dari *router* maka *end device* akan menerima data.



Gambar 5. Diagram Alir Router

Pada gambar 5, merupakan alir proses data pada router yang merupakan jembatan penghubung pertukaran data antara end device dengan coordinator. Dalam proses pengiriman data xbee router akan melakukan verifikasi, yaitu konfigurasi router itu sendiri, serial number high dan serial number low dari Coordinator dan end device sebagai protokol dan jika data berasal dari end device maka data dikirim ke Coordinator, jika data asalnya dari Coordinator maka data akan dikirim ke end device, dan jika data berasal dari router maka data dikirim ke end device dan Coordinator.

Pada gambar 6, merupakan titik penerimaan data yang masuk ataupun yang keluar menuju router.



Gambar 6. Diagram Alir Coordinator

Dalam proses pengiriman data xbee Coordinator akan melakukan verifikasi, yaitu konfigurasi Coordinator itu sendiri, serial number high dan serial number low dari router sebagai protokol dan jika data berasal dari Coordinator maka data dikirim ke Router namun jika data asalnya dari router maka Coordinator akan menerima data.

C. Protokol Data

Untuk mempermudah dan mengamankan data pada jaringan yang dilalui maka diperlukan protokol data seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Protokol Data

Keterangan:

- * : Start Data
- R : Ruangan
- P : Sensor Gerak
- S : Sensor Asap
- I : Sensor Arus
- N : Identitas Pemakai
- # : End Data

Prorokol data terdiri dari 7 byte, setiap byte memiliki fungsi masing-masing dalam komunikasi

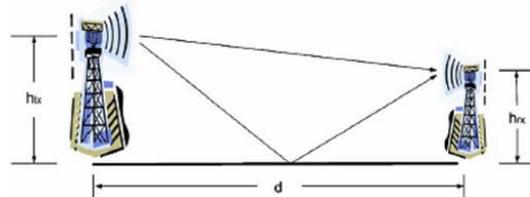
data. Simbol (*) berfungsi sebagai byte awal dari prokol data, simbol (R) berfungsi sebagai byte identitas ruangan, simbol (P) berfungsi sebagai byte pendeteksi keberadaan pengguna ruangan, simbol (S) berfungsi sebagai byte pendeteksi asap pada ruangan, simbol (I) berfungsi sebagai byte penggunaan daya yang terpakai pada suatu ruangan, simbol (N) berfungsi sebagai Identitas pengguna ruangan yang terekap pada basis data pada modul fingerprint, dan yang terakhir simbol (#) berfungsi sebagai byte akhir dari protokol pengiriman data.

4. Pengujian dan Hasil

Pengujian dilakukan untuk memastikan kinerja alat yang digunakan seperti jarak, throughput, packet error dan hasil paket data yang diterima pada panel.

A. Jangkauan ZigBee

Pengujian dilakukan seperti pada gambar 8, yang terdiri pengirim (htx) dan penerima (hrx).



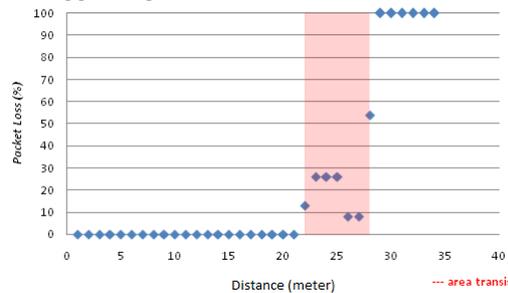
Gambar 8. Variasi Jarak dan Tinggi Pengiriman

Pengiriman dilakukan dengan jarak, tinggi pengiriman dan penerimaan berbeda-beda. Serta dilakukan pengiriman dengan ada dan tanpa halangan.

➤ Pengujian Dengan Ada Halangan

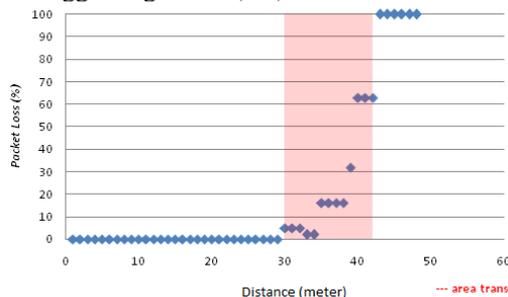
Pengujian dilakukan dengan halangan, dan halangan di sini adalah berupa tembok dan pintu ruangan.

• Tinggi Pengiriman (htx) 0 cm



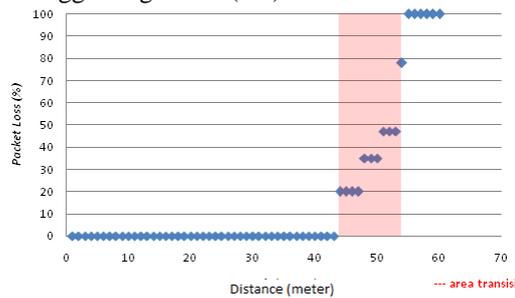
Gambar 9. Tinggi Pengiriman 0 cm dari Penerima

• Tinggi Pengiriman (htx) 40 cm



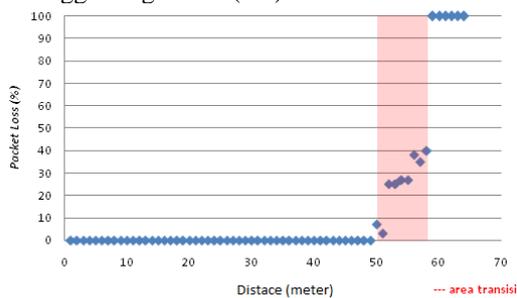
Gambar 10. Tinggi Pengiriman 40 cm dari Penerima

- Tinggi Pengiriman (htx) 80 cm



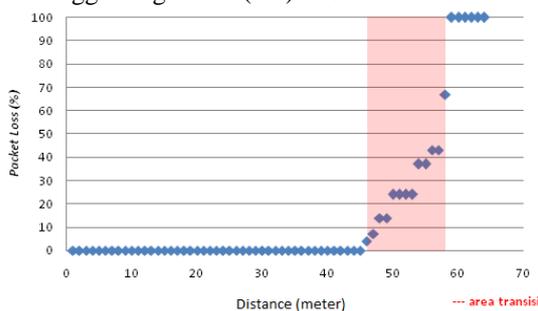
Gambar 11. Tinggi Pengiriman 80 cm dari Penerima

- Tinggi Pengiriman (htx) 120 cm



Gambar 12. Tinggi Pengiriman 120 cm dari Penerima

- Tinggi Pengiriman (htx) 160 cm



Gambar 13. Tinggi Pengiriman 160 cm dari Penerima

Seperti pada gambar 9 sampai 13 Jarak pengiriman terbaik terdapat pada ketinggian pengiriman 120 cm dengan jarak 49 meter dengan ada halangan.

➤ **Pengujian Tanpa Ada Halangan**

Pengujian dilakukan dengan tanpa ada halangan dengan ketinggian 120 cm dari ketinggian penerima. Adapun hasil dari pengujiannya seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Pengiriman Tanpa Halangan

No	Jarak (Meter)	Data Terkirim
1	1	Ya
2	10	Ya
3	20	Ya
4	30	Ya
5	40	Ya
6	50	Ya
7	60	Ya
8	70	Ya

9	80	Ya
10	90	Ya
11	91	Ya
12	93	Ya
13	94	Ya/Tidak
14	100	Ya/Tidak
15	>100	Tidak

Pengiriman maksimal dengan tanpa ada halangan maksimal 93 meter dan jarak 94 meter hingga 100 meter merupakan jarak transisi pengiriman, yaitu ada dan tidak data yang diterima pada penerima. Pada jarak lebih dari 100 meter, semua data tidak ada yang diterima pada titik *coordinator*.

B. *Throughput (Tg)*

Dari jumlah paket data yang masuk dan lamanya pengambilan data, akan dapat diketahui *throughput* pada suatu jaringan. Pada pengujian ini, menggunakan simulator pengiriman paket data yang bervariasi dari 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 hingga 84 *byte* dengan delay 1 detik.

Tabel 2. *Throughput* Pengiriman

No	D1 (byte)	D2 (byte)	C (byte)	Tg (byte)
1	7	7	840	14
2	7	14	1204	20
3	7	21	1620	27
4	7	28	1975	32
5	7	35	2360	39
6	7	42	2776	46
7	7	49	3154	52
8	7	56	3555	59
9	7	63	3896	64
10	7	70	4376	72
11	7	77	4895	81
12	7	84	5130	85

Pada Tabel 2, hasil pengujian *throughput* transmisi dilakukan dengan 12 kali pengujian, pada pengujian terdiri dari perangkat (D1) yang merupakan sumber paket data yang melakukan pengiriman 7 *byte* setiap detiknya. *Simulator* (D2) pada pengujian ini melakukan pengiriman paket data yang bervariasi untuk menguji trafik yang ada pada jaringan, setiap pengiriman yang dilakukan oleh *simulator* merupakan implementasi dari banyaknya perangkat yang digunakan.

C. *Packet Loss*

Packet loss merupakan paket data yang hilang dari semua pengiriman ke titik *coordinator* (rachman, 2016). Pada pengujian ini, dapat dilihat pada tabel 3, data dikirim setiap 1 detik selama 1 menit.

Tabel 3. *Packet Loss*

Byte / menit		PLT (%)
nT recv	nT sent	
840	840	0
1204	1260	4,44
1620	1680	3,57
1975	2100	5,95
2360	2520	6,34

2776	2940	5,57
3154	3360	6,13
3555	3780	5,95
3896	4200	7,23
4376	4620	5,28
4895	5040	2,87
5130	5460	6,04

Dengan menggunakan persamaan 3, maka dapat diketahui rata-rata *packet loss* pada pengujian ini yaitu 4,94%.

D. Paket Data

Pada Tabel 4, Paket data yang dikirim dari titik *end device* ke *coordinator* dan hasilnya ditampilkan pada HMI menggunakan Visual Basic melalui jalur komunikasi serial.

Tabel 4. Hasil Tampilan Pada HMI

Jenis Sensor	Protokol Data (byte)	Tampilan pada HMI				
		Room	PIR	Asap	Arus	ID
Finger Print	*10000#	1	0	0	0	0
PIR	*11000#	1	Ada	0	0	0
Asap	*11100#	1	Ada	Ada	0	0
Arus	*11110#	1	Ada	Ada	1 A	0
Finger Print	*11111#	1	Ada	Ada	Ada	1

Paket data dikirim sebanyak 7 byte, byte pertama (*) sebagai start byte, byte kedua sebagai identitas ruangan, byte ketiga sebagai pendeteksi keberadaan orang, byte ke empat sebagai pendeteksi asap, byet ke lima sebagai informasi penggunaan arus pada suatu ruangan, byte ke enam sebagai identitas pemakai ruangan dan byte ke tujuh (#) sebagai akhir data byte yang dikirim.

5. KESIMPULAN

Maksimal jarak pengiriman data (tanpa ada halangan) dari titik *end device* ke *coordinator* adalah 93 meter dengan jumlah data yang dikirim 7 byte dengan ketinggian pengiriman 1,6 meter. Pada jarak 94 meter hingga 100 meter merupakan jarak transisi, paket data sering terjadi kegagalan dalam pengiriman (*packet loss*). Pada Jarak 100 meter lebih sudah tidak ada lagi data yang diterima oleh titik *coordinator*. jumlah *throughput* sebanding lurus dengan banyak data yang yang diterima oleh *coordinator*. *Packet loss* diambil dari pengujian *throughput* dan dilakukan pada jarak yang masih dapat dijangkau oleh jaringan. Rata-rata *packet loss* pada pengujian ini adalah 4,94 %.

6. DAFTAR PUSTAKA

KAMOLAN, A. & SAMPEBATU, L., 2016, Rancang Bangun Prototipe Pengaman Ruang Dengan Input Kode Pin dan Multi Sensor Berbasis Mikrokontroler, Prosiding SNTI IV.

SAPUTRA, D., 2014, Akses Kontrol Ruang Menggunakan Sensor Sidik Jari Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P, Prosiding SENTIKA.

PUTRO, KAMBAY, 2016, Sistem Pengaturan Pencahayaan Ruang Berbasis Android Pada Rumah Pintar, JNTE Vol: 5, No. 3, November.

SUHENDRO, 2016, Rancang Bangun Prototipe Sistem Kunci Pengaman Pintu Ruang Radiasi Dengan Arduino dan Sistem Operasi Android, Prosiding SNATIF Ke-3.

RACHMAN, 2016, Implementasi Komunikasi Nirkabel Pada Smart Home Berbasis Arduino, Prosiding SNATIF Ke-3.

JAZI EKO, 2014, Pengantar Elektronika & Instrumentasi, C.V ANDI OFFSET.

FARAHANI, 2008, *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*, Newnes.

RACHMAN, F.Z., 2015, *Prototype development of monitoring system in patient infusion with wireless sensor network*, IEEE, Page(s) 329-402, DOI: 10.1109/ISITIA.2015.220013.

FIRDAUS, 2014, *Wireless Sensor Network; Teori dan Aplikasi*, Graha Ilmu.

PREVEZE, B., SAFAK, A., 2010, *Throughput Improvement of mobile multi-hop wireless network*, Internasional Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), vol.2, no.3, August.

SHAMSIM, & RAHBAR, A. G., 2010, *Packet loss Analysis of Multi-Fiber Asymmetric Share-per-link optical packet switches*, Internasional Journal of Advances in Optical Communication and Network, Vol. 1, No.1, Des 2010.

KOUL, M.S, Analysis of The Effects of *Packet loss* and Delay Jitter on MPEG-4 Video Quality, Dept. of Electric Engineering, Arlington , Texas.

OPTIMASI PROSES RENDERING OBJEK GAME 3D MENGGUNAKAN PEMROGRAMAN CUDA PADA GAME SANDBOX CRAFT

Hilmi Ilyas Rizaldi¹, Firadi Surya Pramana², Bariq Najmi R.³, Aditya Yudha A.N.⁴, Imam Cholissodin⁵

^{1,2,3,4,5}Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya

Email: ¹developer.hilmi@gmail.com, ²fspramana@gmail.com, ³bariq3396@gmail.com,

⁴adi.kyoudha@gmail.com, ⁵imamcs@ub.ac.id

(Naskah masuk: 3 September 2017, diterima untuk diterbitkan: 29 September 2017)

Abstrak

Kemajuan dalam pengembangan game khususnya 3D game menumbuhkan perasaan *immersive* yang lebih nyata. Namun, hal tersebut membutuhkan pengolahan *resource* yang sangat banyak dan cepat. Kerja *Central Processing Unit (CPU)* sendiri saja tidak cukup. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya pengelola *resource* tambahan yang dapat digunakan untuk mempercepat proses. Penelitian ini membahas tentang bagaimana *Graphics Processing Unit (GPU)* dapat melakukan optimasi kerja *CPU* dalam memproses *resource* yang sangat banyak. Metode yang dibahas pada penelitian ini adalah *shared memory*. *Shared memory* memungkinkan *CPU* dan *GPU* untuk berbagi *resource* yang diproses. Game yang dianalisis pada penelitian ini adalah *Craft*, yaitu game yang memiliki tipe permainan *sandbox* layaknya *Minecraft*. Hasil yang didapatkan membuktikan bahwa metode *shared memory* dapat melakukan optimasi dari game yang membutuhkan pengolahan *resource* yang banyak dengan cepat.

Kata kunci: *games, shared memory, CPU, GPU, CUDA, comparative analysis, optimization, parallel computing*

Abstract

Game development nowadays especially 3D game bring a more realistic immersive feeling. Although, that needs a lots of resource processing and quick processing. That is said, Central Processing Unit (CPU) alone is not enough. Therefore, additional process manager is needed to make the process faster. This research focuses on how Graphics Processing Unit (GPU) can optimize resource processing of CPU. The proposed approach is to use shared memory. Shared memory allows CPU and GPU to share resource processing. The game used in this research is Craft. Craft is the same as Minecraft. It is a game that focuses on sandbox gameplay. The result showed that this approach can greatly optimize game that needed a lots of resource processing.

Keywords: *games, shared memory, CPU, GPU, CUDA, comparative analysis, optimization, parallel computing*

1. PENDAHULUAN

CPU dapat disebut juga sebagai *Central Processing Unit* yang digunakan untuk melakukan suatu fungsi yang dibutuhkan untuk menjalankan sebuah proses. *CPU* mengeksekusi suatu proses seperti perhitungan aritmatika, kalkulasi dan operasi yang berhubungan dengan komputasi matematis lainnya. Dan video games membutuhkan *CPU* untuk melakukan proses yang berfungsi menentukan kalkulasi khusus untuk game.

GPU (Graphical Processing Unit) adalah suatu komponen yang mempunyai hubungan dengan kecepatan proses, serta dari segi kualitas hasil yang ditampilkan. Sebenarnya, computer secara umum dapat berfungsi atau berjalan tanpa *GPU (Nvidia, 2017)*, namun yang sering terjadi adalah pada ketidakmampuannya dalam menampilkan hasil dengan kualitas terbaik di layar atau monitor. *GPU* sendiri tersedia dalam berbagai jenis, bentuk, maupun ukuran yang umumnya sering disebut dengan card dan dapat dicolokkan ke dalam slot *PCI-Express* pada *motherboard*, hingga bentuk yang lain yaitu chip

onboard yang tertanam di dalam *motherboard* secara langsung disebut dengan *integrated graphic chip*. Perbedaan yang jelas diantara *CPU* dan *GPU* adalah kegunaan *GPU* yang khusus untuk melakukan pemrosesan grafis dan mempunyai kemampuan untuk melakukan perhitungan hingga banyak kalkulasi per detik. Jumlah banyaknya core yang terdapat di dalam perangkat *GPU* itu sendiri tergantung dari masing-masing vendor di market. Hingga sekarang *Nvidia* memiliki spesifikasi yang cukup tinggi pada setiap *graphic chip* yang mereka tawarkan meski jumlahnya tidak banyak, sementara itu *graphic chip* dari pabrikan lain yang menjadi penantang dari *Nvidia* yaitu *AMD (Advanced Micro Devices)* memiliki banyak chip yang tertanam di dalam kartu grafisnya untuk meningkatkan performa dari pengolahan grafis. Kartu grafis sendiri memiliki kelas masing-masing, tipe *high-end* biasanya memiliki core yang lebih banyak, mulai dari 68 core hingga 1500 core atau bahkan lebih banyak lagi.

Video game memiliki berbagai jenis maupun tipe permainan yang ditawarkan. Jenis *sandbox* adalah game yang membebaskan pemain untuk

melakukan apapun dan menjelajahi dunia dalam game tersebut sesuka hati. (Adams dan Ernest, 2010). Seperti pada game Minecraft, terdapat blok-blok yang disusun secara rapi untuk membentuk dunia dari game tersebut. Sama layaknya pada game The Elder Scroll Skyrim. Pemain dihadapkan dengan dunia masa lalu/*medieval*, yang mana pemain dapat menelusuri game tersebut tanpa ada batas. Melalui pengamatan dari game-game tersebut, dalam penelitian ini mengambil kata kunci dari game berjenis sandbox yaitu dunia atau dalam kata lain game *environment*.

Game *environment* adalah dunia yang dikembangkan dalam game untuk dijelajahi. Hal ini merupakan gabungan dari banyak elemen yang saling bekerja sama untuk dapat membangun sebuah kedalaman desain serta perasaan bahwa dunia ini layaknya nyata. Komponen tersebut antara lain desain *environment*, proyeksi cahaya, bayangan, tekstur teraplikasi, partikel, serta material dari objek dalam *environment*. Dari kebutuhan tersebut, CPU mengalami kesulitan dalam mengelola semua komponen di atas. Maka dibutuhkannya kerja sama antar CPU dengan perangkat pada GPU sehingga kerja pada CPU dalam pertukaran data dapat lebih mudah. Namun, desain game *environment* yang semakin hari semakin luas dan semakin detail berdampak kepada performa dari game tersebut apakah game memiliki kemampuan *loading* yang cepat atau lambat (Ruggill et al, 2011).

Game berjenis sandbox memiliki tipikal dengan rendering *environment* yang luas serta detail. Maka dari itu, dibutuhkan sebuah optimasi agar rendering dapat melakukan proses yang lebih cepat dan terasa real-time. Namun, untuk mendapatkan kecepatan render, dibutuhkan kerjasama antar CPU dan GPU dalam prosesnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan simulasi untuk render dengan CPU dan CPU bersama GPU. Simulasi dilakukan dalam platform C++ dan NVIDIA CUDA dengan bantuan OpenGL serta *library* yang mendukung pengerjaan.

2. DASAR TEORI

2.1 OpenGL dan Game Loop

OpenGL adalah API tingkat rendah (Application Programming Interface), yang memungkinkan programmer, memakai antarmuka untuk perangkat keras grafis (GPU). Keuntungan utama yang dimiliki OpenGL di atas API grafis lainnya adalah platform berjalan pada berbagai platform. OpenGL dapat berjalan di Windows, Linux, dan Mac OS X.

Konsep awal dari game loop adalah memproses *input* dari *user* tetapi tidak menunggu dan selalu melakukan loop secara terus menerus sampai *user* melakukan proses pemberhentian game. Hal tersebut membuat sebuah CPU menjadi lebih berat. Pada Gambar 1 terdapat icon waktu yang menandakan *sleep* untuk menahan kecepatan loop agar sesuai pada tiap framenya. Prinsip menahan kecepatan loop

tersebut nantinya akan di proses menjadi sebuah frames per second (FPS).



Gambar 1. Game Loop

2.2 Pemrograman GPU dan CUDA

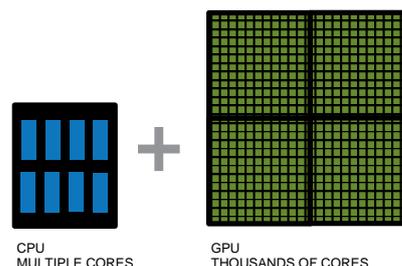
Pemrograman GPU dengan Nvidia CUDA seperti pada Gambar 2, memiliki tujuan tidak hanya untuk mengolah grafis melainkan juga dapat untuk tujuan umum, misal komputasi ilmiah menggunakan *machine learning* dan rekayasa lainnya pada game development, dan sebagainya. dengan *framework* tertentu, misal CUDA.



Gambar 2. Nvidia CUDA

CUDA adalah sebuah API yang dikembangkan oleh Nvidia yang digunakan untuk melakukan suatu komputasi yang dapat berjalan secara paralel atau dengan kata lain secara bersama-sama. Para *developer* dapat menggunakan CUDA untuk pemrosesan tujuan umum atau disebut dengan pendekatan GPGPU (komputasi *General-purpose on GPU*). Platform CUDA merupakan lapisan akses pada perangkat lunak atau *software* yang memberikan langsung ke set instruksi virtual GPU untuk kernel sebagai pelaksana penghitungan.

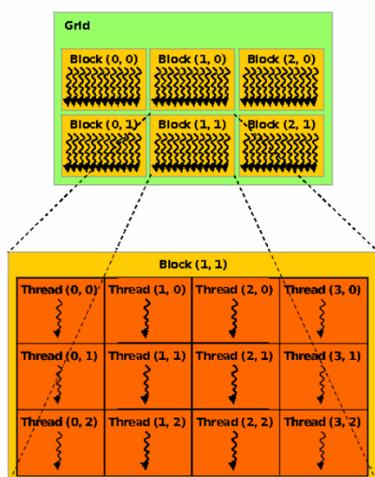
Platform CUDA dirancang untuk bekerja dengan bahasa pemrograman seperti C, C++, dan Fortran. Aksesibilitas ini memudahkan para spesialis dalam pemrograman paralel untuk menggunakan sumber daya GPU, berbeda dengan API sebelumnya seperti Direct3D dan OpenGL, yang memerlukan keterampilan lanjutan dalam pemrograman grafis. Selain itu, CUDA mendukung *framework* pemrograman seperti OpenACC dan OpenCL. Ketika pertama kali diperkenalkan oleh Nvidia, nama CUDA adalah akronim dari Compute Unified Device Architecture. Pada Gambar 3 menunjukkan besarnya perbedaan banyaknya jumlah core yang ada pada CPU dan GPU.



Gambar 3. CPU versus GPU

2.5 Grid, Block, dan Thread

Pada Gambar 4, dalam sebuah grid terdapat block-block. Dan pada masing-masing block terdapat thread-thread. Grid sendiri ialah sebuah grup dari block-block, yang mana block-block tersebut tidak terjadi sebuah proses sinkronisasi antar block. Block adalah sebuah grup dari thread. Thread-thread ini dapat berjalan *concurrent* atau pun secara seri dengan urutan yang tidak pasti. Sehingga, dengan menggunakan fungsi `__syncthreads()` dapat membuat sebuah thread dapat berhenti pada titik tertentu di dalam kernel sampai proses lainnya juga sampai pada titik yang sama tersebut. Thread adalah sebuah eksekusi dari kernel dengan sebuah index yang diberikan/ditentukan. Setiap thread akan menggunakan index tersebut untuk mengakses element di dalam array seperti koleksi-koleksi dari semua thread yang bekerja sama pada semua data set.



Gambar 4. Grid, Block, dan Thread

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

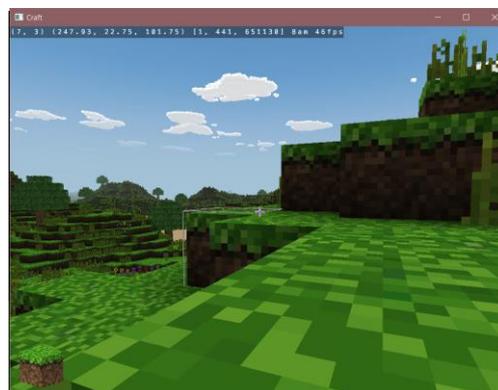
Kode program yang dioptimasi, didapatkan dari sumber ini (<https://github.com/fogleman/Craft>) pada Kode Program 1, dan hasil optimasi kinerja menggunakan pemrograman CUDA ditunjukkan pada Kode Program 2 dan 3.

Spesifikasi kebutuhan *hardware*, *software*, serta dependency file (*.dll, *.lib, dan header atau kode lain) ketika melakukan implementasi:

- Core i7 7700HQ, RAM 16 GB
- NVIDIA GeForce GT 1050
- Windows 10
- Visual Studio Profesional 2015
- CUDA Toolkit 8.0
- file *.dll
- file *.lib
- file *.h atau kode lainnya, seperti penjelasan di bawah ini

Implementasi yang di ambil tidak termasuk dengan *library* CURL, yang menangani sistem online pada game. Pada kode hasil optimasi dengan

CUDA, tidak perlu menggunakan `auth.h`, `client.h`, karena game yang diubah adalah *gameplay* yang bertipe *single player offline*, dan lebih fokus pada proses optimasi game.



Gambar 5. Tampilan Game Craft

Dikarenakan game ini 3D dan menggunakan banyak matriks dan vector. Dibuatnya sebuah class matrix untuk meng-*handle* fungsi-fungsi penggunaan matrix pada umumnya, yang mana pada C++ menggunakan array 1 dimensi dan membutuhkan banyak pengulangan. Terdapat sebuah proses perkalian matrix `mat_multiply` pada Game Craft yang digunakan untuk perkalian matriks untuk perhitungan penyimpanan matriks 3D pada game di method yang digunakan pada file kode `matrix.c` yang masih menggunakan CPU, seperti pada Kode Program 1.

```

1 void mat_vec_multiply(float
2   *vector, float *a, float *b) {
3   float result[4];
4   for (int i = 0; i < 4; i++) {
5     float total = 0;
6     for (int j = 0; j < 4; j++) {
7       int p = j * 4 + i;
8       int q = j;
9       total += a[p] * b[q];
10    }
11    result[i] = total;
12  }
13  for (int i = 0; i < 4; i++) {
14    vector[i] = result[i];
15  }
16 }

```

Kode Program 1. Kode CPU

Kode di atas dapat diubah menjadi menggunakan GPU dengan menggunakan perhitungan konsep paralel *programming*, yang mana akan menggunakan thread pada GPU untuk perhitungan setiap hasil, jadi perkalian akan di-*handle* oleh thread sehingga tidak perlu menggunakan banyak pengulangan dan penggunaan CPU akan menjadi lebih rendah. Penggunaan jumlah grid, block, dan thread, seperti pada Kode Program 2.

```

1  __global__ void
2  mat_vec_multiply(float *vector,
3  float *a, float *b) {
4  int kolom = threadIdx.x; //
5  threadIdx adalah thread Index
6  int baris = threadIdx.y;
7  float c = 0;
8  int ordoMat = 4;
9  for (int k = 0; k < ordoMat;
10 k++) {
11 c += a[baris*ordoMat + k] *
12 b[k*ordoMat + kolom];
13 }
14 vector[baris*ordoMat + kolom]
15 = c;
16 }
    
```

Kode Program 2. Kode CUDA ke-1

Penjelasan dari Kode Program CUDA 1:

1. Baris 1-3 merupakan deklarasi fungsi kernel `mat_vec_multiply`.
2. Baris 4-6 deklarasi kolom menggunakan `threadIdx.x` dan baris menggunakan `threadIdx.y` untuk perhitungan matriks.
3. Baris 7 deklarasi `c` sebagai penyimpan hasil perhitungan sementara.
4. Baris 8 deklarasi hasil dari perkalian ordo matriks.
5. Baris 9-13 proses perhitungan dengan thread GPU yang di-*looping* agar hasil dari perkalian dapat dijumlahkan sebagai hasil.
6. Baris 14 proses memasukan hasil perkalian ke dalam pointer vector yang nantinya akan di pakai pada perhitungan selanjutnya pada game.

Kode tersebut dibutuhkan pemindahan isi variabel pada memori CPU ke GPU menggunakan `cudaMemcpy` agar dapat di proses pada method kernel, seperti pada Kode Program 3.

```

1  int jumlahBlock = 1;
2  dim3 threadPerBlock(2, 2);
3  .....
4  cudaMemcpy(d_A, h_A,
5  sizeof(float) * jumlahElemen,
6  cudaMemcpyHostToDevice);
7  cudaMemcpy(d_B, h_B,
8  sizeof(float) * jumlahElemen,
9  cudaMemcpyHostToDevice);
10 mat_vec_multiply << <
11 jumlahBlock, threadPerBlock >>
12 > (d_HasilPerkalian, d_A, d_B);
13 cudaMemcpy(d_HasilRef,
14 d_HasilPerkalian, sizeof(float)
15 * jumlahElemen,
16 cudaMemcpyDeviceToHost);
17
    
```

Kode Program 3. Kode CUDA ke-2

Penjelasan dari Kode Program CUDA 2:

1. Baris 1-2 merupakan deklarasi grid, block, dan thread.
2. Baris 4-6 mengalokasikan size memori variabel pada device.
3. Baris 7-9 copy isi variabel dari host ke device.
4. Baris 10-12 pemanggilan method device.
5. Baris 13 sinkronisasi thread pada device agar selesai secara bersamaan.
6. Baris 14-17 copy isi variabel hasil dari device ke host.



(CPU)

(GPU)

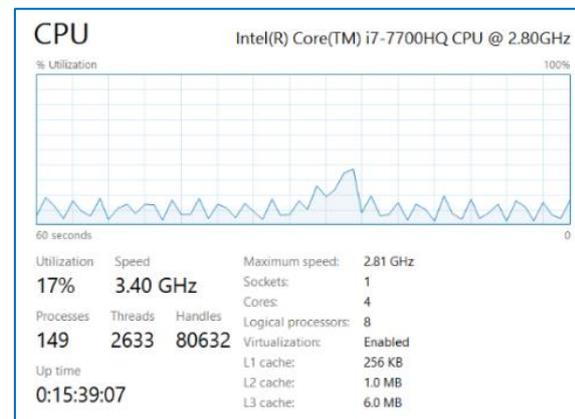
Gambar 6. Hasil running CPU dan GPU

Hasil proses ketika *running* program ketika dijalankan dapat dilihat pada Gambar 6, sekilas dari segi tampilan tidak ada perbedaan yang signifikan. Namun secara detail, nantinya akan dibandingkan pada proses pengujian dan analisis bagaimana visualisasi kinerjanya CPU, tanpa menggunakan CUDA dan dengan menggunakan CUDA.

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian dengan CPU

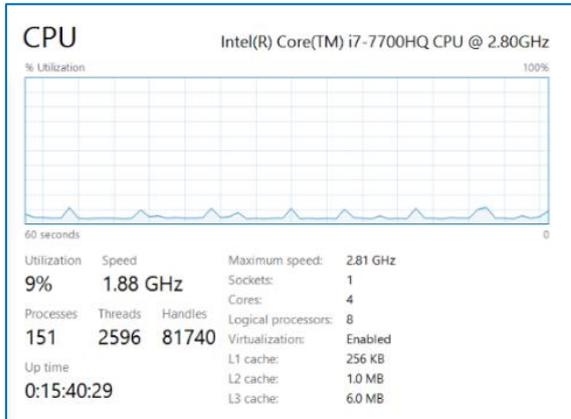
Berdasarkan grafik hasil pengujian CPU pada Gambar 7, lihat utilization, Speed, Process, Threads, dan Handles-nya.



Gambar 7. Hasil Kinerja CPU tanpa CUDA

4.2 Pengujian Kinerja dengan GPU

Berdasarkan grafik hasil pengujian CPU pada Gambar 8, maka terlihat besarnya nilai *utilization*, *clock speed*, *processes*, *threads*, dan *handles*-nya.

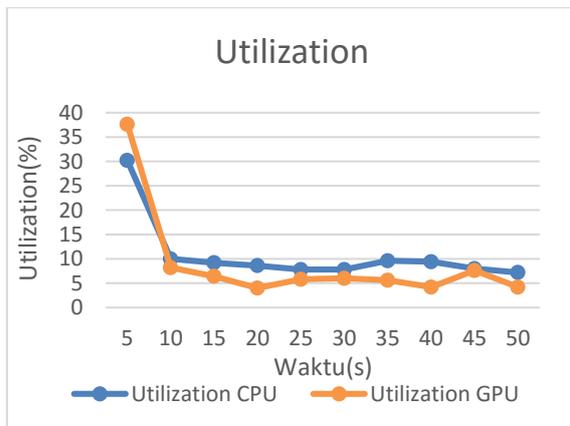


Gambar 8. Hasil Kinerja CPU dengan CUDA

4.3 Perbandingan CPU dengan GPU

Berdasarkan pengujian terhadap kinerja dari CPU dan GPU berdasarkan nilai-nilai variabel pada *task manager* didapatkan perbandingan-perbandingan data *utilization*, *clock speed*, *processes*, *threads* dan *handles*. Pada perbandingan ini akan dibahas mengenai besarnya persentase peningkatan kinerja CPU pada program yang dibuat dibandingkan dengan menggunakan GPU CUDA, sebelum dan sesudah diberikan perlakuan yang berbeda-beda. Data perbandingan ini didapatkan dari hasil analisis ketika menjalankan permainan yang batas pengamatannya dari detik 0 hingga 50. Setiap 5 detik akan di cari rata-rata dari tiap variabel yang diuji.

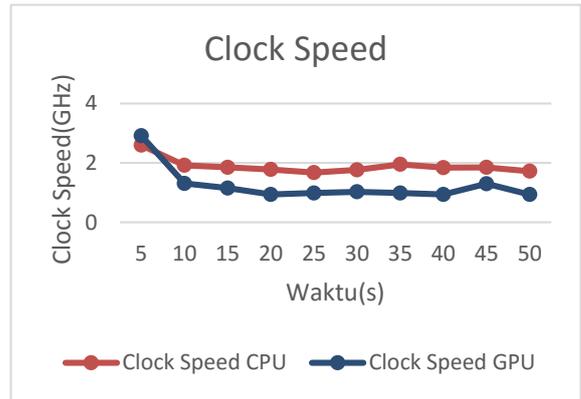
1. Utilization



Gambar 9. Utilization

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa GPU menggunakan *utilization* cenderung lebih rendah, yaitu sekitar 16%, jika dibandingkan dengan hanya dijalankan pada CPU.

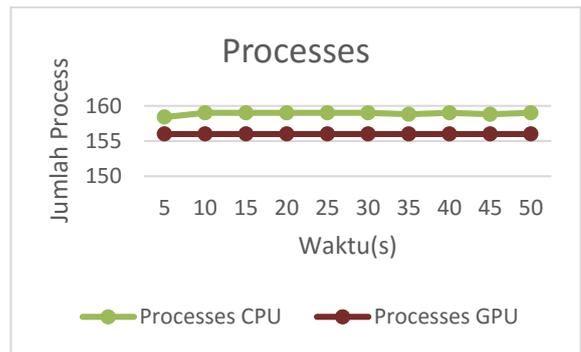
2. Clock Speed



Gambar 10. Clock Speed

Pada Gambar 10 dapat dilihat GPU menggunakan *clock speed* lebih rendah 34% dibandingkan dengan CPU.

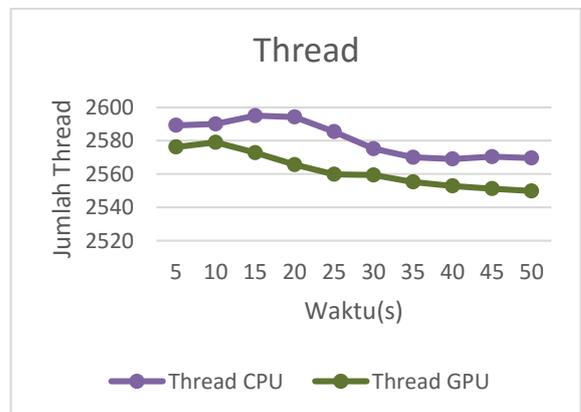
3. Processes



Gambar 11. Processes

Pada Gambar 11 dapat dilihat GPU menggunakan *processes* lebih rendah 1.8% dibandingkan dengan CPU.

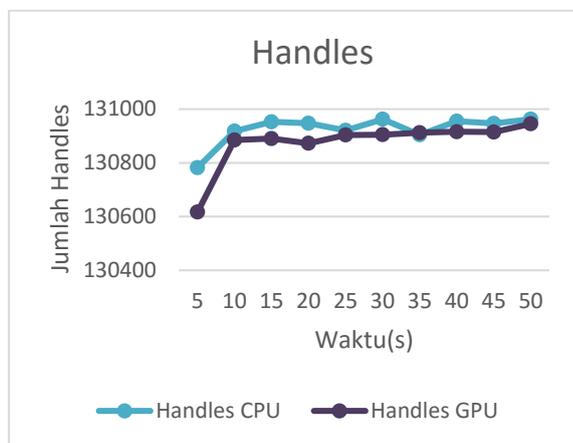
4. Thread



Gambar 12. Thread

Pada Gambar 12 dapat dilihat GPU menggunakan *threads* lebih rendah 0.7% dibandingkan dengan CPU.

5. Handles



Gambar 13. Handles

Pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa GPU menggunakan 0.03% *handles* lebih rendah dibandingkan CPU.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi pada penelitian ini berhasil dilakukan dengan pengujian yang menunjukkan bahwa komputasi GPU terbukti hanya menggunakan *resource* lebih rendah dibandingkan dengan CPU. Game sandbox ini berhasil berjalan sesuai dengan optimasi yang diharapkan. Pada pengujian dapat dilihat bahwa *clock speed* yang digunakan pada GPU jauh lebih rendah dibandingkan yang digunakan pada CPU hingga 34%. Tingkat kerendahan tersebut cukup besar dalam hasil optimasi game sandbox ini.

Penelitian ini baru merubah salah satu dari fungsi yang ada pada game untuk dioptimasi dengan menggunakan pemrograman GPU CUDA, yang mana masih terdapat banyak fungsi lain yang dapat dipanggil dalam device GPU. Penulis menyarankan agar fungsi-fungsi lainnya juga dilakukan optimasi agar mendapatkan performa yang lebih baik, serta dalam penggunaan CUDA dapat dirubah menjadi OpenCL agar permainan ini tidak hanya dapat dioptimasi pada kartu grafis Nvidia.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ADAMS, ERNEST, 2010. *Fundamentals of Game Design*. New Riders. pp. 161, 268.
- WILLHALM, T., DEMENTIEV, R., FAY P., 2017. *Intel® Performance Counter Monitor - A better way to measure CPU utilization*. software.intel.com.

RUGGILL, J.E., MCALLISTER, K.S., 2011. *Gaming Matters: Art, Science, Magic, and the Computer Game Medium*. University Alabama Press; 1st Edition edition.

TARJAN, D., K. SKADRON, & P. MICIKEVICIUS, 2009. *The art of performance tuning for CUDA and many core architectures*. Birds-of-a-feather session di SC'09.

NVIDIA, 2017. *Graphics Processing Unit (GPU)*. <http://www.nvidia.com/object/gpu.html> (Diakses tanggal 6 Juni 2017).

NVIDIA, 2017. *What is CUDA?*. http://www.nvidia.com/object/cuda_home_new.html (Diakses tanggal 7 Juni 2017).

UNIVERSITY OF VIRGINIA, ENGINEERING, COMPUTER SCIENCE, 2017. *CUDA Optimization Techniques*. http://www.cs.virginia.edu/~mwb7w/cuda_support/optimization_techniques.html (Diakses tanggal 5 juni 2017).

JTIK

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

1. Naskah yang ditulis untuk JTIK meliputi hasil-hasil penelitian di bidang Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. 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. Naskah dalam bentuk file *Microsoft Word* dapat dikirimkan sewaktu-waktu melalui *email* ke alamat **jtiik@ub.ac.id**.
2. Naskah ditulis dalam Bahasa Indonesia. Panjang naskah diharapkan tidak melebihi 10 halaman. Template penulisan naskah bisa didapatkan di <http://www.jtiik.ub.ac.id>.
3. Sistematika naskah adalah: judul yang harus ditulis secara ringkas dan menggambarkan isi naskah; nama penulis (tanpa gelar akademik); afiliasi penulis; alamat email; abstrak (150 – 200 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).
4. Tabel dan gambar harus diberi nomor dan judul lengkap serta harus diacu dalam tulisan. Contoh: Tabel 1, Tabel 2(a), Gambar 1, Gambar 2(a).
5. Persamaan matematika harus diberi nomor urut dalam kurung biasa dan harus diacu dalam tulisan.
6. Sumber pustaka/rujukan sedapat mungkin merupakan pustaka-pustaka terbitan 10 tahun terakhir. Pustaka yang diutamakan adalah sumber-sumber primer berupa laporan penelitian (termasuk Skripsi/Tugas Akhir, Tesis, Disertasi) atau naskah-naskah penelitian dalam jurnal dan/atau majalah ilmiah.
7. Pengacuan sumber pustaka dalam naskah menggunakan nama dan tahun. Sumber pustaka dalam Daftar Pustaka dituliskan terurut alfabetis dan kronologis.. Berikut adalah contoh penulisan daftar pustaka:

Makalah Jurnal

RIDOK, A. 2014. Peringkasan dokumen Bahasa Indonesia berbasis non-negative matrix factorization. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 1(1), 39-44.

PHANDEN, R. K., JAIN, A. & VERMA, R. 2013. An approach for integration of process planning and scheduling. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 26(4), 284-302.

Makalah Konferensi

DAO, S. D. & MARIAN, R. 2011. Optimisation of precedence-constrained production sequencing and scheduling using genetic algorithms. *Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists*, 16-18 March, Hong Kong.

WIBAWA, A. P., NAFALSKI, A. & MAHMUDY, W. F. 2013. Javanese speech levels machine translation: improved parallel text alignment based on impossible pair limitation. *IEEE International Conference on Computational Intelligence and Cybernetics*, 3-4 December, Yogyakarta, Indonesia. 16-20.

Buku

GEN, M. & CHENG, R. 2000. *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*. John Wiley & Sons, Inc., New York.

WANG, L. 2007. *Process planning and scheduling for distributed manufacturing*. Springer, London.

Book section

MARIAN, R. M., LUONG, L. & DAO, S. D. 2012. Hybrid genetic algorithm optimisation of distribution networks—a comparative study. *Dalam: AO, S. I., CASTILLO, O. & HUANG, X. (editor.) Intelligent Control and Innovative Computing*. Springer, US.

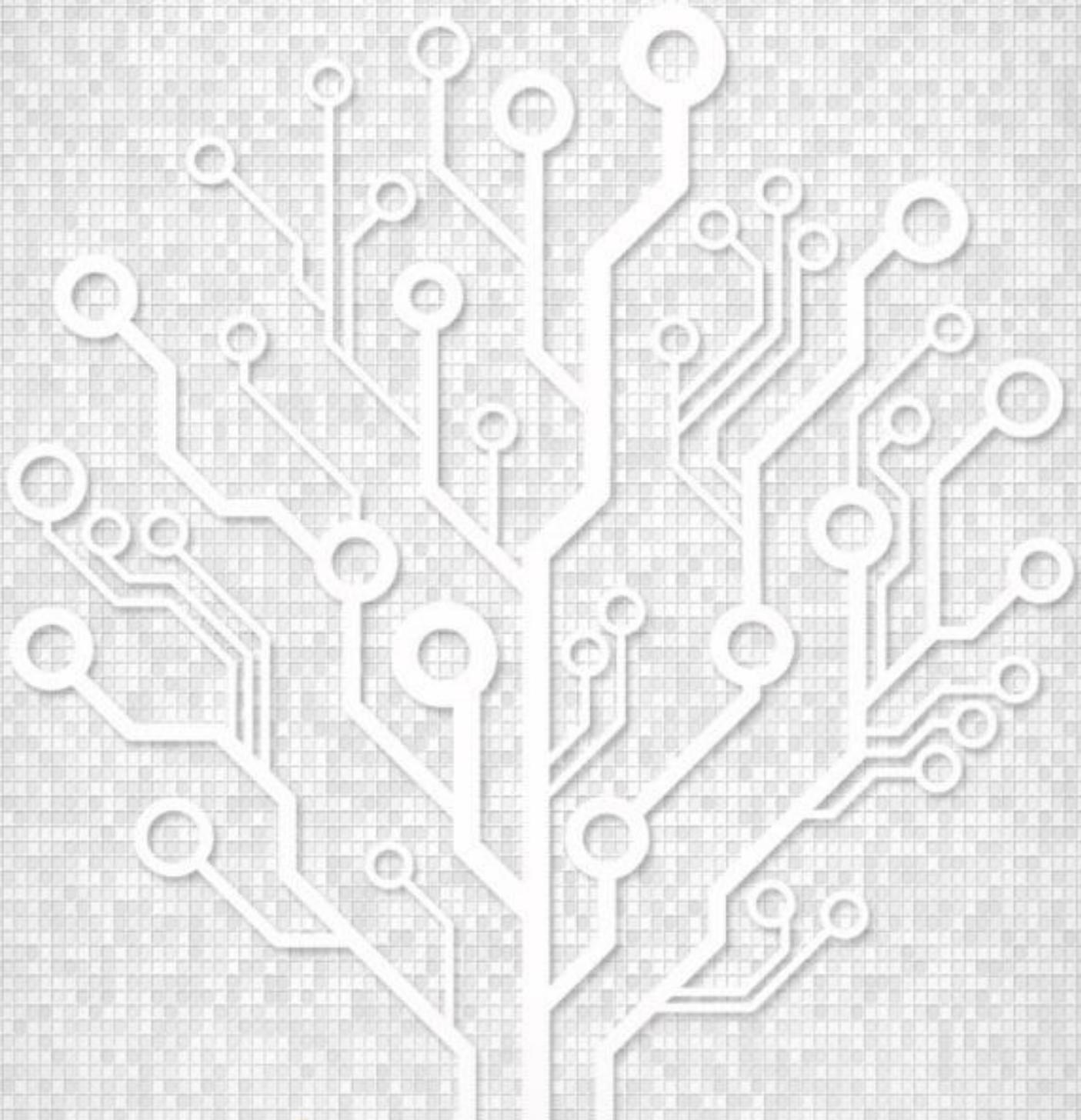
Laporan penelitian

LILIANA, D. Y. & MAHMUDY, W. F. 2006. Penerapan Algoritma Genetika pada Otomatisasi Penjadwalan Kuliah. *Laporan Penelitian DPP/SPP*. FMIPA Universitas Brawijaya, Malang.

Thesis

TALA, F. Z. 2003. A Study of Stemming Effects on Information Retrieval in Bahasa Indonesia. *Ph.D. Thesis*. Universiteit van Amsterdam.

8. Semua naskah ditelaah secara blind-review oleh mitra bestari (reviewers) yang ditunjuk oleh redaksi menurut bidang kepakarannya dan naskah telah memenuhi batas toleransi besarnya persentase plagiasi dengan dokumen online $\leq 10\%$. Penulis naskah diberi kesempatan untuk melakukan perbaikan (revisi) naskah atas dasar rekomendasi/saran dari mitra bestari dan redaksi pelaksana. Kepastian pemuatan atau penolakan naskah akan diberitahukan secara tertulis melalui email.
9. Naskah yang telah dinyatakan diterima dengan atau tanpa revisi oleh tim redaksi dan reviewers, penulis naskah tidak dikenai biaya registrasi apapun untuk pemuatan naskah.
10. 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.
11. 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.
12. Penulis dapat memesan berkas jurnal dalam versi cetak minimal 2 eksemplar dengan mengirimkan alamat tujuan yang lengkap ke email jtiik@ub.ac.id (redaksi akan mengestimasi harga total dan biaya pengirimannya) dan wajib membayar kontribusi biaya cetak sebesar Rp. 100.000 (seratus ribu rupiah) per eksemplar.



JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



9 772355 789000