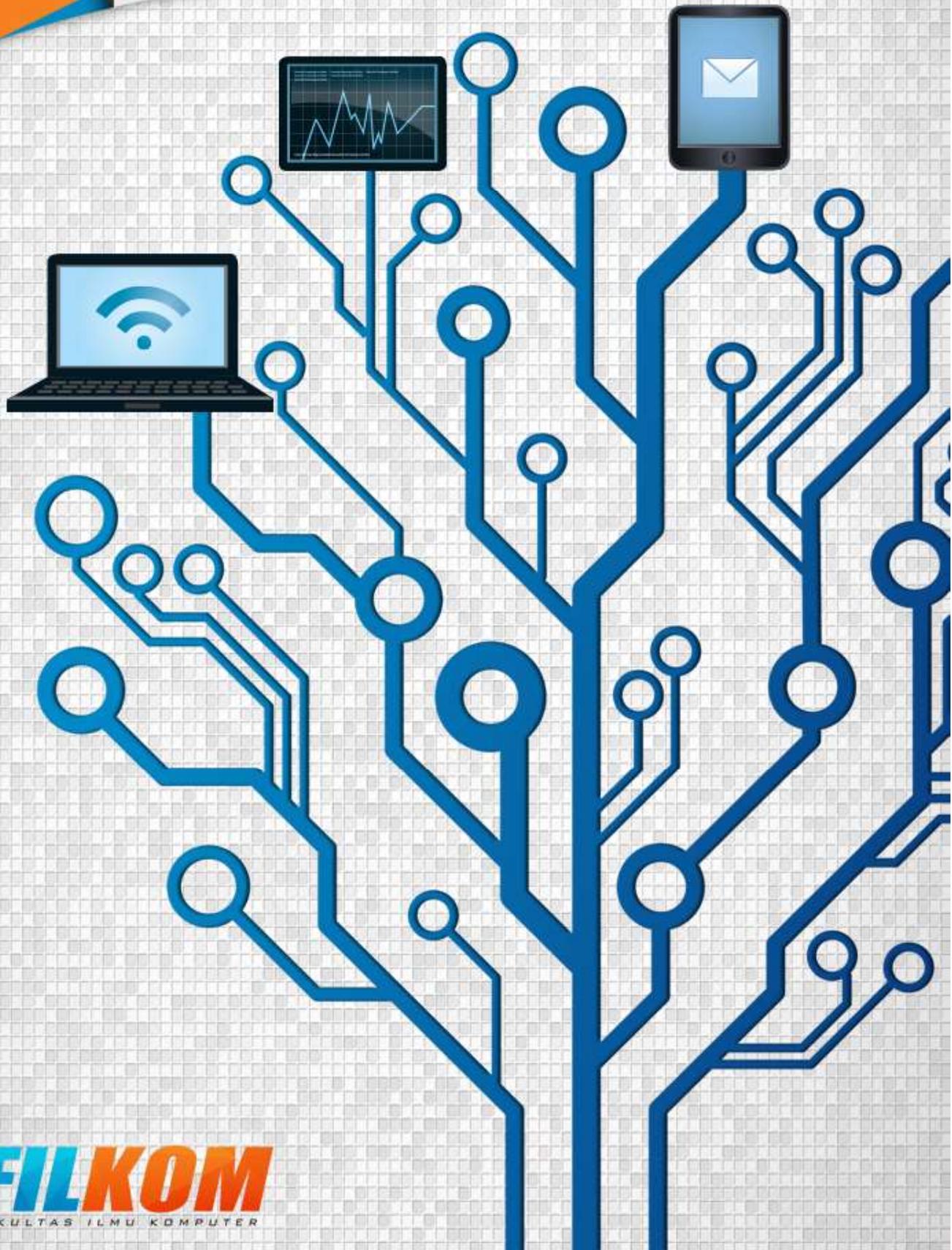


ISSN : 2355-7699

JURNAL

TEKNOLOGI INFORMASI & ILMU KOMPUTER

Volume 4 | Nomor 1 | Maret 2017 | Halaman 1-74



JTIK

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 4, Nomor 1, Maret 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 1, Maret 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. Octav M Octaviano Pratama, CEP CCIT Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Indonesia
16. Nurfiana Nurfiana, Fakultas Ilmu Komputer, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya, Indonesia
17. Rahimi Fitri, Politeknik Negeri Banjarmasin, Indonesia
18. Ratih Ayuninghemi, Politeknik Negeri Jember, Indonesia
19. Riyanto Sigit, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia
20. Titin Pramiyati, UPN "Veteran" Jakarta, Indonesia
21. Wayan Firdaus Mahmudy, Universitas Brawijaya, Indonesia
22. Yeni Anistyasari, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

JTIK

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 4, Nomor 1, Maret 2017

ISSN 2355-7699

DAFTAR ISI

Penentuan Komposisi Bahan Makanan Bagi Penderita Gagal Ginjal Akut Dengan Algoritma Genetika <i>Agnes Rossi Trisna Lestari, Umi Rofiqoh, Siti Robbana, Winda Estu Nurjanah, Ulfa Lina Wulandari, Imam Cholissodin</i>	1-7
Optimasi Derajat Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Diagnosis Penyakit Sapi Potong <i>Diva Kurnianingtyas, Wayan Firdaus Mahmudy, Agus Wahyu Widodo</i>	8-18
Purwarupa Sistem Pengambilan Dan Pengolahan Data Kandungan Gas Karbon Monoksida Di Udara Menggunakan Raspberry Dan Sensor MQ-7 <i>Rizky Kurnia A.M., Kasyful Amron, Wijaya Kurniawan</i>	19-24
Sistem Rekomendasi Pemilihan Sekolah Menengah Atas (SMA) Sederajat Kota Malang Menggunakan Metode AHP-ELECTRE Dan SAW <i>Suherni Prahesti, Dian Eka Ratnawati, Heru Nurwasito</i>	25-30
Optimasi Kandungan Gizi Susu Kambing Peranakan Etawa (PE) Menggunakan ELM-PSO Di UPT Pembibitan Ternak Dan Hijauan Makanan Ternak Singosari-Malang <i>Imam Cholissodin, Sutrisno Sutrisno, Arief Andy Soebroto, Latifah Hanum, Canny Amerilyse Caesar</i>	31-36
Optimasi Keuntungan Pembangunan Perumahan Berdasarkan Jumlah Rumah Setiap Tipe Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO) <i>Rozaq Akbar, Dian Eka Ratnawati, Sutrisno Sutrisno</i>	37-43
Knowledge Management System Model pada Forum diskusi Petani Buah Naga menggunakan CMS phpBB <i>Anderias Eko Wijaya</i>	44-51
Pengembangan Infrastruktur Komunikasi Multigroup Pada Wi-Fi Direct <i>Bagus Aji Pamungkas Setiyono, Eko Sakti Pramukantoro, Kasyful Amron</i>	52-61
Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Optimal Topologi Cincin pada WAN <i>Qilbaaini Effendi Muftikhali, Arnoldus Yansen Danar, Aris Kusumawati, Syukron Hidayat</i>	62-68
Analisis Availabilitas dan Reliabilitas Multi-Master Database Server Dengan State Snapshot Transfers (SST) Jenis Rsync Pada MariaDB Galera Cluster <i>Mahendra Data, Gilang Ramadhan, Kasyful Amron</i>	69-74

PENENTUAN KOMPOSISI BAHAN MAKANAN BAGI PENDERITA GAGAL GINJAL AKUT DENGAN ALGORITMA GENETIKA

Agnes Rossi Trisna Lestari¹, Umi Rofiqoh², Siti Robbana³, Winda Estu Nurjanah⁴, Ulfa Lina Wulandari⁵,
Imam Cholissodin⁶

^{1,2,3,4,5,6}Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya

Email: ¹agnesrossi.46@gmail.com, ²umi.roffi@gmail.com, ³robbana18@gmail.com, ⁴windaestu@gmail.com,
⁵ulfalinaw@gmail.com ⁶imamcs@ub.ac.id

(Naskah masuk: 4 Januari 2017, diterima untuk diterbitkan: 23 Januari 2017)

Abstrak

Penyakit ginjal merupakan penyakit yang ganas, dimana jika penanganan yang dilakukan secara tidak tepat, maka akan mempengaruhi kualitas hidup penderitanya. Selain mengandalkan perawatan medis, individu yang menderita penyakit ini harus sadar diri dengan kondisi kesehatannya. Untuk mengatur diet makanannya, penderita memerlukan suatu sistem yang mampu menentukan komposisi bahan makanan bagi penderita penyakit ginjal secara cepat dan tepat. Oleh karena itu penulis memberikan solusi berupa sistem penentuan bahan makanan apa saja yang tepat gizi bagi penderita penyakit ginjal akut menggunakan algoritma genetika, dimana pengodean yang digunakan adalah *real code*. Nilai Gizi dari makanan diambil dari PUGS (Pedoman Umum Gizi Seimbang) dan ensiklopedi. Algoritma yang digunakan dalam penentuan komposisi bahan makanan bagi penderita gagal ginjal akut ini ialah algoritma genetika, langkahnya meliputi : inisialisasi kromosom dimana setiap kromosom terdapat 5 gen berupa indeks dari bahan makanan, kemudian dilakukan inisialisasi probabilitas *crossover* dan mutasi untuk proses reproduksi, dilanjutkan dengan evaluasi menggunakan perhitungan fitness yang disesuaikan dengan rumus, dan tahap akhir ialah melakukan seleksi dengan menggunakan *elitism selection* untuk menghasilkan kandidat bahan makanan baru untuk diproses pada iterasi berikutnya.

Kata kunci: komposisi bahan makanan, gagal ginjal akut, algoritma genetika

Abstract

Kidney disease is a malignant disease, where if the treatment is done incorrectly, the sufferer's quality of life can be affected by incorrect treatment. In addition to relying on medical care, individuals who suffer from this disease should be aware of themselves with the condition of his health. To arrange food diet, the patient requires a system that can determine the composition of food for kidney disease quickly and accurately. Therefore, the authors provide a solution with determination system for any food ingredient proper nutrition for patients with chronic kidney disease using genetic algorithms, where the coding used is real code. Nutritional value of food taken from PUGS (General Guidelines Balanced Nutrition) and encyclopedia. The algorithm used in determining the composition of foodstuffs for patients with acute renal failure this is a genetic algorithm, the steps include: initialization chromosome where each chromosome there are five genes in the form of index of groceries, then do the initialization probability of crossover and mutation to the reproductive process, followed by an evaluation using fitness calculations to the formula, and the final stage is to make the selection by using elitism candidate selection to produce new food material to be processed in the next iteration.

Keywords: food composition, acute renal failure, genetic algorithm

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki penduduk yang padat, mencapai 225 juta populasi (menurut www.bps.go.id/). Dengan adanya laju penduduk yang semakin pesat, berbagai permasalahan timbul di negara ini. Salah satu permasalahannya adalah di bidang kesehatan, dimana Negara ini merupakan Negara yang menduduki urutan tertinggi ketiga terkait dengan penyakit katastropik yaitu penyakit ginjal. Dari data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, tercatat sebanyak 3.094.915 penduduk Indonesia menderita

penyakit ginjal dan (menurut www.depkes.go.id/). Untuk menjaga kondisi kesehatan tersebut diperlukan diet makanan yang sesuai dengan level penyakit ginjal, karena setiap level penyakit ginjal ini mempunyai perbedaan dalam pemilihan komposisi makanannya untuk permasalahan ini penulis memfokuskan ke penyakit ginjal akut. Dalam hal ini diperlukan perhitungan kebutuhan gizi secara khusus dan penerapannya dalam bentuk modifikasi diet atau diet khusus untuk penderita penyakit ginjal (Almatsier, 2008).

Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem untuk menentukan komposisi bahan makanan bagi penderita penyakit ginjal secara cepat dan tepat.

Penulis memberikan solusi berupa sistem penentuan bahan makanan apa saja yang tepat gizi bagi penderita penyakit ginjal akut menggunakan algoritma genetika, dimana pengodean yang digunakan adalah *real code*. Untuk mendapatkan nilai fitness penyakit ginjal akut diperlukan pertimbangan khusus terkait kebutuhan kalori, protein, lemak, kalium, fosfor, kalsium dan kebutuhan karbohidrat penderitanya (Rismawan, 2007). Dengan adanya buku Pedoman Umum Gizi Seimbang (PUGS) penulis mampu mengetahui nilai gizi yang tepat.

Pada penelitian sebelumnya algoritma genetika diterapkan untuk permasalahan penjadwalan menu makanan bagi pasien Rumah sakit (Isokawa, 2014), dimana perhitungan *fitness*nya belum dipaparkan secara jelas, namun penelitian tersebut mampu menghasilkan penjadwalan menu makanan yang tepat dan cepat. Untuk perbedaan penelitian yang dilakukan penulis dan penelitian sebelumnya terkait penentuan komposisi bahan makanan bagi penderita penyakit ginjal dengan algoritma genetika ini adalah dari segi perhitungan *fitness*nya dan terfokus pada satu objek saja, dimana dengan adanya perhitungan *fitness* dan terfokus pada satu objek penyakit saja, yaitu penyakit ginjal akut diharapkan mampu keluar dari lokal optimal sehingga mampu mendapatkan global optimal yang lebih baik dari penelitian sebelumnya.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan penderita penyakit ginjal mampu menjaga kualitas hidupnya dengan berpedoman dengan sistem penentuan komposisi bahan makanan ini, sehingga dana yang seharusnya diberikan untuk perawatan medis dapat dipergunakan untuk kebutuhan penting lainnya. (Hartati, 2011).

2. DASAR TEORI

2.1 Nutrisi Seimbang bagi Penderita Penyakit Gagal Ginjal Akut

Nutrisi adalah substansi organik yang dibutuhkan makhluk hidup untuk fungsi normal dari sistem tubuh, pertumbuhan dan memelihara kesehatan. Nutrisi didapatkan dari makanan dan cairan yang dikonsumsi yang kemudian diasimilasi oleh tubuh. Makanan sehari-hari yang dipilih dan dikonsumsi dengan baik akan memberikan semua zat gizi yang dibutuhkan untuk fungsi normal tubuh. Sebaliknya, jika makan tidak dipilih dengan baik, tubuh akan mengalami kekurangan zat-zat gizi esensial tertentu (Almatsier, 2003).

Ada beberapa cara menentukan Angka Metabolisme Basal (AMB), salah satunya adalah rumus Harris Benedict (1919). Untuk menentukan Angka Metabolisme Basal (AMB) menurut Harris Benedict (1919).

$$\text{Laki-laki} = 66 + (13,7 \times \text{BB}) + (5 \times \text{TB}) - (6,8 \times \text{U}) \quad (1)$$

$$\text{Perempuan} = 655 + (9,6 \times \text{BB}) + (1,8 \times \text{TB}) - (4,7 \times \text{U}) \quad (2)$$

Keterangan :

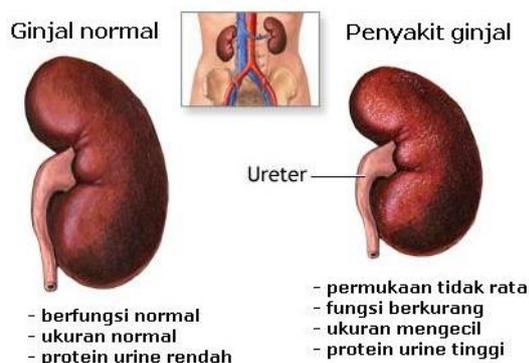
BB = berat badan dalam kg

TB = tinggi badan dalam cm

U = umur dalam tahun

Sedangkan untuk mencari kebutuhan energi dapat menggunakan rumus (3).

Kebutuhan energi = AMB x faktor aktivitas x faktor trauma/stress (3)



Gambar 1. Penyakit Ginjal

Pada Gambar 1, ginjal memiliki fungsi utama yaitu, memelihara keseimbangan homeostatik cairan, elektrolit dan bahan-bahan organik dalam tubuh. Diet khusus diperlukan jika fungsi ginjal terganggu. Diet pada penyakit ginjal ditekankan pada pengontrolan asupan energi, protein, cairan, elektrolit natrium, kalium, kalsium dan fosfor.

2.2 Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan algoritma yang terinspirasi dari teori evolusi makhluk hidup yang menggunakan prinsip seleksi alam dan menggunakan beberapa operator genetika seperti halnya, *crossover*, mutasi dan seleksi. *Pseudocode* dari algoritma genetika pada Tabel 1.

Tabel 1. *Pseudocode* Algoritma Genetika

1	Inisialisasi generasi $t \leftarrow 0$
2	Inisialisasi populasi $P(0)$ secara acak
3	Evaluasi semua individu pada $P(0)$
3	Ulangi
4	Pilih beberapa individu dari $P(t)$
5	yang berpotensi untuk dilakukan
6	crossover
7	Lakukan crossover untuk menghasilkan
8	offspring
9	Ganti $P(t)$ dengan populasi baru
9	Inisialisasi generasi $t \leftarrow t+1$
10	Sampai semua kriteria terpenuhi

Algoritma genetika mengkodekan beberapa variabel keputusan atau beberapa parameter *input* dari permasalahan kedalam beberapa string solusi yang memiliki panjang yang telah ditentukan.

2.2.1 Representasi dan Inisialisasi kromosom secara acak

Ilustrasi sederhana representasi dan inisialisasi kromosom yang dilakukan secara random, yang ditunjukkan pada Tabel 2. Dimana dalam 1 kromosom terdiri dari 5 gen, yang setiap gen nya berisi indeks dari tiap bahan makanan.

Tabel 2. Representasi dan Inisialisasi kromosom

Kromosom ke -	Gen				
1	01	31	29	21	11
2	02	21	16	30	11
3	03	25	18	30	12
4	04	19	22	11	29
5	05	20	26	11	31
6	06	12	30	24	35
7	07	17	30	24	37

Misalkan pada Tabel 2 berisikan indeks berupa bahan makanan, yaitu :

01 Beras Var Pelita I/1, 31 Anggur, 29 Tomat Merah, 21 Katuk, dan 11 Ubi manis.

02 Beras Var Pelita II/1, 21 Katuk, 16 Kacang Koro, 30 Wortel, dan 11 Ubi manis.

03 Beras Var Rojolele, 25 Kangkung, 18 Bayam, 30 Wortel, dan 12 Jengkol.

04 Beras Merah, 19 Buncis, 22 Kol Sawi, 11 Ubi manis, dan 29 Tomat Merah.

05 Gandum, 20 Bunga Pepaya, 26 Selada Air, 11 Ubi manis, dan 31 Anggur.

06 Jagung, 12 Jengkol, 30 Wortel, 24 Ubi jalar, dan 35 Telur ayam lokal.

07 Ganyong, 17 Lamtoro, 30 Wortel, 24 Ubi jalar, dan 37 Belut.

2.2.2 Inisialisasi probability crossover dan mutasi

Inisialisasi probability crossover ($pc=0,8$) dan probability mutasi ($pm=0,3$) ditunjukkan pada Tabel 3. Proses ini akan menghasilkan offspring dengan mengalikan pc atau pm dengan jumlah $popsiz$ / jumlah kromosom (seluruh $popsiz/kromosom=37$ kromosom).

Tabel 3. Inisialisasi probability crossover dan probability mutasi

Jenis probability	Nilai	Offspring
Crossover	0.8	30
Mutasi	0.3	11

Dengan nilai offspring masing-masing crossover dan mutasinya adalah 30 dan 11.

2.2.3 Proses Reproduksi (Crossover)

Proses reproduksi dengan crossover. Proses ini mengambil 2 pasang kromosom secara random sehingga menghasilkan beberapa offspring yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Proses Reproduksi dengan Crossover

Crossover menghasilkan $0,8 \times 37 = 30$ offspring						
C1 = P1 + a (P2 - P1), a=0.1104						
Kromosom ke-						Fitness
2	02	21	16	30	11	0.003087533
3	03	25	18	30	12	0.002926097
Offspring						Fitness
C1	3	22	17	30	12	0.003059419
C2	3	25	18	30	12	0.002926097

Pada Tabel 4 ditunjukkan bahwa nilai fitness untuk kromosom ke 2 sebesar 0.003087533 dan kromosom ke 3 sebesar 0.002926097. Dengan nilai fitness untuk offspring C1 dan C2 yang dihasilkan melalui reproduksi crossover adalah 0.003059419 dan 0.002926097.

2.2.4 Proses Reproduksi (Mutasi)

Proses reproduksi dengan mutasi. Proses ini mengambil 2 pasang kromosom secara random sehingga menghasilkan beberapa offspring yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Proses Reproduksi dengan Mutasi

Mutasi menghasilkan $0,3 \times 37 = 11$ offspring						
Kromosom ke-						Fitness
5	05	20	26	11	31	0.002876433
6	06	12	30	24	35	0.002851391
Offspring						Fitness
C1	5	22	28	13	33	0.002905761
C2	6	14	32	26	37	0.003036503

Pada Tabel 5 ditunjukkan bahwa nilai fitness untuk kromosom ke 5 sebesar 0.002876433 dan kromosom ke 6 sebesar 0.002851391. Dengan nilai fitness untuk offspring C1 dan C2 yang dihasilkan melalui reproduksi mutasinya adalah 0.002905761 dan 0.003036503.

2.2.5 Evaluasi

Melakukan evaluasi dengan perhitungan nilai fitness sesuai dengan rumus :

$$f = \frac{1}{((abs(p - \sum a) + abs(q - \sum b) + abs(r - \sum c)) + bilkecil)} \tag{4}$$

Keterangan :

p = energi yang dibutuhkan

q = protein yang dibutuhkan dalam 1 hari untuk diet

r = lemak yang dibutuhkan dalam 1 hari untuk diet
 a = jumlah kalori pada bahan makanan
 b = jumlah protein pada bahan makanan
 c = jumlah lemak pada bahan makanan
 $bilkecil$ = nilai untuk menjauhi pengurangan dengan 0

2.2.6 Seleksi dengan *Elitism*

Hasil seleksi dengan menggunakan *elitism selection* yang ditunjukkan pada Tabel 6. Dilakukan perbandingan nilai *fitness* antara kromosom *parent* dengan kromosom *child*, nilai *fitness* terbesar akan menjadi kandidat untuk dilakukan iterasi selanjutnya.

Tabel 6. Proses *Elitism Selection*

Chromosome (Parent)	Fitness
P1	0.000578
P2	0.000842
P3	0.000669
P4	0.000552
P5	0.000622
P6	0.000596
P7	0.000703

+

Chromosome (Child)	Fitness
c1	0.000823
c2	0.000669
c3	0.000646
c4	0.000828

P(t+1)	asal P(t)	Fitness
P1	P2	0.000841928
P2	c4	0.000827917
P3	c1	0.000822876
P4	P7	0.000703161
P5	P3	0.000669322
P6	c2	0.000669322
P7	c3	0.000646224

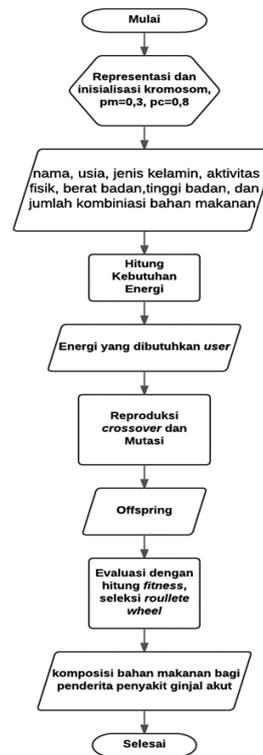
Pada Tabel 6 ditunjukkan bahwa seleksi *elitism* bekerja dengan mengumpulkan semua individu dalam *chromosome (parent)* dan *offspring* dalam satu penampungan. Individu dengan nilai *fitness* terbaik sebanyak *popSize* dalam penampungan ini akan lolos untuk masuk dalam generasi selanjutnya.

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Langkah awal proses ini adalah merepresentasikan dan menginisialisasi kromosom, *probability crossover* dan mutasi. Setelah langkah awal terinisialisasi, dilakukan pengujian dengan memasukkan data berupa usia, jenis kelamin, usia, aktivitas fisik, berat badan, tinggi badan, dan jumlah kombinasi penentuan bahan makanan yang akan ditampilkan ke *user* dalam satuan hari. Kemudian dilakukan reproduksi dengan *crossover* dan mutasi, kemudian dilakukan evaluasi dengan perhitungan *fitness*, dilakukan seleksi dengan menggunakan metode *elitism* sehingga sistem mampu menampilkan kombinasi bahan makanan yang tepat bagi penderita penyakit gagal ginjal akut.

Rancangan sistem penentuan komposisi bahan makanan bagi penderita penyakit gagal ginjal akut

dengan algoritma genetika yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Tabel 7 Kode Program Sistem ini digunakan sebagai proses perhitungan *fitness* dari komposisi bahan makanan bagi penderita gagal ginjal akut, dimana jika *fitness* yang didapatkan semakin tinggi maka komposisi bahan makanan tersebut akan menjadi pilihan alternative yang optimal bagi penderita gagal ginjal akut.

Tabel 7. Kode Program Sistem

No	Kode Program
1	public function
2	evaluation(\$chromosome,\$energy,\$protein,\$fat
3	t) {
4	\$bilkecil = rand(1,5);
5	
6	for(\$i=0;\$i<count(\$chromosome);\$i+
7	+) {
8	=
9	for(\$j=0;\$j<count(\$chromosome[\$i])
10	;\$j++){
11	\$a[\$j] =
12	\$chromosome[\$i][\$j]['energi'];
13	\$b[\$j] =
14	\$chromosome[\$i][\$j]['protein'];
15	\$c[\$j] =
16	\$chromosome[\$i][\$j]['lemak'];
17	}
18	\$fitness[\$i] =
19	1/(abs(\$energy-array_sum(\$a))+abs(\$protein-
20	array_sum(\$b))+abs(\$fat-
21	array_sum(\$c))+\$bilkecil);
22	}
23	return \$fitness;
24	}

Penjelasan dari Tabel 7 Kode Program Sistem adalah sebagai berikut:

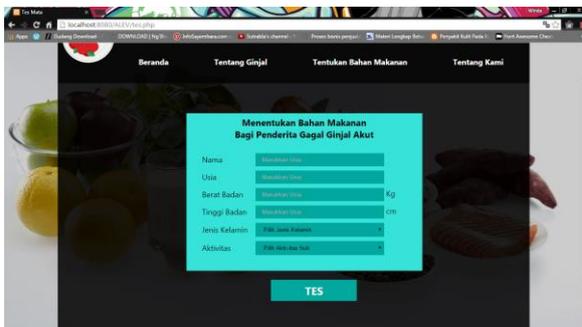
1. Baris 4 adalah inisialisasi bilangan kecil antara 1-5.
2. Baris 6-22 merupakan perhitungan total energi, total protein dan total lemak dari bahan makanan.



Gambar 3. Antarmuka Halaman Beranda



Gambar 4. Antarmuka Halaman Tentang Ginjal



Gambar 5. Antarmuka Halaman Tentukan Bahan Makanan



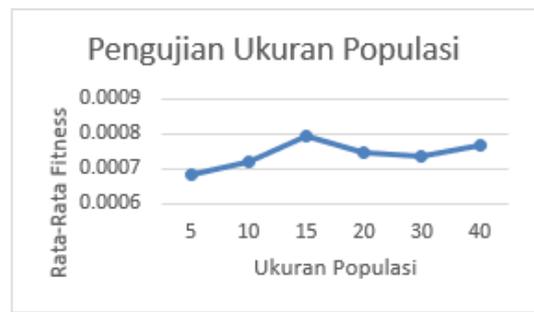
Gambar 6. Antarmuka Halaman tentang Develop

Gambar di atas yaitu Gambar 3, 4, 5 dan 6 merupakan hasil sistem penentuan komposisi bahan makanan bagi penderita gagal ginjal akut dengan algoritma genetika yang telah berhasil diimplementasikan dengan pemrograman php yang masih dijalankan pada *localhost developer* sistem.

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Ukuran Populasi

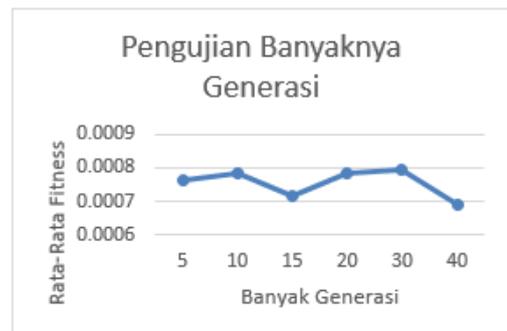
Pengujian ukuran populasi digunakan untuk mengetahui ukuran populasi terbaik untuk menghasilkan solusi terbaik. Ukuran populasi tersebut akan mempengaruhi besarnya nilai *fitness*. Ukuran populasi yang diuji coba adalah ukuran yang bervariasi. Pengujian ukuran populasi ini dilakukan sebanyak 6 kali. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengujian ukuran populasi

Berdasarkan grafik hasil pengujian pada Gambar 7, rata-rata nilai *fitness* terbesar didapatkan dari ukuran populasi ke-15 dimana nilai rata-rata *fitness*-nya telah diketahui sebesar 0.0008. Dari keseluruhan hasil nilai rata-rata yang didapatkan, nilai tersebut mengalami tingkat konvergensi yang kecil. Konvergensi tersebut terjadi karena adanya random terhadap tiap inisialisasi *chromosome*. Sehingga hasil analisis dari grafik di atas menunjukkan bahwa semakin besar populasi maka nilai rata-rata *fitness* yang didapatkan cenderung semakin besar.

4.2 Pengujian Banyaknya Generasi



Gambar 8. Pengujian Banyaknya Generasi

Pengujian banyaknya generasi digunakan untuk mengetahui banyaknya generasi terbaik untuk menghasilkan solusi terbaik. Banyaknya generasi yang diuji adalah 5, 10, 15, 20, 30, 40. Pengujian banyaknya generasi ini dilakukan sebanyak 6 kali.

Berdasarkan grafik hasil pengujian pada Gambar 8, rata-rata nilai *fitness* terbesar didapatkan dari ukuran generasi ke-30 dimana nilai rata-rata *fitness*-nya telah diketahui sebesar 0.0008. Hasil analisis dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin besar generasi maka nilai rata-rata *fitness* yang didapatkan cenderung semakin besar. Namun nilai rata-rata *fitness* juga mengalami penurunan yang signifikan, hal ini karena sifat dari algoritma genetika yaitu stokastik. Stokastik disini adalah terkait hasil solusi yang didapatkan setiap kali melakukan percobaan yang baru selalu cenderung mendapatkan solusi yang berbeda. Sehingga bisa jadi solusi yang didapatkan saat ini tidak lebih baik jika dibandingkan dengan solusi yang didapatkan sebelumnya, dan sebaliknya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari serangkaian metodologi, sistem penentuan komposisi bahan makanan bagi penderita gagal ginjal akut dengan algoritma genetika telah berhasil diimplementasikan dengan Bahasa pemrograman PHP yang dijalankan pada *localhost developer* sistem. Diawali dengan inisialisasi kromosom, kemudian menentukan probabilitas *crossover* dan mutasinya sehingga mampu melakukan proses reproduksi dengan *offspring* yang sesuai dengan perhitungan antara probabilitas *crossover* atau mutasinya. Kemudian dilakukan evaluasi dengan perhitungan *fitness* sesuai dengan rumus, yang dilanjutkan dengan seleksi menggunakan *elism selection*.

Dalam penelitian ini masih terdapat banyak keterbatasan, untuk itu diharapkan pembaca mampu menelaah untuk menjadikan penelitian ini lebih baik dari sebelumnya. Dari latar belakang dan pengujian yang telah dilakukan pada sistem penentuan bahan makanan bagi penderita penyakit gagal ginjal akut didapatkan suatu kesimpulan bahwa sistem mampu memecahkan masalah dalam menentukan komposisi bahan makanan bagi penderita penyakit katastrofik, yaitu gagal ginjal akut dengan hasil pengujian yang dilakukan pada ukuran populasi dan banyaknya generasi.

Penelitian dan pembuatan sistem ke depan disarankan untuk memvalidasi kandungan nutrisi dari bahan makanan dan kebutuhan nutrisi dari penderita kepada para pakar atau ahli medis (tidak hanya dari PUGS dan ensiklopedi). Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menambah *database* dari bahan makanan yang mengandung nilai gizi yang sesuai bagi penderita gagal ginjal akut, membangun *user interface* yang lebih menarik dan *user friendly*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ANONIM1. 2016. Badan Pusat Statistik. www.bps.go.id/, diakses pada tanggal 07 November 2016.
- ANONIM2. 2013. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. www.depkes.go.id/, diakses pada tanggal 09 November 2016.
- ALMATSIER, S. 2003. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- ALMATSIER, S. 2008. *Penuntun Diet*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- DIREKTORAT BINA GIZI, KEMENTERIAN KESEHATAN RI. 2014. Pedoman Gizi Seimbang. <http://gizi.depkes.go.id/pgs-2014-2>. Diakses tanggal 10 November 2016.
- HARTATI, SRI, 'UYUN, SHOFWATUL, 2011, 'Computation of Diet Composition for Patients Suffering from Kidney and Urinary Tract Diseases with the Fuzzy Genetic System', International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 36–No.6, December 2011.
- HARRIS, BENEDICT. 1919. *A Biometric Study of Human Basal Metabolism*, USA : US National Library of Medicine National Institutes of Health.
- ISOKAWA, TEIJIRO & MATSUI, NOBUYUKI, 2015, 'Performances in GA-based Menu Production for Hospital Meals', Evolutionary Computation (CEC), 2015 IEEE Congress on 25-28 May 2015.
- KUSHARDIANA, RESTHY. 2013. 'Penentuan Komposisi Menu Makanan Untuk Penderita Diabetes Mellitus Menggunakan Algoritma Genetika'. Program Studi Ilmu Komputer. Jurusan Teknik Informatika. Program Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer. Universitas Brawijaya. Malang.
- MAHMUDY, WF. 2014. Algoritma Evolusi. Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. Malang : Universitas Brawijaya.
- POP, CB, CHIFU, VR, SALOMIE, I, PRIGOANA, C, BOROS, T & MOLDOVAN, D, 2016, 'Generating Healthy Menus for Older Adults using a Hybrid Honey Bees Mating Optimization Approach', 17th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing.
- PRATIWI, MI, MAHMUDY, WF & DEWI, C, 2014, 'Implementasi algoritma genetika pada optimasi biaya pemenuhan kebutuhan gizi', DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTHK Universitas Brawijaya, vol. 4, no. 6.

- RAMAYULIS, R. 2016. Diet Untuk Penyakit Komplikasi. Jakarta: Penebar Plus.
- RIANAWATI, A & MAHMUDY, WF, 2015, 'Implementasi algoritma genetika untuk optimasi komposisi makanan bagi penderita diabetes mellitus', DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, vol. 5, no. 14.
- WILFRED DRUML, MD, 2001, 'Nutritional Management Of Acute Renal Failure', American Journal of Kidney Diseases Volume 37, Issue 1, Supplement 2, January 2001, Pages S89–S94.

OPTIMASI DERAJAT KEANGGOTAAN FUZZY TSUKAMOTO MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK DIAGNOSIS PENYAKIT SAPI POTONG

Diva Kurnianingtyas¹, Wayan Firdaus Mahmudy², Agus Wahyu Widodo³

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya
Email: ¹divakurnianingtyas@gmail.com, ²wayanfm@ub.ac.id, ³a_wahyu_w@ub.ac.id

(Naskah masuk: 2 Februari 2017, diterima untuk diterbitkan: 27 Februari 2017)

Abstrak

Sistem inferensi *fuzzy* bisa digunakan untuk diagnosis penyakit pada sapi potong. Untuk mendapatkan akurasi yang tinggi maka batasan fungsi keanggotaan *fuzzy* perlu ditentukan secara tepat. Penggunaan metode logika *fuzzy* untuk memperoleh hasil diagnosis penyakit pada sapi potong sesuai pakar berdasarkan batasan gejala penyakit dan aturan-aturan yang diperoleh dari pakar. Batasan tersebut bisa diperbaiki menggunakan Algoritma Genetika untuk mendapatkan akurasi yang lebih baik. Pengujian yang dilakukan pada 51 data dari beberapa gejala penyakit menghasilkan akurasi sebesar 98,04% dengan menggunakan parameter genetika terbaik antara lain ukuran populasi sebesar 80, ukuran generasi sebesar 15, nilai *Crossover rate* (*Cr*) sebesar 0,9, dan nilai *Mutation rate* (*Mr*) sebesar 0,06. Akurasi tersebut mengalami peningkatan sebesar 3,54% sesudah dilakukannya optimasi pada metode logika *fuzzy*.

Kata kunci: diagnosis penyakit sapi potong, logika *fuzzy*, Algoritma Genetika

Abstract

Fuzzy inference systems can be used to diagnose cattle disease. Prior to obtaining the most accurate of limitation, fuzzy membership functions must be defined precisely. Thus, the limits will be optimized along with Genetic Algorithm to get more accurate results. The function of fuzzy logic methods in the diagnosis of disease is relied upon the parameters set by experts. Tests that were performed on 51 data from some of the symptoms of the disease resulted in an accuracy of 98.04% using the best genetic parameters with the population size of 80, the size of the generation of 15, crossover rate value of 0.9, and the value of mutation rate of 0.06. The accuracy has increased by 3.54% compare to results before optimization.

Keywords: cattle disease diagnosis, fuzzy logic, genetic algorithms

1. PENDAHULUAN

Diagnosis penyakit merupakan proses awal untuk mendeteksi suatu penyakit melalui gejala-gejala yang ditimbulkan. Kegagalan suatu diagnosis akan memberikan beberapa permasalahan seperti keselamatan hidup ternak (Schiff, 2008). Ternak yang sedang terjangkit penyakit, risiko hidupnya sangat bergantung terhadap diagnosis awal seorang dokter (Fernandez-Millan et al., 2015). Sehingga, ketepatan dalam mendiagnosis penyakit pada pasien sangat diperlukan.

Banyak kendala yang dialami oleh peternak sapi potong dalam mempertahankan kualitas kesehatan ternaknya. Terbatasnya pengetahuan para peternak sapi potong sehingga tidak dapat mengetahui penyakit sapi potong sejak dini (Tyas et al., 2015). Selain itu, keberadaan dokter hewan yang sangat minim untuk melakukan diagnosis sapi potong yang terserang penyakit membuat peternak lambat dalam mengambil keputusan untuk pengobatan sapi potong tersebut (Kaler and Green, 2013). Oleh karena itu, penegakkan untuk diagnosis awal merupakan hal yang penting untuk menangani

penyakit. Hal itu tidak dapat dilakukan oleh peternak sapi potong.

Identifikasi dari gejala-gejala yang timbul merupakan salah satu cara untuk mendiagnosis penyakit. Permasalahan diagnosis timbul karena informasi yang tidak jelas sehingga tidak bisa menghasilkan diagnosis penyakit yang tepat (Samuel and Balamurugan, 2012). Logika *fuzzy* sangat fleksible pada perubahan dan ketidakpastian masalah (Purnomo and Kusumadewi, 2010). Sehingga proses diagnosis penyakit sangat cocok menggunakan logika *fuzzy* karena adanya ketidakjelasan informasi gejala dan penyakit. Salah satu penelitian yang dapat memberikan solusi terhadap permasalahan tersebut adalah penelitian Nisak (2015). Penelitiannya berkaitan dengan mendiagnosis penyakit sapi potong yang menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto. Pengujian dilakukan pada 26 data, memperoleh hasil akurasi sebesar 96,15% (Nisak et al., 2015).

Logika *fuzzy* sudah banyak diimplementasikan untuk mendiagnosis berbagai penyakit seperti penyakit diabetes melitus tipe 2 (Meza-Palacios et al., 2017), penyakit ginjal (Ahmed et al., 2014), penyakit kulit pada anak (Putra and Munir, 2015), penyakit *thyroid* (Biyouki et al., 2015), dan *sudden*

cardiac death (Utomo and Mahmudy, 2015) dengan mendapatkan akurasi sebesar 93,33%, 86,7%, 76%, 89,09%, dan 84%. Tetapi penggunaan metode *fuzzy* ini dirasa masih kurang, beberapa penelitian mendapatkan hasil yang belum sesuai dengan ekspektasi.

Penggunaan Logika *fuzzy* pada permasalahan kompleks dan sangat besar, membuat proses kerjanya dirasa masih kurang optimal. Seringkali mengalami kesulitan dalam menentukan *fuzzy* set dan aturan *fuzzy* yang digunakan untuk mendapatkan solusi permasalahan (Alharbi and Tchier, 2015). Pada jurnal yang berjudul “*Evolutionary Computation Based Fuzzy Membership Functions Optimization*” yang ditulis oleh Esmine dan Lambert-Torres (2007) menyatakan bahwa metode *fuzzy* memiliki rule dan derajat keanggotaan yang dapat mempengaruhi kinerjanya. Sehingga dari metode *fuzzy* ini masih dapat dikembangkan kembali dikombinasikan dengan metode lain dengan mengubah derajat keanggotaannya. Pada kasus penelitian Nisak (2015) untuk mendiagnosis sapi potong, kemungkinan dapat dikombinasikan dengan metode lain agar mendapatkan solusi lebih optimal dengan akurasi yang meningkat.

Ada beberapa algoritma evolusi yang cocok untuk melakukan pengoptimasian derajat keanggotaan metode *fuzzy*. Algoritma evolusi yang dimaksud adalah Algoritma Genetika (*Genetic Algorithms*, GAs), *Particle Swarm Optimization* (PSO), dan *Hybrid Particle Swarm with Mutation* (HPSOM) (Esmine and Lambert-Torres, 2007). Dalam kasus Nisak (2015), penggunaan Algoritma Genetika lebih dibutuhkan. Metode ini memberikan strategi untuk menyesuaikan secara otomatis dan komparatif derajat keanggotaan. Selain itu, pada penelitian Esmine dan Lambert-Torres (2007), telah menunjukkan bahwa Algoritma Genetika memiliki performa yang lebih baik dari algoritma PSO dan HPSOM pada kasus pengoptimasian derajat keanggotaan *fuzzy*.

Algoritma Genetika merupakan metode yang menirukan proses evolusi biologis alam. Algoritma ini melakukan pemilihan kromosom yang berkualitas sehingga memperoleh generasi yang berkualitas pula. Selain itu, dalam memecahkan permasalahan yang rumit diperlukan metode dengan ruang pencarian solusi yang luas. Algoritma Genetika telah terbukti sebagai metode meta-heuristic yang kuat untuk memecahkan berbagai permasalahan kompleks dengan ruang pencarian yang besar (Mahmudy, 2014). Ada beberapa penelitian yang menggunakan kombinasi metode *fuzzy* dan Algoritma Genetika untuk melakukan diagnosis penyakit seperti penyakit *Erythematous-Squamous* (Parthiban and Subramanian, 2009), penyakit *tuberculosis* (Omisore et al., 2015), dan penyakit hepatitis (Adeli et al., 2013) sehingga dapat memperoleh akurasi sebesar 96,65%, 60,72%, dan 97,44%. Selain diagnosis penyakit, metode tersebut

dapat digunakan untuk peramalan permintaan barang (Armanda and Mahmudy, 2016) dan penentuan harga jual rumah (Azizah et al., 2015) dengan nilai error (RMSE) yang didapatkan sebesar 5779,44 dan 0,1369. Sehingga, Algoritma Genetika memperoleh hasil lebih baik dari penggunaan algoritma optimasi lainnya.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penelitian ini akan mengoptimasi derajat keanggotaan dari metode *fuzzy* Tsukamoto menggunakan Algoritma Genetika untuk diagnosis penyakit sapi potong sehingga diharapkan permasalahan pada kasus Nisak (2015) akan memperoleh hasil yang lebih baik dan akurat.

2. PENYAKIT SAPI POTONG

Dalam usaha di bidang peternakan, ada beberapa penyakit yang dapat menyerang ternak sapi. Sehingga peternak seharusnya mengetahui beberapa gejala penyakit menyerang sapi yang terlihat dari tanda-tanda gejala dari ternak tersebut (Anggraeni et al., 2013). Gejala-gejala penyakit pada sapi potong terbagi menjadi gejala spesifik dan gejala non-spesifik. Gejala non-spesifik adalah gejala yang dimiliki beberapa penyakit dan memiliki tingkat gejala yaitu normal, sedang, dan tinggi. Gejala ini memerlukan sebuah metode untuk melakukan diagnosis. Gejala non-spesifik antara lain berbau busuk, bulu berdiri, bulu kusam, bulu rontok, gatal-gatal, keluar lendir vulva, kembung, kulit kasar, mammae keras, muncul belatung, pincang, dan plasenta tertinggal. Lain halnya gejala spesifik, yang hanya dimiliki oleh satu penyakit sehingga mudah untuk mendeteksi penyakit tersebut. Gejala spesifik antara lain bengkak, demam, diare, diare berdarah, keluar ingus, kurus, nafsu makan berkurang, dan sesak nafas. Berikut penjelasan beberapa jenis penyakit dan gejala-gejalanya ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Gejala Penyakit Spesifik dan Non-spesifik Pada Sapi

No.	Penyakit	Gejala
1.	Abses	Bengkak dan Demam.
2.	Askariasis	Bulu kusam, Bulu berdiri, Kurus, Nafsu makan berkurang, dan Diare.
3.	BEF	Demam, Nafsu makan berkurang, Keluar ingus, dan Pincang.
4.	Bloat	Nafsu makan berkurang, Diare, Kembung, dan Sesak nafas.
5.	Endometritis	Demam, Nafsu makan berkurang, dan Keluar lendir vulva
6.	Entritis	Demam, Kurus, Nafsu makan berkurang, Diare, dan Diare berdarah.
7.	Mastitis	Demam, Nafsu makan berkurang, dan Mammae keras
8.	Omphaltis	Demam, Nafsu makan berkurang, Bengkak, dan Muncul belatung.
9.	Pneumonia	Demam, Nafsu makan berkurang, Keluar ingus, dan Sesak nafas.
10.	Retensio	Demam, Nafsu makan berkurang, Plasenta tertinggal, dan Berbau busuk
11.	Scabies	Bulu Rontok, Nafsu makan berkurang, Gatal-gatal, dan Kulit kasar

Sumber : Nisak (2015)

3. LOGIKA FUZZY

Derajat keanggotaan yang dimiliki logika *fuzzy* antara 0 sampai 1 yang menunjukkan nilai benar atau salah (Zamroni, 2014). Pendekatan fungsi merupakan salah satu metode untuk memperoleh nilai derajat keanggotaan melalui berbagai macam representasi *fuzzy* (Juningdiyah et al., 2014). Kemungkinan dalam memprediksi nilai benar atau salah dalam waktu yang bersamaan merupakan karakteristik dalam *fuzzy* (Zamroni, 2014).

2.1. Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* adalah suatu kelas objek dengan rangkaian nilai keanggotaan. Himpunan tersebut memiliki fungsi rentang nilai 0 sampai 1 merupakan salah satu karakteristik yang dimiliki *fuzzy* (Zamroni, 2014). Menurut Zamroni (2014), himpunan *fuzzy* dapat dinotasi ke dalam Persamaan (1).

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in A\} \tag{1}$$

dimana x adalah himpunan dan $\mu_A(x)$ adalah derajat keanggotaan dari x .

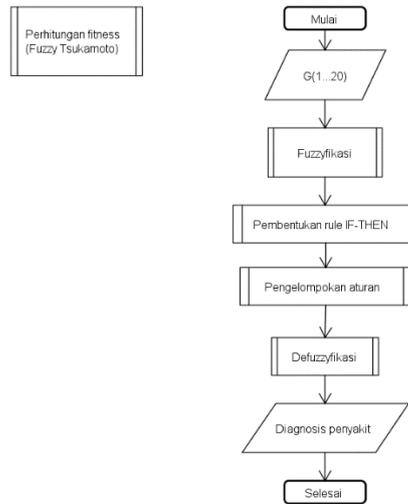
2.2. Operasi Fuzzy

Operasi *fuzzy* adalah perhitungan pada himpunan *fuzzy* dengan mengombinasikan atau memodifikasinya. Operasi tersebut diperlukan untuk proses inferensi atau penalaran. Berbagai macam operasi *fuzzy* dengan notasi yang ditunjukkan ke dalam persamaan antara lain (Suratno et al., 2011)

- a. Kesamaan : $\mu_A(x) = \mu_B(x), x \in X$
- b. Gabungan : $\max\{\mu_A(x), \mu_B(x), x \in X\}$
- c. Irisan : $\min\{\mu_A(x), \mu_B(x), x \in X\}$
- d. Komplemen : $\mu_A(x) = 1 - \mu_A(x), x \in X$

4. FUZZY TSUKAMOTO

Fuzzy Tsukamoto adalah salah satu jenis sistem inferensi yang memiliki fungsi keanggotaan yang monoton. Metode ini sangat fleksibel dan memiliki toleransi pada data yang sudah ada. Selain itu, *fuzzy Tsukamoto* lebih intuitif, diterima banyak pihak, dan lebih cocok digunakan masukan yang diterima dari manusia bukan mesin (Thamrin et al., 2014). Secara diagram proses *fuzzy Tsukamoto* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Proses *fuzzy Tsukamoto*

4.1. Siklus *fuzzy Tsukamoto*

Tahapan pada *fuzzy Tsukamoto* pada Gambar 1 akan dijelaskan secara detail sebagai berikut.

1. Proses fuzzyfikasi

Dalam proses ini, input nilai pasti (*crisp*) diubah menjadi nilai *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan. Pada penelitian ini, nilai pasti berupa nilai skor setiap gejala yang telah ditentukan. Nilai skor akan dimasukkan ke dalam fungsi keanggotaan sesuai dengan aturan domain setiap gejala. Nilai skor dan domain dibuat oleh *knowledge engineer* atas persetujuan pakar. Data tersebut diperoleh dari penelitian Nisak (2015) yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Skor dan Domain dari Gejala

Kode Gejala	Gejala	Tingkat	Domain	Nilai Skor
G1	Bengkak	Normal	0-50	0
		Sedang	25-75	60
		Tinggi	50-100	95
G2	Demam	Normal	0-60	0
		Sedang	50-70	53
		Tinggi	60-80	79
G3	Diare	Normal	0-65	0
		Sedang	60-80	63
		Tinggi	65-85	83
G4	Diare berdarah	Normal	0-15	0
		Sedang	10-20	12
		Tinggi	15-30	29
G5	Keluar ingus	Normal	0-60	0
		Sedang	40-75	55
		Tinggi	60-80	79
G6	Kurus	Normal	0-30	0
		Sedang	10-50	21
		Tinggi	30-80	77
G7	Nafsu makan berkurang	Normal	0-45	0
		Sedang	30-60	41
		Tinggi	45-75	73
G8	Sesak nafas	Normal	0-80	0
		Sedang	40-90	69
		Tinggi	80-100	99
G9	Berbau busuk	Ya	0-100	90
G10	Bulu berdiri	Ya	0-100	90
G11	Bulu kusam	Ya	0-100	90
G12	Bulu rontok	Ya	0-100	90
G13	Gatal-gatal	Ya	0-100	90
G14	Keluar lendir vulva	Ya	0-100	90
G15	Kembung	Ya	0-100	90
G16	Kulit kasar	Ya	0-100	90

G17	Mamae keras	Ya	0-100	90
G18	Muncul belatung	Ya	0-100	90
G19	Pincang	Ya	0-100	90
G20	Plasenta tertinggal	Ya	0-100	90

Sumber : Nisak (2015)

Fungsi keanggotaan akan dibentuk berdasarkan domain setiap kriteria pada rentang nilai setiap gejala. Domain yang telah dibentuk pada Tabel 2, untuk menentukan rumus fungsi keanggotaan.

2. Pembentukan aturan *IF-THEN*.

Data 20 gejala penyakit digunakan input (masukkan) untuk mendiagnosis 11 jenis penyakit sapi potong yang memiliki parameter yang berbeda-beda, antara lain:

- G1 (Bengkak) mempunyai 3 parameter yaitu Normal, Sedang, dan Tinggi.
- G2 (Demam) mempunyai 3 parameter yaitu Normal, Sedang, dan Tinggi.
- G3 (Diare) mempunyai 3 parameter yaitu Normal, Sedang, dan Tinggi.
- G4 (Diare berdarah) mempunyai 3 parameter yaitu Normal, Sedang, dan Tinggi.
- G5 (Keluar ingus) mempunyai 3 parameter yaitu Normal, Sedang, dan Tinggi.
- G6 (Kurus) mempunyai 3 parameter yaitu Normal, Sedang, dan Tinggi.
- G7 (Nafsu makan berkurang) mempunyai 3 parameter yaitu Normal, Sedang, dan Tinggi.
- G8 (Sesak nafas) mempunyai 3 parameter yaitu Normal, Sedang, dan Tinggi.
- G9 (Berbau busuk) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.
- G10 (Bulu berdiri) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.
- G11 (Bulu kusam) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.
- G12 (Bulu rontok) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.
- G13 (Gatal-gatal) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.
- G14 (Keluar lendir vulva) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.
- G15 (Kembung) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.
- G16 (Kulit kasar) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.
- G17 (Mamae keras) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.
- G18 (Muncul belatung) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.
- G19 (Pincang) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.
- G20 (Plasenta tertinggal) mempunyai 1 parameter yaitu Ya.

Aturan yang digunakan diperoleh dari penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Nisak (2015) dengan jumlah 112 aturan.

3. Pengelompokkan aturan

Data masukkan gejala penyakit disesuaikan dengan data uji dari kombinasi penelitian Nisak (2015) dan Tyas (2015). Data uji penelitian Nisak (2015) sebanyak 26 data dan penelitian Tyas (2015) sebanyak 40 data. Karena ada beberapa data uji yang sama, maka hanya didapatkan data pengujian sebanyak 51 data. Berdasarkan 112 aturan yang dibentuk, digunakan untuk melakukan komposisi setiap aturan penyakit. Komposisinya menggunakan fungsi MIN dan operator AND yang akan dibahas sebagai berikut.

Contoh:

Input gejala:

- Demam Tinggi
- Nafsu makan berkurang Sedang

Proses:

Data input gejala dicocokkan ke dalam 112 aturan, kemudian untuk hasil pencocokkan aturan yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Aturan Sesuai Input Gejala

Rule	Gejala	Fuzzyfikasi	Diagnosis Penyakit
55	Demam Tinggi	0,1	BEF
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Keluar ingus Sedang	0,857142857	
	Pincang	0,1	
56	Demam Tinggi	0,1	BEF
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Keluar ingus Sedang	0,857142857	
58	Demam Tinggi	0,1	BEF
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
86	Demam Tinggi	0,1	Mastitis
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Mamae Keras	0,1	
87	Demam Tinggi	0,1	Mastitis
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
90	Demam Tinggi	0,1	Omphaltis
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Bengkak Tinggi	0,1	
	Muncul Belatung	0,1	
91	Demam Tinggi	0,1	Omphaltis
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Bengkak Sedang	0,6	
	Muncul Belatung	0,1	
94	Demam Tinggi	0,1	Omphaltis
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Bengkak Tinggi	0,1	
95	Demam Tinggi	0,1	Omphaltis
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Bengkak Sedang	0,6	
99	Demam Tinggi	0,1	Pneumonia
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Sesak nafas Tinggi	0,1	
	Keluar ingus Tinggi	0,1	
101	Demam Tinggi	0,1	Pneumonia
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Sesak nafas Tinggi	0,1	
105	Demam Tinggi	0,1	Pneumonia
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Plasenta tertinggal	0,1	
	Berbau busuk	0,1	
107	Demam Tinggi	0,1	Pneumonia

Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333
Plasenta tertinggal	0,1

Kemudian melakukan perhitungan α -predikat, diperoleh dari nilai minimal hasil fuzzyfikasi setiap aturan yang cocok dengan input gejala. Proses perhitungan fuzzyfikasi untuk mencari α -predikat menggunakan Persamaan (3), ditunjukkan sebagai berikut: (Nisak et al., 2015).

$$\alpha - predikat = MIN (\mu(g1), \mu(g2), \dots \mu(gn)) \quad (3)$$

Setelah mendapatkan nilai α -predikat dapat diperoleh nilai z dengan Persamaan (4) yaitu

$$\alpha - predikat = \frac{batas\ atas - z_1}{batas\ atas - batas\ bawah} \quad (4)$$

Sehingga pada penelitian ini, berikut contoh perhitungan α -predikat pada aturan ke-55 menggunakan Persamaan (3).

$$\begin{aligned} \alpha - predikat_{55} &= MIN (\mu_{tinggi}(g2) \cap \mu_{sedang}(g5) \\ &\quad \cap \mu_{sedang}(g7) \cap \mu_{ya}(g19)) \\ &= MIN (0,1 ; 0,73 ; 0,85 ; 0,1) \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

Berikut ini hasil perhitungan α -predikat yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan α -predikat

Rule	Gejala	Fuzzyfikasi	α -predikat
55	Demam Tinggi	0,1	0,1
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Keluar ingus Sedang	0,857142857	
	Pincang	0,1	
56	Demam Tinggi	0,1	0,1
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
58	Demam Tinggi	0,1	0,1
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
86	Demam Tinggi	0,1	0,1
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
87	Mamae Keras	0,1	0,1
	Demam Tinggi	0,1	
90	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	0,1
	Demam Tinggi	0,1	
91	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	0,1
	Bengkak Sedang	0,6	
	Muncul Belatung	0,1	
94	Demam Tinggi	0,1	0,1
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
95	Demam Tinggi	0,1	0,1
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
99	Demam Tinggi	0,1	0,1
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Sesak nafas Tinggi	0,1	
	Keluar ingus Tinggi	0,1	
101	Demam Tinggi	0,1	0,1
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
105	Sesak nafas Tinggi	0,1	0,1
	Demam Tinggi	0,1	
	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	
	Plasenta tertinggal	0,1	
107	Berbau busuk	0,1	0,1
	Demam Tinggi	0,1	
107	Nafsu makan berkurang Sedang	0,733333333	0,1
	Plasenta tertinggal	0,1	

Berdasarkan Persamaan (4), berikut contoh perhitungan nilai hasil inferensi (z) pada aturan ke-55.

$$\begin{aligned} \alpha - predikat_{55} &= \frac{batas\ atas - z_{55}}{batas\ atas - batas\ bawah} \\ 0,1 &= \frac{9 - z_{55}}{9 - 0} \\ z_{55} &= 8,1 \end{aligned}$$

Berikut ini hasil perhitungan nilai inferensi (z) setiap rule yang sesuai dengan input gejala ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai Inferensi (z)

Rule	α -predikat	z
55	0,1	8,1
56	0,1	8,1
58	0,1	8,1
86	0,1	8,1
87	0,1	8,1
90	0,1	8,1
91	0,1	8,1
94	0,1	8,1
95	0,1	8,1
99	0,1	8,1
101	0,1	8,1
105	0,1	8,1
107	0,1	8,1

4. Proses defuzzyfikasi

Dalam menghitung nilai inferensi *crisp* setiap aturan menggunakan Persamaan (5), ditunjukkan sebagai berikut:

$$Z = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\sum \alpha_i} \quad (5)$$

Proses menghitung nilai defuzzyfikasi (Z) dari nilai α -predikat dan nilai inferensi (z) dilakukan pada jenis penyakit yang sama. Proses defuzzyfikasi setiap jenis penyakit menggunakan rumus Persamaan (5), berikut contoh perhitungan pada penyakit BEF.

- BEF (Rule 55, Rule 56, Rule 58)

$$\begin{aligned} Z_{BEF} &= \frac{\alpha_{55} z_{55} + \alpha_{56} z_{56} + \alpha_{58} z_{58}}{\alpha_{55} + \alpha_{56} + \alpha_{58}} \\ &= \frac{0,1 * 8,1 + 0,1 * 8,1 + 0,1 * 8,1}{0,1 + 0,1 + 0,1} \\ &= 8,1 \end{aligned}$$

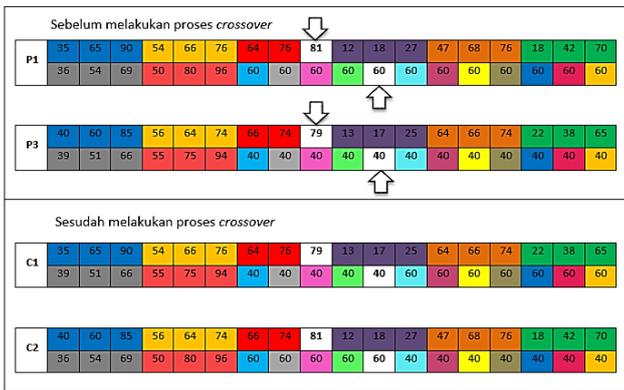
Berikut ini hasil perhitungan defuzzyfikasi (Z) setiap jenis penyakit yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Defuzzyfikasi (Z)

Rule	Diagnosis Pakar	α -predikat	z	Z
55	BEF	0,1	8,1	8,1
56		0,1	8,1	
58		0,1	8,1	
86	Mastitis	0,1	8,1	8,1
87		0,1	8,1	
90	Omphaltis	0,1	8,1	8,1
91		0,1	8,1	
94		0,1	8,1	
95	Pneumonia	0,1	8,1	8,1
99		0,1	8,1	
101		0,1	8,1	
105	Retensio	0,1	8,1	8,1
107		0,1	8,1	

2016). Sedangkan, proses mutasi merupakan proses menciptakan individu baru secara random (Zhou and Song, 2016).

Penggunaan teknik *two-point crossover* untuk melakukan *crossover*. Teknik ini membutuhkan dua individu kromosom acak dan dua posisi gen acak untuk melakukan pemotongan kromosom (*cutpoint*). Setelah itu kromosom yang terhimpit antara posisi *cutpoint* ke-1 dan posisi *cutpoint* ke-2 akan ditukarkan dari individu ke-1 ke individu ke-2 dan sebaliknya yang telah dipilih secara acak (Kaya, 2011). Berikut ilustrasi proses *two-cutpoint crossover* yang akan ditunjukkan pada Gambar 4.



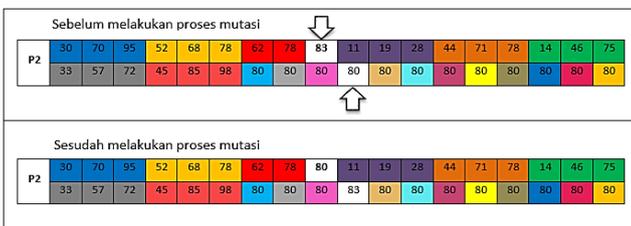
Gambar 4. Ilustrasi Proses Crossover

Hasil *offspring crossover* ditunjukkan Tabel 9.

Tabel 9. Hasil *offspring Crossover*

offspring	Kromosom
C1	35,65,90,54,66,76,64,76,81,13,17,25,64,66,74,22,38,65,39,51,66,55,75,94,40,40,40,40,60,60,60,60,60,60
C2	40,60,85,56,64,74,66,74,79,12,18,27,47,68,76,18,42,70,36,54,69,50,80,96,60,60,60,60,60,60,60,60,60,60

Pada proses mutasi menggunakan teknik *swap mutation* dimana teknik ini dengan memperoleh dua posisi gen secara acak dari satu kromosom yang dipilih secara acak kemudian dua nilai pada posisi gen yang terpilih tersebut ditukarkan (Bala and Sharma, 2015). Berikut ilustrasi proses *swap mutation* yang akan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Ilustrasi Proses Mutasi

Hasil *offspring mutasi* ditunjukkan Tabel 10.

Tabel 10. Hasil *offspring Mutasi*

offspring	Kromosom
C3	30,70,95,52,68,78,62,78,80,11,19,28,44,71,78,14,46,75,33,57,72,45,85,98,80,80,80,80,80,80,80,80,80,80

3. Evaluasi

Proses mengevaluasi suatu populasi dengan melihat seberapa baik individu tersebut. Fungsi penentu seberapa baiknya individu biasa disebut fungsi *fitness*. Dalam membangun nilai fungsi ini, sangat perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi kinerja dari Algoritma Genetika (Zhang et al., 2016). Berikut hasil *fitness* gabungan yang ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil *fitness* Gabungan

offspring	Kromosom	fitness
P1	35,65,90,54,66,76,64,76,81,12,18,27,47,68,76,18,42,70,36,54,69,50,80,96,60,60,60,60,60,60,60,60,60,60	0,6373
P2	30,70,95,52,68,78,62,78,83,11,19,28,44,71,78,14,46,75,33,57,72,45,85,98,80,80,80,80,80,80,80,80,80,80	0,7647
P3	40,60,85,56,64,74,66,74,79,13,17,25,64,66,74,22,38,65,39,51,66,55,75,94,40,40,40,40,40,40,40,40,40,40	0,6412
C1	35,65,90,54,66,76,64,76,81,13,17,25,64,66,74,22,38,65,39,51,66,55,75,94,40,40,40,40,40,60,60,60,60,60,60	0,7549
C2	40,60,85,56,64,74,66,74,79,12,18,27,47,68,76,18,42,70,36,54,69,50,80,96,60,60,60,60,60,60,60,60,60,60	0,7588
C3	30,70,95,52,68,78,62,78,80,11,19,28,44,71,78,14,46,75,33,57,72,45,85,98,80,80,80,80,80,80,80,80,80,80	0,7549

4. Seleksi

Dalam membentuk generasi baru, diperlukan adanya kromosom baru dari pemilihan populasi induk yang ditentukan berdasarkan nilai *fitness* (Zhang et al., 2016). Penentuan *fitness* memberikan pengaruh pada tingkat konvergensi algoritma dan kualitas solusi yang diperoleh (Wang and Li, 2016).

Proses seleksi yang menggunakan metode *elitism selection*. Seleksi ini berdasarkan urutan tingkat *fitness* tertinggi sejumlah populasi yang telah didefinisikan (Galán et al., 2017). Berikut hasil seleksi ditunjukkan Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Seleksi

offspring	Kromosom	fitness
P2	30,70,95,52,68,78,62,78,83,11,19,28,44,71,78,14,46,75,33,57,72,45,85,98,80,80,80,80,80,80,80,80,80,80	0,7647
C2	40,60,85,56,64,74,66,74,79,12,18,27,47,68,76,18,42,70,36,54,69,50,80,96,60,60,60,60,60,60,60,60,60,60	0,7588
C1	35,65,90,54,66,76,64,76,81,13,17,25,64,66,74,22,38,65,39,51,66,55,75,94,40,40,40,40,40,60,60,60,60,60,60	0,7549
C3	30,70,95,52,68,78,62,78,80,11,19,28,44,71,78,14,46,75,33,57,72,45,85,98,80,80,80,80,80,80,80,80,80,80	0,7549

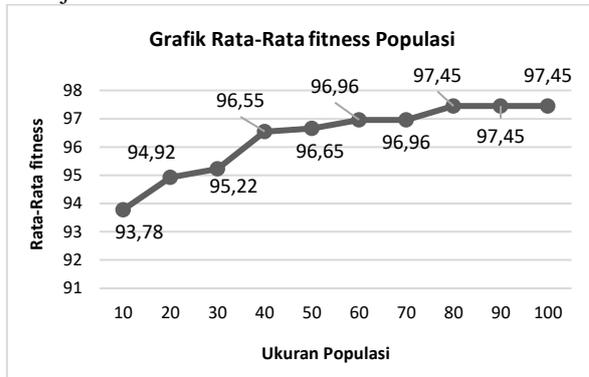
6. PENGUJIAN

Pengujian dilakukan untuk memperoleh nilai parameter genetika terbaik untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam waktu yang sewajarnya. Pengujian dilakukan dengan mengambil rata-rata hasil *fitness* terbaik dari 10 percobaan.

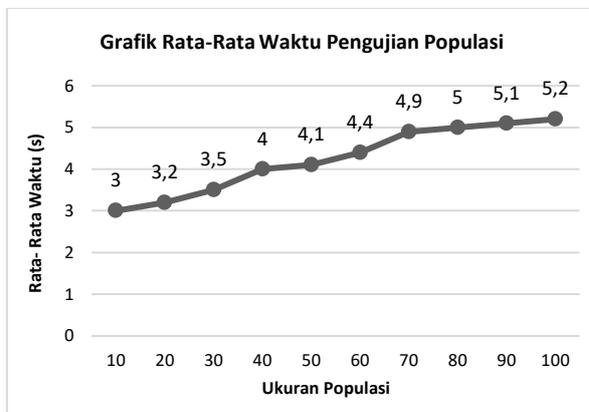
5.1. Pengujian Ukuran Populasi

Pengujian pada ukuran populasi ditentukan sebesar 10 populasi dengan kelipatan 10 mulai dari

10 hingga 100. Nilai parameter untuk pengujian antara lain ukuran generasi sebesar 20, nilai Cr sebesar 0,8, dan nilai Mr sebesar 0,05 yang ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh Ukuran Populasi

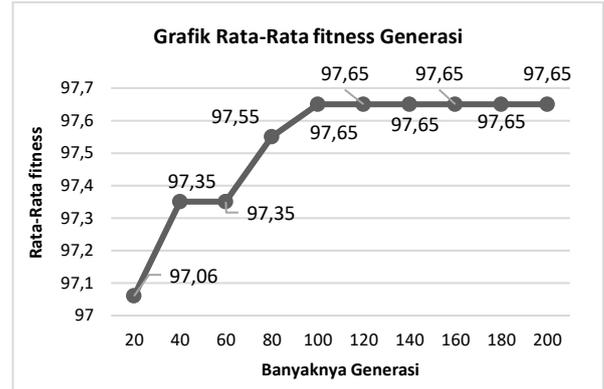


Gambar 7. Pengaruh Waktu Terhadap Ukuran Populasi

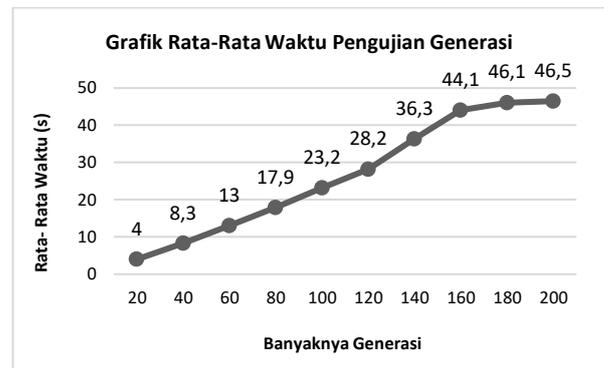
Dari Gambar 6 ditunjukkan bahwa grafik dari ukuran populasi 10 hingga 80 relatif mengalami peningkatan dari fitness 93,78% menuju fitness 97,45%. Ukuran populasi lebih dari 80 tidak memberikan perbaikan fitness yang signifikan. Ukuran populasi yang terlalu besar tidak akan memberikan perbaikan solusi yang signifikan dan hanya membebani waktu komputasi. Pengaruh waktu terhadap jumlah ukuran populasi ditunjukkan pada Gambar 7. Sehingga solusi yang telah didapatkan terdapat pada ukuran populasi sebesar 80.

5.2. Pengujian Banyaknya Generasi

Pengujian pada banyaknya generasi dengan variasi kelipatan 20 mulai dari 20 hingga 200. Nilai parameter dari ukuran populasi sebesar 80 dari hasil pengujian ukuran populasi terbaik. Nilai parameter lainnya seperti nilai Cr sebesar 0,8 dan nilai Mr sebesar 0,05 yang ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 8. Pengaruh Banyaknya Generasi

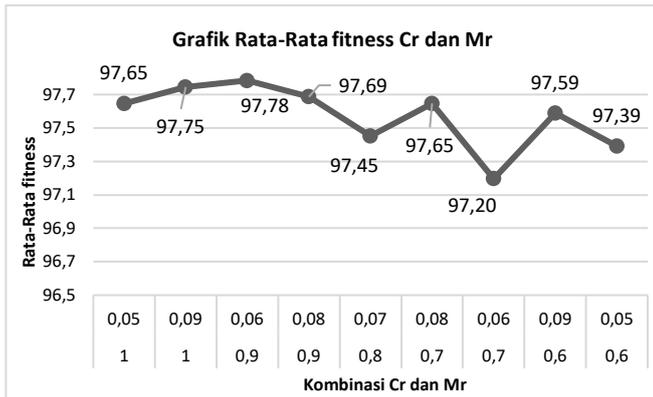


Gambar 9. Pengaruh Waktu Terhadap Banyaknya Generasi

Dari Gambar 8 ditunjukkan bahwa grafik dari ukuran generasi 20 hingga 100 relatif mengalami peningkatan dari fitness 97,06% menuju fitness 97,45%. Tetapi pada generasi lebih dari 100 tidak memberikan perbaikan fitness yang signifikan. Pada titik tersebut telah terjadi kondisi konvergensi. Selain itu, jika jumlah generasi semakin besar, maka waktu yang dibutuhkan proses pengeksekusian juga akan semakin besar ditunjukkan pada Gambar 9. Sehingga solusi yang telah didapatkan terdapat pada generasi ke 100.

5.3. Pengujian Kombinasi Cr dan Mr

Pengujian ini mencari nilai fitness setiap pengujian yang dilakukan sebanyak 9 kali. Nilai parameter ukuran populasi sebesar 80 dan ukuran generasi sebesar 100 ditunjukkan Gambar 10.



Gambar 10. Pengujian Kombinasi Cr dan Mr

Selain itu, diperlukan juga mengamati keberadaan *fitness* tertinggi pada setiap iterasi. Kemudian, menghitung nilai rata-rata iterasi tersebut untuk mendapatkan iterasi terbaik pada pengujian ini.

Tabel 13. Pengujian Iterasi Kombinasi Cr dan Mr

Kombinasi		Iterasi										Rata-Rata
		Percobaan ke -										
Cr	Mr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,9	0,06	60	7	12	4	11	15	7	11	7	13	14,7

Sehingga dapat disimpulkan dari Tabel 13 dan Gambar 6, kombinasi nilai Cr sebesar 0,9 dan nilai Mr sebesar 0,06 hanya memerlukan 15 iterasi untuk mendapatkan solusi yang optimal. Dan untuk iterasi selanjutnya nilai *fitness* tidak mengalami perubahan.

5.3. Pengujian Parameter Terbaik

Kombinasi parameter-parameter terbaik yang diperoleh dari pengujian sebelumnya digunakan ke dalam pengujian ini. Sehingga, parameter pengujian yang digunakan antara lain ukuran populasi sebesar 80, ukuran generasi sebesar 15, nilai Cr sebesar 0,9, dan nilai Mr sebesar 0,06. Pengujian yang dilakukan pada 51 data, menghasilkan jumlah akurasi data uji sebesar 50 karena pada data uji ke-24 dan ke-27 menghasilkan akurasi uji sebesar 0,5, lainnya akurasinya bernilai 1. Sehingga proses optimasi *fuzzy* Tsukamoto menggunakan Algoritma Genetika memperoleh akurasi sebesar 98,04% yang diperoleh dari perhitungan dengan Persamaan (7).

$$Akurasi = \frac{\text{jumlah akurasi}}{\text{total data keseluruhan}} \times 100\% \quad (7)$$

Dibandingkan dengan data yang tanpa mengalami optimasi, hanya mendapatkan jumlah akurasi data uji sebesar 48,2. Akurasi pada data uji ke-2 sebesar 0,2, data uji ke-22 sebesar 0,5, data uji ke-27 sebesar 27, dan lainnya bernilai 1. Maka akurasi *fuzzy* Tsukamoto tanpa optimasi dihitung menggunakan Persamaan (7) menghasilkan akurasi sebesar 94,5%. Sehingga akurasi proses optimasi

fuzzy Tsukamoto menggunakan Algoritma Genetika telah mengalami peningkatan sebesar 3,54%.

Selain itu, pengujian ini juga menghasilkan batasan terbaik setiap parameter kriteria gejala. Batasan tersebut diperoleh dari rata-rata hasil populasi yang terbentuk. Pada pengujian ini, ada 80 populasi yang terbentuk dan akan menjadi suatu solusi permasalahan. Disesuaikan dengan batasan gejala seorang pakar, maka nilai parameter tersebut akan dibulatkan sehingga bisa menjadi sebuah bilangan integer. Berikut hasil perbandingan batas atas rentang gejala pakar dengan metode yang ditunjukkan pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Perbandingan Batas Atas Pakar Dengan Metode

Kode Gejala	Gejala	Tingkat	Batas Atas	
			Pakar	Metode
G1	Bengkak	Normal	50	32
		Sedang	75	36
		Tinggi	100	62
G2	Demam	Normal	60	34
		Sedang	70	58
		Tinggi	80	91
G3	Diare	Normal	65	40
		Sedang	80	44
		Tinggi	85	61
G4	Diare berdarah	Normal	15	1
		Sedang	20	16
		Tinggi	30	29
G5	Keluar ingus	Normal	60	20
		Sedang	75	60
		Tinggi	80	69
G6	Kurus	Normal	30	19
		Sedang	50	28
		Tinggi	80	76
G7	Nafsu makan berkurang	Normal	45	20
		Sedang	60	59
		Tinggi	75	74
G8	Sesak nafas	Normal	80	62
		Sedang	90	63
		Tinggi	100	81
G9	Berbau busuk	Ya	100	35
G10	Bulu berdiri	Ya	100	32
G11	Bulu kusam	Ya	100	50
G12	Bulu rontok	Ya	100	71
G13	Gatal-gatal	Ya	100	65
G14	Keluar lendir vulva	Ya	100	77
G15	Kembung	Ya	100	27
G16	Kulit kasar	Ya	100	69
G17	Mamae keras	Ya	100	47
G18	Muncul belatung	Ya	100	54
G19	Pincang	Ya	100	42
G20	Plasenta tertinggal	Ya	100	19

Dilihat dari Tabel 14, ditunjukkan bahwa keseluruhan gejala dari hasil metode cenderung mengalami penyempitan batasan. Hanya gejala demam (G2) kriteria tinggi saja yang mengalami pelebaran batasan. Dengan batasan yang lebih sempit, memungkinkan untuk menaikkan hasil akurasi. Proses diagnosis yang menggunakan batasan dari hasil metode Algoritma Genetika memperoleh hasil akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan batasan dari pakar.

7. KESIMPULAN

Optimasi *fuzzy* Tsukamoto pada diagnosis penyakit sapi potong dengan Algoritma Genetika

dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pendeteksian penyakit sapi. Solusi tersebut menghasilkan nilai batasan gejala penyakit yang optimal dengan akurasi sebesar 98,04%. Akurasi tersebut mengalami peningkatan sebesar 3,54% sesudah dilakukannya optimasi. Adapun parameter genetika terbaik yang diperoleh melalui serangkaian percobaan dengan berbagai macam kombinasi nilai. Nilai terbaik untuk ukuran populasi sebesar 80, banyaknya generasi sebesar 15, nilai Cr sebesar 0,9, dan nilai Mr sebesar 0,06. Selain itu, batasan terbaik yang diperoleh dari cenderung lebih sempit dari batasan yang diperoleh dari pakar.

Penelitian selanjutnya diharapkan data penyakit yang tidak memiliki data gejala yang spesifik, lebih baik tidak digunakan atau informasi gejalanya lebih diperinci kembali. Sehingga, dapat memperoleh akurasi yang lebih tinggi dengan diagnosis yang akurat.

8. DAFTAR PUSTAKA

- ADELI, M., BIGDELI, N. & AFSHAR, K. 2013. New Hybrid Hepatitis Diagnosis System Based On Genetic Algorithm And Adaptive Network Fuzzy Inference System. *21st Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE)*, 1-6.
- AGARWAL, S. & VASAN, A. 2016. Computational Strategy for Structural Analysis, Design, and Optimization of Trusses Using Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization. *IEEE 6th International Conference on Advanced Computing (IACC)*, 203-207.
- AHMED, S., KABIR, M. T., MAHMOOD, N. T. & RAHMAN, R. M. 2014. Diagnosis Of Kidney Disease Using Fuzzy Expert System. *8th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA)*, 1-8.
- ALHARBI, A. & TCHIER, F. 2015. A Fuzzy-Genetic Algorithm Method for the Breast Cancer Diagnosis Problem. *ADVCOMP 2015: The Ninth International Conference on Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences*, 122-127.
- ANGGRAENI, W., MUKLASON, A., ASHARI, A. F., WAHYU, A. & DARMINTO. 2013. Developing Mobile Intelligent System for Cattle Disease Diagnosis and First Aid Action Suggestion. *Seventh International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS)*, 117-121.
- ARMANDA, R. S. & MAHMUDY, W. F. 2016. Penerapan Algoritma Genetika Untuk Penentuan Batasan Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Pada Kasus Peramalan Permintaan Barang. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3, 169-173.
- AZIZAH, E. N., CHOLISSODIN, I. & MAHMUDY, W. F. 2015. Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Penentuan Harga Jual Rumah. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 2, 79-82.
- BALA, A. & SHARMA, A. K. 2015. A Comparative Study Of Modified Crossover Operators. *Third International Conference on Image Information Processing (ICIIP)*, 281-284.
- BIYOUKI, S. A., TURKSEN, I. B. & ZARANDI, M. H. F. 2015. Fuzzy Rule-Based Expert System For Diagnosis Of Thyroid Disease. *IEEE Conference on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB)*, 1-7.
- ESMIN, A. A. A. & LAMBERT-TORRES, G. 2007. Evolutionary Computation Based Fuzzy Membership Functions Optimization. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 823-828.
- FERNANDEZ-MILLAN, R., MEDINA-MERODIO, J.-A., PLATA, R. B., MARTINEZ-HERRAIZ, J.-J. & GUTIERREZ-MARTINEZ, J.-M. 2015. A Laboratory Test Expert System For Clinical Diagnosis Support In Primary Health Care. *Applied Sciences*, 5, 222-240.
- GALÁN, C. O., LASHERAS, F. S., JUEZ, F. J. D. C. & SÁNCHEZ, A. B. 2017. Missing Data Imputation Of Questionnaires By Means Of Genetic Algorithms With Different Fitness Functions. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 311, 704-717.
- JUNINGDIYAH, P., DEWI, C. & INDRIATI. 2014. Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) Pada Sistem Inferensi Fuzzy Penentuan Jurusan Siswa SMA. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIK Universitas Brawijaya*, 4.
- KALER, J. & GREEN, L. E. 2013. Sheep Farmer Opinions On The Current And Future Role Of Veterinarians In Flock Health Management On Sheep Farms: A Qualitative Study. *Preventive Veterinary Medicine*, 112, 370-377.
- KAYA, M. 2011. The Effects Of Two New Crossover Operators On Genetic Algorithm Performance. *Applied Soft Computing*, 11, 881-890.
- KUMAR, A. & CHATTERJEE, K. 2016. An Efficient Stream Cipher Using Genetic Algorithm. *International Conference on Wireless Communications, Signal*

- Processing and Networking (WiSPNET)*, 2322-2326.
- MAHMUDY, W. F. 2014. *Optimisation of Integrated Multi-Period Production Planning and Scheduling Problems in Flexible Manufacturing Systems (FMS) Using Hybrid Genetic Algorithms*. School of Engineering, University of South Australia.
- MEZA-PALACIOS, R., AGUILAR-LASSERRE, A. A., UREÑA-BOGARÍN, E. L., VÁZQUEZ-RODRÍGUEZ, C. F., POSADA-GÓMEZ, R. & TRUJILLO-MATA, A. 2017. Development Of a Fuzzy Expert System For The Nephropathy Control Assessment in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Expert Systems with Applications*, 72, 335-343.
- NISAK, A., SOEBROTO, A. A. & FURQON, M. T. 2015. Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Sapi Potong Dengan Metode Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto (Studi Kasus: Pos Keswan Kabupaten Nganjuk). *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTHK Universitas Brawijaya*, 6.
- OMISORE, M. O., SAMUEL, O. W. & ATAJEROMAVWO, E. J. 2015. A Genetic-Neuro-Fuzzy Inferential Model For Diagnosis Of Tuberculosis. *Applied Computing and Informatics*, 13, 27-37.
- PARTHIBAN, L. & SUBRAMANIAN, R. 2009. An Intelligent Agent For Detection Of Erythematous Squamous Diseases Using Co-Active Neuro-Fuzzy Inference System And Genetic Algorithm. *International Conference on Intelligent Agent & Multi-Agent Systems. IAMA*, 1-6.
- PURNOMO, H. & KUSUMADEWI, S. 2010. Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan. *Graha Ilmu: Yogyakarta*.
- PUTRA, A. A. & MUNIR, R. 2015. Implementation Of Fuzzy Inference System In Children Skin Disease Diagnosis Application. *International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*, 365-370.
- RAMUNA, M. D. T. & MAHMUDY, W. F. 2015. Optimasi Persediaan Barang Dalam Produksi Jilbab Menggunakan Algoritma Genetika. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTHK Universitas Brawijaya*, 5.
- SAMUEL, A. E. & BALAMURUGAN, M. 2012. Fuzzy Max-Min Composition Technique In Medical Diagnosis. *Applied Mathematical Sciences*, 6, 1741-1746.
- SCHIFF, G. D. 2008. Minimizing Diagnostic Error: The Importance Of Follow-Up And Feedback. *The American journal of medicine*, 121, S38-S42.
- SEETARAM, J. & KUMAR, P. S. 2016. An Energy Aware Genetic Algorithm Multipath Distance Vector Protocol For Efficient Routing. *International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, 1975-1980.
- SURATNO, SUDJADI & TRIWIYATNO, A. 2011. *Pengaruh Perbedaan Tipe Fungsi Keanggotaan Pada Pengendali Logika Fuzzy Terhadap Tanggapan Waktu Sistem Orde Dua Secara Umum*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNDIP.
- THAMRIN, F., SEDIYONO, E. & SUHARTONO, S. 2014. Studi Inferensi Fuzzy Tsukamoto Untuk Penentuan Faktor Pembebanan Trafo PLN. *JURNAL SISTEM INFORMASI BISNIS*, 2, 001-005.
- TYAS, R. D. O., SOEBROTO, A. A. & FURQON, M. T. 2015. Pengembangan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Sapi Potong Dengan Metode Fuzzy K-Nearest Neighbour. *Journal of Enviromental Engineering and Sustainable Technology*, 2, 58-66.
- UTOMO, M. C. C. & MAHMUDY, W. F. 2015. Penerapan FIS-Tsukamoto untuk Menentukan Potensi Seseorang Mengalami Sudden Cardiac Death. *SESINDO 2015*.
- WANG, B. & LI, J. Load Balancing Task Scheduling Based On Multi-Population Genetic Algorithm In Cloud Computing. *35th Chinese Control Conference (CCC)*, 2016, 27-29 July. 2016. 5261-5266.
- ZAMRONI, M. R. 2014. Pemanfaatan Metode Logic Mamdani Untuk Spk Penerimaan Beasiswa Di Sma Muhammadiyah 10 Sugio. *Jurnal Teknik* 6.
- ZHANG, W., GUO, F., SONG, T., MENG, X. & ZHANG, Q. 2016. On Specific Harmonic Elimination Pwm Of Inverter Based On Genetic Algorithm. *35th Chinese Control Conference (CCC)*, 9207-9211.
- ZHOU, H. & SONG, M. 2016. An Improvement Of Partheno-Genetic Algorithm To Solve Multiple Travelling Salesmen Problem. *IEEE/ACIS 15th International Conference on Computer and Information Science (ICIS)*, 1-6.

PURWARUPA SISTEM PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA KANDUNGAN GAS KARBON MONOKSIDA DI UDARA MENGGUNAKAN RASPBERRY DAN SENSOR MQ-7

Rizky Kurnia Aziz Musthofa¹, Kasyful Amron², Wijaya Kurniawan³

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

Email: ¹er.musthofa@gmail.com, ²kasyful@ub.ac.id, ³wjaykurnia@ub.ac.id

(Naskah masuk: 30 Januari 2017, diterima untuk diterbitkan: 28 Februari 2017)

Abstrak

Proses pengambilan data terkait dengan kondisi lingkungan pada area yang luas biasanya dilakukan secara manual dengan melibatkan banyak pihak terkait. Termasuk didalamnya tapi tidak terbatas pada personal, perangkat pendukung dan waktu. Semakin banyak data yang diambil, maka semakin banyak sumber daya yang dibutuhkan. Penelitian ini mencoba untuk membuat purwarupa perangkat yang dapat menjadi alternative prosedur atau proses pengambilan data dengan memanfaatkan komputer nano raspberry dan sensor serta modem sebagai perangkatnya. Sensor yang digunakan adalah sensor MQ-7. Sensor ini berfungsi untuk mengukur kadar kandungan zat karbon monoksida di udara. Karena itu, purwarupa ini mampu mengukur dan mengolah informasi kadar gas karbon monoksida di area tertentu. Sebagai tambahan fitur, data dari purwarupa ini kemudian dapat dilihat oleh pengguna melalui antarmuka web.

Kata kunci: *raspberry pi, sensor MQ-7, web services*

Abstract

The processes of data retrieval for such a large areas, such as plantations or industrial area, are often done manually and directly that involving a lot of resources. Including but not limited to personal, supported devices, and time. As more data is taken, the more resources are needed. This research tries to make a prototype device that can help in data sampling processes and at the same time visualize the data digitally and directly utilizing nano computer Raspberry Pi as the primary device and is equipped with MQ-7sensors to capture and measure carbon monoxide from the air and modems as the communication enhancement. While the GSM Card and GPRS modem are added and used to transmit data from sensor to computer server computer that will perform the data processing and visualization with a web-based applications. This prototype shows that the system is able to measure and process the information content of carbon monoxide actual and visible to users through a web interface after being processed by the server.

Keywords: *raspberry pi, sensor MQ-7, GPRS, realtime, web services*

1. PENDAHULUAN

Oksigen dan beberapa unsur lain di dalam udara adalah unsur penting bagi kehidupan. Namun kadang udara yang tersedia telah banyak tercemar oleh berbagai macam polutan dari berbagai aktifitas yang menghasilkan polusi. Polusi udara dapat dihasilkan dari berbagai sebab diantaranya adalah reaksi kimia dari limbah yang ada di bumi, hasil gas buang kendaraan bermotor, gunung meletus, sisa pembakaran yang ada pada pabrik dan industri serta kebakaran hutan. Dengan melihat data dari berbagai lembaga yang melakukan pengambilan contoh udara, dapat diketahui bahwa terdapat kecenderungan polusi udara senantiasa meningkat setiap tahun. Polusi udara terbesar berasal dari industri dan gas buang kendaraan bermotor. Dampak yang ditimbulkan akibat kandungan polusi dalam jumlah yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan akan menyebabkan kualitas udara menurun.

Gas Karbon Monoksida (CO) adalah salah satu dari berbagai jenis gas polutan yang dapat mengakibatkan kualitas udara menurun bahkan cenderung menjadi racun. Karena gas CO tanpa warna, bau dan rasa, sangat sulit untuk mendeteksi keberadaan gas CO di lingkungan. Bahkan pada tingkat yang relatif rendah, gas CO dapat meracuni manusia dengan cara menghambat ke-mampuan darah untuk menyalurkan Oksigen (O₂).

Oleh karena itu pemantauan terhadap gas CO perlu dilakukan. Dalam rangka mengurangi resiko saat dilakukannya pengamatan, maka diperlukan sebuah sistem yang dapat memantau atau memonitoring peningkatan gas CO tanpa melibatkan peran serta manusia. Menurut Gheyb Jhuana Ohara dalam "Aplikasi Sistem Monitoring Berbasis Web Untuk Open Cluster", dinyatakan bahwa sistem monitoring merupakan suatu proses untuk mengumpulkan data secara *real-time* yang terbagi dalam tiga proses besar, yaitu proses pengumpulan data, proses analisis, dan proses menampilkan data hasil monitoring [1].

Di dalam proses pengumpulan data menggunakan Embedded System, yang merupakan suatu sistem berbasis mikrokontroler yang dibangun untuk mengontrol fungsi atau berbagai fungsi. Embedded System yang digunakan dalam proses ini adalah Raspberry Pi, yang berfungsi sebagai pengontrol sensor dan GPRS modem. Dengan menggunakan Raspberry Pi, Embedded System ini memiliki kelebihan untuk dapat dikontrol dari jarak jauh. Informasi yang diperoleh dari proses pengumpulan data monitoring pada Embedded System akan dikirimkan melalui GPRS modem ke sebuah server. Hasil penerimaan dan pengolahan data akan ditampilkan ke dalam aplikasi web dengan fitur pemantauan kadar gas CO secara *real-time* dan record kadar CO pada suatu wilayah.

Dengan dibuatnya Sistem Monitoring Gas Karbon Monoksida Menggunakan Embedded System Raspberry Pi dan Sensor MQ-7 oleh penulis diharapkan dapat membantu memberikan informasi secara *real-time* tentang tingkat kadar gas CO pada suatu daerah tertentu sehingga dapat di-lakukan tindakan yang diperlukan oleh pihak-pihak terkait.

2. PERMASALAHAN

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka pada penulisan ini rumusan masalah difokuskan pada bagaimana merancang sistem yang dapat mendeteksi gas karbon monoksida (CO) untuk proses pengumpulan data, bagaimana merancang sistem pengiriman data untuk mengirimkan informasi hasil proses pengumpulan data monitoring ke server, dan bagaimana merancang dan mengimplementasi sistem informasi kadar gas karbon monoksida (CO) berbasis web.

3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Kajian Pustaka

Salah satu kajian pustaka yang digunakan sebagai acuan penelitian pada tulisan ini adalah tulisan Marimbun Sibarani dengan berjudul "Implementasi Sistem Wireless Sensor Network Berbasis Internet Protocol (IP) untuk Pemantauan Tingkat Polusi Udara". Pada penelitian ini dinyatakan Wireless Sensor Network dapat berfungsi sebagai sistem monitoring yang memberikan informasi terkait dengan kondisi fisik atau kondisi lingkungan lainnya dari sebuah lokasi. Dalam hal ini sensor dapat memberikan data dari hasil pembacaan secara *real-time* [2].

Kajian pustaka lain yang juga dipertimbangkan adalah penelitian Bhuaneswari S. yang berjudul "Implementation of TCP/IP on Embedded Webserver Using Raspberry Pi In Industrial Application". Pada penelitian ini didapatkan bahwa implementasi dari web server menggunakan Raspberry Pi untuk monitoring merupakan metode baru untuk memonitor lingkungan yang di desain

secara *real-time*. Sistem ini mendukung online-supervision dan untuk mengontrolnya tidak hanya dapat dilakukan dalam jaringan lokal (LAN) tetapi juga pada jaringan publik (Internet). Keseluruhan sistem memiliki biaya yang rendah, keterbukaan yang baik dan portabilitas, dan mudah untuk di-*maintain* dan di-*upgrade*. Pada sistem ini juga memungkinkan untuk menambahkan beberapa macam modul sensor yang berbeda dan membuat beberapa aplikasi yang berbeda pula. Sehingga sistem ini bisa memonitor operasional *embedded system* melalui internet, dan mencapai tujuan monitoring melalui jaringan [3].

Kajian pustaka selanjutnya adalah penelitian sebelumnya (Christos Xenakis dan Lazaros Merakos: 2002) yang berjudul "On Demand Network-wide VPN Deployment in GPRS". Pada penelitian ini membahas tentang pengajuan peningkatan layanan keamanan untuk semua pengguna mobile. Skema keamanan yang ditawarkan adalah dengan menempatkan Virtual Private Network (VPN) di atas General Packet Radio Service (GPRS). Skema keamanan yang ditawarkan mampu meningkatkan perlindungan yang sudah didukung pada GPRS. Penelitian ini mampu mengamankan transmisi data pada seluruh rute jaringan dari pengguna mobile menuju remote server dengan memanfaatkan *ciphering* bawaan GPRS, dan dengan menempatkan IP VPN diatas inti GPRS [4].

Berdasarkan kajian pustaka diatas, penulis ingin melakukan penelitian Sistem Monitoring Tingkat Polusi Udara Menggunakan Embedded System Raspberry Pi dan Sensor MQ-7 yang mengimplementasikan Raspberry Pi sebagai mikro-kontroler agar dapat dikendalikan dari jarak jauh dan komunikasi nirkabel dengan menggunakan GPRS modem agar memiliki jangkauan yang lebih luas.

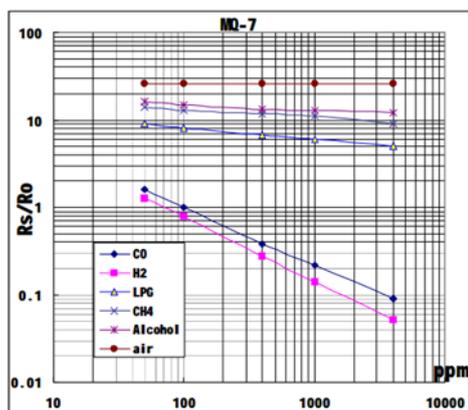
3.2 Dasar Teori

Tinjauan Umum Sistem Monitoring

Sistem monitoring *real-time* dapat dibedakan menjadi dua sistem berbeda yaitu *hard real-time* dan *soft real-time* [5]. Sistem *hard real-time* ini harus memiliki kemampuan untuk menghasilkan luaran yang tepat pada waktunya, jika hal ini tidak terpenuhi maka akan mengakibatkan sesuatu yang fatal. Sistem *hard real-time* ini sering digunakan pada *embedded system* untuk kontrol suatu perangkat, sebagai contoh pada sistem monitoring kapasitas bahan bakar. Sedangkan sistem *soft real-time* masih memberikan toleransi terhadap suatu keterlambatan apabila dalam rentang waktu tertentu tidak terselesaikan dengan benar. Contoh aplikasi yang termasuk dalam kategori *soft real-time* ini adalah aplikasi berbasis multimedia.

Sensor Gas MQ-7

Sensor MQ-7 merupakan sensor semikonduktor yang terbuat dari material tin oksida (SnO_2) yang peka terhadap gas CO. Daya konduksi sensor akan semakin tinggi sebanding dengan peningkatan kadar gas CO yang ada di sekitarnya. Berikut adalah grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-7.



Gambar 1. Karakteristik Sensifitas MQ-7

DT-Sense Gas Sensor

DT-Sense Gas Sensor adalah modul sensor dengan rangkaian *analog to digital converter* (ADC) dan soket yang kompatibel dengan sensor MQ-7. Beberapa fitur penting yang ada pada DT-Sense Gas Sensor yaitu:

- Memiliki kompatibilitas dengan berbagai varian sensor seperti MQ-3, MQ-4, MQ-6, MQ-7, MQ-135, dan MG-811.
- Dilengkapi rangkain ADC dengan resolusi hingga 10 bit.
- Dilengkapi antarmuka UART, TTL, dan I2C.
- Tegangan kerja (V_c) sebesar 5 volt.

Inter Integrated Circuit (I2C)

Merupakan standar komunikasi serial dua arah dengan menggunakan dua jalur yang didesain khusus untuk berkomunikasi antar perangkat. Sistem I2C terdiri dari jalur *Serial Clock* (SCL) dan *Serial Data* (SDA). SCL merupakan jalur yang berfungsi untuk menyalurkan *clock* yang hanya dapat diaktifkan oleh *master* agar data yang ditransferkan tetap tersinkronisasi. Sedangkan jalur SDA merupakan jalur yang berfungsi untuk menyalurkan informasi data antara *master* dengan *slave*.

DT-I/O Level Converter

DT-IO Level Converter merupakan rangkaian pengkonversi tegangan yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan lima volt menjadi 3.3 volt dan sebaliknya.

Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan perangkat elektronik dengan ukuran yang tidak jauh berbeda dari ukuran kartu kredit [6]. Perangkat ini terdiri dari berbagai macam komponen elektronik yang disusun di atas *Printed Circuit Board* (PCB) tanpa memiliki pelindung maupun penutup. Terlepas dari penampilannya, Raspberry Pi memiliki fungsionalitas yang sama seperti komputer pada umumnya. Selain itu Raspberry Pi juga menyediakan jalur I2C pada pin *General Purpose Input Output* (GPIO) yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Socket

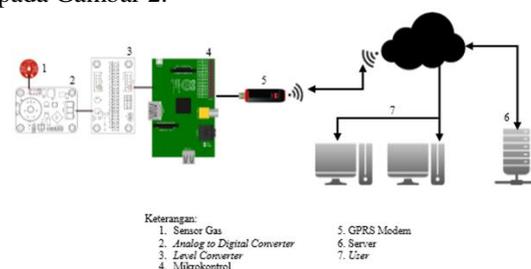
Socket adalah sebuah abstraksi di mana aplikasi dapat mengirim dan menerima data. *Socket* memungkinkan aplikasi untuk terhubung secara langsung ke dalam sebuah jaringan dan berkomunikasi dengan aplikasi lain yang juga terhubung pada jaringan yang sama. Informasi yang dituliskan sebuah aplikasi terhadap *socket* pada suatu mesin dapat dibaca oleh aplikasi yang berada pada mesin berbeda.

4. PEMBAHASAN SISTEM

Sistem Monitoring Gas Karbon Monoksida (CO) Menggunakan *Emberdded System* Raspberry Pi dan Sensor MQ-7 memiliki fasilitas sistem pemantauan konsentrasi kadar gas CO menggunakan teknologi GPRS modem dan VPN sehingga dapat memaksimalkan fungsi Raspberry Pi agar dapat dikontrol dari jarak jauh yang dapat memberikan kemudahan dalam proses *update* maupun *upgrade*. Selain itu, sistem ini juga menyediakan antarmuka web yang dapat dimanfaatkan untuk memantau konsentrasi kadar gas CO secara *remote* selama pengguna menginginkannya.

Sistem monitoring yang dirancang berupa sistem informasi yang menampilkan kadar gas CO secara aktual setiap 60 detik sekali.

Gambaran sistem secara umum terlihat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Umum Sistem Monitoring

Dari hasil deteksi gas CO oleh sensor MQ-7 perlu dilakukan beberapa langkah untuk mendapatkan nilai *parts per million* (ppm). Hasil yang diterima oleh mikrokontroler merupakan hasil konversi *analog to digital*. Untuk mendapatkan nilai

tegangan keluaran (VRL) sensor MQ-7 dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 4.1.

$$VRL = \frac{ADC * Vc}{resolusi ADC - 1} \tag{4.1}$$

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai resistansi sensor (Rs) dengan menggunakan nilai VRL. Dan resistansi sensor pada 100 ppm CO (Ro) dengan menggunakan Persamaan 4.2.

$$Rs = \frac{Vc - VRL}{VRL} * RL \tag{4.2}$$

RL adalah resistansi variabel yang disediakan oleh ADC sebesar 3K3 Ω.

Ro merupakan resistansi sensor pada 100 ppm CO. Nilai Ro yang didapat dalam penelitian ini adalah 28430.76.

Dengan diketahuinya nilai Rs dan Ro maka dapat dilakukan konversi nilai kadar gas CO dalam satuan ppm. Rumus untuk mencari nilai ppm diperoleh dari hasil pembuatan kembali grafik karakteristik sensitifitas sensor MQ-7 dari persamaan *power* dengan menggunakan analisis *trendline* seperti pada Persamaan 4.3.

$$ppm = 102.57 \left(\frac{Rs}{Ro}\right)^{-1.519} \tag{4.3}$$

Dengan menggunakan Persamaan 4.3 ini kadar gas CO dalam satuan ppm dapat dicari.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dan Analisis Sistem Deteksi Gas

Tabel 2. Hasil Konversi Dalam Satuan CO

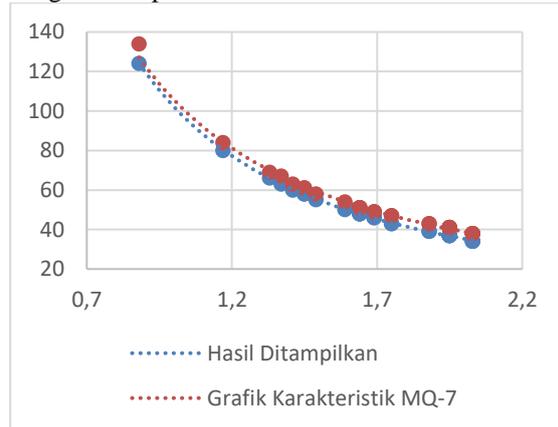
N o.	Hasil Prgm	Grafik Karakteristik	N o.	Hasil Prgm	Grafik Karakteristik
1	50	54	16	37	41
2	46	49	17	58	61
3	43	47	18	55	58
4	43	47	19	46	49
5	39	43	20	48	51
6	39	43	21	124	134
7	37	41	22	80	84
8	37	41	23	63	67
9	37	41	24	66	69
10	37	41	25	48	51
11	37	41	26	60	63
12	34	38	27	48	51
13	34	38	28	58	61
14	34	38	29	48	51
15	34	38	30	46	49

Sumber: [Hasil dan Pembahasan]

Pengujian sistem deteksi gas dilakukan dengan meletakkan perangkat sensor pada ruang terbuka dan kemudian mengaktifkannya. Saat perangkat sensor sudah memasuki kondisi yang stabil untuk membaca kadar gas CO, langkah selanjutnya adalah menjalankan program yang ada pada Raspberry Pi dengan tujuan untuk mengambil hasil baca ADC.

Prosedur pengujian sistem deteksi gas dijalankan selama 30 menit. 15 menit pertama dilakukan pada kondisi udara yang belum diberi gas polutan, dan 15 menit berikutnya dilakukan pada kondisi udara yang diberi polutan. Data tersebut kemudian dikonversi dalam satuan ppm dengan menggunakan Persamaan 4.1, Persamaan 4.2, dan Persamaan 4.3. Tabel 2 menunjukkan hasil konversi dalam satuan ppm.

Berikut perbandingan grafik karakteristik dengan hasil penelitian.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Hasil Penelitian

Berdasarkan grafik pada Gambar 7 terlihat bahwa ketiga hasil konversi dalam satuan ppm memiliki pola yang sama tetapi memiliki perbedaan dalam nilai yang disajikan. Hal ini disebabkan karena nilai *Ro* yang digunakan dalam program menggunakan asumsi kalibrasi pada lingkungan yang memiliki kadar 100 ppm CO.

Dari data yang didapatkan, secara umum menunjukkan bahwa sistem deteksi gas masih belum dapat memberikan kadar gas CO secara akurat, namun sistem ini sudah mampu mendeteksi perubahan kadar gas CO yang ada disekitarnya. Hal ini dibuktikan dengan adanya peningkatan kadar gas CO saat dilakukan pengambilan sampel dalam keadaan udara yang diberi polutan.

Pengujian dan Analisis Sistem Pengiriman Data

Pengujian sistem pengiriman data dilakukan dengan menjalankan aplikasi penerima data yang ada pada server dan menjalankan aplikasi pengirim data yang ada pada Raspberry Pi. Aplikasi yang ada pada Raspberry Pi akan menampilkan kapan data tersebut dikirim, sedangkan aplikasi yang ada pada server akan menampilkan kapan data diterima. Dengan begitu dapat diketahui besarnya waktu proses pengiriman data dari Raspberry Pi ke server melalui GPRS modem. Prosedur pengujian pengiriman data dilakukan setiap 60 detik selama 30 menit. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian sistem pengiriman data.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sistem Pengiriman Data

No.	Data Dikirim	Data Diterima	Selisih Waktu
1	16:20:29	16:20:29	0
2	16:21:29	16:21:29	0
3	16:22:29	16:22:29	0
4	16:23:29	16:23:29	0
5	16:24:29	16:24:29	0
6	16:25:29	16:25:29	0
7	16:26:29	16:26:29	0
8	16:27:29	16:27:29	0
9	16:28:29	16:28:29	0
10	16:29:29	16:29:30	1
11	16:30:30	16:30:30	0
12	16:31:30	16:31:30	0
13	16:32:30	16:32:30	0
14	16:33:30	16:33:30	0
15	16:34:30	16:34:30	0
16	16:35:30	16:35:30	0
17	16:36:30	16:36:30	0
18	16:37:30	16:37:30	0
19	16:38:30	16:38:30	0
20	16:39:30	16:39:31	1
21	16:40:31	16:40:31	0
22	16:41:31	16:41:31	0
23	16:42:31	16:42:31	0
24	16:43:31	16:43:31	0
25	16:44:31	16:44:31	0
26	16:45:31	16:45:31	0
27	16:46:31	16:46:31	0
28	16:47:31	16:47:32	1
29	16:48:31	16:48:32	1
30	16:49:32	16:49:32	0
Rata-rata waktu pengiriman			0.13

Sumber: [Hasil dan Pembahasan]

Pada hasil pengujian pengiriman data yang dapat dilihat pada Tabel 3 terlihat bahwa dalam proses pengiriman data yang dilakukan oleh mikrokontrol hingga diterima oleh server membutuhkan waktu yang relatif kecil. Hal ini dapat dibuktikan dengan membandingkan waktu pengiriman dengan waktu penerimaan. Rata-rata waktu pengiriman sebesar 0.18 detik. Waktu terbesar yang diperlukan dalam proses pengiriman sebesar 1 detik, dan waktu terkecil dalam proses pengiriman sebesar 0 detik.

Pengujian dan Analisis Sistem Visualisasi Data

Pengujian sistem visualisasi data dilakukan dengan melihat kesesuaian informasi yang ditampilkan pada antarmuka web dengan data yang dikirimkan oleh Raspberry Pi. Kadar gas CO yang digunakan akan disajikan pada tabel berikut. Tabel 4, data ini akan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga dapat dibandingkan secara visual dengan antarmuka web yang menyajikan kadar gas CO. Berikut merupakan gambar perbandingan antara

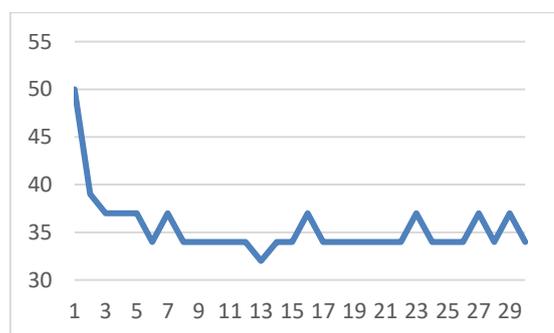
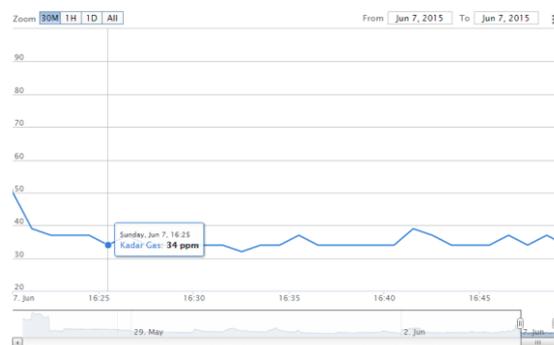
grafik data yang dikirim dengan grafik sistem visualisasi data.

Data pada Tabel 4 kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga dapat dibandingkan secara visual dengan antarmuka web yang menyajikan kadar gas CO. Berikut merupakan perbandingan antara grafik data yang dikirim dengan grafik sistem visualisasi data.

Tabel 4. Informasi Kadar Gas CO

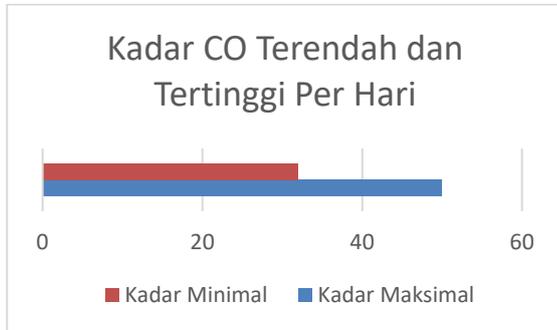
	Jam	CO		Jam	CO
1	16:20	50	16	16:35	37
2	16:21	39	17	16:36	34
3	16:22	37	18	16:37	34
4	16:23	37	19	16:38	34
5	16:24	37	20	16:39	34
6	16:25	34	21	16:40	34
7	16:26	37	22	16:41	34
8	16:27	34	23	16:42	37
9	16:28	34	24	16:43	34
10	16:29	34	25	16:44	34
11	16:30	34	26	16:45	34
12	16:31	34	27	16:46	37
13	16:32	32	28	16:47	34
14	16:33	34	29	16:48	37
15	16:34	34	30	16:49	34

Sumber: [Hasil dan Pembahasan]

**Gambar 8.** Grafik Kadar Gas CO**Gambar 9.** Hasil Visualisasi Live Monitoring

Kedua grafik pada Gambar 8 dan Gambar 9 terlihat memiliki pola yang identik sama. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa informasi yang disampaikan pada antarmuka web sama dengan data yang dikirimkan oleh Raspberry Pi.

Dari Tabel 4 juga akan dicari nilai kadar gas CO tertinggi dan terendah sehingga dapat dilakukan perbandingan hasil dengan antarmuka web dalam sistem visualisasi *record* monitoring. Berikut merupakan grafik kadar tertinggi dan terendah berdasarkan pada Tabel 4.



Gambar 10. Grafik Nilai Terendah dan Nilai Tertinggi



Gambar 11. Hasil Visualisasi Record Monitoring

Dari Gambar 10 dan Gambar 11 terlihat bahwa sistem visualisasi *record* monitoring dapat menampilkan nilai terendah dan nilai tertinggi secara akurat sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa sistem visualisasi data sudah dapat memenuhi kebutuhan fungsionalitas yang telah dirancang.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, untuk sistem monitoring gas karbon monoksida (CO) menggunakan *embedded system* raspberry pi dan sensor MQ-7, dapat diambil kesimpulan berikut ini:

1. Dengan sensor MQ-7 dan Raspberry Pi yang dihubungkan melalui jalur komunikasi I2C dapat dimanfaatkan sebagai sistem yang mampu meng-*capture* kadar gas CO sebagai bagian dari sistem monitoring.
2. Dengan menggunakan Raspberry Pi yang terhubung dengan internet melalui media GPRS modem dapat dimanfaatkan untuk mengirimkan data kadar gas CO dalam sistem monitoring.

3. Dengan menggunakan VPN, maka Raspberry Pi yang terhubung dengan internet melalui media GPRS modem dapat memiliki *static* IP yang berfungsi sebagai identitas pengirim data kadar gas CO dalam sistem monitoring. Selain itu, dengan adanya *static* IP juga dapat memaksimalkan kemampuan Raspberry Pi sehingga dapat dilakukan *remote access* dari jarak jauh.
4. Dengan menggunakan web server yang terintegrasi dengan database yang menyimpan data kadar gas CO dapat dimanfaatkan untuk menampilkan data kadar gas CO dalam bentuk grafik pada sistem monitoring.

Saran

Sistem monitoring gas karbon monoksida (CO) ini masih memiliki beberapa kekurangan. Terkait hal ini, saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Penggunaan alat pembanding dalam melakukan kalibrasi sensor, sehingga didapatkan hasil deteksi yang lebih akurat.
2. Sistem dapat ditambahkan fungsi *auto-connect* maupun *auto-reconnect* apabila terputus dari jaringan yang menggunakan teknologi GPRS modem.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ohara, Gheyb Jhuana. 2005. "Aplikasi Sistem Monitoring Berbasis Web Untuk Open Cluster". Sekolah Tinggi Telkom Bandung.
- [2] Partner, Kevin. 2014. "Ultimate Guide to Raspberry Pi 2". London: Dennis Publishing Ltd.
- [3] S, Bhuvaneswari and Sahaya Anselin Nisha. 2014. "Implementation of TCP/IP on Embedded Webserver Using Raspberry Pi In Industrial Application". International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering Vol. 3.
- [4] Sibaranin, Marimbun. 2008. "Implementasi Sistem Wireless Sensor Network Berbasis Internet Protocol (IP) Untuk Pemantauan Tingkat Polusi Udara". Universitas Indonesia Depok.
- [5] Slamet. 2005. "Sistem Monitoring Sumber Daya Hardware Berbasis Web Untuk Public Cluster LIPI". Universitas Indonesia Depok.
- [6] Xenakis, Christos and Lazaros Merakos. 2002. "On Demand Network-wide VPN Deployment in GPRS".

SISTEM REKOMENDASI PEMILIHAN SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA) SEDERAJAT KOTA MALANG MENGGUNAKAN METODE AHP-ELECTRE DAN SAW

Suherni Prahesti¹, Dian Eka Ratnawati², Heru Nurwasito³

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya
Email: ¹akunnyaaherni@gmail.com, ²dian_ilkom@ub.ac.id, ³heru@ub.ac.id

(Naskah masuk: 4 Januari 2017, diterima untuk diterbitkan: 3 Februari 2017)

Abstrak

Pendidikan merupakan aspek yang penting bagi masyarakat. Salah satu jenjang pendidikan formal adalah pendidikan menengah yaitu Sekolah Menengah Atas (SMA). Sekolah adalah lembaga yang memberikan pengajaran untuk siswa dibawah pengawasan guru. Setiap tahun ajaran baru, siswa akan memilih sekolah terbaik yang sesuai dengan keinginannya. Terdapat banyak pilihan sekolah dengan berbagai tawaran yang diberikan. Dengan begitu, calon siswa akan mengalami kesulitan dalam menentukan sekolah yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi sekolah berdasarkan kriteria yang diinginkan oleh calon siswa dengan menerapkan metode AHP-ELECTRE dan SAW ke dalam sistem. Metode AHP digunakan dalam pembobotan dari setiap kriteria, metode ELECTRE melakukan klasifikasi alternatif yang masuk ke dalam kelompok direkomendasikan, dan SAW melakukan perankingan alternatif. Untuk pengujian, hasil pengujian akurasi sistem adalah sebesar 82,98%. Hasil akurasi didapatkan dengan membandingkan hasil rekomendasi sistem dengan data yang telah didapatkan.

Kata kunci: pendidikan, SMA, AHP, ELECTRE, SAW

Abstract

Education is the important aspect for society. One of the education formal stages is, Senior High School. School is the institution which gives a preaching for students in teacher's control. In every new school year, students will choose the best school that they want. There is a lot of choices of school with various offer is given. So, the student candidate will have a trouble in deciding school which is fit in with the criteria that they want. This research is purpose to gives a recommendation for school based on criteria that student wants with applying AHP-ELECTRE and SAW method into a system. AHP method is used for weighting every criteria, ELECTRE method did an alternative classification into the group recommended, and SAW method did a ranking of alternatives. For testing, the results of accuracy test on system is 82,98%. The accuracy of the results obtained by comparing the recommendations data on the system with the data that has been obtained.

Keywords: education, senior high school, AHP, ELECTRE, SAW

1. PENDAHULUAN

Sekolah adalah sebuah lembaga yang dirancang untuk mengajarkan siswa dibawah pengawasan guru yang bertujuan untuk mengembangkan siswa melalui proses pembelajaran. Jenjang pendidikan formal terdiri atas pendidikan dasar, pendidikan menengah dan pendidikan tinggi. Untuk pendidikan menengah terdiri atas pendidikan menengah umum dan pendidikan menengah kejuruan. Pendidikan menengah berbentuk sekolah menengah atas (SMA), madrasah aliyah (MA), sekolah menengah kejuruan (SMK), dan madrasah aliyah kejuruan (MAK).

Pemilihan sekolah merupakan salah satu hal yang sangat penting dikarenakan pilihan sekolah akan mempengaruhi pendidikan masa depan. Di era globalisasi saat ini membuat keputusan untuk memilih sekolah yang tepat tidaklah mudah. Selain jumlah sekolah yang banyak, setiap sekolah juga memberi beragam tawaran dan pilihan kepada para

calon siswanya (Uyun, 2011). Beberapa calon siswa juga memiliki kriteria mengenai sekolah yang akan dipilih, mulai dari letak sekolah, prestasi yang pernah dicapai oleh sekolah, kegiatan ekstrakurikuler, fasilitas dan sarana prasarana yang dimiliki sekolah. Maka dari itu, dalam pemilihan sekolah para orang tua dan siswa pasti akan menyeleksi sekolah-sekolah dengan predikat yang terbaik dan sesuai dengan keinginan.

Para orang tua dan calon siswa untuk menentukan sekolah yang tepat dengan kriteria-kriteria yang diinginkan pasti akan menemui kesulitan. Apalagi bagi mereka yang tidak memiliki banyak waktu untuk mensurvei semua sekolah yang ada di daerah tempat tinggal mereka atau daerah baru (Uyun, 2011). Dengan berkembangnya teknologi informasi saat ini, penggunaan teknologi informasi seperti sistem rekomendasi diharapkan dapat memberikan solusi dalam membantu proses pengambilan keputusan terkait permasalahan pemilihan sekolah.

Penelitian sebelumnya mengenai penggunaan metode AHP dilakukan oleh Johan I., dimana penelitian yang dilakukan tersebut menggunakan metode AHP dan SAW. Kedua metode tersebut digunakan untuk menentukan *Line Up* dalam cabang olahraga futsal. Metode AHP digunakan untuk penghitungan bobot dari masing-masing kriteria dan SAW digunakan untuk perankingan. Hasil pengujian akurasi menghasilkan nilai sebesar 87,273%. Terdapat 48 data uji yang cocok dan 7 data uji yang tidak cocok dari total 55 data yang diujikan (Ismail, 2015).

Penelitian yang dilakukan oleh Fennia M. dengan menggunakan metode ELECTRE dan SAW untuk seleksi penerimaan peserta didik baru di SMA Brawijaya Smart School (BSS) kota Malang. Metode ELECTRE digunakan untuk menentukan peserta didik yang layak diterima dan metode SAW digunakan untuk menentukan peserta didik yang diterima dalam kelompok keminatan tertentu. Hasil dari penelitian ini, pengujian fungsionalitas memiliki tingkat kesesuaian presentase sebesar 100%, hasil pengujian akurasi sistem dengan metode ELECTRE dan SAW memiliki tingkat kesesuaian yang didasarkan pada data hasil seleksi penerimaan peserta didik baru SMA BSS pada tahun 2014/2015 dengan presentase tertinggi sebesar 84,37% dan terendah sebesar 44% (Maghfiroh, 2015).

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Ibnu Aqli dengan menggunakan 3 metode yaitu metode AHP ELECTRE dan TOPSIS. Dimana penggunaan ketiga metode tersebut untuk memberikan rekomendasi dalam pemilihan Sekolah Menengah Atas Sederajat di Kota Malang. Dengan membandingkan data rekomendasi yang dikeluarkan oleh sistem dengan data yang didapat dari pakar diperoleh hasil pengujian akurasi sistem sebesar 82,98% (Aqli, 2016).

Dalam penelitian ini akan digunakan metode AHP-ELECTRE dan SAW. Metode AHP digunakan sebagai pembobotan kriteria. Metode ELECTRE digunakan untuk pengelompokan data alternatif, dimana dalam pengelompokan tersebut terdiri atas kelompok rekomendasi dan tidak direkomendasikan. Metode SAW digunakan untuk perankingan hasil, perankingan yang dilakukan berdasarkan hasil data alternatif kelompok yang direkomendasikan.

Dengan menggunakan ketiga metode tersebut, diharapkan dapat memberikan rekomendasi dalam pemilihan Sekolah Menengah Atas.

1.2 BATASAN MASALAH

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Sekolah Menengah Atas Sederajat di Kota Malang.
2. Data yang digunakan diperoleh dari Website resmi Dinas Pendidikan Kota Malang (data PPDB tahun 2011-2015) dan Website dari masing-masing sekolah SMA Sederajat di Kota Malang. Data yang diperoleh antara lain rayon,

nilai maksimal dan minimal, pagu, prestasi akademik dan prestasi non akademik, ekstrakurikuler dan fasilitas.

3. Metode yang digunakan merupakan penggabungan metode AHP, ELECTRE dan SAW tanpa membandingkan dengan metode yang lain.
4. Kriteria-kriteria yang digunakan antara lain jarak sekolah, nilai, prestasi yang dimiliki sekolah, fasilitas yang dimiliki sekolah dan ekstrakurikuler yang dimiliki sekolah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berikut hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait atau memiliki kesesuaian dengan sistem rekomendasi dengan menggunakan metode AHP, ELECTRE dan SAW. Ditunjukkam pada Tabel 1.

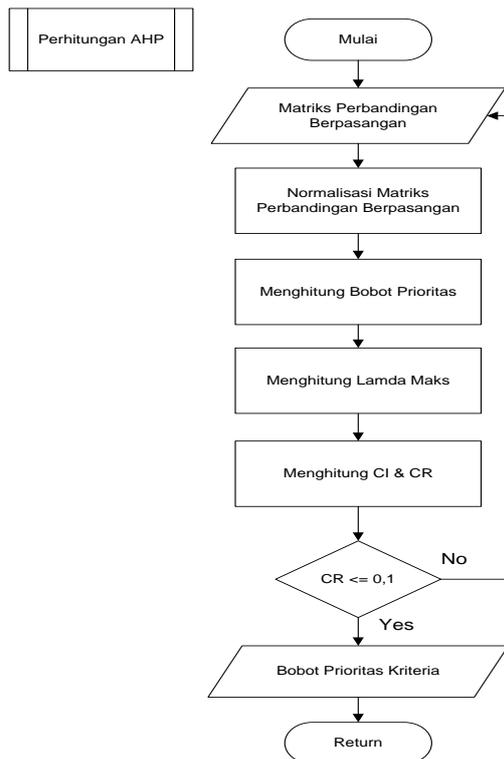
Tabel 1. Tinjauan Pustaka

No.	Judul	Hasil
1.	Pemodelan Sistem Pendukung Keputusan Penentuan <i>Line Up</i> dalam Cabang Olahraga Futsal Menggunakan Metode AHP-SAW (Studi Kasus : Hefotris FILKOM UB) (Ismail, 2015)	Hasil berupa penentuan <i>Line Up</i> tim futsal Hefotris. Tingkat akurasi sebesar 87,273%.
2.	Rekomendasi Kecocokan Tanaman Hortikultura Berdasarkan Komposisi Struktur Tanah Pada Kota Batu Menggunakan Metode SAW (Rachmawati, 2015)	Hasil berupa rekomendasi lahan yang cocok dan terdapat 25 lahan yang tidak valid dengan pakar. Tingkat akurasi sebesar 83%.
3.	Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Penerimaan Peserta Didik Baru Menggunakan Metode ELECTRE dan SAW (Studi Kasus: SMA Brawijaya Smart School Kota Malang) (Maghfiroh, 2015)	Hasil berupa rekomendasi peserta didik yang diterima berdasarkan kelompok peminatan tertentu. Tingkat akurasi sebesar 84,37%.

2.1 ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Dengan hirarki, masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya dan kemudian diatur sehingga permasalahan akan terlihat lebih terstruktur dan sistematis (Saragih, 2013).

Prinsip kerja AHP adalah menyederhanakan suatu persoalan kompleks yang tidak terstruktur, strategik, dan dinamik menjadi bagian-bagiannya, serta menata dalam suatu hirarki. Kemudian tingkat kepentingan setiap variabel diberi nilai numeric secara subjektif tentang arti penting variabel tersebut secara relatif dibandingkan dengan variabel lain (Faisal, 2015). Proses metode AHP dapat dilihat pada Gambar 1.



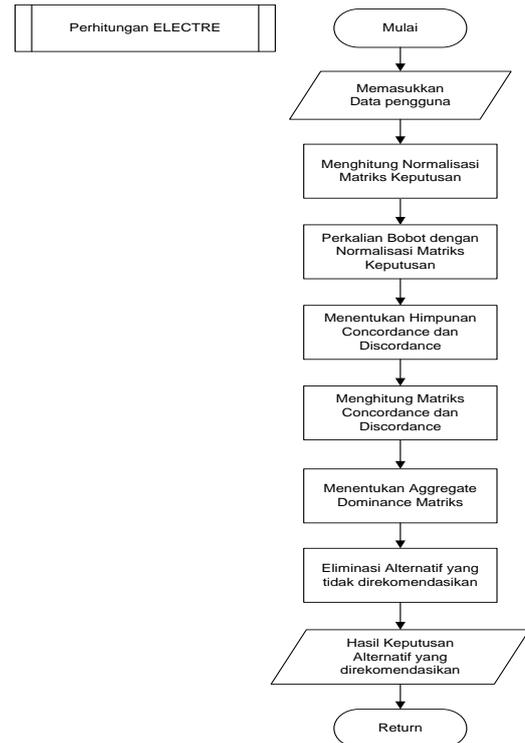
Gambar 1. Diagram Alir Metode AHP

2.2 ELIMINATION ET CHOIX TRANDUISANT LA REALITE (ELECTRE)

Yang pertama kali menggunakan konsep hubungan outranking untuk memperkenalkan metode *Elimination and Choice Expressing Reality (ELECTRE)* adalah Roy (1968) dan Benayoun et al. (1966). Sejak saat itu, berbagai model ELECTRE mulai berkembang berdasarkan permasalahan yang ada untuk menemukan solusi kernel atau untuk perankingan urutan alternatif, tingkat signifikansi

kriteria harus diperhitungkan (benar atau semu) dan informasi preferensial (bobot, indeks *concordance*, indeks *discordance*, efek veto) (Tzeng, 2011).

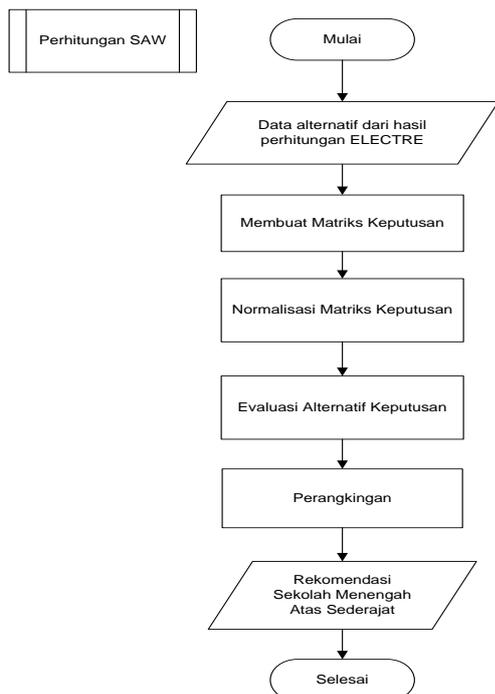
ELECTRE merupakan salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria berdasarkan pada konsep outranking dengan menggunakan perbandingan berpasangan dari alternatif-alternatif berdasarkan setiap kriteria yang sesuai (Pareira, 2014). Proses metode ELECTRE dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Metode ELECTRE

2.3 SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW)

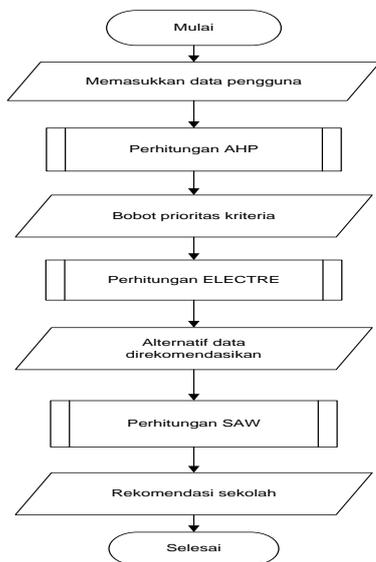
Metode *Simple Additive Weighting (SAW)* juga dikenal dengan istilah metode penjumlahan terbobot. Konsep dasar SAW adalah mencari penjumlahan terbobot dari rating kinerja pada setiap alternatif pada semua atribut. Metode SAW membutuhkan proses normalisasi matriks keputusan (X) ke suatu skala yang dapat diperbandingkan dengan semua alternatif yang ada (Tobing, 2014). Proses metode SAW dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Metode SAW

3. METODE

Penelitian ini menggunakan 3 metode yaitu AHP-ELECTRE dan SAW. Ketiga metode tersebut digunakan untuk menghasilkan rekomendasi sekolah sesuai dengan masukan dari pengguna. Diagram alir sistem secara umum terlihat pada Gambar 4.

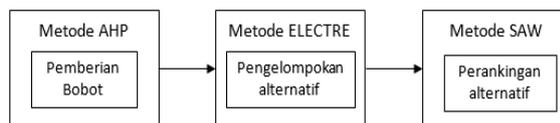


Gambar 4. Diagram Alir Sistem Secara Umum

Dalam perancangan sistem rekomendasi pemilihan sekolah menengah atas (SMA) Sederajat di Kota Malang ini pengguna akan diminta untuk memasukkan kriteria-kriteria yang diinginkan dalam memilih sekolah. Dari masukan pengguna tersebut data akan diproses menggunakan metode AHP-ELECTRE dan SAW.

Metode yang digunakan pertama kali adalah metode AHP digunakan untuk pemberian bobot pada setiap kriteria yang diberikan kepada pengguna. Setelah hasil perhitungan metode AHP yang berupa bobot prioritas kriteria telah didapatkan selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan metode ELECTRE. Dimana perhitungan ELECTRE digunakan untuk mengelompokkan data alternatif yang dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok data yang direkomendasikan dan tidak direkomendasikan. Data alternatif kelompok yang direkomendasikan selanjutnya dihitung pada metode SAW selanjutnya, sedangkan data kelompok yang tidak direkomendasikan akan dieliminasi. Alternatif kelompok data direkomendasikan ini selanjutnya akan digunakan pada metode SAW untuk dilakukan perangkingan. Sehingga didapatkan hasil urutan rekomendasi sekolah yang paling mendekati kriteria.

Alur perancangan metode yang digunakan terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alur Perancangan Metode

Dari Gambar 5 diatas, data masukkan pengguna dihitung menggunakan metode AHP terlebih dahulu, setelah metode AHP menghasilkan bobot kriteria, selanjutnya dihitung menggunakan metode ELECTRE untuk pengelompokan alternatif, kelompok alternatif yang masuk ke dalam kelompok direkomendasikan akan digunakan pada metode SAW untuk dilakukan perangkingan hasil alternatif.

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian akurasi sistem adalah dengan membandingkan data hasil rekomendasi sekolah dari sistem dengan data hasil survey. Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui banyaknya data yang sesuai antara hasil dari sistem dengan hasil survey. Dikatakan sesuai apabila hasil dari sistem mengeluarkan rekomendasi sekolah yang masuk ke dalam ranking 5 besar dan rekomendasi sekolah tersebut terdapat pada data hasil survey.

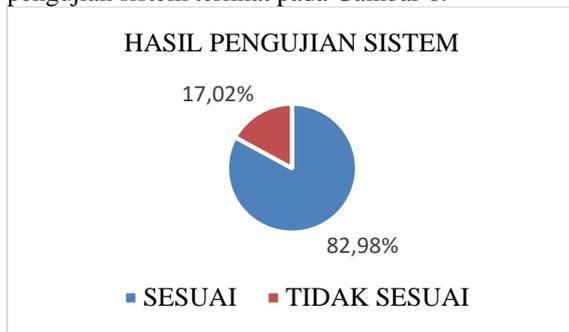
Skenario pengujian adalah pengguna memasukkan data pribadi dan mengisi kriteria-kriteria yang diinginkan. Kemudian diproses oleh sistem dengan menggunakan 3 metode yaitu metode AHP, ELECTRE dan SAW. Hasil keluaran dari sistem merupakan perangkingan hasil perhitungan metode SAW. Dimana hasil perangkingan tersebut merupakan urutan yang termasuk ke dalam 5 besar. Apabila hasil sekolah yang direkomendasikan oleh sistem masuk ke dalam ranking 5 besar maka sudah sesuai dengan data hasil survey.

Hasil pengujian dengan data uji sebanyak 47. Diperoleh data yang sesuai sebanyak 39, sedangkan

data yang tidak sesuai sebanyak 8. Sehingga didapatkan akurasi sistem dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = \frac{47 - 8}{47} \times 100\% = 82,98\%$$

Nilai akurasi tidak mencapai 100% dikarenakan adanya data hasil dari sistem tidak mengeluarkan rekomendasi sekolah yang sesuai dengan data survey dan tidak masuk ke dalam ranking 5 besar. Pada pengujian metode ELECTRE hasil yang didapat tidak mencapai 100%, sehingga pada pengujian metode SAW hasil akurasi tidak mencapai 100%. Karena, perolehan ranking sekolah yang masuk ke dalam 5 besar pada metode SAW berasal dari kelompok yang direkomendasikan pada perhitungan metode ELECTRE. Hasil pengujian metode SAW terdapat hasil yang tidak sesuai, dikarenakan pada perhitungan metode ELECTRE terdapat sekolah yang masuk ke dalam kelompok direkomendasikan sesuai dengan data survey, tetapi pada perhitungan metode SAW sekolah tersebut tidak masuk ke dalam ranking 5 besar. Hasil pengujian sistem terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pengujian Sistem

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan :

1. Sistem rekomendasi pemilihan SMA Sederajat kota Malang menggunakan 3 metode yaitu metode AHP, ELECTRE dan SAW. Metode AHP digunakan dalam pemberian bobot kriteria yang akan digunakan pada metode selanjutnya. Metode ELECTRE digunakan dalam pengelompokan data alternatif yang masuk ke dalam kelompok yang direkomendasikan, untuk data dalam kelompok yang tidak direkomendasikan akan dieliminasi. Kelompok yang direkomendasikan tersebut digunakan dalam metode SAW untuk dilakukan perankingan data alternatif sekolah dimana dalam melakukan ranking diambil alternatif sekolah ke dalam 5 besar.
2. Nilai akurasi dari pengujian sistem dengan menggunakan 47 data uji didapatkan hasil akurasi sebesar 82,98%. Dengan hasil yang

didapatkan berasal dari pengelompokan data alternatif yang masuk ke dalam kelompok yang direkomendasikan. Hasil akurasi sistem tidak dapat mencapai lebih dari 82,98% karena pada metode ELECTRE yang dilakukan pengelompokan data, memiliki akurasi yang tidak lebih dari 82,98%. Hal ini dapat terjadi karena sistem dalam memberikan rekomendasi mempertimbangkan prestasi sekolah, ekstrakurikuler sekolah dan fasilitas sekolah. Sedangkan dalam kenyataannya setiap sekolah memiliki prestasi, ekstrakurikuler dan fasilitas sekolah yang berbeda-beda.

6. DAFTAR PUSTAKA

- AQLI, I., EKA, D. R. & DATA M. 2016. Sistem Rekomendasi Pemilihan Sekolah Menengah Atas Sederajat Kota Malang Menggunakan Metode AHP ELECTRE dan TOPSIS. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK) FILKOM UB* Vol. 3 No. 4.
- AWANG, R. S., 2006. *Analisis Pemilihan Sekolah Menengah Atas Semarang Berdasarkan Efektifitas Jarak, Saran Angkutan Umum dan Tingkat Unggulan Sekolah dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis dan AHP*. Universitas Negeri Semarang.
- FADLIL, J., MAHMUDY, WF., 2007. *Pembuatan Sistem Rekomendasi Menggunakan Decision Tree dan Clustering*. *Kursor* Vol. 3, No. 1.
- FAISAL, PERMANA, S., 2015. *Sistem Penunjang Keputusan Pemilihan Sekolah Menengah Kejuruan Teknik Komputer dan Jaringan yang Terfavorit dengan Menggunakan Multi-Criteria Decision Making*. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* Vol. 2, No. 1. Universitas Trilogi.
- FAUZI, W., 2016. *Sistem Pendukung Keputusan Penerima Bantuan Dana Rutilahu dengan Menggunakan Metode ELECTRE*. Universitas Jenderal Achmad Yani.
- ISMAIL, J., 2015. *Pemodelan Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Line Up dalam Cabang Olahraga Futsal Menggunakan Metode AHP-SAW (Studi Kasus : Hefotris FILKOM UB)*. DORO : Repositori Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, Vol. 6, No. 29.
- KUSRINI, GOLE, A., 2007. *Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Prestasi Pegawai Nakertrans Sumba Barat di Waikabubak*. STMIK AMIKOM Yogyakarta, SNATI 2007.
- MAGHFIROH, F., 2015. *Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Penerimaan Peserta Didik Baru Menggunakan Metode ELECTRE dan SAW*. DORO : Repositori Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, Vol. 5 No. 3.
- MUFIZAR, T., 2015. *Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Dosen Berprestasi di STMIK Tasikmalaya Menggunakan Metode Simple*

- Additive Weighting (SAW)*. CSRID Journal, Vol. 07 No. 3. STMIK Tasikmalaya.
- PANDUAN PPDB KOTA MALANG. 2015. Malang
- PAREIRA O., JOKO S., ARDANARI P., 2014. *Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Tempat Wisata di Timor Leste dengan Metode ELECTRE*. S2. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- PERMENDIKNAS RI. 2007. *Standar Pengelolaan Pendidikan Oleh Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah (Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2007)*.
- RACHMAWATI, 2015. *Rekomendasi Kecocokan Tanaman Hortikultura Berdasarkan Komposisi Struktur Tanah Pada Kota Batu Menggunakan Metode SAW*. DORO : Repositori Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, Vol. 5 No. 18.
- SARAGIH, S. H., 2013. *Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) pada Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Laptop*. STMIK Budi Darma Medan.
- TOBING, G., L., 2014. *Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Jurusan pada Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 1 Siatas Barita dengan Metode Simple Additive Weighting (SAW)*. STMIK Budi Darma Medan.
- TRISNAWARMAN, D., LIVEREJA, M., 2006. *Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Sekolah*. Universitas Tarumanagara Jakarta.
- TZENG, G., HUANG, J., 2011. *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*. CRC Press.
- UYUN, S., MADIKHATUN, Y., 2011. *Model Rekomendasi Berbasis Fuzzy untuk Pemilihan Sekolah Lanjutan Tingkat Atas*. Jurnal Informatika Vol 5, No. 1. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

OPTIMASI KANDUNGAN GIZI SUSU KAMBING PERANAKAN ETAWA (PE) MENGUNAKAN ELM-PSO DI UPT PEMBIBITAN TERNAK DAN HIJAUAN MAKANAN TERNAK SINGOSARI-MALANG

Imam Cholissodin¹, Sutrisno², Arief Andy Soebroto³, Latifah Hanum⁴, Canny Amerilyse Caesar⁵

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

Email: ¹imamcs@ub.ac.id, ²trisno@ub.ac.id, ³ariefas@ub.ac.id, ⁴hanum_latifah@gmail.com,
⁵camerilyse@outlook.com

(Naskah masuk: 30 Desember 2016, diterima untuk diterbitkan: 14 Februari 2017)

Abstrak

Susu merupakan salah satu sumber protein hewani yang mengandung semua zat yang dibutuhkan tubuh. Ternak penghasil susu utama di Indonesia yaitu sapi perah, namun produksi susunya belum dapat mencukupi kebutuhan masyarakat. Alternatifnya adalah kambing peranakan etawa (PE). Tingginya kualitas kandungan gizi susu sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya, yaitu faktor pakan. Bagian peternakan kambing PE di UPT Pembibitan Ternak dan Hijauan Makanan Ternak Singosari-Malang masih menghadapi permasalahan, yaitu rendahnya kemampuan dalam memberikan komposisi pakan terhadap kambing PE. Kekurangan tersebut berpengaruh terhadap kualitas susu yang dihasilkan. Diperlukan pengetahuan rekayasa kandungan gizi susu untuk menentukan komposisi pakan dalam menghasilkan susu premium dengan kandungan gizi optimal. Penulis menggunakan metode *Extreme Learning Machine* (ELM) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk membuat pemodelan pakan kambing dalam mengoptimasi kandungan gizi susu kambing. Dalam analisa pengujian konvergensi menggunakan metode ELM-PSO yang dilakukan dengan kasus untuk berat badan kambing 32 kg, serta jenis pakan yang digunakan yaitu rumput Odot 70% dan rumput Raja 30% menghasilkan sistem mencapai kestabilan dalam konvergensi pada iterasi ke-20 dengan *fitness* terbaik yaitu 16.2712.

Kata Kunci: *Susu Kambing, Optimasi, Artificial Neural Network (ANN), Particle Swarm Optimization (PSO), Genetic Algorithm (GA), Kandungan Nutrisi Pakan.*

Abstract

Milk is one of the animal protein sources which it contains all of the substances needed by human body. The main milk producer cattle in Indonesia is dairy cow, however its milk production has not fulfilled the society needs. The alternative is the goat, the Etawa crossbreed (PE). The high quality of milk nutrients content is greatly influenced by some factors one of them, is the food factor. The PE goat livestock division of the UPT Cattle Breeding and the Cattle Food Greenery in Singosari-Malang still faces the problem, it is the low ability in giving the food composition for PE goat. This flaw affects the quality of the produced milk. It needs the artificial science of the milk nutrients contains in order to determine the food composition to produce premium milk with the optimum nutrients contain. The writer uses the method of the Extreme Learning Machine (ELM) and the Particle Swarm Optimization (PSO) to make the modeling of goat food in optimizing the content of goat milk nutrients. In the analysis of the convergence that is done with the case of 32 kg goat weight, also the food type used is the 70 % Odot grass and 30% Raja grass that system get a stability on the 20th iteration with a fitness value is 16.2712.

Keywords: *Goat Milk, Optimization, Extreme Learning Machine (ELM), Particle Swarm Optimization (PSO), The Food Nutrients Contain.*

1. PENDAHULUAN

Susu merupakan bahan makanan istimewa yang mengandung semua zat yang dibutuhkan tubuh yang mudah dicerna dan dimanfaatkan oleh tubuh. Susu merupakan jenis bahan pangan hewani berupa cairan putih yang dihasilkan oleh ternak mamalia seperti sapi, kerbau ataupun kambing dan diperoleh dengan cara pemerahan (Hamidah, Sukada, & Swacita, 2012). Menurut Kepala Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional (BKKBN) Surya Chandra Surapaty menjelaskan bahwa laju

pertumbuhan penduduk Indonesia saat ini mencapai 1,49% tiap tahun dari jumlah penduduk Indonesia (Akuntono, 2015). Seiring dengan bertambahnya populasi penduduk dan pendapatan serta kesadaran masyarakat akan gizi mengakibatkan kebutuhan protein hewani menjadi meningkat sehingga perlu dilakukan pemenuhan kebutuhan protein hewani dengan cara meningkatkan salah satu produksi ternak, yaitu susu (Nur, Setyowati, & Wahyuningsih, 2015).

Ternak penghasil susu utama di Indonesia adalah sapi perah Peranakan *Friesian Holstein* (PFH) yang produksi susunya relatif masih rendah.

Rendahnya produksi susu sapi perah jenis PFH tidak dapat mencukupi kebutuhan protein hewani yang dibutuhkan oleh masyarakat. Ternak perah alternatif yang cocok untuk dikembangkan dan dapat diterima oleh masyarakat adalah kambing peranakan etawa (PE) (Nur, Setyowati, & Wahyuningsih, 2015). Kambing PE adalah salah satu penyedia protein hewani asal ternak berupa daging atau susu. Salah satu kelebihan susu kambing adalah kandungan gizinya relatif lebih lengkap dan seimbang (Fitriyanto, Astuti, & Utami, 2013).

Bagian peternakan kambing peranakan etawa (PE) di UPT Pembibitan Ternak dan Hijauan Makanan Ternak Singosari-Malang masih menghadapi permasalahan, yaitu rendahnya kemampuan dalam memberikan *treatment* komposisi pakan terhadap kambing peranakan etawa. Kekurangan tersebut selain mengakibatkan lambatnya pertumbuhan produksi susu juga berpengaruh terhadap kualitas susu yang dihasilkan (Nugroho, 2010).

Permasalahan rekayasa kandungan gizi susu kambing agar dapat optimal tersebut dapat diselesaikan dengan beberapa metode pemodelan. Pada penelitian yang sebelumnya, permasalahan rekayasa kandungan gizi susu kambing dapat dioptimalkan dengan menggunakan metode pemodelan *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Genetic Algorithm* (GA) serta *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Berdasarkan penelitian sebelumnya yang menggunakan metode ANN-GA, didapatkan bahwa kandungan protein dengan kualitas susu premium untuk berat badan 36 kg adalah mengalami kenaikan protein sebesar 0.707% dan penurunan lemak sebesar 0.879% setelah dilakukan proses optimasi (Amerilyse, Hanum & Cholissodin, 2016). Sedangkan, berdasarkan penelitian sebelumnya yang menggunakan metode ANN-PSO, didapatkan bahwa kenaikan kandungan protein dengan kualitas susu premium untuk berat badan 36 kg adalah 0.0852% dan penurunan kandungan lemak sebesar 2.23254% setelah dioptimasi (Amerilyse, Hanum & Cholissodin, 2016).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Karpagachelvi S. (2014) tentang pengklasifikasian sinyal ECG dengan menggunakan *hybrid algorithm*, yaitu ELM dan PSO. EKG adalah hasil rekaman jantung yang digunakan untuk menyelidiki penyakit jantung. EKG dapat diklasifikasikan sebagai sinyal normal dan abnormal. Penerapan ELM dan PSO pada pengklasifikasian sinyal ECG bertujuan untuk mengoptimalkan pemilihan fitur dan parameter dari ELM. Hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa pengklasifikasian sinyal ECG dengan menggunakan pendekatan *hybrid algorithm* ELM dan PSO lebih unggul dan akurat jika dibandingkan dengan pengklasifikasian sinyal ECG secara tradisional (S, 2014). Berdasarkan beberapa penelitian yang sebelumnya, permasalahan rekayasa

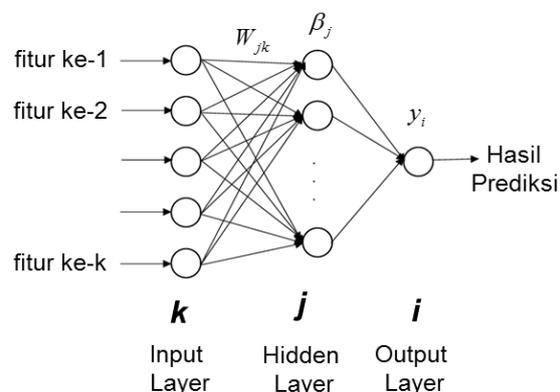
kandungan gizi susu kambing PE diselesaikan dengan menggunakan metode *Extreme Learning Machine* (ELM) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) sebagai metode optimasinya.

Pada penelitian ini diusulkan teknik optimasi kandungan gizi susu kambing PE di UPT Pembibitan Ternak dan Hijauan Makanan Ternak Singosari-Malang menggunakan kombinasi *Extreme Learning Machine* (ELM) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) berdasarkan pada paper sebelumnya oleh Karpagachelvi S. Alasan utama menggunakan penggabungan kedua metode tersebut agar hasil yang didapatkan dari sistem kami dapat mencapai hasil yang optimal dengan pembelajaran yang cepat.

2. DASAR TEORI

2.1 *Extreme Learning Machine* (ELM)

ELM ini pertama kali diperkenalkan oleh Huang (2004), dan ELM merupakan jaringan syaraf tiruan (JST) *feedforward* dengan *single hidden layer* atau disebut dengan *Single Hidden Layer Feedforward Neural Networks* (SLFNs) (Sun, Choi, Au, & Yu, 2008). Pada Gambar 1 dan Gambar 2, Metode pembelajaran ELM dibuat untuk mengatasi beberapa kelemahan dari JST *feedforward*, terutama dalam hal *learning speed*. Berikut model matematis dari ELM pada data (x_i, y_i) (Huang, Zhu, & Siew, 2005).



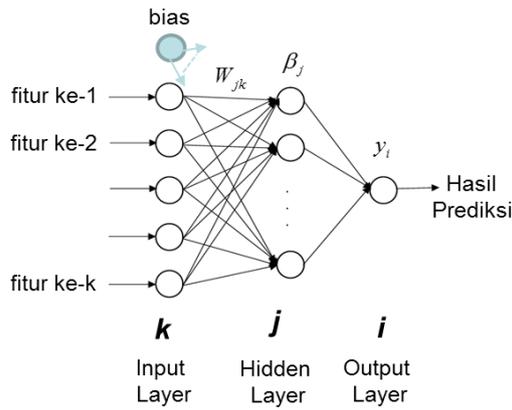
Gambar 1. Arsitektur ELM

Langkah-langkah *training* algoritma ELM tanpa bias (Cholissodin, 2016):

1. Buat random W_{jk} sebagai bobot masukan.
2. Hitung matrik keluaran hidden layer $H = 1/(1+\exp(-X.W^T))$
3. Hitung *output weight* $\hat{\beta} = H^+ . Y$ dimana $H^+ = (H^T . H)^{-1} . H^T$
4. Hitung $\hat{Y} = H . \hat{\beta}$

Langkah-langkah *testing* algoritma ELM tanpa bias:

1. Diketahui W_{jk} , dan $\hat{\beta}$
2. Hitung $H = 1/(1+\exp(-X_{test}.W^T))$
3. Hitung $\hat{Y} = H . \hat{\beta}$
4. Hitung nilai evaluasi, misal dengan MAPE, MAE, MSE atau lainnya.



Gambar 2. Arsitektur ELM dengan bias

Langkah-langkah *training* algoritma ELM dengan bias:

1. Buat random W_{jk} sebagai bobot masukan dan nilai bias b jika ada. Ukuran matrik bias b adalah $[1 \times j]$
2. Hitung matrik keluaran hidden layer $H = 1/(1+\exp(-(X.W^T + \text{ones}(N_{train},1)*b)))$. Dan N_{train} adalah banyaknya data *training*.
3. Hitung *output weight* $\hat{\beta} = H^+ . Y$ dimana $H^+ = (H^T . H)^{-1} . H^T$
4. Hitung $\hat{Y} = H . \hat{\beta}$

Langkah-langkah *testing* algoritma ELM dengan bias:

1. Diketahui W_{jk} , nilai bias b jika ada, dan $\hat{\beta}$
2. Hitung $H = 1/(1+\exp(-(X_{test}.W^T + \text{ones}(N_{test},1)*b)))$
3. Hitung $\hat{Y} = H . \hat{\beta}$
4. Hitung nilai evaluasi, misal dengan MAPE, MAE, MSE atau lainnya.

Di mana batas bawah dan batas atas nilai W_{jk} ada yang menggunakan $[-1;1]$, $[-0.5;0.5]$ atau nilai batas lainnya yang bisa digunakan untuk skenario pengujian, begitu juga dengan b .

2.2 Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)

PSO merupakan sebuah algoritma pencarian berbasis populasi berdasarkan simulasi perilaku sosial burung dalam sebuah *swarm*. Perilaku sosial ini terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu-individu lain dalam suatu kelompok. Setiap individu berperilaku secara terdistribusi dengan menggunakan kecerdasannya (*intelligence*) sendiri dan juga dipengaruhi kelompok kolektifnya. Berikut langkah-langkah dalam algoritma PSO:

1. Inisialisasi Partikel

Diasumsikan bahwa sebuah partikel untuk setiap dimensinya harus berada dalam domain yang didefinisikan oleh dua vektor, x_{min} dan x_{max} yang mewakili batas bawah dan batas atas setiap dimensi yang ditunjukkan pada Persamaan (1) berikut (Engelbrecht, 2007).

$$x_i(0) = x_{min,d} + r_d(x_{max,d} - x_{min,d}), \forall d = 1, \dots, n_x, \forall i = 1, \dots, n_s \tag{1}$$

X_{id} adalah posisi partikel ke- i pada dimensi ke- d , dimana $r_j \sim U(0,1)$ merupakan nilai acak (*random*) dengan *range* $[0,1]$. Inisialisasi posisi dari setiap partikel (X_{id}) dan kecepatan dari setiap partikel (V_{id}).

Kecepatan awal dapat diinisialisasi menjadi nol. Ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$V_{id}(0) = 0 \tag{2}$$

V_{id} merupakan kecepatan partikel ke- i pada dimensi ke- d , posisi terbaik individu ke- i ($pBest_i$) awal untuk setiap partikel diinisialisasikan dengan posisi partikel pada $t = 0$ yang ditunjukkan pada Persamaan (3).

$$pBest_i(0) = x_i(0) \tag{3}$$

2. Fungsi Objektif PSO

Untuk mendapatkan nilai *fitness*, suatu partikel harus dievaluasi berdasarkan suatu fungsi objektif tertentu. Jika permasalahannya adalah optimasi, maka untuk memaksimalkan fungsi h , digunakan fungsi objektif $f = h$. Akan tetapi, jika permasalahannya adalah optimasi untuk meminimalkan fungsi h , maka digunakan fungsi objektif $f = 1/h$. Rumus *fitness* untuk mengoptimalkan dan meminimalkan ditunjukkan pada Persamaan (4).

$$fitness = x_optimal + \frac{1}{x_min} \tag{4}$$

Keterangan:

$x_optimal$ = nilai yang ingin dioptimalkan
 x_min = nilai yang ingin diminimalkan

3. Personal Best PSO

Personal Best PSO dalam kasus maksimal optimasi secara umum didapatkan dengan membandingkan nilai *fitness* saat ini dengan nilai *pBest* sebelumnya, jika *fitness* saat ini $>$ dari *fitness* sebelumnya, maka *pBest* = posisi saat ini, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (5).

$$pBest_i(t+1) = \begin{cases} pBest_i(t) & \text{jika } f(x_{id}(t+1)) \geq f(pBest_i(t)) \\ x_{id}(t+1) & \text{jika } f(x_{id}(t+1)) < f(pBest_i(t)) \end{cases} \tag{5}$$

Keterangan:

$pBest_i(t+1)$ = *pBest* iterasi sekarang

$pBest_i(t)$ = *pBest* iterasi sebelumnya

$f(x_{id}(t+1))$ = nilai *fitness* iterasi sekarang

4. **Global Best PSO**

Pencarian nilai *gBest* pada kasus secara umum dengan cara mencari *argumen* dari nilai maksimal semua *pBest* dalam iterasi *t* yang ditunjukkan pada persamaan (6) berikut:

$$k = \arg \text{Max}_{i=1}^n \{f(pBest_i(t))\} \quad (6)$$

Keterangan:

$$gBest(t) = pBest_k(t)$$

$$\arg \text{Max}_{i=1}^n = \text{argumen maksimal}$$

$$f(pBest_i(t)) = \text{nilai fitness } pBest_i \text{ iterasi } (t)$$

5. **Update Kecepatan dan Posisi**

Kecepatan (*V_i*) dan posisi dari partikel (*X_i*) diubah menggunakan persamaan (7).

$$V_{id}^{t+1} = w * v_{id}^t + c_1 * \text{Rand}() * (p_{id} - x_{id}^t) + c_2 * \text{Rand}() * (p_{gd} - x_{id}^t) \quad (7)$$

Dengan membandingkan antara kecepatan dan *V_{max}*.

$$v_{max} = k * (x_{max} - x_{min}) \quad (8)$$

Rumus perubahan posisi (*X_i*):

$$x_{id}^{t+1} = x_{id}^t + V_{id}^{t+1} \quad (9)$$

Rumus *W* inersia (*w*):

$$w(i) = w_{max} - \left(\frac{w_{max} - w_{min}}{i_{max}} \right) * i \quad (10)$$

Dimana *w_{max}* dan *w_{min}* masing-masing adalah nilai awal dan nilai akhir bobot inersia yang nilainya secara berurutan adalah 0,9 dan 0,4. Sedangkan *i_{max}* adalah jumlah iterasi maksimum yang digunakan.

Keterangan:

v_{id}^t = kecepatan partikel ke-*i* pada dimensi ke-*d* pada iterasi ke-*t*

x_{id}^t = posisi partikel ke-*i* pada dimensi ke-*d* pada iterasi ke-*t*

w = bobot inersia

c₁, *c₂* = komponen kognitif dan sosial

p_{id} = *pBest* atau posisi terbaik partikel pada *x_{id}^t*

p_{gd} = *gBest* atau posisi terbaik partikel secara keseluruhan

6. **Kondisi berhenti**

Jika telah mencapai kondisi akhir (mencapai nilai iterasi maksimum atau perulangan telah mencapai nilai konvergen) maka perulangan berhenti dan nilai optimumnya didapatkan namun jika belum maka kembali melakukan perulangan.

3. **PEMBAHASAN**

Metode yang diusulkan dalam penelitian ini, pada Gambar 3, yaitu menggabungkan ELM-PSO dalam sistem. Sistem kerjanya dibagi menjadi 2 bagian langkah, langkah yang pertama hanya menjalankan metode ELM untuk mendapatkan *W_{jk}* sebagai bobot masukan yang optimal, atau hanya menggunakan *training* algoritma ELM tanpa bias. Kemudian langkah yang ke-2 adalah mengoptimasi parameter pakan dengan PSO menggunakan proses testing ELM. Berikut adalah detail langkahnya:

1. Melakukan proses *training* data menggunakan algoritma ELM untuk memperoleh nilai *input weight* (*W_{jk}*) dan *output weight* (*β̂*)
2. *Input weight* dan *output weight* digunakan pada algoritma PSO pada tahapan *testing* ELM. Pada algoritma PSO akan dilakukan proses inisialisasi partikel dan partikel yang telah terbentuk akan diproses ke dalam *testing* ELM hingga diperoleh hasil denormalisasinya. Hasil denormalisasi tersebut akan digunakan untuk memperoleh nilai *fitness* yang dihasilkan oleh setiap partikel. Kemudian, sistem akan mencari nilai *personal best* (*pBest*) dan *global best* (*gBest*) serta dilakukan proses *update* kecepatan dan posisi hingga diperoleh satu partikel dengan nilai *fitness* terbesar sebagai hasil yang diharapkan.

Tabel 1. Kumpulan data berdasarkan perlakuan

No	Nama Perlakuan	Kandungan Nutrisi				Output			
		Abu	PK	LK	SK	Protein	Lemak	Laktosa	Density
1	Premium	0.744	0.54	0.14	0.9936	0.514706	0.501193	0.515152	0.573003
2	Premium	0.6324	0.459	0.119	0.84456	1	1	1	0.85124
3	Premium	0.651	0.4725	0.1225	0.8694	0.544118	0.389021	0.545455	0.724518
4	Premium	0.6696	0.486	0.126	0.89424	0.558824	0.804296	0.560606	0.341598
5	Premium	0.7068	0.513	0.133	0.94392	0.485294	0	0.469697	1
6	Premium	0.6324	0.459	0.119	0.84456	0.441176	0.470167	0.424242	0.46832
7	Baik	0.5952	0.432	0.112	0.79488	0.220588	0.236277	0.227273	0.363636
8	Baik	0.6324	0.459	0.119	0.84456	0.205882	0.236277	0.19697	0.325069
9	Baik	0.6882	0.4995	0.1295	0.91908	0	0.238663	0	0

Keterangan:

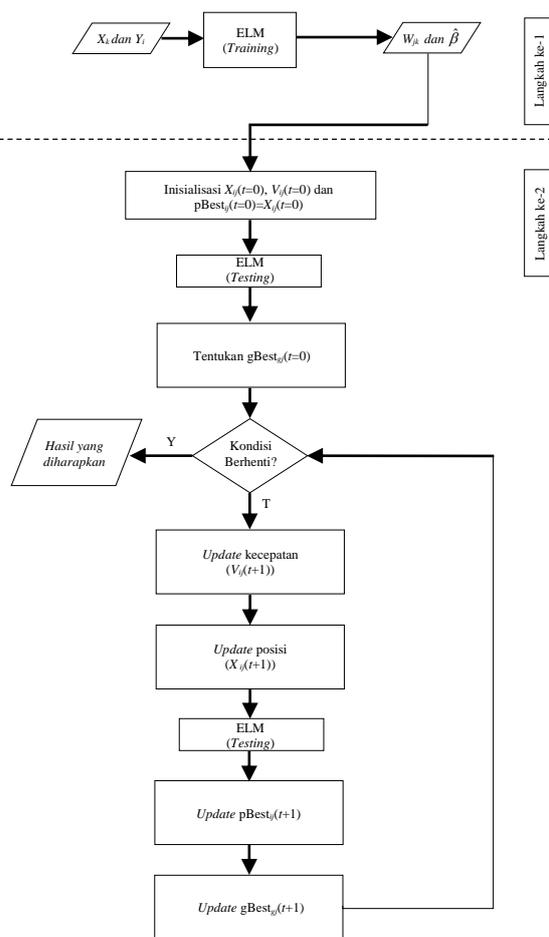
- **Abu:** zat pakan anorganik yang mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan.
- **Protein kasar (PK):** bahan organik kompleks dengan peranan yang banyak.
- **Lemak kasar (LK):** kandungan total lipida dalam jumlah yang sebenarnya.
- **Serat kasar (SK):** sisa-sisa sel tumbuhan yang tahan terhadap reaksi hidrolisis.

Dalam kasus penelitian ini, kandungan nutrisi pakan hijauan berupa Abu, PK, LK dan SK (sebagai *X_i*) beserta kandungan gizi susunya berupa protein, lemak, laktosa dan *density* (sebagai *Y_i*) akan dikomputasi lebih lanjut menggunakan ELM pada langkah ke-1. Pada Tabel 1, dapat digunakan sebagai gambaran untuk merepresentasikan partikel pada PSO. Setiap partikel memiliki dimensi yang merupakan kandungan nutrisi (Abu, PK, LK, dan SK), yaitu *X_{ij}(t)* = [Abu PK LK SK] atau dapat ditunjukkan pada Persamaan (11).

$$X_{ij}(t) = [X_{i1}(t) X_{i2}(t) X_{i3}(t) X_{i4}(t)] \quad (11)$$

Kemudian untuk rumus *fitness*-nya menggunakan batasan hanya dua macam variabel *output* yang akan dikomputasi (bisa dibuat seimbang komposisinya, atau berbanding terbalik, atau dengan menggunakan suatu konstanta pengali sebagai pembobotan) dan *output* yang lainnya diabaikan, yaitu memaksimalkan kandungan **protein** dan meminimalkan kandungan **lemak**, dengan formulasi yang ditunjukkan pada Persamaan (12).

$$fitness = protein + \frac{1}{lemak} \tag{12}$$

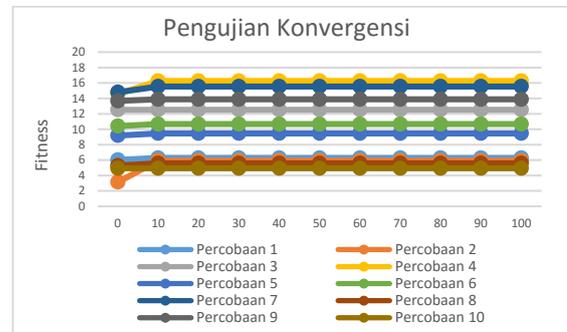


Gambar 3. Algoritma ELM-PSO

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian konvergensi metode ELM-PSO dengan parameter PSO yang sudah diuji sebelumnya yaitu iterasi maksimal PSO = 100 iterasi, nilai *wMax* = 0.6 dan *wMin* = 0.3, nilai *c1* = 1 dan *c2* = 1.5, nilai *k* = 0.6. Dengan parameter ELM yaitu interval yang digunakan adalah [-0.5,0.5], jumlah hidden layer =4, jumlah data yang digunakan adalah 5 data. Terdapat 2 jenis pakan yang digunakan dalam pengujian, yaitu Rumput Raja dengan rasio pakan 70% dan Rumput Odot dengan rasio pakan 30%. Berat badan kambing

yang digunakan dibatasi yang hanya 32 kg, tetapi juga bisa dibuat berbeda. Dalam penelitian ini mengoptimalkan kandungan Protein dan meminimalkan kandungan Lemak pada kelas Premium. Grafik pengujian konvergensi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pengujian Konvergensi ELM-PSO

Dalam 10 kali percobaan terlihat bahwa sistem mulai menunjukkan konvergensi pada iterasi ke-10, namun masih belum mencapai kestabilan. Pada grafik terlihat bahwa sistem mencapai kestabilan iterasi pada iterasi ke-20. Nilai fitness yang didapatkan setelah iterasi ke-20 akan menghasilkan nilai fitness yang sama dengan iterasi sebelumnya. Pada grafik juga ditunjukkan nilai *fitness* terbesar yang dihasilkan oleh metode ELM-PSO yaitu pada Percobaan 4 dengan *fitness* terbesar 16.2712.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Algoritma ELM-PSO dapat digunakan untuk mengoptimasi komposisi pakan kambing PE agar susu yang dihasilkan memiliki kandungan gizi susu yang maksimal, dimana cara kerjanya adalah dengan melakukan proses *training* data menggunakan algoritma ELM untuk memperoleh nilai *input* dan *output weight* yang nantinya akan digunakan pada algoritma PSO. Pada algoritma PSO akan dilakukan proses inialisasi partikel dan partikel yang telah terbentuk akan diproses ke dalam ELM hingga diperoleh hasil denormalisasi. Hasil denormalisasi tersebut akan digunakan untuk memperoleh nilai *fitness* yang dihasilkan oleh setiap partikel. Kemudian, sistem akan mencari nilai *personal best* (*pBest*) dan *global best* (*gBest*) serta dilakukan proses *update* kecepatan dan posisi hingga diperoleh satu partikel dengan nilai *fitness* terbesar.
2. Hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian parameter optimal pada PSO serta pengujian konvergensi metode ELM-PSO. Parameter-parameter optimal PSO adalah iterasi

maksimal PSO = 100 iterasi, nilai w_{Max} = 0.6 dan w_{Min} = 0.3, nilai c_1 = 1 dan c_2 = 1.5, nilai k = 0.6. Parameter-parameter tersebut menghasilkan *fitness* terbaik sebesar 16.2712 dengan posisi partikel terbaik yaitu [1.3659 1.1724 0.202 1.9077]. Pada pengujian konvergensi didapatkan bahwa sistem mencapai telah kestabilan nilai *fitness*, yaitu pada iterasi ke-20.

5.2 Saran

1. Diharapkan pada penelitian berikutnya dalam optimasi komposisi pakan kambing PE dapat ditambahkan atribut lain seperti harga pakan agar sistem dapat memberikan komposisi pakan terbaik dengan harga pakan yang diminimalkan.
2. Diharapkan pada penelitian berikutnya dalam menggunakan metode ELM-PSO juga dilakukan pengujian terhadap interval yang digunakan untuk mengetahui interval yang dapat menghasilkan solusi optimal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- AKUNTONO, I. (2015, September 29). *Mengkhawatirkan, Angka Kelahiran di RI Tiap Tahun Setara Jumlah Penduduk Singapura*. Retrieved Januari 8, 2016, from Kompas.com [online]: <http://nasional.kompas.com/read/2015/09/29/13574351/Mengkhawatirkan.Angka.Kelahiran.di.RI.Tiap.Tahun.Sejumlah.Penduduk.Singapura>
- AMERILYSE, C., LATIFAH H. & CHOLISSODIN I. 2016. Perbandingan Metode ANN-PSO dan ANN-GA dalam Pemodelan Komposisi Pakan Kambing Peranakan Etawa (PE) untuk Optimasi Kandungan Gizi (Studi Kasus pada UPT Pembibitan Ternak dan Hijauan Makanan Ternak Singosari-Malang). *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK) FILKOM UB Vol. 3 No. 3, 216-225*.
- ATMIYATI. 2001. Potensi Susu Kambing Sebagai Obat dan Sumber Protein Hewani Untuk Meningkatkan Gizi Petani. *Bogor: Balai Penelitian Ternak*.
- CHOLISSODIN, I. 2016. Modul Analisis Big Data – Semester Ganjil 2016-2017.
- ENGELBRECHT, A. P. 2007. *Computational Intelligence: An Introduction 2nd ed*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- FITRIYANTO, ASTUTI, T. Y., & UTAMI, S. 2013. Kajian Viskositas dan Berat Jenis Susu Kambing Peranakan Etawa(PE) pada Awal, Puncak dan Akhir Laktasi. *Jurnal Ilmiah Peternakan* , 299-306.
- HAMIDAH, E., SUKADA, I. M., & SWACITA, I. B. 2012. Kualitas Susu Kambing Peranakan Etawah Post-Thawing pada Penyimpanan Suhu Kamar. *Indonesia Medicus Veterinus Edisi 3*, 361-369.
- HUANG, G. B., ZHU, Q. Y., & SIEW, C. K. 2004. Extreme Learning Machine: A New Learning Scheme of Feedforward Neural Networks. *Proceeding of International Joint Conference on Neural Networks. Hungary: Budapest*.
- HUANG, G. B., ZHU, Q. Y., & SIEW, C. K. 2005. Extreme Learning Machine: Theory and applications. *Elsevier science: Neurocomputing 70*, 489-501.
- NUGROHO, B. A. 2010. Pasar Susu Dunia dan Posisi Indonesia. *JIIIPB Vol. 20 No. 1*, 65-76.
- NUR, D. M., SETYOWATI, E., & WAHYUNINGSIH, S. 2015. Performans Produksi Susu Kambing Peranakan Etawah(PE) Berdasarkan Paritas, Umur, Bobot Badan, dan Status Kebuntingan di "MADUKARA FARM", Kota Batu. *Universitas Brawijaya* , 1-7.
- PRIHATMININGSIH, G. E., PURNOMOADI, A., & HARJANTI, D. W. 2015. Hubungan antara Konsumsi Protein dengan Produksi, Protein dan Laktosa Susu Kambing Peranakan Ettawa. *Jurnal Ilmu-ilmu Peternakan 25 Vol.2* , 20-27.
- S, K. 2014. Classification of ECG Signals Using Hybrid Particle Swarm Optimization in Extreme Learning Machine. *Journal of Applied Sciences and Engineering Research, Vol 3, No. 5*, 1086-1095.
- SUBEKTI, E. 2009. Ketahanan Pakan Ternak Indonesia. *Mediagro, Vol.5, No.2* , 63-71.
- SUN, Z., CHOI, T., AU, K., & YU, Y. 2008. Sales Forecasting using Extreme Learning Machine with Application in Fashion Retailing. *Elsevier Decision Support Systems 46*, 411-419.
- SUTAMA, I. K., & BUDIARSANA, I. 1997. Kambing Peranakan Etawah Penghasil Susu sebagai Sumber Pertumbuhan Baru Sub-Sektor Peternakan di Indonesia. *Balai Penelitian Ternak* , 156-170.
- UMIYASIH, U., & ANGGRAENY, Y. N. 2007. Petunjuk Teknis Ransum Seimbang, Strategi Pakan pada Sapi Potong. *Pasuruan: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan*.
- ZERDA, E. R. 2009. Analisis dan Penerapan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) pada Optimasi Penjadwalan Sumber Daya Proyek. *Bandung : Universitas Telkom*.
- ZURIATI, Y., MAHESWARI, R., & SUSANTY, H. 2011. Karakteristik Kualitas Susu Segar dan Yoghurt dari Tiga Bangsa Kambing Perah dalam Mendukung Program Ketahanan dan Diversifikasi Pangan. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, 613-619.

OPTIMASI KEUNTUNGAN PEMBANGUNAN PERUMAHAN BERDASARKAN JUMLAH RUMAH SETIAP TIPE MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)

Rozaq Akbar¹, Dian Eka Ratnanawati², Sutrisno³

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya
Email: ¹rozaqakbar@gmail.com, ²dian_ilkom@ub.ac.id, ³trisno@ub.ac.id

(Naskah masuk: 11 Januari 2017, diterima untuk diterbitkan: 17 Februari 2017)

Abstrak

Tempat tinggal merupakan kebutuhan setiap individu. Selain hal tersebut, laju pertumbuhan penduduk, serta adanya urbanisasi juga mempengaruhi banyaknya permintaan. Perumahan merupakan salah satu jawaban dalam mengatasi permintaan akan perumahan tersebut. Di Indonesia pembangunan perumahan dijalankan oleh Perumnas atau Perusahaan Umum Pembangunan Perumahan Nasional yang selanjutnya akan diteruskan oleh developer atau pengembang. Developer dalam hal ini melakukan berbagai upaya dalam mencapai keuntungan maksimal. Karena itu, dibutuhkan sistem optimasi dalam menangani masalah ini. Penggunaan *Particle Swarm Optimization* (PSO) akan sangat membantu dalam hal pencarian optimasi keuntungan. Dilihat dari beberapa kasus yang menggunakan PSO, hasil yang didapatkan adalah penjadwalan sumber daya proyek yang optimal, penyusunan posisi barang dalam peti kemas yang lebih optimal, dan akurasi yang lebih baik dari fungsi keanggotaan. Sesuai dengan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan data dari Permata Garden Regency, didapatkan jumlah keuntungan yang lebih optimal dibandingkan dengan keuntungan yang telah dicapai.

Kata kunci: keuntungan, PSO, perumahan, tempat tinggal, *Particle Swarm Optimization*, kebutuhan dasar

Abstract

The residence is the every individual need. In addition, the population growth rate, as well as the urbanization also affect the number of requests. Housing is one of the answers in addressing the demand for such housing. Housing construction in Indonesia run by Perumnas or Perusahaan Umum Pembangunan Perumahan Nasional which would then be forwarded by the private sector which in this case is the developer. In this case, Developer made various efforts to achieve maximum benefit. Therefore, system optimization needed in addressing this issue. Use of Particle Swarm Optimization (PSO) will be very helpful to the search for benefit optimization. Judging from several cases using PSO, the results obtained are scheduling resources optimum project, preparation of the position of the goods in a container which is more optimal, and better accuracy in a membership function. In accordance with the testing conducted using data from the Permata Garden Regency, found the number of benefits that more optimal than the gains that have been achieved.

Keywords: benefit, PSO, housing, shelter, *Particle Swarm Optimization*, basic needs

1. PENDAHULUAN

Tempat tinggal merupakan kebutuhan setiap individu. Fungsi dari tempat tinggal itu sendiri adalah untuk keamanan, tempat beristirahat, dan beraktifitas. Tempat tinggal tidak hanya dalam bentuk rumah saja, akan tetapi memiliki beberapa jenis lain, yaitu rumah susun, perumahan, rumah deret, dan apartemen.

Dijelaskan bahwa kebutuhan akan tempat tinggal merupakan kebutuhan dasar, maka permintaan akan tempat tinggal akan semakin besar. Selain hal tersebut, laju pertumbuhan penduduk, serta adanya urbanisasi juga mempengaruhi banyaknya permintaan. Perumahan merupakan salah satu jawaban dalam mengatasi permintaan akan perumahan tersebut.

Pembangunan perumahan tidak hanya dilakukan oleh pihak pemerintah saja, akan tetapi

pihak swasta-pun diharapkan ikut serta. Di Indonesia pembangunan perumahan dijalankan oleh Perumnas atau Perusahaan Umum Pembangunan Perumahan Nasional yang dimiliki oleh Badan Usaha Milik Negara atau BUMN. Perumnas didirikan oleh pemerintah sebagai solusi dalam menyediakan perumahan yang layak.

Perumnas menjadi pembuka awal yang selanjutnya akan diteruskan oleh developer atau pengembang. Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan oleh REI (Real Estate Indonesia), yang dikerjakan pemerintah sebesar 5 persen. Sedangkan 95 persen dikerjakan oleh developer atau swasta, dimana 80 persennya dilakukan anggota REI (Zuraya, Nidia. 2013). Peluang ini dimanfaatkan dengan baik oleh para developer dalam mengambil keuntungan. Akan tetapi, keuntungan yang didapatkan oleh developer tersebut tidak memenuhi target, karena developer hanya menyesuaikan pembangunan perumahan

dengan permintaan pasar dan masih belum bisa mengoptimalkan jumlah rumah di lahan yang telah disediakan.

Developer dalam hal ini melakukan berbagai upaya dalam mencapai keuntungan yang maksimal. Mengoptimalkan pemanfaatan lahan yang tersedia sangatlah penting, karena keuntungan maksimal dapat dicapai apabila penggunaan lahan yang ada juga maksimal.

Penggunaan PSO akan sangat membantu dalam hal pencarian optimasi keuntungan. Dikarenakan basic dari PSO itu sendiri adalah sebagai proses optimasi untuk menentukan suatu target keuntungan maksimal yang ingin didapatkan.

Particle Swarm Optimization (PSO) banyak digunakan dalam berbagai tujuan optimasi. Salah satunya terdapat penelitian sebelumnya. Hasil yang didapatkan dari penelitian sebelumnya adalah penjadwalan yang lebih baik, dan memberikan hasil maksimal pada sumber daya proyek. Penelitian ini telah berhasil memberikan solusi optimum untuk penjadwalan sumber daya proyek.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis akan merancang system berbasis computer untuk memberikan solusi dalam hal optimasi keuntungan pembangunan perumahan yang berjudul, "OPTIMASI KEUNTUNGAN PEMBANGUNAN PERUMAHAN BERDASARKAN JUMLAH RUMAH SETIAP TIPE MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)".

2. DASAR TEORI

2.1 Pembangunan Perumahan

Pembangunan perumahan perlu mendapatkan prioritas, dikarenakan kebutuhan manusia akan sebuah tempat tinggal. Didalam pembangunan perumahan terdapat beberapa tahapan (hasil wawancara: Aldaini, 2016), antara lain:

1. Penentuan Daerah Perumahan

Sebuah perusahaan developer akan melakukan penentuan untuk memilih daerah mana yang akan dikembangkan serta dijadikan bisnis jual beli rumah. Daerah yang dipilih harus memiliki beberapa kriteria yang ditentukan oleh developer tersebut, sehingga daerah tersebut akan menjadi daerah yang layak dalam pembangunan perumahan, bahkan berprospek tinggi untuk harga jual per unit rumah.

2. Pembelian Tanah

Setelah menentukan daerah, maka developer akan melakukan pembelian tanah didaerah tersebut. Pembelian tanah dimaksudkan agar sertifikat tanah yang akan menjadi lahan bangunan dari perumahan tersebut dapat dibentuk sesuai keinginan, yaitu menjadi satu sertifikat induk. Karena tanah memiliki berbagai macam jenis sertifikat, antara

lain sertifikat HGB (Hak Guna Bangunan), hak milik, girik, dan lain-lain.

3. Perancangan Denah serta Desain Rumah

Dalam hal ini, perancangan denah atau kerangka dilakukan oleh seorang arsitek. Arsitek melakukan pembagian luas tanah, menepatkan sarana dan prasarana disekitar perumahan, serta membuat gambar desain rumah dan rencana anggaran dari pembangunan.

2.2 Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization diinisialisasikan oleh sebuah populasi yang acak dan mencari titik optimal dengan mengupdate tiap hasil pembangkitannya (USU). Dalam konteks optimasi multivariabel ini, kawanan diasumsikan mempunyai ukuran tertentu dengan setiap partikel posisi awalnya yang terletak di suatu lokasi yang acak dalam ruang multidimensional. Setiap partikel diasumsikan memiliki dua karakteristik, yaitu posisi dan kecepatan. Setiap partikel bergerak dalam suatu ruang atau space tertentu dan mengingat posisi terbaik yang pernah dilaluinya atau ditemukannya terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif tersebut. Setiap partikel menyampaikan informasi atau posisi terbaiknya kepada partikel yang lain dan menyesuaikan posisi dan kecepatan masing-masing berdasarkan informasi yang diterima mengenai posisi yang bagus tersebut.

Parameter PSO adalah sebagai berikut, yaitu jumlah partikel, range, maksimum iterasi, C1 dan C2, serta Wmin dan Wmax. Untuk proses algoritma *Particle Swarm Optimization* dijelaskan sebagai berikut (Ria, 2009) :

1. Inisialisasi sekumpulan *particle* secara acak atau random (setiap *particle* merepresentasikan solusi yang akan dicoba).

2. Inisialisasi posisi dari setiap *particle* (X_{id}) dan kecepatan dari setiap *particle* (V_{id}).

3. Hitung nilai fluktuasi dari setiap *particle* F_i menggunakan formula fungsi objektif (fitness) dan model yang telah ditentukan sesuai dengan masalah optimasinya.

$$\text{Fitness} = 1 / ((\text{Tipe1} * \text{harga} + \text{Tipe2} * \text{harga} + \text{Tipe3} * \text{harga}) + (\text{Tipe1} . \text{selisih} + \text{Tipe2} * \text{selisih} + \text{Tipe3} * \text{selisih}) * C) \dots\dots(1)$$

Keterangan :

Tipe1 = jumlah rumah dengan tipe 30/72

Tipe2 = jumlah rumah dengan tipe 38/78

Tipe3 = jumlah rumah dengan tipe 45/91

C = konstanta

Harga = harga jual tiap rumah

Selisih = selisih jumlah rumah dari rekomendasi pakar dan keluaran sistem

4. Untuk setiap *particle*, bandingkan nilai fluktuasi F_i dengan nilai terbaik yang telah dicapai P_{id} (*local best*)
 jika $F_i < P_{id}$, maka P_{id} diganti F_i (2.2)

5. Untuk setiap *particle*, bandingkan nilai fluktuasi F_i dengan nilai terbaik yang dicapai dalam P_{gd} (*global best*)
 jika $F_i < P_{gd}$, maka P_{gd} diganti F_i (2.3)

6. Berdasarkan persamaan 4 dan 5, kecepatan (V_i) dan posisi dari *particle* (X_i) diubah.

Rumus perubahan kecepatan (V_i):
 $V_{id}^{(t+1)} = w * v_{id}^{(t)} + c_1 * Rand() * (p_{id} - x_{id}^{(t)}) + c_2 * Rand() * (p_{gd} - x_{id}^{(t)})$ (2.4)

Rumus perubahan posisi (X_i):
 $x_{id}^{(t+1)} = x_{id}^{(t)} + V_{id}^{(t+1)}$ (2.5)

Rumus W inersia (w):
 $w = w_{max} - (w_{max} - w_{(min)}) / I_{max} * I$ (2.6)

Keterangan :

$v_{id}^{(t)}$ = kecepatan partikel ke- i pada dimensi ke- d pada iterasi ke- t

$x_{id}^{(t)}$ = posisi partikel ke- i pada dimensi ke- d pada iterasi ke- t

w = bobot inersia

I = Iterasi

I_{max} = iterasi maksimum

c_1, c_2 = *learning rate*

$p_{(id)}$ = P best atau posisi terbaik *particle* pada $x_{id}^{(t)}$

p_{gd} = P global best atau posisi terbaik *particle* secara keseluruhan

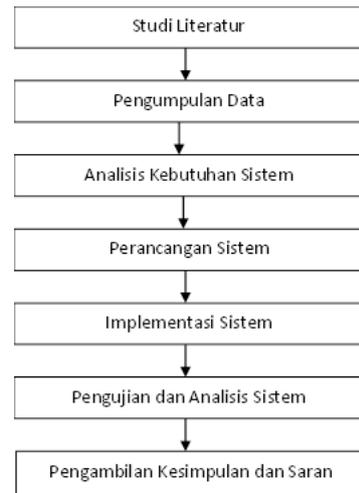
7. Jika telah mencapai kondisi akhir (mencapai nilai iterasi maksimum atau perulangan telah mencapai nilai optimum) maka perulangan akan berhenti dan nilai optimumnya didapatkan namun jika belum maka diulangi pada nomor 3.

2.3 Random Injection

Pada ruang pencarian yang tidak terlalu besar, sering dijumpai pencapaian konvergensi dini. Hal ini disebabkan karena partikel lebih cepat menemukan posisi terbaik global dalam ruang pencarian yang kecil dan disebabkan kurangnya diversitas setelah melewati beberapa generasi (Mahmudy, 2014). Untuk mengatasi hal tersebut dan membuat partikel lebih teliti atau bertahap dalam melakukan eksploitasi lokal dan eksplorasi global, maka diterapkan sistem random injection. Random injection dilakukan dengan menginisialisasi kembali posisi n partikel setiap g interval iterasi. Penentuan n dan g yang sesuai dilakukan berdasarkan beberapa percobaan sebelumnya pada sistem PSO.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian. Tahapan yang ada ditunjukkan dalam gambar dibawah ini.



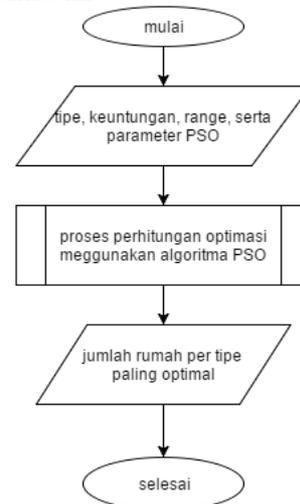
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

4. PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hal-hal yang berhubungan dengan perancangan sistem, dimulai dari alir perancangan sistem, perancangan antarmuka pengguna, perancangan pengujian, serta analisis sistem.

4.1 Alir Perancangan Sistem

Pada tahap alir perancangan sistem, terdapat penjelasan mengenai bagaimana proses yang terjadi didalam system menggunakan algoritma particle swarm optimization (PSO), yang ditunjukkan oleh gambar 4.1 berikut ini.

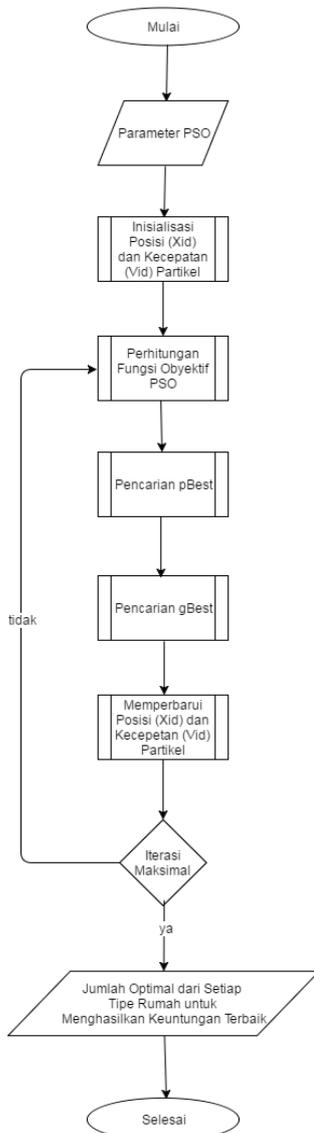


Gambar 4.1 Diagram Alir Perancangan Sistem

4.2 Alir Perancangan Sistem Perhitungan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)

Proses perhitungan menggunakan algoritma PSO untuk menghasilkan output terbaik. Pada Gambar 4.2 dibawah ini ditunjukkan bagaimana alir algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) untuk optimasi keuntungan pembangunan perumahan berdasarkan jumlah rumah setiap tipe

menggunakan *Particle Swarm Optimization (PSO)*. Dimulai dari memasukkan tipe rumah yang akan dibangun, kemudian memasukkan keuntungan yang didapatkan dari setiap satu tipe rumah yang akan dijual, memasukkan range dari setiap tipe rumah yang akan dibangun. Selain itu, memasukkan masukan berupa parameter dari PSO tersebut. Didalam gambar dijelaskan bahwa setelah proses memasukkan inputan akan dilakukan proses inialisasi partikel. Dalam algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* dilakukan pula perhitungan fungsi obyektif. Setelah proses tersebut berjalan dilakukan pencarian Pbest dan Gbest yang dilanjutkan dengan memperbarui posisi Xid dan kecepatan partikel Vid. Kemudian dilakukan pengulangan sampai mencapai iterasi maksimal. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan jumlah rumah setiap tipe yang akan digunakan untuk mendapatkan keuntungan maksimal. Proses-proses tersebut dijelaskan dalam diagram alir dibawah ini



Gambar 4.2 Diagram Alir Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*

5. PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1 Pengujian dan Analisis Jumlah Partikel

Pengujian banyaknya jumlah partikel digunakan untuk menentukan jumlah partikel yang digunakan untuk untuk isian default sistem, sehingga pengguna tidak perlu mengisikan parameter-parameter PSO, dan sudah memberikan solusi yang terbaik. Pengujian ini menggunakan beberapa ukuran swarmsize yang berbeda dengan kelipatan 2. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap jumlah partikel.

problem dimension: 7
 c1 : 2
 c2 : 1
 Wmin : 0
 Wmax : 1
 r1 : 0.163251
 r2 : 0.183259
 V(1,0) : 0
 max iteration : 50

Tabel 5.1 Rata-Rata Fitness Dari Hasil Pengujian Jumlah Partikel

Jumlah partikel (Swarmsize)	Rata-rata fitness
5	3.34E-11
7	3.00E-11
9	3.30E-11
11	3.00E-11
13	2.81E-11
15	3.18E-11

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa nilai fitness tidak selalu semakin membaik seiring dengan bertambahnya jumlah partikel.

5.2 Pengujian dan Analisis Jumlah Maksimum Iterasi

Pengujian terhadap banyaknya jumlah maksimum iterasi untuk mengetahui maksimum iterasi yang optimal dan dapat menghasilkan solusi yang lebih baik. Pada pengujian jumlah partikel telah didapatkan jumlah partikel yang tidak terlalu banyak, akan tetapi memiliki hasil yang bagus yaitu 13. Nilai parameter tersebut akan digunakan dalam pengujian ini. Pengujian ini menggunakan beberapa ukuran maksimum iterasi yang berbeda dengan kelipatan 15. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk masing-masing ketentuan maksimum iterasi.

swarm size : 13
 problem dimension : 7
 c1 : 2
 c2 : 1
 Wmin : 0
 Wmax : 1
 r1 : 0.163251

r_2 : 0.183259
 $V(1,0)$: 0

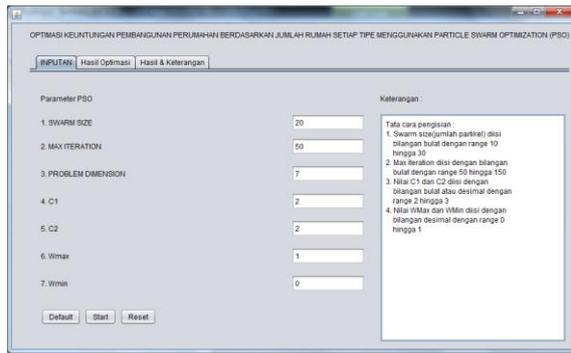
Tabel 5.2 Rata-Rata Fitness Dari Hasil Pengujian Maksimum Iterasi

t_{max}	Rata-rata fitness
20	3.32E-11
35	3.11E-11
50	3.02E-11
65	2.95E-11
80	2.98E-11

Berdasarkan Tabel 5.2 menunjukkan bahwa nilai fitness tidak selalu semakin membaik seiring dengan bertambahnya jumlah iterasi.

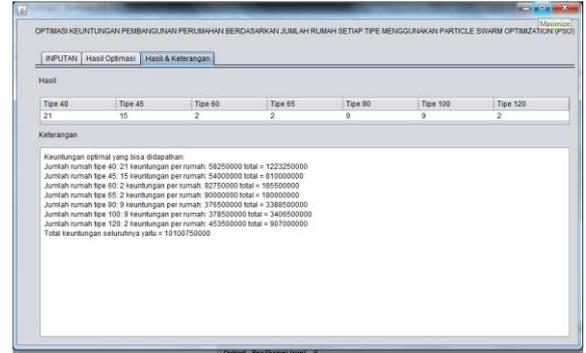
5.3 Hasil Optimasi

Dimana terdapat hasil dari setiap iterasi beserta fitness dari setiap jumlah tipe rumah. Tampilan halaman hasil optimasi ditunjukkan dalam Gambar 5.3, 5.4, dan 5.5 berikut:



Gambar 5.3 Halaman Tampilan Awal

Gambar 5.4 Halaman Hasil Optimasi



Gambar 5.5 Halaman Hasil Dan Keterangan

Tabel 5.3 Hasil Optimal Sistem

iterasi	swarm ke-	tipe 40	tipe 45	tipe 60	tipe 65	tipe 90	tipe 100	tipe 120	Fitness
64	9	21	15	3	2	9	9	4	3.01E-11

Berdasarkan Tabel 5.3 dapat dihitung berapa jumlah keuntungan yang didapatkan, kemudian dibandingkan dengan hasil dari pakar adalah sebagai berikut.

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Keuntungan oleh Sistem dan Hasil Perhitungan Keuntungan oleh Pakar

Tipe Rumah	Sistem		Pakar	
	Jumlah Rumah	Keuntungan	Jumlah Rumah	Keuntungan
tipe 40	21	Rp.1.223.250.000,-	16	Rp.932.000.000,-
tipe 45	15	Rp.810.000.000,-	21	Rp.1.134.000.000,-
tipe 60	3	Rp.278.250.000,-	1	Rp.92.750.000,-
tipe 65	2	Rp.180.000.000,-	1	Rp.90.000.000,-
tipe 90	9	Rp.3.388.500.000,-	5	Rp.1.882.500.000,-
tipe 100	9	Rp.3.406.500.000,-	5	Rp.1.892.500.000,-
tipe 120	4	Rp.1.814.000.000,-	3	Rp.1.360.500.000,-
Total	63	Rp.11.100.500.000,-	52	Rp.4.131.250.000,-

Dari perhitungan di atas dapat dihitung perbandingan keuntungan antara data yang diberikan oleh hasil wawancara dan data hasil optimasi menggunakan algoritma PSO adalah 11.100.500.000 - 4.131.250.000 = Rp.6.969.250.000,-

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Proses PSO dapat diterapkan pada masalah perhitungan optimasi pembangunan perumahan. Dengan mendefinisikan sejumlah partikel sebagai solusi dalam setiap ruang pencarian secara random. Kemudian pada proses pencarian solusi terbaik, dihitung kecepatan perpindahan partikel dalam ruang pencarian dan posisi partikel setelah perpindahan. Posisi partikel inilah yang merepresentasikan jumlah rumah yang akan dibangun untuk setiap tipe. Setiap perpindahan posisi, partikel akan mengevaluasi dan membandingkan posisi yang pernah dilalui dan diambil menjadi posisi terbaik individu. Selanjutnya solusi terbaik dipilih dari posisi terbaik *global* yang diambil dengan cara membandingkan seluruh posisi terbaik individu.
2. Penentuan nilai parameter yang tepat sangat penting untuk mendapatkan hasil optimasi keuntungan. Didapatkan pada pengujian-pengujian diatas bahwa parameter terbaik yang dapat digunakan pada kasus ini adalah jumlah partikel sebanyak 13, sedangkan untuk iterasi maksimal sebanyak 65.
3. Didapatkan pula perbedaan jumlah rumah setiap tipe antara pakar dan sistem adalah sebanyak 11.

6.2 Saran

1. Penelitian ini dilakukan pada cluster Permata Garden Regency, diharapkan penelitian dapat diterapkan dalam optimasi keuntungan untuk kasus lain.
2. Dalam parameter PSO tidak terdapat perhitungan dalam menentukan parameter tersebut. Diharapkan dengan lebih banyak percobaan mengenai penentuan parameter, akan menghasilkan keuntungan yang lebih optimal.

7. DAFTAR PUSTAKA

- ASHRI F., PUTRI Y. E., & INDRYANI R. 2011. Optimasi Jumlah Unit Rumah Tiap Tipe Pada Perumahan Green Hill Gresik. Surabaya.
- BISILISIN F. Y., HERDIYENI Y., & SILALAH B. P. 2014. Optimasi K-Means Clustering Menggunakan *Particle Swarm Optimization* pada Sistem Identifikasi Tumbuhan Obat Berbasis Citra. Bogor.
- BUMN. Tentang Perusahaan. Tersedia di <<http://bumn.go.id/perumnas/halaman/41/tentang-perusahaan.html>> [Diakses 7 Februari 2016]
- ERNY. 2013. Optimasi Pola Penyusunan Barang dalam Peti Kemas Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization. Makassar.
- KENNEDY J. & EBERHART R. 1995. Particle Swarm Optimization. International Conference on Neural Networks, vol. 4, Nov 1995, 1942-1948. New Jersey.
- MAHMUDY, W. F. (2014). Optimasi penjadwalan two-stage assembly flowshop menggunakan algoritma genetika yang dimodifikasi. Konferensi Nasional Sistem Informasi (KNSI), pp. 478-483.
- MAHMUDY, W. F. (2014). Optimasi Part Type Selection And Machine Loading Problems Pada FMS Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization. Konferensi Nasional Sistem Informasi 2014. Makassar.
- MANSUR, PRAHASTO T., & FARIKHIN. 2014. Particle Swarm Optimization Untuk Sistem Informasi Penjadwalan Resource Di Perguruan Tinggi. Semarang.
- NADIASA M. 2012. Optimalisasi Pembangunan Perumahan Grand Renon Prime Residence. Denpasar.
- NIDIA Z. 2013. REI: Swasta Lebih Berperan Dalam Sektor Perumahan. Jakarta. Tersedia di <<http://www.republika.co.id/berita/ekonomi/bisnis/13/11/20/mwjupo-rei-swasta-lebih-berperan-dalam-sektor-perumahan>> [Diakses 7 Februari 2016]
- RATNA P. P. S., DEWI C., INDRATI. 2013. IMPLEMENTASI ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION UNTUK OPTIMASI FUNGSI KEANGGOTAAN PADA KONDISI PENDERITA PENYAKIT HEPATITIS. Malang.
- REAL ESTATE INDONESIA. 2015. Bangun Satu Juta Rumah, REI Beri 14 Syarat ke Pemerintah. Jakarta. Tersedia di <<http://www.rei.or.id/berita.php>> [Diakses 7 Februari 2016]
- TUEGEH M., SOEPRIJANTO A., & HERY M. P. 2009. *Optimal Generator Scheduling Based On Particle Swarm Optimization*. Seminar Nasional Informatika 2009 (*semnasIF 2009*). Yogyakarta.
- TUEGEH M., SOEPRIJANTO A., & HERY M. P. (2009). *Modified Improved Particle Swarm Optimization For Optimal Generator Scheduling*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2009 (SNATI 2009). ISSN: 1907-5022. Yogyakarta.
- UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 4 TAHUN 1992. 1992. Tersedia

di

<<http://www.sjih.depkeu.go.id/fulltext/1992/4TAHUN~1992UUPenj.htm>>[Diakses 7 Februari 2016]

- WATI D. A. R. & ROCHMAN Y. A. (2013). Model Penjadwalan Matakuliah Secara Otomatis Berbasis Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*. Yogyakarta.
- ZERDA E. R. 2009. Analisis dan Penerapan Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* pada Optimasi Penjadwalan Sumber Daya Proyek. Bandung.

KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM MODEL PADA FORUM DISKUSI PETANI BUAH NAGA MENGGUNAKAN CMS phpBB

Anderias Eko Wijaya¹

¹STMIK Subang
Email: ¹ekowjy09@yahoo.com

(Naskah masuk: 8 Juni 2016, diterima untuk diterbitkan: 23 Maret 2017)

Abstrak

Buah naga adalah buah yang baru – baru ini dibudidayakan di Indonesia. Banyak yang gemar akan buah naga ini karena banyak sekali khasiatnya. Jenis buah naga juga bermacam – macam dan harga setiap jenis dan kualitasnya pun berbeda. Namun kualitas buah naga di Indonesia belum ada Standar Nasionalnya, untuk itu pendapat antar petani mengenai kualitas buah naga sangat bervariasi sehingga diperlukan adanya *Knowledge Management System* (KMS) dimana KMS merupakan sebuah *System* yang dibuat untuk mengelola pengetahuan. Dengan menggunakan *Content Management System* (CMS) *php Bulletin Board* (*phpBB*) yang dasarnya adalah sebuah CMS yang mendukung untuk sebuah forum diskusi, maka diskusi antar petanipun dapat dilakukan dengan harapan para petani dapat saling bertukar pengetahuan – pengetahuan mereka mengenai kualitas buah naga. Dengan menggunakan proses dari model *Knowledge Management* yaitu SECI (*Sosialization, Eksternalization, Combination, Internalization*) maka hasil diskusi tersebut nantinya akan disimpulkan dan disimpan sebagai pengetahuan baru.

Kata kunci: buah naga, *content management system, knowledge management system, PHP bulletin board, SECI.*

Abstract

Dragon fruit is a fruit that is new - this new cultivated in Indonesia. Many are fond of dragon fruit is because a lot of usefulness. Types of dragon fruit also wide - range and price of each type and quality vary. But the dragon fruit quality in Indonesia yet their National Standards, for that opinion among farmers about dragon fruit quality varies greatly so it is necessary to Knowledge Management System (KMS) where KMS is a system created to manage knowledge. By using Content Management System (CMS) PHP Bulletin Board (phpBB), which essentially is a CMS that supports a forum for discussion, the discussion among petanipun to do with the expectations of the farmers can exchange knowledge - knowledge about the quality dragon fruit. By using the process of Knowledge Management models are SECI (Sosialization, Eksternalization, Combination, Internalization) then the results of these discussions will be summarized and stored as a new knowledge.

Keywords: dragon fruit, *content management system, knowledge management system, PHP bulletin board, SECI.*

1. PENDAHULUAN

Buah naga atau *dragon fruit* masuk atau mulai dikenal di Indonesia sekitar tahun 2000, dan bukan dari budidaya sendiri melainkan di *impor* dari Thailand. Buah naga sangat bermanfaat serta memiliki nilai gizi cukup tinggi. Buah naga mulai dikembangkan sekitar tahun 2001, di beberapa daerah di Jawa Timur di antaranya Mojokerto, Pasuruan, Jember dan sekitarnya. Di Indonesia terdapat tiga jenis buah naga yaitu *Hylocereus undatus* (buah naga daging putih), *Hylocereus polyrhizus* (buah naga daging merah) dan *Hylocereus costaricensis* (buah naga daging sangat merah atau hitam) [1]. Buah naga atau *dragon fruit* mempunyai kandungan zat bioaktif yang bermanfaat bagi tubuh diantaranya antioksidan (dalam asam askorbat, betakaroten, dan anthosianin), serta mengandung serat pangan dalam bentuk pektin.

Selain itu, dalam buah naga terkandung beberapa mineral seperti kalsium, fosfor, besi, dan lain-lain. Vitamin yang terdapat di dalam buah naga antara lain vitamin B1, vitamin B2, vitamin B3, dan vitamin C [2].

Pada saat ini penentuan kualitas buah naga yang baik itu ditentukan oleh para petani sehingga masih sangat beragam kualitas yang baik itu seperti apa dengan berdasarkan pada versi masing-masing petani dan belum adanya *System* yang dapat menyimpan pengetahuan kualitas tersebut agar dimasa mendatang para generasi muda dapat mengetahui standar kualitas buah naga terbaik itu seperti apa. maka dari itu untuk memudahkan para petani dalam mengukur kualitas standar terbaik dan menyimpan pengetahuan tersebut untuk generasi selanjutnya.

Knowledge Management (KM) adalah suatu proses yang dapat membantu organisasi untuk

mengidentifikasi, memilih, mengelola, menyebarkan dan mentransfer informasi dan keahlian penting yang merupakan bagian dari memori organisasi dan secara khusus menjadi bagian dari organisasi dalam cara yang tidak terstruktur [3].

phpBB merupakan sebuah aplikasi cms yang dapat digunakan untuk membuat sebuah forum. Dimana forum tersebut nantinya dapat digunakan untuk melakukan sebuah diskusi mengenai topik yang di angkat. Dalam penelitian ini penulis memanfaatkan phpBB sebagai sarana untuk mengimplementasikan knowledge management, dimana nantinya aplikasi phpBB akan digunakan untuk mencari pengetahuan baru berdasarkan konsep dan teori *knowledge management*.

A. Identifikasi Masalah

Berdasarkan penelitian awal yang dilakukan oleh penulis, ada beberapa masalah yang teridentifikasi. Masalah – masalah tersebut adalah sebagai berikut :

- Belum adanya SNI mengenai kualitas buah naga
- Penilaian kualitas buah naga masih berdasarkan penilaian petani buah naga, sehingga tidak ada keseragaman dalam penentuan kualitas BUAH NAGA
- Belum dimanfaatkannya teknologi dalam pengembangan budidaya buah naga.
- Tidak adanya forum untuk para petani untuk berdiskusi mengenai pengembangan budidaya buah naga.

B. Tujuan

Tujuan yang diperoleh dari aplikasi ini:

- Membuat *Knowledge Management System* untuk kualitas buah naga untuk menyeragamkan persepsi kualitas buah naga antar petani karena belum adanya standar nasional dan sebagai *System* yang akan menyimpan pengetahuan tersebut untuk generasi selanjutnya.
- Mengetahui kualitas buah naga berdasarkan komentar-komentar para petani buah naga.

C. Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dari pembuatan aplikasi ini:

- Sebagai alat bantu untuk menyimpan pengetahuan tentang kualitas buah naga
- Mendapatkan pengetahuan tentang kualitas buah naga
- Menyimpan pengetahuan tersebut untuk generasi selanjutnya.

D. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Studi Pustaka, Studi pustaka akan dilakukan pada seluruh proses pengerjaan yang terdiri dari studi pustaka tentang kualitas buah naga.
- b. Analisis Masalah, Analisis terhadap kendala/ masalah yang sering terjadi pada kualitas buah

naga, beserta teknik pemecahannya/ solusinya, yang nantinya akan diimplementasikan ke dalam perangkat lunak.

- c. Analisis Perangkat Lunak, Kegiatan analisis perangkat lunak meliputi analisis spesifikasi perangkat lunak yang akan digunakan sebagai alat bantu penelitian.
- d. Perancangan Perangkat Lunak, Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan kelas dan perancangan antarmuka dari hasil analisis.
- e. Implementasi Perangkat Lunak, Implementasi dari hasil analisis dan perancangan perangkat lunak.
- f. Pengujian Perangkat Lunak, Pengujian terhadap perangkat lunak yang telah diimplementasikan.

2. PUSTAKA

A. Definisi *Knowledge*

Knowledge dalam hal ini tidak diterjemahkan, karena pengertian *knowledge* itu sendiri masih diperdebatkan. *Knowledge* bukan hanya pengetahuan. “*Knowledge is neither data nor information, though it related to both, and the differences between these terms are often a matter of degree*”. [4].

B. *Knowledge Management*

Definisi *Knowledge Management* secara luas dalam arti mengelola pengetahuan sebagai “...*management of organizational knowledge for creating business value and generating a competitive advantage*.” KM mengkomunikasikan dan menerapkan pengetahuan yang diperlukan dan berguna bagi pencapaian semua jenis tujuan bisnis [5]. Menurut Amrit Tiwana “*Knowledge Management is the ability to create and retain greater value from core business competencies*.” KM memberikan kemampuan untuk mencipta, menyelesaikan masalah bisnis partikular mencakup penciptaan dan penyebaran barang atau jasa inovatif, mengelola dan memperbaiki hubungan dengan para pelanggan, mitra dan pemasok; juga mengadministrasi serta meningkatkan praktek dan proses kerja. Maimunah berpandangan bahwa *Knowledge Management* merupakan aktivitas merencanakan, mengumpulkan dan mengorganisir, memimpin dan mengendalikan data dan informasi yang telah dimiliki oleh sebuah perusahaan yang kemudian digabungkan dengan berbagai pemikiran dan analisis dari berbagai macam sumber yang kompeten. *Knowledge Management* (KM) adalah suatu proses yang dapat membantu organisasi untuk mengidentifikasi, memilih, mengelola, menyebarkan dan mentransfer informasi dan keahlian penting yang merupakan bagian dari memori organisasi dan secara khusus menjadi bagian dari organisasi dalam cara yang tidak terstruktur

C. *Knowledge Management System* (KMS)

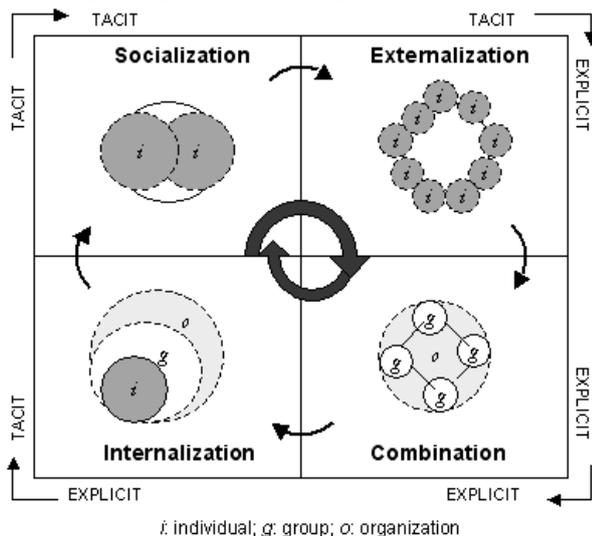
Knowledge Management System (KMS) merupakan *System* yang dibangun untuk mengelola manajemen pengetahuan (*Knowledge Management*) karena manajemen pengetahuan merupakan suatu hal yang sangat luas dan sangat kompleks.

KMS adalah *System* dari KM (*Knowledge Management*). Menurut KMS merupakan teknologi yang memungkinkan KM untuk berjalan dengan efektif dan efisien [6]. Definisi KMS yaitu sekelompok *System* informasi yang diaplikasikan untuk mengelola *knowledge* yang terdapat di dalam organisasi [7]. KMS merupakan *System* yang berbasis teknologi informasi yang dikembangkan untuk mendukung proses-proses inti dari KM yaitu, penciptaan *knowledge (knowledge creation)*, penyimpanan *knowledge (knowledge storage)*, pemindahan *knowledge (knowledge transfer)*, dan pengaplikasian *knowledge* tersebut (*knowledge application*) dalam organisasi. Adanya penekanan terhadap tujuan utama dari KMS untuk meningkatkan keefektifan organisasional dengan adanya manajemen *Systematis* terhadap sebuah pengetahuan [8].

D. *SECI Model*

Nonaka dan Takeuchi, mengatakan bahwa “perusahaan yang sukses adalah yang konsisten menciptakan pengetahuan baru, membaginya keseluruh organisasi, dan semua orang tahu akan teknologi baru dan hasilnya”[9].

Ikujiro Nonaka dan Hirotaka Takeuchi pada tahun 1991 dan 1995, membedakan antara *tacit knowledge* dan *explicit knowledge*, dan membagi model *konversi knowledge* menjadi 4 cara sebagai berikut:



Gambar 1. SECI Model[9]

1) *Tacit knowledge* ke *Tacit knowledge*; disebut proses *Socialization*. Sosialisasi meliputi kegiatan berbagi *tacit knowledge* antar individu. Istilah sosialisasi digunakan karena *tacit knowledge* disebarakan melalui kegiatan bersama seperti

tinggal bersama, meluangkan waktu bersama dan bukan melalui tulisan atau instuksi verbal.

- 2) *Tacit knowledge* ke *Explicit knowledge*; disebut proses *Externalization*. Eksternalisasi dipicu berturut – turut oleh rangkaian pemaknaan melalui dialog. Didalam dialog ini, penggunaan metafora digunakan sehingga memungkinkan anggota tim dapat mengartikulasikan perpektif dan *tacit knowledge*-nya yang sebelumnya sulit dikomunikasikan. Konsep – konsep yang diciptakan oleh tim dapat dikombinasikan dengan data yang ada serta pengetahuan dari luar untuk mencari spesifikasi yang lebih konkret dan dapat dibagi.
- 3) *Explicit knowledge* ke *Explicit knowledge*; disebut proses *Combination*. Dengan mengkombinasikan antar *explicit knowledge* yang dipunyai oleh individu lain dengan *explicit knowledge* yang dipunyai oleh diri sendiri.
- 4) *Explicit knowledge* ke *Tacit knowledge*; disebut proses *Internalization*. Individu harus mengidentifikasi pengetahuan yang relevan dengan kebutuhannya di dalam *organizational knowledge* tersebut. Dalam prakteknya, internalisasi dapat dilakukan dalam dua dimensi. Pertama, penerapan pengetahuan eksplisit dalam tindakan dan praktek langsung. Kedua, penguasaan pengetahuan eksplisit melalui simulasi, eksperimen, atau belajar sambil bekerja.

E. *Knowledge Sharing*

Knowledge Sharing dapat tumbuh dan berkembang apabila menemukan kondisi yang sesuai. Sedangkan kondisi tersebut ditentukan oleh 3 faktor kunci yaitu orang, organisasi dan tehnologi [10]. Sebab *Knowledge Sharing* dianggap sebagai hubungan atau interaksi sosial antar orang per-orang, sedangkan permasalahan organisasi memiliki dampak yang besar pada Berbagi Pengetahuan, dan tehnologi (informasi dan komunikasi) merupakan fasilitatornya [10].

Setelah pengetahuan telah dikumpulkan, lalu harus disimpan (*stored*) dan dibagikan (*shared*). Berbagi (*sharing*) pengetahuan melibatkan pemindahan pengetahuan dari satu (atau lebih) orang ke seseorang (atau lebih) lain. Berbagi pengetahuan sering kali menjadi perhatian utama dalam manajemen pengetahuan dan jarang dibicarakan dalam literatur. Tidak hanya sebagian besar organisasi mengabaikan pemikiran bahwa semua pengetahuan harus didokumentasikan, melainkan mereka juga harus siap untuk mengimplementasikan metode-metode yang berbeda untuk membagikan jenis-jenis pengetahuan yang berbeda.

Hal tersebut adalah perdebatan bahwa fokus dari *Knowledge Management* tidak hanya pada pendistribusian (*distribution*) tidak juga pada penyebaran (*dissemination*) pengetahuan, tetapi pada pembagiannya (*share*). Meskipun pengetahuan dapat di peroleh pada tahapan individu, agar dapat berguna harus dibagikan dalam suatu komunitas, yang

seringkali digambarkan sebagai komunitas praktek. Contohnya, jika terdapat hanya satu orang yang mengetahui aturan dan prosedur organisasi, aturan dan prosedur seperti itu akan menjadi tidak berguna dan tak berarti. Disisi lain, aturan dan prosedur berasal dari komunitas dan ada dengan tepat untuk mengatur aktifitas kelompok. Berbagi pengetahuan (*knowledge sharing*) kemudian menjadi krusial ketika anggota baru datang dan yang lain keluar. Manajemen informasi tidak benar-benar memfokuskan pada pembagian informasi dan lebih diorientasikan kepada pengawasan, pemeliharaan, dan penyimpanan informasi. Seseorang juga dapat berpendapat bahwa kegunaan dan nilai dari informasi tidak bergantung sebanyak pada konsumsi dan pembagian kolektifnya: konsumsi dan penggunaan individunya dapat menjadi sangat efektif dari suatu sudut pandang organisasi. Sebenarnya, terlalu banyak pendistribusian informasi dapat mengarah pada kelebihan informasi yang dapat melumpuhkan tindakan. Berbagi pengetahuan dipahami, contohnya, oleh Bank Dunia sebagai kritikan untuk pembangunan ekonomi dan sebagai langkah penting berikutnya melampaui penyebaran informasi [11]. Pada akhirnya, siklus manajemen pengetahuan tidak lengkap juga tidak berhasil jika tidak ada usaha yang dibuat untuk memastikan penggunaan pengetahuan yang telah disimpan dan dibagikan. Di sisi lain, kesuksesan proyek *Information Management* dicapai ketika pemeliharaan dan pencarian informasi dijamin sementara kesuksesan program *Knowledge Management* pada akhirnya bergantung pada *sharing* (berbagi) pengetahuan [12].

F. Buah Naga

Buah naga (*Hylocereus Undatus*) adalah buah dari beberapa jenis kaktus dari marga *Hylocereus* dan *Selenicereus*. Buah ini berasal dari Meksiko, Amerika Tengah dan Amerika Selatan namun sekarang juga dibudidayakan di negara-negara Asia seperti Taiwan, Vietnam, Filipina, dan Malaysia. Buah tropis yang mempunyai banyak keunggulan di banding buah lainnya. Buah naga (*dragon fruit*) merupakan tanaman buah yang baru dibudidayakan di Indonesia mulai tahun 2000 dan banyak digemari oleh masyarakat karena memiliki khasiat dan manfaat serta nilai gizi cukup tinggi. Tanaman ini memiliki potensi yang baik dilihat dari permintaan yang terus meningkat diikuti teknik budidaya yang mudah dilakukan.

G. Khasiat dan Kandungan Buah Naga

Khasiat buah naga yang mengandung vit C, beta karoten, kalsium dalam jumlah yang cukup banyak dan mengandung karbohidrat untuk menjaga dan menambah daya tahan tubuh agar tetap fit dan menjalani hari hari anda dengan lancar. Selain itu manfaat buah naga mempunyai serat yang sangat tinggi yang berguna untuk mengikat zat karsinogen penyebab terjadinya kanker dan melancarkan proses pencernaan, zat-zat ini mentralkan racun dalam tubuh yang bisa berbahaya bagi tubuh bila terlalu banyak

racun. Meningkatkan daya penglihatan dan mencegah hipertensi.

3. PEMBAHASAN

A. Knowledge Management Processes

Proses indentifikasi kebutuhan *knowledge* yang ada pada petani buah naga. Selanjutnya proses penemuan (*discovery*) *knowledge* yang melibatkan para petani maupun pakar dengan cara mewawancarai mereka mengenai buah naga. Proses ini membicarakan ungkapan yang sering dikutip, “seandainya kita mengetahui apa yang kita tahu”. Para petani diajak untuk mendiskusikan tentang apa yang mereka tahu.

Hasil atau penambahan (*acquisition*) *knowledge* ke para petani dari sumber eksternal. Penciptaan (*creation*) *knowledge* baru dapat dikerjakan dalam berbagai cara. Pertama, *knowledge* petani dapat digabungkan dengan *knowledge* petani lainnya untuk menciptakan *knowledge* yang baru. Dan yang kedua, informasi dapat dianalisis untuk menciptakan pengetahuan yang baru.

Knowledge yang terkumpul, harus disimpan (*stored*) dan didokumentasikan lalu dibagikan (*shared*). Berbagi (*sharing*) *knowledge* melibatkan pemindahan *knowledge* dari petani satu ke petani yang lainnya agar mereka bisa langsung menggunakan informasi yang di dapat.

Selanjutnya *knowledge* dapat digunakan disimpan kembali lalu dibagikan dan digunakan kembali, menjadi *knowledge* baru dan baru lagi.

B. Analisa Kebutuhan Data

Data masukan yang digunakan yaitu komentar yang diinputkan langsung oleh *user* pada forum diskusi yang telah dibuat dengan memberikan komentar terhadap topik yang sedang dibahas (kualitas buah naga) dan data disimpan dalam *database*.

Pendekatan *SECI Model* Dalam *System* ini penulis menggunakan *SECI* model yang dikemukakan oleh Ikujiro Nonaka dan Hirotaka Takeuchi pada tahun 1991 dan 1995 dimana ada 4 tahapan yang dilakukan yaitu:

- 1) **Tahap pertama** adalah proses *socialization* yaitu *Tacit knowledge* ke *Tacit knowledge*, pada tahap sosialisasi penulis melakukan tahap wawancara dengan para petani untuk mengumpulkan komentar – komentar tentang kualitas buah naga sehingga akan menghasilkan topik yang akan dibahas dalam forum diskusi.
- 2) **Tahap kedua** adalah proses *eksternalisazion* yaitu *Tacit knowledge* ke *Explicit knowledge*, pada tahap ini penulis akan mengangkat topik dalam forum diskusi dari hasil wawancara bersama para petani buah naga.
- 3) **Tahap ketiga** adalah *Combination* yaitu *Explicit knowledge* ke *Explicit knowledge*, setelah penulis mengangkat topik dari hasil wawancara maka pada tahap ini komentar - komentar yang

diperoleh akan dimasukkan kedalam System dan disimpan dalam database.

4) **Tahap keempat** adalah Internalization yaitu *Explicit knowledge* ke *Tacit knowledge*, setelah komentar-komentar dimasukkan kedalam forum diskusi selanjutnya System akan menyatukan semua komentar – komentar tersebut dan menghasilkan ringkasan, dan ringkasan tersebut akan diterapkan oleh petani atau dijadikan bahan penelitian pakar. Selanjutnya didiskusikan lagi untuk memutuskan apakah akan menjadi pengetahuan baru atau masih perlu penyempurnaan lagi..

C. Spesifikasi Pengguna

System ini ditujukan untuk digunakan semua pihak khususnya petani buah naga yang ingin memberi kontribusi bisa berupa pertanyaan, pengalaman, permasalahan, teknik menanam, teknik memilih dan lain-lain yang akan didiskusikan di dalam forum diskusi. Sehingga hasil dari diskusi tersebut nantinya bisa digunakan oleh petani sebagai pengetahuan baru.

D. Arsitektur System

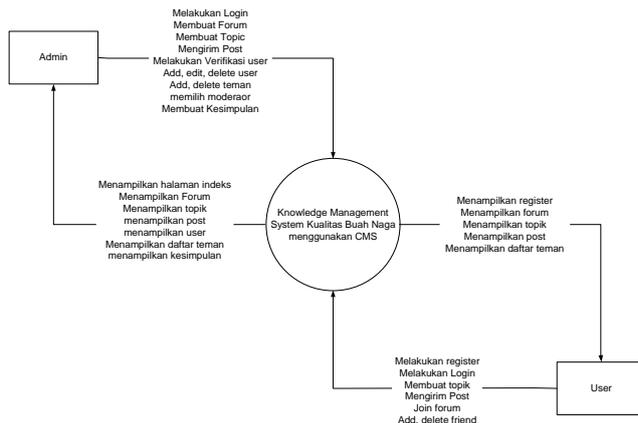
System membutuhkan perangkat lunak lain sebagai penunjang agar system ini berjalan sesuai dengan fungsinya. Kebutuhan tersebut diantaranya:

- a. Antarmuka pemakai
Sebagai penunjang antarmuka pemakai dari perangkat lunak, diperlukan *web browser*, seperti: *Internet Explorer*, *Mozilla Firefox* dan sebagainya.
- b. Antarmuka komunikasi
Untuk komunikasi antara *server* dan *client*, maka diperlukan jaringan *internet* karena system yang dibangun berbasis *web*.
- c. Aplikasi server
Dibutuhkan dua jenis *server* untuk memusatkan proses dari perangkat lunak, yaitu *web server* dan *database server*. Untuk *web server*-nya dapat menggunakan aplikasi *Apache* dan untuk *database server*-nya menggunakan *MySQL*. Aplikasi *server* ini akan mengatur *request* ke *server* dan juga respon terhadap dari *server client*. *Analisa Fungsional System*

Analisa yang akan diuraikan pada subbab ini terdiri dari beberapa tahapan antara lain adalah sebagai berikut:

a. Context Diagram

Context Diagram digunakan untuk menggambarkan proses kerja System secara umum. *Context Diagram* merupakan DFD (*Data Flow Diagram*) yang menggambarkan garis besar operasional System.



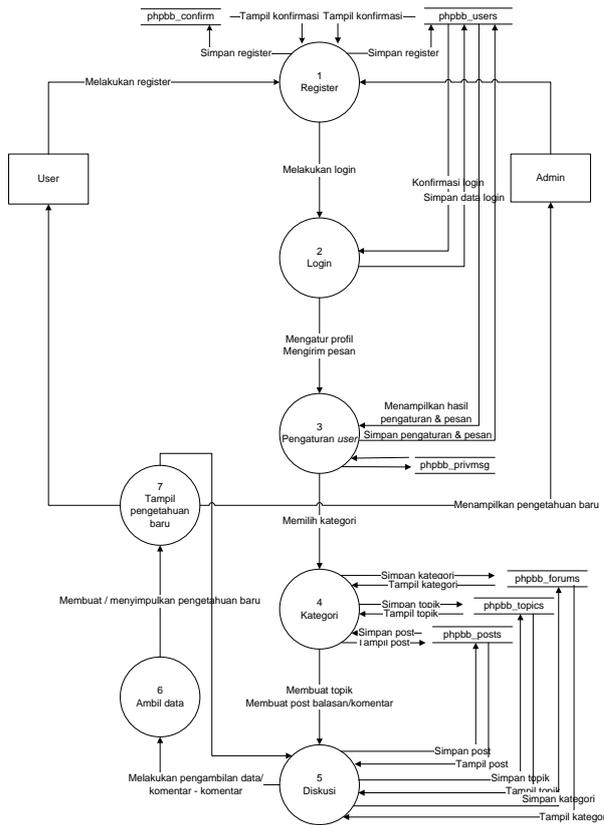
Gambar 4. Diagram Konteks

Tabel I. Deskripsi Diagram Konteks

No.	Entitas	Masukan	Keluaran	Keterangan
1.	User	Melakukan daftar, login, lalu memberikan komentar mengenai kualitas buah naga yang diinputkan langsung oleh user dalam forum diskusi dan disimpan di dalam database.	Ringkasan dari komentar – komentar yang telah diinputkan	user adalah orang yang melakukan input data pada System.
2.	Admin	Mengambil komentar – komentar yang telah diinputkan untuk dijadikan pengetahuan baru	Pengetahuan baru dari komentar yang telah diproses	Admin adalah orang yang melakukan peringkasan pada System

b. Diagram Aliran Data (Data Flow Diagram)

Data Flow Diagram merupakan penjabaran dari *Context Diagram* secara lebih terperinci. Semua proses yang terjadi dapat dilihat pada gambar 5. Analisa *Data Flow Diagram* sebagai berikut:



Gambar 5. Analisa Data Flow Diagram

Tabel II.
Deskripsi DFD Proses Register

No. Proses	: 1
Nama proses	: Register
Deskripsi	: registrasi user
Masukan	: data user
Keluaran	: Halaman login

Tabel III.
Deskripsi DFD Proses Login

No. Proses	: 2
Nama proses	: Login
Deskripsi	: login untuk memasuki forum diskusi
Masukan	: username, dan password user
Keluaran	: halaman indeks

Tabel IV.
Deskripsi DFD Pengaturan User

No. Proses	: 3
Nama proses	: Pengaturan User
Deskripsi	: Mengatur halaman, mengirim pesan
Masukan	: Statement dalam database
Keluaran	: Statement dalam bentuk text file

Tabel 3.5.
Deskripsi Kategori

No. Proses	: 4
Nama proses	: Kategori
Deskripsi	: Memilih kategori untuk memasuki forum
Masukan	: pilih kategori forum
Keluaran	: kategori forum yang dipilih

Tabel V.
Deskripsi Diskusi

No. Proses	: 5
Nama proses	: Diskusi
Deskripsi	: Input komentar
Masukan	: Komentar
Keluaran	: Komentar yang telah diinputkan

Tabel VI.
Deskripsi Ambil Data

No. Proses	: 6
Nama proses	: Ambil Data
Deskripsi	: Login admin dan pengambilan komentar untuk digabungkan untuk membuat pengetahuan baru
Masukan	: sername, dan password admin
Keluaran	: Halaman Admin

Tabel VII.
Deskripsi Tampil Pengetahuan Baru

No. Proses	: 7
Nama proses	: Pengetahuan Baru
Deskripsi	: Menampilkan pengetahuan baru yang sekaligus dijadikan topik baru
Masukan	: Pengetahuan baru
Keluaran	: Pengetahuan baru dan topik baru

4. HASIL

A. Perangkat Lunak

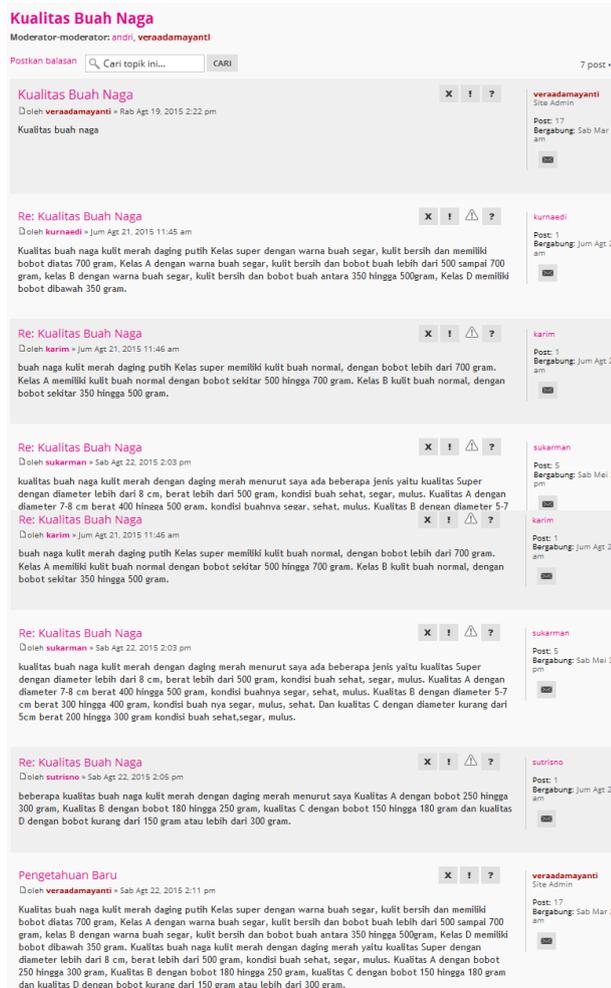
Perangkat lunak yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- a. XAMPP
- b. phpBB sebagai Content Management System (CMS) sebagai media diskusi.

Langkah-langkah dalam implementasinya system, pertama Install Xampp, lalu buat database untuk phpBB. Setelah database dibuat instalasi phpBB.

B. Forum diskusi

Pada forum diskusi topik Kualitas Buah Naga pertama kali ditentukan oleh moderator sebagai pembuka diskusi. Topik atau bahasan dapat diTopik tersebut sebagai proses tacit knowledge ke *Explicit knowledge* dan *Explicit knowledge* ke *Explicit knowledge*, dimana member yang telah terdaftar bisa memberikan komentar-komentarnya.



Gambar 8. Forum Diskusi

Setelah banyak komentar yang masuk, maka administrator akan menggabungkan semua komentar, lalu membuat suatu kesimpulan yang berguna untuk menjadi pokok bahasan baru atau menjadi pengetahuan baru.



Gambar 9. Hasil dari komentar-komentar

5. KESIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini menghasilkan sebuah model dalam penerapan knowledge management system dalam bentuk forum diskusi berbasis web untuk para petani buah naga.
2. Proses create knowledge dan sharing knowledge didapat dari komentar – komentar yang telah didiskusikan di forum.
3. Model yang digunakan pada proses pengumpulan pengetahuan baru yaitu model SECI, dimana langkah awal yang dilakukan adalah wawancara (socialization), lalu hasil wawancara tersebut dirangkum dan dijadikan topik dan pembahasan. Petani akan memberikan kontribusi berupa komentar (eksternalization). Selanjutnya komentar – komentar dari para petani tersebut digabungkan lalu diringkas kembali (combination), kemudian dari hasil ringkasan tersebut ditampilkan lagi sehingga hasilnya dapat dibaca kembali oleh para petani (internalization). Hasil ringkasan tersebut dapat diangkat kembali menjadi sebuah topik sehingga dari proses internalization dapat kembali lagi menjadi socialization (didiskusikan kembali). Begitu seterusnya sesuai dengan siklus knowledge management.

6. DAFTAR PUSTAKA

ALAVI, MARYAM, & DOROTHY E. LEIDNER., 2001. Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues.” *MIS Quarterly* 25, no. 1.

BOUTHILLIER, F., SHEARER, K., 2002. *Understanding Knowledge Management and Information Management: The Need for an Empirical Perspective*, Information Research, Vol. 8 No. 1, October.

BRINK, VAN DE. P., 2001. *Measurement of Conditions for Knowledge Sharing*, Proceedings 2nd European Conference on Knowledge Management, Bled.

DAVENPORT, THOMAS H & PRUSAK, L., 2000. *Working Knowledge : How Organizations Manage What They Know*. Boston: Harvard Business School Press.

FRANCE BOUTHILLIER & KATHLEEN SHEARER, 2002. *Information Research*, Vol. 8 No. 1.

MACMORROW, N., 2001. *Knowledge Management: an Introduction*, in: Annual Review of Information Science and Technology, edited by M.E. Williams. pp. 381-422. Medford, NJ: Information Today.

MAIER, R., DAN HÄDRICH, T., 2006. Knowledge Management Systems. *Knowledge*

- Management: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications.*
- MARTENSSON, M., 2002. A Critical Review of Knowledge Management as a Management Tool. *Journal of Knowledge Management*, 4, 204-216.
- NONAKA, IKUJIRO AND TAKEUCHI, HIROTAKA, 1995, *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation.* Oxford: Oxford University Press.
- PRATOMO., 2008. Superioritas Jambu Biji dan Buah Naga.
- STEIN, E. W., & ZWASS, V., 1995. Actualizing Organizational Memory with Information Systems,. *Information Systems Research* (6:2).
- SWASTIKA, S., Y. NURMILI DAN S. SUHENDRI., 2012. Hama dan Penyakit Buah Naga. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau - Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. Pekanbaru.
- TIWANA, A., 2000. *The Knowledge Management Toolkit: Orchestrating IT, Strategy and Knowledge Management Platforms.* Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- TURBAN, E., 2008. *Information Technology for Management - Transforming Organizations in the Digital Economy*, 6th Edition ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.

PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR KOMUNIKASI MULTIGROUP PADA WI-FI DIRECT

Bagus Aji Pamungkas Setiyono¹, Eko Sakti Pramukantoro², Kasyful Amron³

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹baguspamungkas094@gmail.com, ²ekosakti@ub.ac.id, ³kasyful@ub.ac.id

(Naskah masuk: 2 Februari 2017, diterima untuk diterbitkan: 3 Maret 2017)

Abstrak

Wi-Fi Direct merupakan alternatif lain dari penerapan opportunistic network selain ad-hoc. Wi-Fi Direct dapat mudah ditemukan pada perangkat android keluaran terbaru. Hal ini dapat mengatasi permasalahan *ad-hoc* yang tidak bisa digunakan oleh perangkat android keluaran terbaru. Namun Wi-Fi Direct memiliki keterbatasan dikarenakan arsitektur dari Wi-Fi Direct yang terpusat sehingga jangkauan jaringannya tidak sama dengan *ad-hoc*. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengembangan arsitektur komunikasi *multigroup* pada Wi-Fi Direct khususnya perangkat bergerak android dengan melibatkan jembatan antar *group* menggunakan *Legacy Client* serta menguji kinerja dari infrastruktur yang dibangun. Hasil dari pengujian kinerja arsitektur *multigroup* Wi-Fi Direct adalah berupa waktu *delay* penemuan perangkat, pembentukan *group*, pengiriman pesan *group* dan pengiriman pesan *multigroup*. Berdasarkan hasil penelitian berdasarkan skenario yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemindaian perangkat mencatat waktu tercepat yaitu 4.041 detik dan waktu terlama 17.184 detik, pembentukan *group* mencatat waktu tercepat 1.524 detik dan waktu terlama 2.511 detik, pengiriman pesan *group* mencatat waktu tercepat 2.637 detik dan waktu terlama 6.126, dan untuk pengiriman pesan *multigroup* tidak dapat dilakukan. Komunikasi antar *Group Owner* tidak dapat dilakukan secara langsung karena terjadi konflik alamat IP.

Kata kunci: Wi-Fi Direct, *Group* Wi-Fi Direct, *Multigroup* Wi-Fi Direct, Opportunistic Network, Android.

Abstract

Wi-Fi Direct is an alternative for the application of opportunistic network in addition to ad-hoc. Wi-Fi Direct can be easily found on the latest android device. It can overcome the problems of ad-hoc that can not be used by the latest android device. However Wi-Fi Direct have the limitations due to the architecture of Wi-Fi Direct centralized so that network coverage is not the same as the ad-hoc. Therefore, in this research, the development of communications architecture *Multigroup* on Wi-Fi Direct, especially mobile android involving bridges between groups using the *Legacy Client* and test the performance of the infrastructure. The results of the performance testing architecture *Multigroup* Wi-Fi Direct is a form of time delay device discovery, group formation, group messaging and message delivery *Multigroup*. Based on the results of research based on scenarios that can be concluded that the scanning device is recording the fastest time is 4.041 seconds and the longest time 17.184 seconds, the formation of the group recorded the fastest time of 1.524 seconds and the longest time 2.511 seconds, sending the message group recorded the fastest time of 2.637 seconds and the longest time 6.126, and for message delivery *Multigroup* can not be done. Communication between *Group Owner* can not be done directly because of an IP address conflict.

Keywords: Wi-Fi Direct, *Group* Wi-Fi Direct, *Multigroup* Wi-Fi Direct, Opportunistic Network, Android.

1. PENDAHULUAN

Interaksi antar perangkat bergerak sangat dibutuhkan untuk berkomunikasi jarak dekat ataupun jarak jauh. Namun pada saat ini komunikasi yang dilakukan antar perangkat bergerak dapat dikatakan sebagian komunikasinya bergantung pada paradigma berbasis *Access Point* (AP), jaringan seluler, *hotspot* *Wi-Fi* yang mengharuskan perangkat bergerak tersebut memiliki asosiasi dengan stasiun pangkalan umum atau bisa disebut *provider* untuk beroperasi. Tidak dapat disangkal bahwa paradigma tersebut

sampai saat ini nyaman digunakan. Namun pada saat yang sama dengan paradigma tersebut menyebabkan *overhead* yang rumit untuk berkomunikasi dan juga terdapat lokasi dimana paradigma tersebut tidak bisa digunakan pada perangkat bergerak

Perkembangan teknologi yang sangat cepat pada saat ini memungkinkan untuk dapat menyelesaikan permasalahan dalam hal hubungan antar perangkat satu sama lain. Pada teknologi *opportunistic network* memungkinkan untuk menciptakan beberapa perangkat untuk saling terhubung. Salah satu

implementasi dari *opportunistic network* adalah ad-hoc (Conti M.,2013). Namun permasalahan muncul ketika akan menerapkan ad-hoc dalam membangun komunikasi pada android. Salah satu permasalahannya adalah teknologi ad-hoc tidak mendukung keluaran terbaru perangkat android untuk kedepannya dan juga diperlukan adanya pengaturan pada perangkat yang tidak dapat dilakukan oleh pengguna biasa (Conti M., 2013). Perlu adanya alternatif lain sebagai penerapan *opportunistic network* untuk membangun jaringan antar perangkat ke perangkat pada perangkat android mengingat ad-hoc sudah memiliki beberapa kekurangan untuk menerapkan hal tersebut. Alternatif lain yaitu menggunakan teknologi Wi-Fi Direct.

Wi-Fi Direct merupakan teknologi yang mudah ditemukan pada perangkat bergerak android keluaran terbaru salah satu contohnya ialah pada Android 4.2 Jelly Bean. Berkembangnya perangkat bergerak khususnya android yang sangat pesat dan didukung dengan sifat dari android yang *open source* memudahkan para pengembang untuk menciptakan teknologi baru berupa aplikasi pada perangkat bergerak android tersebut.

Teknologi Wi-Fi Direct menggunakan arsitektur terpusat atau disebut juga dengan *centralized*. Ketika beberapa perangkat telah terhubung pada pusat tersebut menggunakan Wi-Fi Direct maka akan membentuk sebuah *group* dengan pusat tersebut sebagai *Group Owner (GO)* dan perangkat yang terhubung dengan *Group Owner* sebagai klien. Dalam *group* yang sama masing-masing perangkat dapat berkomunikasi satu sama lain. Namun pengiriman data antar perangkat harus diatur pengalamatannya dalam *group* tersebut.

Dalam satu *group* tidak memungkinkan terdapat lebih dari satu *Group Owner*, *Group Owner* tidak dapat terhubung menggunakan Wi-Fi Direct dengan *Group Owner* lainnya, dan *Group Owner* juga tidak dapat memosisikan dirinya sebagai klien Wi-Fi Direct pada *group* lainnya. Dengan peraturan Wi-Fi Direct tersebut maka satu *group* tidak dapat terhubung dengan kelompok lainnya. Namun menurut penelitian “Automatic Android – Based Wireless Mesh Network” oleh (Wong, dkk, 2014). Pada penelitian mengenai *Mesh Network* pada android dengan *wifi direct* oleh Wong, dkk ini menunjukkan bagaimana perangkat bergerak Android menggunakan Wi-Fi Direct dapat digunakan secara otomatis untuk membangun koneksi antar perangkat bergerak android secara langsung. Dengan menggunakan layanan jaringan untuk melakukan *broadcast* menggunakan Wi-Fi Direct, Wong, dkk dapat mengirimkan sebuah *soft AP's preshared key* yang dibuat oleh GO kepada perangkat lain. Kemudian perangkat lain tersebut dapat terhubung dengan *AP* yang telah dibuat oleh GO dengan

menggunakan layanan Wifi. Kemudian perangkat yang telah terhubung tersebut membuat sebuah *group* baru menggunakan Wi-Fi Direct.

Dengan demikian perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengiriman data dalam *group* Wi-Fi Direct dan membuat *group* Wi-Fi Direct dapat terhubung dengan *group* lainnya dan membentuk infrastruktur *multigroup* Wi-Fi Direct.

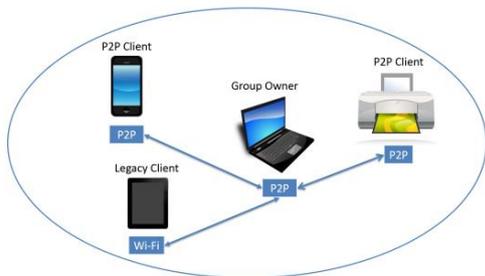
2. WI-FI DIRECT

Wi-Fi Direct adalah sebuah teknologi yang didefinisikan oleh Wi-Fi Alliance dengan tujuan perangkat dapat terhubung secara langsung *Device to Device (D2D)* dengan cepat untuk melakukan perintah – perintah seperti pengiriman data, sinkronisasi, dll. Wi-Fi Direct tidak memerlukan penggunaan jalur akses terpusat beda halnya dengan Wifi tradisional. Sebaliknya, perangkat menggunakan “Software Access Point” (Soft AP) (CAMPS, 2013).

Wi-Fi Direct dibuat dengan tujuan untuk komunikasi *D2D(Device to Device)* antara perangkat. Komunikasi antara perangkat pada Wi-Fi Direct terjadi dalam satu *group* dimana didalam *group* tersebut ada yang bertindak sebagai *Group Owner (GO)* sedangkan perangkat lainnya bertindak sebagai klien. Peran sebagai *GO* dibentuk oleh proses negosiasi pada saat pembentukan *group*. Setelah *GO* terpilih maka peran masing – masing klien tidak akan berubah selama sesi seluruh *group*. Ketika *GO* meninggalkan *group* maka klien akan terputus dan melakukan proses pencarian perangkat lagi untuk membentuk *group* baru.

Group pada Wi-Fi Direct bekerja mirip halnya dengan *Wi-Fi BSS* infrastruktur yang beroperasi pada saluran tunggal dimana setiap klien pada *group* dapat berkomunikasi. *GO* juga bertugas secara berkala untuk mengiklankan *group*nya sehingga memungkinkan perangkat lain untuk menemukan dan bergabung pada *group* tersebut. Pada Wi-Fi Direct *GO* merupakan perangkat yang menerapkan seperti fungsi *Access Point (AP)* dalam *group P2P* seperti bertanggung jawab atas *group*, termasuk pengendalian perangkat yang diizinkan untuk bergabung selama sesi *group* tersebut seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Perangkat yang bertugas menjadi *GO* akan membuat sebuah *Access Point (AP)*. *AP* yang dibuat oleh *GO* akan memudahkan perangkat lain yang ingin terhubung pada *GO* tetapi tidak mendukung Wi-Fi Direct. Perangkat tersebut dapat dikatakan sebagai *Legacy Client (LC)*. *Legacy Client* merupakan perangkat *Wi-Fi* konvensional yang tidak mendukung Wi-Fi Direct dan melihat *GO* sebagai *Wi-Fi Access Point(AP)* tradisional. Secara umum *LC* tidak termasuk dalam *group* Wi-Fi Direct dan tidak dapat ditingkatkan fungsionalitasnya. *LC*

hanya sekedar melihat GO sebagai AP tradisional biasa. Dalam koneksi antara P2P klien ataupun LC kepada GO, GO akan menyediakan sebuah DHCP lease dan IP Address layaknya sebuah Access Point biasa.



Gambar 2.1 Arsitektur Group Wi-Fi Direct
Sumber : (Casetti, 2014)

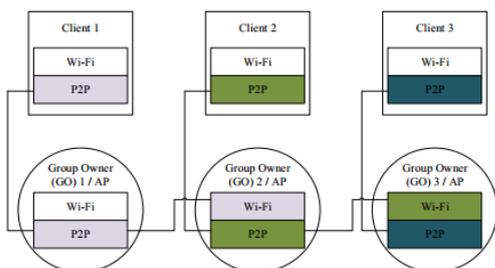
3. MULTIGROUP WI-FI DIRECT

Sebuah infrastuktur *multigroup* dapat diterapkan dengan membiarkan perangkat memiliki dua *interface* jaringan P2P secara *virtual*. Dengan cara ini perangkat dapat menjadi sebagai jembatan antar *group* menggunakan alamat MAC yang berbeda pada masing – masing *group*. Namun dalam perangkat android yang tidak di “root”, pengembang tidak dapat membuat hal tersebut.

Berikut beberapa skenario membuat infrastuktur *multigroup* Wi-Fi Direct pada *android* yang tidak bisa dilakukan karena dilarang oleh standar :

1. Perangkat berperan sebagai klien pada satu *group* dan GO pada *group* lainnya
2. Perangkat menjadi GO lebih dari satu *group*
3. Perangkat menjadi klien lebih dair satu *group*

Dengan demikian untuk membentuk sebuah infrastuktur fisik *multigroup* dengan cara memanfaatkan *Legacy Client* pada *group* lain yang akan menjadi GO pada *group* tersebut seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Multigroup pada Wi-Fi Direct

Sumber: (Casetti, 2014)

4. PEMROGRAMAN SOCKET

Sebuah aplikasi berbasis jaringan secara umum aplikasi terdiri dari satu pasang program yang berada pada dua end-system yang berbeda. Ketika aplikasi tersebut dijalankan proses klien dan server akan terbentuk dan saling mengkomunikasikan dengan membaca atau menulis pada sebuah *socket*. Begitu juga yang terjadi pada *group* Wi-Fi Direct. Setiap paket yang dikirimkan terdapat sumber dan tujuannya. Setiap *node* baik itu *Group Owner* ataupun klien pada Wi-Fi Direct dapat berkomunikasi dengan menggunakan *socket*. Setiap paket yang dikirimkan terdapat informasi berupa isi paket, sumber dan tujuan dari paket tersebut. Dengan demikian setiap pengembang dalam membangun aplikasi berbasis jaringan harus mempertimbangkan penulisan program pada sisi klien ataupun server supaya keduanya dapat saling berkomunikasi.

5. METODOLOGI

- Studi Literatur

Studi literatur yang dimaksud adalah menyusun kerangka teoritis untuk menyelesaikan permasalahan implementasi infrastuktur komunikasi *multigroup* Wi-Fi Direct pada *android*. Dengan demikian, pustaka dengan topik – topik di bawah ini perlu dipelajari untuk melaksanakan penelitian ini yaitu tentang Wi-Fi Direct, *Multigroup* Wi-Fi Direct, WifiP2pManager, dan pemrograman socket.

- Perancangan

Pada tahapan ini dilakukan perancangan untuk membangun infrastuktur komunikasi *multigroup* Wi-Fi Direct pada *android*. Adapun tahapan perancangan ini terdiri dari membangun infrastuktur komunikasi *multigroup* Wi-Fi Direct yaitu membangun *group* Wi-Fi Direct, membangun komunikasi *group* Wi-Fi Direct, membangun *multigroup* Wi-Fi Direct serta membangun komunikasi *multigroup* Wi-Fi Direct.

- Implementasi

Pada tahap implementasi ini, metode yang telah ditawarkan oleh penulis akan diimplementasikan menggunakan perangkat yang ada sesuai dengan kebutuhan sistem yang telah dijelaskan untuk mengembangkan infrastuktur *multigroup* Wi-Fi Direct pada *android* dimulai dari pemindaian perangkat, pembentukan *group*, komunikasi dalam *group*, dan komunikasi *multigroup*.

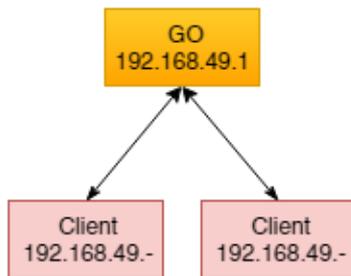
- Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja dari infrastruktur *multigroup* Wi-Fi Direct berdasarkan waktu. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Pengujian *Delay* Pemindaian Perangkat
2. Pengujian *Delay* Pembentukan *Group*
3. Pengujian *Delay* Pengiriman Pesan dalam *Group*
4. Pengujian *Delay* Pengiriman Pesan *Multigroup*

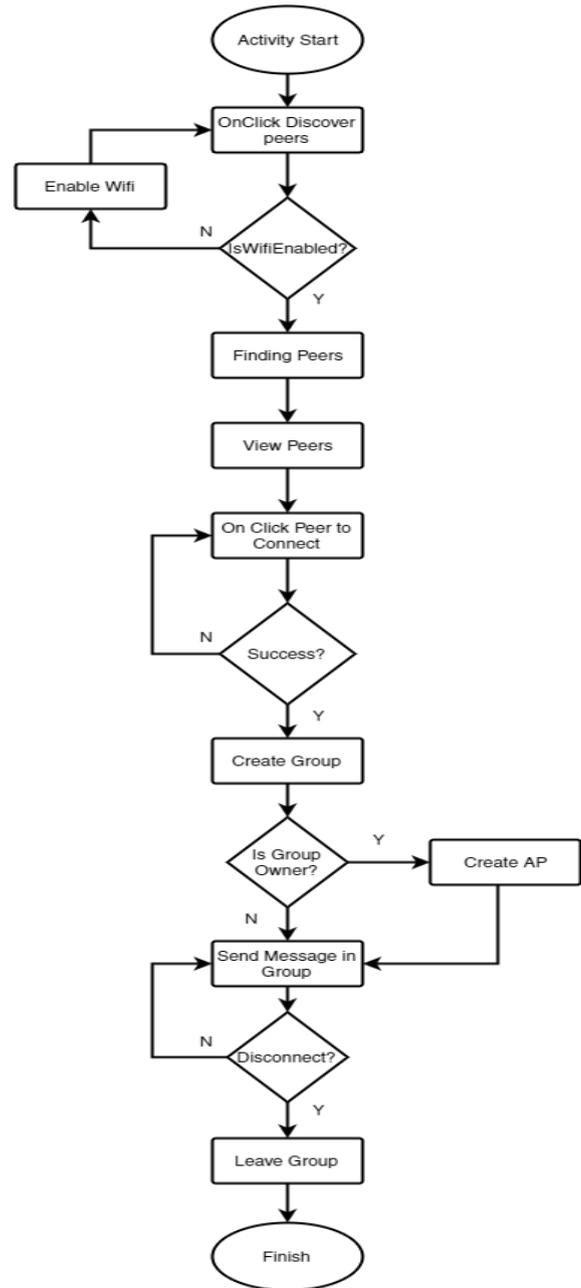
6. PERANCANGAN

- **Arsitektur *Group* Wi-Fi Direct**



Gambar 6.1 Rancangan Arsitektur *Group* Wi-Fi Direct

Pada gambar 6.1 merupakan arsitektur *group* Wi-Fi Direct. Terdapat GO dan 2 klien. GO memiliki alamat IP final static yaitu 192.168.49.1. Dengan demikian setiap *group* yang terbentuk alamat IP GO selalu 192.168.49.1. Kemudian klien akan mendapatkan IP yang diberikan oleh GO yang juga sebagai DHCP server sehingga dalam satu *group* tersebut berada dalam satu jaringan yang sama. Karena arsitektur tersebut berbentuk *centralized* atau terpusat dimana GO akan menjadi pusat dari klien maka ketika klien ingin berkomunikasi dengan klien lainnya akan melalui GO.



Gambar 6.2 Flowchart Pembentukan *Group*

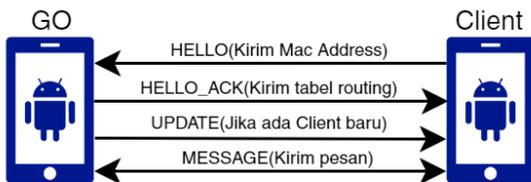
Pada gambar 6.2 merupakan flowchart dari pembentukan *group* pada Wi-Fi Direct. Proses dimulai dari pemindaian perangkat hingga terbentuk sebuah *group* dan perangkat meninggalkan sebuah *group*.

• **Komunikasi dalam Group**

Tabel 6.1 Informasi Routing Table

Key	Value		
Mac Address	AllEncompassingP2PClient		
Mac Address	IP Address	GO Mac Address	Client Name

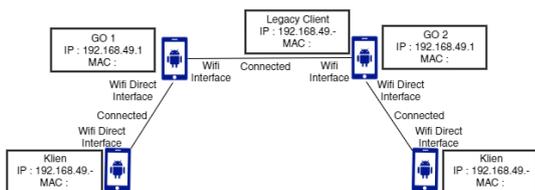
Pada table 6.1 merupakan table informasi *routing table*. Kelas *AllEncompassingP2PClient* akan berisi semua nilai informasi perangkat yang terhubung dengan *Mac Address* yang akan menjadi *key* sedangkan *IP Address*, *GO Mac Address*, dan *Client Name* merupakan nilai yang lain.



Gambar 6.3 Distribusi Routing Table dan Komunikasi dalam Group

Pada gambar 6.3 merupakan distribusi *routing table* dan komunikasi dalam *group*. Pengiriman pesan akan menggunakan pengiriman TCP. Pesan merupakan salah satu bentuk paket yang dikirimkan dan diberi nama *MESSAGE*. Selain itu terdapat paket lain yang dikirimkan kepada perangkat yang terhubung dalam satu *group*. Paket tersebut adalah *HELLO*, *HELLO_ACK*, dan *UPDATE*. Paket *HELLO* berisi *Mac Address* yang akan dikirimkan oleh klien kepada GO. Kemudian GO akan mengambil informasi *Mac Address*, *IP Address*, dan *Client Name* melalui *TCP Socket* yang dijalankan dan memasukkan informasi tersebut pada *routing table*. *HELLO_ACK* berisi *routing table* yang akan dikirimkan pada klien yang baru terhubung pada GO. *UPDATE* berisi tentang informasi jika ada klien baru yang terhubung dan GO akan mengirimkan informasi tersebut kepada kliennya masing – masing.

• **Arsitektur Multigroup Wi-Fi Direct**

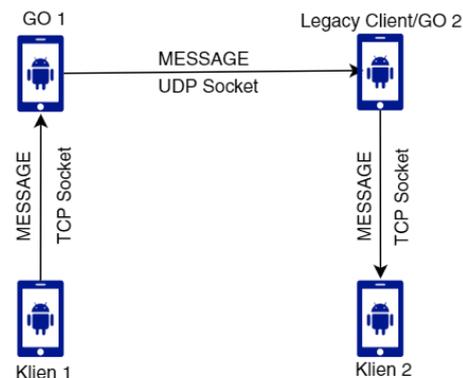


Gambar 6.4 Rancangan Arsitektur Multigroup Wi-Fi Direct

Pada gambar 6.4 merupakan rancangan arsitektur *multigroup* yang akan dibuat. Setiap perangkat mempunyai identitas berupa peran perangkat apakah sebagai Klien, *Group Owner* atau *Legacy Client*. Dan juga informasi interface jaringan yang digunakan oleh masing – masing perangkat yaitu *Wi-Direct Interface* atau *Wifi Interface*. Masing – masing peran akan mempunyai informasi yang akan ditampilkan pada aplikasi berupa alamat IP dan alamat MAC. Dengan demikian penulis dapat mengetahui bahwa perangkat yang ada dalam *multigroup* sudah terhubung atau belum.

• **Komunikasi Multigroup**

Pada saat klien 1 mengirimkan paket bertipe *MESSAGE* dalam *group* maka paket tersebut akan diterima oleh *GO 1*. Ketika *GO 1* menerima paket tersebut, nilai dari paket tersebut akan disimpan dalam sebuah variable bertipe *string*. Kemudian variable tersebut akan dikirimkan menggunakan *UDP Socket* dengan tujuan alamat IP dan port yang diatur pada *Legacy Client*. *Socket* dari *Legacy Client* akan terbuka selama perangkat tersebut masih menjadi *Legacy Client*. Paket yang telah diterima oleh *Legacy Client* akan diambil nilainya kemudian akan disimpan pada variable. Nilai dari variable tersebut akan diteruskan oleh *GO 2* dan dibuat sebuah paket bertipe *MESSAGE* yang akan dikirimkan secara broadcast pada klien 2. Komunikasi *multigroup* dapat dilihat pada gambar 6.5.



Gambar 6.5 Rancangan Komunikasi Multigroup Wi-Fi Direct

• **Pengujian**

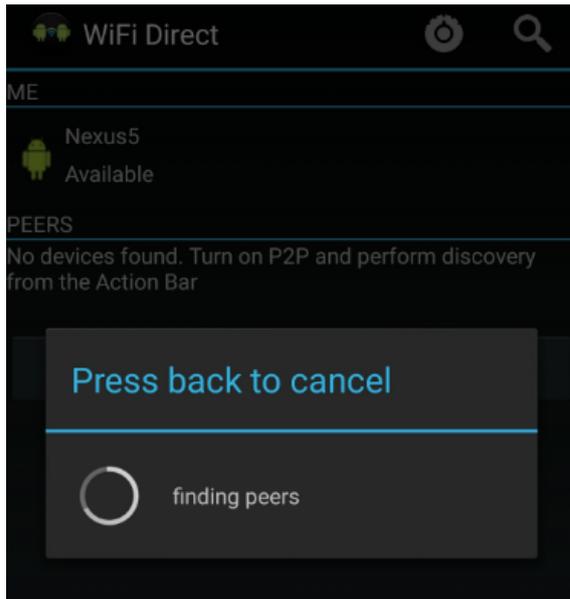
Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan yaitu menguji kinerja dari Wi-Fi Direct. Pengujian tersebut meliputi waktu delay pemindaian perangkat, waktu delay pembentukan *group*, waktu delay pengiriman pesan dalam *group*, dan waktu delay pengiriman pesan *multigroup*. Percobaan dilakukan masing – masing sebanyak dua puluh kali percobaan. Waktu yang diperoleh akan ditampilkan dalam bentuk grafik *Cumulative Distribution Function*

(CDF). CDF merupakan penjumlahan dari setiap kejadian hingga mencapai nilai satu pada akhirnya.

7. IMPLEMENTASI

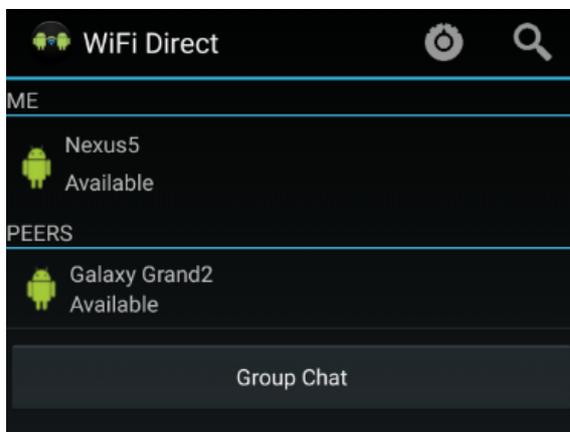
• Pemindaian Perangkat

Pada gambar 7.1 merupakan tampilan aplikasi ketika tombol *discover* ditekan. Akan ada keterangan *Discovery Initiated* yang menandakan bahwa proses pemindaian berhasil dijalankan.

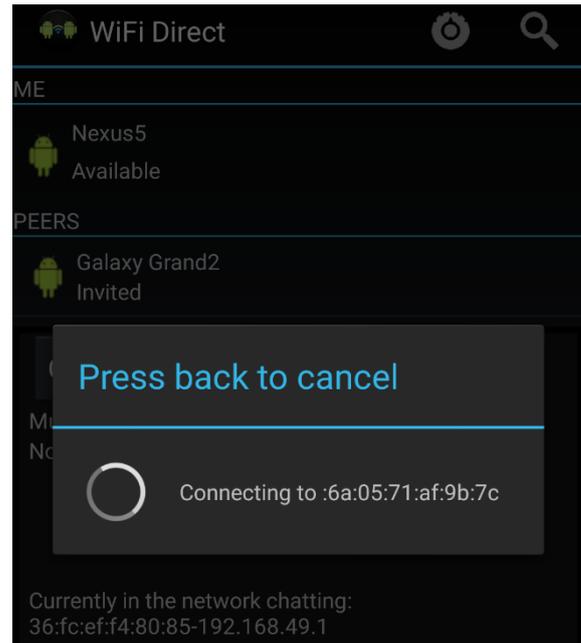


Gambar 7.1 Proses Pemindaian Perangkat

Pada gambar 7.2 merupakan tampilan aplikasi ketika proses pemindaian telah selesai dan hasil penemuan akan ditampilkan. Dapat dilihat perangkat tersebut berhasil menemukan perangkat lain dengan nama *Galaxy Grand2* yang statusnya *available*. Itu berarti perangkat *Galaxy Grand2* tidak terhubung dengan perangkat lain menggunakan Wi-Fi Direct.



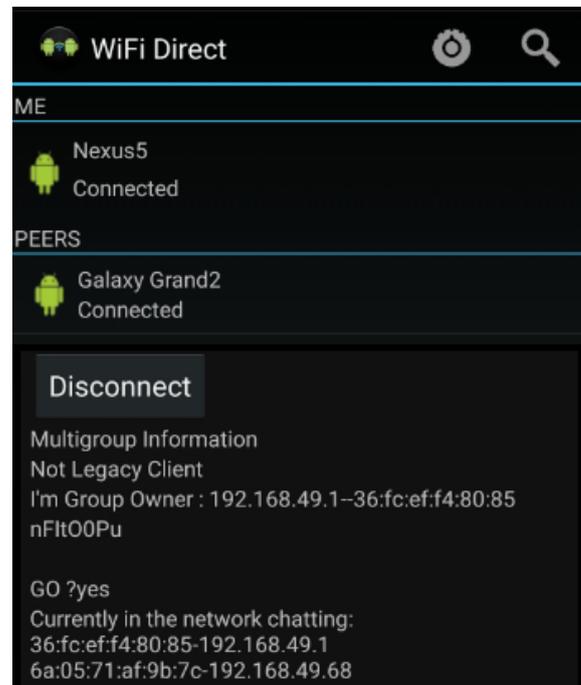
Gambar 7.2 Menampilkan Hasil Pemindaian



Gambar 7.3 Melakukan Proses Permintaan Koneksi dan Pembentukan *Group*

• Permintaan Koneksi dan Membentuk *Group*

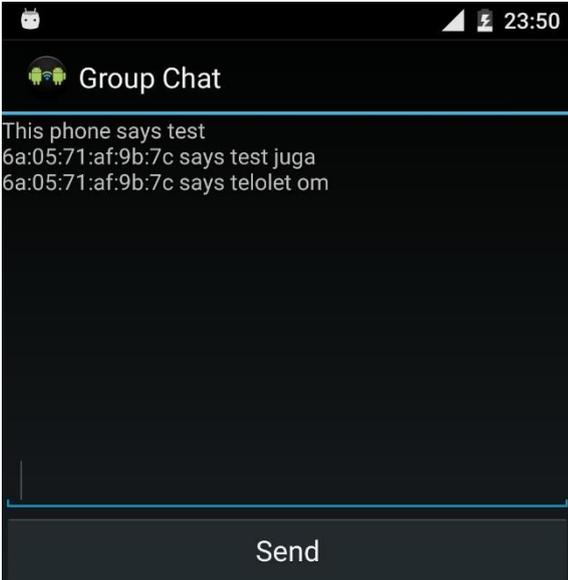
Pada gambar 7.3 merupakan tampilan aplikasi ketika perangkat menekan tombol *connect* untuk terhubung pada perangkat yang telah ditemukan. Dapat dilihat perangkat tersebut mencoba terhubung dengan perangkat *Galaxy Grand2* dengan alamat MAC *6a:05:71:af:9b:7c*



Gambar 7.4 Terbentuk *Group*

Pada gambar 7.4 merupakan tampilan pada aplikasi ketika terbentuk *group* dan perangkat

tersebut menjadi *Group Owner*. Terdapat informasi berupa keterangan perangkat sebagai *Group Owner* dengan tanda *GO ?yes* dan alamat MAC serta alamat IP dari semua perangkat yang ada didalam *group*. Dari informasi tersebut dapat membantu penulis untuk mengetahui perangkat mana saja yang ada dalam *group* tersebut.



Gambar 7.5 Aktifitas Perpesanan

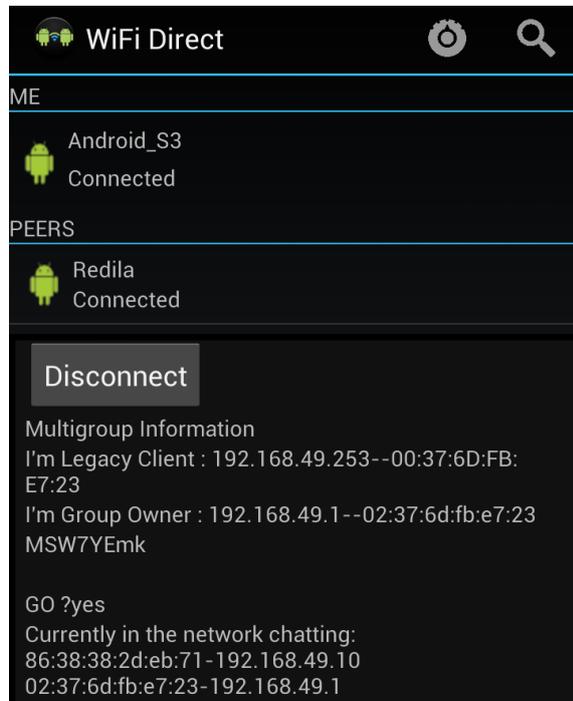
Pada gambar 7.5 merupakan tampilan aplikasi saat aktifitas perpesanan pada perangkat sebagai *Group Owner*. Pengguna dapat mengetahui pesan yang dikirimkan dan juga pesan yang masuk dengan identitas berupa alamat MAC pengirim pesan tersebut.

- **Koneksi Legacy Client dan Membentuk Multigroup**

Pada gambar 7.6 merupakan tampilan intent Wi-Fi pada perangkat. Perangkat tersebut berhasil terhubung dengan *Access Point Group Owner* dengan nama *DIRECT-3M-Nexus5*.

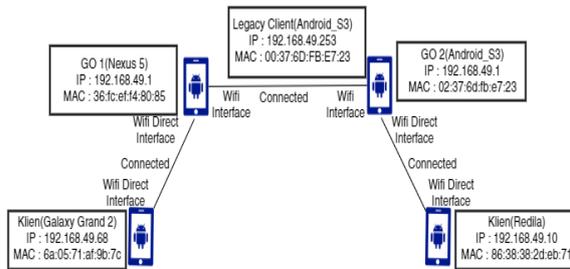


Gambar 7.6 Legacy Client terhubung dengan Access Point Group Owner group pertama



Gambar 7.7 Legacy Client menjadi Group Owner group kedua

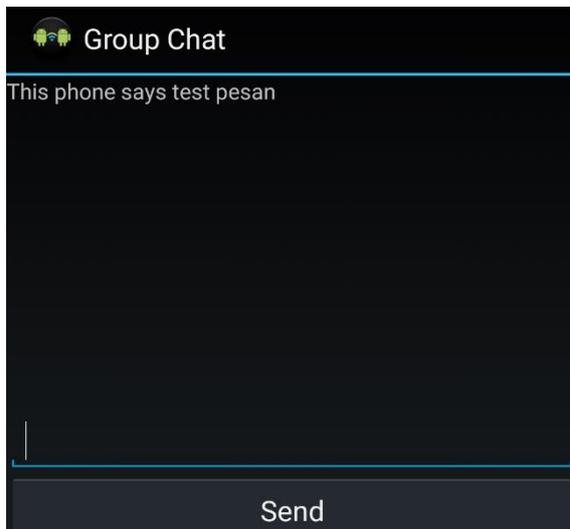
Pada gambar 7.7 merupakan tampilan aplikasi pada perangkat *Legacy Client* yang terhubung dengan *Group Owner group* pertama dan mendapatkan alamat IP 192.168.49.253 dengan menggunakan alamat MAC yaitu 00:37:6D:FB:E7:23. Selain itu *Legacy Client* juga membentuk *group* dan menjadi *Group Owner* pada *group* baru yang dibentuk dengan alamat IP 192.168.49.1 dengan menggunakan alamat MAC yaitu 02:37:6d:fb:e7:23.



Gambar 7.8 Arsitektur *Multigroup*

Pada gambar 7.8 merupakan arsitektur *multigroup* yang berhasil dibangun sesuai dengan perancangan yang dibuat. Terdapat empat perangkat dan dua *group*. Masing – masing *group* terdiri dari dua perangkat. Informasi mengenai alamat IP dan alamat MAC berhasil ditambahkan pada gambar beserta keterangan mengenai *interface* mana yang dipakai oleh perangkat untuk terhubung pada perangkat lainnya.

• **Komunikasi Multigroup**



Gambar 7.9 *Group Owner* Mengirim Pesan kepada *Legacy Client*

Pada gambar 7.9 merupakan tampilan aplikasi saat aktifitas perpesanan. Tampilan tersebut merupakan tampilan perangkat *Group Owner group* 1 dan mengirimkan pesan teks yaitu “test pesan”. Pesan tersebut akan dikirimkan pada klien *group* 1 dan juga *Legacy Client*.

```
26230-26230/com.ecse414.android.echo E/masuk thread: udp
26230-26598/com.ecse414.android.echo E/socket: dibuat
26230-26598/com.ecse414.android.echo E/kirim pesan: test pesan
```

Gambar 7.10 Tampilan Log *Group Owner* saat Mengirim Pesan kepada *Legacy Client*

Pada gambar 7.10 merupakan tampilan *Log* pada *android studio monitor* yang menunjukkan bahwa *Group Owner group* 1 saat mengirimkan pesan. *Group Owner group* 1 berhasil membuat *udp socket* dan mengirimkan pesan kepada *Legacy Client*.

```
26195-26261/com.ecse414.android.echo E/UDPReceiver: Dijalankan
26195-26261/com.ecse414.android.echo E/UDPReceiver: socket dibuat
26195-26261/com.ecse414.android.echo E/UDPReceiver: siap menerima pesan
26195-26261/com.ecse414.android.echo E/UDPReceiver: terima pesan
26195-26261/com.ecse414.android.echo E/UDPReceiver: test pesan
```

Gambar 7.11 Tampilan Log *Legacy Client* Saat Menerima Pesan dari *Group Owner*

Pada gambar 7.11 merupakan tampilan *Log* pada *android studio monitor* yang menunjukan bahwa *udp socket* telah dibuka pada *Legacy Client* dan siap menerima pesan yang dikirimkan oleh *Group Owner group* 1. Pada kondisi ini *Legacy Client* belum membentuk *group* dan tidak menjadi *Group Owner* dari *group* yang lain. Dapat dilihat pesan yang dicetak pada *Log* merupakan pesan yang berhasil masuk pada *Legacy Client* sesuai dengan yang dikirimkan oleh *Group Owner group* 1.

```
28890-28931/com.ecse414.android.echo E/UDPReceiver: Dijalankan
28890-28931/com.ecse414.android.echo E/UDPReceiver: socket dibuat
28890-28931/com.ecse414.android.echo E/UDPReceiver: siap menerima pesan
```

Gambar 7.12 Tampilan Log *Legacy Client/Group Owner Group Kedua* Saat Menerima Pesan dari *Group Owner Group Pertama*

Pada gambar 7.12 merupakan tampilan *log legacy client/group onwer group kedua* saat menerima pesan dari *group owner group pertama*. Pada kondisi ini *Legacy Client* merupakan *Group Owner* dari *group* 2. *Legacy Client* dapat membuka *UDP socket* dan siap menerima pesan. Tetapi dapat ditunjukan pada gambar bahwa pesan tidak masuk pada *Legacy Client* sedangkan *UDP Socket* sudah dibuka. Proses menerima pesan tidak berjalan dan menyebabkan pesan tidak masuk pada *Legacy Client* yang juga sebagai *Group Owner*.

Pada gambar 7.13 merupakan tampilan *Log* pada *android studio monitor* ketika *Legacy Client* yang sebagai *Group Owner group* 2 akan mengirimkan pesan pada *Group Owner group* 1(192.168.49.1). Dapat dilihat bahwa perangkat *Legacy Client* yang sebagai *Group Owner group* 2 tidak dapat menjalankan *UDP Socket*. Pada saat akan membuat

socket akan terjadi kesalahan dengan beberapa pesan kesalahan diantaranya yaitu *Address already in use*.

```

01-16 17:07:21.260 24530-24530/com.esee14.android.echo E/pesan: pesan dari legacy client
01-16 17:07:21.265 24530-24530/com.esee14.android.echo W/initializasi: thread UDP
01-16 17:07:21.265 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: java.net.BindException: bind failed: EADDRINUSE (address already in use)
01-16 17:07:21.265 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: at libcore.io.InetAddress.bind(InetAddress.java:59)
01-16 17:07:21.265 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: at java.net.PlainDatagramSocketImpl.bind(PlainDatagramSocketImpl.java:68)
01-16 17:07:21.265 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: at java.net.DatagramSocket.createSocket(DatagramSocket.java:133)
01-16 17:07:21.265 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: at java.net.DatagramSocket.<init>(DatagramSocket.java:78)
01-16 17:07:21.265 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: at com.esee14.android.echo.receiver.udp.UDPSender.run(UDPSender.java:59)
01-16 17:07:21.270 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: at java.lang.Thread.run(Thread.java:760)
01-16 17:07:21.270 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: Caused by: libcore.io.ErrnoException: bind failed: EADDRINUSE (address already in use)
01-16 17:07:21.270 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: at libcore.io.Posix.bind(Native Method)
01-16 17:07:21.270 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: at libcore.io.ForwardingOs.bind(ForwardingOs.java:39)
01-16 17:07:21.270 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: at libcore.io.InetAddress.bind(InetAddress.java:57)
01-16 17:07:21.270 24530-27215/com.esee14.android.echo W/System.err: ... 5 more
    
```

Gambar 7.13 Tampilan Log Legacy Client/Group Owner Group Kedua Saat Mengirim Pesan kepada Group Owner Group Pertama

8. PENGUJIAN

- Pengujian Delay Pemindaian Perangkat



Gambar 8.1 Grafik CDF Delay Pemindaian Perangkat

Pada gambar 8.1 dapat disimpulkan waktu pemindaian perangkat dimulai dari paling cepat 4.041 detik dan waktu terlama 17.184 detik. Garis grafik diatas semakin melebar menandakan bahwa dalam dua puluh kali percobaan terjadi ketidakstabilan waktu pemindaian perangkat mulai daro $f(x) = 0.9$.

- Pengujian Delay Pembentukan Group

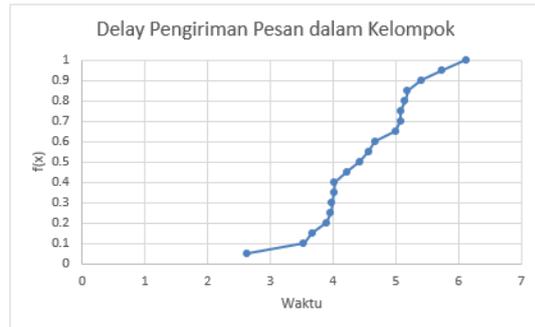


Gambar 8.2 Grafik CDF Delay Pembentukan Group

Pada gambar 8.2 dapat disimpulkan waktu pembentukan group tercepat didapatkan waktu 1.524 detik. Kemudian dalam dua puluh kali percobaan yang dilakukan didapatkan waktu terlama dalam

pembentukan group adalah 2.511 detik. Garis pada grafik tersebut mulai melebar pada $f(x) = 0.1$ dan terus melebar hingga nilai $f(x) = 1$. Ini menandakan dalam dua puluh kali percobaan terdapat ketidakstabilan pada persentase awal. Namun lebar waktu tercepat dan terlambat tidak terlalu besar hanya terpaut sekitar satu detik.

- Pengujian Delay Pengiriman Pesan dalam Group



Gambar 8.3 Grafik CDF Delay Pengiriman Pesan dalam Group

Pada gambar 8.3 dapat disimpulkan yaitu waktu pengiriman pesan dalam group tercepat 2.637 detik kemudian dilanjutkan dengan jarak waktu kedua yang cukup jauh yaitu 3.353 detik dan terus melebar hingga waktu terlama yang didapatkan adalah 6.126 detik. Dengan demikian pengiriman pesan berupa text menggunakan protocol TCP dalam group Wi-Fi Direct waktu yang dibutuhkan cukup lama dan kurang stabil dari dua puluh kali percobaan yang dilakukan.

- Pengujian Delay Pengiriman Pesan Multigroup

Pada implementasi yang dilakukan pengiriman pesan Multigroup Wi-Fi Direct tidak dapat dilakukan. Pada percobaan Group Owner group 1 mengirimkan pesan pada Legacy Client/Group Owner group 2, pesan berhasil dikirimkan oleh Group Owner group 1 menggunakan UDP Socket namun pada saat Legacy Client/Group Owner group 2 telah membuat socket dan siap menerima pesan, pesan tidak bisa diterima. Hal ini dikarenakan dua Group Owner tidak dapat berkomunikasi secara langsung karena terjadi konflik alamat IP. Group Owner group 2 (192.168.49.253) yang juga sebagai Legacy Client group 1 akan membuang pesan yang masuk dikarenakan paket yang dikirimkan mempunyai sumber alamat IP yaitu 192.168.49.1 yang sama dengan alamat IP perangkat itu sendiri. Jika dijalankan fungsi `getlocalIPAddress` maka perangkat Legacy Client yang juga sebagai Group Owner group 2 akan memiliki dua alamat IP yaitu 192.168.49.1 dan 192.168.49.253. Hal ini terjadi juga dalam percobaan selanjutnya yaitu ketika Legacy Client/Group Owner group 2 akan

mengirimkan pesan kepada *Group Owner group 1*. Ketika akan menjalankan *UDP Socket* dengan alamat IP tujuan pesan yaitu *Group Owner group 1* (192.168.49.1) akan tampil pesan kesalahan pada *adroid monitor* yang salah satunya adalah *Address already in use*. Pesan gagal dikirimkan dikarenakan pesan dikirimkan pada *local loop* dan tidak kepada *Wifi Interface*.

9. KESIMPULAN

1. Dalam *delay* pemindaian perangkat tercatat waktu tercepat yaitu 4.401 detik dan waktu terlambat yaitu 17.184 detik. Dalam grafik CDF pada $f(X) = 0$ hingga 0.7 waktu yang dihasilkan antara 4 sampai 5 detik kemudian pada $f(x) = 0.8$ hingga 1 waktunya melebar hingga waktu terlambat yaitu 17.184 detik.
2. Dalam *delay* pembentukan *group Wi-Fi Direct* tercatat waktu tercepat yaitu 1.524 detik dan waktu terlambat yaitu 2.511 detik. Dalam grafik CDF dapat diketahui waktu yang dibutuhkan untuk pembentukan *group* dengan scenario yang dilakukan cukup stabil dari $f(x) = 0$ hingga 1 dengan waktu delay dari waktu tercepat dan terlambat hanya 1 detik.
3. Dalam *delay* pengiriman pesan dalam *group Wi-Fi Direct* tercatat waktu 2.637 detik dan waktu terlambat 6.126 detik. Dalam grafik CDF dapat diketahui waktu mulai melebar pada $f(x) = 0.1$ dan terus bergerak melebar hingga $F(x) = 1$ sampai waktu terlambat.
4. Dalam pengujian *delay* pengiriman pesan multigroup Wi-Fi Direct scenario yang dirancang tidak dapat dilakukan dikarenakan komunikasi antar Group Owner tidak dapat dilakukan. Group Owner tidak dapat berkomunikasi secara langsung karena terjadinya konflik alamat IP antar Group Owner. Pada saat Legacy Client/Group Owner group 2 membuang pesan yang dikirimkan oleh Group Owner group 1 karena sumber alamat IP adalah 192.168.49.1 yang sama dengan alamat IP Group Owner group 2. Perlu adanya mekanisme routing baru yang dapat mengatur permasalahan sumber alamat IP paket pesan.

10. SARAN

1. Perlu diadakan penelitian mengenai cara pengiriman data yang berbeda dalam *group Wi-Fi Direct* atau membandingkan cara pengiriman yang telah dibuat oleh penulis dengan cara pengiriman lainnya.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang komunikasi *multigroup Wi-Fi Direct* dengan memanfaatkan infrastruktur komunikasi yang telah dibuat oleh penulis sehingga dapat menyelesaikan permasalahan pengiriman pesan

multigroup pada penelitian ini. Dengan menerapkan mekanisme *routing* baru yang dapat mengatasi konflik alamat IP antar *Group Owner* dapat menciptakan sebuah komunikasi *multigroup Wi-Fi Direct*. Mekanisme *routing* tersebut adalah *Content Centric Network (CCN)*. Penelitian mengenai *Content Centric Network (CCN)* dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya guna mengembangkan dari penelitian ini.

11. DAFTAR PUSTAKA

- Camps-Mur, D., Garcia-Saavedra, A., & Serrano, P. (2013). *Device to device communications with WiFi Direct: overview and experimentation*. Madrid: IEEE.
- Casetti, C., Chiasserini, C., Pelle, L. C., Valle, C. D., Duan, Y., & Giaccone, P. (2014). *Content-centric Routing in Wi-Fi Direct Multigroup Networks*. Torino: Department of Electronics and Telecommunications, Politecnico di Torino.
- Conti, M., Delmastro, F., Minutiello, G., & Paris, R. (2013). *Experimenting opportunistic networks with WiFi Direct*. Pisa: Institute of Informatics and Telematics (IIT).
- Funai, C., Tapparelo, C., & Heinzelman, W. (2015). *Supporting Multi-hop Device-to-Device Networks Through WiFi Direct Multi-group Networking*. Rochester, NY: Department of Electrical and Computer Engineering, University of Rochester.
- Jung, W.-S., Ahn, H., & Ko, Y.-B. (2014). *Designing Content-Centric Multi-hop Networking over Wi-Fi Direct on Smartphones*. Korea: Graduate School of Computer Engineering, Graduate School of NCW, Ajou University.
- Marinho, R. P., Menegato, U. B., & de Oliveira, R. A. (2015). *Mobile Devices Routing Using Wi-Fi Direct Technology*. MG - Brazil: Laboratório Imobilis, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Wong, P., Varikota, V., Nguyen, D., & Abukmail, A. (2014). *Automatic Android-based Wireless Mesh Networks*. Clear Lake, Houston: School of Science and Computer Engineering, University of Houston.

ALGORITMA GENETIKA DALAM MENENTUKAN RUTE OPTIMAL TOPOLOGI CINCIN PADA WAN

Qilbaaini Effendi Muftikhali¹, Arnoldus Dinar², Aris Kusumawati³, Syukron Hidayat⁴

^{1,2,3,4}Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

¹qilbaaini.muftikhali@gmail.com, ²arnoldusdinar@gmail.com, ³kusumawati.aris@gmail.com,

⁴syukronhidayat10@gmail.com

(Naskah masuk: 16 Desember 2016, diterima untuk diterbitkan: 23 Maret 2017)

Abstrak

Implementasi jaringan komputer memiliki banyak masalah, terutama pada Wide Area Network (WAN), salah satunya adalah masalah routing. Routing masalah adalah bagaimana melakukan transmisi data antara node dengan jalur tercepat, terutama dalam topologi ring. Dalam topologi ring, setiap simpul hanya bisa dilalui oleh sebanyak satu. Untuk mengatasi masalah ini, kami menggunakan algoritma genetika. Kami telah diuji pada arsitektur wan dari PT. XYZ terletak di Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah. Dengan ukuran populasi 100, metode seleksi elitisme, dan tingkat mutasi 0,08, hasil yang optimal diperoleh dengan jarak akhir adalah 44. Penggunaan metode seleksi elitisme dan nilai rate mutasi sangat berpengaruh untuk mendapatkan rute yang optimal.

Kata kunci: *Wide Area Network, Routing Problem, Genetic Algorithm, Ring Topology.*

Abstract

The implementation of a computer network has a lot of problems, especially on Wide Area Network (WAN), one of them is a routing problem. Routing problem is how to perform data transmission between nodes with the fastest path, especially in a ring topology. In a ring topology, every node can only be passed by as much as one. To solve this problem, we used a genetic algorithm. We have tested on the wan architecture of PT. XYZ located in Kotawaringin Barat, Central Kalimantan. With a population size of 100, elitism selection method, and the mutation rate of 0.08, an optimal result is obtained with the final distance is 44. The use of elitism selection method and mutation rate value is very influential to get the optimal route.

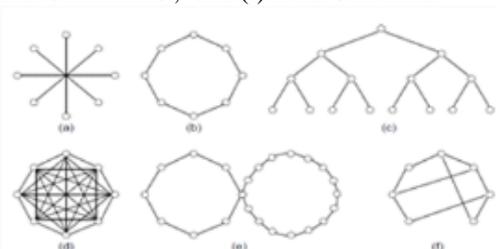
Keywords: *Wide Area Network, Routing Problem, Genetic Algorithm, Ring Topology*

1. PENDAHULUAN

Jaringan komputer yang mendukung informasi dan komunikasi, merupakan dua isu strategis yang paling penting untuk keberhasilan suatu perusahaan. Sebuah jaringan komputer adalah jaringan telekomunikasi yang memungkinkan komputer untuk pertukaran data. Struktur dari jaringan termasuk kelompok sistem komputer dan perangkat komputasi perangkat keras lainnya yang terkait bersama-sama melalui jalur komunikasi. Setiap cabang di jaringan komputer menunjukkan jalur komunikasi dan setiap vertex menunjukkan stasiun transmisi. Bahkan, jalur komunikasi dikombinasikan dengan beberapa jalur fisik, seperti twisted kabel pair, koaksial, dan kabel fiber. Oleh karena itu, jaringan komputer dapat dianggap multi-negara (Huang et al., 2016).

Wide Area Network (WAN) merupakan jaringan komputer yang saling berjauhan dan mencakup daerah geografis yang luas, seringkali mencakup sebuah negara atau benua. Dalam

melaksanakan koneksinya WAN seringkali menggunakan satelit sebagai media perantara, akan tetapi WAN juga bisa menggunakan koneksi antar router yang biasa disebut dengan *point-to-point*. Pada *subnet point-to-point*, masalah rancangan yang penting adalah pemilihan jenis topologi interkoneksi router (www.cisco.com,2004). Pada Gambar 1. menunjukkan beberapa jenis topologi WAN, yaitu : (a) Bintang, (b) Cincin, (c) Pohon, (d) Lengkap, (e) Cincin berinteraksi, dan (f) tidak beraturan.



Gambar 1. Jenis – Jenis Topologi Subnet Pointto-Point

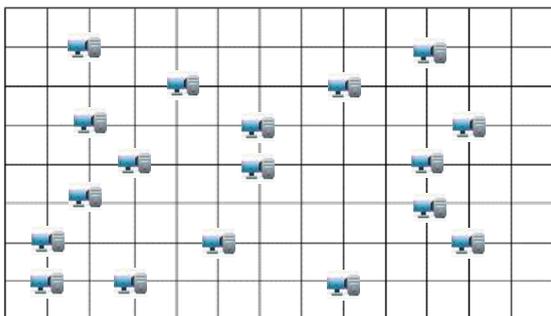
Dalam mengirimkan sebuah paket data (routing) tentu memerlukan jumlah data yang dikirim,

besaran, jarak dan kapasitas pengiriman. Setiap data di dalam WAN yang melewati sebuah router dibatasi oleh bandwidth yang digunakan. Permasalahan muncul ketika di dalam router itu memiliki kapasitas pengiriman yang berbeda dan waktu yang paling efisien dalam pengiriman data. Permasalahan ini merupakan permasalahan yang sering terjadi dalam implementasi WAN, seperti pada jurnal ini (Huang et al., 2016) mengevaluasi kendala pada jaringan dalam mentransmisikan data dengan hasil jarak terpendek dan waktu tercepat dengan mensimulasikan MCSRN dalam menyelesaikan masalah *routing problem*.

Permasalahan *routing problem* selalu ditemukan dalam beberapa topologi jaringan, paper ini membahas *routing problem* pada topologi cincin (*ring*) dalam optimasi. Dalam topologi cincin (*ring*), sebelum menghubungkan antar node, node disini bisa saja berupa *router*, *gateway*, dll, langkah pertama yang dilakukan perhitungan hubungan node yang optimal agar terbentuk topologi cincin. Pada awalnya hanya terdapat node-node yang terletak pada tempat-tempat yang sudah ditetapkan seperti yang terlihat pada Gambar 2. Kemudian terdapat permasalahan *routing*, bagaimana menghubungkan node-node tersebut sehingga menjadi topologi cincin yang optimal. Syaratnya adalah satu node hanya boleh dilalui sekali dan semua node harus terhubung.

Sebelum menghubungkan node-node seperti yang terlihat pada Gambar 2, sebaiknya terlebih dahulu membuat perencanaan sehingga bisa meminimalisir *travel time*. Namun, ketika telah menemukan rute yang optimal, dilakukan pengujian pada rute yang dianggap optimal tersebut.

Dalam proses menemukan rute tersebut merupakan proses yang dianggap sulit, pada gambar yang sama Gambar 2 tetapi hanya terdapat 3 node. Untuk menentukan kemungkinan rute yang dilalui, ada $3! = 3 \times 2 \times 1 = 6$ kemungkinan rute yang berbeda. Ketika node nya hanya 3 mungkin masih terbilang gampang untuk dihitung, tetapi coba anggap ada 10 titik di peta. Itu berarti ada $10! = 3628800$ kemungkinan rute yang berbeda. Belum lagi jika terdapat 20 node, terdapat $20!$ kemungkinan rute yang harus dilalui. Proses yang terjadi memerlukan banyak waktu dan tahapan, kemutakhiran teknologi komputer pasti tidak dapat mengatasi itu. Permasalahan dalam *routing* dapat diselesaikan dengan efisien dengan penerapan algoritma.



Gambar 2. Contoh peta topologi cincin

Meskipun hal tersebut mungkin tidak praktis untuk menemukan solusi terbaik untuk permasalahan ini, penulis mengusulkan algoritma genetika untuk menyelesaikan masalah ini sehingga mendapatkan solusi rute yang optimum. Algoritma Genetika (AG) merupakan metode evolusi paling banyak digunakan di dunia. Saat itu diperkenalkan oleh Belanda (Holland, 1975) berdasarkan pada seleksi alam dan genetika. Sebuah AG bekerja pada awal populasi, memiliki seorang ayah dan ibu, berlaku crossover dan operator mutasi yang mengevaluasi anak-anak. Tujuannya adalah untuk menghasilkan solusi yang lebih baik secara berurutan dengan memilih yang lebih baik dari solusi yang ada atau lebih sering disebut rekombinasi (Goldberg, 1989). Algoritma genetika telah melalui banyak penerapan dalam berbagai penerapannya mendapatkan hasil yang baik dalam beberapa penelitiannya.

Beberapa penelitian terdahulu membahas tentang algoritma genetika diantaranya adalah penyelesaian permasalahan multimedia di mana ketika satu sumber (*source*) file multimedia diakses oleh beberapa user. Untuk menghemat bandwidth yang digunakan peneliti menggunakan algoritma genetika untuk mencari jarak terpendek untuk pengiriman paket data ke dalam dua studi kasus. Studi kasus yang dipakai menggunakan topologi mesh (Hamed, 2010) Algoritma genetika telah melalui banyak penerapan dalam berbagai penerapannya mendapatkan hasil yang baik dalam beberapa penelitiannya. Penerapan algoritma genetika dapat menyelesaikan masalah lokasi routing yang dengan beberapa depot berkapasitas dan satu kendaraan berkapasitas per depot. Kami mencari metode baru untuk membuat keputusan lokasi dan routing secara bersamaan dan efisien (Ahmad, 2005). Implementasi algoritma genetika dengan menggunakan mikrokontroler MCS51. Aplikasi yang dipilih untuk percobaan adalah mencari rute terpendek yang menghubungkan suatu tempat asal dan tujuan. Semua proses algoritma genetika seperti membangkitkan populasi awal, evaluasi, seleksi, crossover dan mutasi, dilakukan oleh mikrokontroler MCS51. implementasi algoritma genetika pada mikrokontroler sudah dapat berjalan dengan baik walaupun dengan beberapa batasan antara lain jumlah kromosom per populasi, jenis kromosom binary bit string (Ferdinando, 2001). Algoritma genetika dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang kompleks seperti mencari rute paling optimum dengan memperhatikan kondisi jalan misalnya kepadatan lalu lintas, jalan satu arah dan lain-lain. Dalam makalah ini akan dijelaskan tentang penerapan algoritma genetika untuk mencari rute yang paling optimum dari titik asal ke titik tujuan. Algoritma genetika cukup efektif dan mudah digunakan khususnya dalam hal mencari rute terpendek dan waktu tersingkat berdasarkan kondisi rute. Algoritma ini menunjukkan keunggulannya pada saat dilakukan perhitungan dengan memakai bobot jarak terhadap

waktu (Hannawati, 2002). Algoritma genetik adalah pendekatan yang sangat baik untuk memecahkan masalah yang kompleks dalam optimasi dengan kendala yang sulit terutama pada Vehicle Routing Problem (VRP) . Hasil percobaan menunjukkan bahwa algoritma genetika dengan menerapkan Finite Automaton (FA) dalam menghasilkan populasi individu untuk menyelesaikan permasalahan pada Vehicle Routing Problem (VRP) (zhang, 2008)

Menurut penelitian sebelumnya yang memberikan hasil efisien dalam implementasi algoritma genetika. Sehingga dengan permasalahan yang muncul, diusulkan implementasi Genetic Algorithm (GA) yang digunakan untuk mencari rute terpendek dalam proses pengiriman data arsitektur jaringan Wide Area Network (WAN) pada topologi ring.

2. KAJIAN LITERATUR

1. Wide Area Network

Wide Area Network (WAN) merupakan jaringan komputer yang saling berjauhan dan mencakup daerah geografis yang luas, seringkali mencakup sebuah negara atau benua. Dalam melaksanakan koneksinya WAN seringkali menggunakan satelit sebagai media perantara, akan tetapi WAN juga bisa menggunakan koneksi antar *router* yang biasa disebut dengan *point-to-point*. Pada *subnet point-to-point*, masalah rancangan yang penting adalah pemilihan jenis topologi interkoneksi *router* (www.cisco.com, 2004)

2. Routing Problem

Permasalahan yang muncul ketika di dalam *router* itu memiliki kapasitas pengiriman yang berbeda dan waktu yang paling efisien dalam pengiriman data. (Huang et al., 2016)

3. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika (AG) merupakan metode evolusi paling banyak digunakan di dunia. Saat itu diperkenalkan oleh Belanda (Holland, 1975) berdasarkan pada seleksi alam dan genetika. Sebuah AG bekerja pada awal populasi, memiliki seorang ayah dan ibu, berlaku crossover dan operator mutasi yang mengevaluasi anak-anak. Tujuannya adalah untuk menghasilkan solusi yang lebih baik secara berurutan dengan memilih yang lebih baik dari solusi yang ada atau lebih sering disebut rekombinasi (Goldberg, 1989)

4. Topologi ring

Topologi jaringan di mana setiap node terhubung ke tepat dua node lain, membentuk jalur terus menerus untuk tiap sinyal melalui setiap node - cincin. Data berjalan dari node ke

node, dengan setiap node menangani setiap paket. (Junginger and Lee, 2002)

3. METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan usulan pada makalah ini dilakukan tiga tahapan utama, antara lain :

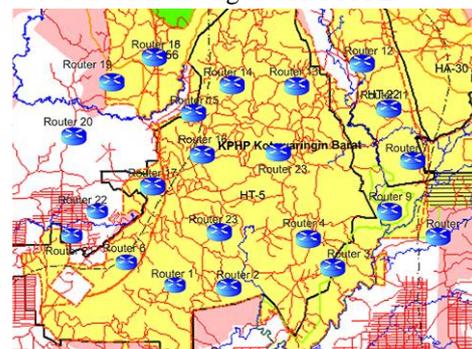
- [1] Membuat *design* pemetaan node.

Design yang dirancang mengacu pada studi kasus PT.XYZ yang terletak di Kab.Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah. Untuk lebih detail letak dengan peta lokasi PT.XYZ digambarkan pada Gambar 3.



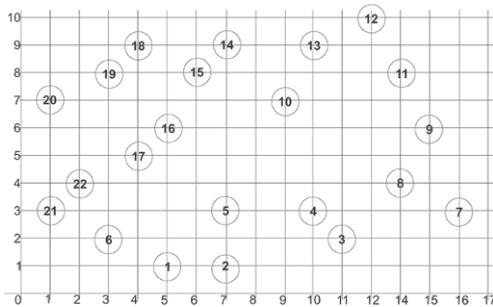
Gambar 3. Studi Kasus Lokasi PT.XYZ

Sedangkan untuk gambaran *router* yang telah dirancang di PT.XYZ dijelaskan pada Gambar.4. dalam Gambar.5 terdapat arsitektur *router* dan letak geografis dari *router* yang telah dibuat. Dari Gambar 4. 22 *router* telah dibangun di PT.XYZ



Gambar 4. Desain Peta Node yang akan dioptimasi

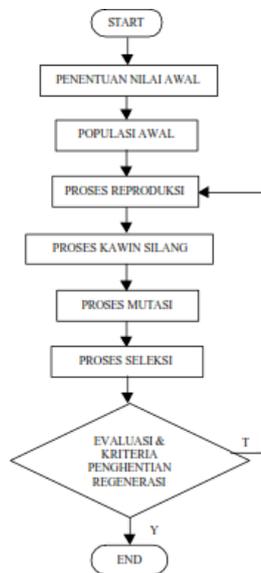
Setelah menyusun *Router* dan sebaran *router* di wilayah PT.XYZ. Langkah yang ditempuh untuk menyelesaikan routing protokol yang memiliki jarak terpendek, selanjutnya memetakan seluruh node yang telah terbentuk tersebut ke dalam diagram Cartesian yang telah diterangkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain Peta Lokasi Node dalam Bentuk Kartesian

Gambar.5 menunjukkan sebaran node yang sudah dibuat, untuk menghitung jarak antar node digunakan algoritma genetika dengan asumsi bahwa hanya satu kali saja lewat melalui node. Untuk perhitungan detail nya akan di bahas pada bab selanjutnya.

- [2] Memformulasikan Algoritma Genetika :
Algoritma genetika merupakan suatu metode pencarian yang didasarkan pada mekanisme dari seleksi dan genetika natural. Secara umum menurut (Hannawati, 2002), blok diagram dari mekanisme kerja algoritma genetika ini adalah seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Algoritma Genetika

Keterangan :

Dalam menyelesaikan suatu permasalahan, algoritma genetika diawali dengan menginisialisasikan himpunan solusi yang dibangkitkan secara acak (random). Himpunan solusi ini disebut

populasi (Population). Setiap individu pada populasi disebut kromosom (Chromosom), yang menggambarkan sebuah solusi dari suatu masalah yang akan diselesaikan. Sebuah kromosom dapat dinyatakan dalam simbol string, misalnya kumpulan string bit atau string kemungkinan rute. Dalam sebuah populasi, setiap kromosom akan dievaluasi dengan menggunakan alat ukur yang disebut dengan fitness (tingkat kesesuaian). Nilai fitness ini digunakan untuk mencari dua kromosom (yang memiliki nilai fitness yang sesuai) dari sebuah populasi yang akan dijadikan sebagai kromosom induk untuk melakukan regenerasi. Kromosom induk ini akan melakukan regenerasi melalui pindah silang (crossover) dan melakukan mutasi (mutation) yang akan menghasilkan kromosom baru (offspring). Pindah silang (crossover) dilakukan dengan cara menggabungkan dua kromosom induk dengan menggunakan operator pindah silang (crossover). Sedangkan mutasi hanya berlaku pada sebuah kromosom, dan kromosom ini akan mengalami suatu perubahan (misalnya : 11101100 menjadi 11001100 pada string bit). Hasil dari pindah silang dan mutasi ini (offspring) akan di evaluasi dengan menggunakan alat ukur yang disebut fitness (tingkat kesesuaian). Kemudian akan dilihat apakah offspring ini merupakan solusi yang optimal atau belum. Jika optimal maka offspring ini lah jawabannya. Jika tidak, maka offspring ini akan diseleksi (selection) lagi dengan menggunakan salah satu metode seleksi. Offspring yang lulus seleksi akan menjadi populasi yang baru dan akan melakukan regenerasi lagi, sedangkan yang tidak lulus seleksi akan dibuang. Regenerasi akan berhenti jika jumlah iterasi telah terpenuhi dan ditemukannya solusi optimal dari permasalahan yang diselesaikan.

- [3] Desain program untuk algoritma genetika pada permasalahan rute optimal pada topologi cincin.
Bahasa pemrograman yang akan digunakan untuk mencari hasil yang optimal pada

permasalahan ini adalah Java. Terdapat 5 class yang akan dirancang :

- a. *Class Node*
Untuk mengatur lokasi node inputan dan jarak antar node.
- b. *Class Population*
Untuk mengatur populasi atau

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

kromosom dari kandidat-kandidat rute.

- c. *Class Tour*

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Untuk encode rute-rute hubungan antar node.

- d. *Class TourManager*
Untuk mengatur seluruh node tujuan untuk rute yang akan ditentukan.
- e. *Class GA*
Untuk menangani kerja dari algoritma genetika dan menyusun solusi dari populasi

4. EKSPERIMENT DAN HASIL

4.1 Perumusan Algoritma Genetika

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Algoritma genetika yang digunakan

9	8	7	6	5	4	3	2	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

memiliki karakteristik sebagai berikut :

- 1. Representai kromosom yang digunakan

					6	7	8	
--	--	--	--	--	---	---	---	--

9	5	4	3	2	6	7	8	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

adalah permutasi dari node-node tujuan. Sebagai contoh, apabila node-node tujuan adalah n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 , maka salah satu kromosom yang dapat digunakan adalah n_3, n_5, n_1, n_2, n_4 . Hal ini menunjukkan bahwa rute yang terbentuk adalah $n_3 \rightarrow n_5 \rightarrow n_1 \rightarrow n_2 \rightarrow n_4$.

- 2. Besar populasi yang digunakan adalah 50.
- 3. Fungsi fitness yang digunakan adalah

$$\sum_{i=1}^m \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}$$

dimana x_i dan y_i adalah absis dan ordinat dari node tujuan ke- i .

- 4. Metode seleksi yang digunakan adalah metode *elitism*.

Metode seleksi *elitism* memilih kromosom-kromosom untuk dipakai pada generasi selanjutnya didasarkan pada urutan nilai fitness. Semakin baik nilai fitnessnya maka kromosom tersebut akan dipertahankan (Wati, 2011).

- 5. Operator mutasi yang digunakan adalah *swap mutation*.

Dengan *swap mutation* 2 node dalam rute dipilih secara acak, kemudian posisinya ditukar. Sebagai contoh, jika kita terapkan *swap mutation* pada list berikut, [1,2,3,4,5], kemungkinan hasil swap yang didapat adalah [1,2,5,4,3]. Disini posisi 3 dan 5 ditukar sehingga membuat list yang dengan nilai-nilai yang persis sama, hanya berbeda urutan. Karena *swap mutation* hanya menukar nilai yang sudah ada, maka tidak akan terjadi pembuatan list yang mempunyai nilai yang hilang atau ganda ketika dibandingkan dengan yang asli.

- 6. Operator *crossover* (kawin silang) yang digunakan adalah *crossover* terurut. Dalam metode ini dipilih subset dari *parent* pertama, dan kemudian subset tersebut ditambahkan ke *offspring*. Jika ada nilai yang hilang maka kemudian ditambahkan ke *offspring* dari *parent* kedua dengan urutan ketika ditemukan. Sebagai contoh :

Parents

Offspring

Disini subset dari rute diambil dari parent pertama (6,7,8) dan kemudian ditambahkan ke rute *offspring*. Berikutnya, lokasi rute yang hilang ditambahkan dalam urutan dari *parent* kedua. Node pertama dari rute *parent* kedua adalah 9 yang mana tidak terdapat pada rute *offspring* jadi ditambahkan di posisi pertama yang tersedia. Posisi berikutnya pada rute *parent* adalah 8 yang mana terdapat di rute *offspring* maka dilewatkan. Proses ini dilanjutkan hingga *offspring* tidak mempunyai nilai yang kosong lagi.

- 7. Kondisi pemberhentian yang digunakan adalah ketika banyaknya generasi telah mencapai 1000.

4.2 Pengujian Sistem

Pengujian proses algoritma genetika dilakukan dengan melakukan perubahan nilai parameter yang digunakan, yaitu nilai mutation rate, jumlah kromosom perpopulasi serta penggunaan metode seleksi *elitism* atau tidak. Bentuk rute pengujian dapat dilihat pada Gambar 5. Pengujian yang dilakukan adalah mencari rute paling optimum. Rute paling optimum didapat dengan nilai *final distance* terkecil. Secara ringkas, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian

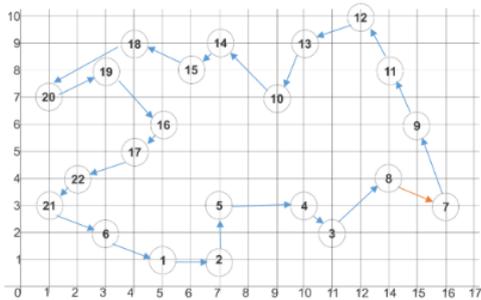
Jumlah Kromosom	Elitism	Mutation Rate	Initial Distance	Final Distance	Rute
100	true	0.08	112	44	(8)→(7)→(9)→(11)→(12)→(13)→(10)→(14)→(15)→(18)→(20)→(19)→(16)→(17)→(22)→(21)→(6)→(1)→(2)→(5)→(4)→(3)
	false		107	53	(13)→(12)→(10)→(14)→(15)→(19)→(18)→(16)→(17)→(21)→(22)→(20)→(6)→(1)→(5)→(2)→(4)→(3)→(8)→(7)→(9)→(11)
	true	0.2	106	63	(14)→(15)→(10)→(12)→(11)→(9)→(7)→(8)→(4)→(3)→(2)→(17)→(19)→(16)→(13)→(5)→(1)→(6)→(21)→(22)→(20)→(18)
	false		115	105	(5)→(15)→(12)→(13)→(8)→(10)→(2)→(14)→(9)→(11)→(7)→(18)→(6)→(16)→(19)→(20)→(22)→(21)→(1)→(3)→(4)→(17)
220	true	0.08	101	44	(11)→(12)→(13)→(10)→(14)→(15)→(18)→(19)→(16)→(17)→(20)→(22)→(21)→(6)

					→(1)→(2)→(5)→(4)→(3)→(8)→(7)→(9)
	false		114	52	(5)→(1)→(2)→(6)→(22)→(17)→(21)→(20)→(18)→(19)→(16)→(14)→(15)→(10)→(13)→(12)→(11)→(9)→(7)→(8)→(3)→(4)
	true	0.2	116	62	(1)→(6)→(22)→(21)→(17)→(19)→(18)→(14)→(12)→(13)→(16)→(20)→(15)→(10)→(11)→(9)→(7)→(8)→(3)→(4)→(2)→(5)
	false		116	106	(7)→(5)→(15)→(21)→(6)→(16)→(19)→(18)→(4)→(20)→(12)→(10)→(14)→(17)→(1)→(2)→(22)→(3)→(13)→(11)→(9)→(8)

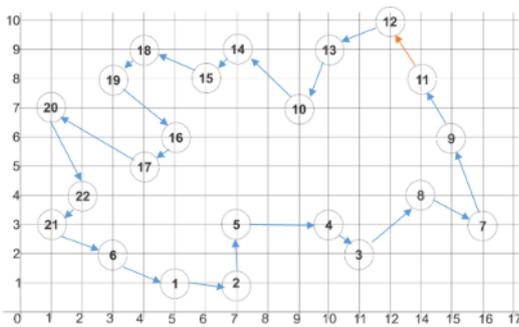
Dari hasil pengujian didapatkan bahwa jumlah kromosom tidak berpengaruh signifikan terhadap hasil yang didapat. Hasil rute paling optimal dari pengujian adalah dengan *final distance* 44 yang didapat dari pengujian dengan jumlah kromosom perpopulasi adalah 100 dan 220, *elitism true* dan *Mutation rate* 0.08. Meskipun didapat rute dengan jarak optimal yang sama, tetapi menghasilkan rute yang berbeda seperti yang terlihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Hal ini dikarenakan jumlah kromosom perpopulasi yang berbeda. Tetapi keduanya dapat dikatakan rute yang paling optimal. Rute paling jauh didapat dari kombinasi jumlah kromosom 220, *elitism false* dan *mutation rate* 0.2 dengan *final distance* 106. Rute yang didapat dapat dikatakan “tidak teratur” seperti yang terlihat pada Gambar 8 dibandingkan dengan Gambar 6 dan Gambar 7. Hal ini dikarenakan metode seleksi *elitism* tidak diterapkan sehingga kromosom-kromosom yang memiliki nilai fitness terbaik tidak dipertahankan sehingga meningkatkan kemungkinan untuk mendapatkan kromosom yang kurang baik.

Seperti yang terlihat pada Tabel 1, penggunaan metode seleksi *elitism* sangat berpengaruh terhadap hasil. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa pengujian dengan menggunakan *elitism* akan menghasilkan hasil yang lebih bagus dibandingkan dengan tidak menggunakan *elitism*. Metode seleksi *elitism* memilih kromosom-kromosom untuk dipakai

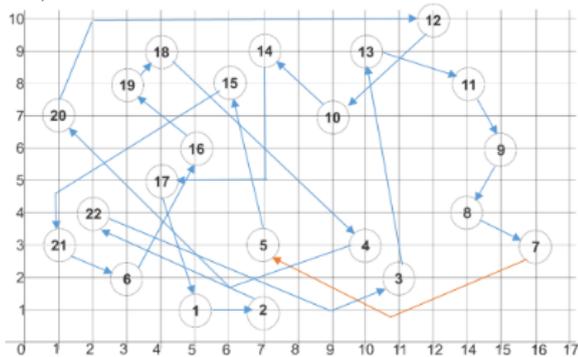
pada generasi selanjutnya didasarkan pada urutan nilai fitness. Semakin baik nilai fitnessnya maka kromosom tersebut akan dipertahankan [11]. Oleh karena itu, hasil yang didapat lebih optimal. Dari tabel 1 juga dapat dilihat bahwa nilai *mutation rate* 0.08 lebih menghasilkan hasil yang lebih baik daripada nilai *mutation rate* 0.2.



Gambar 6. *Final Distance* 44 (Jumlah Kromosom 100)



Gambar 7. *Final Distance* 44 (Jumlah Kromosom 220)



Gambar 8. *Final Distance* 106

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah dengan menggunakan jumlah populasi yang tepat, metode seleksi elitism dan *mutation rate* yang tepat, algoritma genetika dapat diimplementasikan dalam permasalahan penentuan rute optimal pada topologi cincin. Penggunaan metode seleksi elitism dan nilai *mutation rate* sangat berpengaruh untuk mendapatkan rute yang optimal. Kombinasi penggunaan elitism dan nilai *mutation*

rate 0.08 mendapatkan hasil paling optimal. Dengan panjang rute yang sama juga dapat menghasilkan gambar rute yang berbeda seperti yang terlihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

6. REFERENSI

- AHMED, Z.H. 2005. "Genetic Algorithm for Travelling Salesman Problem using Sequential Constructive Crossover Operator". *International Journal of Biometrics & Bioinformatics* 3, 96-105.
- CISCO. 2004. "Cisco System Inc". 2004. www.Cisco.com/en/US humpgs.
- FERDINANDO , HANY ,THIANG, RONALD KURNIAWAN. 2001. "Implementasi Algoritma Genetika pada Mikrokontroler MCS51 Untuk Mencari Rute Terpendek". *Proceeding, Seminar of Intelligent Technology and Its Applications (SITIA 2001)* Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- GOLDBERG DE . 1989. *Genetic algorithms in search optimization and machine learning*. Reading , Massachusetts : Addison – Wesley.
- HANNAWATI ,ANIES.THIANG, ELEAZAR. 2002. "Pencarian Rute Optimum Menggunakan Algoritma Genetika". *Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri – Universitas Kristen Petra* Vol. 2, No. 2, 78 – 83.
- HANNAWATI. 2002 A. dkk.Pencarian Rute Optimum Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Teknik Elektro* Volume 2.
- HAMED A. Y. 2010. "A genetic algorithm for finding the k shortest paths in a network," *Egypt. Informatics J.*, vol. 11, no. 2, pp. 75–79, Dec.
- HOLLAND HJ .1975. *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor : University of Michigan Press.
- HUANG, C.-F., LIN, Y.-K., YENG, L.C.-L., 2016. Routing scheme of a multi-state computer network employing a retransmission mechanism within a time threshold. *Inf. Sci.* 340–341, 321–336. doi:10.1016/j.ins.2016.01.027.
- JUNGINGER, M., LEE, Y., 2002. The multi-ring topology-high-performance group communication in peer-to-peer networks. Presented at the Peer-to-Peer Computing, 2002.(P2P 2002). *Proceedings. Second International Conference on, IEEE*, pp. 49–56.
- ZHANG ,YUEQIN, JINFENG LIU, FU DUAN & JING REN. 2008. "Genetic Algorithm in Vehicle Routing Problem". *Institute of Computer and Software, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi, China*, 030024

ANALISIS AVAILABILITAS DAN RELIABILITAS *MULTI-MASTER DATABASE SERVER* DENGAN *STATE SNAPSHOT TRANSFERS (SST)* JENIS *RSYNC* PADA *MARIADB GALERA CLUSTER*

Mahendra Data¹, Gilang Ramadhan², Kasyful Amron³

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya
Email: ¹mahendra.data@ub.ac.id, ²gilang@ub.ac.id, ³kasyful@ub.ac.id

(Naskah masuk: 27 Januari 2017, diterima untuk diterbitkan: 11 Maret 2017)

Abstrak

Sistem *database* merupakan bagian yang tak terpisahkan dari aplikasi berskala *enterprise*. Data didalamnya merupakan aset yang sangat penting, sehingga data tersebut tidak boleh rusak terlebih lagi hilang. Itulah sebabnya mengapa reliabilitas dan availabilitas sistem *database* menjadi hal yang sangat penting. Berbagai cara telah dikembangkan untuk meningkatkan reliabilitas dan availabilitas sebuah sistem *database*, salah satunya adalah teknik replikasi. MariaDB Galera Cluster adalah salah satu DBMS *open source* populer yang memiliki mekanisme replikasi. MariaDB Galera Cluster memiliki beberapa metode *State Snapshot Transfer (SST)* pada saat proses replikasi, yaitu *rsync*, *mysqldump*, *xtrabackup*, *xtrabackup-v2*. Kurangnya pemahaman administrator sistem terhadap perilaku tiap metode SST dapat mengakibatkan *error* pada sistem *database*. Untuk mencegahnya diperlukan analisis yang mendalam tentang dampak dan perilaku metode SST yang digunakan. Penelitian ini fokus pada analisis kinerja dari metode SST jenis *rsync*. *Rsync* dipilih karena metode ini merupakan metode SST *default* yang digunakan oleh MariaDB Galera Cluster. Dari hasil percobaan disimpulkan bahwa jumlah *node* dalam klaster menjadi hal yang perlu menjadi perhatian. Klaster yang hanya memiliki dua *node* akan sangat rentan terkena gangguan jika salah satu *node* terputus koneksinya atau mengalami *down* atau *crash*, sehingga jumlah *node* minimal dalam satu klaster yang disarankan adalah tiga *node* agar availabilitas dan reliabilitas MariaDB Galera Cluster dapat terjaga dengan baik.

Kata kunci: *database*, klaster, *availabilitas*, *reliabilitas*, *MariaDB Galera Cluster*

Abstract

The database system is an integral part of enterprise-scale applications. The data in it is a very important asset, so it may not be damaged or lost. That's why the reliability and availability of the database system become very important. Various ways have been developed to improve the reliability and availability of a database system, one of them is a replication technique. MariaDB Galera Cluster is one of the popular open-source DBMS that has a replication mechanism. MariaDB Galera Cluster has several methods of doing Snapshot State Transfer (SST) during the replication process, namely rsync, mysqldump, xtrabackup, xtrabackup-v2. Lack of understanding by the system administrator of the behavior of every SST method can lead to errors in the database system. To prevent it, depth analysis of the impact and the behavior of the SST methods is required. This study focused on analyzing the performance of rsync SST method. Rsync is chosen because it is the default SST method used by MariaDB Galera Cluster. The experimental results show that the number of nodes in a cluster should be concerned. Clusters which only have two nodes would be highly vulnerable to disruption if one node disconnected or experience down or crash. We recommend the minimum number of nodes in a cluster is three so that the availability and reliability of MariaDB Galera Cluster can be properly maintained.

Keywords: *database*, *cluster*, *availability*, *reliability*, *MariaDB Galera Cluster*

1 PENDAHULUAN

Sistem *database* merupakan bagian yang tak terpisahkan dari aplikasi berskala *enterprise* (Domaschka et al. 2014). Hampir seluruh aplikasi pada skala *enterprise* memerlukan sistem *database* untuk menyimpan berbagai jenis data yang dimilikinya. Semua proses bisnis yang berjalan pada sebuah aplikasi *enterprise* akan membutuhkan kinerja sistem *database* yang optimal. Ketika *database server* mengalami kegagalan, maka semua

layanan akan terhenti dan semua proses bisnis tidak akan dapat berjalan. Pentingnya peran *database* ini yang membuat sebuah *database* diharuskan memiliki *up time* yang tinggi. Data tersebut merupakan aset yang sangat penting bagi perusahaan, sehingga data tersebut tidak boleh rusak terlebih lagi hilang. Itulah sebabnya mengapa reliabilitas dan availabilitas sebuah sistem *database* menjadi hal yang sangat penting (Aditya & Juhana 2015).

Berbagai cara telah dikembangkan untuk meningkatkan reliabilitas dan availabilitas dari

sebuah sistem *database*, salah satunya adalah dengan teknik replikasi. Replikasi adalah teknik penggandaan data pada beberapa lokasi fisik yang berbeda untuk satu data logis yang sama (Domaschka dkk., 2014). Tujuannya agar ketika terjadi kerusakan atau kegagalan pada satu lokasi fisik maka tidak menyebabkan kegagalan keseluruhan sistem. Selain itu replikasi juga digunakan untuk meningkatkan availabilitas sistem *database* dengan cara membagi beban pekerjaan tiap *database server*. (Aditya & Juhana 2015). Pada prakteknya implementasi teknik replikasi pada sistem *database* akan berbeda, tergantung pada *Database Management System* (DBMS) yang digunakan.

Pengimplementasian replikasi pada MariaDB dapat dilakukan dengan menggunakan MariaDB Galera Cluster. MariaDB Galera Cluster adalah perangkat lunak DBMS MariaDB yang di dalamnya telah tertanam *patch* MySQL-wsrep dari Codership (Yurchenko 2009). MariaDB Galera Cluster mendukung teknik *multi-master database replication*. *Multi-master database replication* memungkinkan seluruh *node* dalam satu kluster menjadi *master database*, sehingga perubahan yang terjadi pada satu *node* akan direplikasi ke seluruh *node* yang tergabung dalam kluster tersebut. Teknik ini dapat meningkatkan reliabilitas dan availabilitas dari sistem *database*, karena bila terjadi kerusakan atau kesalahan pada salah satu *database server* maka trafik akses *database* dapat dialihkan ke *database server* yang lain dalam kluster tersebut. Alasan inilah yang menyebabkan teknik *multi-master database replication* ini banyak digunakan pada sistem *database* saat ini (Aditya & Juhana 2015).

Pada *multi-master database replication* dalam MariaDB Galera Cluster, ketika satu *node* bergabung ke dalam satu kluster (*joiner node*), *node* tersebut akan menerima pembaruan seluruh data dari salah satu *node* dalam kluster tersebut (*donor node*). Proses ini disebut dengan *State Snapshot Transfer* (SST). MariaDB Galera Cluster memiliki beberapa metode dalam melakukan SST, yaitu *rsync*, *mysqldump*, *xtrabackup*, *xtrabackup-v2* (MariaDB 2017).

Tiap metode SST memiliki mekanisme yang berbeda dalam melakukan *state transfer*, sehingga berdampak pada perilaku *database server* dalam menangani kesalahan. Kurangnya pemahaman administrator sistem terhadap perilaku masing-masing metode SST dapat mengakibatkan *error* pada sistem *database*. Untuk mencegahnya diperlukan analisis yang mendalam tentang dampak dan perilaku metode SST yang digunakan. Penelitian ini fokus pada analisis kinerja dari metode SST jenis *rsync*. *Rsync* dipilih karena metode ini merupakan metode SST *default* yang digunakan oleh MariaDB Galera Cluster (MariaDB 2017). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dari administrator sistem tentang *multi-*

master database replication yang menggunakan *rsync* sebagai metode SST.

Hasil penelitian ini disusun dengan struktur sebagai berikut. Bagian pertama adalah dasar teori mengenai reliabilitas, availabilitas, kluster *database*, jenis replikasi dan DBMS MariaDB secara umum. Bagian ini digunakan untuk menyamakan persepsi mengenai teori dan istilah-istilah yang digunakan. Bagian kedua adalah perancangan metode serta *testbed* yang digunakan dalam penelitian ini. Bagian ketiga adalah penjabaran hasil percobaan serta analisis dari hasil percobaan yang telah dilakukan. Bagian terakhir dari penelitian ini adalah menyampaikan kesimpulan dari keseluruhan percobaan yang telah dilakukan.

2 DASAR TEORI

2.1 Availabilitas dan Reliabilitas

Availabilitas adalah tingkat ketersediaan suatu sistem untuk diakses dan dipergunakan ketika diperlukan. Sedangkan reliabilitas adalah ukuran kemampuan suatu sistem dalam memberikan hasil yang benar ketika dipergunakan pada berbagai keadaan (Domaschka dkk., 2014). Dengan kata lain, availabilitas adalah jaminan ketersediaan layanan suatu sistem, sedangkan reliabilitas adalah jaminan kebenaran hasil pemrosesan dari suatu sistem. Secara teori, availabilitas dan reliabilitas adalah dua hal yang berbeda dan tidak terikat satu dengan yang lain. Namun pada prakteknya, availabilitas namun tanpa reliabilitas atau sebaliknya mengakibatkan sistem tersebut tidak banyak berguna (Domaschka et al. 2014). Sebagai contoh, misalnya terdapat satu sistem *database* dengan availabilitas tinggi namun reliabilitas rendah karena data didalamnya tidak konsisten atau sebaliknya, terdapat satu sistem *database* dengan reliabilitas tinggi namun availabilitas rendah karena koneksi *database*-nya sering terputus maka sistem *database* yang seperti itu menjadi tidak layak digunakan.

2.2 Kluster Database

Kluster *database* adalah kumpulan dari beberapa *database server* yang secara logika dapat dipandang sebagai satu kesatuan sistem *database*. Satu *server database* dalam satu kluster, atau biasa disebut sebagai *node*, memiliki perangkat keras (CPU, *memory*, *disk*, dll.) dan perangkat lunak (sistem operasi, *service*, dll.) tersendiri yang bekerja secara independen. Namun secara logika, antar *node* dalam kluster *database* tersebut saling terhubung melalui sebuah perangkat lunak yang mengelola seluruh *node* di dalam kluster tersebut (Pacitti et al. 2005).

Kluster *database* merupakan salah satu solusi dalam meningkatkan availabilitas dan reliabilitas dari sebuah sistem *database*, karena dapat mencegah terjadinya *single point of failure* dari sistem

database. Sebagian besar DBMS saat ini telah mendukung kluster *database*. Salah satu yang paling populer diantaranya adalah MariaDB Galera Cluster (MariaDB 2014b).

2.3 Replikasi *Synchronous* dan *Asynchronous*

Perbedaan utama dari replikasi *synchronous* dan *asynchronous* adalah replikasi *synchronous* menjamin perubahan data pada satu *node* akan memicu perubahan data pada *node* lainnya secara *synchronous* atau dengan kata lain terjadi secara *real time*, sedangkan pada replikasi *asynchronous* tidak menjadikan sinkronisasi data terjadi secara *real time* karena besarnya *delay* sinkronisasi data pada replikasi *asynchronous* bervariasi. Dampak lainnya adalah bila *master node* (*node* utama) mengalami *crash* maka data yang belum tersinkronisasi ke *slave node* (*node* penerima) akan hilang (MariaDB 2014b).

Secara teori, replikasi *synchronous* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan replikasi *asynchronous*, kelebihan tersebut antara lain:

- Tingkat availabilitas yang lebih tinggi;
- Transaksi pada *database* terjadi secara paralel di seluruh *node*;
- Menjamin kualitas seluruh *node* dalam kluster, misalnya perintah SELECT yang dijalankan sesaat setelah perintah INSERT pada *node* A akan menghasilkan nilai yang salah walaupun dijalankan di *node-node* yang lain.

Namun secara praktek, replikasi *synchronous* mengimplementasikan mekanisme "2-phase commit" atau distributed locking yang terbukti memiliki performa yang sangat rendah. Itulah sebabnya mengapa penggunaan replikasi *asynchronous* masih dominan. DBMS *open source* populer seperti MySQL dan PostgreSQL secara *default* hanya menyediakan fasilitas replikasi *asynchronous* (MariaDB 2014a).

2.4 MariaDB

MariaDB adalah DBMS yang bersifat *open source* dan dikembangkan oleh pengembang yang sama dari MySQL. MySQL sendiri merupakan DBMS yang sudah sangat populer digunakan dan saat ini telah diakuisisi oleh perusahaan Oracle. Perkembangan MariaDB terbilang sangat cepat bila dibandingkan dengan DBMS lain yang sama-sama bersifat *open source*. Saat ini MariaDB telah digunakan lebih dari 12 juta pengguna di dunia, termasuk perusahaan-perusahaan besar seperti booking.com, HP, Virgin Mobile and Wikipedia (MariaDB 2014b).

MariaDB Galera Cluster adalah perangkat lunak DBMS MariaDB yang di dalamnya telah tertanam *patch* MySQL-*wsrep* dari Codership (Yurchenko 2009). *Patch* tersebut digunakan untuk membuat sistem replikasi eksternal untuk MySQL (dan turunan yang kompatibel dengannya, termasuk

MariaDB) yang mengikuti standar API *wsrep*. Sistem replikasi ini nantinya dapat bersifat *asynchronous* atau *synchronous* dan dapat digunakan untuk *single* atau *multi-master database replication* (Yurchenko 2009). Pada awal perkembangannya MariaDB Galera Server merupakan *package* terpisah DBMS MariaDB, Namun pada versi 10.1, MariaDB Galera Server sudah terintegrasi pada DBMS MariaDB, sehingga pengguna tidak perlu lagi melakukan instalasi *package* MariaDB Galera Server secara manual (MariaDB 2014b).

Terdapat beberapa limitasi dalam implementasi replikasi menggunakan MariaDB Galera Server seperti yang telah dijelaskan pada laman resmi MariaDB. Limitasi tersebut dibagi ke dalam dua bagian, yaitu keterbatasan dari *patch* MySQL-*wsrep* dari Codership dan batasan yang didapatkan dari pengalaman pengguna (MariaDB 2015). Berikut ini adalah limitasi dari *patch* MySQL-*wsrep*:

- Hanya dapat bekerja pada InnoDB *storage engine*;
- Tidak mendukung *explicit locking* seperti LOCK TABLES, FLUSH TABLES {daftar tabel} WITH READ LOCK, (GET_LOCK(), RELEASE_LOCK(),...);
- Operasi *global locking* seperti FLUSH TABLES WITH READ LOCK masih dapat digunakan;
- Seluruh tabel harus memiliki *primary key*, atau dapat juga menggunakan *multi-column primary keys*. Operasi DELETE tidak dapat dilakukan pada tabel yang tidak memiliki *primary key*;
- *Query Log* tidak dapat diarahkan ke dalam tabel, melainkan harus diarahkan ke sebuah *file*;
- Tidak mendukung XA *transactions*;
- Ukuran data dalam satu transaksi tidak boleh melebihi limitasi parameter *wsrep_max_ws_rows* dan *wsrep_max_ws_size* yang telah ditentukan dalam konfigurasi MariaDB Galera Cluster. *Default*-nya *wsrep_max_ws_rows* bernilai 128K dan *wsrep_max_ws_size* bernilai 1Gb.
- Nilai *auto-increment* tidak akan berurutan karena galera memiliki mekanisme *auto-increment* tersendiri untuk mencegah konflik antar *server*;
- Bila koneksi antar *node* dalam kluster terputus, misalnya disebabkan karena gangguan koneksi, dan sebuah *node* dalam kondisi belum tersinkronisasi, maka perintah yang dijalankan pada *node* tersebut akan *error* dan menampilkan pesan error 'WSREP has not yet prepared node for application use'. Hal ini dilakukan oleh MariaDB Galera Cluster untuk mencegah terjadinya inkonsistensi data;
- Bila metode SST yang digunakan adalah *rsync* dan terdapat salah satu *node* yang mengalami *crash* sebelum SST berakhir maka proses *rsync* akan *hang* dan *port* yang digunakan akan tertahan selamanya. Pesan *error* 'port in use' akan ditampilkan pada *error log* pada server;

- Pada kluster dengan jumlah transaksi yang tinggi, performa sistem *database* tidak dapat lebih tinggi dari performa *node* yang paling rendah dalam kluster tersebut. Hal ini disebabkan karena penggunaan *wsrep provider* pada MariaDB Galera Cluster akan meningkatkan jumlah transaksi dalam jumlah yang cukup besar;
- Perintah FLUSH PRIVILEGES tidak akan direplikasi sehingga pengguna harus menjalankan perintah tersebut secara manual untuk tiap *node* dalam kluster;

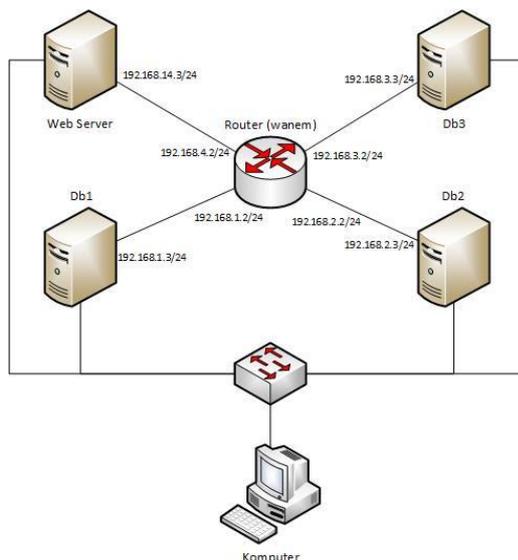
3 PERANCANGAN

Proses perancangan pada penelitian ini terbagi menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah proses perancangan *testbed* pengujian. Bagian kedua adalah perancangan skenario pengujian.

3.1 Rancangan Testbed

Testbed percobaan dibangun menggunakan satu komputer fisik dan teknologi virtualisasi VirtualBox. Dalam komputer fisik tersebut akan dirancang beberapa komputer virtual dengan topologi sesuai dengan Gambar 1. Ada beberapa perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini. Perangkat lunak yang tersebut adalah:

- MariaDB versi 10.1.18. Pada versi ini, MariaDB Galera cluster sudah terintegrasi di dalamnya.
- Wanem versi 3.0 yang akan digunakan untuk emulasi kondisi jaringan sesuai dengan skenario pengujian.
- VirtualBox versi 5.1.6 yang akan digunakan untuk membangun testbed penelitian.



Gambar 1 Testbed Pengujian

Terdapat lima komputer virtual dalam *testbed* tersebut. Tiga komputer virtual berperan sebagai kluster *database*. Di dalamnya terdapat perangkat lunak MariaDB Galera Cluster yang telah dikonfigurasi sesuai dengan skenario pengujian.

Satu komputer berperan sebagai *Web Server* yang bertugas membangkitkan data yang nantinya akan dimasukkan ke dalam *node* tertentu dalam kluster *database*. Satu komputer virtual terakhir berperan sebagai *router* yang menghubungkan ketiga *database server* sekaligus melakukan emulasi trafik jaringan sesuai dengan skenario pengujian menggunakan perangkat lunak Wanem.

Keseluruhan komputer virtual tersebut terhubung ke komputer fisik (*host*) melalui sebuah jaringan khusus yang disebut dengan *host only network*. Tujuannya agar proses pemantauan tiap komputer virtual tidak terganggu oleh dampak emulasi trafik jaringan yang dilakukan oleh *router*.

3.2 Rancangan Skenario Pengujian

Bagian ini menjelaskan rancangan skenario pengujian. Dari skenario ini diharapkan dapat menghasilkan nilai pengujian yang mampu menggambarkan avaiabilitas dan reliabilitas dari replikasi *master-to-master database server* menggunakan metode SST *rsync* pada MariaDB Galera Cluster. Daftar skenario pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skenario Pengujian

Skenario	Jenis Kegagalan	Jumlah Node
1	<i>database service down</i>	2
2	<i>database service down</i>	3
3	<i>connection down</i>	2
4	<i>connection down</i>	3
5	<i>server down</i>	2
6	<i>server down</i>	3
7	10% <i>packet loss</i>	2
8	10% <i>packet loss</i>	3

Secara umum terdapat empat jenis kegagalan yang diuji coba, yaitu:

- *database service down*, yaitu kondisi dimana *database service* pada salah satu *node* sengaja dihentikan secara normal. Skenario ini mensimulasikan kondisi ketika salah satu *node* mengalami *maintenance* sehingga *database service* perlu dihentikan;
- *connection down*, yaitu kondisi dimana koneksi jaringan pada salah satu *node* sengaja diputus. Skenario ini mensimulasikan kondisi ketika koneksi jaringan pada salah satu *database server* terputus;
- *server down*, yaitu kondisi dimana salah satu *node* sengaja dimatikan paksa sehingga menyebabkan *database service* akan terhenti secara abnormal. Skenario ini mensimulasikan kondisi ketika perangkat keras *server* mengalami gangguan yang menyebabkan komputer *server* berhenti bekerja;
- 10% *packet loss*, yaitu kondisi dimana *packet loss* pada koneksi jaringan salah satu *node* sengaja dibangkitkan sebesar 10% menggunakan *network emulator*. Skenario ini mensimulasikan

kondisi ketika terjadi gangguan pada jaringan berupa *packet loss*.

Keempat jenis kegagalan tersebut diuji pada kluster dengan jumlah *node* yang berbeda, yaitu dua *node* dan tiga *node* dalam satu kluster. Tujuan dari skenario dengan perbedaan jumlah *node* ini adalah untuk mengetahui dampak dari penambahan jumlah *node* terhadap availabilitas dan reliabilitas dari kluster *database*.

Ketika Web Server membangkitkan data yang kemudian dimasukkan ke dalam salah satu *node* dalam kluster *database*, delapan skenario kegagalan tersebut akan dijalankan pada satu *node* lainnya. Kemudian dipantau dampak dari kegagalan tiap skenario tersebut. Langkah berikutnya adalah memulihkan kondisi kegagalan dan memantau kondisi kluster *database* setelah kondisi kegagalan tersebut berhasil dipulihkan. Langkah ini mensimulasikan kondisi ketika kegagalan tersebut berhasil diperbaiki. Dengan skenario pengujian seperti ini diharapkan dapat diketahui availabilitas dan reliabilitas dari kluster *database* ketika dan setelah kondisi kegagalan terhadap terjadi.

4 HASIL DAN ANALISIS PERCOBAAN

Hasil dari percobaan sesuai dengan skenario pada Tabel 1 dapat dilihat pada Tabel 2. Data tersebut didapatkan dari beberapa kali percobaan pada tiap skenario. Hasil yang didapat tiap kali percobaan tidak berubah, sehingga dapat disimpulkan bahwa dampak dari tiap skenario kegagalan bersifat konsisten.

Skenario nomor 1 dan 2, yaitu skenario kegagalan berupa *database service down* dengan jumlah *node* 2 dan 3, tidak menyebabkan gangguan pada kluster *database*. *Node* yang aktif masih dapat melayani akses dari pengguna.

Pada skenario nomor 3, yaitu skenario kegagalan berupa *network down* pada salah satu *node* dalam kluster dengan jumlah *node* 2, *node* lain yang masih aktif tidak dapat beroperasi. Ketika mencoba memasukkan data menggunakan *script* yang dijalankan dari *Web Server* ke dalam *node* tersebut muncul pesan *error* ‘*Deadlock found when trying to get lock*’. Hal ini disebabkan karena koneksi jaringan pada skenario tersebut terputus ketika *State Snapshot Transfer* (SST) sedang berlangsung pada kedua *node*, sehingga MariaDB mencegah adanya penambahan data baru untuk menghindari inkonsistensi data. Namun kondisi ini tidak terjadi pada kluster dengan tiga *node* (skenario nomor 4). Pada kluster dengan tiga *node*, proses SST masih dapat berlangsung pada dua *node* yang masih aktif, sehingga gangguan pada satu *node* tidak menyebabkan gangguan sinkronisasi data pada *node* lainnya dalam kluster tersebut. Hal ini tidak terjadi pada skenario nomor 4 yang menggunakan 3 buah *node*.

Pada skenario nomor 5, yaitu skenario kegagalan berupa *server down* pada salah satu *node*

dalam kluster dengan jumlah *node* 2, *node* lainnya tidak mengalami gangguan dan dapat beroperasi normal. Namun ketika *node* yang dihentikan paksa tersebut dinyalakan kembali muncul pesan *error* 1407 yang bertuliskan ‘*WSREP has not yet prepared node for application use*’ pada kedua *node*. *Error* ini berlangsung terus menerus sehingga seluruh *node* dalam kluster berhenti bekerja dan tidak dapat melakukan sinkronisasi data. Hal ini disebabkan karena adanya data yang *corrupt* pada *node* yang dimatikan secara paksa.

Tabel 2. Hasil Percobaan

Skenario	Dampak	Kondisi Setelah Kegagalan Dipulihkan
1	NORMAL; <i>Node</i> yang lain tetap dapat beroperasi.	NORMAL; Replikasi kembali berjalan; Data sinkron.
2	NORMAL; <i>Node</i> yang lain tetap dapat beroperasi.	NORMAL; Replikasi kembali berjalan; Data sinkron.
3	ERROR; <i>Node</i> yang lain tidak dapat beroperasi.	NORMAL; Replikasi kembali berjalan.
4	NORMAL; <i>Node</i> yang lain tetap dapat beroperasi.	NORMAL; Replikasi kembali berjalan.
5	NORMAL; <i>Node</i> yang lain tetap dapat beroperasi.	ERROR; Replikasi terhenti dan muncul error 1407.
6	NORMAL; <i>Node</i> yang lain tetap dapat beroperasi.	NORMAL; Replikasi sempat terhenti dan muncul error 1407 namun tidak berapa lama replikasi berjalan normal kembali.
7	NORMAL; <i>Node</i> yang lain tetap dapat beroperasi.	NORMAL; Replikasi kembali berjalan.
8	NORMAL; <i>Node</i> yang lain tetap dapat beroperasi.	NORMAL; Replikasi kembali berjalan.

Namun sekali lagi, kondisi ini tidak terjadi pada kluster dengan tiga *node* (skenario nomor 6). Pada kluster dengan jumlah *node* 3, pesan *error* 1407 tersebut hanya muncul sesaat ketika *node* yang dihentikan paksa tersebut dinyalakan kembali, namun setelah beberapa lama pesan *error* tersebut hilang dan sinkronisasi data dalam kluster tersebut dapat berjalan normal kembali.

Pada skenario nomor 7 dan 8, yaitu skenario kegagalan berupa *packet loss* sebesar 10%, kluster *database* dapat berjalan dengan baik. Gangguan berupa *packet loss* sebesar 10% tersebut masih dapat

diatasi oleh kluster *database* baik kluster yang menggunakan dua *node* maupun kluster yang menggunakan tiga *node*.

Terdapat beberapa catatan yang juga menjadi perhatian dari hasil percobaan. Pertama adalah kondisi *service* MariaDB setelah *server* mengalami *crash* atau dihentikan paksa. Ketika *server* dinyalakan kembali, *service* MariaDB tidak dapat dinyalakan. Langkah yang harus dilakukan adalah dengan melakukan *recovery* database dengan perintah ‘mysqld --wsrep-recover’. Perintah ini akan melakukan perbaikan data yang gagal tersinkronisasi.

5 KESIMPULAN

Tabel 3. Kesimpulan hasil percobaan

Jenis Kegagalan	Jumlah Node	
	2	3
<i>database service down</i>	Normal	Normal
<i>connection down</i>	Error	Normal
<i>server down</i>	Error	Normal
10% <i>packet loss</i>	Normal	Normal

Percobaan yang dilakukan terhadap MariaDB Galera Cluster pada penelitian ini semakin menguatkan pernyataan limitasi yang telah tertulis pada dokumentasi MariaDB Galera Cluster. Selain itu terdapat beberapa hal yang perlu menjadi perhatian oleh administrator sistem ketika mengimplementasikan MariaDB Galera Cluster.

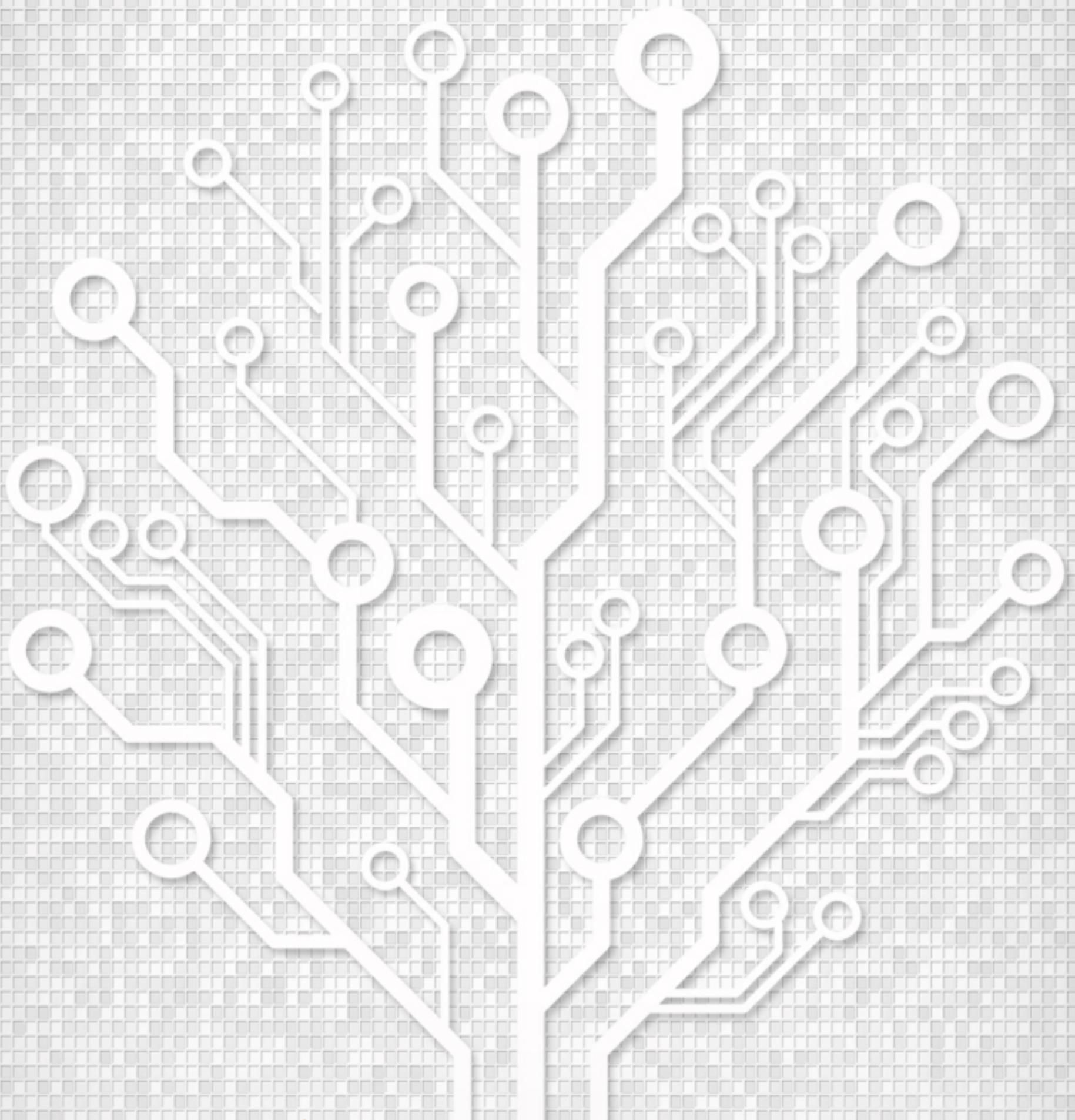
Seperti yang telah dituliskan pada Tabel 3, hal pertama yang harus menjadi perhatian adalah jumlah *node* dalam kluster. Hasil percobaan membuktikan bahwa kluster yang hanya memiliki dua *node* akan sangat rentan terkena gangguan jika salah satu *node* terputus koneksinya atau mengalami *down* atau *crash*. Bahkan gangguan tersebut dapat menyebabkan keseluruhan kluster berhenti bekerja. Hal ini sangat fatal karena *database* adalah bagian krusial dari sebuah sistem atau aplikasi, dimana kegagalan database akan menyebabkan keseluruhan sistem atau aplikasi dapat terganggu. Untuk mencegah hal tersebut, jumlah node minimal yang disarankan ketika membangun kluster *database* adalah tiga *node*. Dari hasil percobaan terbukti bahwa kluster dengan 3 buah *node* dapat menanggapi seluruh skenario kegagalan yang diujikan dan kluster *database* tetap dapat bekerja dengan baik. Hal kedua adalah ketika *server* mengalami *crash*, maka *service* MariaDB tidak dapat berjalan ketika server meyala kembali. Perlu dilakukan *recovery* terlebih dahulu secara manual dengan perintah ‘mysqld --wsrep-recover’.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan tiga *node* dalam satu kluster *database*, availabilitas dan reliabilitas MariaDB Galera Cluster dapat terjaga dengan baik, dengan catatan bahwa tidak ada lebih dari dua *node* yang mengalami kegagalan pada saat yang bersamaan. Bila memang data yang disimpakan sangat krusial, maka disarankan untuk menambah jumlah node agar dapat

meningkatkan availabilitas dan reliabilitas dari sistem *database*.

6 DAFTAR PUSTAKA

- ADITYA, B. & JUHANA, T., 2015. A high availability (HA) MariaDB Galera Cluster across data center with optimized WRR scheduling algorithm of LVS - TUN. In *2015 9th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA)*. IEEE, hal. 1–5.
- DOMASCHKA, J., HAUSER, C.B. & ERB, B., 2014. Reliability and Availability Properties of Distributed Database Systems. In *2014 IEEE 18th International Enterprise Distributed Object Computing Conference*. IEEE, hal. 226–233.
- MARIADB, 2014a. About Galera Replication. Tersedia di: <https://mariadb.com/kb/en/mariadb/about-galera-replication/> [Diakses Januari 22, 2017].
- MARIADB, 2014b. About MariaDB. Tersedia di: <https://mariadb.org/about/> [Diakses Januari 12, 2017].
- MARIADB, 2015. MariaDB Galera Cluster - Known Limitations. Tersedia di: <https://mariadb.com/kb/en/mariadb/mariadb-galera-cluster-known-limitations/> [Diakses Januari 19, 2017].
- MARIADB, 2017. MariaDB Galera Cluster Configuration Variables. Tersedia di: <https://mariadb.com/kb/en/mariadb/galera-cluster-system-variables/>.
- PACITTI, E. ET AL., 2005. Preventive Replication in a Database Cluster. *Distributed and Parallel Databases*, 18(3), hal.223–251.
- YURCHENKO, A., 2009. MySQL patches by Codership. Tersedia di: <https://launchpad.net/codership-mysql> [Diakses Januari 19, 2017].



JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



9 772355 769000