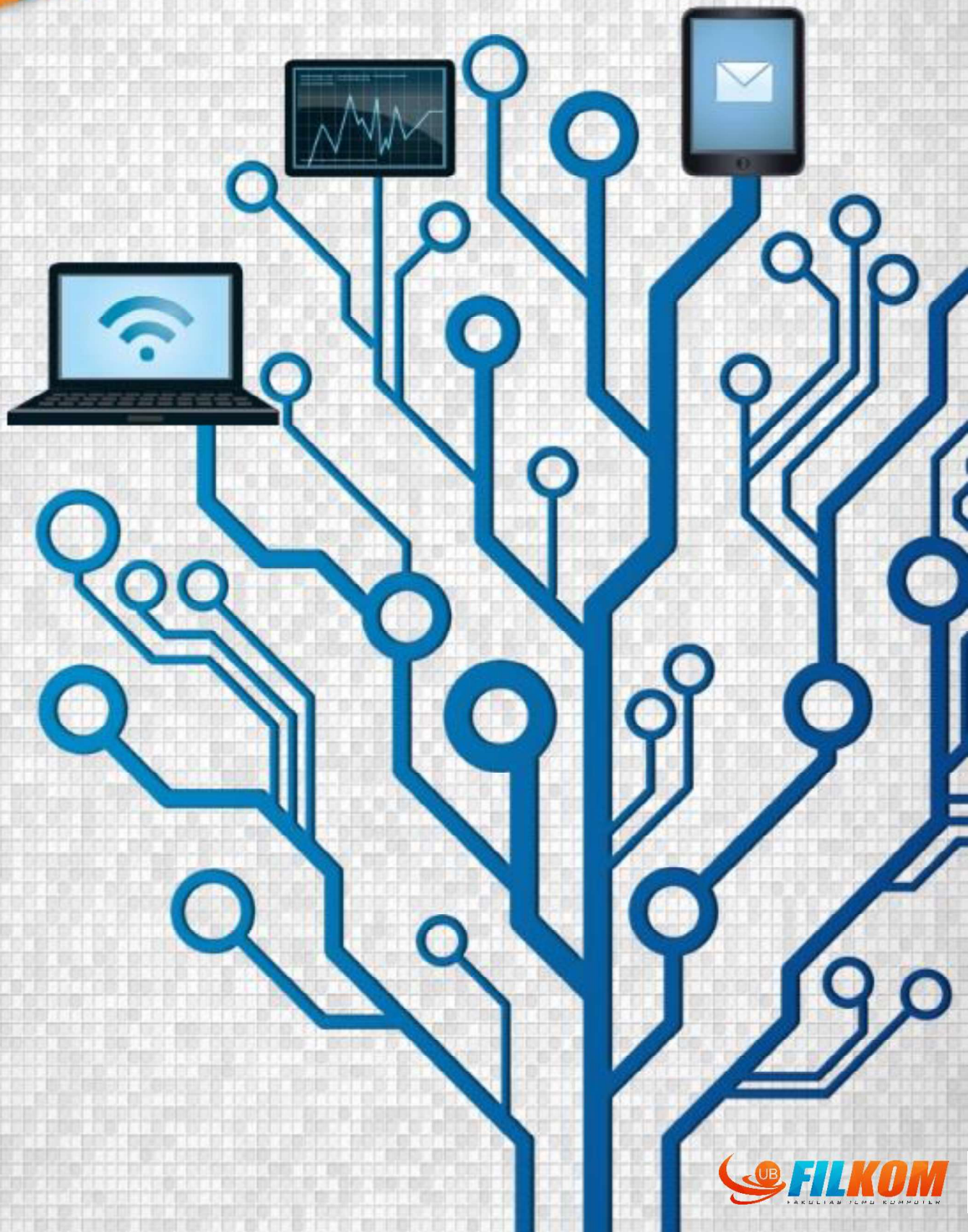


JURNAL

TEKNOLOGI INFORMASI & ILMU KOMPUTER

Volume 3 | Nomor 1 | Maret 2016 | Halaman 1-82



JTIK

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

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

M. 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.

JTIK

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

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 Madura)
2. Barlian Henryranu Prasetio (Universitas Brawijaya, Malang)
3. Budi Darma Setiawan (Universitas Brawijaya, Malang)
4. Eka Mistiko Rini (Politeknik Negeri Banyuwangi)
5. Erick Fernando (STIKOM Dinamika Bangsa Jambi)
6. Indri Sudanawati Rozas (UIN Sunan Ampel Surabaya)
7. Heliza Rahmania Hatta (Universitas Mulawarman, Samarinda)
8. Nurfiana (Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya Bandar Lampung)
9. Rahimi Fitri (Politeknik Negeri Banjarmasin)
10. Ratih Ayuninghemi (Politeknik Negeri Jember)
11. Robbi Rahim (Institut Teknologi Medan)
12. Wayan Firdaus Mahmudy (Universitas Brawijaya, Malang)

JTIK

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

ISSN 2355-7699

DAFTAR ISI

Optimasi Pemilihan Layanan Streaming Multimedia Berbasis UPnP Untuk Kondisi Dinamis. <i>Fariz Andri Bakhtiar, Waskitho Wibisono, Baskoro Adi Pratomo</i>	1-9
Optimasi Jaringan Serat Optik Menggunakan Metode Algoritma Genetika (Studi Kasus Unisma). <i>Diki Okiandri, Sholeh Hadi Pramono, Erni Yudaningtyas</i>	10-18
Aplikasi Mobile Scotect: Aplikasi Deteksi Warna Tanah Dengan Teknologi Citra Digital Pada Android. <i>Ihwanudien Hasan Robbani, Enny Trisnawati, Rakhmadina Noviyanti, Afrizal Rivaldi, Fitri Utaminigrum</i>	19-26
Sistem Temu Kembali Citra Berbasis Konten Menggunakan Haar Wavelet Transform Dan K-Means Clustering. <i>Eriq Muhammad Adams Jonemaro, Denny Sagita Rusdianto</i>	27-34
Rancang Bangun Sistem Informasi Honorarium Mengajar Dosen. <i>Wiyata .</i>	35-42
Penjadwalan Kapal Penyeberangan Menggunakan Algoritma Genetika. <i>Ria Febriyana, Wayan Firdaus Mahmudy</i>	43-50
Aplikasi Rumah Pintar (Smart Home) Pengendali Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Web. <i>Fauzan Masykur, Fiqiana Prasetyowati</i>	51-58
Pemodelan Regresi Non Linear Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Prediksi Kebutuhan Air PDAM Kota Malang. <i>Vitara Nindya Putri Hasan, Wayan Firdaus Mahmudy, Mohammad Zoqi Sarwani</i>	59-65
Optimasi Model Segmentasi Citra Metode Fuzzy Divergence Pada Citra Luka Kronis Menggunakan Algoritma Genetika. <i>Ghenny Rachmansyah, Wayan Firdaus Mahmudy, Rizal Setya Perdana</i>	66-74
Implementasi Logika Fuzzy Pada Sistem Berbasis Field Programmable Gate Array (FPGA). <i>Mochammad Hannats Hanafi Ichsan, Eko Setiawan, Mochamad Afief Hamidi</i>	75-82

OPTIMASI PEMILIHAN LAYANAN *STREAMING* MULTIMEDIA BERBASIS *UPnP* UNTUK KONDISI DINAMIS

Fariz Andri Bakhtiar¹, Waskitho Wibisono², Baskoro Adi Pratomo³

¹ Mahasiswa Program Pascasarjana Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia

² Dosen Program Pascasarjana Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia

³ Dosen Program Pascasarjana Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia

Email: ¹fariz10@mhs.if.its.ac.id, ²waswib@if.its.ac.id, ³baskoro@if.its.ac.id

(Naskah masuk: 18 Februari 2016, diterima untuk diterbitkan: 17 Maret 2016)

Abstrak

Universal Plug and Play (UPnP) memungkinkan adanya jaringan tanpa konfigurasi dan administrasi manual. *UPnP* bekerja pada jaringan yang mendukung pesan *multicast*. Ia mengatur pengalamatan, penemuan, deskripsi, serta pemilihan perangkat dan layanan. Proses penemuan layanan dalam lingkungan dinamis harus mengurangi konfigurasi manual, memungkinkan penemuan otomatis dan pemilihan layanan yang optimal, serta menawarkan secara terkini layanan-layanan yang tersedia. Pada kondisi di mana beberapa *host* menyediakan layanan yang sama, bagaimana klien memilih layanan menjadi permasalahan tersendiri. Pemilihan layanan yang paling sesuai dapat dilakukan secara otomatis oleh klien *UPnP*. Pemilihan layanan dilaksanakan berdasarkan parameter yang mencerminkan kondisi jaringan saat itu, seperti *delay* dan *packet loss*. Pada aplikasi-aplikasi *streaming* multimedia berbasis *UPnP* yang ada, pemilihan layanan dilakukan tanpa penentuan prioritas sama sekali. Aplikasi klien mengambil begitu saja salah satu layanan *streaming* multimedia dari sejumlah perangkat penyedia layanan di jaringan, bahkan secara acak. Implementasi aplikasi *streaming* multimedia di lingkungan dinamis menyebabkan perlunya optimasi terhadap mekanisme pemilihan layanan yang sudah ada. Pada penelitian ini diusulkan metode dalam melakukan optimasi pada pemilihan layanan *streaming* multimedia berbasis *UPnP* untuk kondisi dinamis, yaitu kondisi di mana dapat terjadi perubahan pada *delay*, *packet loss*, dan ketersediaan layanan. Dari hasil percobaan, terbukti bahwa optimasi tersebut menurunkan *end-to-end delay* rata-rata antara klien dengan penyedia layanan *streaming* multimedia sebesar 35,343%, meski terdapat anomali pada beberapa skenario, yaitu naiknya *end-to-end delay* rata-rata, yang bisa jadi dipengaruhi oleh peningkatan beban kerja penyedia layanan.

Kata kunci: pemilihan layanan, *streaming*, *UPnP*

Abstract

Universal Plug and Play (UPnP) enables networking without manual configuration and administration. *UPnP* works at a network supporting multicast messages. It arranges addressing, discovery, description, and also device and service selection. The process of service discovery in dynamic environment should reduce manual configuration, enable automatic discovery and optimal service selection, and also offer up-to-date services available. In a condition where some hosts run same services, how clients select them becomes one interesting issue. The selection of the most appropriate service is to be done automatically by *UPnP* clients. Service selection will be held based on current condition of the network, such as delay and packet loss. On existing multimedia streaming applications, service selection is done without any prioritizing. Client applications just fetch a service from a number of service providers in the network, even randomly. Implementations of multimedia streaming applications in dynamic environment, where there might be changes on delay, packet loss, and the availability of services at service providers, causes the urgency of optimization in existing service selection mechanism. In this study, a method of optimizing the *UPnP*-based service selection of multimedia streaming for dynamic condition is proposed. Experiments prove that the optimization reduces average *end-to-end delay* between clients and multimedia streaming service providers at the rate of 35.343%. There were anomalies at some scenarios though. Some delay grew higher, which could be affected by the increase of service providers' load.

Keywords: service selection, *streaming*, *UPnP*

1. PENDAHULUAN

Teknologi *UPnP* mendefinisikan arsitektur untuk konektivitas jaringan *pervasive* secara *peer-to-*

peer antara perangkat-perangkat yang terhubung melalui kabel/nirkabel. *UPnP* menyediakan konektivitas kepada jaringan *ad-hoc* atau nol-konfigurasi, dan penemuan beragam jenis perangkat dari berbagai vendor secara otomatis. Perangkat

UPnP dapat secara dinamis bergabung di sebuah jaringan, memperoleh alamat IP, mengumumkan layanannya, serta mendapat informasi tentang adanya perangkat lain dan layanan yang ditawarkan (UPnP FORUM, 2015).

UPnP bekerja pada jaringan yang mendukung pesan *multicast*. Ia memungkinkan pengalamatan, penemuan, deskripsi, dan pemilihan perangkat dan layanan. UPnP dibangun di atas beberapa teknologi *open source* seperti *Simple Object Access Protocol* (SOAP), *HyperText Transfer Protocol* (HTTP), dan *eXtensible Markup Language* (XML), berdasarkan konsep perangkat sebagai wadah layanan. Setiap layanan memiliki deskripsi yang mencakup keadaan *default*, sejumlah *event* yang dapat dilanggan, dan deskripsi fungsi layanan dengan tindakan yang dapat dipanggil (GRIMMETT & O'NEILL, 2012).

Tahap pemilihan layanan dilakukan klien peminta layanan setelah terkumpulnya informasi tentang layanan yang diminta. Pemilihan layanan dapat dilakukan secara otomatis (VERVERIDIS & POLYZOS, 2008). Contoh pendekatan sederhananya ialah memilih layanan berdasarkan kondisi jaringan saat itu, seperti *delay* dan *packet loss*.

Kondisi dinamis yang berkaitan dengan *streaming* multimedia meliputi keadaan di mana parameter-parameter yang terlibat di dalamnya rentan mengalami perubahan. Termasuk di antara contoh-contohnya antara lain berubahnya nilai *end-to-end delay* antara klien dengan penyedia layanan *streaming*, persentase *packet loss* yang dapat terjadi di antara keduanya, serta ketersediaan layanan pada penyedia layanan.

Pada aplikasi-aplikasi *streaming* multimedia berbasis UPnP yang ada, pemilihan layanan dilakukan tanpa penentuan prioritas sama sekali. Aplikasi klien mengambil begitu saja salah satu layanan *streaming* multimedia dari sejumlah perangkat penyedia layanan di jaringan, bahkan secara acak (GUAN dkk., 2007). Implementasi aplikasi *streaming* multimedia di lingkungan dinamis menyebabkan perlunya optimasi terhadap mekanisme pemilihan layanan yang sudah ada. Dalam penelitian ini diusulkan metode dalam melakukan optimasi pemilihan layanan *streaming* multimedia berbasis UPnP untuk kondisi dinamis. Metode yang digunakan menerapkan penskoran berdasarkan parameter *end-to-end delay* antara klien dengan penyedia layanan *streaming* dan *packet loss* yang dapat terjadi di penyedia layanan *streaming*. Berbeda dengan mekanisme pemilihan layanan *streaming* multimedia berbasis UPnP secara bawaan, yang tidak mempertimbangkan parameter-parameter tersebut.

End-to-end delay merupakan waktu total yang dibutuhkan untuk mentransmisikan paket sepanjang jalur yang dilaluinya, sejak dari aplikasi tempat paket tersebut berasal, hingga sampai di tempat tujuannya. Jenis *delay* ini didapatkan dengan

mengakumulasikan setiap *nodal delay* pada setiap titik (*node*) *router* di jaringan. *Nodal delay* sendiri merupakan penjumlahan dari *processing delay*, *queueing delay*, *transmission delay*, dan *propagation delay* (KUROSE & ROSS, 2013). Pengukuran terhadap *delay* dapat dilakukan menggunakan utilitas *ping*, untuk mengetahui *round-trip time* (RTT) total. RTT merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan paket ke tujuan hingga ia kembali lagi ke pengirim semula (NSRC, 2016).

Antrian di tiap *node* mempunyai batasan maksimum sesuai kapasitas memorinya. Paket yang datang di sebuah *router* bisa jadi menjumpai kondisi antrian yang penuh. Karena tidak ada tempat penyimpanan tersedia, *router* akan membuang (*drop*) paket tersebut. Kejadian ini disebut *buffer overflow*, yaitu meluapnya *buffer* (bagian dari memori kom-puter untuk penyimpanan data yang dikirimkan/ diterima ke/dari perangkat eksternal) di *router*. Dibuangnya paket oleh *router* menyebabkan hilangnya paket (*packet loss*). Seiring dengan meningkatnya intensitas trafik di jaringan, potensi *packet loss* juga turut bertambah. Maka, selain menggunakan parameter *delay*, performa pada sebuah *node* sering diukur dengan probabilitas *packet loss* (KUROSE & ROSS, 2013).

Tujuan dari metode ini adalah untuk memperkecil *end-to-end delay* antara klien peminta layanan dengan penyedia layanan. Semakin rendah besaran *delay*, semakin baik performa layanan *streaming* multimedia.

2. UPnP

Cara kerja UPnP seperti dikemukakan oleh (HKCERT, 2013) meliputi beberapa proses, yaitu Pengalamatan (*Addressing*), Penemuan (*Discovery*), Deskripsi (*Description*), Kendali (*Control*), Notifikasi *event* (*Event notification*), dan Presentasi (*Presentation*).

2.1 Pengalamatan (*Addressing*)

Ketika perangkat berkemampuan UPnP dihubungkan dengan jaringan, perangkat tersebut akan berupaya mendapatkan alamat *Internet Protocol* (IP) melalui protokol *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP).

2.2 Penemuan (*Discovery*)

Penemuan layanan UPnP di jaringan dikendalikan oleh protokol *Simple Service Discovery Protocol* (SSDP). Ketika ada perangkat terpasang di sebuah jaringan dan telah mendapatkan alamat dengan baik, ia akan mengumumkan layanan-layanan yang dimilikinya kepada *UPnP Control Point* yang ada di jaringan tersebut. Perangkat tersebut mengirimkan pesan penemuan (*discovery message*) kepada alamat *multicast* di nomor *port* 1900, melalui protokol *User Datagram Protocol*

(UDP). Kemudian, *UPnP Control Point* dapat melakukan penemuan terhadap layanan-layanan yang disediakan oleh perangkat-perangkat yang ada di dalam jaringan tersebut.

2.3 Deskripsi (*Description*)

Begitu perangkat-perangkat yang menyediakan layanan telah ditemukan, *UPnP Control Point* akan mendapatkan deskripsi tentang perangkat-perangkat tersebut dan informasi detail tentang layanan-layanan dari alamat yang disediakan oleh perangkat-perangkat dalam pesan penemuan. Tahap deskripsi bisa jadi mengandung beberapa informasi antara lain nama produk perangkat, nama model perangkat, nomor seri perangkat, identitas (ID) vendor, dan layanan-layanan yang tertanam.

2.4 Kendali (*Control*)

Setelah sebuah *UPnP Control Point* mendapatkan deskripsi dan informasi detail tentang layanan dari sebuah perangkat, maka perangkat tersebut akan dapat dikendalikan oleh *UPnP Control Point* melalui pesan-pesan kontrol yang dituliskan dalam *eXtensible Markup Language* (XML) menggunakan *Simple Object Access Protocol* (SOAP). Permintaan terhadap layanan tertentu dapat dilakukan dengan mengirimkan pesan SOAP kepada *UPnP Control Point* menggunakan parameter-parameter yang benar, sehingga permintaan tersebut akan diproses dan menghasilkan keluaran dalam bentuk pesan SOAP juga.

2.5 Notifikasi event (*Event notification*)

"Variabel-variabel keadaan (*state*)" digunakan untuk menyimpan beberapa bentuk keadaan dalam perangkat-perangkat dan program-program UPnP. Sebuah program dapat berlangganan kepada perubahan keadaan. Jika ada pembaharuan pada layanan yang disediakan saat sebuah variabel keadaan berubah, maka pesan *event* dengan keadaan yang baru akan dikirimkan kepada semua program/perangkat yang telah berlangganan pada *event* tersebut.

2.6 Presentasi (*Presentation*)

Tahap presentasi merujuk pada antarmuka yang dapat dikendalikan oleh manusia. Contohnya antarmuka web pada sebuah *router* yang memungkinkan pengguna melakukan konfigurasi dan mengendalikan perangkat-perangkat yang ada.

3. PEMILIHAN LAYANAN

Proses identifikasi layanan, yang dikenal sebagai penemuan layanan (*service discovery*), merupakan bagian penting dari *Service Oriented Architecture* (SOA). Arsitektur penemuan layanan yang dijalankan pada lingkungan dinamis harus dapat mengurangi konfigurasi manual,

memungkinkan penemuan yang terjadi secara otomatis dan pemilihan layanan yang relevan, serta menawarkan gambaran lengkap dan terkini dari layanan-layanan yang tersedia pada titik waktu tertentu (JOHNSEN dkk., 2008).

Tahap pemilihan layanan dilakukan klien peminta layanan setelah terkumpulnya informasi tentang layanan yang diminta. Pemilihan layanan dapat dilakukan secara otomatis (VERVERIDIS & POLYZOS, 2008). Contoh pendekatan sederhananya ialah memilih layanan berdasarkan kondisi jaringan saat itu, seperti *delay* dan *packet loss*.

4. MEKANISME PEMILIHAN LAYANAN

Mekanisme pemilihan layanan yang dirancang dalam penelitian ini diimplementasikan dalam *Bash scripting*, sebagai pendamping Grilo Plugins pada Totem Movie Player versi 3.0.1 yang dijalankan pada sistem operasi Linux Ubuntu 12.04 LTS. Mekanisme tersebut berjalan pada *application layer* di sisi klien UPnP. Pada tiap perangkat yang berkomunikasi diterapkan protokol UPnP agar dapat saling terhubung satu sama lain. Dalam protokol UPnP terdapat mekanisme pemilihan layanan. Untuk keperluan optimasi, mekanisme pemilihan layanan tersebut perlu disesuaikan dengan kriteria-kriteria pemilihan layanan *streaming* multimedia.

Setelah mendapatkan informasi berupa layanan yang tersedia beserta lokasi penyedia layanannya, klien melakukan mekanisme pemilihan layanan, didasarkan pada kriteria-kriteria berikut:

- *End-to-end delay* antara klien dengan penyedia layanan.
- *Packet loss* pada link antara klien dengan penyedia layanan.

Keputusan pemilihan layanan oleh klien didasarkan pada penskoran dengan metode yang didefinisikan pada Rumus (1) berikut (DATA, 2014):

$$P_{IP} = (b_1 \times (1 - D_{IP})) + (b_2 \times (1 - L_{IP})) \quad (1)$$

P_{IP} adalah nilai prioritas pemilihan layanan untuk setiap alamat *IP* yang menyediakan layanan *streaming* multimedia. Semakin besar nilai P_{IP} , makin tinggi tingkat prioritasnya. b_1 dan b_2 masing-masing mewakili nilai bobot *delay* dan bobot *packet loss*, dengan $(0 \leq b_1 \leq 1)$ dan $(0 \leq b_2 \leq 1)$, di mana $(b_1 + b_2 = 1)$. Besar nilai bobot ditentukan oleh pengguna. D_{IP} —dalam satuan *millisecond* (ms)—adalah nilai *end-to-end delay* antara klien dengan perangkat penyedia layanan yang beralamatkan *IP*, sedangkan L_{IP} (dalam satuan persen) adalah *packet loss* pada *link* antara klien dan perangkat penyedia layanan yang beralamatkan *IP*.

Implementasi mekanisme optimasi pemilihan layanan *streaming* multimedia pada penelitian ini dilaksanakan menggunakan Algoritma 1.

Algoritma 1: MEKANISME PEMILIHAN LAYANAN

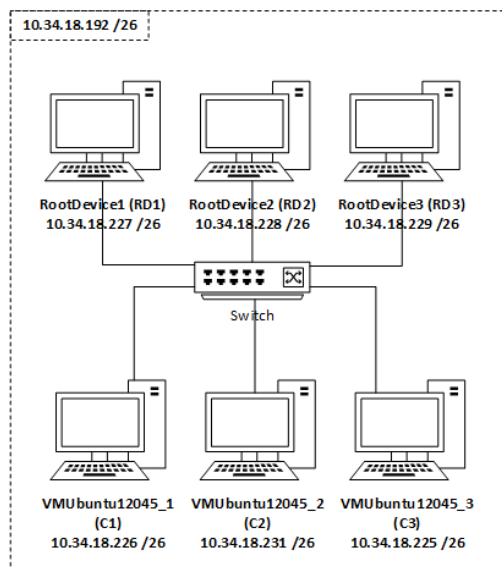
```

1: Input:  $b_1$ : bobot delay,  $b_2$ : bobot packet loss.
2: Output:  $P_{max}$ : prioritas tertinggi pemilihan layanan
   di antara alamat-alamat IP yang tersedia.
3: begin
4:   while true do
5:     Jalankan protokol penemuan layanan
6:     Ambil alamat-alamat IP perangkat-perangkat
       penyedia layanan yang ditemukan
7:     for IP (sejumlah perangkat penyedia
       layanan) do
8:        $D_{IP} := \text{end-to-end delay}$  antara klien
       dengan perangkat penyedia layanan yang
       beralamatkan IP
9:        $L_{IP} := \text{packet loss}$  pada link antara klien
       dan perangkat penyedia layanan yang
       beralamatkan IP
10:       $P_{IP} := (b_1 \times (1 - D_{IP}))$ 
               $+ (b_2 \times (1 - L_{IP}))$ 
11:       $P_{max} := \max(P_{IP})$ 
12:      Sleep(10s)
13: end

```

5. HASIL DAN ANALISIS

Implementasi dan pengujian dilakukan menggunakan enam *host*. Tiga *host* di antaranya berperan sebagai *UPnP Root Device (UPnP Media Server)*, yaitu *host* RootDevice1 (RD1), RootDevice2 (RD2), dan RootDevice3 (RD3). Sedangkan tiga *host* lainnya berperan sebagai *UPnP Client (UPnP Media Renderer)*, yaitu *host* VMUbuntu12045_1 (C1), VMUbuntu12045_2 (C2), dan VMUbuntu12045_3 (C3). Keenam *host* tersebut berada dalam satu *subnet* yang sama, dengan topologi jaringan *testbed* dan konfigurasi alamat *Internet Protocol (IP)* masing-masing *host* seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Topologi jaringan *testbed* dan konfigurasi alamat IP tiap *host* dalam implementasi & pengujian

5.1 Pengaruh Delay

Kebutuhan *Quality of Service (QoS)* untuk *streaming* audio/video antara lain toleransi *delay* hingga sebesar 150 ms (SZIGETI & HATTINGH, 2004). Pengujian pengaruh *delay* dilakukan dengan mensimulasikan *delay* menggunakan *Netem* pada beberapa *host* penyedia layanan *streaming* multimedia, dan membiarkan satu *host* penyedia layanan tanpa *delay*. Penambahan *delay* disimulasikan sebesar 50 ms dan 150 ms dengan toleransi ± 10 ms.

Tabel 1. Skenario Pengaruh *Delay*

Skenario No.	Delay Tambahan (ms)		
	RD1	RD2	RD3
1	0	0	0
2	0	0	50
3	0	0	150
4	0	50	50
5	0	50	150
6	0	150	150

Tabel 1 menunjukkan skenario-skenario pengujian pengaruh *delay*. Pada tiap skenario diatur penambahan *delay* secara sengaja pada masing-masing *host* RD1, RD2, dan RD3 dengan kombinasi nilai *delay* yang berbeda-beda, untuk melihat pengaruh *delay* terhadap mekanisme pemilihan layanan. Detail masing-masing skenario pengujian pada Tabel 1 yaitu sebagai berikut:

1. Pada RD1, RD2, dan RD3 tidak diberikan *delay* tambahan.
2. Pada RD1 dan RD2 tidak diberikan *delay* tambahan, sedangkan pada RD3 diberikan *delay* tambahan sebesar 50 ms.
3. Pada RD1 dan RD2 tidak diberikan *delay* tambahan, sedangkan pada RD3 diberikan *delay* tambahan sebesar 150 ms.
4. Pada RD1 tidak diberikan *delay* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *delay* tambahan masing-masing sebesar 50 ms.
5. Pada RD1 tidak diberikan *delay* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *delay* tambahan masing-masing sebesar 50 ms dan 150 ms.
6. Pada RD1 tidak diberikan *delay* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *delay* tambahan masing-masing sebesar 150 ms.

Pada tiap skenario diukur *end-to-end delay* rata-rata antara masing-masing klien dengan penyedia layanan, baik sebelum maupun sesudah dilakukan optimasi pada mekanisme pemilihan layanan.

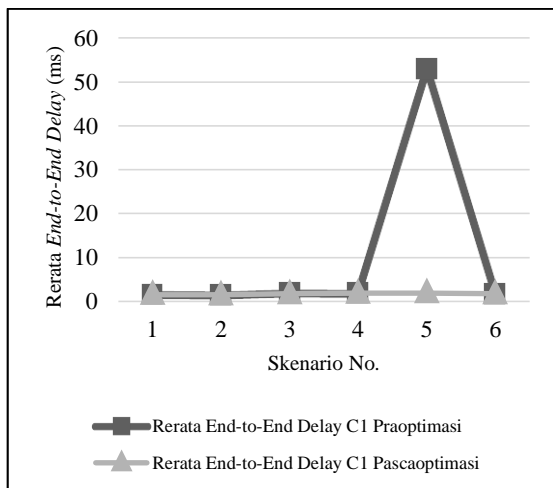
Hasilnya, setelah dilakukan optimasi, klien selalu memilih layanan yang disediakan oleh penyedia layanan dengan *end-to-end delay* terendah. Hal tersebut berbeda dengan keadaan praoptimasi, dalam mana klien tidak selalu memilih layanan yang disediakan oleh penyedia layanan dengan *end-to-end delay* terendah, bahkan pada beberapa skenario klien

memilih layanan yang disediakan oleh penyedia layanan dengan *end-to-end delay* tertinggi.

Perbandingan rata-rata *end-to-end delay* antara klien (C1, C2, dan C3) dengan penyedia layanan untuk pengujian pengaruh *delay*, pada penerapan mekanisme pemilihan layanan sebelum dioptimasi dan sesudah dioptimasi, dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4. Dalam bentuk grafik, data perbandingan tersebut ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.

Tabel 2. Rerata *End-to-End Delay* antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

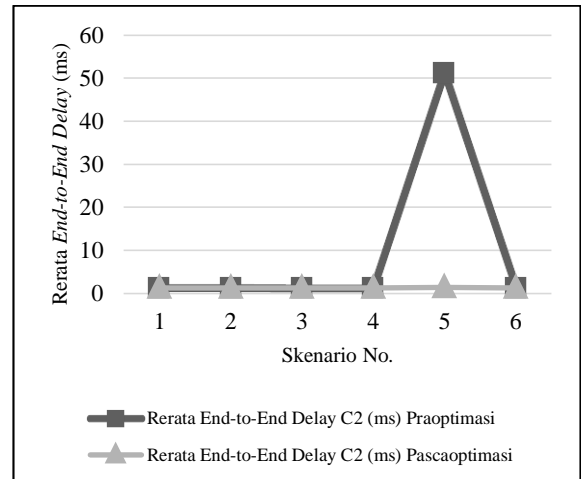
Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C1 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,603	1,500
2	1,487	1,448
3	1,911	1,725
4	1,839	1,848
5	53,053	1,919
6	1,648	1,684
Rata-rata	10,257	1,687



Gambar 2. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

Tabel 3. Rerata *End-to-End Delay* antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

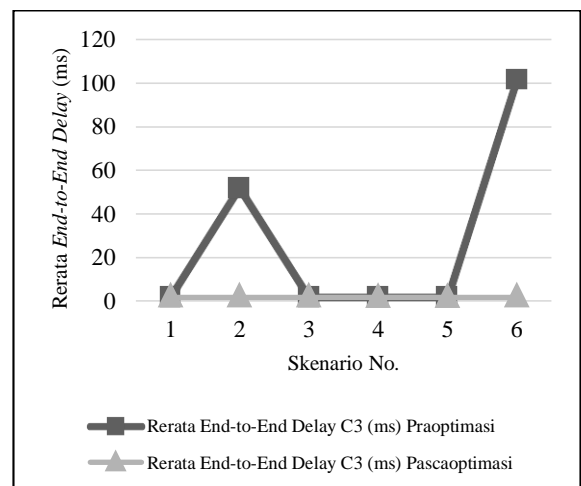
Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C2 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,276	1,249
2	1,271	1,204
3	1,207	1,229
4	1,256	1,200
5	51,258	1,329
6	1,277	1,254
Rata-rata	9,591	1,244



Gambar 3. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

Tabel 4. Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C3 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,891	1,748
2	51,766	1,729
3	1,724	1,710
4	1,726	1,620
5	1,693	1,649
6	101,623	1,754
Rata-rata	26,737	1,702



Gambar 4. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

Pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 ditunjukkan bahwa optimasi pemilihan layanan mampu menekan *end-to-end delay* rata-rata antara setiap klien dengan penyedia layanan yang terpilih. Pada beberapa skenario (C1 skenario 5, C2 skenario 5, C3 skenario 2, dan C3 skenario 6), selisih *end-to-end delay* sebelum dan sesudah optimasi cukup signifikan,

dengan persentase penurunan masing-masing sebesar 96,383%, 97,407%, 96,660%, dan 98,274%.

Adapun persentase penurunan *end-to-end delay* rata-rata pada pengujian pengaruh *delay* untuk C1, C2, dan C3 antara sebelum dan sesudah optimasi pemilihan layanan masing-masing sebesar 83,549%, 87,028%, dan 93,636%. Dari ketiga nilai persentase tersebut, didapatkan rata-rata penurunan *end-to-end delay* pada pengujian pengaruh *delay* sebesar 88,071%.

5.2 Pengaruh Packet Loss

Kebutuhan QoS untuk *streaming* audio/video antara lain persentase *packet loss* yang tak lebih dari 1% (SZIGETI & HATTINGH, 2004). Dalam pengujian pengaruh *packet loss*, dibangkitkan *packet loss* menggunakan *Netem* pada beberapa *host* penyedia layanan, salah satu *host* penyedia layanan dibiarkan tanpa *packet loss*. Penambahan *packet loss* disimulasikan sebesar 0,5% dan 1%.

Tabel 5. Skenario Pengaruh Packet Loss

Skenario No.	Packet Loss Tambahan (%)		
	RD1	RD2	RD3
1	0	0	0
2	0	0	0,5
3	0	0	1
4	0	0,5	0,5
5	0	0,5	1
6	0	1	1

Tabel 5 menunjukkan skenario-skenario pengujian pengaruh *packet loss*. Pada tiap skenario diatur penambahan *packet loss* secara sengaja pada masing-masing *host* RD1, RD2, dan RD3 dengan kombinasi nilai *packet loss* yang berbeda-beda, untuk melihat pengaruh *packet loss* terhadap mekanisme pemilihan layanan. Detail masing-masing skenario pengujian pada Tabel 5 yaitu sebagai berikut:

1. Pada RD1, RD2, dan RD3 tidak diberikan *packet loss* tambahan.
2. Pada RD1 dan RD2 tidak diberikan *packet loss* tambahan, sedangkan pada RD3 diberikan *packet loss* tambahan sebesar 0,5%.
3. Pada RD1 dan RD2 tidak diberikan *packet loss* tambahan, sedangkan pada RD3 diberikan *packet loss* tambahan sebesar 1%.
4. Pada RD1 tidak diberikan *packet loss* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *packet loss* tambahan masing-masing sebesar 0,5%.
5. Pada RD1 tidak diberikan *packet loss* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *packet loss* tambahan masing-masing sebesar 0,5% dan 1%.
6. Pada RD1 tidak diberikan *packet loss* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *packet loss* tambahan masing-masing sebesar 1%.

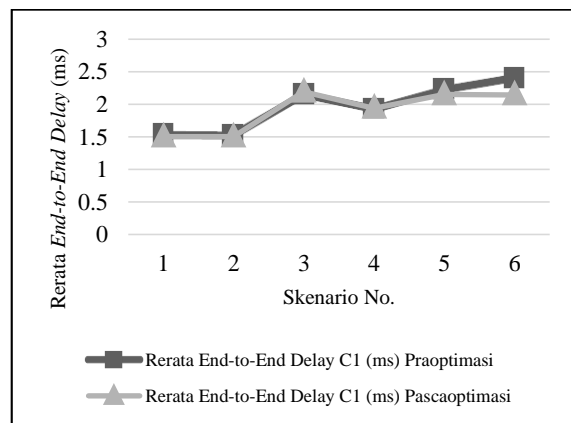
Pada tiap skenario diukur *end-to-end delay* rata-rata antara masing-masing klien dengan penyedia layanan, baik sebelum maupun sesudah dilakukan optimasi pada mekanisme pemilihan layanan.

Hasilnya, setelah optimasi, klien selalu memilih layanan yang disediakan oleh penyedia layanan dengan *end-to-end delay* terendah, seperti pada pengujian pengaruh *delay*. Hal tersebut berbeda dengan keadaan praoptimasi.

Perbandingan rata-rata *end-to-end delay* antara klien (C1, C2, dan C3) dengan penyedia layanan untuk pengujian pengaruh *packet loss*, pada penerapan mekanisme pemilihan layanan sebelum dioptimasi dan sesudah dioptimasi, dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8. Dalam bentuk grafik, data perbandingan tersebut ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

Tabel 6. Rerata End-to-End Delay antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Packet Loss

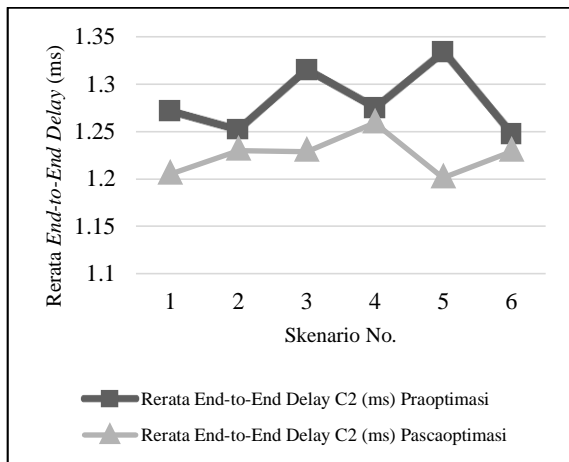
Skenario No.	Rerata End-to-End Delay C1 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,543	1,502
2	1,537	1,503
3	2,152	2,192
4	1,933	1,939
5	2,226	2,149
6	2,406	2,147
Rata-rata	1,966	1,905



Gambar 5. Grafik Rerata End-to-End Delay antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Packet Loss

Tabel 7. Rerata End-to-End Delay antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Packet Loss

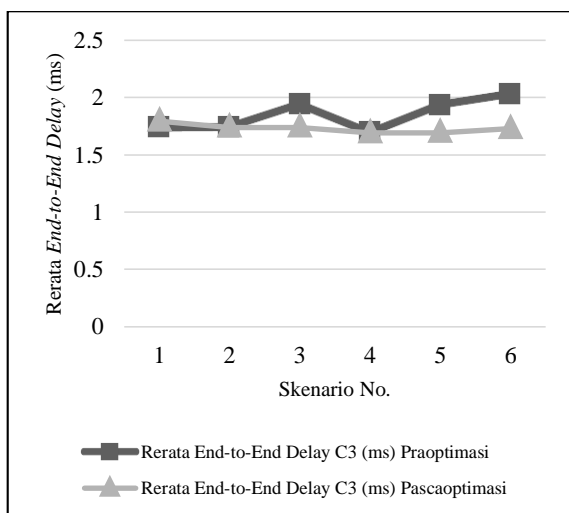
Skenario No.	Rerata End-to-End Delay C2 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,272	1,205
2	1,252	1,23
3	1,315	1,229
4	1,275	1,259
5	1,334	1,201
6	1,247	1,229
Rata-rata	1,283	1,226



Gambar 6. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Packet Loss*

Tabel 8. Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Packet Loss*

Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C3 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,743	1,794
2	1,745	1,739
3	1,942	1,739
4	1,699	1,692
5	1,937	1,694
6	2,032	1,729
Rata-rata	1,850	1,731



Gambar 7. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Packet Loss*

Pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8 ditunjukkan bahwa optimasi pemilihan layanan mampu menekan *end-to-end delay* rata-rata antara setiap klien dengan penyedia layanan yang terpilih, meskipun dengan

selisih yang kurang signifikan dibanding perbandingan *end-to-end delay* rata-rata pada pengujian pengaruh *delay*.

Persentase penurunan *end-to-end delay* rata-rata pada pengujian pengaruh *packet loss* untuk C1, C2, dan C3 antara sebelum dan sesudah optimasi pemilihan layanan masing-masing sebesar 3,094%, 4,444%, dan 6,407%. Dari ketiga nilai persentase tersebut, didapatkan rata-rata penurunan *end-to-end delay* pada pengujian pengaruh *packet loss* sebesar 4,648%.

5.3 Pengaruh Ketersediaan Layanan

Salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi yang dinamis ialah ketersediaan layanan. Beberapa hal yang dapat menyebabkan berkurangnya ketersediaan layanan bagi *client* yaitu:

- Penyedia layanan mengalihkan sumber daya untuk pekerjaan selain penyediaan layanan.
- Perangkat penyedia layanan keluar dari jaringan.
- Putusnya *link* antara klien dan penyedia layanan.

Berkurangnya ketersediaan layanan dapat disimulasikan menggunakan dua cara, yaitu:

- menghentikan layanan pada penyedia layanan, atau
- memutus penyedia layanan dari jaringan.

Tabel 9. Skenario Pengaruh Ketersediaan Layanan

Skenario No.	Status Layanan		
	RD1	RD2	RD3
1	Aktif	Tidak aktif	Aktif
2	Aktif	Aktif	Aktif
3	Aktif	Aktif	Tidak aktif
4	Aktif	Tidak aktif	Tidak aktif

Tabel 9 menunjukkan skenario-skenario pengujian pengaruh ketersediaan layanan. Pada tiap skenario diatur status layanan (aktif/tidak aktif) secara sengaja pada masing-masing *host* RD1, RD2, dan RD3 dengan kombinasi keadaan yang berbeda-beda, untuk melihat pengaruh ketersediaan layanan terhadap mekanisme pemilihan layanan. Detail masing-masing skenario pengujian pada Tabel 9 yaitu sebagai berikut:

1. Pada RD1 dan RD3, status layanan disetel aktif, sedangkan pada RD2 status layanan disetel tidak aktif.
2. Pada RD1, RD2, dan RD3 status layanan disetel aktif.
3. Pada RD1 dan RD2, status layanan disetel aktif, sedangkan pada RD3 status layanan disetel tidak aktif.
4. Pada RD1 status layanan disetel aktif, sedangkan pada RD2 dan RD3 status layanan disetel tidak aktif.

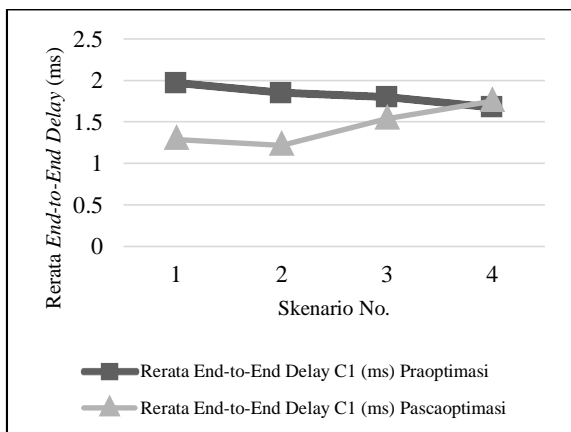
Pada tiap skenario diukur *end-to-end delay* rata-rata antara masing-masing klien dengan penyedia layanan, baik sebelum maupun sesudah dilakukan optimasi pada mekanisme pemilihan layanan.

Hasilnya, setelah optimasi, klien selalu memilih layanan yang disediakan oleh penyedia layanan dengan *end-to-end delay* terendah, seperti pada pengujian pengaruh *delay* maupun pengujian pengaruh *packet loss*. Hal tersebut berbeda dengan sebelum dilakukan optimasi.

Perbandingan rata-rata *end-to-end delay* antara klien (C1, C2, dan C3) dengan penyedia layanan untuk pengujian pengaruh ketersediaan layanan, pada penerapan mekanisme pemilihan layanan sebelum dioptimasi dan sesudah dioptimasi, dapat dilihat pada Tabel 10, Tabel 11, dan Tabel 12. Dalam bentuk grafik, data perbandingan tersebut ditunjukkan pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.

Tabel 10. Rerata *End-to-End Delay* antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

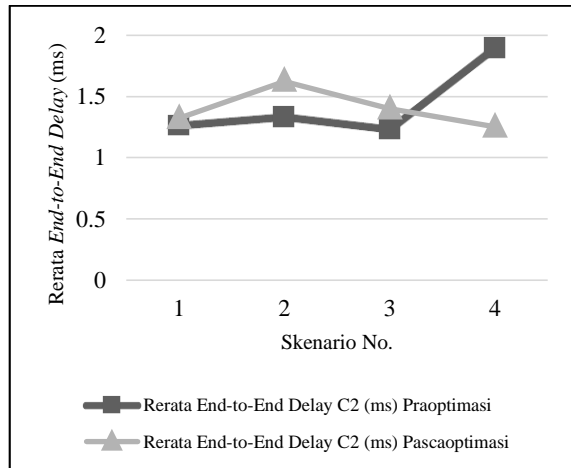
Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C1 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,968	1,289
2	1,847	1,219
3	1,796	1,535
4	1,675	1,749
Rata-rata	1,822	1,448



Gambar 8. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

Tabel 11. Rerata *End-to-End Delay* antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

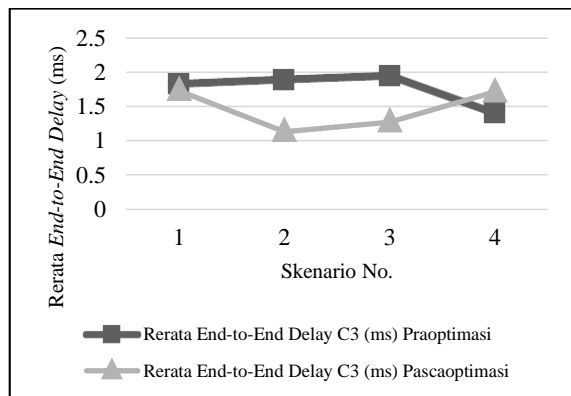
Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C2 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,264	1,321
2	1,331	1,623
3	1,233	1,399
4	1,893	1,251
Rata-rata	1,430	1,399



Gambar 9. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

Tabel 12. Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C3 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,829	1,731
2	1,888	1,133
3	1,948	1,271
4	1,398	1,713
Rata-rata	1,766	1,462



Gambar 10. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

Pada Tabel 10, Tabel 11, dan Tabel 12 ditunjukkan pengaruh optimasi terhadap *end-to-end delay* rata-rata antara masing-masing klien dengan penyedia layanan yang terpilih. Khusus pada kasus C2 terjadi anomali. Pada Skenario 1, Skenario 2, dan Skenario 3, *end-to-end delay* rata-rata sesudah optimasi justru lebih tinggi daripada sebelum optimasi. Persentase peningkatan *end-to-end delay* tersebut masing-masing sebesar 4,509%, 21,938%, dan 13,463%. Peningkatan tersebut bisa jadi dipengaruhi faktor lain, misalnya peningkatan beban kerja penyedia layanan yang terhubung dengan C2 pada saat pelaksanaan skenario-skenario pengujian.

Meski pada beberapa skenario terjadi anomali, namun *end-to-end delay* rata-rata secara umum untuk keseluruhan skenario yang dijalankan tetap mengalami penurunan.

Persentase penurunan *end-to-end delay* rata-rata pada pengujian pengaruh ketersediaan layanan untuk C1, C2, dan C3 antara sebelum dan sesudah optimasi pemilihan layanan masing-masing sebesar 20,505%, 2,220%, dan 17,202%. Dari ketiga nilai persentase tersebut, didapatkan rata-rata penurunan *end-to-end delay* pada pengujian pengaruh ketersediaan layanan sebesar 13,309%.

6. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, dan analisis yang telah dilaksanakan, dapat ditarik beberapa kesimpulan. Kesimpulan yang pertama yaitu bahwa optimasi pemilihan layanan *streaming* multimedia berbasis UPnP untuk kondisi dinamis dengan menggunakan metode dalam penelitian ini dapat menghasilkan penurunan besaran *end-to-end delay* rata-rata antara klien dengan penyedia layanan sebesar 35,343%.

Kesimpulan kedua, secara rata-rata, optimasi pemilihan layanan dalam penelitian ini menghasilkan penurunan *end-to-end delay* antara klien dengan penyedia layanan. Namun, anomali terjadi pada skenario tertentu, yaitu naiknya *end-to-end delay* rata-rata antara klien dengan penyedia layanan sesudah optimasi pemilihan layanan. Anomali tersebut bisa jadi dipengaruhi faktor lain, misalnya peningkatan beban kerja penyedia layanan yang terhubung dengan klien pada saat pengujian pengaruh ketersediaan layanan.

7. REFERENSI

- DATA, M. 2014. Pemilihan Backup Node untuk Reduksi Feedback Implosion pada Reliable Multicast Protocol dengan Estimasi Bandwidth Availability dan Packet Loss. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- GRIMMETT, J. & O'NEILL, E. 2012. UPnP: Breaking out of the LAN. *Wireless Communications and Networking Conference Workshops on Internet of Things Enabling Technologies, Embracing Machine-to-Machine Communications and Beyond*, 170-174.
- GUAN, S., DONG, X., WU, W., MEI, Y., LIAO, S. 2007. Trust Management and Service Selection in Pervasive Computing Environments. *International Conference on Computational Intelligence and Security Workshops*, 620-623.
- HKCERT. 2013. *Potential threats of Universal Plug and Play (UPnP) service exposure to the Internet*. [Online].

https://www.hkcert.org/my_url/en/blog/13022801. [Diakses: 18-Jun-2016].

- JOHNSEN, F.T., FLATHAGEN, J., GAGNES, T., HAAKSETH, R., HAFSØE, T., HALVORSEN, J., NORDBOTTEN, N.A., & SKJEGSTAD, M. 2008. Web Services and Service Discovery. *Norwegian Defence Research Establishment (FFI)*. Forsvarets forskningsinstitutt.
- KUROSE, J.F. & ROSS, K.W.. 2013. *Computer Networking: A Top-Down Approach (6th edition)*. Pearson Education, Inc.
- NSRC (NETWORK STARTUP RESOURCE CENTER). *Network Monitoring and Management: Network Delay*. [Online]. <https://nsrc.org/workshops/2016/rwnog-nmm/presentations/types-of-delay.pdf>. [Diakses: 03-Jun-2016].
- SZIGETI, T.; HATTINGH, C. 2004. *Quality of Service Design Overview*. Cisco Press. [Online] <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=357102> [Diakses: 5-Jun-2016]
- UPnP FORUM. 2015. *UPnP Device Architecture 2.0*. Open Interconnect Consortium, Inc.
- VERVERIDIS, C.N. & POLYZOS, G.C. 2008. Service Discovery for Mobile Ad Hoc Networks: A Survey of Issues and Techniques. *IEEE Communications Surveys*, 10(3), 30-45.

OPTIMASI JARINGAN SERAT OPTIK MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA

(STUDI KASUS UNISMA)

Diki Okiandri¹, Sholeh Hadi Pramono², Erni Yudaningsy³

¹Mahasiswa Program Studi Magister S2 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, P3tik Unisma Jl.Mt. Haryono 193 Malang 65144, INDONESIA (telp: 0812-33244848;)

²Sholeh Hadi Pramono, dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, INDONESIA

³Erni Yudaningsy, dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, INDONESIA

Email: ¹dikiokiandri@gmail.com, ²sholehhadipramono@ub.ac.id, ³erni@ub.ac.id

(Naskah masuk: 18 Februari 2016, diterima untuk diterbitkan: 17 Maret 2016)

Abstrak

Abstrak—Peningkatan penggunaan komputer di kampus pendidikan mengakibatkan lalu lintas data yang padat pada jaringan komunikasi. Di Universitas Islam Malang (Unisma) terdapat lebih dari 500 komputer yang terkoneksi dengan internet menggunakan media kabel dan akses hotspot. Infrastruktur jaringan eksisting di Unisma saat ini menggunakan kabel Backbone Fiber Optic Multimode dengan routing static dan topologi yang dipakai adalah topologi Mesh. Banyaknya pengguna yang berkomunikasi di jaringan mengakibatkan lalu lintas data yang padat sehingga menyebabkan waktu tunda atau antrian yang lama. Algoritma genetika adalah sebuah algoritma pencarian yang didasarkan pada mekanisme genetika alamiah yang juga digunakan sebagai algoritma optimasi kinerja jaringan. Penelitian ini membandingkan kinerja jaringan eksisting dengan simulasi optimasi menggunakan Algoritma Genetika. Dilakukan pengukuran dan pengambilan data-data berupa waktu tempuh, juga dilakukan rekayasa perangkat lunak dengan bantuan visual studio untuk melakukan pemodelan sebagai pembanding. Hasilnya optimasi dengan algoritma genetika mampu mencari jalur tercepat serta meningkatkan kecepatan pengiriman paket data dengan menurunkan waktu tempuh sebesar 53.5% dan meningkatkan data rate sebesar 54.75% dibandingkan dengan metode antrian pada jalur existing.

Kata kunci: Algoritma Genetika, Backbone Fiber Optik, Optimasi, Waktu Tempuh

Abstract

Abstract-- Increased use of computers in education campus resulted in dense data traffic on communications networks. At the Islamic University of Malang (Unisma) there are more than 500 computers connected to the Internet using a wired media and hotspot access. Unisma existing network infrastructure in current use the Multimode Fiber Optic Backbone cable with static routing and Mesh topology. These lots number of users on the network resulting in dense data traffic that lead to long delays or long queues. Genetic algorithm is a search algorithm that is based on the natural genetic mechanism which also being used in optimizing network performance. This study compared the performance of existing network and a simulation of optimization using Genetic Algorithms. Measurement and retrieval of data consist of transfer time, also we built software engineering using visual studio program as a comparison model. The result of this study shows that optimization using genetic algorithm is able to find the fastest path and increase the speed of transmission of data packets by reducing transfer time by 53.5% and increase the data rate of 54.75% compared to the queuing method used on the existing network.

Keywords: Genetic Algorithm, Fiber Optic Backbone, Optimization, Transfer time

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya penggunaan komputer yang terhubung dengan jaringan mengakibatkan lalu lintas data yang padat pada jaringan *backbone* komputer. Peningkatan ini memerlukan infrastruktur komunikasi yang handal. Karena infrastruktur memegang peranan penting untuk melayani kebutuhan lalu lintas data dari satu komputer ke komputer lain yang terhubung (Anderson, J. Q., Boyles, J. L. & Rainie, L., 2012).

Kinerja jaringan dipengaruhi oleh dua hal yaitu infrastruktur yang bagus dan sistem operasi manajemen jaringan. Adanya lalu lintas data yang

padat pada *backbone* serat optik dapat mengganggu kinerja *backbone* saat melakukan pengiriman paket pada tujuan (Duck, M. & Read, R., 2003).

Algoritma genetika yaitu suatu algoritma yang menerapkan pemahaman mengenai evolusi alamiah pada tugas-tugas pemecahan masalah (*problem solving*). Algoritma genetika dipelopori pertama kali oleh Holland pada tahun 1975 kemudian oleh Goldberg tahun 1989 dan seterusnya. Algoritma genetika menggabungkan berbagai pilihan solusi secara acak dalam suatu kumpulan untuk mendapatkan solusi terbaik berikutnya yang disebut *fitness*. Generasi ini akan merepresentasikan perbaikan-perbaikan pada populasi awalnya secara

berulang dan diharapkan dapat mensimulasikan proses evolusioner (Lin, X-H et al., 2002)(Kumar, R. & Kumar, M., 2012). Algoritma genetika sendiri dikembangkan sebagai sebuah solusi optimasi topologi jaringan yang mengalami kendala kehandalan (Kumar, D. R. & Kumar, M., 2010).

Di Universitas Islam Malang (Unisma) terdapat lebih dari 500 komputer yang terkoneksi dengan internet menggunakan media kabel dan akses hotspot. Infrastruktur jaringan di Unisma menggunakan kabel *Backbone Fiber Optic Multimode* dan topologi yang dipakai adalah topologi *Ring*. Kabel serat optik digunakan sebagai kabel utama atau kabel induk penghubung dari satu gedung ke gedung lainnya yang memiliki kemampuan dalam melewatkan data sampai dengan 1Gbps (*giga bytes*) (Senior, J.M., 2008) (Bisht, N. & Singh, S., 2015). Jaringan komputer menuju klien tetap menggunakan kabel UTP (*Unshielded Twisted Pair*). Jaringan *eksisting* di Unisma saat ini menggunakan *routing static*.

Banyaknya pengguna yang berkomunikasi di jaringan mengakibatkan lalu lintas data yang padat sehingga menyebabkan waktu tunda atau antrian yang lama (Khandelwal, G., Prasanna, G. & Hota, C., 2011). Seiring pengembangan teknologi jaringan dan meningkatkan aplikasi berbasis jaringan, jaringan komputer saat ini banyak digunakan dalam penelitian ilmiah, bisnis, pendidikan industri, pertahanan nasional dan lainnya. Ketika dibutuhkan pengembangan desain jaringan sering kita menghadapi masalah topologi jaringan dan komunikasi semua simpul tentang pemilihan jalur dan penentuan rute antara setiap dua simpul. Hasil penelitian Lin dkk menunjukkan penggunaan *New Genetic Algorithm* (NGA) mampu menghasilkan penurunan dan percepatan penggunaan lebar data serta waktu pengiriman paket, sehingga mampu menyelesaikan masalah pemilihan rute dan kapasitas aliran data. (Lin et al., 2002).

Hal ini yang menjadi latar belakang pemikiran penulis tentang perlunya optimasi pada jaringan serat optik di Unisma dengan menggunakan metode algoritma genetika melalui pengamatan terhadap waktu tempuh pengiriman paket data. Optimasi jaringan diharapkan mampu memberikan solusi terhadap masalah diatas dan meningkatkan performa kinerja jaringan komputer di Unisma.

2. METODOLOGI

Penelitian ini termasuk dalam bidang rekayasa perangkat lunak. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan studi perbandingan. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi pengumpulan data awal, desain perangkat lunak, pengujian perangkat lunak, kemudian analisis perbandingan. Penelitian optimasi jaringan *backbone* serat optik dilakukan di

Universitas Islam Malang Jl. MT.Haryono 193 Malang.

2.1 Jenis Dan Cara Perolehan Data

Desain yang digunakan dalam penelitian adalah desain eksperimental, dimana dilakukan percobaan terhadap simpul-simpul jaringan dengan melakukan simulasi pemodelan terhadap topologi jaringan yang sudah ada. Pemodelan ini bertujuan untuk mendapatkan data-data sebagai pembandingan.

Data diperoleh dengan cara mengumpulkan hasil pengiriman paket-paket data dalam jumlah tertentu ke perangkat-perangkat yang terhubung dengan serat optik. Proses ini menggunakan perintah *network ping* dan protokol FTP (*file transfer protocol*) yang dioperasikan pada server dan klien untuk memperoleh informasi waktu dalam bentuk angka. Setelah itu, dilakukan pemodelan dengan bantuan software.

- *Ping (packet internet gropher)*

Ping (Packet Internet Groper) adalah sebuah perintah untuk melakukan pemeriksaan koneksi perangkat, apakah perangkat yg dituju terhubung ke jaringan atau tidak melalui *protocol TCP/IP*. *Ping* akan melakukan pengiriman paket *Internet Control Message Protocol (ICMP)* pada perangkat tujuan dan meminta tanggapan tujuan.

Indikasi kehandalan sebuah jalur dapat dilihat dari besarnya nilai *delay* atau *latency* yang dilaporkan oleh *ping*. Semakin besar nilai *delay* menunjukkan semakin buruk kualitas jalur tersebut. Sehingga nilai *delay* ini dapat digunakan sebagai indikator kualitas jaringan (Bonaventure, O., 2011)

- *FTP (file transfer protocol)*

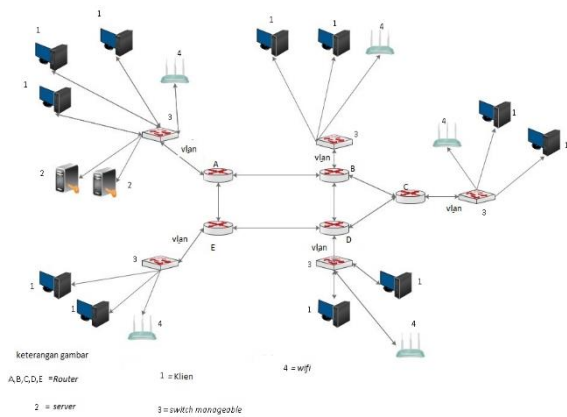
FTP adalah sebuah *protocol* unggah dan unduh berkas antara klien dan *server* yang berjalan pada lapisan aplikasi. Sebuah Klien *FTP* merupakan aplikasi yang dapat mengeluarkan perintah-perintah *FTP* ke sebuah server *FTP*. Sementara server *FTP* adalah sebuah *Windows Service* atau *daemon* yang berjalan di atas sebuah komputer yang merespons perintah-perintah dari sebuah klien *FTP*. Perintah-perintah *FTP* dapat digunakan untuk mengubah direktori, mengubah modus pengiriman antara biner dan ASCII, mengunggah berkas komputer ke server *FTP*, serta mengunduh berkas dari server *FTP* (Clark, M. P., 2003)

2.2 Variabel dan Cara Analisis Data

Variabel yang akan diukur dalam penelitian ini meliputi variabel bebas dan terikat. Variabel bebas antara lain : topologi jaringan dan *routing*. Variabel terikat : waktu tempuh. Analisa data dilakukan dengan cara menghitung data transaksi yang didapat oleh *server*, kemudian dibandingkan dengan data-data hasil simulasi.

2.3 Model Jaringan Existing di Unisma

Jaringan komputer di Unisma saat ini menggunakan media kabel serat optik sebagai kabel backbone atau kabel utama yang menghubungkan antar gedung, menggunakan topologi Ring dengan mengadopsi sistem antrian. Serat optik yang digunakan adalah jenis kabel multimode dengan jumlah inti sebanyak 8 inti yang memiliki kemampuan dalam melewatkan data sampai dengan 1Gbps (*giga bytes*). Detail jaringan backbone Unisma dapat dilihat pada Gambar 1. Jaringan komputer menuju klien tetap menggunakan kabel UTP. Jaringan existing di Unisma saat ini menggunakan routing statis. Hubungan antara klien dan simpul diatur oleh sebuah protokol aplikasi jaringan yang disebut VLAN (*Virtual Local Area Network*). VLAN adalah sebuah protokol yang dapat menghubungkan klien satu dengan klien lainnya yang terpisah secara fisik jaringan tetapi dapat mengikuti aturan jaringan induknya. VLAN tidak terbatas fisik lokasi jaringan seperti LAN (*Local Area Network*) (Bonaventure, O., 2011)



Gambar 1. Diagram Infrastruktur Jaringan di Unisma Menggunakan Kabel Backbone Fiber Optic Multimode

2.4 Model Optimasi Menggunakan Algoritma Genetika

Algoritma genetika yaitu algoritma pencarian berdasarkan mekanisme seleksi alami dan evolusi biologis. Pada setiap generasi, himpunan baru dari deretan individu dibuat berdasarkan kecocokan pada generasi sebelumnya dimana satu siklus iterasi (sering disebut sebagai generasi) mengalami dua proses, yakni proses seleksi dan rekombinasi. Proses seleksi adalah proses evaluasi kualitas setiap *string* didalam populasi untuk memperoleh peringkat calon solusi. Berdasarkan hasil evaluasi, dipilih *string-string* yang akan mengalami proses rekombinasi (Abuiziah, I. & Shakarneh, N., 2013). Pada penelitian ini langkah langkah yang dijalankan adalah:

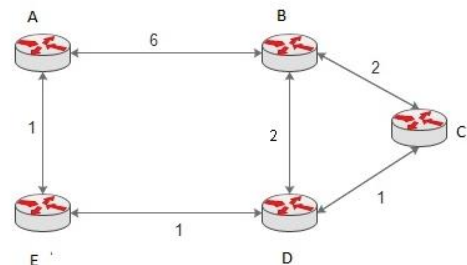
1. Mengambil data-data simpul simpul yang terhubung dengan backbone. Berupa data-data transaksi perangkat perangkat *switch* dan *router* yang terkoneksi dengan simpul berikutnya. Dengan jalan melakukan pengiriman paket data yang besarnya sama kemudian dilakukan pengiriman pada simpul penerima sehingga akan didapatkan waktu tempuh dari pengiriman data tersebut. Dan dilakukakan proses sebaliknya dari simpul penerima menjadi simpul pengirim.
2. Data-data kemudian diseleksi untuk dijadikan kromosom berdasarkan nilai fitness.
3. Langkah berikut dilakukan proses genetika yang dilakukan dengan bantuan software *Microsoft visual studio ver. Community freeware*. Hasil operasi genetika dilakukan dengan tujuan mendapatkan jalur tercepat yang optimal.
4. Langkah terakhir dilakukan perbandingan dengan teori antrian untuk melihat perbedaan optimasi yang dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada penelitian ini dilakukan terhadap data-data yang dikumpulkan dari jaringan Unisma menggunakan perintah *ping* dan aplikasi kirim file *FTP*. Implementasi data sumber dan data hasil simulasi optimasi dengan algoritma genetika dibangun menggunakan *Microsoft Visual Studio version community freeware*. Analisis bahasan ditekankan pada optimasi jaringan dengan menggunakan algoritma genetika.

3.1 Hubungan Simpul dengan Klien pada Jaringan Eksisting Unisma

Untuk kepentingan pengujian maka dibuat diagram jaringan fiber optik Unisma yang ditunjukkan pada Gambar 2, dimana gambar ini digunakan pada simulasi optimasi menggunakan metode Algoritma Genetika. Sesuai dengan topologi mesh maka terdapat 5 buah *node* (simpul) yaitu A, B, C, D dan E. Pengambilan data awal dilakukan menggunakan parameter waktu tempuh pengiriman paket data antar simpul berupa data *ping* dan *FTP*.



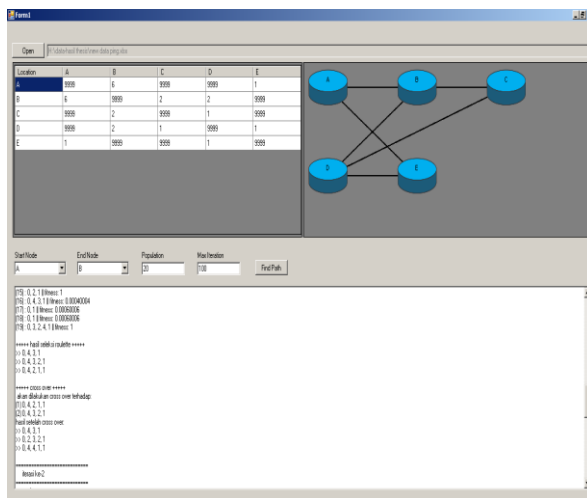
Gambar 2. Diagram Simulasi Simpul Jaringan Existing Unisma

Ketika klien dari simpul A akan menghubungi klien dari simpul C maka secara aturan akan melewati simpul A, B, C karena sifat *routing* statis.

Hal ini akan berpengaruh pada kecepatan karena saat *traffic* ramai dan jalur penuh pun harus tetap melewati jalur tersebut dengan mengantri. Demikian konsep dasar mekanisme sistem operasi jaringan *existing* di Unisma.

3.2 Aplikasi Simulasi Algoritma Genetika menggunakan *Microsoft Visual Studio*

Visual studio adalah sebuah bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk pengembangan aplikasi, baik itu aplikasi bisnis, aplikasi personal, ataupun komponen aplikasinya, dalam bentuk aplikasi *console*, aplikasi *Windows*, ataupun aplikasi *Web*. Pada penelitian ini aplikasi simulasi dibangun untuk memecahkan masalah jalur tercepat dengan menggunakan metode algoritma genetika. Pada proses pembangunannya simulasi optimasi algoritma genetika dibangun menggunakan *Microsoft visual studio ver. Community freeware*. Bentuk aplikasi sebagai mana ditunjukkan pada Gambar 3. Program ini berjalan sesuai dengan masukan masukan nilai bobot antar simpul yang dibuat dalam tabel *excel*.



Gambar 3. Tampilan Aplikasi Simulasi Algoritma Genetika menggunakan *Microsoft Visual Studio*

Beberapa proses penting yang dilakukan untuk mengimplementasikan algoritma genetika dalam mencari jalur tercepat pada pembangunan simulasi program ini dijelaskan pada Gambar 4 sebagai berikut:

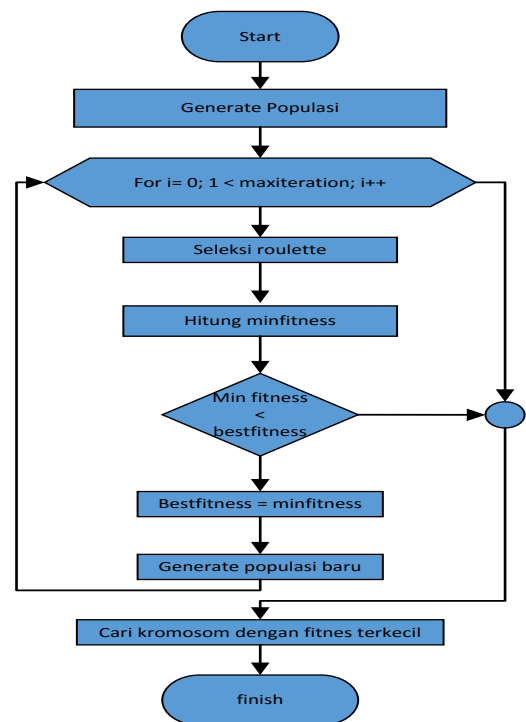
- Inisialisasi Populasi

Tahapan ini memiliki tujuan membangkitkan sebuah populasi sejumlah kromosom yang berasal dari simpul simpul yang ada secara acak. Proses pembangkitan populasi yang menghasilkan kromosom ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Kromosom Populasi Awal dari Simpul A ke C

Kromosom	Representasi Kromosom
Kromosom 1	A-B-C-D-E
Kromosom 2	A-B-D-C-E
Kromosom 3	A-E-D-C-B
Kromosom 4	A-E-D-B-C

Dimana pada kromosom yang dicetak tebal adalah kromosom utama sedangkan yang tidak dicetak tebal adalah kromosom pelengkap.



Gambar 4. Alur Pencarian Jalur Tercepat Simulasi Algoritma Genetika

- Evaluasi Individu

Fungsi *fitness* digunakan pada penentuan seberapa baik individu yang telah direpresentasikan oleh suatu kromosom. Pada tesis ini mencari jalur tercepat dari 5 simpul dan 6 busur diperoleh dengan menghitung *fitness* nya, sementara angka 9999 ditentukan sebagai batas tertinggi *fitness*. Penghitungan *fitness* adalah sebagai berikut

$$Fitness = (limit\ fitness - total\ bobot) \quad (1)$$

$$Limit\ fitness = 9999$$

Fitness dipengaruhi oleh jalur yang terkandung dalam kromosom bersangkutan. Jika ada kromosom yang memiliki jalur tidak benar maka *fitness* akan bernilai nol dan itu berlaku sebaliknya apabila jalurnya benar maka nilainya sama dengan fungsi *fitness* yang telah ditentukan. Kromosom dari Tabel 1 kemudian didapatkan nilai *fitness* nya dengan perhitungan sebagai berikut:

$$K1 = 9999 - (6 + 2) = 9991$$

$$K2 = 9999 - (6 + 2 + 1) = 9990$$

$$K3 = 9999 - (1 + 1 + 1) = 9996$$

$$K4 = 9999 - (1 + 1 + 2 + 2) = 9993$$

Hasil perhitungan disusun dalam Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Fitness Kromosom Simpul A ke C

Kromosom	Fitness
Kromosom 1	9991
Kromosom 2	9990
Kromosom 3	9996
Kromosom 4	9993

Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus (1) maka langkah berikutnya adalah merubah nilai *fitness* menjadi waktu dengan persamaan:

$$\text{Waktu} = \text{limit fitness} - \text{fitness} \quad (2)$$

Dari persamaan (2) didapatkan hasil perubahan nilai *fitness* sebagai berikut

$$K1 = 9999 - 9991 = 8 \text{ ms}$$

$$K2 = 9999 - 9990 = 9 \text{ ms}$$

$$K3 = 9999 - 9996 = 3 \text{ ms}$$

$$K4 = 9999 - 9993 = 6 \text{ ms}$$

- Seleksi *Roulette wheel*

Setelah populasi awal terbentuk, kemudian populasi tersebut diseleksi. Seleksi yang digunakan pada program simulasi ini adalah *roulette wheel selection*. Metode ini digunakan untuk melakukan seleksi *roulette* terhadap populasi (*chroms*) dengan nilai *fitness* (*fitness*) dan mengembalikan sejumlah kromosom dengan jumlah yang diinginkan (*count*). Besarnya probabilitas sebuah kromosom ditentukan oleh nilai *fitness*-nya. Semakin kecil nilai *fitness* sebuah kromosom, semakin besar kemungkinan kromosom tersebut untuk terseleksi

Pada metode *roulette wheel*, seleksi individu disamakan seperti permainan *roulette wheel*. Teknis permainan ini, pemain berupaya memutar roda yang telah disekat-sekat dalam beberapa bagian sekat atau partisi untuk mendapatkan hadiah. Pada simulasi program ini kromosom diibaratkan sebagai hadiah. Sekat yang ada dalam permainan *roulette* adalah interval nilai kumulatif probabilitas dari masing-masing kromosom. Berikut adalah urutan penyelesaian seleksi *roulette wheel*:

Hitung total *fitness* (T_f):

$$T_f = \sum F_k \quad k = 1, 2, 3, \text{ popsize} \quad (3)$$

Dari persamaan diatas didapatkan hasil:

$$T_f = 9991 + 9990 + 9996 + 9993 = 39970$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan peluang individu atau probabilitas individu:

$$K1 = 9991 \times 100 / 39970 = 24.99624719$$

$$K2 = 9990 \times 100 / 39970 = 24.99374531$$

$$K3 = 9996 \times 100 / 39970 = 25.00875657$$

$$K4 = 9993 \times 100 / 39970 = 25.00125094$$

Kemudian tempatkan individu antara *range* 1 hingga 100:

$$K1 = 1 - 24.99624719$$

$$K2 = 24.99624719 - 49.98999249$$

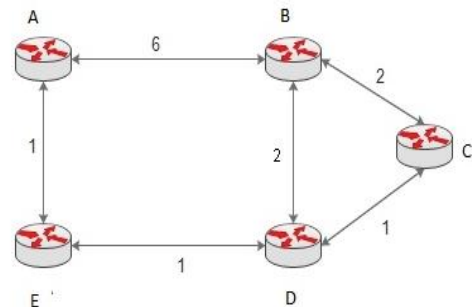
$$K3 = 49.98999249 - 74.99874906$$

$$K4 = 74.99874906 - 100$$

Langkah pertama kali dalam pencarian jalur tercepat menggunakan metode algoritma genetika adalah pembangkitan populasi untuk menghasilkan individu terbaik. Individu kemudian diseleksi dengan *roulette wheel* sampai kriteria minimum *fitness* tercapai yang akan dilanjutkan dengan pencarian kromosom dengan nilai *fitness* terkecil.

3.3 Waktu Tempuh Pengiriman Paket Data Dengan Metode Antrian

Pengambilan data awal *ping* pada jaringan fiber optik Unisma terhadap 5 buah simpul inti yaitu A, B, C, D dan E menggunakan metode antrian secara skematis dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini. Garis dengan tanda panah bolak balik menunjukkan kedua simpul dapat berkomunikasi dua arah. Angka menunjukkan bobot waktu pengiriman paket data dari masing-masing arah.



Gambar 5. Bobot Simpul Jaringan Existing Unisma dengan metode Antrian

Deskripsi hasil pengukuran waktu tempuh pengiriman paket data antar simpul diatas menggunakan ping dalam satuan milidetik (ms) ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Waktu tempuh Ping antar simpul

Simpul Awal	Simpul Tujuan				
	A	B	C	D	E
	Ping(ms)	Ping(ms)	Ping(ms)	Ping(ms)	Ping(ms)
A	-	6	-	-	1
B	6	-	2	2	-
C	-	2	-	1	-
D	-	2	1	-	1
E	1	-	-	1	-

Pengukuran FTP juga dilakukan pada simpul-simpul seperti diagram jaringan backbone sebelumnya dengan melakukan pengiriman data sebesar 164 MB. Contoh tabulasi hasil pengukuran waktu tempuh pengiriman paket data dari simpul A ke simpul lainnya dalam satuan detik (s) ditunjukkan pada Tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Waktu tempuh FTP dari Simpul A

Klien Simpul Tujuan	Klien simpul A	
	Rate KBps	Waktu Tempuh (s)
B	6998	23,0
C	10731	15,0
D	10731	15,0
E	10731	15,0

3.4 Optimasi Waktu Tempuh Pengiriman Paket Data Dengan Simulasi Algoritma Genetika

Berikut ini akan dibahas tentang hasil simulasi optimasi jaringan backbone fiber optik Unisma terhadap waktu tempuh pengiriman paket data dengan parameter data ping dan FTP.

1. Pengujian Menggunakan Data Ping

Pengujian data ping menggunakan program visual studio yang dibangun sesuai dengan metode algoritma genetika. Hasil pengiriman paket data menggunakan ping dalam format yang ditunjukkan pada Tabel 5 dimana angka 9999 menunjukkan bahwa tidak terjadi koneksi fisik secara langsung atau hubungan pada simpul itu sendiri dan merupakan nilai maksimum kromosom.

Tabel 5. Simulasi Data ping dengan Metode Algoritma Genetika

Simpul	A	B	C	D	E
A	9999	6	9999	9999	1
B	6	9999	2	2	9999
C	9999	2	9999	1	9999
D	9999	2	1	9999	1
E	1	9999	9999	1	9999

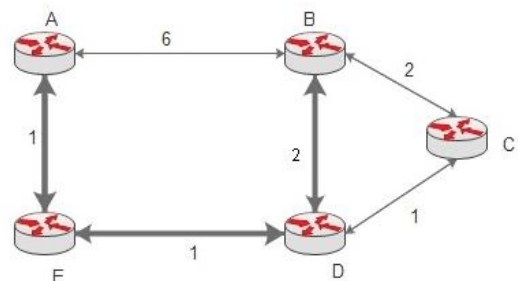
Pengujian dengan melakukan pengukuran pada simpul-simpul yang tidak terdapat hubungan fisik secara langsung dari satu simpul awal menuju empat simpul lainnya. Data hasil pengukuran ditunjukkan oleh peneliti pada Tabel 6 untuk contoh pengiriman paket data dari satu simpul awal A menuju simpul lainnya yang menghasilkan jalur tercepat dengan waktu tempuh terkecil.

Tabel 6 Ping time Simulasi Algoritma Genetika dari Simpul A

Simpul Awal A		
Simpul Tujuan	Time/ms	Path
B	4	A-E-D-B
C	3	A-E-D-C
D	2	A-E-D
E	1	A-E

2. Gambar Optimasi Jalur Pengiriman Paket Data dengan metode Algoritma Genetika

Optimasi dilakukan dengan menghitung atau mencari bobot yang terendah dari jalur yang akan dilalui sehingga menimbulkan variasi beberapa jalur dengan nilai bobot terendah. Jalur yang telah dioptimasi dibedakan dengan garis panah 2 arah yang tebal. Jalur-jalur yang diberi garis panah tebal adalah jalur yang teroptimasi atau jalur yang dipilih oleh simulasi algoritma genetika sebagai jalur yang tercepat. Contoh hasil optimasi jalur dari simpul awal A menuju B ditunjukkan pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Hasil Optimasi Jalur Simpul A ke B

Dari Gambar 6 diatas dapat terlihat bahwa pengiriman paket data dari simpul A ke B dimana pada jalur existing menggunakan metode antrian membutuhkan waktu 6 ms, setelah dioptimasi dalam

hal pemilihan jalur melalui metode algoritma genetika menghasilkan waktu tempuh 4 ms.

3. Pengujian menggunakan data FTP

Data *FTP* pada jaringan eksisting yang menggunakan metode antrian seperti yang telah ditabulasikan pada tabel 4 diatas digunakan sebagai data perbandingan terhadap data hasil simulasi dengan algoritma genetika dengan tujuan mencari jalur tercepat.

Data pengukuran *FTP* didapatkan dari pengolahan data *ping* menggunakan simulasi metode algoritma genetika, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut (Clark, M. P., 2003):

$$Max\ throughput = (64000*8) / ping\ time \quad (4)$$

Setelah didapatkan *max throughput* kemudian dilakukan proses berikutnya yaitu membagi besaran file yang dijadikan acuan yaitu sebesar 164 MB dengan *max throughput* untuk mendapatkan waktu tempuh pengiriman paket data menuju simpul tujuan.

$$Waktu\ tempuh\ (t) = acuan\ besaran\ file / max\ throughput \quad (5)$$

Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian *FTP* pada simpul A pada jaringan backbone fiber optik Unisma yang telah dioptimasi menggunakan algoritma genetika:

Tabel 7. Hasil Simulasi *FTP* Algoritma Genetika Simpul A

Simpul Tujuan	Simpul Awal A	
	Rate Kbps	Waktu Tempuh (s)
B	12800	13,0
C	17066	9,7
D	25600	6,4
E	51200	3,2

3.5 Perbandingan Waktu Tempuh Pengiriman Paket Data Pada Jaringan Eksisting dan Setelah Optimasi Dengan Algoritma Genetika

Perbandingan pada masing-masing simpul berupa selisih waktu tempuh pengiriman paket data menunjukkan hasil optimasi dengan algoritma genetika menghasilkan waktu yang lebih cepat. Tabel 8 menunjukkan perbandingan waktu tempuh pengiriman dari simpul A pada jaringan eksisting dengan simulasi menggunakan algoritma genetika.

Tabel 8. Perbandingan Waktu Tempuh Paket Data dari Simpul Awal A

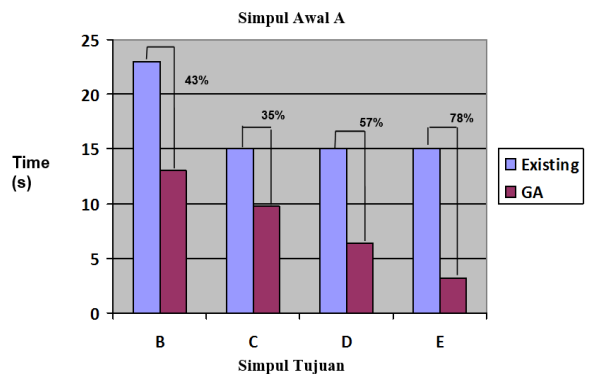
Simpul Tujuan	Simpul Awal A		Selisih waktu (Δ time/s)
	Existing	Optimasi	
B	23	13	10
C	15	9.7	5.3
D	15	6.4	8.6
E	15	3.2	11.8

Sementara tabel 9 menunjukkan perbandingan *data rate* pengiriman dari simpul A jaringan eksisting dengan simulasi menggunakan algoritma genetika.

Tabel 9. Perbandingan *Data rate* dari Simpul Awal A

Simpul Tujuan	Simpul Awal A		Selisih data rate (Δ Kbps)
	Existing	Optimasi	
B	6998	12800	5802
C	10731	17066	6335
D	10731	25600	14869
E	10731	51200	40469

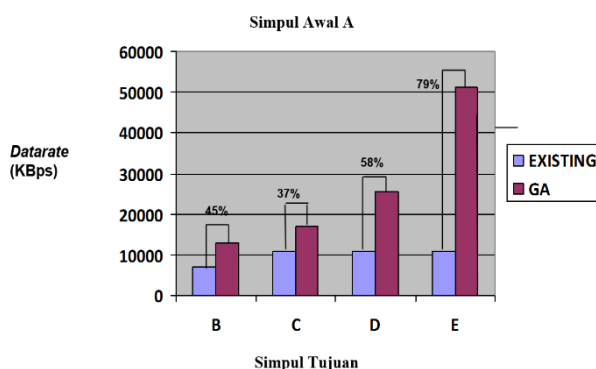
Pada gambar 7, dibuat grafik perbandingan antara jaringan *existing* dengan jaringan optimasi pada salah satu simpul yaitu simpul A. Hasil perhitungan waktu tempuh pengiriman paket data yang sama sebesar 164 MB dari simpul A menuju beberapa simpul tujuan, jika dibandingkan tampak bahwa hasil simulasi dengan metode algoritma genetika menunjukkan waktu tempuh yang lebih cepat dari waktu tempuh pengiriman paket data pada jaringan eksisting. Rerata penurunan waktu tempuh setelah dilakukan optimasi sebesar 8 ms atau mencapai hingga 53.5% jika dibandingkan dengan awal sebesar 17 ms.



Gambar 7. Grafik Selisih Waktu Tempuh Pengiriman Paket Data dari Simpul A pada Jaringan

Existing dibandingkan dengan Setelah Dioptimasi Menggunakan Algoritma Genetika

Sementara pada gambar 8 dibuat grafik untuk perbandingan *data rate/bitrate* dimana simulasi menggunakan algoritma genetika menunjukkan angka yang besar. Hal ini berpengaruh pada waktu tempuh pengiriman paket data yang dapat dilewatkan karena semakin besar *data rate* maka semakin cepat waktu tempuh pengiriman paket data menuju simpul tujuan. Rerata peningkatan *data rate* setelah dilakukan optimasi mencapai 26.666 *KBps* atau 54.75% dibandingkan dengan awal sebesar 9,797 *KBps*.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Rate/*data rate* Pengiriman Paket Data dari Simpul A pada Jaringan *Existing* dibandingkan dengan Setelah Dioptimasi Menggunakan Algoritma Genetika

Penelitian ini membuktikan bahwa metode algoritma genetika dapat mengoptimasi kinerja jaringan *backbone* serat optik di Unisma yang ditunjukkan dengan hasil waktu pengiriman paket data yang lebih cepat melalui pemilihan jalur tercepat jika dibandingkan dengan jaringan *existing* yang menggunakan metode antrian.

Beberapa saran terkait optimasi kinerja jaringan menggunakan algoritma genetika adalah sebaiknya digunakan pada jaringan skala besar dengan *traffic* data yang padat, jaringan *backbone* sebaiknya menggunakan topologi *star* serta *routing* dinamis. Namun konsekuensinya adalah investasi dan biaya yang lebih tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan membandingkan antara metode antrian dengan algoritma genetika dapat disimpulkan bahwa proses optimasi mampu meningkatkan kecepatan pengiriman paket data pada jaringan *backbone* serat optik Unisma. Optimasi dengan algoritma genetika mampu menurunkan waktu tempuh dan meningkatkan *data rate* serta dapat digunakan untuk mencari jalur tercepat dalam pengiriman paket data.

DAFTAR PUSTAKA

- ABUIZIAH, I. & SHAKARNEH, N. 2013. A Review of Genetic Algorithm Optimization: Operations and Applications to Water Pipeline Systems. *International Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering Vol:7, No:12, 2013.p1782-88*
- ANDERSON, J. Q., BOYLES, J. L. & RAINIE, L. 2012. The future impact of the Internet on higher education: Experts expect more-efficient collaborative environments and new grading schemes; they worry about massive online courses, the shift away from on-campus life, cited on October 2015; <http://www.pewinternet.org/topics/Future-of-the-internet.aspx>, and <http://www.imagingtheinternet.org>.
- BISHT, N. & SINGH, S. 2015. Analytical Study Of Different Network Topologies. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, e-ISSN: 2395-0056 Volume: 02 Issue: 01, Mar-2015, p88-90
- BONAVENTURE, O. 2011. *Computer Networking: Principles, Protocols and Practice*. Saylor Foundation, URL: <http://www.saylor.org/courses/cs402/>
- CLARK, M. P. 2003. *Data Networks, IP and the Internet Protocols, Design and Operation*. John Wiley & Sons, Ltd ISBN: 0-470-84856-1
- DUCK, M. & READ, R. 2003. *Data Communications and Computer Networks for Computer Scientists and Engineers*. Second edition, Pearson Education Limited 1996, 2003
- KHANDELWAL, G., PRASANNA, G. & HOTA, C. 2011. Probabilistic Routing Using Queuing Theory For Manets. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, 3, 144-157
- KUMAR, D. R. & KUMAR, M. 2010. Exploring Genetic Algorithm for Shortest Path Optimization in Data Networks. *Global Journal of Computer Science and Technology*, Vol. 10 Issue 11 (Ver. 1.0), p 8-12
- KUMAR, R. & KUMAR, M. 2012. Reliable and Efficient Routing Using Adaptive Genetic Algorithm in Packet Switched Networks, *International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 9, Issue 1, No 3, p168-73, ISSN (Online): 1694-0814 www.IJCSI.org
- Lin, X-H et al. 2002. A Genetic Algorithm Based Approach To Route Selection And Capacity Flow Assignment. *Computer*

Communications 26 (2003) 961–974
Elsevier Inc.

SENIOR, J.M., 2008. *Optical Fiber Communications, Principles Dan Practice*, third edition. Pearson Education Limited 2009, ISBN: 978-0-13-032681-2

APLIKASI MOBILE SCOTECT: APLIKASI DETEKSI WARNA TANAH DENGAN TEKNOLOGI CITRA DIGITAL PADA ANDROID

Ihwanudien Hasan Robbani¹, Enny Trisnawati², Rakhmadina Noviyanti³, Afrizal Rivaldi⁴, Fadhilla Puji Cahyani⁵, Fitri Utaminingrum⁶

¹²³⁴⁵⁶Program Studi Informatika, Universitas Brawijaya

Email: ¹matno.robbani@gmail.ac.id, ²ennytrisna2207@gmail.com, ³rakhmadina11@gmail.com,

⁴fadhillapuji@gmail.com, ⁵afrizal.rivaldi17@gmail.com, ⁶f3_ningrum@yahoo.com

(Naskah masuk: 18 Februari 2016, diterima untuk diterbitkan: 17 Maret 2016)

Abstrak

Salah satu komponen utama dari lahan adalah tanah. Untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah, kita harus mengetahui bagaimana karakteristik tanah dari tanah. Untuk mengetahui bagaimana karakteristik tanah, cara yang paling mudah untuk dilakukan adalah dengan mengamati warna dari tanah tersebut. Jika kita amati, warna tanah di setiap lokasi dan kedalaman akan berbeda. Ada tanah berwarna hitam, coklat, merah, kuning, dan masih banyak lagi variasi warna tanah yang lain. Banyaknya variasi warna tanah membuat peneliti kesulitan dalam menentukan warna tanah, karena satu-satunya cara yang saat ini digunakan peneliti untuk menentukan warna tanah adalah dengan membandingkan secara manual satu persatu sampel yang dimiliki dengan warna baku yang ada pada buku Munsell *Soil Color Chart*. Variasi warna pada yang mencapai lebih dari 250 macam warna membuat peneliti membutuhkan waktu lama dan ketelitian dalam penentuan warna tanah. Untuk memecahkan permasalahan tersebut penulis menggagas sebuah alat bersifat *mobile* yang dapat membantu para peneliti di bidang ilmu tanah dalam menentukan warna lapisan tanah dengan nama SCOTECT (*Soil Color Detection*). SCOTECT merupakan aplikasi pada perangkat *smartphone* dengan OS Android, yang didalamnya telah ditanamkan algoritma dengan nama Algoritma SCOTECT yang merupakan sekumpulan tahapan proses yang digunakan untuk klasifikasi warna tanah. *Smartphone* dengan OS Android dipilih karena saat ini Android merupakan OS dengan perkembangan pengguna paling cepat dibandingkan OS yang lain. Dari hasil uji coba terhadap SCOTECT *Mobile Apps* didapatkan kesimpulan bahwa kinerja algoritma yang ditanamkan dalam aplikasi dapat melakukan klasifikasi warna tanah dengan akurasi dengan 90,58%. Dengan kata lain kedepan aplikasi ini dapat membantu peneliti dalam proses klasifikasi warna tanah.

Kata kunci: tanah, warna tanah, deteksi warna, mobile apps, SCOTECT

Abstract

Soil is a major component of the land. To determine the level of soil fertility, we must know how the soil characteristics. To find out how the characteristics of the soil, the color is the main characteristic of the most easily observed. Soil color varies greatly, ranging from jet black, brown, brick red, orange, yellow, to white. The great variation in color of the soil researcher difficulties in determining the color of the soil, because investigators must compare them manually one by one with a standard color on the Munsell Soil Color Chart book. Color variations on that reaches more than 250 kinds of colors make the researcher takes a long time and accuracy in the classification of the soil color. To solve these problems is the author initiated a mobile tool that could help researchers in the field of soil science in determining the color of the soil layer with the name SCOTECT (Soil Color Detection). SCOTECT is an application on smartphones with Android OS, which also have been implanted with the name algorithm SCOTECT algorithm which is a set of process steps used for the classification of soil color. Smartphone with Android OS have been selected for the current Android is an OS with the development of the fastest compared to other OS. From the test results against SCOTECT Mobile Apps was concluded that the performance of the algorithm is embedded in the application can perform color classification of land with an accuracy up to 90.58%. In other words, the future of these applications can help researchers in the classification process color of the soil.

Keywords: soil, soil color, color detection, mobile apps, SCOTECT

1. PENDAHULUAN

Indonesia disebut sebagai negara agraris, hal ini dikarenakan memang sebagian besar penduduk memiliki profesi yang berkaitan dengan bidang pertanian. Banyaknya profesi yang berkaitan dengan bidang pertanian tidak akan terjadi jika tidak

didukung oleh keadaan geografis dan luas lahan di Indonesia. Luas lahan di Indonesia pada tahun 2012 masih mencapai 39.594.536,91 Ha, lahan tersebut berdasarkan penggunaannya dikelompokkan menjadi sawah, tegal/kebun, ladang/huma, dan lahan yang sementara tidak digunakan (PUSAT DATA DAN SISTEM INFORMASI PERTANIAN, 2013). Luasnya lahan yang terbentang dari Sabang sampai

Merauke, yang tentunya memiliki keadaan geografis, iklim, cuaca dan banyak faktor lain yang berbeda membuat kualitas setiap lahan di Indonesia juga berbeda.

Salah satu komponen dari lahan yang merupakan komponen utama adalah tanah (HARDJOWIGENO, 1992). Tanah merupakan salah satu komponen alami yang terdiri dari padatan (dapat berupa mineral dan/atau materi organik), cairan, dan gas yang membentuk permukaan dari lahan, daerah lapang, dan dikarakteristikan berdasarkan: lapisan, materi yang dilepaskan, materi yang dikirimkan, dan materi yang dirubah dari energi dan diukur berdasarkan kemampuannya mendukung pertumbuhan tumbuhan dalam lingkungan alami (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1999). Dapat atau tidaknya sebuah lahan digunakan bergantung pada kualitas tanah yang ada di lahan tersebut. Secara umum semakin bagus kualitas tanah (semakin subur tanah), tentu semakin bagus pula hasil yang didapatkan dari pengolahan atau penggunaan tanah tersebut.

Untuk mengetahui seberapa berkualitas tanah atau tingkat kesuburan tanah, kita harus mengetahui bagaimana karakteristik tanah yang ada di wilayah tersebut. Untuk mengetahui bagaimana karakteristik tanah, cara yang paling mudah untuk dilakukan adalah dengan mengamati warna dari tanah tersebut. Jika kita amati, warna tanah di setiap lokasi dan kedalaman akan berbeda. Ada tanah berwarna hitam, coklat, merah, kuning, dan masih banyak lagi variasi warna tanah yang lain. Tanah juga terdiri dari beberapa lapisan, dimana setiap lapisannya memiliki perbedaan warna yang bisa sangat bisa diamati, dan terkadang tidak mudah untuk diamati. Perbedaan ini diakibatkan oleh proses kimia (pengasaman) atau pencucian (*leaching*). Terkadang karakteristik tanah yang lain dapat diketahui dari warna tanah, seperti misalnya tanah yang berwarna hitam (gelap) biasanya menunjukkan kandungan bahan organik dalam tanah tersebut cukup tinggi. Selain bahan organik, kandungan beberapa zat kimia seperti contohnya mangan, belerang, dan nitrogen juga dapat menyebabkan warna tanah menjadi cenderung gelap. Contoh yang lain adalah tanah dengan warna kemerahan atau kekuningan. Tanah dengan warna kemerahan atau kekuningan dikareakan terdapat kandungan zat kimia besi teroksidasi yang tinggi. Selain disebabkan oleh zat yang terkandung di dalam tanah, ada hal lain yang mempengaruhi warna tanah yaitu kondisinya. Saat tanah basah, lembab, atau kering warnanya akan berbeda. (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2000)

Banyaknya variasi warna tanah membuat peneliti kesulitan dalam menentukan warna tanah, karena satu-satunya cara yang saat ini digunakan peneliti untuk menentukan warna tanah adalah dengan membandingkan secara manual satu persatu

sampel yang dimiliki dengan warna baku yang ada pada buku Munsell *Soil Color Chart*. Variasi warna pada yang mencapai lebih dari 250 macam warna membuat peneliti membutuhkan waktu lama dan ketelitian dalam penentuan warna tanah. Selain itu bisa juga kondisi dari peneliti mempengaruhi kesimpulan yang dibuat.

Dalam rangka membantu dalam proses klasifikasi warna tanah, ada beberapa penelitian yang sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Salah satunya adalah pembuatan alat penentu warna tanah dengan memanfaatkan sensor TCS3200 sebagai pendeteksi warna yang telah dikonversi menjadi frekuensi (ANAM, 2015). Alat ini dianggap kurang efisien karena masih harus menggunakan alat baru yang digunakan, sehingga masih ada keterbatasan yang ditimbulkan dari penggunaan alat ini. Dalam penelitian lain juga telah dibuat sebuah aplikasi berbasis android yang digunakan untuk deteksi warna tanah dengan menggunakan histogram ruang citra HVC dengan klasifikasi KNN (PRIANDANA et al., 2014). Penelitian tersebut telah berhasil mengimplementasikan metode ekstraksi fitur histogram warna untuk masing-masing komponen warna pada model warna RGB dan HVC. Pada penelitian tersebut, klasifikasi warna tanah telah diimplementasikan dengan KNN untuk komponen warna hue. Hasil akurasi rata-rata tertinggi pada kelompok warna hue mencapai 45%. Akurasi yang rendah ini menandakan bahwa masih perlu dikembangkan aplikasi berbasis *mobile* yang dapat digunakan melakukan deteksi warna tanah.

Karena masih sangat minimnya alat yang dapat membantu dalam penentuan warna tanah, penulis selanjutnya menggagas sebuah alat bersifat *mobile* yang akan dapat membantu para peneliti di bidang ilmu tanah dalam menentukan warna tanah. Aplikasi ini kemudian diberi nama SCOTECT (*Soil Color Detection*) *Mobile Apps*. SCOTECT merupakan sebuah aplikasi yang akan tertanam dalam *smartphone* dengan OS Android. *Smartphone* dipilih karena banyaknya fitur yang telah tersedia di dalamnya dimana salah satunya adalah kamera yang akan digunakan sebagai komponen utama pada SCOTECT. Sedangkan OS Android dipilih karena saat ini Android merupakan OS dengan perkembangan pengguna paling cepat dibandingkan OS yang lain selain juga karena kemudahan dalam pengembangan aplikasi pada OS Android. Menurut data yang dikeluarkan oleh *International Data Corporation* pada tahun 2012, OS Android menguasai sekitar 52% dari total *smartphone* yang dipakai oleh masyarakat Indonesia (WAHYUDI, 2012).

Dengan adanya Aplikasi Mobile SCOTECT diharapkan penentuan warna tanah akan dapat dilakukan dengan lebih mudah, cepat, dengan hasil yang lebih akurat sehingga akan berpengaruh secara signifikan terhadap kinerja para peneliti di bidang

ilmu tanah. Selanjutnya diharapkan ini akan berpengaruh terhadap meningkatnya kualitas hasil pertanian di Indonesia dan juga meningkatnya kemajuan teknologi pertanian di Indonesia.

2. STUDI PUSTAKA

2.1. Tanah

Tanah merupakan benda alami yang terdapat di permukaan bumi, yang menjadi tempat hidup bagi semua makhluk hidup, termasuk menjadi media hidup bagi tumbuhan. (YULIPRIYANTO, 2010) Tanah didefinisikan sebagai salah satu komponen alami yang terdiri dari padatan (dapat berupa mineral dan/atau materi organik), cairan, dan gas yang membentuk permukaan dari lahan, daerah lapang, dan dikarakteristikan berdasarkan: lapisan, materi yang dilepaskan, materi yang dikirimkan, dan materi yang dirubah dari energi dan diukur berdasarkan kemampuannya mendukung pertumbuhan tumbuhan dalam lingkungan alami

(UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1999).

2.2. Warna Tanah

Beberapa parameter digunakan untuk mengidentifikasi lapisan tanah, parameter-parameter tersebut diantaranya adalah warna, tekstur, struktur, dan konsistensi tanah (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2000). Salah satunya cara yang saat ini digunakan peneliti untuk menentukan warna tanah adalah dengan membandingkan secara manual satu persatu sampel yang dimiliki dengan warna baku yang ada pada buku Munsell *Soil Color Chart*. Warna tanah dipengaruhi oleh kandungan yang ada di dalam tanah, selain itu saat kondisinya lembab, basah, atau kering warna tanah juga akan berbeda. (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2000). Berikut kandungan mineral dan kecenderungan warna tanah pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Mineral dan Kecenderungan Warna Tanah

mineral	munsell	warna
goethite	10YR 8/6	kuning
goethite	7.5YR 5/6	coklat yang kuat
biji besi	5R 3/6	merah
biji besi	10R 4/8	merah
lepidocrocite	5YR 6/8	kemerahan kuning
lepidocrocite	2.5YR 4/6	merah
ferihidrit	2.5YR 3/6	merah gelap
glaucinite	5Y 5/1	abu-abu gelap
besi sulfida	10YR 2/1	hitam
pirit	10YR 2/1	hitam (logam)
jarosit	5Y 6/4	kuning pucat
todorokite	10YR 2/1	hitam
humus	10YR 2/1	hitam
kalsit	10YR 8/2	putih
dolomit	10YR 8/2	putih
gips	10YR 8/3	coklat sangat pucat
kuarsa	10YR 6/1	abu-abu muda

Sumber: (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2000)

Dalam penentuan warna tanah menggunakan buku Munsell *Soil Color Chart*, ada beberapa hal dari warna yang menjadi perhatian, diantaranya (MUNSEL, 2009):

1. Hue: panjang gelombang dominan. Terdapat tiga macam yaitu Y (*yellow*), R (*red*), YR (*yellow red*).
2. Value: kecerahan cahaya jika dibandingkan dengan warna putih. Kisaran nilainya 0-10.
3. Chroma: kecerahan cahaya jika dibandingkan dengan warna putih. Kisaran nilainya 0-10.

2.3. Computer Vision

Computer vision merupakan proses otomatis yang mengintegrasikan sejumlah besar proses untuk beberapa persepsi visual, diantaranya adalah akuisisi citra, pengolahan citra, klasifikasi, pengenalan (*recognition*), dan membuat keputusan (MUNIR,

2004). Dalam pengolahan citra biasanya proses terdiri dari dua tahapan yaitu *preprocessing*, dan proses interpretasi citra. Dalam komputasi *computer vision*, proses yang biasa terjadi adalah:

1. Akuisisi citra digital.
2. Modifikasi data citra, yang lebih dikenal dengan operasi-operasi pengolahan citra.
3. Analisis dan interpretasi citra, dimana hasilnya digunakan untuk proses otomatis seperti memandu arah gerak dan perilaku robot, mengontrol kerja peralatan, memantau proses manufaktur, dan lain-lain.

2.4. Citra Digital

Citra digital memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual (MUNIR, 2004). Citra digital merupakan sebuah larik (*array*) yang berisi nilai-nilai *real* maupun kompleks yang

direpresentasikan dengan deretan bit tertentu (PUTRA, 2010). Citra berbeda dengan data teks karena citra digital yang memiliki berbagai macam bentuk kaya akan informasi (MUNIR, 2004). Citra yang merupakan keluaran dari proses merekam dapat memiliki berbagai macam bentuk, diantaranya (MURNI, 1992):

1. foto (optik),
2. video (analog),
3. digital (disimpan pada suatu pita magnetik).

2.5. Median Filter

Median filter merupakan metode filter non-linear. Keuntungan menggunakan median filter jika dibandingkan dengan metode filter linear adalah median filter dapat menghilangkan *noise* (derau) dalam ukuran yang lebih besar (PATIDAR et al., 2010). Median filter menggunakan ketetanggaan dalam proses filternya, dan ukuran dari ketetanggaan ditentukan dalam satu variabel tertentu. Jika terdapat sebuah citra dengan nilai piksel X_{ij} , dan akan dicari filter dari citra tersebut dengan menggunakan median filter maka fungsi untuk menghasilkan keluarannya didefinisikan dalam Persamaan (1), dimana (s,t) merepresentasikan posisi dari piksel saat ini dan w merepresentasikan ketetanggaan dari piksel posisi saat ini (GONZALES & WOODS, 2012).

$$Y_{ij} = \text{median}\{X_{i\pm s, j\pm t} | (s, t) \in w\} \quad (1)$$

2.6. K-Means

Algoritma K-Means (KM) merupakan algoritma yang akan mengelompokkan data ke dalam sejumlah k kelompok data. Fungsi keanggotaannya bergantung pada nilai kedekatan data dengan pusat kelompok yang telah ditentukan (HAMERLY & ELKAN, 2002). Algoritma ini populer karena mudah dipahami dan mudah untuk diimplementasikan. Tahapan dari algoritma KM adalah (RAHMANI et al., 2014):

1. Inisialisasi sejumlah k kelompok (*cluster*).
2. Menentukan pusat kelompok secara acak sejumlah k kelompok yang telah ditentukan.
3. Menentukan keanggotaan data berdasarkan kedekatan terhadap setiap pusat kelompok, jarak yang paling dekat menunjukkan data tersebut merupakan anggota dari kelompok.
4. Menghitung pusat kelompok baru sesuai dengan hasil pengelompokan yang telah dilakukan.
5. Mengulangi langkah 2 sampai dengan 4 sampai tidak ada perubahan pusat kelompok atau anggota kelompok.

2.7. Euclidean Distance

Euclidean distance merupakan metode yang sangat sering digunakan dalam proses deteksi

kemiripan suatu objek. Untuk dua buah data dalam ruang berdimensi p , misalkan $a = (a_1, a_2, \dots, a_p)$ dan $b = (b_1, b_2, \dots, b_p)$. Euclidean *Distance* antara a dan b didefinisikan sebagai persamaan (2) (DEZA & DEZA, 2009).

$$d_{euc}(a, b) = \left[\sum_{j=1}^p (a_j - b_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

2.8. Android

Android adalah sistem operasi yang dibuat oleh Google yang awalnya ditujukan untuk perangkat telepon pintar dan tablet. Android bersifat *open source*, yang artinya adalah kode sumbernya terbuka dan dapat dikembangkan oleh siapapun. Google merilis kode sumber Android dibawah Lisensi Apache. Didukung oleh sifat *open source*-nya, Android berkembang sangat pesat dan dalam perkembangannya memiliki banyak komunitas pengembang aplikasi.

3. METODE

3.1. Data

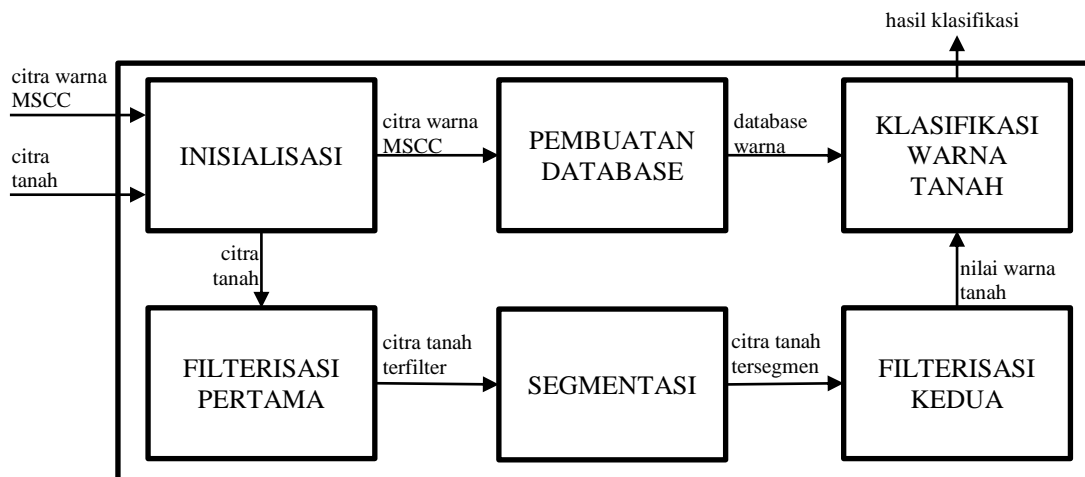
Dalam penelitian pengembangan Aplikasi Mobile untuk deteksi warna tanah data yang digunakan adalah citra yang diambil dari buku Munsell *Soil Color Chart* sebagai data latih dan sebagai data uji.

3.2. Tahapan Penelitian

Dalam melakukan penelitian pembuatan aplikasi untuk deteksi warna tanah ada beberapa tahapan proses yang dilakukan. Tahapan proses penelitian yang dilakukan adalah:

1. Desain tampilan
Desain *user interface* dilakukan untuk dapat menghasilkan aplikasi *mobile* yang mudah dan nyaman digunakan oleh pengguna SCOTECT *Mobile Apps*.
2. Implementasi Algoritma SCOTECT
Algoritma SCOTECT merupakan algoritma yang digunakan dalam proses deteksi warna. Algoritma SCOTECT terdiri dari beberapa tahapan proses algoritma. Tahapan dari Algoritma SCOTECT dalam proses deteksi warna tanah sesuai dengan yang ada Gambar 1.
3. Evaluasi
Evaluasi hasil klasifikasi dapat dilakukan dengan cara menghitung tingkat akurasi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{akurasi} = \frac{\sum \text{hasil prediksi benar}}{\sum \text{data uji keseluruhan}} \times 100\% \quad (3)$$



Gambar 1. Tahapan Proses Algoritma SCOTECT

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi ini dibangun dengan menggunakan telepon genggam berbasis Android dengan spesifikasi pada Tabel 2. Dalam pembuatan desain aplikasi, desain tampilan aplikasi ini dibuat semudah mungkin agar pemakai bisa mudah memahami dalam penggunaan. Pembuatan aplikasi ini, menggunakan Aplikasi Android Studio sebagai alat bantu dalam pembuatan aplikasi.

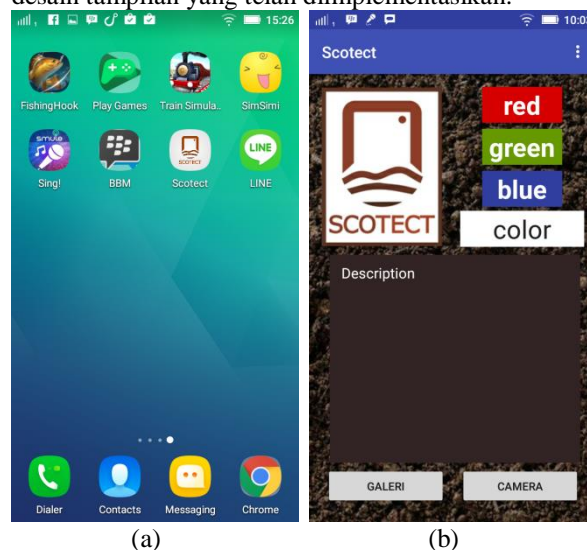
Dalam proses akuisisi citra menggunakan SCOTECT *Mobile Apps* dapat dilakukan melalui dua cara yaitu mengambil citra digital tanah secara langsung menggunakan kamera dan/atau mengambil gambar dari data yang sudah ada dalam galeri. Kemudian aplikasi ini akan melakukan klasifikasi warna tanah dengan menggunakan Algoritma SCOTECT yang ada.

Tabel 2. Spesifikasi Perangkat

Type HP	Lenovo A6000
Layar	5.0 inches, 720 x 1280 pixels (~294 ppi pixel density)
Jenis layar	IPS capacitive touchscreen, 16M colors
Internal	8 GB storage, 1GB RAM
O.S.	Android OS, v4.4.2 (KitKat)
CPU	Qualcomm MSM8916 Snapdragon 410, Quad-core 1.2 GHz Cortex-A53
GPU	Adreno 306
Kamera belakang	8 MP, 3264 x 2448 pixels, autofocus, LED flash, Geo-tagging, touch focus, face detection, Video
Kamera depan	2MP
Java	Yes, via Java MIDP emulator
Baterai	Tipe Li-Ion 2300 mAh

4.1. Desain Tampilan

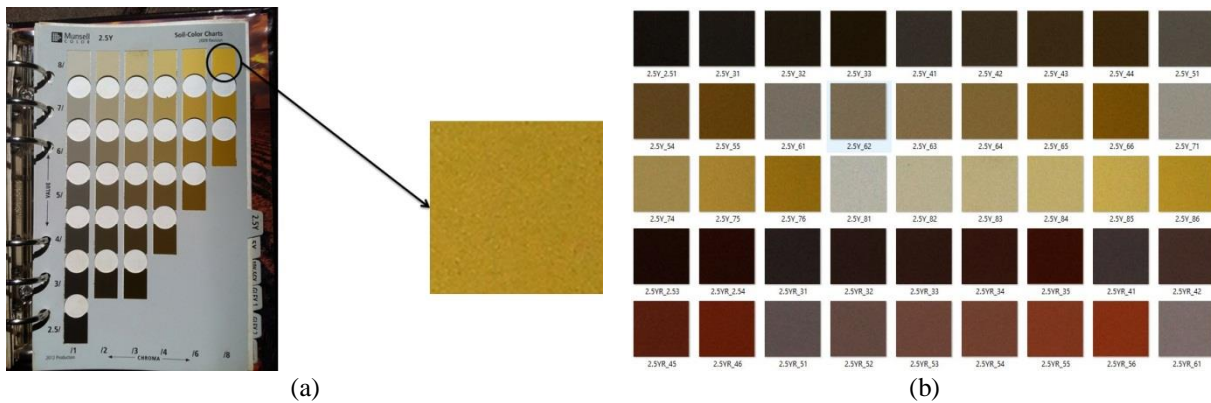
SCOTECT *Mobile Apps* terdiri dari beberapa tampilan, berikut merupakan beberapa hasil dari desain tampilan yang telah diimplementasikan.



Gambar 2. (a) SCOTECT *Mobile Apps* pada perangkat (b) Tampilan SCOTECT *Mobile Apps*

4.2 Pembuatan Database

Database yang digunakan yaitu berupa gambar yang didapatkan dari buku Munsell *Soil Color Chart*. Dalam proses ini setiap citra digital warna dari buku Munsell *Soil Color Chart* akan diambil di crop untuk diambil nilai RGB-nya. Jumlah database terdiri dari 276 macam warna. Pengambilan database acuan diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. (a) Proses *crop* Citra Digital (b) Contoh Database

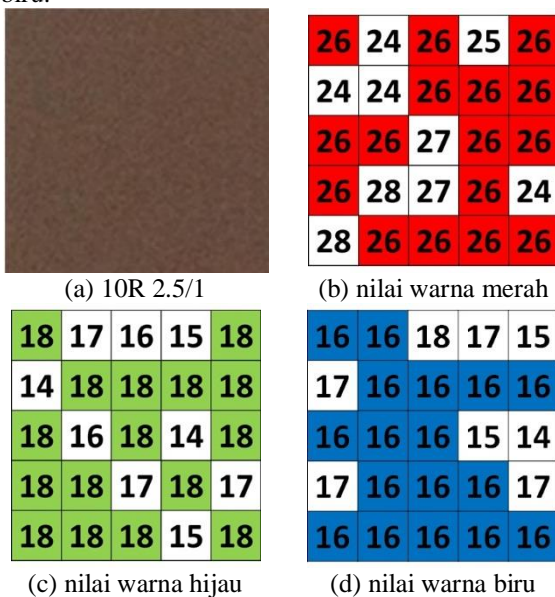
Database terdiri dari 3 atribut, yaitu modus dari nilai R (merah), G (hijau), dan B (biru). Karena terdiri dari satu macam warna, modus merupakan representasi data yang paling sesuai untuk digunakan dalam aplikasi ini. Sesuai dengan ilustrasi yang ada pada Gambar 4 dibawah, Gambar 4(a) merupakan contoh dari warna tanah 10R 2.5/1 (hitam kemerahan) yang ada pada buku Munsell *Soil Color Chart*. Jika Gambar 4(b) merupakan nilai warna merah (R), Gambar 4(c) merupakan nilai warna hijau (G), dan Gambar 4(d) merupakan nilai warna biru (B) dari warna yang ada pada Gambar 4(a), dari himpunan nilai warna tersebut maka didapatkan nilai R=26, G=18, dan B=16 sesuai dengan modus dari himpunan warna yang ada. Dari hasil pengambilan data menggunakan metode ini, didapatkan 276 data, contoh data yang ada dalam database ditampilkan dalam Tabel 3. Setiap label warna memberikan nilai yang berbeda bergantung pada kecenderungan warna yang dimiliki. Ada yang memiliki kecenderungan warna merah, hijau, dan biru.

Tabel 3. Contoh Database Warna Tanah

No	Label Warna	R	G	B
1	10R 2.5/1	26	18	16
2	10R 2.5/2	30	16	14
3	10R 3/1	36	28	28
4	10R 3/2	44	26	24
5	10R 3/3	46	22	18
6	10R 3/4	49	20	14
7	10R 3/6	55	11	6
8	10R 4/1	59	48	49
9	10R 4/2	69	45	40
10	10R 4/3	76	42	35

4.3. Filterisasi Pertama

Filterisasi ini dilakukan terhadap citra digital tanah yang ingin dideteksi warnanya. Dalam proses filterisasi pertama ini algoritma yang digunakan adalah *Median Filtering Method*. Dari hasil pengujian ketetangaan, maka didapatkan nilai ketetangaan yang sesuai adalah 15x15. Proses filterisasi warna akan menghasilkan citra digital dengan warna yang lebih seragam namun secara visual akan terlihat lebih kabur jika dibandingkan dengan gambar aslinya. Warna yang seragam ini akan membantu dalam proses segmentasi sehingga jika citra digital terdiri dari lebih satu lapisan batas setiap lapisan tanah akan lebih mudah ditemukan. Hasil dari proses filterisasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Cara Pengambilan Nilai Warna

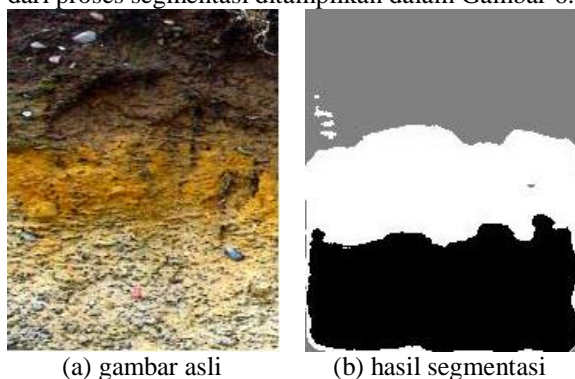


(a) gambar asli (b) filter 15x15

Gambar 5. Proses Filterisasi Pertama

4.4. Segmentasi

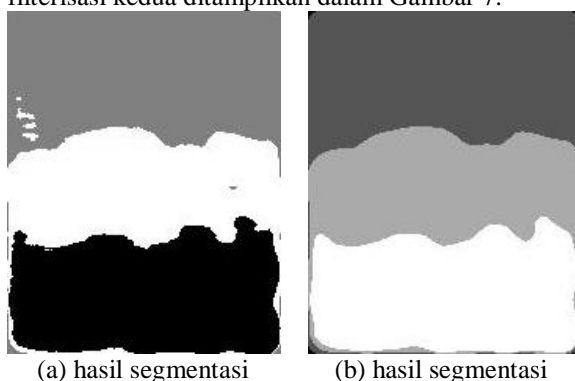
Segmentasi dilakukan terhadap citra digital tanah hasil dari proses yang sebelumnya. Proses segmentasi dilakukan dengan menggunakan algoritma K-Means *Segmentation Method*. K-Means akan memisahkan setiap lapisan tanah jika citra digital terdiri dari lebih dari satu lapisan atau satu macam warna. Proses ini akan menghasilkan batas setiap lapisan tanah. Proses segmentasi ini sangat bergantung pada citra digital tanah yang dimiliki. Semakin mencolok perbedaan warna maka proses segmentasi akan semakin mudah dilakukan. Hasil dari proses segmentasi ditampilkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Proses Segmentasi

4.5. Filterisasi Kedua

Citra digital kembali difilter menggunakan algoritma Median *Filtering Method*. Perbedaan dengan proses kedua, data masukan dalam proses ini merupakan citra digital hasil dari proses segmentasi. Ini dilakukan untuk menghilangkan derau yang masih ada dalam citra digital hasil segmentasi yang akan mengganggu dalam proses klasifikasi. Hasil filterisasi kedua ditampilkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Proses Filterisasi Kedua

4.6. Klasifikasi

Klasifikasi merupakan tujuan akhir dalam proses deteksi warna tanah. Tanah diproses dan diklasifikasikan ke dalam 276 warna tanah yang ada pada database. Dari proses ini akan didapatkan nama warna tanah dari citra digital tanah yang diproses pencarian warnanya. Pendekatan yang dilakukan

adalah menggunakan *Euclidean Distance* yang akan menghitung nilai warna data masukan dengan nilai warna yang ada dalam database. Data yang nilai *Euclidean Distance*-nya dekat berarti data tersebut memiliki kemiripan, dan yang akan digunakan sebagai kesimpulan warna adalah yang nilai jaraknya terkecil. Dari penghitungan jarak yang dilakukan, didapatkan nilai jarak dari data uji dan data latih ada diantara 0 dan 12. Hasil pencocokan 276 data uji terhadap data latih, diketahui bahwa terdapat 26 data yang hasil klasifikasinya tidak sesuai, dan akurasi dari program yang dihasilkan mencapai 90,58%. Tabel 4 menampilkan beberapa data hasil pengujian.

Tabel 4. Hasil Klasifikasi Warna

No	Label Warna	Hasil Klasifikasi	Jarak
1	10R 2.5/1	10R 2.5/1	1.7321
2	10R 2.5/2	10R 2.5/2	1.0000
3	10R 3/1	10R 3/1	0
4	10R 3/2	10R 3/2	1.4142
5	10R 3/3	10R 3/3	1.0000
6	10R 3/4	10R 3/4	1.7321
7	10R 3/6	10R 3/6	1.0000
8	10R 4/1	2YR 4/1	0
9	10R 4/2	10R 4/2	1.7321
10	10R 4/3	10R 4/3	0

5. KESIMPULAN & SARAN

Penelitian ini berhasil memberikan alternatif dalam proses klasifikasi warna tanah. Penelitian ini dapat membuktikan bahwa *SCOTECT Mobile Apps* dapat digunakan dalam proses deteksi warna tanah dengan akurasi yang dihasilkan mencapai 90,58%. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini Pertama, aplikasi ini masih sangat bergantung pada citra digital yang digunakan, kualitas citra digital yang semakin buruk akan mempengaruhi hasil dari klasifikasi warna yang dilakukan. Kedua, aplikasi ini masih sangat lemah jika digunakan pada citra digital yang dihasilkan oleh perangkat yang berbeda, kedepan diharapkan akan ada penelitian tentang penggunaan aplikasi pada perangkat yang berbeda. Ketiga, perlu dipertimbangkan penentuan nilai ketetanggaan pada proses filter, karena ini sangat berpengaruh pada hasil.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ANAM, M.K., 2015. *Pembuatan Alat Penentu Warna Tanah Berdasarkan Munsell Soil Color Charts*. S.Kom Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- DEZA, M.M. & DEZA, E., 2009. *Encyclopedia of Distances*. Berlin Heidelberg: Springer.
- GONZALES, R.C. & WOODS, R.E., 2012. *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

- HAMERLY, G. & ELKAN, C., 2002. Alternatives to the k-means algorithm that find better clusterings. In *Conference on Information and Knowledge Management*. Virginia, 2002.
- HARDJOWIGENO, S., 1992. *Ilmu Tanah*. Jakarta: PT. Mediyatama Sarana Perkasa.
- MUNIR, R., 2004. *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika.
- MUNSEL, A.H., 2009. *Munsell Soil Color Chart Book*. Grand Rapids (US): X-Rite.
- MURNI, A., 1992. *Pengantar Pengolahan Citra*. Surabaya: Elex Media Komputindo.
- PATIDAR, P., GUPTA, M., SRIVASTAVA, S. & NAGAWAT, A.K., 2010. Image Denoising by Various Filters for Different Noise. *International Journal of Computer Applications*, 9(4), pp.46-50.
- PRIANDANA, K., S, A.Z. & SUKARMAN, 2014. Mobile Munsell Soil Color Chart Berbasis Android Menggunakan Histogram Ruang Citra HVC dengan Klasifikasi KNN. *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika*, 3(2), pp.93-101.
- PUSAT DATA DAN SISTEM INFORMASI PERTANIAN, 2013. *Statistik Lahan Pertanian Tahun 2008-2012*. [Online] Jakarta: Kementrian Pertanian Available at: <http://pertanian.go.id/> [Accessed 24 September 2015].
- PUTRA, D., 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.
- RAHMANI, K.I., PAL, N. & ARORA, K., 2014. Clustering of Image Data Using K-Means and Fuzzy K-Means. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 5(7), pp.160-63.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1999. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Washington DC: U.S. Government Printing Office.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2000. *The Color of Soil*. [Online] Available at: <http://www.nrcs.usda.gov> [Accessed 21 Februari 2016].
- WAHYUDI, 2012. *Robot Hijau Masih Kuasai Indonesia*. [Online] Available at: <http://tekno.kompas.com> [Accessed 20 Februari 2016].
- YULIPRIYANTO, H., 2010. *Biologi Tanah dan Strategi Pengolahannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

SISTEM TEMU KEMBALI CITRA BERBASIS KONTEN MENGGUNAKAN HAAR WAVELET TRANSFORM DAN K-MEANS CLUSTERING

Eriq Muhammad Adams J.¹, Denny Sagita R.²

¹²Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹eriq.adams@ub.ac.id, ²denny.sagita@ub.ac.id

(Naskah masuk: 18 Februari 2016, diterima untuk diterbitkan: 17 Maret 2016)

Abstrak

Kombinasi haar wavelet transform, F-Norm, dan progressive retrieval strategy dapat digunakan sebagai metode temu kembali citra berbasis konten yang menghasilkan hasil pencarian yang efektif. Haar wavelet digunakan untuk mendekomposisi citra warna. F-Norm digunakan untuk melakukan ekstraksi fitur. Progressive retrieval strategy digunakan untuk mendapatkan akurasi hasil pencarian yang lebih baik. Pencocokan citra menggunakan progressive retrieval strategy dilakukan terhadap setiap citra yang ada dalam database sehingga menyebabkan waktu pencarian yang lama jika jumlah citra yang ada di database sangat banyak. Dalam penelitian ini diusulkan kombinasi antara haar wavelet transform, F-Norm, progressive retrieval strategy, dan K-Means clustering untuk mempercepat waktu dan nilai precision pencarian. Dari hasil uji coba diperoleh peningkatan nilai precision sebesar 40% serta kecepatan 1,6 – 2,7 kali lebih cepat daripada tanpa menggunakan metode K-Means clustering.

Kata kunci: *Temu Kembali Informasi, CBIR, Haar Wavelet, Fnorm, K-Means, Progressive Retrieval Strategy*

Abstract

The combination haar wavelet transform, F-Norm, and progressive retrieval strategy can be used in content-based image retrieval that produces effective results. Haar wavelet is used to decompose the color image. F-Norm is used to perform feature extraction. Progressive retrieval strategy is used to gain better precision value. Image matching using progressive retrieval strategy is carried out on each image in the database, this causing a long search time if there are lots of images in the database. In this study, we proposed a method based on wavelet transform, F-Norm, progressive retrieval strategy, and K-Means clustering to speed up the search time and increase precision value. From the experiment we obtained precision value increased by 40% and retrieval speed 1.6 to 2.7 times faster than without using the K-Means clustering.

Keywords: *Information Retrieval, CBIR, Haar Wavelet, Fnorm, K-Means, Progressive Retrieval Strategy*

1. PENDAHULUAN

Temu kembali citra berbasis konten merupakan proses temu kembali citra dari *database* yang berisi sekumpulan fitur citra (Yang, 2004). Banyak penelitian dan produk komersial sistem temu kembali informasi citra berbasis konten yang dikembangkan seperti QBIC, Excalibur, dll. (Rui, 1999). Banyaknya topik penelitian mengenai temu kembali citra berbasis konten akibat penyebaran konten video dan citra yang luas dan cepat. Beberapa teknik temu kembali citra berbasis konten selama ini dikembangkan berbasis fitur warna, tekstur, dan bentuk (Nascimento, 2002) (Iqbal, 2002). Fitur warna banyak digunakan dalam teknik temu kembali citra berbasis konten (Kaur, 2016). Sistem temu kembali citra berbasis konten berbasis haar wavelet transform dan progressive retrieval strategy (Latha, 2007) menggunakan fitur warna dalam ekstraksi fitur citra.

Dalam teknik temu kembali citra berbasis konten yang dikembangkan oleh Latha, dkk (Latha, 2007) Haar wavelet transform digunakan untuk mendekomposisi citra ke dalam beberapa level dan koefisien, sedangkan progressive retrieval strategy

digunakan untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi dari proses temu kembali citra. Namun, proses temu kembali citra menggunakan progressive retrieval strategy dengan jumlah citra yang sangat banyak membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu proses temu kembali citra menggunakan progressive retrieval strategy dapat dipercepat menggunakan teknik klasterisasi citra. Algoritma K-Means clustering dapat digunakan sebagai metode klasterisasi citra dalam sistem temu kembali informasi untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi dari proses temu kembali citra tersebut (Murthy, 2010).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Murthy, dkk (Murthy, 2010). Dalam teknik temu kembali citra berbasis konten yang diusulkan oleh Latha, dkk (Latha, 2007) dapat ditambahkan teknik klasterisasi citra menggunakan algoritma K-Means Clustering untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan dalam proses temu kembali citra. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diusulkan sistem temu kembali citra berbasis konten menggunakan haar wavelet transform, progressive retrieval strategy, dan K-Means clustering.

2. SISTEM TEMU KEMBALI CITRA BERBASIS KONTEN YANG DIUSULKAN

Sistem temu kembali citra berbasis konten yang diusulkan dalam penelitian ini menggunakan metode klasterisasi citra K-Means *clustering* untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan dalam proses temu kembali citra yang dilakukan oleh Latha, dkk sebelumnya (Latha, 2007). Secara garis besar, proses temu kembali citra yang diajukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Pada Gambar 1, proses temu kembali citra dibagi menjadi 2 yaitu proses *online* dan *offline*.

Proses *offline* merupakan proses penyimpanan fitur citra ke dalam *database*. Dalam proses *offline* ini terlebih dahulu citra akan didekomposisi dalam beberapa level dan koefisien menggunakan Haar *wavelet transform*. Citra yang telah didekomposisi dalam beberapa level dan koefisien akan diekstrak menggunakan F-Norm theory menghasilkan fitur citra. Fitur-fitur citra hasil ekstraksi akan diklaster menjadi beberapa kelompok menggunakan algoritma K-Means *clustering*.

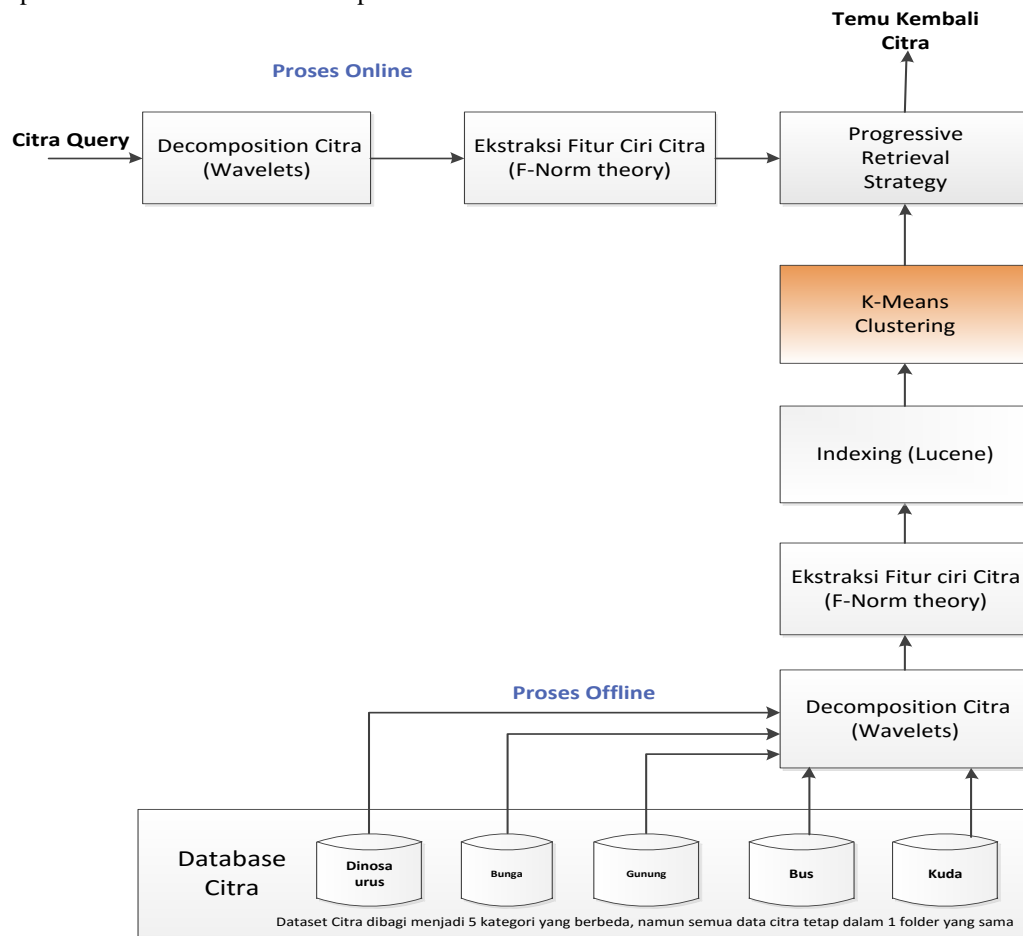
Proses *online* adalah proses pencarian citra yang terdapat dalam database citra. Tahapan dalam

proses *online* ini dimulai dengan dekomposisi citra, ekstraksi fitur, dan pencocokan citra berdasarkan *similarity*-nya menggunakan *progressive retrieval strategy* dalam kelompok atau klaster citra yang memiliki tingkat *similarity* yang paling tinggi.

2.1. Pengambilan Nilai RGB Citra

Sebelum proses dekomposisi citra dilakukan, citra akan diubah dimensinya menjadi 256x256 pixel dalam format RGB untuk mengurangi kompleksitas proses temu kembali citra. Dimensi lebar dan tinggi citra dibuat sama karena proses dekomposisi citra dalam komputasinya membutuhkan *square matrix*. Pengambilan nilai RGB pada citra dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Load citra dengan ukuran 256 x 256 pixel.
2. Lakukan proses iterasi sebanyak ukuran luas x tinggi citra untuk mengambil nilai warna pada tiap pixel.
3. Ambil masing-masing nilai red, green, dan blue pada suatu nilai warna RGB di tiap pixel citra dan simpan pada masing-masing array warna yang berkesesuaian.



Gambar 1. Diagram Sistem Temu Kembali Citra yang diajukan

2.2. Dekomposisi Citra dengan Haar Wavelet

Proses dekomposisi citra dengan Haar *wavelet transform* dilakukan sampai n level menghasilkan beberapa koefisien yaitu LL, LH, dan HL (Talukder, 2010) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2. Proses dekomposisi ini dilakukan terhadap setiap baris dan kolom pada matriks citra dengan ukuran 2^n . Berikut merupakan *pseudocode* dari proses dekomposisi citra menggunakan Haar *wavelet transform*:

```

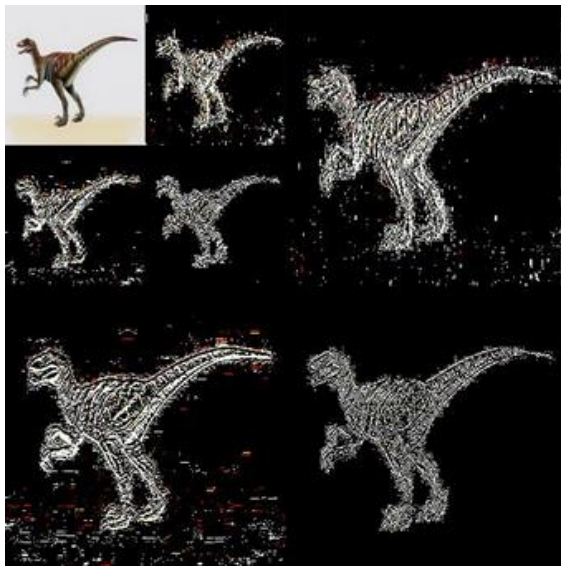
Algoritma Dekomposisi Citra


---


procedure dekomposisi (M, n)
begin
  foreach level n(i) of n
    foreach column c of M
      foreach element c(i) of c
        res(i) = c(i) + c(i+1) / 2
        res(i+1) = c(i) - c(i+1) / 2
        c = res
      endfor
    endfor

    foreach row r of M
      foreach element r(i) of r
        res(i) = r(i) + r(i+1) / 2
        res(i+1) = r(i) - r(i+1) / 2
        r = res
      endfor
    endfor
  endfor
end

```



Gambar 2. Citra yang Didekomposisi Level 2.

2.3. Ekstraksi Fitur

Proses ekstraksi fitur digunakan untuk mengekstraksi fitur citra. Matrik nilai pixel dari suatu citra setelah melewati tahap dekomposisi dalam beberapa level dan koefisien kemudian akan di ekstrak dengan menggunakan F-Norm *theory* (Huang, 2005). Proses ekstraksi fitur ini dilakukan untuk masing-masing koefisien LL, LH, dan HL dalam setiap levelnya. Langkah-langkah dalam proses ini adalah :

1. Inisialisasi matrik dua dimensi hasil dekomposisi pada level n .
2. Menjumlah setiap submatrik dari matrik tersebut. Dimana nilai F-Norm dari matrik tersebut dihitung dengan Persamaan 1.

$$\|A_i\| = \left[\sum_{k=1}^i \sum_{l=1}^i |a_{kl}|^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

A_i merupakan submatrix matrix 2 dimensi, sedangkan k adalah baris dan l adalah kolom.

3. Setelah dilakukan proses F-Norm selanjutnya dihitung ΔA_i yang merupakan elemen dalam vector fitur citra berdasarkan persamaan 2 dan 3,

$$\Delta A_i = \|A_i\|_F - \|A_{i-1}\|_F \quad (2)$$

$$\|A_0\|_F = 0 \quad (3)$$

4. Penyusunan vektor fitur citra dituliskan seperti Persamaan 4, dimana setiap fitur citra .

$$V_{AF} = \{\Delta A_1, \Delta A_2, \dots, \Delta A_n\} \quad (4)$$

2.4. Pengklasteran Citra menggunakan K-Means

Setelah dilakukan proses ekstraksi fitur terhadap semua citra selanjutnya dilakukan proses pengklasteran citra menggunakan K-Means Clustering. Pengukuran jarak dalam K-Means Clustering ini menggunakan persamaan 5. Pengukuran jarak dihitung berdasarkan nilai similarity citra. *Pseudocode* klasterisasi citra menggunakan K-Means dijelaskan dalam *pseudocode* berikut:

```

Algoritma Klasterisasi Citra


---


procedure kmeans (D)
begin
  while iter < maxIteration
    and distance < epsilon
      centroid = initializeCentroid(D)
      foreach cluster C(i) of C
        foreach image I(i) in cluster C(i)
          selectClosestCluster(I(i), centroid)
        endfor
        distance = calculateMean(centroid)
      endfor
    endwhile
  end
end

```

$$dist(V_{AF}) = 1 - sim(V_{AF}) \quad (5)$$

2.5. Similarity Citra

Perhatikan Proses ini merupakan penghitungan nilai derajat kesamaan antara sebuah citra pencarian dengan citra-citra yang ada di dalam *image database*. Nilai derajat kesamaan(α) berkisar antara 0 sampai dengan 1. Langkah-langkah prosesnya adalah sebagai berikut :

1. Membaca nilai vektor fitur citra.
2. Load citra *database* yang berisi vektor fitur citra.

3. Bandingkan nilai vektor fitur citra *query* dengan setiap citra pada *image database* untuk mencari nilai *similarity*-nya.
4. Untuk menghitung *similarity* citra *query* dengan citra-citra di dalam *image database* di gunakan persamaan 6 dan 7.

$$\begin{cases} \frac{\min(\Delta A_i, \Delta B_i)}{\max(\Delta A_i, \Delta B_i)} & \text{--- -- } \Delta A_i \neq 0 \text{ atau } \Delta B_i \neq 0 \\ 1 & \text{--- -- } \Delta A_i = 0 \text{ atau } \Delta B_i = 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$\alpha = \sum_{i=1}^n C_i \alpha_i \quad (7)$$

5. Hitung nilai koefisien dengan persamaan 8.

$$C_i = \frac{2i-1}{n^2} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

2.6. Progressive Retrieval Strategy

Dalam *progresive retrieval strategy* (Latha, 2007) dilakukan proses *rough filtering* dan *precise filtering* mulai dari level dekomposisi ke-J sampai level ke-1. Dalam penelitian ini proses pencocokan menggunakan *progressive retrieval strategy* tidak dilakukan terhadap semua *image database* namun hanya terhadap *image database* yang terdapat dalam klaster yang mempunyai jarak antara *centroid* klaster dan citra *query* paling kecil. *Rough filtering* (Hafner, 1995) dilakukan untuk setiap koefisien wavelet LL, LH, dan HL berturut-turut dengan menghitung varian standar (untuk setiap layer merah, hijau ,dan biru) dari setiap citra *query* dan *image database* menggunakan persamaan 9.

$$F = (\beta \sigma_r^q < \sigma_r^d < \frac{\sigma_r^q}{\beta}) \&\& (\beta \sigma_g^q < \sigma_g^d < \sigma_g^q / \beta) \&\& (\beta \sigma_b^q < \sigma_b^d < \sigma_b^q / \beta) \quad (9)$$

Dimana β merupakan konstanta filter dengan nilai antara 0 dan 1. Jika nilai F sama dengan FALSE maka *image database* dapat diidentifikasi bahwa *image database* sangat tidak mirip dengan citra *query* sehingga dapat diabaikan. Dalam penelitian ini, nilai varian standar dari *image database* dihitung terlebih dahulu secara offline pada saat indexing untuk mempercepat proses *rough filtering*. *Precise filtering* dilakukan dengan menghitung *similarity* dari fitur koefisien wavelet LL setiap layer merah, hijau, dan biru. Jika hasil *similarity* melewati *threshold* yang ditentukan maka *image database* dapat diabaikan. Setelah proses *progressive retrieval strategy* dilakukan maka dilakukan proses perangkaian hasil pencarian citra berdasarkan *similarity*.

3. HASIL UJI COBA DAN EVALUASI

Pada penelitian sistem temu kembali berbasis konten ini, lingkungan perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan untuk pengembangan aplikasi menggunakan Bahasa Pemrograman Java dan library Apache Lucene,

dengan spesifikasi perangkat keras Intel Quad Core 2.4 Ghz dan RAM 2GB. Karena aplikasi dikembangkan dengan menggunakan bahasa java, maka aplikasi yang dikembangkan diberi nama JCBIR (Java Content Based Image Retrieval). Tampilan aplikasi JCBIR ditunjukkan pada Gambar 3.

Sampel citra yang digunakan sebagai sampel pengujian diperoleh dari situs <http://wang.ist.psu.edu>. Pengujian Citra yang digunakan adalah citra true color 24 bit beresolusi 256 x 256 pixel. Dalam penelitian ini digunakan 500 data citra yang dibagi menjadi 5 kategori, yaitu kategori dinosaurus, bus, pantai, kuda, serta bunga dan setiap kategori terdiri dari 100 citra. Gambar 4 menunjukkan citra bus yang digunakan dan hasil pencarian citra bus. Tiap citra didekomposisi nilai warna pada tiap-tiap pixel dengan membagi menjadi 3(tiga) layer, yakni layer merah, layer hijau, dan layer biru. Sehingga tiap layer warna akan di proses secara terpisah menggunakan Haar *Wavelet Transform* (HWT) untuk didekomposisi dari level ke-1 hingga level ke-4. Hasil dekomposisi berupa nilai koefisien LL, LH, dan HL. Setelah itu hasil dekomposisi yang berupa array dua dimensi akan dinormalisasi nilainya menggunakan teori F-norm untuk menghasilkan vektor nilai fitur-fitur warna dari citra tersebut.

Penelitian ini difokuskan pada akurasi dan kecepatan temu kembali citra. Oleh sebab itu skenario pengujian dibagi menjadi 2, skenario pertama yaitu menguji *recall*, *precision* dan kecepatan temu kembali citra dengan menggunakan metode transformasi Haar *wavelet transform* & *progressive retrieval strategy* dan skenario kedua menguji *recall*, *precision* dan waktu sistem temu kembali citra dengan menggunakan penggabungan Haar *wavelet transform*, *progressive retrieval strategy* dengan k-means clustering. Nilai *precision* yang dimaksud disini adalah proporsi dari suatu set yang diperoleh yang relevan, sedangkan *recall* adalah proporsi dari semua dokumen citra yang relevan di koleksi termasuk dokumen yang diperoleh. Untuk menghitung nilai *recall* dokumen citra dapat menggunakan persamaan 10. Sedangkan untuk menghitung *precision* menggunakan persamaan 11.

$$recall = \frac{\text{jumlah dokumen citra relevan yang ditemukan}}{\text{total jumlah dokumen citra yang relevan}} \quad (10)$$

$$precision = \frac{\text{jumlah dokumen citra relevan yang ditemukan}}{\text{total jumlah dokumen citra yang ditemukan}} \quad (11)$$

3.1. Uji Coba dengan Haar Wavelet Transform

Pada scenario 1 ini, akan di uji pencarian citra dengan menggunakan salah satu sample citra *query* yang mewakili 100 data citra untuk setiap kategorinya. Setiap citra diuji beberapa kali dengan mengubah nilai parameter konstanta *Rough Filtering* (KRF) dan *Precise Filtering Threshold* (PFT). Hal

ini dilakukan untuk memperoleh konfigurasi terbaik dari perubahan parameter sehingga diperoleh hasil pencarian yang akurat dan cepat.

Nilai *precise filtering threshold* yang digunakan sebesar 0.3 dan perubahan konstanta *rough filtering* 0.3, 0.5, 0.7. Pada Tabel 1 menunjukkan hasil pencarian citra dengan menggunakan transformasi Haar *wavelet transform* dan *progressive retrieval strategy*.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, citra Dinosaurus memiliki nilai *recall* yang cukup baik, dimana dari hasil ujicoba dengan nilai konstanta *rough filtering* sebesar 0.3 dapat memberikan nilai *recall* sebesar 1 atau bisa dikatakan 100% data citra dinosaurus dapat ditemukan seluruhnya. Namun dari nilai *precision* citra dinyatakan cukup kecil hanya memperoleh nilai 0.25. Untuk nilai *recall* terbaik kedua adalah *recall* dari citra Bus dengan nilai sebesar 0.99 dengan parameter konstanta *rough filtering* sebesar 0.3 dan memperoleh 0.96 dengan konstanta *rough filtering* sebesar 0.5. Sedangkan dengan menggunakan konstanta *rough filtering* sebesar 0.7, hanya memberikan nilai 0.47 karena

berdasarkan ujicoba semakin tinggi nilai konstanta *rough filtering* maka hasil pencarian semakin presisi dan nilai konstanta *rough filtering* citra dalam database yang kurang dari 0.7 maka akan di eliminasi dari hasil pencarian. Pada citra pantai dengan menggunakan konstanta *rough filtering* sebesar 0.3 akan diperoleh nilai *recall* sebesar 0.68, begitu juga dengan nilai *recall* pada perubahan parameter 0.5 dan 0.7 diperoleh hasil yang semakin menurun hal ini dikarenakan obyek citra pantai didominasi oleh intensitas warna biru dan berbagai macam obyek yang memiliki kombinasi warna yang bervariasi. Dari Tabel 1, citra bunga nilai yang rendah pula hal ini dikarenakan citra bunga yang diuji memiliki warna agak gelap dan warna citra bunga itu sendiri yang mendominasi sehingga hasil pencarian bunga kebanyakan hanya ditemukan citra bunga yang mirip dengan warna bunga yang dicari, sedangkan citra bunga yang tersedia dalam database bervariasi. Hal ini yang menyebabkan banyak citra bunga yang relevan dalam kategori bunga tidak ditemukan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Temu Kembali Citra Menggunakan Haar Wavelet dan Progressive Retrieval Strategy

No.	Citra	KRF : 0.3 & PFT : 0.3			KRF : 0.5 & PFT : 0.3			KRF : 0.7 & PFT : 0.3		
		Recall	Precision	Speed (s)	Recall	Precision	Speed (s)	Recall	Precision	Speed (s)
1.	Dinosaurus	1.00	0.25	3.80	0.99	0.51	2.58	0.67	0.99	1.89
2.	Bus	0.99	0.23	4.00	0.96	0.38	2.47	0.47	0.94	1.95
3.	Pantai	0.95	0.22	3.97	0.75	0.56	2.31	0.10	0.91	1.60
4.	Kuda	0.76	0.17	4.13	0.44	0.21	2.29	0.10	0.48	1.63
5.	Bunga	0.81	0.18	4.26	0.81	0.40	2.80	0.17	0.50	1.72

Tabel 2. Hasil Pengujian Temu Kembali Citra Menggunakan Haar Wavelet, Progressive Retrieval Strategy, dan K-Means (K=5)

No.	Citra	KRF : 0.3 & PFT : 0.3			KRF : 0.5 & PFT : 0.3			KRF : 0.7 & PFT : 0.3		
		Recall	Precision	Speed (s)	Recall	Precision	Speed (s)	Recall	Precision	Speed (s)
1.	Dinosaurus	1.00	0.99	1.48	0.99	0.99	1.50	0.67	0.99	1.31
2.	Bus	0.76	0.80	1.50	0.71	0.89	1.47	0.34	0.94	1.19
3.	Pantai	0.68	0.57	1.86	0.56	0.82	1.40	0.09	1.00	1.05
4.	Kuda	0.66	0.87	1.39	0.32	0.67	1.20	0.04	0.67	0.97
5.	Bunga	0.66	0.94	1.33	0.30	0.91	1.15	0.13	1.00	0.95

3.2. Uji Coba dengan Haar Wavelet dan K-Means

Pada skenario 2 ini, akan di uji pencarian citra dengan menggunakan salah satu sample citra query yang mewakili 100 data citra untuk setiap kategorinya. Perbedaan dengan skenario sebelumnya adalah terletak pada metode klustering yang ditambahkan sehingga setelah dilakukan proses indexing, fitur citra di klaster berdasarkan fitur ciri citra yang memiliki kedekatan dengan fitur citra yang lain.

Metode ini diharapkan dapat mempercepat proses pencarian karena pencarian hanya dilakukan pada klaster tertentu saja. Dalam ujicoba ini 500 citra yang tersedia dalam database dibagi menjadi 5 klaster, hal ini dikarenakan jumlah kategori dalam database citra terdiri dari 5 kategori citra. Diharapkan dengan menggunakan metode K-Means *clustering* ini, fitur ciri citra yang telah di *indexing* dapat masuk kedalam klaster kategori yang sesuai. Sedangkan maksimum iterasi yang ditetapkan pada pengujian ini sebesar 200.



Gambar 3. Tampilan Aplikasi JCBIR

Berdasarkan Tabel 2 mengenai Hasil Pengujian temu kembali Citra Menggunakan penggabungan Haar Wavelet, Progressive Retrieval Strategy, dan K-Means dapat diketahui perubahan nilai precision, dan speed yang cukup signifikan. Hal terlihat pada citra kuda yang mengalami kenaikan precision mencapai 51% dari metode pada skenario 1 dengan konstanta rough filtering sebesar 0.5. Citra dinosaurus dengan menggunakan konstanta rough filtering sebesar 0.3 mengalami peningkatan precision hingga 74% begitu juga dengan citra pantai mengalami peningkatan precision hingga 70%. Dari segi kecepatan dengan menggunakan metode pada skenario 2, kecepatan pencarian lebih cepat 1,6-2,7 kali dari metode pada skenario 1. Namun dari segi recall rata-rata menurun hingga 15%.

3.3. Evaluasi

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dapat diketahui sistem temu kembali citra yang menggunakan Haar Wavelet mempunyai recall yang lebih baik daripada sistem temu kembali citra yang menggunakan penggabungan Haar Wavelet, Progressive Retrieval Strategy, dan K-Means. Penurunan recall dengan menggunakan metode pada skenario 2 mengalami penurunan hingga 15%. Namun sistem temu kembali citra menggunakan penggabungan Haar Wavelet, Progressive Retrieval Strategy, dan K-Means mempunyai nilai rata-rata

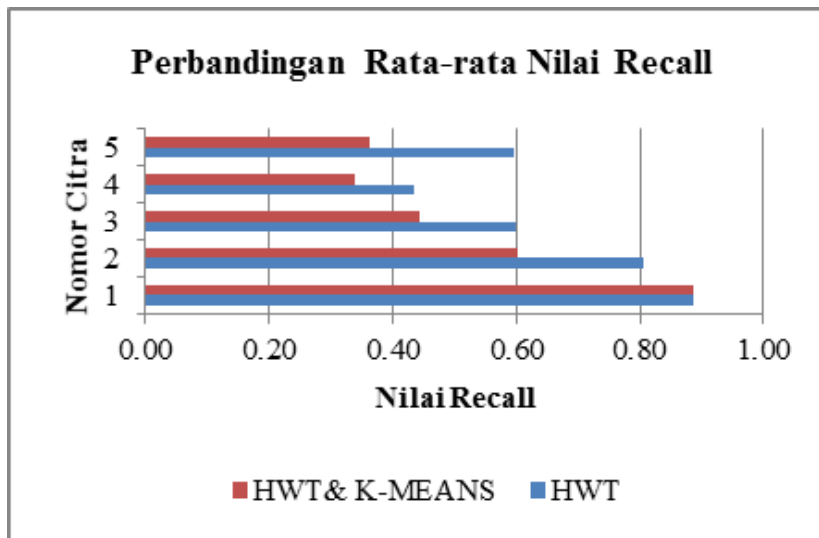


Gambar 4. Hasil Pencarian citra Bus

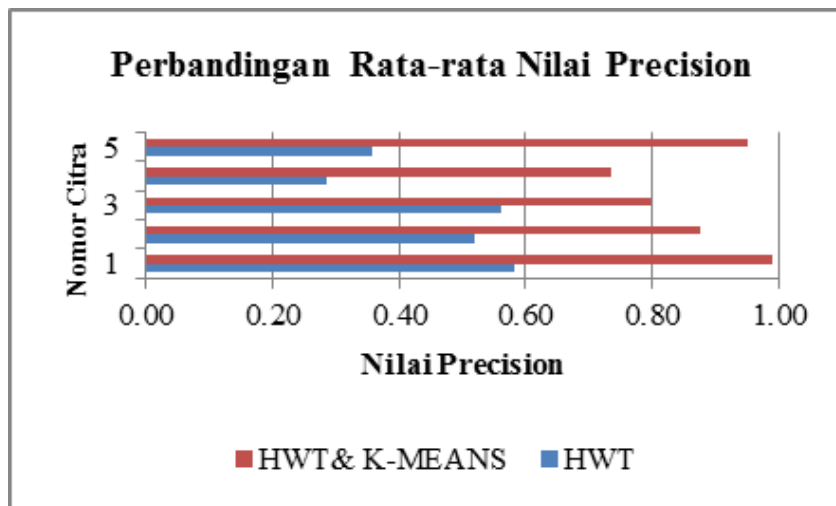
precision yang lebih yang terlihat pada grafik Gambar 6. Peningkatan nilai precision dengan menggunakan metode pada skenario 2 mencapai 40% daripada menggunakan metode pada skenario 1.

Nilai presisi sangat dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya adalah parameter konstanta Rough Filtering (KRF) dan Precise Filtering Threshold (PFT). Semakin besar konstanta Rough Filtering menyebabkan eliminasi citra dalam proses pencarian semakin banyak.

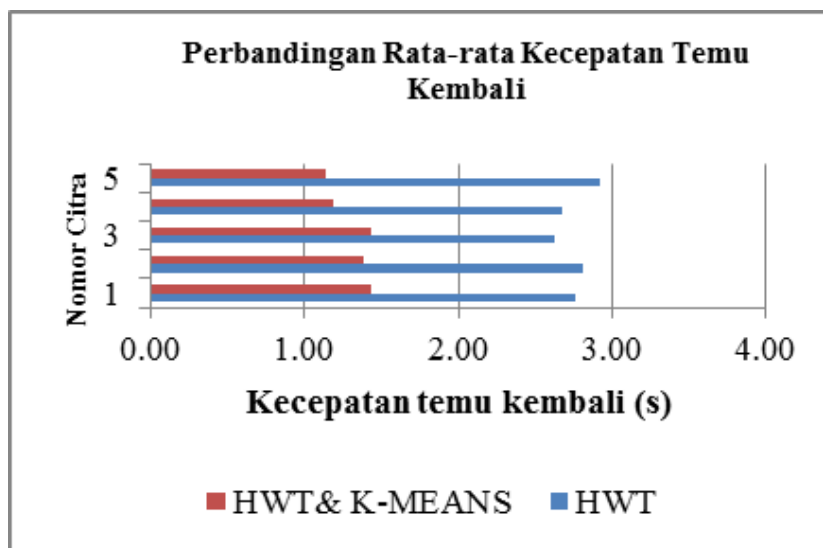
Pada grafik Gambar 7 menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode penggabungan Haar Wavelet Transform, *progressive retrieval strategy*, dan K-Means, proses pencarian citra menjadi lebih cepat hingga 1,6-2,7 kali. Hal ini membuktikan hipotesa peneliti benar, bahwa dengan menggunakan metode klustering dapat mempercepat proses pencarian citra menjadi lebih cepat. Tapi ada beberapa hal yang mempengaruhi kecepatan pada proses pencarian, antara lain adalah apabila nilai konstanta Rough Filtering semakin besar maka pencarian akan semakin cepat, namun nilai recall akan semakin menurun. Selain itu faktor perangkat keras yang digunakan, juga mempengaruhi kinerja proses pencarian dan proses indexing citra karena setiap spesifikasi perangkat keras yang berbeda memiliki kecepatan komputasi data yang berbeda pula.



Gambar 5. Perbandingan Rata-rata Nilai Recall antara Skenario 1 & Skenario 2



Gambar 6. Perbandingan Rata-rata Nilai Precision antara Skenario 1 & Skenario 2



Gambar 7. Perbandingan Rata-Rata Kecepatan pencarian antara Skenario 1 & Skenario 2

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis, perancangan, implemmentasi dan pengujian sistem temu kembali citra dengan menggunakan kombinasi transformasi Haar wavelet transform dan K-means *Clustering* dapat disimpulkan :

1. Sistem temu kembali citra berbasis konten yang diusulkan dengan menambahkan klasterisasi citra menggunakan algoritma K-Means *Clustering* yang dikombinasikan dengan Haar Wavelet Transform dan *progressive retrieval strategy* dapat menambah kecepatan proses temu kembali citra sampai 2,7 kali lipat dan tingkat akurasi (*precision*) 1,4 kali lipat lebih akurat dari pada metode temu kembali citra sebelumnya (Latha, 2007).
2. Dalam proses klasterisasi citra menggunakan K-Means digunakan perhitungan jarak berbasis nilai *similarity* citra yang dihitung menggunakan F-Norm *Theory*.

Untuk meningkatkan akurasi hasil pencarian, dalam penelitian lebih lanjut dapat digunakan algoritma transformasi wavelet lainnya dan algoritma klastering lainnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

HAFNER, J., SAWHNEY, H. S., EQUITZ, W., FLICKNER, M., & NIBLACK, W. 1995. Efficient color histogram indexing for quadratic form distance functions. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. 17(7). 729-736.

HUANG, H., HUANG, W., LIU, Z., CHEN, W. AND QIAN, Q.. 2005. Content-based color image retrieval via lifting scheme. *In Proceedings Autonomous Decentralized Systems*, IEEE. ISADS 2005. 378-383.

IQBAL, Q., & AGGARWAL, J. K. 2002. Combining structure, color and texture for image retrieval: A performance evaluation. *In Pattern Recognition, 2002. Proceedings. 16th International Conference on*. IEEE Vol 2. 438-443.

KAUR, H. 2016. A Review on Comparison of Techniques of Content Based Image Retrieval. *International Journal of Research*, 3(10). 1302-1307.

LATHA, M.Y., JINAGA, B.C. AND REDDY, V.S.K. 2007. Content Based Color Image Retrieval via Wavelet Transforms. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*. 7(12). 38-44.

MURTHY, V.S.V.S., VAMSIDHAR, E., KUMAR, J.S. AND RAO, P.S. 2010. Content Based Image Retrieval using Hierarchical and K-Means Clustering Techniques. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 2(3). 209-212.

NASCIMENTO, M. A., & CHITKARA, V. 2002. Color-based image retrieval using binary signatures. *In Proceedings of the 2002 ACM symposium on Applied computing*. ACM 2002. 687-692.

RUI, Y., HUANG, T. S., & CHANG, S. F. 1999. Image retrieval: Current techniques, promising directions, and open issues. *Journal of visual communication and image representation*. 10(1). 39-62.

TALUKDER, K.H. AND HARADA, K.. 2010. Haar wavelet based approach for image compression and quality assessment of compressed image. arXiv preprint. arXiv:1010.4084.

YANG, C. C. 2004. Content-based image retrieval: a comparison between query by example and image browsing map approaches. *Journal of Information Science*. 30(3). 254-267.

RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI HONORARIUM MENGAJAR DOSEN

Wiyata

Program Studi Ilmu Administrasi Bisnis, Bidang Ilmu Manajemen Sistem Informasi,
Fakultas Ilmu Administrasi, Universitas Brawijaya

E-mail : wiyata@ub.ac.id

(Naskah masuk : 18 Februari 2016, diterima untuk diterbitkan : 17 Maret 2016)

Abstrak

Honorarium merupakan salah satu unsur penting pendorong motivasi dosen dalam pelaksanaan kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi khususnya bidang pelaksanaan pendidikan oleh karena itu perlu dikelola dengan sistem *database* yang terintegrasi. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem informasi untuk peningkatan efisiensi, transparansi, akurasi dalam pengelolaan honorarium mengajar dosen. Identifikasi kebutuhan pengguna dan sistem dilakukan melalui interview dan observasi cara kerja pengelolaan honorarium mengajar dosen di bagian akademik dan bagian keuangan. Model pengembangan sistem dalam penelitian ini menggunakan metode *Prototyping*. Hasil pengujian menggunakan Metode *Response Time*, *Accuracy Testing*, dan *Black Box Testing* menunjukkan bahwa Sistem Informasi Honorarium Mengajar Dosen (SI-HMD) yang dikembangkan telah berfungsi sesuai dengan kebutuhan fungsional dan operasional yang diharapkan.

Kata Kunci : honorarium mengajar dosen, rancang bangun sistem informasi

Abstract

Honorarium is an important element for boosting lecturer's motivation in the implementation of Tri Dharma University particularly in the field of education implementation therefore it needs to be managed with an integrated database system. The purpose of this research is to design and build information system for improving the efficiency, transparency, and accuracy of the management of lecturer's teaching honorarium. Identifying user needs and system requirements was carried out by interview and observation on how the management of honorarium for the lecturers in the academic and financial division. System development model in this research used prototyping method. The test results using Response Time, Accurate Testing, Black Box Testing Methods indicated that the developed Information System of Lecturer's Teaching Honorarium (IS-LTH) has been functioning in accordance with the expected functional and operational requirements.

Keywords : lecturer's teaching honorarium, design and build information system

1. PENDAHULUAN

Honorarium mengajar merupakan salah satu unsur penting pendorong motivasi dosen dalam pelaksanaan kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi khususnya bidang pelaksanaan pendidikan. Hal ini menuntut Perguruan Tinggi meningkatkan kualitas pelayanan kepada dosen dengan melakukan pengelolaan honorarium mengajar secara efektif dan efisien agar dapat menunjang kelancaran proses belajar mengajar serta menciptakan suasana akademik yang kondusif. Sampai saat ini Perguruan Tinggi XYZ masih menggunakan sistem manual dalam pengelolaan honorarium mengajar dosen.

Beberapa permasalahan yang biasa terjadi pada sistem manual antara lain; (1) proses presensi dan rekapitulasi kehadiran tidak efisien, (2) kurang transparan karena dosen tidak dapat mengakses informasi honorarium yang akan diterima dosen, dan (3) hasil perhitungan honorarium tidak akurat sehingga sering menimbulkan perselisihan antara dosen dan bagian keuangan. Bertitik tolak dari permasalahan tersebut maka perlu dibangun sistem

informasi yang dapat berfungsi meningkatkan efisiensi, transparansi, dan akurasi dalam pengelolaan honorarium mengajar dosen.

Pengembangan sistem dalam penelitian ini menggunakan teknologi *fingerprint* dan pemrograman Visual Basic untuk input kehadiran, sedangkan untuk proses rekapitulasi kehadiran, perhitungan dan pelaporan honorarium menggunakan menggunakan PHP dan database MySQL. Teknologi *Fingerprint* adalah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai pemindai sidik jari. Sidik jari banyak dipergunakan untuk mendeteksi kehadiran pegawai karena memiliki beberapa sifat antara lain :

1. Guratan-guratan sidik jari melekat pada kulit manusia seumur hidup.
2. Sidik jari tidak pernah berubah kecuali mengalami kecelakaan serius.
3. Sulit dipalsukan atau dimanipulasi karena setiap orang memiliki pola sidik jari yang unik dan berbeda.

Sistem pengenalan sidik jari (*fingerprint*) memiliki beberapa keunggulan antara lain :

1. Sangat Praktis
Sistem pengenalan sidik jari sangat praktis penggunaannya untuk mendeteksi kehadiran.
2. Akurasi Tinggi
Sistem pengenalan sidik jari memiliki tingkat akurasi cukup tinggi.
3. Sekuritas Tinggi
Sistem pengenalan sidik jari relatif lebih aman karena sulit dimanipulasi.
4. Ekonomis
Sistem pengenalan sidik jari relatif lebih ekonomis dibandingkan sistem pengenalan lainnya seperti *Radio Frequency Identification (RFID)*.
5. Skalabilitas tinggi
Sistem pengenalan sidik jari memiliki kapasitas penyimpanan data hingga ribuan record.
6. Terintegrasi
Sistem pengenalan sidik jari memiliki *software* bawaan yang berfungsi mengatur interkoneksi antara mesin *fingerprint* dengan *database*.

Cara kerja *scanner fingerprint* adalah dengan mengambil gambar sidik jari, memproses secara digital, dan memverifikasi apakah guratan sidik jari dari gambar yang diambil sama dengan pola sidik jari yang ada di *database*.

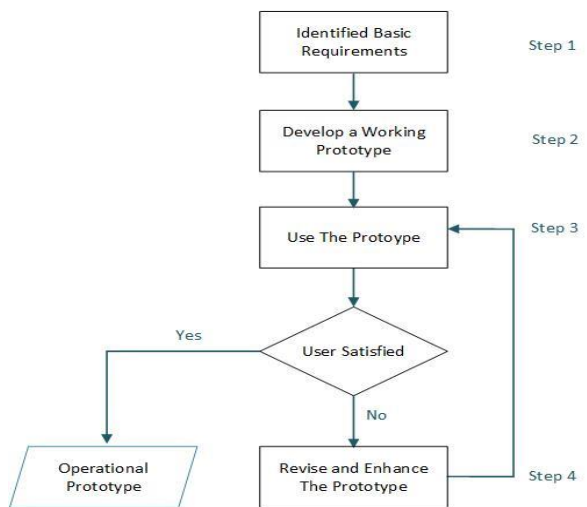
Dalam pengembangan SI-HMD ini pembacaan data *fingerprint* menggunakan OXC *ZKemKeeper 6.0 Control* bawaan (*built-in*) dari mesin *fingerprint* kemudian hasil dari pembacaan dikonversi menjadi data *access*, selanjutnya data tersebut diintegrasikan dengan *Database MySQL* yang ada di Server melalui *Open Database Connectivity (ODBC)*

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode *prototyping* untuk membangun sistem informasi honorarium mengajar dosen. *Prototyping* adalah proses membangun sistem eksperimental secara cepat dan tidak mahal. Proses interaksi dengan prototipe memungkinkan pengguna mendapatkan ide yang lebih baik untuk menentukan kebutuhan informasi. Berikut langkah-langkah yang digunakan dalam metode pengembangan sistem *prototyping* :

1. *Identified basic requirements*
Perancang sistem bekerja dengan pengguna secara intensif untuk mengidentifikasi kebutuhan dasar informasi bagi pengguna.
2. *Develop a working prototype*
Perancang sistem mendesain prototipe secara cepat dengan memanfaatkan *computer aided software engineering (CASE)*.
3. *Use the prototype*
Pengguna didorong untuk bekerja dengan sistem untuk menentukan apakah prototipe yang dibangun telah sesuai dengan kebutuhan pengguna.
4. *Revise and enhance the prototype*

Pengembang sistem mencatat semua perubahan permintaan pengguna dan menyempurnakan prototipe.



Gambar 1. Metode *Prototyping*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Kebutuhan Pengguna dan Sistem

Hasil interview dan observasi cara kerja di bagian akademik dan keuangan pada Perguruan Tinggi XYZ diperoleh fakta bahwa sistem presensi mengajar dosen dilakukan secara manual dengan mencatat dan membubuhkan tanda tangan di daftar kehadiran dosen. Kemudian menjelang akhir bulan petugas akademik menyusun rekapitulasi kehadiran dosen menggunakan MS. Excel selanjutnya diserahkan ke bagian keuangan untuk proses penghitungan honorarium mengajar dan pencetakan slip pembayaran.

Berdasarkan kondisi *existing* tersebut dapat diidentifikasi beberapa kebutuhan pengguna (*user requirements*) sebagai berikut :

1. Bagian akademik membutuhkan sistem presensi mengajar dosen yang cepat, aman, dan efisien.
2. Bagian akademik membutuhkan sistem yang memudahkan dan mempercepat proses rekapitulasi kehadiran.
3. Bagian keuangan membutuhkan sistem yang dapat meningkatkan kecepatan dan akurasi proses penghitungan honorarium mengajar dosen.

Sedangkan kebutuhan sistem (*system requirements*) teridentifikasi sebagai berikut :

1. Sistem diharapkan dapat meningkatkan transparansi dalam pengelolaan honorarium dengan memberi hak akses kepada dosen untuk mendapatkan informasi besaran honorarium mengajar dosen yang akan diterima.

Sistem harus mengakomodir kebijakan pimpinan Perguruan Tinggi XYZ yang menerapkan sistem perhitungan honorarium berdasarkan kelebihan jam mengajar atas beban kerja normal dosen

yaitu 6 SKS sesuai Surat Edaran Menteri Keuangan Nomor : S-168/MK.02/2014 tentang Standar Biaya Umum di lingkungan Perguruan Tinggi. Secara matematis honorarium kelebihan mengajar dosen dirumuskan sebagai berikut :

$$Hr = \sum \text{hadir} * \sum \text{SKS}_{\text{lebih}} * \text{Tarif} \quad (1)$$

dimana :

Hr = besaran honor mengajar per bulan

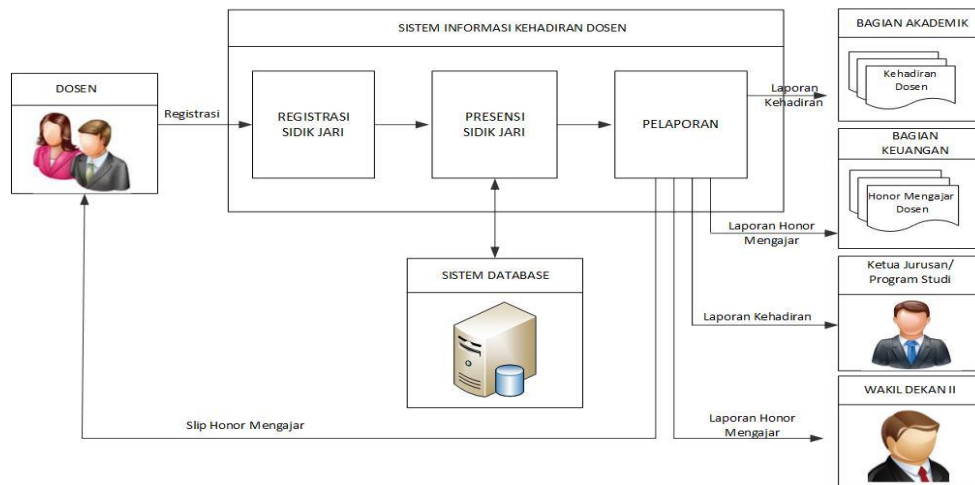
\sum hadir = jumlah kehadiran

$\sum \text{SKS}_{\text{lebih}}$ = jumlah sks yang diampu-6sks

Tarif = tarif honor per bulan per sks

3.2. Rancangan Arsitektur Sistem

Mekanisme kerja SI-HMD dimulai dengan melakukan registrasi sidik jari dosen untuk pencatatan kedalam database. Selanjutnya sesuai jadwal kuliah yang telah ditetapkan setiap dosen sebelum masuk kelas untuk mengajar terlebih dahulu melakukan presensi melalui *fingerprint* tersebut. Sistem secara otomatis akan merekam dan merekap jumlah kehadiran serta menghitung honorarium yang akan diterima oleh masing-masing dosen sehingga dosen, ketua jurusan, wakil dekan II dapat mengakses laporan jumlah kehadiran dan laporan honorarium mengajar yang akan diterima.

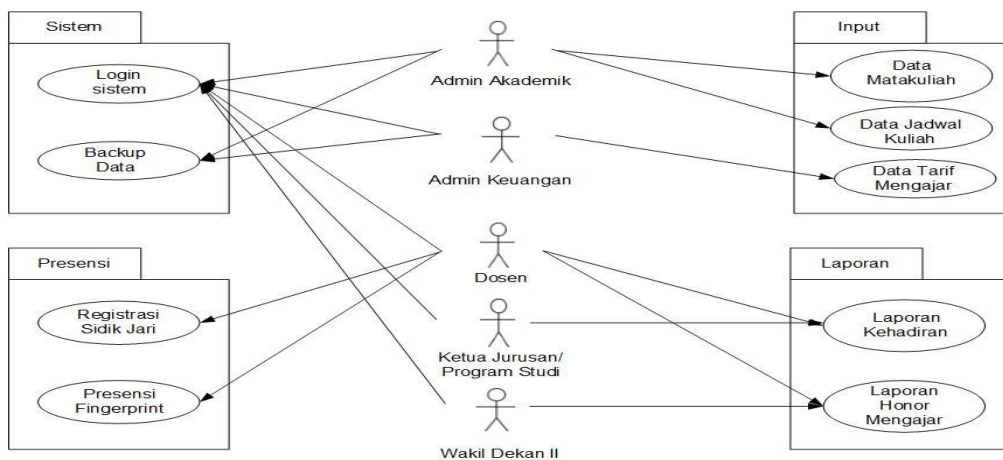


Gambar 2. Rancangan Arsitektur Sistem

3.3. Rancangan Use Case

Use case adalah representasi sederhana yang menunjukkan interaksi antara pengguna (*actor*) dan kasus penggunaan (*use case*) dalam suatu sistem. *Use case* berguna untuk membuat model bisnis proses berdasarkan persepektif pengguna. *Actor* merepresentasikan orang yang mengoperasikan atau

berinteraksi dengan sistem. *Use case* dilambangkan berbentuk elips dengan label nama operasi di dalamnya. Gambar di bawah ini adalah diagram use case SI-HMD yang akan dibangun.



Gambar 3. Diagram Use Case

Tabel 1. Keterangan Aktor

No.	Aktor	Keterangan
1	Dosen	User yang memiliki hak akses untuk registrasi dan presensi <i>fingerprint</i> .
2	Admin Akademik	Operator yang bertugas menginputkan biodata dosen, data matakuliah, dan jadwal kuliah.
3	Admin Keuangan	Operator yang bertugas menginputkan data tarif mengajar dan menerima laporan honor mengajar.
4	Ketua Jurusan /Program Studi	User yang memiliki wewenang menerima laporan kehadiran dosen.
5	Wakil Dekan II	User yang memiliki wewenang menerima laporan honorarium mengajar.

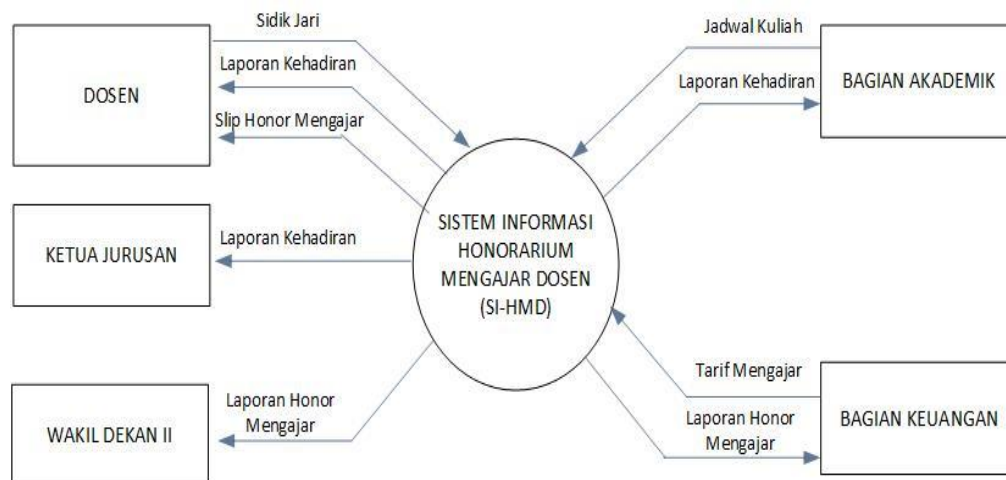
Tabel 2. Keterangan Use Case

No.	Use Case	Keterangan
1	Login Sistem	Memberikan hak akses kepada aktor yang diberi kewenangan.
2	Input Biodata Dosen	Admin akademik memasukkan biodata dosen.
3	Input Data Matakuliah	Admin akademik memasukkan data matakuliah.
4	Input Data Jadwal Kuliah	Admin akademik memasukkan jadwal kuliah.
5	Input Tarif Mengajar	Admin keuangan memasukkan data tarif mengajar.
6	Registrasi Sidik Jari	Admin akademik mendaftarkan sidik jari semua dosen.
7	Presensi Fingerprint	Dosen melakukan presensi mengajar menggunakan fingerprint.
8	Laporan Kehadiran Mengajar	Dosen dan Ketua Jurusan/Program Studi menerima laporan kehadiran mengajar
9	Laporan Honor Mengajar	Admin keuangan dan Wakil Dekan II menerima laporan honorarium mengajar.

3.4. Rancangan Database

Diagram Konteks

Diagram konteks merupakan diagram untuk menggambarkan sistem secara umum. Entitas yang terhubung dengan SI-HMD antara lain dosen, ketua jurusan, wakil dekan II, bagian akademik, dan bagian keuangan. Masukan dari entitas dosen ke sistem yaitu biodata, sidik-jari dan presensi, keluaran dari sistem ke ketua jurusan berupa laporan presensi dosen sedangkan keluaran ke wakil dekan II berupa laporan honorarium mengajar dosen.

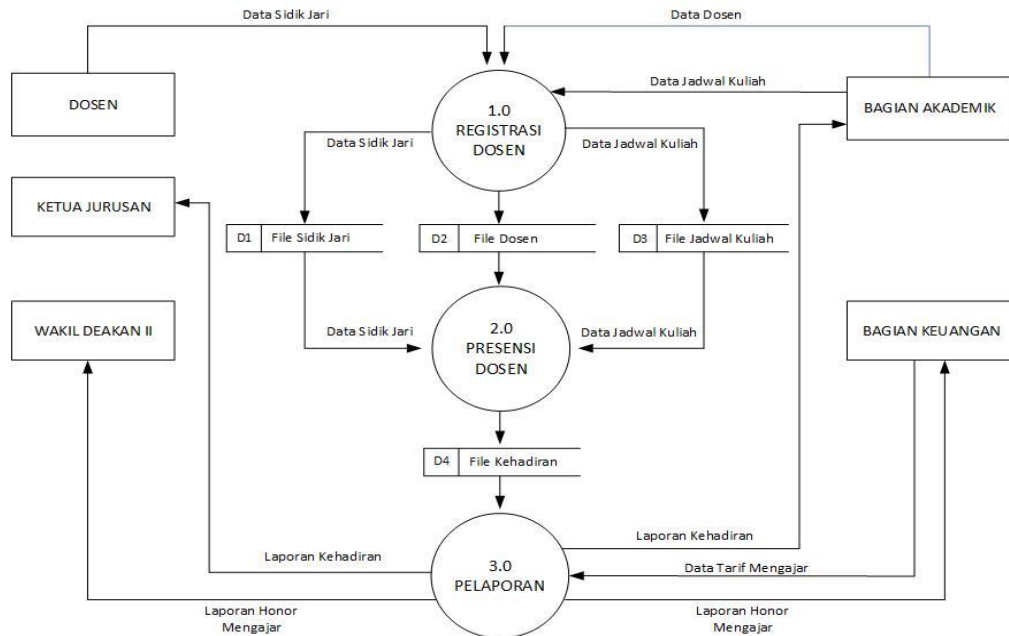


Gambar 4. Diagram Konteks

DFD Level Nol

DFD Level Nol adalah gambaran aliran data dari mulai dari input data dasar, kemudian diproses oleh sistem, hingga menjadi laporan. Alur data secara keseluruhan pada SI-HMD dimulai dari

memasukkan data sidik jari dosen, biodata dosen dan data jadwal kuliah dari bagian akademik, dan data tarif mengajar dari bagian keuangan, selanjutnya diproses hingga menghasilkan laporan presensi kehadiran dan honorarium mengajar.

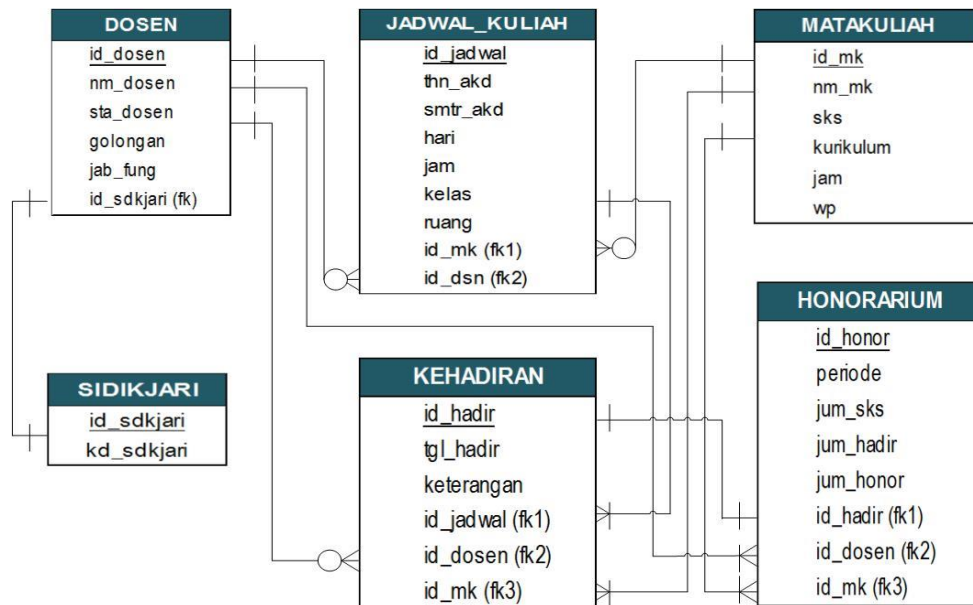


Gambar 5. DFD Level 0

Entity Relationship Diagram (ERD)

ERD merupakan model data konseptual yang merepresentasikan hubungan antar entitas di dalam database pada suatu sistem. Gambar 6 di bawah ini menggambarkan relasi antar entitas dalam SI-HMD yang akan dibangun. Terdapat beberapa tabel master

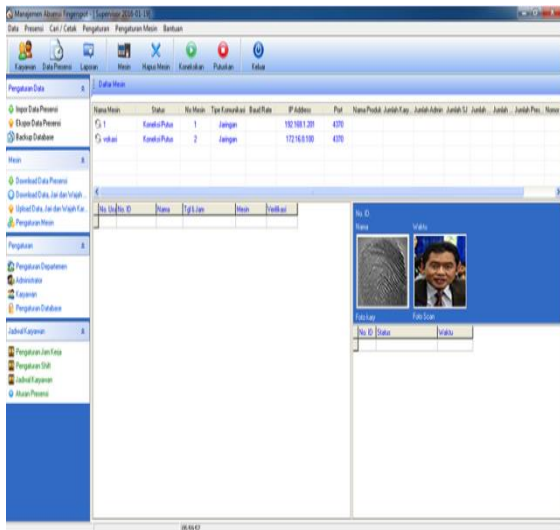
(*master table*) yang saling berinteraksi antara lain tabel dosen, sidik jari, dan matakuliah sehingga menghasilkan beberapa tabel anak (*child table*) antara lain tabel jadwal kuliah, kehadiran, dan honorium .



Gambar 6. Entity Relationship Diagram (ERD)

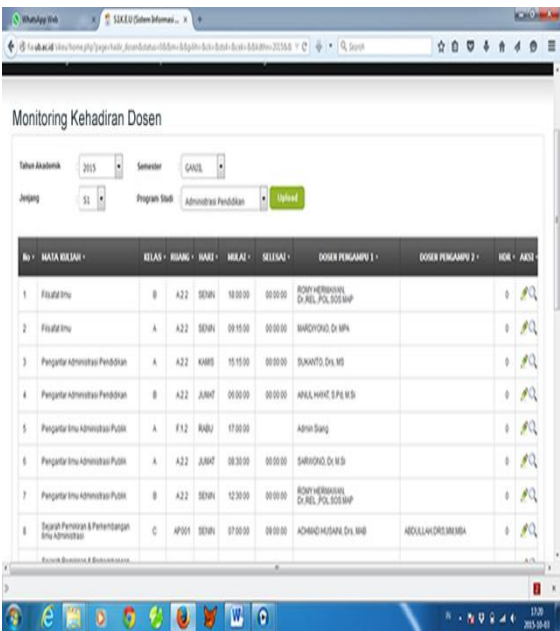
4. HASIL PENGEMBANGAN SISTEM

Hasil pengembangan sistem yang dibangun menggunakan Bahasa Program PHP, Database MySQL, dan teknologi *finger print* dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Setiap kali sebelum mengajar dosen wajib melakukan presensi pada *scanner fingerprint* yang terhubung dengan aplikasi, selanjutnya hasil presensi akan tampil di form presensi seperti pada Gambar 7.



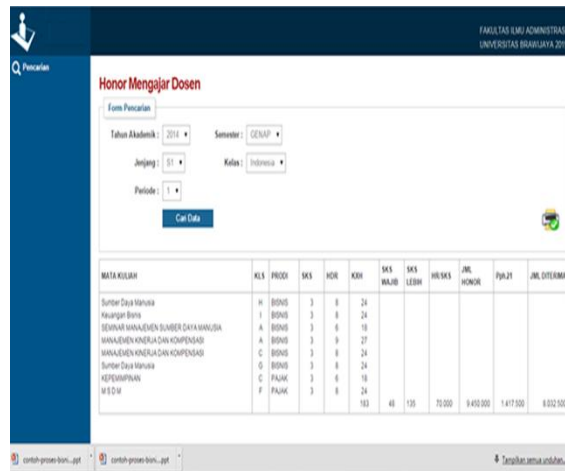
Gambar 7. Form Presensi Mengajar

Berdasarkan data presensi yang dilakukan oleh dosen melalui mesin *finger print* dapat dipantau daftar kehadiran setiap dosen oleh bagian akademik maupun ketua Jurusan.



Gambar 8. Laporan Kehadiran Dosen

Selanjutnya dosen maupun wakil dekan dapat mengakses informasi tentang besaran honorarium mengajar dengan *report* seperti gambar di bawah ini.



Gambar 9. Informasi Honor Mengajar Dosen

5. PENGUJIAN SISTEM

Hasil pengembangan SI-HMD diuji menggunakan metode *Response Time*, *Accuracy Testing*, dan *Black Box Testing*.

5.1. Pengujian *Response Time*

Response time adalah interval waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk merespon *request* pengguna mulai saat awal mengirimkan perintah, memproses, hingga memberikan *feedback* ke *interface*. Pengujian sistem ini dipergunakan untuk menguji *response time* presensi *fingerprint* dan akses informasi/laporan honorarium mengajar dosen.

1. Presensi *Fingerprint*

Uji *response time* presensi *fingerprint* dilakukan 3 kali percobaan dengan melibatkan 2 orang operator bagian akademik.

Tabel 3. Hasil Uji Presensi Fingerprint

No	Proses	t ₁	t ₂	t ₃	t _{rata}
1	Pemindaian sidik jari	1,10	1,08	1,07	1,08
2	Verifikasi jadwal kuliah	1,90	1,94	1,86	1,90
	Total	3,00	3,02	2,93	2,98

Keterangan :

t₁ = *response time* pada percobaan ke-1 (detik)

t₂ = *response time* pada percobaan ke-2 (detik)

t₃ = *response time* pada percobaan ke-3 (detik)

t_{rata} = *response time* rata-rata (detik)

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata *response time* yang dibutuhkan untuk pemindaian sidik jari dan verifikasi jam hadir dengan jadwal kuliah di database adalah 2,98 detik.

2. Akses Informasi Honorarium

Uji *response time* akses informasi honorarium dilakukan 3 kali percobaan melibatkan 2 orang operator bagian keuangan dengan jumlah data sebanyak 64 *record* terdiri atas :

- dokumen presensi 3 orang dosen
- setiap dosen mengampu 4 matakuliah (asumsi)
- setiap matakuliah 3 sks
- setiap matakuliah maksimal 16 pertemuan

Tabel 4. Hasil Uji Akses Informasi Honorarium

TIPE SISTEM	t ₁	t ₂	t ₃	t _{rata}
MANUAL	20,28	20,5	20,4	20,37
SI-HMD	6,55	6,59	6,30	6,48

Keterangan :

t₁ = *response time* pada percobaan ke-1 (menit)

t₂ = *response time* pada percobaan ke-2 (menit)

t₃ = *response time* pada percobaan ke-3 (menit)

t_{rata} = *response time* rata-rata (detik)

Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata *response time* untuk mengakses informasi honorarium mengajar dosen dengan menggunakan sistem manual membutuhkan waktu 20,37 menit, sementara dengan menggunakan SI-HMD hanya membutuhkan waktu 6,48 menit mulai input *presensi fingerprint* hingga cetak laporan.

Hasil pengujian *response time* tersebut di atas menunjukkan bahwa SI-HMD terbukti dapat meningkatkan meningkatkan efisiensi dari aspek waktu pengelolaan honorarium mengajar secara *significant*. Dari aspek SDM juga lebih efisien karena ketika selesai melakukan presensi *fingerprint* saat juga dapat dosen bisa mengetahui informasi jumlah kehadiran beserta honor yang akan diterima sehingga tidak memerlukan tenaga khusus rekapitulasi absen. Sedangkan dari aspek prosedur juga dapat memperpendek jalur birokrasi karena hasil proses rekapitulasi kehadiran dan perhitungan honorarium langsung bisa diakses dari sistem tanpa harus melalui bagian unit pelayan kelas, bagian akademik atau pengajaran, dan bagian keuangan.

5.2. Pengujian Akurasi (*Accuracy Testing*)

Tingkat akurasi sistem dapat diukur dari frekuensi kesalahan yang terjadi terhadap jumlah data yang diverifikasi. Semakin rendah frekuensi maka semakin tinggi tingkat akurasi sistem. Pengujian ini melibatkan 2 orang operator bagian keuangan dengan mengambil sample 64 *record* data terdiri dari dokumen 3 orang dosen yang mengampu 4 matakuliah.

Tabel 5. Hasil Uji Akurasi Honorarium

TIPE SISTEM	f ₁	f ₂	f ₃	frata
MANUAL	10,94	14,06	15,63	13,54
SI-HMD	0,00	0,00	0,00	0,00

Keterangan :

f₁ = frekuensi kesalahan pada percobaan ke-1 (%)

f₂ = frekuensi kesalahan pada percobaan ke-2 (%)

f₃ = frekuensi kesalahan pada percobaan ke-3 (%)

frata = frekuensi kesalahan rata-rata (%)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa frekuensi kesalahan rata-rata perhitungan honorarium dengan menggunakan sistem manual sebesar 13,54% atau memiliki tingkat akurasi 86,46%, sementara dengan menggunakan SI-HMD frekuensi kesalahan sebesar 0,00% atau memiliki tingkat akurasi 100%, demikian faktor *human error* dapat diminimalisir.

5.3. Pengujian Fungsionalitas (*BlackBox Testing*)

Black Box Testing adalah pengujian untuk mengetahui apakah semua fungsi perangkat lunak telah berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah didefinisikan sebelumnya. Pengujian *Black Box Testing* melibatkan 2 orang operator bagian akademik dan 2 orang operator bagian keuangan memberikan hasil sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil *Black Box Testing*

No.	Fitur	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Login	Hanya user yang terdaftar di database yang diijinkan masuk ke sistem	Valid
3	Registrasi Sidikjari Dosen	Sistem merekam sidikjari dosen dengan benar	Valid
4	Presensi <i>Fingerprint</i>	Sistem melakukan verifikasi sidikjari dan jadwal kuliah dengan benar	Valid
5	Cetak Laporan Kehadiran	Sistem menampilkan laporan kehadiran dengan benar	Valid
6	Cetak Honor Mengajar	Sistem menampilkan laporan honorarium dengan benar	Valid

6. PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap SI-HMD yang telah dirancang dan dibangun dapat disimpulkan bahwa :

1. Proses presensi, rekapitulasi kehadiran, pembayaran honorarium yang terintegrasi dalam satu sistem dapat meningkatkan efisiensi waktu SDM, dan prosedur dalam pengelolaan honorarium mengajar dosen.
2. Tingkat akurasi perhitungan honorarium mengajar dosen hingga mencapai 100%, dengan demikian faktor *human error* dapat diminimalisir.
3. Transparansi pengelolaan honorarium mengajar diharapkan dapat ditingkatkan karena sistem telah menyediakan fasilitas kepada dosen untuk mengakses informasi honorarium mengajar..
4. Hasil pengujian sistem menggunakan metode *Black Box Testing* menunjukkan bahwa semua fitur SI-HMD telah berfungsi dengan baik dan siap diimplementasikan.

6.2. Saran

Berikut ini beberapa saran untuk penelitian dan pengembangan sistem lebih lanjut :

1. Pembangunan SI-HMD perlu dintegrasikan dengan sistem informasi kehadiran mahasiswa untuk memudahkan pelaksanaan monitoring perkuliahan.
2. Untuk meningkatkan kedisiplinan mahasiswa sebaiknya dikembangkan sistem informasi kehadiran mahasiswa berbasis *sms gateway* agar mahasiswa yang absen dapat dilaporkan kepada orang tua mahasiswa.

7. DAFTAR PUSTAKA.

Akinduyite, C.O., Adetumbi, C.O., Olabode, O.O., & Ibidunmoye, E.O. 2013. Fingerprint-Based Attendance Management System. *Journal of Computer Sciences and Applications*, 1(5), 100-105.

Gemino, A. & Parker, D. 2009. Use case diagrams in support of use case modeling : Deriving understanding from the picture. *Journal of Database Management*, 20(1), 1-24.

Indico, M.H. 2016. Development of Employee Attendance and Payroll System Using Fingerprint Biometric. *Journal of Computer Science and Software Development*, 1(1), 1-12.

Khan, E.M. 2010. Different Forms of Software Testing Techniques for Finding Error. *International Journal of Computer Science Issue*, 7(1), 1694-0784.

Moertini, V.S., Athur, A.A., Kernit, H.M., & Saputro, N. 2011. The Development of Electronic Payment System For Universities in Indonesia: on Resolving Key Success Factors. *International Journal of Computer Science and Information Technology*, 3(2), 16-33.

Satyawan, A.H., Hariadi, B., & Ameliah, T. 2013. Sistem Informasi Penggajian Menggunakan Presensi Sidik Jari. *Jurnal Sistem Informasi*, 2(3), 60-65.

PENJADWALAN KAPAL PENYEBERANGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Ria Febriyana¹, Wayan Firdaus Mahmudy²

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawjaya
Email: ¹febriyanaria@gmail.com, ²wayanfm@ub.ac.id

(Naskah masuk: 18 Februari 2016, diterima untuk diterbitkan: 17 Maret 2016)

Abstrak

Penyusunan penjadwalan kapal penyeberangan di Pelabuhan Ketapang – Gilimanuk sangatlah penting agar para penumpang pengguna jasa kapal laut mendapatkan pelayanan yang maksimal. Karena pembuatan penjadwalan masih dibuat secara manual sehingga memungkinkan ada nama kapal yang sama dalam sehari yang beroperasi dan tidak adanya keadilan pada pembagian porsi masing-masing kapal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu sistem komputerisasi penjadwalan kapal guna mempercepat pengaturan jadwal pemberangkatan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk. Penerapan metode algoritma genetika dalam permasalahan penjadwalan kapal mampu menghasilkan solusi yang baik dengan menggunakan representasi kromosom permutasi bilangan *integer*, metode *crossover* menggunakan *one cut-point crossover*, mutasi menggunakan *reciprocal exchange mutation*, dan seleksi menggunakan *elitism selection*. Dari pengujian parameter didapat hasil yaitu antara lain ukuran populasi sebesar 180, banyaknya generasi 200, serta kombinasi *crossover rate*=0,6 dan *mutation rate*=0,4.

Kata kunci: kapal, penjadwalan, algoritma genetika.

Abstract

Arrangement schedule for dispatching ships in Ketapang – Gilimanuk Harbor is strongly important to make all the passengers get the best service. As the schedule arrangement is made manually, it is possible that there are ships with same name work in a day; another problem is there is no equality in distributing the portion for each ships. To solve that kind of problems, dispatching schedule using computerization is needed in order to make the dispatching schedule of the ships faster in Ketapang – Gilimanuk Harbor. The use of genetic algorithm method in dispatching schedule of ships produces a good solution with using representative of numeral integer chromosome permutation, crossover method using one cut-point crossover, mutation using reciprocal exchange mutation, and selection using elitism selection. From parameter test's result, there are some outcomes such as 180 population size, 200 the amount of generation, and also the combination of crossover rate=0,6 and mutation rate=0,4.

Keywords: ship, schedule, genetic algorithm.

1. PENDAHULUAN

Di ujung timur Pulau Jawa yaitu tepatnya di Kabupaten Banyuwangi memiliki tempat penyeberangan kapal yang berfungsi sebagai pelabuhan atau tempat bersandarnya kapal yang akan mengantarkan manusia atau barang dari Pelabuhan Ketapang, Kabupaten Banyuwangi menuju Pelabuhan Gilimanuk yang berada di pulau Bali, begitu juga sebaliknya. Keberadaan pelabuhan ini, tentu sangat penting dan membantu semua sektor dalam proses penjadwalan pemberangkatan dan kedatangan kapal yang ada di Pelabuhan Ketapang, Kabupaten Banyuwangi. Salah satu tugas penting dari Pelabuhan Ketapang adalah pembuatan jadwal pemberangkatan kapal yang beroperasi setiap hari.

Penjadwalan pemberangkatan kapal yang baik tentu akan menghasilkan pelayanan yang prima dan memuaskan para penumpang pengguna jasa transportasi angkutan laut yaitu kapal. Semua kapal yang ada di pelabuhan Ketapang jumlahnya banyak

dan terjadwal secara rutin oleh para pegawai di Kantor PT ASDP Cabang Ketapang, Kabupaten Banyuwangi berdasarkan utusan Otoritas Pelabuhan Penyeberangan. Akan tetapi masih ada kendala yang dihadapi dalam proses penyusunan penjadwalan pemberangkatan kapal, dikarenakan pembuatan penjadwalan masih dibuat secara manual, dengan jumlah kapal yang banyak dan dermaga yang terbatas, sehingga memungkinkan ada nama kapal yang sama dalam sehari yang beroperasi, memasukkan nama kapal docking, serta tidak adanya keadilan pada pembagian porsi masing-masing kapal.

Oleh karena itu, untuk mendapatkan jadwal pemberangkatan kapal penyeberangan secara adil dan rutin untuk memenuhi penjadwalan yang baik. Apabila dihitung secara manual jadwal pemberangkatan kapal tersebut sangat rumit dan tentunya membutuhkan suatu ketelitian dan waktu yang cukup lama.

Penerapan algoritma genetika telah dibahas pada penelitian sebelumnya. Penelitian Ilmi dkk. (2015)

membahas tentang permasalahan penjadwalan perawat menggunakan metode algoritma genetika. Permasalahan tersebut menggunakan representasi permutasi bilangan *integer*, metode *crossover* menggunakan *one cut-point crossover*, mutasi menggunakan *reciprocal exchange mutation*, dan seleksi menggunakan *elitism selection*. Dari pengujian permasalahan tersebut didapat kromosom terbaik dengan nilai *fitness* tertinggi dengan hasil akhirnya didapat sebuah jadwal jaga perawat selama 1 bulan di ruang ICU.

Penulis juga menemukan penelitian yang relevan yaitu pada penelitian Zulfa dkk. (2015) yang menerapkan algoritma genetika dalam permasalahan penyusunan jadwal mengajar asisten laboratorium. Permasalahan tersebut timbul karena adanya jadwal yang bentrok antara jadwal kegiatan asisten dengan jadwal mengajar asisten dan proses penyusunan jadwal yang membutuhkan waktu lama apabila dilakukan secara manual. Permasalahan tersebut menggunakan representasi permutasi berbasis kode asisten, metode *crossover* menggunakan *one cut-point crossover*, mutasi menggunakan *reciprocal exchange mutation*, dan seleksi menggunakan *elitism selection*. Dengan mengacu pada penelitian yang telah dilakukan tersebut, penggunaan algoritma genetika telah terbukti berhasil dalam mengatasi berbagai permasalahan, sehingga pada skripsi ini menggunakan algoritma genetika dalam optimasi permasalahan penjadwalan kapal.

Berdasarkan permasalahan dan metode yang telah dijelaskan tersebut, maka penulis tertarik untuk membahas dan meneliti lebih lanjut mengenai Optimasi Penjadwalan Kapal Penyeberangan Ketapang – Gilimanuk Menggunakan Algoritma Genetika yang akan dikembangkan dalam studi ini.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penjadwalan Kapal

Menurut Wismulyani (2008) kapal adalah suatu alat transportasi yang sering digunakan masyarakat Indonesia untuk dapat saling berhubungan dari satu pulau ke pulau yang lain di seluruh wilayah Indonesia karena Indonesia itu sendiri berbentuk sebagai negara kepulauan yang terdiri dari beberapa pulau. Perahu dan kapal merupakan alat transportasi yang utama di negara Indonesia. Kapal memiliki bentuk, fungsi, dan warna yang beraneka ragam.

2.2. Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah suatu algoritma pencarian heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang didasarkan pada seleksi alam dan genetik. Sifat dari algoritma genetika yaitu mencari kemungkinan dari calon solusi-solusi yang ada dengan tujuan untuk mendapatkan penyelesaian masalah secara optimal (Widodo dan Mahmudy, 2010). Algoritma genetika

mengkombinasikan secara acak individu terbaik yang ada pada suatu populasi dan dilakukan secara berulang-ulang dari generasi ke generasi dengan menggunakan tiga operator dasar, yaitu *crossover*, mutasi, dan seleksi (Wijayaningrum dan Mahmudy, 2016).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Studi Pustaka

Tahapan penelitian yang pertama yaitu studi pustaka yang dilakukan dengan mencari, mendapatkan, dan mengumpulkan dasar-dasar teori dan sumber acuan mengenai metode algoritma genetika dan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk yang nantinya dapat dipelajari mengenai informasi, pengetahuan, dan teori yang terkait tentang pembuatan sistem agar dari hasil penelitian, dapat menyelesaikan penyusunan penjadwalan kapal.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahapan yang penting, dengan tujuan agar mendapatkan data yang tepat sehingga sesuai dengan perumusan masalah yang telah ditentukan dari awal. Proses pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan melakukan observasi dan wawancara. Tahap untuk memperoleh data dengan melakukan observasi yaitu datang secara langsung di Kantor PT ASDP Indonesia Ferry Cabang Ketapang, Kabupaten Banyuwangi dan Kantor Otoritas Pelabuhan Penyeberangan Ketapang – Gilimanuk.

3.3 Pengolahan Data dan Perancangan Sistem

Tahap studi pustaka dan pengumpulan data telah dilakukan, maka tahap selanjutnya adalah mengolah data yang telah didapat dan melakukan perancangan sistem. Tahap perancangan sistem ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan apa saja yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem optimasi penjadwalan kapal menggunakan algoritma genetika untuk mempermudah penulis dalam melakukan tahap selanjutnya dan agar menghasilkan sistem yang optimal.

3.4 Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem ini yaitu dengan menerapkan algoritma genetika dalam permasalahan pengoptimalan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk berdasarkan perancangan sistem yang telah dirancang. Dalam implementasi sistem ini, menggunakan bahasa pemrograman Java, pembuatan antarmuka, dan nama kapal yang diperoleh dari Kantor PT ASDP Indonesia Ferry Cabang Ketapang dan Kantor Otoritas Pelabuhan Penyeberangan Ketapang – Gilimanuk.

3.5 Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian sistem ini penulis menguji sistem sesuai dengan parameter algoritma genetika, yaitu antara lain pengujian ukuran populasi, banyaknya generasi, serta kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*). Pengujian dilakukan agar dapat membuktikan bahwa hasil sistem berupa perangkat lunak (*software*) tersebut telah mampu bekerja dengan baik sesuai dengan kebutuhan dan mengetahui seberapa baik solusi yang didapatkan dalam penerapan algoritma genetika dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk.

3.6 Evaluasi Sistem

Langkah terakhir yaitu tahap evaluasi sistem yaitu dengan mengevaluasi hasil pengujian menggunakan algoritma genetika dalam penyusunan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk. Evaluasi sistem yang dilakukan yaitu melakukan pengujian kembali mengenai hasil dari parameter terbaik yang telah dilakukan sebelumnya.

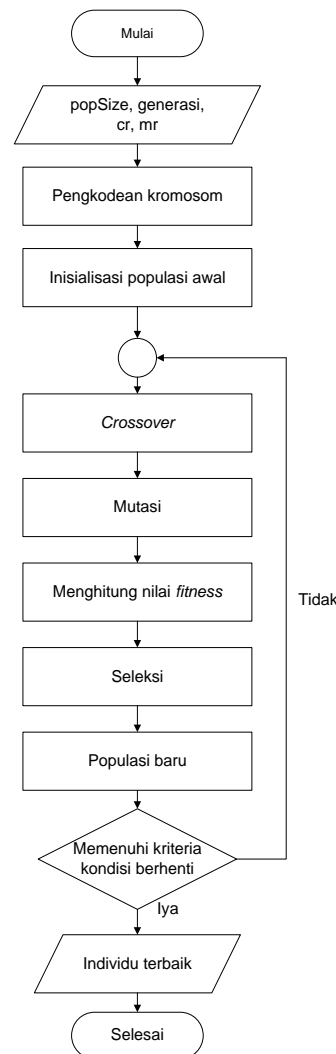
4. PERANCANGAN

4.1 Siklus Algoritma

Adapun siklus algoritma dalam penyelesaian permasalahan optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk menggunakan algoritma genetika adalah sebagai berikut.

1. Memasukkan parameter algoritma genetika yang digunakan yaitu antara lain ukuran populasi (*popSize*), banyaknya generasi (*generasi*), *crossover rate* (*cr*), dan *mutation rate* (*mr*).
2. Melakukan pengkodean kromosom dengan menggunakan representasi kromosom bilangan *integer* yang sesuai dengan porsi yang telah ditentukan.
3. Membangkitkan populasi awal secara acak sesuai dengan ukuran populasi yang telah ditentukan.
4. Melakukan proses reproduksi, yaitu yang pertama dengan cara *crossover* dengan memilih dua *parent* secara acak lalu menentukan titik potongnya dan menghasilkan *child*. Metode *crossover* yang digunakan adalah *one cut-point crossover*.
5. Melakukan proses reproduksi, yaitu yang kedua dengan cara mutasi dengan cara memilih dua gen pada kromosom yang telah terpilih secara acak untuk dilakukan proses mutasi, kemudian ditukarkan nilai gennya tersebut dan menghasilkan *child*. Metode mutasi yang digunakan adalah *reciprocal exchange mutation*.
6. Melakukan perhitungan nilai *fitness* pada masing-masing individu.

7. Melakukan evaluasi dengan cara seleksi dengan memilih suatu individu sebanyak jumlah populasi gabungan dari individu dan *child* hasil proses *crossover* dan mutasi untuk dapat berlanjut pada iterasi selanjutnya berdasarkan nilai *fitness* tertinggi sampai terendah sesuai dengan jumlah populasi.
8. Apabila telah memenuhi kriteria kondisi berhenti, maka proses iterasi akan berhenti dan dihasilkan solusi terbaik yaitu suatu individu yang memiliki nilai *fitness* tertinggi. Namun, apabila kriteria kondisi berhenti belum terpenuhi, maka proses iterasi akan terus berlanjut.



Gambar 1 Flowchart Proses Algoritma Genetika

4.2 Siklus Penyelesaian Algoritma Genetika

4.2.1 Representasi Kromosom

Dalam permasalahan optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk menggunakan representasi kromosom permutasi. Penyeberangan Ketapang – Gilimanuk dalam satu hari dibutuhkan 8 kapal tiap harinya sehingga

kebutuhan penjadwalan kapal selama satu minggu yakni 7 hari maka kromosom penyusunan menggunakan algoritma genetika adalah sebanyak $8 \times 7 = 56$ gen. Gen dalam kromosom direpresentasikan dengan angka *integer* yang menunjukkan nomor kode kapal. Terdapat 10 kapal yang ada sehingga susunan angka *integer* gennya yaitu angka 1 sampai dengan 10. Dalam waktu 1 minggu atau 7 hari, setiap kapal mendapat jadwal operasi sebanyak $56 : 10 = 5,6$. Sehingga jadwal operasi kapal dapat dilakukan 5 atau 6 kali dalam seminggu. Berikut representasi kromosom yang digambarkan pada Gambar 2.

Hari ke 1

1	2	6	3	4	7	8	1
2	3	7	3	5	5	10	4
3	2	8	7	1	6	9	5
4	3	9	8	5	1	6	10
5	4	10	9	6	4	7	8
6	5	1	10	7	8	9	2
2	6	2	1	10	9	3	4

Hari ke 7

Gambar 2 Representasi Kromosom

Berikut ini merupakan konversi kromosom menjadi jadwal kapal selama 7 hari yaitu pada Tabel 1 adalah sebagai berikut.

Tabel 1 Konversi Kromosom Menjadi Jadwal Kapal selama 7 hari

HARI	Representasi Kromosom							
	KAPAL							
1.	1	2	6	3	4	7	8	1
2.	2	3	7	3	5	5	10	4
3.	3	2	8	7	1	6	9	5
4.	4	3	9	8	5	1	6	10
5.	5	4	10	9	6	4	7	8
6.	6	5	1	10	7	8	9	2
7.	2	6	2	1	10	9	3	4

Fitness adalah ukuran suatu nilai yang dibentuk dari individu. Nilai tersebut dihitung berdasarkan jumlah pelanggaran penyusunan penjadwalan. Berikut merupakan rumus nilai *fitness* yang dibentuk.

$$Fitness = \frac{1}{1 + (\sum P1 * 20 + \sum P2 * 35 + \sum P3 * 45)} \quad (1)$$

Keterangan:

- P1 = Pelanggaran 1
- P2 = Pelanggaran 2
- P3 = Pelanggaran 3

Untuk dapat menghasilkan penjadwalan yang baik, terdapat beberapa *constraint* atau batasan dalam penyusunan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk. Pengertian *constraint* adalah suatu batasan yang tidak boleh terjadi agar dapat

menghasilkan suatu penjadwalan yang baik. Apabila penjadwalan tersebut terjadi suatu pelanggaran dengan apa yang telah ditetapkan maka akan diberikan suatu nilai pinalti untuk setiap pelanggaran. Nilai konstanta pada rumus *fitness* merupakan nilai yang berdasarkan pada jenis pelanggaran.

Jenis pelanggaran ada 2 jenis, yaitu *hard constraint* dan *soft constraint*. *Hard constraint* adalah suatu batasan atau aturan keras yang harus dapat dipenuhi dalam penyusunan penjadwalan, sedangkan *soft constraint* adalah batasan atau aturan yang masih bisa “ditawar”, akan tetapi sedapat mungkin dipenuhi agar dapat menghasilkan solusi penjadwalan yang baik. Apabila jumlah pelanggaran yang dihasilkan semakin kecil, maka penjadwalan yang dihasilkan akan semakin baik sehingga solusi penjadwalan yang baik dapat terpenuhi. Berikut Tabel 2 merupakan batasan atau *constraint* dalam permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk adalah sebagai berikut.

Tabel 2 Jenis Pelanggaran Penjadwalan Kapal

No.	Pelanggaran	Jenis Pelanggaran	Konstanta Pelanggaran	Nilai Pelanggaran
1.	Kapal beroperasi tidak sesuai dengan porsi yang ditentukan (P1)	<i>soft constraint</i>	20	1
2.	Dalam sehari, kapal tidak boleh muncul lebih dari satu nama kapal yang sama (P2)	<i>hard constraint</i>	35	1
3.	Apabila kapal docking, maka kapal tidak dapat beroperasi (P3)	<i>hard constraint</i>	45	1

4.3.2 Inisialisasi Populasi Awal

Inisialisasi populasi awal merupakan penyelesaian pencarian untuk mendapatkan solusi penjadwalan yang optimal. Algoritma genetika ini dilakukan inisialisasi dengan membuat suatu himpunan solusi yang nantinya akan dievaluasi yang apabila solusi tersebut bukan merupakan solusi yang optimal maka dilakukan proses reproduksi.

Dalam permasalahan optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk, peneliti menggunakan representasi *integer* yang dibangkitkan

secara acak sesuai dengan porsi yang telah ditentukan. Berikut Gambar 3 yang merupakan contoh individu awal yang dibangkitkan secara acak.

1	2	6	3	4	7	8	1
2	3	7	3	5	5	10	4
3	2	8	7	1	6	9	5
4	3	9	8	5	1	6	10
5	4	10	9	6	4	7	8
6	5	1	10	7	8	9	2
2	6	2	1	10	9	3	4

Gambar 3 Contoh Individu Awal

4.3.3 Reproduksi

Terdapat proses *crossover* dan mutasi pada tahap reproduksi ini. *Crossover* adalah proses penggabungan dua kromosom induk yang sebelumnya telah ditentukan titik potongnya menjadi kromosom baru (*offspring*). Metode *crossover* yang digunakan dalam permasalahan penjadwalan kapal ini adalah *one cut-point crossover*.

Pada contoh perhitungan manual ini, peneliti menggunakan *crossover* dengan inisialisasi *crossover rate* (*cr*) 0,2. Langkah pertama yaitu dengan memilih 2 induk secara acak untuk melalui proses *crossover* tersebut. Misalnya saja individu yang terpilih untuk melakukan proses *crossover* adalah individu 1 dan 2. Titik *crossover* ini dipilih secara acak dan menghasilkan *one cut-point crossover* pada hari ke 4. Berikut Gambar 4 yang merupakan hasil proses *crossover*.

Parent 1

1	2	6	3	4	7	8	1
2	3	7	3	5	5	10	4
3	2	8	7	1	6	9	5
4	3	9	8	5	1	6	10
5	4	10	9	6	4	7	8
6	5	1	10	7	8	9	2
2	6	2	1	10	9	3	4

Parent 2

1	2	8	4	5	6	2	8
10	4	3	7	5	6	2	1
3	2	1	5	8	9	10	7
3	2	4	5	6	1	8	9
1	10	9	8	6	4	5	7
3	4	6	9	2	3	7	1

10	9	10	5	4	3	7	6
----	---	----	---	---	---	---	---

Child 1

1	2	6	3	4	7	8	1
2	3	7	3	5	5	10	4
3	2	8	7	1	6	9	5
4	3	9	8	5	1	6	10
1	10	9	8	6	4	5	7
3	4	6	9	2	3	7	1
10	9	10	5	4	3	7	6

Child 2

1	2	8	4	5	6	2	8
10	4	3	7	5	6	2	1
3	2	1	5	8	9	10	7
3	2	4	5	6	1	8	9
5	4	10	9	6	4	7	8
6	5	1	10	7	8	9	2
2	6	2	1	10	9	3	4

Gambar 4 Proses Crossover

Setelah melakukan proses *crossover*, langkah selanjutnya yaitu dengan melakukan proses mutasi. Mutasi adalah proses perubahan nilai gen yang dilakukan secara acak. Dalam penelitian ini, proses mutasi yang dilakukan yaitu dengan menggunakan metode *reciprocal exchange mutation* yaitu dengan memilih dua posisi (*exchange point/XP*) kromosom pada hari tertentu secara acak kemudian menukar nilai pada posisi tersebut. Individu yang terpilih untuk melakukan proses *crossover* adalah individu 3. Berikut Gambar 5 yang merupakan contoh perhitungan manual hasil proses mutasi yang dilakukan dengan inisialisasi *mutation rate* (*mr*) 0,3.

Parent 3 sebelum proses mutasi

8	1	4	8	9	10	3	2
1	5	6	8	3	5	9	1
1	4	6	9	2	8	2	10
6	5	4	3	2	1	7	7
3	5	7	8	2	4	5	10
3	6	6	9	10	4	1	7
9	10	7	2	3	4	5	6

Parent 3 setelah proses mutasi

7	1	4	8	9	10	3	2
1	5	6	8	3	5	9	1
1	4	6	9	2	8	2	10
6	5	4	3	2	1	7	7
3	5	7	8	2	4	5	10
3	6	6	9	10	4	1	7
9	10	8	2	3	4	5	6

Gambar 5 Proses Mutasi

4.3.4 Seleksi

Seleksi adalah suatu proses pemilihan kromosom terbaik dalam suatu populasi sehingga mendapat peluang yang besar untuk dapat bertahan hidup, sedangkan yang kurang baik mendapat peluang yang kecil dan akan hilang. Tujuan dari seleksi ini adalah memberikan kesempatan yang besar kepada individu yang paling fit untuk melakukan reproduksi (Kusumadewi, 2003).

Metode seleksi yang sering digunakan pada algoritma genetika adalah *roulette wheel*, *binary tournament*, dan *elitism* (Mahmudy, 2013). Metode *elitism* merupakan metode dengan memilih individu terbaik yang memiliki nilai *fitness* tertinggi dengan mengumpulkan beberapa individu dari populasi (*parent*) dan *offspring* dalam suatu wadah. Nantinya individu terbaik akan terpilih dan akan masuk pada generasi selanjutnya (Mahmudy, Marian, dan Luong, 2013).

Adapun kelemahan menggunakan metode seleksi *elitism* yaitu tidak memberikan kesempatan pada nilai *fitness* yang kecil untuk bereproduksi. Namun menurut Syarif (2014) metode *elitism* sangatlah efektif dalam berbagai permasalahan karena dengan metode tersebut dapat terhindar dari kehilangan kromosom yang terbaik.

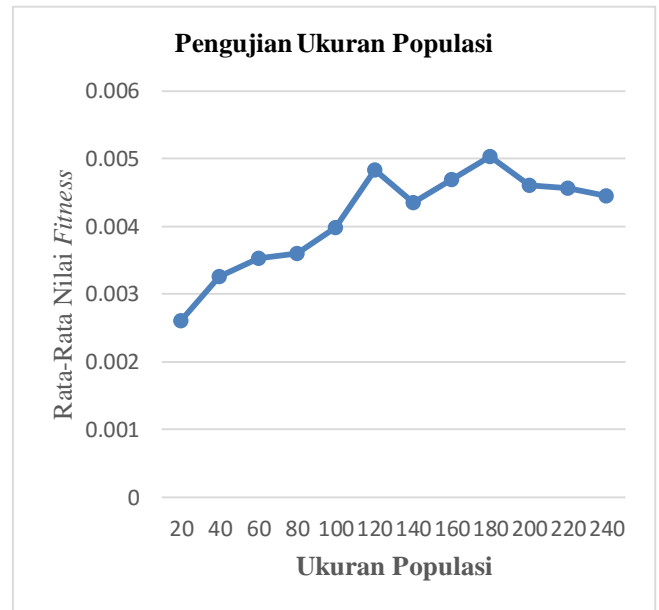
5. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Ukuran Populasi

Dalam pengukuran pengujian ukuran populasi yang tepat bertujuan untuk menghasilkan solusi yang optimal pada sistem penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk ditinjau dari rata-rata nilai *fitness* terbaik yang dihasilkan. Ukuran populasi yang akan diujikan yaitu 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 dan 200 sebanyak 10 kali percobaan dengan menggunakan banyaknya generasi 50, serta kombinasi *crossover rate* (*cr*)= 0,6 dan *mutation rate* (*mr*)= 0,4.

Berdasarkan hasil pengujian ukuran populasi mengenai sistem optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk menggunakan algoritma genetika didapatkan bahwa semakin besar

ukuran populasi, maka nilai *fitness* yang dihasilkan



juga cenderung mengalami peningkatan.

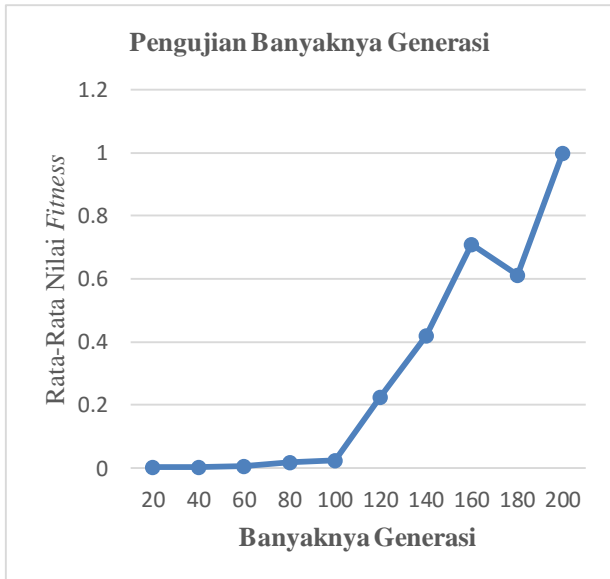
Gambar 6 Grafik Hasil Pengujian Ukuran Populasi

Terlihat bahwa hasil pengujian pada Gambar 6, ukuran populasi 20 sampai dengan 120 mengalami kenaikan rata-rata nilai *fitness*. Akan tetapi, pada ukuran populasi 140 mengalami penurunan dan mengalami kenaikan kembali pada ukuran populasi 160 sampai dengan 180, namun mengalami penurunan kembali pada ukuran populasi 200 sampai dengan 240. Pengujian dengan ukuran populasi yang terlalu besar, membutuhkan waktu komputasi yang semakin lama dan belum tentu mendapatkan nilai *fitness* yang lebih tinggi. Peningkatan ukuran populasi juga tidak menjamin adanya kenaikan nilai *fitness* yang diperoleh disebabkan area pencarian semakin besar. Semakin kecil ukuran populasi juga tidak menjamin adanya penurunan nilai *fitness* yang diperoleh karena konsep acak pada algoritma genetika. Pada pengujian ukuran populasi dengan nilai *fitness* yang paling optimal adalah pada ukuran 180 populasi.

5.2 Hasil Pengujian Banyaknya Generasi

Dalam pengukuran pengujian banyaknya generasi yang tepat bertujuan untuk menghasilkan solusi yang optimal pada penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk ditinjau dari rata-rata nilai *fitness* terbaik yang dihasilkan. Banyaknya generasi yang akan diujikan yaitu 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, dan 200 sebanyak 10 kali percobaan dengan menggunakan hasil ukuran populasi terbaik pada hasil pengukuran pengujian sebelumnya yaitu populasi, serta kombinasi *crossover rate* (*cr*)=0,6 dan *mutation rate* (*mr*)= 0,4.

Berdasarkan hasil pengujian banyaknya generasi mengenai sistem optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk menggunakan algoritma genetika didapatkan bahwa semakin besar banyaknya generasi, maka nilai *fitness* yang dihasilkan juga cenderung mengalami peningkatan.



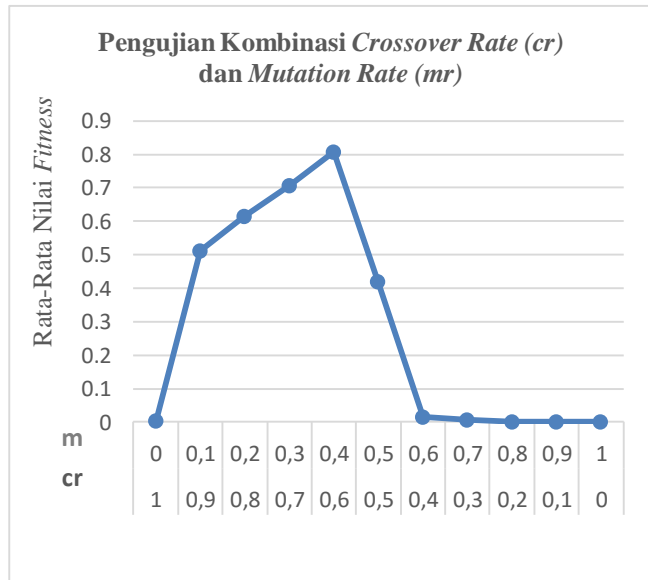
Gambar 7 Grafik Hasil Pengujian Banyaknya Generasi

Terlihat bahwa hasil pengujian pada Gambar 7, banyaknya generasi 20 sampai dengan 160 mengalami peningkatan. Namun, pada populasi 180 mengalami penurunan, dan mengalami peningkatan kembali pada banyaknya generasi 200 dengan rata-rata nilai *fitness* tertinggi. Pada pengujian banyaknya generasi dengan nilai *fitness* yang paling optimal adalah pada ukuran 200 generasi. Pengujian dihentikan karena telah memenuhi kriteria kondisi dan telah mendapatkan nilai *fitness* terbaik dengan nilai 1.

5.3 Hasil Pengujian Kombinasi Crossover Rate (cr) dan Mutation Rate (mr)

Dalam pengukuran pengujian kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* yang tepat bertujuan untuk menghasilkan solusi optimal pada penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk ditinjau dari rata-rata nilai *fitness* terbaik yang dihasilkan. Dengan menggunakan ukuran populasi yaitu sebanyak 180 dan banyaknya generasi yaitu sebanyak 200 sesuai dari hasil pengukuran pengujian sebelumnya. Kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* yang digunakan yaitu angka 0 sampai dengan 1 (Zukhri, 2014).

Berdasarkan hasil pengujian ukuran populasi mengenai sistem optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk menggunakan algoritma genetika didapatkan bahwa grafik kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* adalah sebagai berikut.



Gambar 8 Grafik Hasil Pengujian Kombinasi Crossover Rate (cr) dan Mutation Rate (mr)

Terlihat rata-rata nilai *fitness* yang didapat sangat bermacam-macam karena memang tidak ada ketetapan yang digunakan untuk parameter kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* dalam menghasilkan solusi yang optimal sesuai dengan permasalahan yang ingin diselesaikan. Penentuan kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* ini merupakan hal yang sulit (Mahmudy, Marian & Luong 2013d). Apabila nilai *crossover rate (cr)* terlalu tinggi dan nilai *mutation rate (mr)* terlalu rendah maka tidak dapat mengeksplorasi area lain dalam suatu pencarian, sedangkan apabila nilai *crossover rate (cr)* terlalu rendah dan nilai *mutation rate (mr)* terlalu tinggi maka secara efektif tidak dapat mengeksplorasi area lain dalam suatu pencarian (Mahmudy, 2013).

Pada Gambar 6.3 grafik kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* memiliki nilai rata-rata nilai *fitness* hampir sama pada 0,4 : 0,6, 0,3 : 0,7, 0,2 : 0,8, 0,1 : 0,9, dan paling rendah kombinasi *cr* dan *mr* pada 0 : 1. Pada pengujian kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* dengan nilai *fitness* yang paling optimal adalah pada *crossover rate (cr)*= 0,6 dan *mutation rate (mr)*= 0,4.

5.4 Hasil Pengujian Parameter Terbaik

Pengujian parameter terbaik bertujuan untuk mengetahui seberapa optimal solusi yang didapatkan dalam permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk. Parameter

terbaik didapat dari pengujian sebelumnya yaitu dengan menggunakan ukuran populasi sebanyak 180, banyaknya generasi sebanyak 200, dan kombinasi *crossover rate* (cr)=0,6 dan *mutation rate* (mr)=0,4 yang memiliki rata-rata nilai *fitness* tertinggi. Maka didapat individu terbaik dengan nilai *fitness* yaitu sebesar 1, dengan tidak terdapat pelanggaran 1, 2, ataupun 3, *hard constrain* maupun *soft constraint*, yaitu masing-masing kapal memiliki jatah porsi adil yang telah ditentukan, tidak ada nama kapal yang sama dalam sehari, serta kapal *docking* tidak beroperasi. Individu terbaik tersebut akan menjadi sebuah solusi dalam permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk. Dari hasil individu terbaik tersebut Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode algoritma genetika dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk dengan optimal. Berikut Gambar 9 merupakan penjadwalan kapal yang dihasilkan.

Individu	Pinalti 1	Pinalti 2	Pinalti 3	Nilai Fitness
1	0	0	0	1.0

Hari	Nama Kapal
1	LABITRA ADINDA, TRISAKTI ELFINA, GILIMANUK 2, ARJUNA, TRISAKTI ADINDA, HERLI...
2	SERIAL DOMAR, HERLIN, LIBERTY, TRISAKTI ELFINA, RAJA ENGGANO, NUSA DUA, JA...
3	RAJAWALI, RAFELIA, LIBERTY, SUMBER BERKAT, LABITRA ADINDA, SMS SWAKARYA...
4	LIBERTY, PANCAR INDAH, JAMBO, NUSA DUA, RAJA ENGGANO, SUMBER BERKAT, C...
5	TRISAKTI ADINDA, RAJAWALI, GILIMANUK 2, LABITRA ADINDA, PUTRI SRITANJUNG, T...
6	LABITRA ADINDA, SUMBER BERKAT, TRISILA BAKTI 1, TRIMA JAYA 9, TRISAKTI ADIND...
7	HERLIN, TRIMA JAYA 9, SMS SWAKARYA, LIBERTY, RAFELIA, PUTRI SRITANJUNG, RAJ...
8	TRISILA BAKTI 1, RAFELIA, TRISAKTI ADINDA, CEMERLANG, PANCAR INDAH, TUNU P...
9	SERIAL DOMAR, LABITRA ADINDA, RAJAWALI, ARJUNA, TUNU PRATAMA, GILIMANUK 2...
10	RAFELIA, MARINA PRATAMA, SERIAL DOMAR, TRISAKTI ADINDA, TRIMA JAYA 9, GERBA...
11	TRISAKTI ELFINA, CEMERLANG, LABITRA ADINDA, PANCAR INDAH, SERIAL DOMAR, T...
12	LIBERTY, HERLIN, NUSA DUA, MARINA PRATAMA, CEMERLANG, TRIMA JAYA 9, ARJUN...
13	ARJUNA, RAJA ENGGANO, HERLIN, TRISILA BAKTI 1, JAMBO, TUNU PRATAMA, PUTRI...
14	LIBERTY, SERIAL DOMAR, SMS SWAKARYA, JAMBO, SUMBER BERKAT, MARINA PRAT...
15	TUNU PRATAMA, TRIMA JAYA 9, SUMBER BERKAT, PRATITA, RAJA ENGGANO, RAJAW...

Gambar 9. Penjadwalan Kapal yang Dihasilkan

6. PENUTUP

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk dapat diimplementasikan dengan menggunakan algoritma genetika yaitu dengan menggunakan representasi kromosom permutasi berbasis kode kapal yang diacak secara acak sesuai dengan porsi yang telah ditentukan, memiliki panjang kromosom dengan panjang interval [1.....180]. Untuk menentukan parameter yang tepat yaitu dilakukan pengujian mengenai pengujian ukuran populasi, pengujian banyaknya generasi, serta pengujian kombinasi *crossover rate* (cr) dan *mutation rate* (mr). Dari hasil pengujian tersebut didapat rata-rata nilai *fitness* tertinggi yaitu pada ukuran populasi 180, banyaknya generasi 200, serta kombinasi *crossover rate* (cr)= 0,6 dan *mutation rate* (mr)= 0,4.

Dari hasil pengujian parameter terbaik, didapat individu terbaik memiliki nilai *fitness* 1 dengan tidak terdapat nilai pelanggaran 1, 2, ataupun 3, *hard*

constraint ataupun *soft constraint* yang telah ditentukan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa algoritma genetika dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk dengan optimal.

7. DAFTAR PUSTAKA

ILMI, R. R., MAHMUDY, W. F., & RATNAWATI, D. E., 2015. Optimasi Penjadwalan Perawat Menggunakan Algoritma Genetika. S1. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 13.

KUSUMADEWI, SRI. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

MAHMUDY, WF, MARIAN, RM & LUONG, LHS 2013, Modeling and optimization of part type selection and loading problems in flexible manufacturing system using real coded genetic algorithms, *International Journal of Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering*, vol. 7, no. 4, pp. 251-260.

SYARIF, ADMI. 2014. *Algoritma Genetika Teori dan Aplikasi Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

WIDODO, AW & MAHMUDY, WF, 2010, Penerapan algoritma genetika pada sistem rekomendasi wisata kuliner, *Cursor*, vol. 5, no. 4, pp. 205-211.

WIJAYANINGRUM, VN & MAHMUDY, WF 2016, Optimization of Ship's Route Scheduling Using Genetic Algorithm, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 2, no. 1, pp. 180-186.

WISMULYANI, ENDAR. 2008. Transportasi di Indonesia dari Masa ke Masa. Klaten: Penerbit Cempaka Putih.

ZUKHRI, ZAINUDDIN. 2014. *Algoritma Genetika Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. Yogyakarta: ANDI.

ZULFA, I., MAHMUDY, W. F., & SETIAWAN, B. D., 2015. Optimasi Jadwal Mengajar Asisten Laboratorium Menggunakan Algoritma Genetika. S1. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 11.

APLIKASI RUMAH PINTAR (*SMART HOME*) PENGENDALI PERALATAN ELEKTRONIK RUMAH TANGGA BERBASIS WEB

Fauzan Masykur¹, Fiqiana Prasetyowati²

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika
Universitas Muhammadiyah Ponorogo
Email: ¹fauzan.art@gmail.com, ²fqkulman24@gmail.com

(Naskah masuk: 18 Februari 2016, diterima untuk diterbitkan: 17 Maret 2016)

Abstrak

Teknologi berkembang dengan pesat pada era sekarang, dengan seiring perkembangan teknologi tersebut maka ada dampak yang ditimbulkan. Kontrol peralatan elektronik dapat dilakukan dengan aplikasi rumah pintar (*smart home*) pengendali peralatan elektronik rumah tangga berbasis web dan dapat di kontrol dengan jarak jauh. Aplikasi rumah pintar (*smart home*) ini dapat mempermudah pengguna dalam mengontrol peralatan elektronik rumah tangga seperti lampu, AC dan TV sehingga dapat mengurangi adanya pemborosan listrik ketika pengguna lupa untuk mematikan peralatan elektronik rumah tangga ketika keadaan diluar rumah atau dimanapun pengguna berada. Aplikasi ini menggunakan Raspberry Pi yang berfungsi sebagai *server* yang akan menghubungkan antara *hardware* dan *software* yang dikontrol melalui web sebagai *interface* yang digunakan pengguna untuk memasukan *input* dan menghasilkan *output*. Pembuatan web ini menggunakan sistem operasi Rasbian dimana *software* yang digunakan adalah PHP5. Fitur yang ada pada web ini adalah berupa 6 tombol, dimana 3 tombol berwarna biru sebagai aturan *on* dan 3 tombol berwarna merah sebagai aturan *off*.

Kata kunci: *Smart Home, Raspberry Pi, PHP5, Web*

Abstract

Technology is developing rapidly in this era, with the concomitant development of these technologies then no impact. Control electronic equipment can be done with smart home applications (smart home) controlling home electronics is web based and can be controlled remotely. Smart home applications (smart home) can facilitate the user in control of household electronic equipment such as lights, air conditioning and TV so as to reduce the wastage of electricity when the user forgets to turn off household electronic equipment when circumstances outside the home or wherever the user is located. This application uses Raspberry Pi that functions as a server that will menghubungkan between hardware and software that is controlled through a web interface for a user to enter input and produce output. Making the web using the operating system software used Rasbian which is PHP5. The existing features of this web is in the form of six buttons, in which three blue button as rules on and 3 red button as a rule off.

Keywords: *Smart Home, Raspberry Pi, PHP5, Web*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Alat listrik adalah segala peralatan yang pengoperasiannya membutuhkan energi listrik. Pemanfaatan energi listrik saat ini kurang efektif karena banyak peralatan elektronik rumah tangga yang menggunakan energi listrik serta pemakaiannya sangat berlebihan. Pemakaian energi listrik yang berlebihan akan menyebabkan kelangkaan listrik.

Teknologi saat ini sudah merambah ke dalam kehidupan manusia, seperti adanya pengembangan aplikasi rumah pintar (*smart home*) yang dapat memberikan kenyamanan, keamanan dan efisien bagi pengguna. Pengendalian jarak jauh merupakan pengendalian yang sangat dibutuhkan mengingat efisiensi yang diperoleh dari

pengendalian jarak jauh. Pengendalian akan dilakukan secara otomatis sesuai dengan pengendalian yang dilakukan oleh pengguna.

A smart home is one that has a highly sophisticated automated system to control multimedia equipment for monitoring and enable the security forces (alarm and alert) associated with the windows and doors, lighting and temperature and many other functions. A smart home appears "intelligent" because of a computer system that can memonitorinbg many aspects of daily life (David Bregman, 2010). Jadi, sebuah rumah pintar muncul karena komputer yang dimanfaatkan untuk memantau ataupun mengontrol aspek kehidupan sehari-hari.

Peralatan elektronik rumah tangga yang akan di kendalikan berupa lampu, AC dan TV. Lampu merupakan alat penerang pada tempat yang

gelap atau pada malam hari, lampu sangat dibutuhkan oleh masyarakat sehingga sering sekali terjadi kelalaian dalam mengendalikan lampu. Seringkali lampu masih menyala pada siang hari atau tempat yang terang, itu disebabkan karena pengguna lupa untuk mematikannya. Begitu juga dengan AC, alat pendingin ruangan ini seringkali lupa di matikan pada saat pengguna sedang keluar ruangan, serta TV yang merupakan media terkenal yang memiliki fungsi sebagai penerima siaran gambar bergerak beserta suara ini sering lupa dimatikan ketika pengguna keluar ruangan ataupun keluar rumah.

Rumah Pintar (*Smart Home*) itu sendiri merupakan ide dari pengguna rumah untuk dapat mengatur bagian rumahnya yang terintegrasi ke *smartphone* atau *gadget* lainnya. Dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas hidup penggunanya dan dapat mengelola rumah dengan baik. Aspek yang sangat penting adalah aspek keamanan yang dibutuhkan oleh penggunanya.

Oleh karena itu, kami membuat APLIKASI RUMAH PINTAR (*SMART HOME*) PENGENDALI PERALATAN ELEKTRONIK RUMAH TANGGA BERBASIS WEB dengan alat mikrokontroler sebagai pengendalinya. Hal ini merupakan upaya untuk penghematan listrik serta memudahkan pengguna untuk mengendalikan peralatan elektronik rumah tangga sehingga penggunaannya lebih efektif.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah aplikasi rumah pintar ini yaitu :

1. Bagaimana cara membuat aplikasi rumah pintar (*smart home*) pengendali peralatan elektronik rumah tangga dengan berbasis web ?
2. Bagaimana membuat aplikasi rumah pintar (*smart home*) yang memiliki kemampuan untuk mengendalikan peralatan elektronik rumah tangga dengan menggunakan modul mikrokontroler Raspberry Pi ?

2. METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan adalah metode penelitian. Metode penelitian dalam pembuatan program ini ada dua metode, yaitu :

1. Metode penelitian studi literature
Penelitian dengan menggunakan media internet dan media cetak. Media internet dapat berupa jurnal, *E-Book*. Sedangkan media cetak dapat berupa buku-buku materi.
2. Metode penelitian studi Eksperimen
Penelitian dengan menggunakan *software* dan *hardware* yang di rancang kinerjanya, lalu dilakukan pengujian terhadap

pembuatan aplikasi. Setelah itu dilanjutkan dengan melakukan analisa terhadap aplikasi tersebut, apakah aplikasi sudah sesuai dengan yang diinginkan atau belum. Jika hasil sudah sesuai dengan yang diharapkan maka akan disimpulkan hasil yang didapatkan.

3. Metode penelitian sendiri adalah peraturan atau prosedur yang digunakan oleh seorang programmer untuk melakukan kegiatan secara disiplin. Dalam penelitian setiap orang dipengaruhi oleh tujuan serta profesi dari masing-masing pengguna.

2.1. Definisi Rumah Pintar (*Smart Home*)

Rumah Cerdas (*Smart Home*) adalah aplikasi gabungan antara teknologi dan pelayanan yang dikhususkan pada lingkungan rumah dengan fungsi tertentu yang bertujuan meningkatkan keamanan, efisiensi dan kenyamanan penghuninya. Sistem rumah pintar (*smart home*) biasanya terdiri dari perangkat monitoring , perangkat kontrol dan otomatis ada beberapa perangkat yang dapat di akses menggunakan komputer (Tri Fajar Yurmama, 2009).

Rumah Pintar (*Smart Home*) merupakan sebuah aplikasi yang dirancang dengan berbantuan komputer yang akan memberikan kenyamanan, keamanan dan penghematan energi yang berlangsung secara otomatis sesuai dengan kendali pengguna dan terprogram melalui komputer pada gedung atau tempat tinggal kita. Teknologi yang dirancangan untuk rumah pintar ini bertujuan untuk memudahkan pemilik rumah dalam memantau kondisi peralatan elektronik yang terhubung dari *gadget* yang dimiliki.

2.2. Definisi Apache

Apache adalah sebuah nama web *server* yang bertanggung jawab pada permintaan dan jawaban HTTP dan *logging* informasi secara lebih detail. Selain itu, Apache juga merupakan suatu web *server* yang modular, mengikuti standar protokol HTTP dan sangat disukai.

Apache adalah sebuah web *server* yang dijalankan pada banyak sistem operasi seperti : Unix, BSD, Linux, Microsoft Windows dan Novell Netware serta Platform lainnya. Dan digunakan untuk melayani dan memfungsikan situs web. Protokol yang digunakan untuk melayani fasilitas web/www ini menggunakan HTTP (Dicky Syaiful Huda, 2014).

2.3. Definisi Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah *Single Board Computer* (SBC) seukuran dengan kartu kredit yang dikembangkan oleh Yayasan Raspberry Pi di Inggris (UK) dengan tujuan untuk membuat adanya

pelajaran ilmu komputer dasar pada sekolah (Mohammad Faisal Hari Darmawan, 2015).

Dalam aplikasi rumah pintar (*smart home*) ini Raspberry Pi yang di gunakan adalah Raspberry Pi 2 model B. Jenis dari Raspberry Pi atau yang sering di sebut raspi ini adalah *Single-Board Computer* yang dirilis pada tahun 2012. Komponen raspi ini adalah cpu 700Mhz ARM1176JZF-S core, 4 slot usb, 1 slot memori sdcard, 1 slot rca, 1 slot audio, 1 slot ethernet, 1 slot micro usb *power*, 1 slot hdmi, 40 pin GPIO.

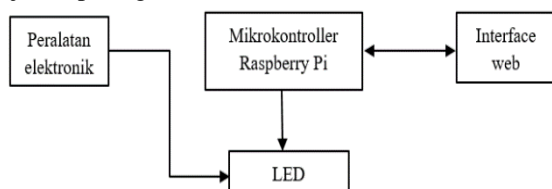
2.4. Definisi HTML

HTML (*Hypertext Markup Language*) merupakan kumpulan dari simbol atau *tag-tag* yang dituliskan dalam sebuah file yang dimaksudkan untuk penampilan halaman pada web *browser*. *Tag-tag* tadi memberitahu *browser* bagaimana menampilkan halaman web dengan lengkap pada pengguna (Rio Astamal, 2005).

Ekstensi *file* HTML adalah .html dan .htm. Dokumen HTML dapat di olah dengan menggunakan *editor text* Notepad atau dengan program Visual HTML *Editor* seperti Dreamweaver. Dalam pengkodean HTML harus dengan penggunaan *tag*. *Tag* merupakan standar frase tertentu yang digunakan untuk mengatur halaman web. Setiap *tag* di apit dengan tanda kurung runcing. *Tag-tag* pada HTML dapat ditulis dengan huruf kecil dan besar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi rumah pintar (*smart home*) adalah aplikasi yang digunakan untuk mengendalikan peralatan elektronik rumah tangga yang berupa lampu, AC dan TV. Pengendalian ini dapat dijalankan oleh pengguna melalui *interface* web yang akan terhubung dengan mikrokontroler, mikrokontroler yang digunakan dalam aplikasi ini adalah Raspberry Pi. Pada aplikasi rumah pintar (*smart home*) ini peralatan elektronik yang dikendalikan akan disimulasikan dengan menggunakan LED. Gambaran dari jalannya rangkaian aplikasi rumah pintar (*smart home*) ditunjukkan pada gambar 1.

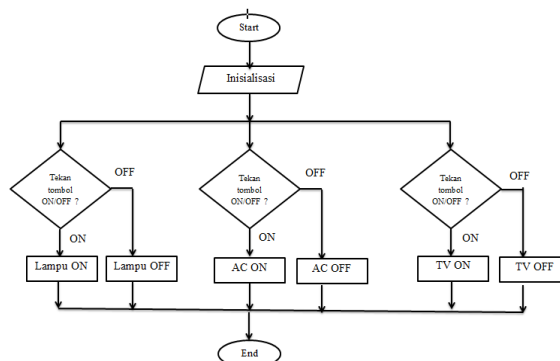


Gambar 1. Rangkaian Aplikasi Rumah Pintar

Pada gambar 1 menjelaskan bahwa peralatan elektronik ini disimulasikan dengan LED. Pengguna mengendalikan peralatan elektronik tersebut dengan *interface* web yang terhubung dengan mikrokontroler raspberri pi, dari mikrokontroler akan terhubung dengan LED.

Output pada LED sesuai dengan *input* pengguna melalui *interface*.

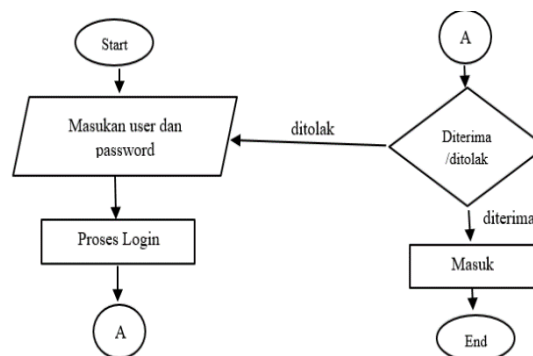
3.1. Flowchart Aplikasi



Gambar 2. Flowchart Aplikasi Rumah Pintar

Pada gambar 2 di jelaskan : alur dimulai dari *start* lalu di lakukan inisialisasi secara manual artinya *user* memilih inisialisasi perintah terhadap tombol yang ada pada menu. Disini ada 3 tombol, yaitu tombol lampu, tombol AC, dan tombol TV. Selanjutnya *user* bisa memilih tombol mana yang akan di fungsikan, jika tombol lampu on diklik maka dari web akan mengirimkan perintah ke mikrokontroler lalu akan di lanjutkan ke LED, yaitu LED menyala. Sebaliknya jika yang di klik ada tombol lampu off maka keluarannya adalah LED yang menyala tadi akan mati. Begitu juga dengan tombol yang lainnya, sama prosesnya.

3.2. Flowchart Login

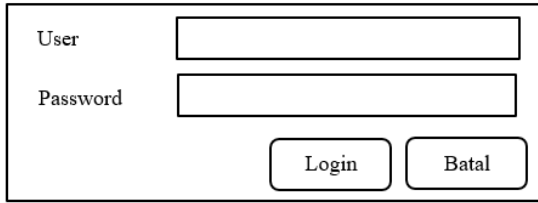


Gambar 3. Flowchart Login

Gambar 3 adalah alur pada saat pengguna akan masuk ke *interface*. Pertama pengguna masuk ke *start* lalu melakukan proses input *user* dan *password*. Lalu akan di proses, jika diterima maka akan masuk ke dalam *interface* index. Jika ditolak maka akan kembali ke proses *input*.

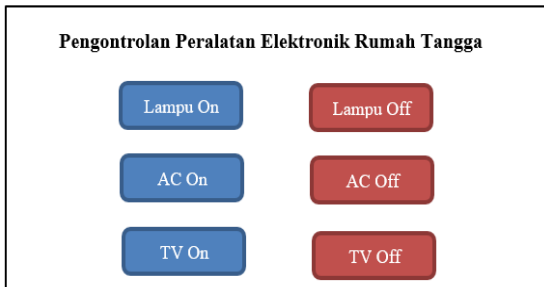
3.3. Desain Interface

Desain *interface* pada aplikasi rumah pintar (*smart home*) ini terdiri dari dua bagian, yaitu *interface login*, *interface gpio*.



Gambar 4. Interface Login

Halaman pertama pada web adalah *interface login*. Masukkan *user* dan *password*, jika sesuai maka dapat masuk ke *interface index.php* tapi jika tidak sesuai maka akan tetap pada *interface login*.



Gambar 5. Interface GPIO

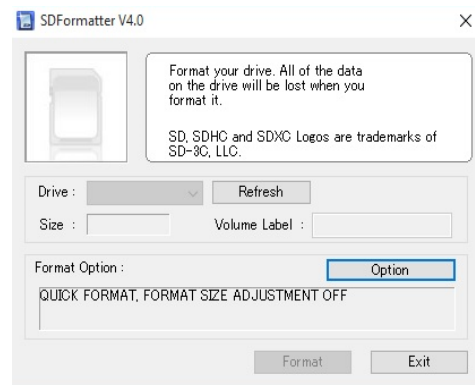
Halaman Kedua pada web adalah *interface index.php*. Dimana pada halaman ini adalah saklar dari web untuk mengontrol peralatan elektronik rumah tangga yang berupa lampu, AC dan TV yang disimulasikan dengan menggunakan LED. Pada *interface index.php* ada 6 tombol, 3 tombol untuk kondisi LED *on* dan 3 tombol untuk kondisi LED *off*.

3.4. Merancang Software

Implementasi dibuat berdasarkan hasil rancangan aplikasi yang telah dibuat sebelumnya. Implementasi yang dibuat mendekati dengan hasil penelitian, sehingga rancangan aplikasi yang telah dibuat tidak keluar dari rancangan kebutuhan aplikasi yang telah dirancang. Aplikasi *smart home* terdiri dari dua bagian utama, yaitu *user interface* dan Raspberry Pi sebagai web *server* sebagai administrator. Di bawah ini adalah penjelasan tentang langkah-langkah pembuatan aplikasi *smart home* yang telah dibuat.

Pada aplikasi *smart home* ini menggunakan Raspberry Pi sebagai *server* yang menggunakan sistem operasi Rasbian yang berbasis dari Linux. Pertama siapkan *software* yang dibutuhkan, yaitu file Raspbian (NOOB_v1_8_0). Lalu siapkan Micro SD 8gb untuk menyimpan os dan program pada Raspberry Pi. Dan SDFormatter yang digunakan

untuk memformat Micro SD, SDFormatter dapat dilihat pada gambar 6.



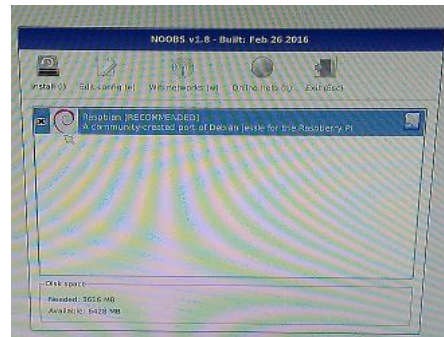
Gambar 6. Aplikasi SDFormatter

Keterangan gambar 6 adalah :

1. Menu drive arahkan pada drive apa micro sd yang akan di *format*.
2. *Volume* label pada micro sd yang di *format*.
3. *Option* adalah pengaturan untuk pemilihan *format size on / off*.

Klik tombol *format* untuk *format* micro sd dan klik *exit* untuk keluar aplikasi.

Ketika pertama kali Raspberry Pi terhubung dengan komputer maka akan muncul tampilan seperti gambar 7. Pilih menu checkbox yang ada pada tampilan tersebut, lalu tekan enter.



Gambar 7. Tampilan Instalasi Sistem Operasi

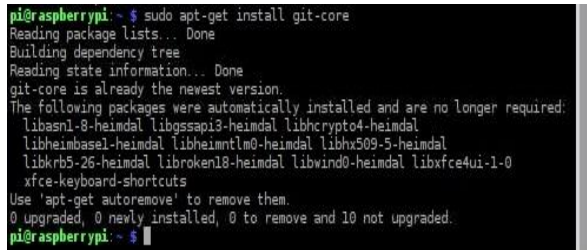
Instalasi ini dimulai dari 0% menuju ke 100%. Jika instalasi sudah selesai maka sistem operasi Raspbian telah terpasang dan siap untuk di install *software* yang diperlukan berikutnya.



Gambar 8. Interface Instalasi Sistem Operasi

3.5. Penginstalan WiringPi

Raspberry Pi mempunyai GPIO yang berfungsi sebagai *input* dan *output* terhadap objek lain, untuk membuat *input* dan *output* yang digunakan sebagai saklar *on/off* pada simulasi objek yang akan dikontrol penulis menggunakan WiringPi. WiringPi berfungsi untuk membaca *datasheet* pada Raspberry Pi. Cara untuk menginstall WiringPi, langkah pertama dapat dilihat pada gambar 9.



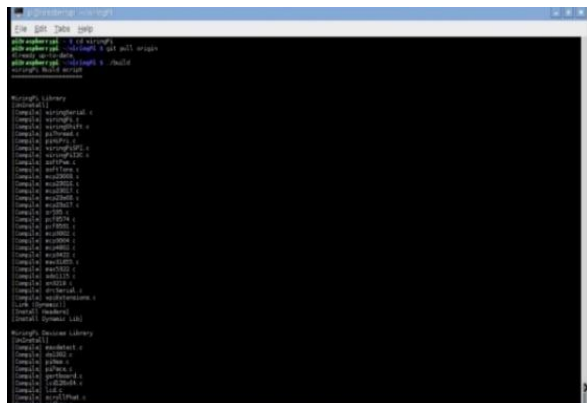
Gambar 9. Installasi git-core

WiringPi merupakan *Library open source* yang ada dalam *project drogon*. Untuk mengunduh *file* tersedia di git. Pertama kali yang di install adalah *git-core*, setelah *git-core* selesai di install. Langkah selanjutnya adalah mengunduh WiringPi dengan *git clone*.



Gambar 10. Clone

Setelah proses *cloning* telah selesai, *file* yang sudah diekstrak belum bisa digunakan. Langkah selanjutnya adalah melakukan *build*.

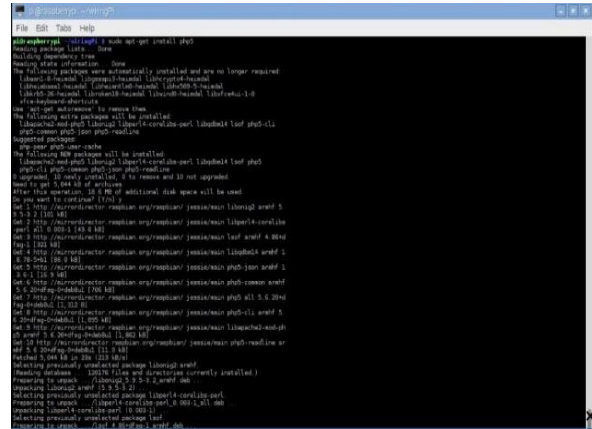


Gambar 11. Build

Akan muncul beberapa *command* dari WiringPi setelah WiringPi berhasil di *build*. Setelah itu WiringPi sudah selesai dan bisa digunakan.

3.6. Penginstalan PHP5 dan APACHE2

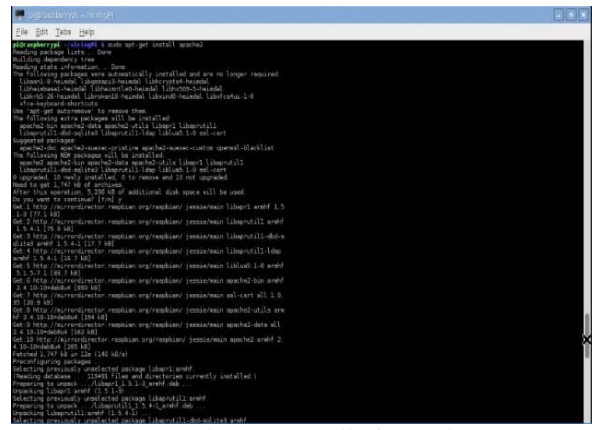
Perancangan *interface* yang digunakan pada aplikasi *smart home* ini adalah PHP5. Cara installasi dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Installasi PHP5

Setelah PHP5 telah selesai di install dan penginstalan berhasil maka PHP5 dapat digunakan untuk perancangan *interface* yang menghubungkan antara pengguna dengan GPIO yang tertuju pada *library* WiringPi.

Apache2 digunakan sebagai *web server* yang menghubungkan antara pengguna dengan *interface* web. Cara menginstall apache2 dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Installasi Apache5

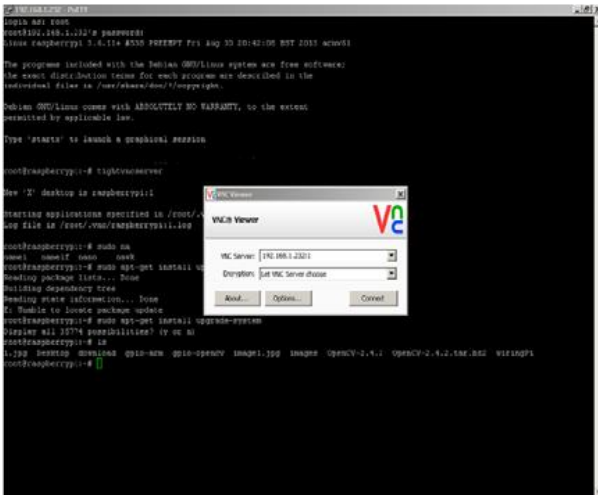
Setelah apache2 berhasil di install selanjutnya apache2 dapat diaktifkan dengan *command* “sudo apache2 start”. Selanjutnya apache2 sudah aktif dan dpat digunakan sebagai *web server*.

3.7. Pengaturan Remote Pada TightVNC

Tightvnc ini berperan sebagai remote Raspberry Pi agar mendapatkan tampilan Raspberry Pi tanpa menggunakan kyeboard,mouse, monitor dan hdmi converter untuk Raspberry Pi. Cara

menginstall tightvnc adalah dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. “Sudo apt-get install tightvncserver “ tunggu hingga proses *done*.
2. Langkah selanjutnya “ Vncserver ” lalu masukkan *password* untuk vnc.
3. Membuat *service* tightvncserver otomatis pada saat *booting*. Potongan kode dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Tightvncserver

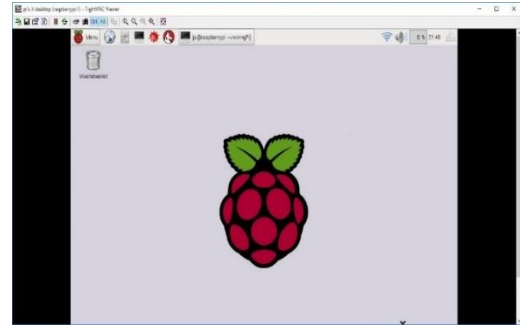
4. lalu lakukan *chmod* dan *reboot*

Setelah proses instalasi selesai selanjutnya *download viewer client* untuk windows <http://www.tightvnc.com/download.php>. Setelah selesai buka menu TightVNC Viewer yng ada pada komputer atau laptop.



Gambar 15. Tampilan TightVnc Viewer

Gambar 15 adalah tampilan utama tightvnc viewer. Masukkan ip yang terhubung denga Raspberry Pi diikuti dengan port vnc lalu tekan *connect*. Jika berhasil maka akan muncul tampilan seperti pada gambar 15.



Gambar 16. Tampilan Raspberry Pi di Windows

3.8. Interface Kontrol Smart Home

Aplikasi *smart home* pengendali peralatan elektronik rumah tangga ini menggunakan *interface* berbasis web. Dengan *software* yang digunakan adalah PHP5, *interface* digunakan sebagai penghubung antara pengguna dengan GPIO sebagai pengontrol LED.

Didalam file *index.php* digunakan untuk membuat template atau halaman pada web yang berupa tombol sebagai saklar untuk simulasi LED, dan juga digunakan untuk membaca GPIO yang menghubungkan antara pengguna dengan LED yang tertuju pada *library* WiringPi.



Gambar 17. Interface web

Didalam file *index.php* digunakan untuk membuat template atau halaman pada web yang berupa tombol sebagai saklar untuk simulasi LED, dan juga digunakan untuk membaca GPIO yang menghubungkan antara pengguna dengan LED yang tertuju pada *library* WiringPi.



Gambar 17. Potongan Script Index.php

Penjelasan dari gambar 17 adalah menghubungkan antara *interface* dengan GPIO yang berguna sebagai *input* maupun sebagai *output*. Pada *script* diatas ada 3 LED yang akan di kontrol yaitu LED dengan GPIO 4, 17 dan 27. Jika tombol pada *interface* yang di tekan adalah tombol dengan nama lampu on yang terletak pada GPIO 4 maka LED yang terhubung dengan

GPIO 4 akan menyala, dan seterusnya akan seperti itu sesuai dengan tombol yang ditekan yang terhubung pada masing-masing GPIO.

```

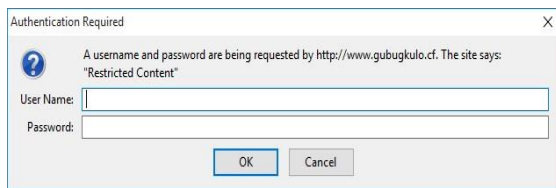
</table>
<form method="get" action="index.php">
<table width="350" align="center" border="0">
<tr>
<td><input type="submit" class="styled-button-1" value="LAMPU ON" name="LampOn"></td>
</tr>
<tr>
<td><input type="submit" class="styled-button-2" value="LAMPU OFF" name="LampOff"></td>
</tr>
<tr>
<td><input type="submit" class="styled-button-1" value="AC ON" name="aon"></td>
<td><input type="submit" class="styled-button-2" value="AC OFF" name="acoff"></td>
</tr>
<tr>
<td><input type="submit" class="styled-button-1" value="TV ON" name="tvon"></td>
<td><input type="submit" class="styled-button-2" value="TV OFF" name="tvoff"></td>
</tr>
</form>

```

Gambar 18. Potongan *Script* Index.php

Pada potongan *script* diatas adalah pembuatan template yang berisi tombol. Pada *interface* ada 6 tombol yang digunakan. Masing-masing tombol akan terhubung ke *script* gambar 18.

3.9. Pembuatan Login



Gambar 19. *Interface* Login

Login pada aplikasi ini adalah dengan menggunakan *Htpasswd* tanpa menggunakan *database*. *Htpasswd* berfungsi untuk membuat dan memperbarui data *file* yang digunakan untuk menyimpan *user* dan *password* untuk otentikasi dasar pengguna HTTP. Jika *htpasswd* tidak dapat mengakses *file*, seperti tidak bisa menulis ke *file output* atau tidak mampu membaca *file* untuk memperbaruinya, ia mengembalikan status kesalahan dan membuat tidak ada perubahan.

Langkah awal yang perlu dilakukan adalah menambahkan opsi `-c` untuk membuat *file* yang ditentukan. “ `sudo htpasswd -c /etc/apache2/.htpasswd admin` ” pada *script* ini saya membuat *username* dengan nama *admin*. Selanjutnya anda akan diminta untuk menyediakan dan mengkonfirmasi *password* untuk *user*.

Setelah langkah diatas selesai, sekarang anda telah memiliki *file* dengan *user* dan *password* dalam format yang apache dapat membaca. Anda juga perlu mengkonfigurasi apache untuk memeriksa *file* ini sebelum melayani konten yang dilindungi. Ada dua opsi untuk konfigurasi. Pertama dengan mengedit konfigurasi apache dan menambahkan proteksi *password* untuk *file virtual host*. Jika anda tidak memiliki kemampuan untuk memodifikasi *file virtual host* maka anda dapat membatasi akses dengan menggunakan

`an.htaccessfile`. *file* apache ini untuk memungkinkan item konfigurasi tertentu yang akan diatur dalam sebuah *file* di direktori konten.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang sudah dijelaskan sebelumnya maka kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut :

1. Telah berhasil membuat Perancangan *smart home* dengan menggunakan Raspberry Pi berbasis web.
2. Perancangan aplikasi rumah pintar (*smart home*) dibuat dengan menggunakan Raspberry Pi, rangkaian LED dan dongle.
3. Saklar lampu pada aplikasi rumah pintar (*smart home*) dikontrol dengan menggunakan *interface* web yang sudah terhubung ke GPIO.
4. Raspberry Pi digunakan sebagai *server* yang menghubungkan antara *hardware* dan *software* yang dapat digunakan oleh *user*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- DAO, S. D. & MARIAN, R. 2011. Optimisation of precedence-constrained production sequencing and scheduling using genetic algorithms. *Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists*, 16-18 March, Hong Kong.
- ASTAMAL, RIO. 2005. “Mastering Kode HTML”, (*Online*). Diakses 04 Mei 2016.
- BASKORO, TRI, IMAM. Desember 2014. “Perancangan Pengontrolan Nyala Lampu dan Kipas Angin Pada Sebuah Ruangan Menggunakan Raspberry Pi Model B Dengan Web GUI”, (*Online*), Vol. 3. Diakses 05 Agustus 2016.
- BREGMAN, DAVID. Oktober 2010. “*Smart Home Intelligence – The eHome that Learns*”, (*Online*), Vol. 4. Diakses 05 Agustus 2016.
- DARMAWAN, HARI, FAISAL, MOHAMMAD. 2015. “Rancang Bangun *Home Automation* Berbasis Web Menggunakan Raspberry Pi”, (*Online*).
- HUDA, SYAIFUL, DICKY. Juli 2014. “*Prototype Smart Classroom* Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Raspberry Pi dan Arduino”, (*Online*). Diakses 18 Maret 2016.
- OKTAVIANI, WURI, THERESIA. Maret 2014. “Perancangan *User Interface* Berbasis Web Untuk *Home Automation Gateway* Yang Berbasis IQRF TR53B”, (*Online*).
- PRASAD, SANJANA. 2014. “*Smart Surveillance Monitoring System Using Raspberry PI and PIR Sensor*”, (*Online*), Vol. 5(6). Diakses 05 Agustus 2016.

RAHAYU, MAYA. 28 Maret 2014. "Pengontrolan Alat Elektronika Melalui Media Wifi Berbasis Raspberry Pi", (*Online*), Vol 13. Diakses 02 Februari 2015.

SOLICHIN, ACHMAD. 2009. "Pemograman Web dengan PHP dan MySql", (*Online*). Diakses 22 April 2014.

YURMAMA, FAJAR, TRI. 20 Juni 2009. "Perancangan *Software* Aplikasi *Pervasive Smart Home*", (*Online*), (<http://journal.uii.ac.id/index.php/Snati/article/view/1239/1039>). Diakses 28 Desember 2015).

PEMODELAN REGRESI NON LINEAR MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK PREDIKSI KEBUTUHAN AIR PDAM KOTA MALANG

Vitara Nindya Putri Hasan¹, Wayan Firdaus Mahmudy², Mohammad Zoqi Sarwani³

^{1,2,2}Fakultas Ilmu Komputer/Informatika Universitas Brawijaya, Malang
Email: ¹vitaranindyaph@gmail.com, ²wayanfm@ub.ac.id, ³zaki_swr@yahoo.com

(Naskah masuk: 18 Februari 2016, diterima untuk diterbitkan: 17 Maret 2016)

Abstrak

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Kota Malang maka meningkat pula kebutuhan konsumen air bersih dari PDAM. Perubahan pemakaian air tersebut jika tidak diolah dengan baik maka akan menyebabkan beberapa persoalan diantaranya apabila PDAM terlalu banyak mendistribusikan air bersih ke konsumen maka akan berakibat pemborosan air dan sebaliknya apabila distribusi air bersih PDAM kurang maka konsumen akan kekurangan air bersih. Oleh karena itu dibutuhkan suatu estimasi untuk memperkirakan dengan tepat seberapa besar volume air yang diperlukan di tahun-tahun berikutnya. Permasalahan tersebut dimodelkan dengan persamaan regresi non linear yang terdiri dari variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y). Algoritma Genetika digunakan untuk memilih variabel mana saja yang perlu dilibatkan dalam persamaan regresi. Proses reproduksi menggunakan one-point-crossover dan random mutation, untuk proses seleksinya menggunakan model elitism selection. Dari uji coba didapatkan parameter terbaik yaitu ukuran populasi sebanyak 225, generasi terbaik sebanyak 1750 generasi, kombinasi cr : mr adalah 0,6 : 0,4 dengan nilai fitness tertinggi yaitu 107.997. Hasil akhir berupa model regresi dengan melibatkan sesedikit mungkin variabel bebas dan *mean square error* (MSE) terkecil..

Kata kunci: Regresi Non Linear, Algoritma Genetika, Prediksi, Pemakaian air PDAM

Abstract

Along with the increasing population in Malang the consumer water consumption from PDAM also increase. The change of water consumption if it is not treated properly, it will cause some problems when the PDAM has too many of water to distribute to consumers it will result in wastage of water and otherwise if the distribution of water less than normal, then the consumer will get a shortage of water. Therefore it is necessary to estimate for predict exactly how much the water volume needed in subsequent years. This problem will be modeled with non linear regression that consist of the independent variable (X) and the dependent variable (Y). Genetic Algorithm is applied to determine which variables are involved in the regression model. The reproduction process uses one-point-crossover and random mutation, for the selection process uses a elitism selection models. The numerical experiment obtains the best population size is 225, the best generation as much as 1750 generation, combination of cr : mr is 06 : 0.4 with the highest fitness value is 107.997. The final result is a regression model that involves less independent variabls with minimum mean square error (MSE).

Keywords: Non Linear Regression, Genetic Algorithm, Predict, Water Consumption

1. PENDAHULUAN

Semua makhluk hidup pasti memerlukan air. Air digunakan untuk berbagai macam keperluan mulai dari makan, minum, mandi, cuci, bekerja, dan berbagai kebutuhan lainnya. Air bersih adalah air yang telah memenuhi syarat kesehatan dan dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari dalam melakukan berbagai aktivitas (Kesehatan, 1990). Badan yang menangani air bersih di Indonesia adalah Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). PDAM didirikan di setiap kota di Indonesia sebagai badan yang melayani kebutuhan masyarakat akan air bersih, salah satunya yang ada di kota Malang. Kota Malang adalah kota yang selalu mengalami peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya (Pemerintahan,

2015). Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya lokasi Kota Malang yang berada di daratan tinggi sehingga memiliki iklim sejuk, selain itu Malang memiliki fasilitas dan kualitas pendidikan yang memadai sehingga Malang dijuluki sebagai kota pendidikan (Indonesia, 2015). Faktor inilah yang mengakibatkan banyak yang memilih transmigrasi dan menetap tinggal di Malang. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Kota Malang maka meningkat pula kebutuhan konsumen akan air bersih dari PDAM (Syaiful and Achmad, 2012).

Berdasarkan uraian ini maka PDAM harus meningkatkan kebutuhan air bersih setiap tahunnya guna memenuhi kebutuhan air bersih di Kota Malang. Tetapi dibutuhkan suatu estimasi untuk memperkirakan dengan tepat seberapa besar volume

air PDAM Kota Malang yang diperlukan untuk melayani kebutuhan air para konsumen PDAM Kota Malang di tahun berikutnya agar tidak terjadi pemborosan atau kekurangan persediaan air untuk masyarakat.

Untuk mengatasi permasalahan ini diperlukan suatu analisis kebutuhan air konsumen PDAM dengan melakukan suatu pemodelan dengan metode regresi non linear menggunakan algoritma genetika. Regresi non linear adalah hubungan antara variable terikat (dependen, Y) dan variabel bebas (independent, X)(Yusnandar, 2004). Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Stonjavic, et al., (2013) yang bertujuan untuk menentukan model regresi linear (MLR) menggunakan algoritma genetika dalam sistem adaptif untuk bendungan Bocac di sungai Vrbas, Republic of Srpska. Hasil analisis menunjukkan bahwa, dalam periode waktu dimana satu atau lebih sensor yang aktif menunjukkan prediksi lebih baik daripada MLR asli yang mengasumsikan bahwa semua sensor selalu aktif. Berdasarkan penjelasan di atas bahwa model regresi yang dihasilkan melalui pendekatan algoritma genetika memberikan hasil yang lebih baik dibanding dengan model regresi. Sehingga penulis memilih model regresi non linear dengan menggunakan algoritma genetika.

2. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian yang menggunakan metode regresi non linear pernah dilakukan oleh Yusnandar (2014) untuk mengetahui sejauh mana aplikasi analisis regresi non linear model kuadratik terhadap produksi susu kambing PE selama 90 hari pertama laktasi. Dari hasil pengujian diperoleh persamaan regresi non linear model polynomial kuadratik pada analisis data produksi susu kambing PE selama 90 hari pertama laktasi dan tingkat maksimum produksi susu diketahui pada hari ke 20 setelah laktasi.

Pada kasus lain terdapat penelitian yang menggunakan pemodelan regresi linear dan algoritma genetika dalam konsumsi KWh listrik di Kota Batu yang dilakukan oleh Permatasari dan Mahmudy (2014). Pada koefisien yang dihasilkan oleh sistem menghasilkan nilai error yang lebih rendah dibandingkan dengan persamaan regresi.

Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Stonjavic, et al., (2013) yang bertujuan untuk menentukan model regresi linear (MLR) menggunakan algoritma genetika dalam sistem adaptif untuk bendungan Bocac di sungai Vrbas, Republic of Srpska. Hasil analisis menunjukkan bahwa, dalam periode waktu dimana satu atau lebih sensor yang aktif menunjukkan prediksi lebih baik daripada MLR asli yang mengasumsikan bahwa semua sensor selalu aktif.

3. METODE

3.1. Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data time series bulanan pemakaian air PDAM mulai dari Januari 2008 sampai dengan Desember 2013. data ini diambil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Irawan, et all (2015).

Model yang dibangun pada metode regresi non linear ini akan digunakan untuk menyelesaikan peramalan pemakaian air PDAM. Pada model non linear dalam parameternya bersifat kuadratik dan kubik dengan kurva yang dihasilkan membentuk garis lengkung (Yusnandar, 2004) selain itu, regresi non linear juga mempunyai banyak kurva yang bisa di bentuk(Sugiarto, 1992). Model regresi non linear terdapat variable terikat atau tidak bebas (Y) dan variable bebas (X). Nilai pemakaian air PDAM yang akan diprediksi dijadikan sebagai variable (Y) dan nilai pemakaian air PDAM pada t-1,t-2,t-3 dan t-4 dijadikan sebagai variable (X), dimana t menunjukkan bulan.

Tabel 1. Variabel pada regresi non linear

Variable	Deskripsi
t	Nilai yang akan diprediksi
t-1	Nilai pemakaian air PDAM pada bulan sebelumnya
t-2	Nilai pemakaian air PDAM pada 2 bulan sebelumnya
t-3	Nilai pemakaian air PDAM pada 3 bulan sebelumnya
t-4	Nilai pemakaian air PDAM pada 4 bulan sebelumnya
(t-1) ²	Nilai kuadrat pemakaian air PDAM pada bulan sebelumnya
(t-2) ²	Nilai kuadrat pemakaian air PDAM pada 2 bulan sebelumnya
(t-3) ²	Nilai kuadrat pemakaian air PDAM pada 3 bulan sebelumnya
(t-4) ²	Nilai kuadrat pemakaian air PDAM pada 4 bulan sebelumnya

Pada persamaan (1) akan ditunjukkan persamaan regresi non linear yang digunakan untuk penelitian ini.

$$t = a + b_1(t-1) + b_2(t-2) + b_3(t-3) + b_4(t-4) + b_5(t-1)^2 + b_6(t-2)^2 + b_7(t-3)^2 + b_8(t-4)^2 \quad (1)$$

Hasil yang didapatkan dari hasil peramalan akan menggunakan metode regresi non linear akan dibandingkan dengan nilai sebenarnya untuk mengetahui seberapa besar perbedaannya. Metode yang digunakan untuk mengukurnya adalah Mean Square Error (MSE). Semakin besar nilai MSE maka semakin besar perbedaan hasil peramalan dengan data sebenarnya. Untuk menghitung MSE dapat menggunakan persamaan 2 berikut ini :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2 \quad (2)$$

Keterangan :

MSE = merupakan Nilai error MSE

n = merupakan jumlah data yang diprediksi

Y_i = merupakan nilai sebenarnya.

Y'I = merupakan nilai hasil prediksi
I = indeks

0	0	1	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

3.2. Struktur Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan algoritma pencarian hasil terbaik yang berdasarkan pada seleksi alam dan genetika alam dengan melakukan proses reproduksi atau perkawinan. Pada Algoritma Genetika setiap individu dalam populasi dinamakan kromosom, setiap kromosom mewakili sebuah solusi untuk masalah yang akan dihadapi. Variabel solusi dikodekan ke dalam string yang memetakan barisan gen, yang akan menjadikan karakteristik dari sebuah solusi dari suatu permasalahan (Mahmudy, 2015).

Algoritma genetika yang terdapat pada penelitian ini digunakan untuk mengoptimasi persamaan regresi non linear untuk mendapatkan solusi yang terbaik. Algoritma genetika akan bekerja untuk menentukan jumlah parameter yang tepat pada persamaan regresi non linear.

3.2.1. Representasi Kromosom

Kromosom tersusun dari sejumlah gen yang menjadi calon solusi untuk masalah yang akan dihadapi Representasi kromosom terdiri dari berbagai bentuk yaitu representasi integer, biner, permutasi, dan real code (Mahmudy., 2015)

Representasi yang digunakan pada permasalahan dengan menggunakan pemodelan regresi non linear ini adalah representasi bilangan biner. Setiap variabel diwakilkan oleh angka (0) atau (1), jika (0) maka variabel tersebut tidak digunakan dan jika (1) maka variabel tersebut digunakan (Stonjavic et al., 2013)

Pada penelitian ini kromosom tersusun atas bilangan biner acak yang menyatakan orde periode data yang berpengaruh pada prediksi pemakaian air dengan model regresi non linear. Panjang kromosom dalam satu individu adalah dua kali jumlah periode data dimana x_1, x_2, x_3, x_4 adalah data aktual pemakaian air mulai dari (t-1) sampai dengan (t-4) dan $x_1^2, x_2^2, x_3^2, x_4^2$ adalah hasil perhitungan pangkat dari data aktual x_1, x_2, x_3, x_4 .

Dalam menentukan model regresi non linear pada Tabel 2 indeks ke-1 hingga ke-8 menyatakan periode data yang akan digunakan yakni periode pemakaian air pada saat (t-1) sampai dengan (t-4) dan hasil kuadratnya. Apabila nilai biner pada setiap gen bernilai 1 berarti data pada periode tersebut dipakai. dan apabila biner bernilai 0 maka data pemakaian air pada periode tersebut tidak digunakan (Stonjavic et al., 2013).

Tabel 2 Pembentukan Kromosom

Kromosom							
1	2	3	4	5	6	7	8
x_2	x_2	x_2	x_4	x_1^2	x_2^2	x_3^2	x_4^2

3.2.2. Crossover

Pada kasus ini metode crossover yang dipilih menggunakan metode one-point-crossover yaitu proses pemilihan dua induk secara acak dari populasi dan menghasilkan offspring (anak) dari kedua induk tersebut (Mahmudy et al., 2013b)., setelah itu menentukan titik sebagai cut point, gen yang berada di titik potong akan dipindah silang, dan hasilnya akan didapat anak (offspring) dari kombinasi kedua induk tersebut (Stonjavic et al., 2013). Pada penelitian ini populasi awal sebanyak 5 individu dengan crossover rate (cr) sebanyak 0,6 maka akan dihasilkan offspring $0,6 \times 5 = 3$. Berikut akan ditunjukkan proses one cut point cross pada Gambar 1.

P1	0	0	1	1	0	0	0	0
P3	0	1	1	1	1	0	0	0
C1	0	0	1	1	1	0	0	0
C2	0	1	1	1	0	0	0	0

P2	1	1	0	0	1	0	0	1
P5	1	0	0	0	0	0	0	1
C3	1	1	0	0	0	0	0	1

Gambar 1. Crossover

3.2.3 Mutasi

Proses mutasi yang digunakan adalah random mutation yaitu sebuah proses acak dimana memilih salah satu gen didalam kromosom yang ditentukan untuk kemudian dirubah nilainya dari 0 menjadi 1 dan sebaliknya (Mahmudy et al., 2013b) (Stonjavic et al., 2013). Dengan mutation rate sebesar 0.4 maka banyaknya offspring yang dihasilkan adalah $0.4 \times 5 = 2$. Proses mutasi akan ditunjukkan pada Gambar 2.

P4	0	0	0	0	1	1	0	0
C4	0	0	0	1	1	1	0	0
P5	1	0	0	0	0	0	0	1
C5	1	0	0	1	0	0	0	1

Gambar 2. Mutasi

3.2.4. Fungsi Fitness

Fungsi fitness digunakan untuk mengukur kebaikan solusi yang dibawa oleh suatu individu. Individu terbaik dengan nilai fitness yang tinggi cenderung menghasilkan solusi yang terbaik. Fungsi fitness yang digunakan untuk masalah pemodelan regresi non linear dalam kebutuhan air ditunjukkan pada Persamaan (2.25).

$$fitness = \frac{c}{error} + \frac{1}{1+(\alpha x n)} \quad (2-3)$$

Dimana :

- c = constanta
- n = Jumlah kromosom bernilai 1
- error = Nilai MSE yang dihasilkan
- α = 0,1

3.2.5. Seleksi

Proses selanjutnya adalah seleksi yaitu mengeliminasi kromosom yang memiliki fitness rendah. Tujuannya adalah untuk mempertahankan individu yang mempunyai nilai fitness tinggi agar dapat bertahan hidup pada generasi selanjutnya. Pada proses seleksi ini dilakukan dengan mengumpulkan semua kromosom parent dan offspring dalam satu penampungan (Stonjavic et al., 2013).

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *elitism selection* yaitu memilih individu berdasarkan *popSize* terbaik dengan mengurutkan individu-individu dari nilai fitness tertinggi sampai terendah (Mahmudy et al., 2013a) Individu dengan nilai fitness yang lebih besar dibanding dengan individu yang lain merupakan kromosom terbaik dalam populasi yang mampu bertahan hidup pada generasi selanjutnya. Jumlah Individu terbaik yang bertahan hidup diambil sesuai dengan *popSize* yang telah ditentukan sebelumnya. Metode *elitism selection* akan menjamin menghasilkan individu yang terbaik dan akan selalu lolos dalam seleksi (Mahmudy, 2013b).

Hasil akhir berupa hasil seleksi individu-individu terbaik sejumlah populasi awal untuk dilanjutkan ke generasi selanjutnya. Hasil seleksi individu terbaik ditampilkan pada Gambar 3

P	P(t-1)		
P1	P3	[x2],[x3],[x4],[x1 ²]	1.023961717
P2	C3	[x1],[x2],[x4 ²]	0.970993768
P3	P1	[x3],[x4]	0.930121905
P4	C5	[x1],[x4],[x4 ²]	0.919619409
P5	P2	[x1],[x2],[x1 ²],[x4 ²]	0.910642509

Gambar 3. Seleksi

Setelah dilakukan proses seleksi, maka dilanjutkan dengan memilih kromosom terbaik yang dapat ditentukan berdasarkan nilai fitness terbesar. Pada Gambar 3, kromosom yang memiliki fitness terbesar adalah parent ke-1

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, akan dilakukan beberapa uji coba untuk mendapatkan solusi terbaik. Uji coba dilakukan dengan mencari parameter algoritma genetika yang terbaik dan menguji jumlah periode yang tepat.

4.1. Pengujian Jumlah Periode.

Pengujian periode data ini dilakukan untuk mengetahui banyaknya periode pemakaian air (dalam bulan) yang optimal berdasarkan dari hasil rata-rata fitness terbaik. Data periode pemakaian air yang digunakan dimulai dari 4 bulan kebelakang sampai 20 bulan kebelakang. Dengan menggunakan ukuran populasi yaitu 60 populasi, jumlah generasi yaitu 10 generasi, dan kombinasi *cr* dan *mr* yaitu 0.6:0.4. Untuk data yang di uji menggunakan data pemakaian air PDAM dari tahun 2008 sampai 2013. Setiap periode yang diuji akan dilakukan 10 kali percobaan. Hasil percobaan banyaknya periode ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel.2 Pengujian Banyaknya Periode

No	Banyak Periode	Rata-rata nilai fitness
1	4	89.346
2	6	89.545
3	8	97.082
4	10	97.739
5	12	90.082
6	14	58.161
7	16	49.053
8	18	34.299
9	20	27.800

Pada Tabel 2 didapatkan jumlah periode yang terbaik adalah terdapat pada jumlah periode 10 dan dengan nilai rata-rata *fitness* 97.729.

Asal	Asal	Model	Fitness
------	------	-------	---------

4.2. Pengujian Ukuran Populasi

Pengujian ukuran populasi ini bertujuan untuk mengetahui ukuran populasi yang optimal dengan mengacu dari hasil rata-rata fitness terbaik pada permasalahan prediksi kebutuhan air. Data yang digunakan dalam pengujian ukuran populasi ini sebanyak 340 data pemakaian air PDAM untuk prediksi 4 bulan kebelakang mulai tahun 2008 sampai 2013. Jumlah generasi yang dipakai adalah 2000 dengan banyak populasi kelipatan 25, mulai dari 25 popSize sampai 250 popSize. Nilai crossover rate yang digunakan adalah 0,6 dan mutation rate yang digunakan adalah 0,4. Setiap ukuran populasi yang diuji akan dilakukan 10 kali percobaan. Untuk hasil percobaan ukuran populasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Skenario Pengujian Ukuran Populasi (popSize)

Banyak PopSize	Rata-rata nilai fitness	rata-rata waktu (detik)
25	90.250	40.2
50	93.041	75.8
75	98.705	86.8
100	101.991	93
125	98.939	101.4
150	102.665	119.2
175	107.265	143.1
200	107.934	162.9
225	111.808	177.6
250	111.959	198.7

Dari hasil uji coba populasi didapatkan jumlah populasi terbaik sebanyak 225 dengan rata-rata nilai fitness yaitu 111.808. Pada percobaan dengan ukuran populasi sebanyak 125 mengalami penurunan nilai rata-rata fitness meski tidak signifikan, tetapi percobaan selanjutnya menunjukkan nilai rata-rata fitness mengalami kenaikan dikarenakan semakin banyak populasi yang dihasilkan maka peluang untuk menghasilkan generasi dengan solusi terbaik semakin besar(Mahmudy, 2013b).

4.3. Pengujian Banyaknya Generasi.

Pengujian banyaknya generasi ini dilakukan untuk mengetahui ukuran generasi yang optimal berdasarkan dari hasil rata-rata fitness terbaik. Banyak generasi yang akan dilakukan dengan kelipatan 250 mulai dari 250 generasi sampai 2000 generasi. Menggunakan hasil uji coba ukuran populasi terbaik pada pengujian sebelumnya yaitu 225 populasi, nilai crossover rate dan mutation rate yang digunakan yaitu 0.6:0.4. Untuk data yang digunakan dalam pengujian ukuran populasi ini sebanyak 340 data pemakaian kebutuhan air PDAM

untuk prediksi 4 bulan kebelakang mulai tahun 2008 sampai 2013. Setiap ukuran generasi akan dilakukan 10 percobaan. Hasil percobaan banyaknya generasi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengujian Banyaknya Generasi

No	Jumlah Generasi	Rata-rata nilai fitness
1	250	88.228
2	500	94.943
3	750	97.222
4	1000	98.745
5	1250	100.339
6	1500	105.693
7	1750	109.482
8	2000	109.840

Dari hasil uji coba generasi didapatkan penggunaan ukuran generasi terbaik adalah sebesar 1750 dengan rata-rata nilai fitness 109.482. Pada saat generasi sebesar 250 dengan rata-rata fitness 88.228 menjadi generasi terendah dikarenakan algoritma genetika belum melakukan proses secara optimal(Permatasari and Mahmudy, 2014).

4.4. Pengujian Kombinasi Crossover Rate dan Mutation Rate

Pengujian kombinasi crossover rate (cr) dan mutation rate (mr) ini dilakukan untuk mengetahui kombinasi cr dan mr yang optimal berdasarkan hasil rata-rata fitness terbaik. Pada percobaan ini kombinasi cr dan mr berjumlah 1. Dengan menggunakan ukuran populasi terbaik yang telah diuji sebelumnya yaitu 225 populasi dan jumlah generasi terbaik sesuai dengan percobaan sebelumnya yaitu 1750 generasi. Data yang digunakan dalam pengujian kombinasi cr dan mr ini sebanyak 340 data pemakaian air PDAM untuk prediksi 10 bulan kebelakang mulai tahun 2008 sampai 2013. Setiap kombinasi cr dan mr yang diuji akan dilakukan 10 kali percobaan. Hasil percobaan kombinasi cr dan mr ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 5 Hasil Uji Coba Kombinasi Crossover Rate (cr) dan Mutation Rate (mr)

Kombinasi	Rata-Rata Nilai Fitness
-----------	-------------------------

cr	Mr		Data Aktual	Prediksi dengan Regresi	Prediksi dengan Algen	Error Regresi	Error GA
			$(Y_i - Y'_i)^2$				
1	0	105.867	1606972	1613939.056	1628993.928	48539870.46	484965316
0.9	0.1	107.013	1558064	1559682.551	1543730.829	2619708.318	205439792
0.8	0.2	103.302	1773087	1765555.022	1804400.275	56730696.51	980521185.3
0.7	0.3	107.290	1658690	1652439.504	1699838.989	39068694.84	1693239282
0.6	0.4	110.252	1680750	1683713.16	1730606.593	8780319.056	2485679905
0.5	0.5	102.613	1765834	1771281.536	1728341.631	29675644.1	1405677740
0.4	0.6	109.939	1799518	1798813.23	1825805.532	496700.1629	691034331.8
0.3	0.7	103.365	1763284	1757549.303	1762365.357	32886748.63	843905.5054
0.2	0.8	106.688	1837567	1852024.338	1773967.301	209014625	4044921768
0.1	0.9	107.748	1698905	1696006.899	1797882.307	8398987.44	9796507213
0	1	106.505	1772154	1735972.362	1717332.663	1309110953	3005378952
			1732172	1759987.911	1773294.318	773724894.5	1691045051
			1694870	1717093.846	1717175.906	493899332.5	497553459.4
			1751939	1725442.68	1720383.558	702054995.6	995745931.4
			1807659	1793975.072	1717269.51	187249884.2	8170259929
			1752567	1817925.311	1763774.637	4271708789	125611116.3
			1773785	1806373.278	1732648.582	1061995843	1692204889
			1901589	1840326.386	1765789.678	3753107883	18441455811
			1858807	1834457.563	1822500.007	592895084.4	1318197719
			1825106	1807663.543	1779285.395	304239312.9	2099527821
			1869328	1879971.244	1854179.068	113278643.3	229490148.3
			1820043	1854904.558	1859285.51	1215328239	1539974627
			1780592	1786086.47	1789475.243	30189201.26	78912002.28
			1861409	1864996.847	1809906.88	12872647.42	2652468368
			1913115	1881624.33	1858277.714	991662309.1	3007127947
					Sumerror	16249530007	67333784210
					MSE	5098.945774	10379.50166
					Fitness	196.6745269	96.89929465

Pada percobaan dalam membentuk regresi non linear dengan algoritma genetika solusi terbaik yang diberikan untuk algoritma genetika yaitu pada ukuran popSize sebesar 225, generasi terbaik sebanyak 1750 generasi, kombinasi nilai crossover rate dan mutation rate terbaik yaitu 0.6 : 0.4.

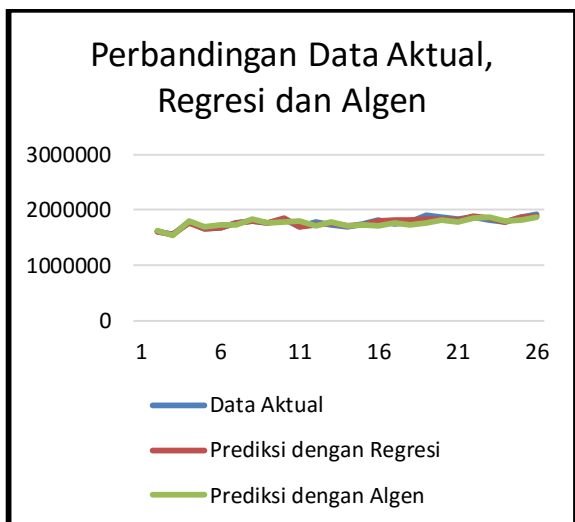
Persamaan dari model regresi non linear yang terbentuk dengan algoritma genetika ini akan dibandingkan dengan persamaan regresi non linear yang juga dapat melakukan prediksi di bulan selanjutnya.

Sampel data yang diambil untuk testing perbandingan menggunakan pemakaian selama 25 bulan. Perbandingan antara data aktual (yang sebenarnya) dengan hasil prediksi model regresi non linear dengan melibatkan semua variabel serta model regresi non linear yang dibentuk dengan algoritma genetika dapat dilihat pada Tabel 6.

Pada Tabel 6 didapatkan nilai error MSE untuk model regresi non linear yang terbentuk dengan algoritma genetika sebesar 10379.50166. Sedangkan nilai error untuk regresi non linear sebesar 5098.945774 yang tanpa melibatkan algoritma genetika, meskipun nilai error MSE yang dihasilkan dibentuk dengan algoritma genetika lebih besar namun variabel yang terlibat lebih sedikit. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah alfa yang digunakan pada proses perhitungan fitness. Apabila nilai alfa yang digunakan adalah 0 maka variabel yang dihasilkan oleh model regresi akan terlibat semua dan jika nilai alfa diperbesar maka jumlah variabel yang dihasilkan oleh model regresi akan semakin sedikit. Secara prinsip lebih sedikit variabel yang terlibat maka lebih baik (Stonjavic et al., 2013). Oleh karena itu model regresi non linear yang dibentuk dengan algoritma

Tabel 6. Detail Error Regresi dan Error Algoritma Genetika

genetika lebih baik dibandingkan dengan regresi non linear.



Gambar 4. Perbandingan Data Aktual, Regresi dan Hasil Prediksi

5. PENUTUP

Dari hasil uji coba yang dilakukan pada kasus prediksi pemakaian air PDAM menggunakan algoritma genetika untuk pemodelan regresi non linear mampu memberikan hasil yang baik. Parameter yang terdapat pada algoritma genetika memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil yang didapatkan. Uji coba untuk mendapatkan jumlah populasi yang terbaik adalah pada saat jumlah populasinya sebesar 225 dengan nilai rata-rata fitnessnya adalah 111,808. Sedangkan jumlah generasi terbaik adalah sebanyak 1750 generasi dengan nilai fitness 109,842. Dan kombinasi terbaik untuk nilai crossover rate dan mutation rate adalah 0,6 dan 0,4 dimana nilai fitness yang didapatkan sebesar 110,252. Akan tetapi pada penelitian ini nilai error yang didapatkan algoritma genetika dengan menggunakan parameter terbaik lebih besar dibandingkan nilai error yang didapatkan regresi non linear. Hal ini dikarenakan model regresi non linear yang dibentuk dengan algoritma genetika menggunakan variabel yang lebih sedikit dibandingkan dengan regresi non linear.

Pada penelitian selanjutnya hibridisasi algoritma genetika bisa dilakukan untuk menghasilkan model regresi yang lebih baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- INDONESIA, P., 2015. 7 Alasan Ini Akan Memperkuat Kamu Untuk Kuliah di Kota Malang. [Online] Available at: www.pendidikanindonesia.com [Accessed 21 Januari 2016].
- IRAWAN, DEWI, C. & CHOLISSODIN, I., 2015. Implementasi Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Pada Peramalan

Kebutuhan Air PDAM Kota Malang. DORO : Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, Volume 6, p. 11.

- KESEHATAN, D. 1990. Peraturan Menteri Kesehatan RI No 416/Menkes/Per/IX/1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.
- MAHMUDY, W. F. 2015. Dasar-Dasar Algoritma Evolusi, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang.
- MAHMUDY, W. F., MARIAN, R. M. & LUONG, L. H. S. 2013a. Modeling and optimization of part type selection and loading problems in flexible manufacturing system using real coded genetic algorithms. *International Journal of Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering*, 7, 251-260.
- MAHMUDY, W. F., MARIAN, R. M. & LUONG, L. H. S. 2013b. Real coded genetic algorithms for solving flexible job-shop scheduling problem – Part I: modeling. *Advanced Materials Research*, 701, 359-363.
- PEMERINTAHAN, B. 2015. LKPJ Tahun Anggaran 2014.
- PERMATASARI, A. I. & MAHMUDY, W. F. 2014. Pemodelan Regresi Linear dalam Konsumsi Kwh Listrik di Kota Batu Menggunakan Algoritma Genetika. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, 5.
- STONJAVIC, B., MILIVOJEVIC, M. & IVANOVIC, M. 2013. Adaptive System For Dam Behavior Modeling Based In Linear Regression And Genetic Algorithms. *IEEE*, 65, 182-190.
- SYAIFUL & ACHMAD 2012. Segudang Prestasi dan Layanan PDAM.
- YUSNANDAR 2004. Aplikasi Analisis Regresi Non Linear Model Kuadratik Terhadap Produksi Susu Kambing Peranakan Etawah (PE) Selama 90 Hari Pertama Laktasi. *Informatika Pertanian*, 13, 736-743.

OPTIMASI MODEL SEGMENTASI CITRA METODE *FUZZY DIVERGENCE* PADA CITRA LUKA KRONIS MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Ghenny Rachmansyah¹, Wayan Firdaus Mahmudy², Rizal Setya Perdana³

^{1,2,3} Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang
Email: ¹125150201111040@mail.ub.ac.id, ²wayanfm@ub.ac.id, ³rizalespe@ub.ac.id

Abstrak

Luka kronis merupakan masalah yang masih terbilang berat dalam penanganan, memerlukan ketekunan, biaya mahal, tenaga terlatih dan terampil. Proses pengkajian luka masih dilakukan secara manual, membutuhkan waktu yang cukup lama dan menghasilkan hasil yang lebih subyektif. Dengan adanya permasalahan tersebut, maka dibutuhkan sistem yang dapat membantu pengkajian luka dengan pendekatan citra digital atau dikenal dengan istilah *digital planimetry*. Fokus permasalahan yang diselesaikan hanya sebatas pada penggolongan komposisi jaringan luka dengan pendekatan segmentasi citra. Pada *task* segmentasi citra, algoritma yang digunakan yaitu *fuzzy divergence* yang dioptimasi menggunakan algoritma genetika untuk pemilihan nilai *threshold* optimal. Pada algoritma genetika, representasi kromosom berupa *real-coded*, proses reproduksi meliputi operasi *extended intermediate crossover* dan *random mutation*, serta metode seleksi elit dengan penambahan mekanisme *random injection*. Metode yang diusulkan dapat digunakan untuk mengoptimasi model segmentasi citra *multilevel thresholding* dengan meminimalkan nilai *fuzzy divergence* dengan parameter algoritma genetika; meliputi ukuran populasi sebesar 60, kombinasi ukuran *cr* dan *mr* secara berturut-turut 0.6 dan 0.4, dan ukuran generasi sebesar 100. Kemudian, berdasarkan evaluasi hasil segmentasi citra menggunakan Standar Deviasi (SD), distribusi Gamma menghasilkan hasil segmentasi yang lebih baik.

Kata kunci: luka kronis, *digital planimetry*, segmentasi citra, *fuzzy divergence*, algoritma genetika

Abstract

Chronic wounds are a problem that is still difficult in wound management, require persistence, high cost for treatment, and trained-skilled personnel. In wound management, the assessment process are still performed manually, however it's very time-consuming and produce more subjective outcomes. Given these problems, there is a need for a system that helps wound assessment with the approach in measuring wound size using digital images, known as digital planimetry. In this work, the focus only on wound tissue classification using image segmentation. In image segmentation, the algorithm used is fuzzy divergence that optimized by using genetic algorithm for selecting optimal threshold. For genetic algorithm, the representation of chromosomes is real-coded, then reproduction process using the extended intermediate crossover and random mutation, and elitism selection with the addition of random injection mechanism. The proposed method can use to optimize image segmentation multilevel thresholding by minimizing the value of fuzzy divergence with genetic algorithm parameters which includes the size of the population is 60, the combination of size Cr and Mr respectively 0.6 and 0.4, and the size of generation is 100. Then, based on the evaluation result of image segmentation using Standard Deviation (SD), found that Gamma distribution leads better segmentation as compared to others.

Keywords: chronic wounds, *digital planimetry*, image segmentation, *fuzzy divergence*, genetic algorithm

1. PENDAHULUAN

Menurut definisi dari *Centers for Medicare and Medicaid Services*, suatu luka dikatakan sebagai luka kronis (*chronic wound*), jika luka tersebut tidak sembuh dalam waktu 30 hari (Fauzi, et al., 2015). Secara global, luka kronis menjadi salah satu ancaman utama kesehatan dan ekonomi masyarakat, dimana menyebabkan depresi bagi penderita, pemisahan sosial, dan perawatannya yang membutuhkan biaya mahal (Mukherjee, et al., 2014). Tiga jenis luka yang dianggap sebagai luka kronis utama, yaitu luka kaki diabetik (*diabetic foot ulcer*), luka vena (*venous ulcer*), dan luka tekan

(*pressure ulcer*). Ketiga jenis luka kronis ini yang rentan dan memerlukan perawatan medis jangka panjang (Mukherjee, et al., 2014). Di Indonesia, luka kronis masih merupakan masalah yang masih terbilang berat dalam penanganan baik dalam perawatan maupun rehabilitasinya yang masih sukar dan memerlukan ketekunan, biaya mahal, tenaga terlatih dan terampil.

Dalam hal penanganan luka kronis, proses pengkajian luka masih dilakukan secara manual yang prosesnya membutuhkan waktu yang cukup lama dan menghasilkan suatu hasil yang lebih subyektif (Fauzi, et al., 2015). Dengan adanya permasalahan tersebut, dibutuhkan sebuah sistem yang membantu dalam pengkajian luka, meliputi

penggolongan komposisi jaringan luka, pengukuran daerah luka atau *wound size*, dan pemantauan perubahan yang terjadi pada luka. Pendekatan dalam pengukuran luka (*wound size*) menggunakan citra digital, dikenal dengan istilah *digital planimetry*, yang mengidentifikasi batas luka dan jenis jaringan luka berdasarkan citra atau gambar. Dalam penelitian kali ini, fokus permasalahan yang akan diselesaikan hanya sebatas pada penggolongan komposisi jaringan luka dengan pendekatan segmentasi citra.

Penelitian berkaitan dengan *wound assessment* yang dilakukan oleh Mukherjee et al. (2014) mengenai klasifikasi jaringan luka pada luka kronis yang meliputi granulasi (*granulation*), nekrotik (*necrotic*) dan *slough*. Pada segmentasi, digunakan metode *fuzzy divergence*, selanjutnya teknik *machine learning* digunakan untuk mengklasifikasikan jaringan luka, yaitu *Support Vector Machine* (SVM) dan *Bayesian*. Berdasarkan hasil pengujian, metode yang diusulkan menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 87.61%.

Kemudian, penelitian terkait segmentasi citra dilakukan oleh Chaira et al. (2003) yang mengusulkan teknik *thresholding* menggunakan *fuzzy divergence*. Untuk menentukan fungsi keanggotaan dari setiap nilai piksel pada citra digunakan distribusi Gamma (*Gamma distribution*). Teknik *thresholding* ini dilakukan dengan tujuan untuk memilih nilai *threshold* optimal untuk mengekstraksi objek dengan meminimumkan nilai *fuzzy divergence*. Pengujian terhadap *unilevel*, *bilevel*, dan *multilevel thresholding* menunjukkan hasil yang memuaskan. Teknik *fuzzy divergence* juga digunakan dalam task segmentasi citra medis, yaitu mikroskopis sel darah merah (Ghosh, et al., 2010; Ghosh, 2013; Jati, et al., 2015).

Penelitian terkait penggunaan algoritma evolusi dalam segmentasi citra cukup banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Manikandan et al. (2013) mengenai *multilevel thresholding* segmentasi citra MRI otak menggunakan algoritma genetika dengan representasi *real coded*.

Berdasarkan pemaparan dari penelitian sebelumnya, maka diusulkan penelitian menggunakan algoritma genetika untuk mengoptimasi nilai *threshold* pada segmentasi citra luka kronis dengan meminimumkan nilai *fuzzy divergence*. Dengan demikian, metode yang diusulkan diharapkan dapat digunakan dan dikembangkan lebih lanjut dalam *task* pengukuran daerah luka berdasarkan penggolongan komposisi jaringan luka dengan penilaian yang lebih akurat.

2. RUANG LINGKUP PERMASALAHAN

Untuk menghindari dari melebarnya permasalahan, maka ruang lingkup permasalahan yang coba diselesaikan adalah sebagai berikut:

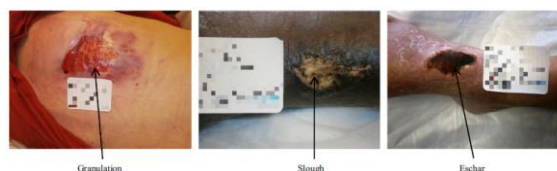
1. Data yang digunakan merupakan data citra luka sekunder yang diperoleh dari Medetec Wound Database (<http://www.medetec.co.uk>).
2. Untuk data citra luka yang digunakan, daerah luka yang akan disegmentasi, terdiri dari 3 sampai 4 komposisi jaringan, yaitu granulasi (*granulation*), nekrotik (*necrotic*), *slough*, dan epitelialisasi.
3. Pada teknik *thresholding fuzzy divergence*, fungsi keanggotaan dari setiap piksel citra digunakan distribusi Gamma, Gaussian, dan Cauchy.
4. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma genetika untuk meminimumkan nilai *fuzzy divergence*.

3. DASAR TEORI

3.1 Luka Kronis (*Chronic Wounds*)

Menurut definisi dari *Centers for Medicare and Medicaid Services*, suatu luka dikatakan sebagai luka kronis (*chronic wound*), jika luka tersebut tidak sembuh dalam waktu 30 hari (Fauzi, et al., 2015). Luka kronis merupakan sebuah luka yang tidak melanjutkan proses reparatif secara tertib dan berkala untuk menghasilkan integritas anatomi dan fungsional dari luka tersebut, umumnya tidak sembuh selama lebih dari 6 minggu. Penyembuhan juga mungkin tertunda jika perawatan yang tepat tidak diberikan berdasarkan diagnosis yang akurat (Mukherjee, et al., 2014).

Sebuah luka menunjukkan struktur yang kompleks dan mungkin terdiri dari berbagai jenis jaringan luka (*wound tissue*), seperti granulasi (*granulation*), *slough*, *eschar* atau nekrotik (*necrotic*), epitelisasi (*epithelialization*), tulang, tendon, dan pembuluh darah, masing-masing dengan karakteristik warna dan tekstur yang berbeda (Fauzi, et al., 2015; Mukherjee, et al., 2014). Sedangkan jenis jaringan yang paling sering terlihat dalam suatu luka, yaitu granulasi, *slough*, dan *eschar* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Jenis Jaringan Luka (*Wound Tissue*)
Sumber: Fauzi, et al. (2015)

3.2 Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan *task* dan proses mendasar dalam *computer vision* dan aplikasi pemrosesan citra (Ren, 2009; Wei, 2010). Segmentasi citra merujuk pada prosedur untuk membagi atau menggolongkan citra menjadi beberapa segmen, *region* atau objek sesuai dengan kesamaan karakteristik atau fitur, seperti warna, tekstur, dan kecerahan (Jati, et al., 2015; Muppidi, et

al., 2015; Pare, et al., 2015). Segmentasi juga biasa digunakan untuk mengidentifikasi *region of interest* (ROI) atau informasi lain yang relevan dalam citra digital (Salavati, 2015). Dalam aplikasinya, segmentasi banyak digunakan dalam pengolahan dan analisis citra pada citra medis (Jati, et al., 2015), seperti citra retina (Putra, 2010), citra CT kepala (head CT image); MRI otak (Wei, 2010; Manikandan, et al., 2013), citra mikroskopis sel darah merah (Ghosh, et al., 2010; Ghosh, 2013), dan citra luka kronis (Mukherjee, et al., 2014; Fauzi, et al., 2015).

3.3 Image Thresholding Fuzzy Divergence

Metode yang populer, efektif, dan tergolong sederhana jika dibandingkan dengan metode lainnya, yaitu metode *thresholding* yang membagi atau memisahkan citra menjadi beberapa segmen berdasarkan nilai *threshold* (Hammouche, 2007; Ren, 2009; Manikandan, et al., 2013; Sridevi, et al., 2014; Pare, et al., 2015; Salavati, 2015).

Sebuah metode baru *image thresholding* diusulkan yaitu mengenai penggunaan metode *fuzzy divergence* untuk segmentasi citra (Chaira, 2003; Ghosh, et al., 2010; Bhatia, 2013; Ghosh, 2013; Jati, et al., 2015). Suatu teori himpunan *fuzzy* digunakan pada *image thresholding* untuk memisahkan atau membagi citra ke dalam beberapa segmen atau daerah (Chaira, 2003; Bhatia, 2013). Penerapan *fuzzy* pada pemrosesan citra dikarenakan beberapa alasan, seperti *imprecision* dari *graylevel* suatu citra; ambiguitas dari beberapa definisi, seperti batas atau *boundary* antar daerah (*region*) suatu citra.

3.3.1 Fuzzy Image dan Fungsi Keanggotaan

Misalkan A adalah sebuah citra dengan ukuran $M \times N$ dengan L gray level, maka kombinasi antara nilai dari gray level dan keanggotaan $\mu(f_{ij})$ dari piksel (i,j) didefinisikan pada Persamaan (1) berikut (Chaira, 2003; Ghosh, et al., 2010; Bhatia, 2013; Ghosh, 2013; Jati, et al., 2015).

$$A = \{f_{ij}, \mu(f_{ij})\}, \forall f_{ij} \in A; \text{dimana } 0 \leq \mu(f_{ij}) \leq 1 \quad (1)$$

Kemudian, untuk nilai *threshold* t yang akan membagi citra menjadi objek dan *background*. Nilai rata-rata (*mean*) *gray level* dari *background* (μ_0) dan objek (μ_1) didefinisikan pada Persamaan (2) berikut (Chaira, 2003; Ghosh, et al., 2010; Bhatia, 2013; Ghosh, 2013).

$$\mu_0 = \frac{\sum_{f=0}^t f \cdot \text{count}(f)}{\sum_{f=0}^t \text{count}(f)}; \mu_1 = \frac{\sum_{f=t+1}^{L-1} f \cdot \text{count}(f)}{\sum_{f=t+1}^{L-1} \text{count}(f)} \quad (2)$$

Untuk nilai keanggotaan dari tiap piksel ditentukan menggunakan distribusi Gamma, Gaussian, dan Cauchy yang akan dijelaskan pada sub-bab berikut.

3.3.2 Distribusi Gamma

Secara umum, fungsi distribusi Gamma didefinisikan pada Persamaan (3) berikut (Chaira, 2003; Ghosh, et al., 2010; Bhatia, 2013; Ghosh, 2013; Jati, et al., 2015).

$$f(x) = \frac{\left(\frac{x-v}{\beta}\right)^{\gamma-1} \exp\left(-\frac{x-v}{\beta}\right)}{\Gamma(\gamma)}, x \geq v, \gamma, \beta > 0 \quad (3)$$

Dimana γ adalah parameter *shape*, v adalah parameter lokasi, β adalah parameter *scale* dan Γ adalah fungsi Gamma yang didefinisikan Persamaan (4) berikut.

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} u^{\gamma-1} e^{-u} du \quad (4)$$

Kemudian pada kasus $v = 0$ dan $\beta = 1$, maka distribusi Gamma didefinisikan pada Persamaan (5) berikut yang dikenal dengan standar distribusi Gamma.

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} \exp(-x)}{\Gamma(\gamma)}, x \geq 0, \gamma > 0 \quad (5)$$

Pada kasus $v \neq 0$ dan $\beta = 1$ dan $\gamma = 1$, maka distribusi Gamma didefinisikan pada Persamaan (6) berikut.

$$f(x) = \exp(-(x-v)) \quad (6)$$

Dari Persamaan (6), maka fungsi keanggotaan $\mu(f_{ij})$ untuk daerah objek dan *background* dihitung menggunakan Persamaan (7) berikut.

$$f(x) = \begin{cases} \exp(-c \cdot |f_{ij} - \mu_0|) & \text{jika } f_{ij} \leq t, \text{ untuk } \textit{background} \\ \exp(-c \cdot |f_{ij} - \mu_1|) & \text{jika } f_{ij} > t, \text{ untuk } \textit{objek} \end{cases} \quad (7)$$

Dimana t adalah sembarang nilai *threshold* dan konstanta c digunakan agar nilai keanggotaan tetap pada *range* $[0,1]$ yang didefinisikan pada Persamaan (8) berikut.

$$c = \frac{1}{(f_{\max} - f_{\min})} \quad (8)$$

dimana f_{\max} dan f_{\min} adalah nilai maksimum dan minimum *gray level* dari citra.

3.3.3 Distribusi Gaussian

Secara umum, fungsi distribusi Gaussian didefinisikan pada Persamaan (9) berikut (Ghosh, et al., 2010; Jati, et al., 2015).

$$f(x) = \exp\left(-\frac{(x-b)^2}{2\sigma^2}\right), x \geq b, \sigma > 0 \quad (9)$$

Dimana σ adalah parameter *scale* dan b adalah parameter lokasi. Pada kasus $\sigma = 1$, maka fungsi keanggotaan $\mu(f_{ij})$ untuk daerah objek dan *background* dihitung menggunakan Persamaan (10) berikut.

$$f(x) = \begin{cases} \exp(-A \cdot |f_{ij} - \mu_0|) & \text{jika } f_{ij} \leq t, \text{ untuk } \textit{background} \\ \exp(-A \cdot |f_{ij} - \mu_1|) & \text{jika } f_{ij} > t, \text{ untuk } \textit{objek} \end{cases} \quad (10)$$

Dimana t adalah sembarang nilai *threshold* dan konstanta A didefinisikan sebagai $c/2$.

3.3.4 Distribusi Cauchy

Secara umum, fungsi distribusi Cauchy didefinisikan pada Persamaan (11) berikut (Ghosh, et al., 2010; Ghosh, 2013; Jati, et al., 2015).

$$f(x, x_0, \gamma) = \frac{1}{\pi\gamma\left[1 + \left(\frac{x-x_0}{\gamma}\right)^2\right]}, x > x_0, \gamma > 0 \quad (11)$$

Dimana γ adalah parameter *scale* dan x_0 adalah parameter lokasi. Pada kasus $\gamma = 1$, maka fungsi keanggotaan $\mu(f_{ij})$ untuk daerah objek dan

background dihitung menggunakan Persamaan (12) berikut.

$$f(x) = \begin{cases} B \left[\frac{1}{1+(f_{ij}-\mu_0)^2} \right] & \text{jika } f_{ij} \leq t, \text{ untuk background} \\ B \left[\frac{1}{1+(f_{ij}-\mu_1)^2} \right] & \text{jika } f_{ij} > t, \text{ untuk objek} \end{cases} \quad (12)$$

Dimana t adalah sembarang nilai *threshold* dan konstanta B didefinisikan sebagai c/π .

3.3.5 Fuzzy Divergence

Sebuah citra A dengan ukuran $M \times M$ dengan L graylevel, maka *fuzzy entropy* dari citra A didefinisikan sebagai berikut (Chaira, 2003; Ghosh, et al., 2010; Mukherjee, et al., 2014).

$$H(A) = \frac{1}{n(\sqrt{e}-1)} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} [(\mu_A f_{ij}) \cdot e^{1-\mu_A f_{ij}} + (1-\mu_A f_{ij}) \cdot e^{\mu_A f_{ij}} - 1] \quad (13)$$

Dimana $n = M^2$ dan $i, j = 0, 1, 2, \dots, (M-1)$, $\mu_A f_{ij}$ adalah nilai keanggotaan piksel ke (i, j) dari citra A .

Untuk 2 citra, yaitu A dan B , informasi diskriminasi antara $\mu_A f_{ij}$ dan $\mu_B f_{ij}$ dari kedua citra tersebut didefinisikan sebagai berikut (Chaira, 2003; Ghosh, et al., 2010; Mukherjee, et al., 2014).

$$e^{\mu_A f_{ij}} / e^{\mu_B f_{ij}} = e^{\mu_A f_{ij} - \mu_B f_{ij}}$$

Diskriminasi antara citra A dan B ; sebaliknya diskriminasi antara citra B dan A didefinisikan pada Persamaan (15) berikut (Chaira, 2003; Ghosh, et al., 2010; Mukherjee, et al., 2014).

$$D_1(A, B) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} [1 - ((1 - \mu_A f_{ij}) \cdot e^{\mu_A f_{ij} - \mu_B f_{ij}}) - (\mu_A f_{ij} \cdot e^{\mu_B f_{ij} - \mu_A f_{ij}})]$$

$$D_2(B, A) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} [1 - ((1 - \mu_B f_{ij}) \cdot e^{\mu_B f_{ij} - \mu_A f_{ij}}) - (\mu_B f_{ij} \cdot e^{\mu_A f_{ij} - \mu_B f_{ij}})] \quad (15)$$

Jadi, total *fuzzy divergence* antara citra A dan B adalah sebagai berikut.

$$D(A, B) = D_1(A, B) + D_2(A, B)$$

$$= \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} [2 - ((1 - \mu_A f_{ij} + \mu_B f_{ij}) \cdot e^{\mu_A f_{ij} - \mu_B f_{ij}}) - (1 - \mu_B f_{ij} + \mu_A f_{ij}) \cdot e^{\mu_B f_{ij} - \mu_A f_{ij}}] \quad (16)$$

3.4 Algoritma Genetika

Dalam menyelesaikan suatu masalah, tiap alternatif solusi harus dipetakan dalam bentuk kromosom (*chromosome*) yang tersusun atas sejumlah gen yang merepresentasikan sejumlah variabel keputusan yang digunakan dalam solusi tersebut. Tiap solusi akan dievaluasi dengan fungsi *fitness*. Algoritma genetika dengan mekanisme penurunan sifat dan seleksi alam akan menghasilkan sebuah solusi dengan kromosom terbaik setelah generasi ke- n . Kromosom yang merepresentasikan sebuah solusi atau individu harus diuraikan (*decoding*) menjadi solusi yang diharapkan (Ren, 2009; Wei, 2010; Mahmudy, 2014; Wijayaningrum & Mahmudy, 2016, Salavati, 2015).

Secara umum, algoritma genetika memiliki 5 komponen berikut (Manikandan, et al., 2013):

- 1) Sebuah representasi dari solusi untuk suatu permasalahan tertentu.




- 2) Sebuah mekanisme untuk menginisialisasi populasi yang merepresentasikan beberapa alternatif solusi.
- 3) Fungsi evaluasi untuk mengevaluasi dan mengukur seberapa baik sebuah individu atau solusi, kaitannya dengan nilai *fitness* sebuah individu.
- 4) Mekanisme seleksi induk dan operator genetika atau reproduksi yang meliputi *crossover* dan mutasi.
- 5) Nilai untuk parameter algoritma genetika.

4. METODOLOGI DAN PERANCANGAN

4.1 Data Penelitian

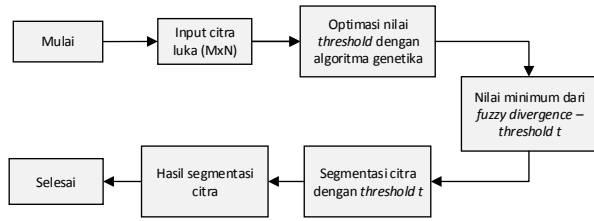
Data terdiri dari data citra luka kronis yang terdiri dari luka venous dan arterial, luka penderita diabetes (*diabetic ulcer*), dan luka tekan (*pressure ulcer*) dengan format citra berupa JPEG (.jpg) dengan resolusi 96 dpi dan dimensi sebesar 560x367 piksel yang diperoleh dari *Medetec Wound Database* (<http://www.medetec.co.uk>). Sampel data citra disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel Data Citra Luka Kronis

(14)No.	Citra	(16)Jenis Luka	Komposisi Jaringan Luka
1		Venous dan arterial ulcer	Granulasi, Slough
2		Venous dan arterial ulcer	Granulasi, Slough, Epitelialisasi
3		Luka Tekan (Pressure ulcer)	Granulasi, Slough

4.2 Alur Sistem

Sistem yang akan dikembangkan bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan pada penggolongan komposisi jaringan luka berdasarkan citra luka menggunakan metode segmentasi citra *fuzzy divergence*. Pada kasus *multilevel thresholding* hasil segmentasi akan tergantung pada pemilihan nilai *threshold* yang merupakan permasalahan optimasi untuk mendapatkan solusi, berupa nilai optimal *threshold*. Penambahan algoritma genetika digunakan untuk mengoptimasi model segmentasi *fuzzy divergence*. Alur sistem secara keseluruhan digambarkan pada skema berikut (Gambar 2).

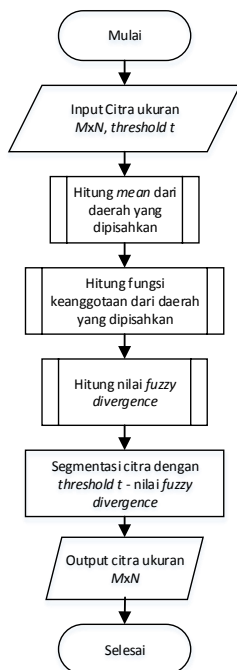


Gambar 2. Alur Sistem

4.3 Segmentasi Citra Fuzzy Divergence

Penyelesaian segmentasi citra menggunakan *fuzzy divergence* dijelaskan pada diagram alur sebagai berikut (Gambar 3). Pada *image thresholding*, nilai keanggotaan dari citra *A* yang sudah disegmentasi dengan *threshold t* dibandingkan dengan suatu citra yang secara ideal tersegmentasi yang didefinisikan sebagai citra dengan sejumlah daerah atau *region* yang secara total termasuk bagian dari masing-masing daerah yang terbentuk. Dengan kata lain, keanggotaan dari citra *B* untuk tiap pikselnya pada tiap daerah atau *region* sama dengan 1, sehingga didapatkan nilai total *fuzzy divergence*. Persamaan (16) yang mendefinisikan nilai total *fuzzy divergence* diubah menjadi Persamaan (17) berikut.

$$D(A, B) = D_1(A, B) + D_2(A, B) \\ = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} [2 - ((2 - \mu_{Af_{ij}}) \cdot e^{\mu_{Af_{ij}} - 1}) - (\mu_{Af_{ij}}) \cdot e^{1 - \mu_{Af_{ij}}}] \quad (17)$$



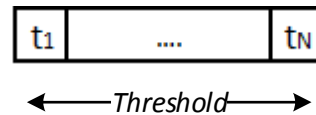
Gambar 3. Diagram Alur Segmentasi Citra Fuzzy Divergence

4.4 Algoritma Genetika

Pada *multilevel thresholding* dengan level *n*, maka untuk mendapatkan nilai *threshold* yang optimal, dibutuhkan sebuah pendekatan *exhaustive search* yang memungkinkan sejumlah kombinasi nilai *threshold* sebesar $n(L-n+1)^{n-1}$ kemungkinan

untuk mengevaluasi nilai *threshold* (Ayala, et al., 2014). Dalam hal ini, digunakan algoritma genetika untuk mengoptimasi nilai *multilevel threshold* pada segmentasi citra luka dengan meminimalkan nilai *fuzzy divergence*.

Kromosom tersusun atas gen yang dibangkitkan secara acak dalam rentang [0, 1] yang merepresentasikan fitur warna citra dengan panjang gen kromosom sebesar *n*, tergantung pada jumlah nilai *threshold t* yang digunakan untuk memisahkan daerah pada citra *A* menjadi *t+1* daerah. Ilustrasi representasi kromosom ditunjukkan pada Gambar 4.



Dimana $t_n < t_{n+1}$

Gambar 4. Representasi Kromosom

Kemudian, untuk perhitungan *fitness* dihitung menggunakan metode segmentasi citra *fuzzy divergence* untuk mencari nilai *fuzzy divergence* minimum (Persamaan 17). Dalam permasalahan ini, tujuan yang ingin dicapai yaitu meminimalkan fungsi *fuzzy divergence* (*D*), maka perhitungan *fitness* untuk permasalahan minimasi dihitung menggunakan Persamaan (18) Sehingga semakin kecil nilai *D*, maka semakin besar nilai *fitness*.

$$Fitness = \frac{100}{D} \quad (18)$$

Proses reproduksi meliputi operasi *extended intermediate crossover* dan *random mutation* (Mahmudy, et al., 2013, Mahmudy & Rahman, 2011). Kemudian, mekanisme seleksi menggunakan metode seleksi *elitism* yang hanya memilih (*popSize-n*) individu terbaik, sedangkan *n* individu merupakan individu baru yang ditambahkan untuk menjaga keragaman individu dalam populasi dan juga untuk menghindari konvergensi dini atau dikenal dengan mekanisme *random injection*. Secara keseluruhan algoritma genetika digambarkan sebagai berikut (Gambar 5).

```

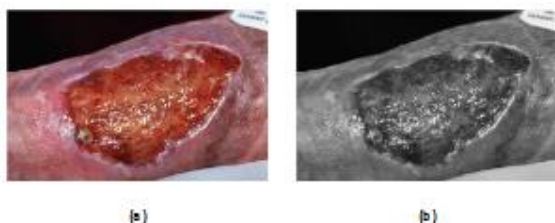
prosedur AlgoritmaGenetika
Mulai
  Inisialisasi parameter GA
  Inisialisasi Populasi P(t) sebanyak
  n individu
  t = 0
  While (bukan kondisi berhenti) lakukan
    Reproduksi(Crossover dan Mutasi):
    offspring C(t) dari P(t)
    Evaluasi nilai fitness tiap kromosom
    P(t) dan C(t)
    Seleksi P(t+1) dari P(t) dan C(t) - n
    Generate individu sebanyak n
    t = t + 1
  akhiri perulangan
Selesai
    
```

Gambar 5. Pseudocode Algoritma Genetika

5. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengujian Algoritma Genetika

Pengujian algoritma genetika yang meliputi pengujian ukuran populasi (*popSize*), pengujian ukuran generasi, dan pengujian kombinasi ukuran *crossover rate* dan *mutation rate*. Pengujian algoritma menggunakan citra *A* dengan ukuran 560×367 (Gambar 6) dengan 5 daerah atau segmen.



Gambar 6. Citra Uji
(a) Citra Uji *A*, (b) Citra Uji *A'* dalam Representasi *Grayscale*

5.1.1 Pengujian dan Analisis Ukuran Populasi

Pengujian ukuran populasi, dilakukan mulai dari ukuran 20 sampai 100 dengan kelipatan 20. Kemudian, dilakukan pada generasi 50 dan kombinasi ukuran *crossover rate* dan *mutation rate*, sebesar 0.6 dan 0.4. Setiap pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dan dihitung rata-rata nilai *fitness*-nya.

Pada grafik (Gambar 7) dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran populasi, maka nilai rata-rata *fitness* juga semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa dengan ukuran populasi yang semakin besar, semakin beragam pula variasi individu yang dihasilkan dan semakin besar pula kemungkinan untuk mendapatkan solusi terbaik. Namun, tidak menutup kemungkinan pula bahwa nilai rata-rata *fitness* dapat berubah. Pada percobaan di atas, dapat disimpulkan bahwa jumlah atau ukuran populasi yang menghasilkan solusi mendekati optimal, yaitu 60. Ukuran populasi lebih besar dari 60 menghasilkan nilai *fitness* yang cenderung naik, tetapi dengan selisih yang tidak signifikan.

5.1.2 Pengujian dan Analisis Ukuran *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*

Pengujian kombinasi ukuran *crossover rate* dan *mutation rate* dilakukan pada ukuran populasi sebesar 60 dan generasi 50. Pada pengujian nilai *cr* dan *mr* digunakan rentang nilai 0,1 sampai 0,9. Setiap pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dan dihitung rata-rata nilai *fitness*-nya.

Pada grafik (Gambar 8) dapat dilihat bahwa kombinasi ukuran *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*) sangat mempengaruhi rata-rata nilai *fitness* kaitannya dengan kemampuan eksplorasi dan eksploitasi yang seimbang [17]. Dalam grafik (Gambar 8) dapat dilihat, jika nilai *cr* dan *mr* yang digunakan terlalu rendah, maka rata-rata *fitness* yang dihasilkan pun tidak menghasilkan solusi yang lebih

baik. Pada percobaan di atas, dapat disimpulkan bahwa kombinasi untuk nilai *cr* dan *mr* yang menghasilkan solusi mendekati optimal, yaitu 0.6 dan 0.4.

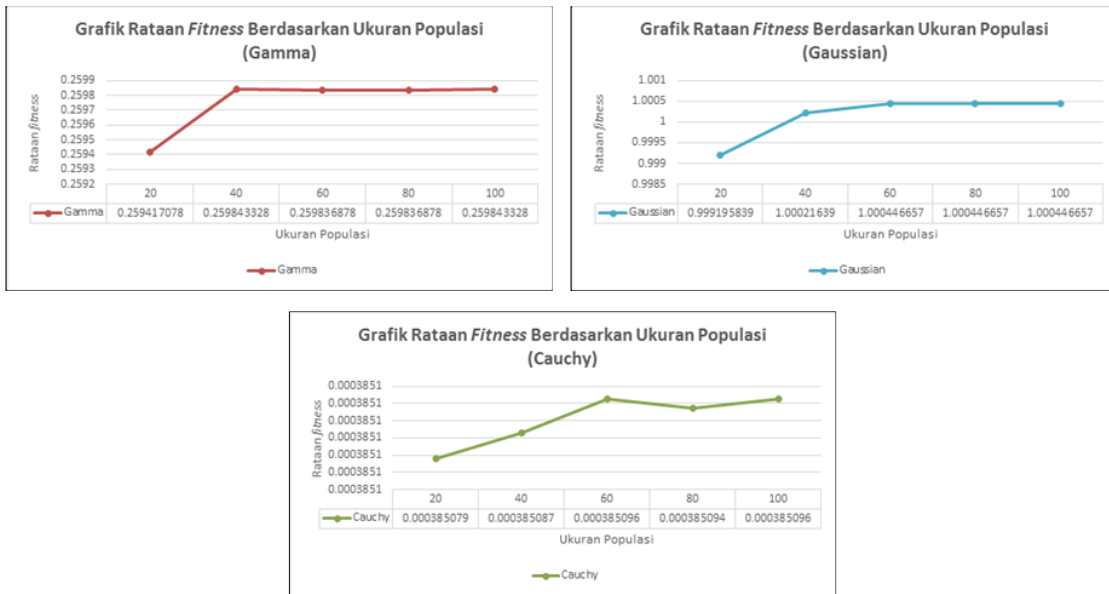
5.1.3 Pengujian dan Analisis Ukuran Generasi

Pengujian dilakukan mulai dari ukuran 25 sampai 150 dengan kelipatan 25. Setiap pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dan dihitung rata-rata nilai *fitness*-nya. Pada grafik (Gambar 9) dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran generasi, maka nilai rata-rata *fitness* juga semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran generasi sangat berpengaruh pada rata-rata *fitness* yang dihasilkan karena semakin beragam pula variasi individu yang dihasilkan. Selain itu, dengan besarnya ukuran generasi, maka ruang pencarian atau eksplorasi algoritma genetika semakin luas. Pada grafik dapat dilihat bahwa pada generasi 50 dan 75, nilai rata-rata *fitness* cenderung stabil, walaupun terdapat sedikit peningkatan dan penurunan. Pada percobaan di atas, dapat disimpulkan bahwa jumlah atau ukuran generasi yang menghasilkan solusi mendekati optimal, yaitu 100. Ukuran populasi yang terlalu besar juga akan berpengaruh pada waktu komputasi yang semakin lama. Ukuran generasi lebih besar dari 100 menghasilkan nilai *fitness* yang tetap, kondisi ini disebut dengan konvergensi.

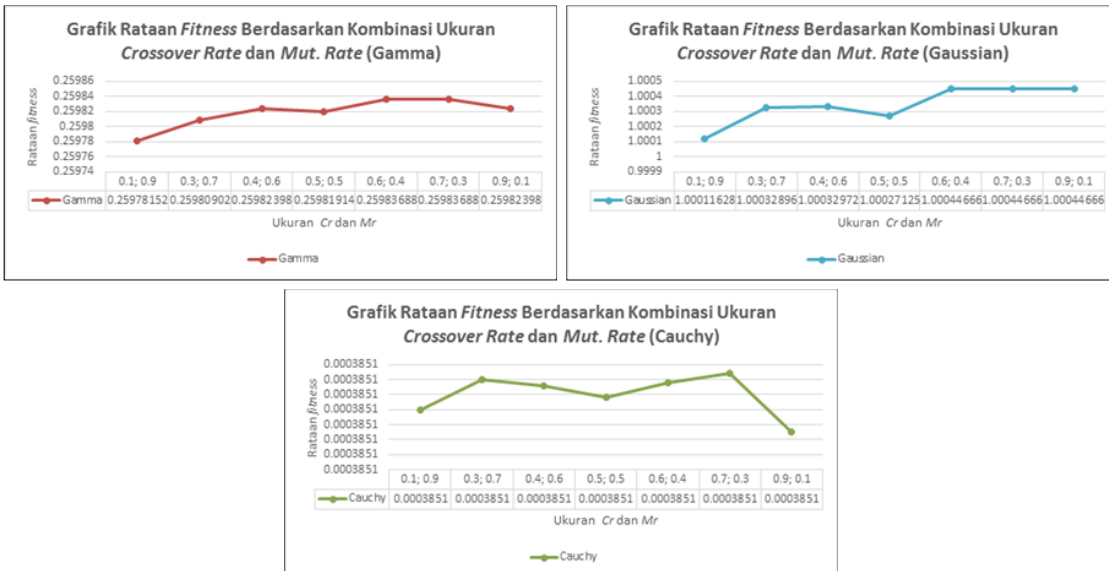
5.2 Hasil Segmentasi *Fuzzy Divergence*

Berdasarkan parameter algoritma genetika terbaik, meliputi ukuran populasi = 60, jumlah generasi = 100, dan kombinasi nilai *cr* dan *mr* secara berturut-turut 0.6 dan 0.4, kemudian diterapkan *multilevel thresholding* untuk memisahkan daerah pada citra *A* (Gambar 5) menjadi 5 daerah atau segmen. Dari hasil *decoding* kromosom dari individu terbaik, maka berikut merupakan hasil citra output *A'* yang sudah tersegmentasi ditunjukkan pada Gambar 10.

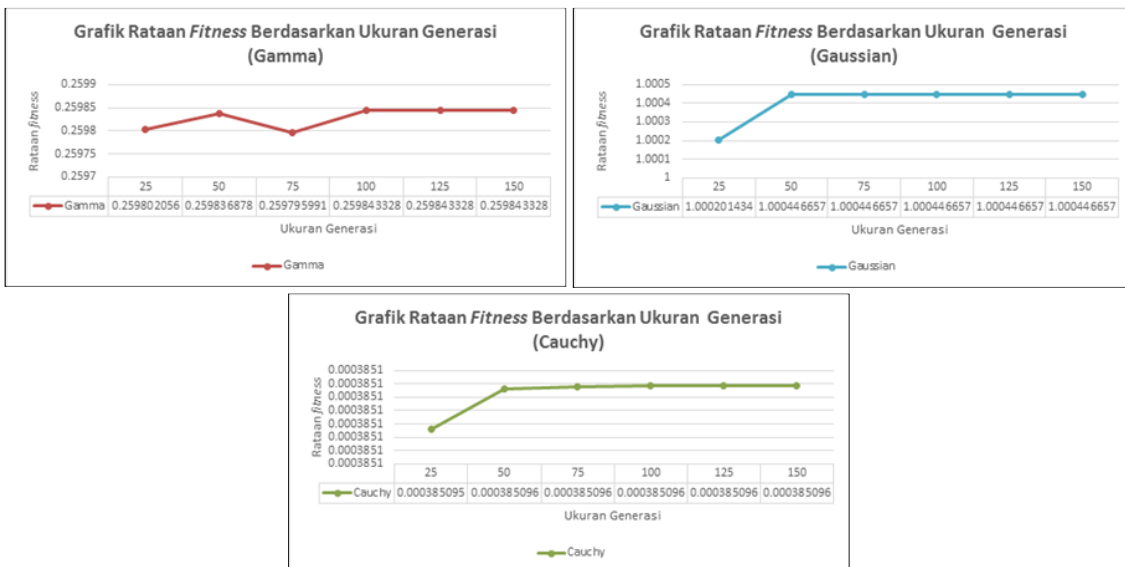
Berdasarkan solusi terbaik algoritma genetika, hasil segmentasi *fuzzy divergence* (Gambar 10) yang dihasilkan masih belum bisa memisahkan atau menggolongkan komposisi jaringan luka. Hal ini terjadi disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya representasi warna yang digunakan pada citra. Representasi warna yang digunakan akan berpengaruh pada nilai piksel atau fitur yang akan dipisahkan atau disegmentasi menjadi beberapa segmen. Kemudian, luka kronis juga merupakan objek yang sulit untuk dipisahkan, terutama untuk daerah luka dan daerah non-luka yang memiliki komposisi warna yang hampir sama. Untuk menggolongkan komposisi jaringan luka, perlu ditambahkan sebuah metode atau mekanisme yang memisahkan daerah luka dan daerah non-luka terlebih dahulu. Namun, secara umum sistem dapat menghasilkan solusi berupa nilai *threshold* optimal dengan parameter nilai minimum *fuzzy divergence*.



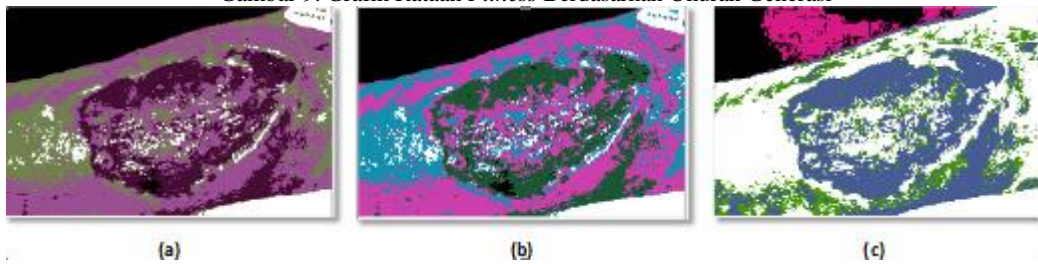
Gambar 7. Grafik Rataan *Fitness* Berdasarkan Ukuran Populasi



Gambar 8. Grafik Rataan *Fitness* Berdasarkan Kombinasi Ukuran Cr dan Mr



Gambar 9. Grafik Rataan *Fitness* Berdasarkan Ukuran Generasi



Gambar 10. Hasil Segmentasi Citra Berdasarkan Parameter Algoritma Genetika Terbaik

(a) Citra Output (Distribusi Gamma), (b) Citra Output (Distribusi Gaussian), Citra Output (Distribusi Cauchy)

5.3 Pengujian Segmentasi *Fuzzy Divergence*

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai pengujian terkait hasil segmentasi citra menggunakan *fuzzy divergence*. Berdasarkan parameter algoritma genetika terbaik, akan dilakukan pengujian terhadap distribusi yang digunakan untuk membentuk fungsi keanggotaan citra, meliputi distribusi Gamma, Gaussian, dan Cauchy. Hasil pengujian segmentasi citra ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Segmentasi Citra

Citra	Level	Nilai Threshold			Standar Dev.		
		Gamma	Gaussian	Cauchy	Gamma	Gaussian	Cauchy
1	4	[37,84, 118,164]	[37,84, 119,165]	[7,10, 95,106]	10.5166	10.6122	18.4893
	5	[34,76, 102,128,169]	[34,76, 102,129,170]	[7,11, 93,104,111]	8.64575	8.67325	16.1324
2	4	[93,127, 161,197]	[92,126, 160,197]	[128,144, 153,164]	10.9543	10.9645	16.0843
3	3	[83,122, 167]	[83,122, 168]	[99,130, 143]	13.4982	13.5247	15.2643
	4	[80,116, 152,194]	[80,116, 153,195]	[102,122, 131,144]	11.4773	11.4954	27.236
4	4	[53,98, 136,199]	[54,98, 136,199]	[116,128, 135,249]	12.314	12.3106	19.9752

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa nilai *threshold* yang dihasilkan antara distribusi Gamma dan Gaussian hampir sama. Kemudian, evaluasi dilakukan dengan membandingkan nilai standar deviasi terhadap hasil segmentasi citra yang dihasilkan berdasarkan nilai *threshold* untuk tiap distribusi yang digunakan dalam pembentukan *fuzzy image*. Hasil evaluasi terhadap standar deviasi menunjukkan bahwa distribusi Gamma menghasilkan *output* citra dengan standar deviasi minimum dibandingkan dengan distribusi lainnya.

5.4 Perbandingan Hasil Segmentasi Citra

Luka kronis merupakan objek yang sulit untuk dipisahkan, terutama untuk daerah luka dan daerah non-luka. Untuk menguji algoritma yang diusulkan, maka pada sub-bab ini akan dibahas mengenai perbandingan hasil segmentasi citra yang dilakukan pada citra *Lena* dengan ukuran 512×512 , diterapkan *multilevel thresholding* untuk memisahkan citra menjadi 5 daerah atau segmen. Perbandingan dilakukan antara algoritma yang diusulkan dengan Otsu-GASA (*Genetic Algorithm Simulated Annealing*) [12] dan Otsu-EMO (*Electromagnetism*

Optimization) [20] terhadap citra *Lena*. Hasil perbandingan segmentasi citra ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Segmentasi Citra

	Otsu-GASA	Otsu-EMO	Fuzzy Divergence-GA
Threshold	[74, 112, 157, 186]	[73, 112, 144, 179]	[73, 111, 142, 177]
Standard Deviation	10.696	9.776	9.553
Citra Output			

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa nilai *threshold* yang dihasilkan dengan menggunakan algoritma *fuzzy divergence-GA* menghasilkan citra *output* dengan standar deviasi minimum dibandingkan dengan metode pembanding. Jadi, dapat disimpulkan bahwa secara umum algoritma yang diusulkan dapat digunakan untuk mengoptimasi model segmentasi citra *multilevel thresholding* dengan meminimalkan nilai *fuzzy divergence*.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis dari implementasi algoritma genetika untuk optimasi model segmentasi citra metode *fuzzy divergence* pada citra luka kronis, maka disimpulkan bahwa algoritma genetika dapat digunakan untuk mengoptimasi model segmentasi citra *multilevel thresholding* dengan meminimalkan nilai *fuzzy divergence*. Pengujian algoritma genetika menghasilkan parameter-parameter terbaik yang menghasilkan solusi mendekati optimal. Parameter algoritma genetika, meliputi ukuran populasi sebesar 60, kombinasi ukuran *cr* dan *mr* secara berturut-turut 0.6 dan 0.4, dan ukuran generasi sebesar 100.

Pengujian segmentasi *fuzzy divergence* menghasilkan model berupa distribusi yang digunakan untuk membentuk fungsi keanggotaan citra atau *fuzzy image*, yaitu distribusi Gamma. Hasil segmentasi citra *fuzzy divergence* masih terlihat kurang baik dalam penggolongan komposisi jaringan luka pada luka kronis. Hal ini disebabkan, luka kronis merupakan objek yang cukup kompleks untuk dipisahkan, terutama untuk daerah luka dan daerah non-luka yang memiliki komposisi warna yang hampir sama. Diperlukan sebuah metode atau

mekanisme untuk memisahkan daerah luka dan daerah non-luka.

Algoritma yang diusulkan masih perlu dikembangkan lebih lanjut, sehingga dapat lebih baik dalam *task* pengukuran daerah luka berdasarkan penggolongan komposisi jaringan luka dengan penilaian yang lebih akurat. Terlihat bahwa hasil yang dihasilkan kurang maksimal, karena pada penelitian ini belum diterapkan *treatment* khusus pada citra sebelum disegmentasi. Untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut, perlu ditambahkan perlakuan atau *treatment* pada citra. Kemudian, kaitannya dengan penggolongan komposisi jaringan luka, perlu ditambahkan metode atau mekanisme untuk memisahkan daerah luka dan daerah non-luka terlebih dahulu. Pemilihan representasi warna dalam segmentasi citra metode *thresholding* juga sangat berpengaruh pada hasil segmentasi yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayala, Helon Vicente H., Santos, Fernando Marins., Mariani, Viviana Cocco., Coelho, Leandro dos Santos. (2015). Image thresholding segmentation based on a novel beta differential evolution approach. *IJ.Expert Systems with Applications*, 42(4), 2136-2142.
- Bhatia, P K., Singh, Surender. (2013). A New Measure of Fuzzy Directed Divergence and Its Application in Image Segmentation. *I.J. Intelligent Systems and Applications*, 4, 81-89.
- Chaira, T., Ray, A K. (2003). Segmentation using fuzzy divergence. *Elsevier Pattern Recognition Letters*, 24, 1837-1844.
- Fauzi, Muhammad Faizal Ahmad., Khansa, Ibrahim., Catignani, Karen., Gordillo, Gayle., Sen, Chandan K., Gurcan, Metin N. (2015). Computerized segmentation and measurement of chronic wound images. *Elsevier Computers in Biology and Medicine*, 60, 74-85.
- Ghosh, Madhumala., Das, Devkumar., Chakraborty, C., Ray, A K. (2010). Automated leukocyte recognition using fuzzy divergence. *Elsevier Micron*, 41, 840-846.
- Ghosh, Madhumala., Chakraborty, C., Ray, A K. (2013). Yager's measure based fuzzy divergence for microscopic color image segmentation. *Indian Conference on Medical Informatics and Telemedicine (ICMIT)*, 13-16.
- Hammouche, Kamal., Diaf, Moussa., Siarry, Patrick. (2008). A multilevel automatic thresholding method based on a genetic algorithm for a fast image segmentation. *Elsevier Computer Vision and Image Understanding*, 109, 163-175.
- Jati, A., Singh, G., Koley, S., Konar, A., Ray, A K., Chakraborty, C. (2015). A novel segmentation approach for noisy medical images using Intuitionistic fuzzy divergence with neighbourhood-based membership function. *Journal of Microscopy*, 257(3), 187-200.
- 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.
- Mahmudy, WF, Marian, RM & Luong, LHS. (2013). Modeling and optimization of part type selection and loading problems in flexible manufacturing system using real coded genetic algorithms. *International Journal of Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering*, 7(4), 251-260.
- Mahmudy, WF & Rahman, MA (2011). Optimasi fungsi multi-obyektif berkendala menggunakan algoritma genetika adaptif dengan pengkodean real, *Kursor*, vol. 6, no. 1, pp. 19-26.
- Manikandan, S., Ramar, K., Iruthayarajan, M W., Srinivasagan, K G. (2013). Multilevel thresholding for segmentation of medical brain images using Real coded Genetic Algorithm. *Elsevier Measurement*.
- Mukherjee, Rashmi., Manohar, Dhiraj D., Das, Devkumar., Achar, Arun., Mitra, Analava., Chakraborty, C. (2014). Automated Tissue Classification Framework for Reproducible Chronic Wound Assessment. *Hindawi BioMed Research International*, 2014, 1-9.
- Muppidi, Mohan., Rad, Paul., Agaian, Sos S., Jamshidi, Mo. (2015). Image Segmentation by Multi-Level Thresholding Based on Fuzzy Entropy and Genetic Algorithm in Cloud. *IEEE System of Systems Engineering Conference (SoSE)*, 492-497.
- Muppidi, Mohan., Rad, Paul., Agaian, Sos S., Jamshidi, Mo. (2015). Image Segmentation by Multi-Level Thresholding Using Genetic Algorithm with Fuzzy Entropy Cost Functions. *IEEE Image Processing Theory, Tools and Applications*, 143-148.
- Oliva, Diego., Cuevas Erik., Pajares, Gonzalo., Zaldivar, Daniel., Osuna, Valentin. (2014). A Multilevel Thresholding algorithm using electromagnetism optimization. *Elsevier Neurocomputing*, 139, 357-381.
- Pare, S., Bhandari A. K., Kumar, A., Singh, G. K., Khare, S. (2015). Satellite Image Segmentation based on Different Objective Functions using genetic algorithm: A Comparative Study. *IEEE*, 730-734.
- Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.
- Putra, I K G D., Suarjana, I Gede. (2010). Segmentasi Citra Retina Digital Etinopati Diabetes Untuk Membantu Pendeteksian Mikroaneurisma. *Jurnal Teknologi Elektro*, 9(1), 44-49.
- Ren, Xiaobing. (2009). An Optimal Image Thresholding using Genetic Algorithm. *IEEE International Forum on Computer Science-Technology and Applications*, 169-172.
- Salavati, A A H., Mozafari, Saeed. (2015). Provide a hybrid method to improve the performance of multilevel thresholding for image segmentation using GA and SA algorithms. *IEEE International Conference on Information and Knowledge Technology*.
- Sridevi, M., Mala, C., Sivasankar, E., You, Isun. (2014). Optimized Multilevel Threshold Selection using Evolutionary Computing. *International Conference on Network-Based Information Systems*, 149-156.
- Wei, Jiang Hua., Kai, Yang. (2010). Research of Improved Genetic Algorithm for Thresholding Image Segmentation Based on Maximum Entropy. *IEEE*, 619-622.
- Wijayaningrum, VN & Mahmudy, WF (2016). Optimization of Ship's Route Scheduling Using Genetic Algorithm, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 2, no. 1, pp. 180-186.
- Zhou, H., Wu, J., Zhang, J. 2010. *Digital Image Processing: Part I*. Ventus Publishing Aps.

IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY PADA SISTEM BERBASIS FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY (FPGA)

Mochammad Hannats Hanafi Ichsan¹, Eko Setiawan², Mochamad Afief Hamidi³

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang
Email : hanas.hanafi@ub.ac.id, ekosetiawan@ub.ac.id, afief.luffy@gmail.com

(Naskah masuk: 18 Februari 2016, diterima untuk diterbitkan: 17 Maret 2016)

Abstrak

Penggunaan perangkat mikrokontroler dewasa ini semakin banyak dipergunakan seperti arduino, atmega, FPGA dan lain sebagainya. Salah satu perangkat tersebut adalah FPGA (Field Programmable Gate Array). Bahasa yang digunakan pada FPGA adalah VHDL atau VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language) merupakan salah satu jenis bahasa yang digunakan untuk mendeskripsikan fungsi rangkaian digital. Pada penelitian ini akan dijelaskan tentang implementasi tentang dasar Logika Fuzzy pada VHDL. Sehingga memiliki keuntungan jika dilakukan implementasi ini akan didapatkan rancang bangun logika fuzzy yang memungkinkan untuk diimplementasikan dengan cepat pada perangkat seperti Xilinx, Synosis dan lain sebagainya. Pada penelitian ini berhasil diimplementasikan, proses pengujian dilakukan dengan membandingkan perhitungan matematis dengan hasil keluaran sistem yang didapatkan akurasi sebesar 80%. Akan tetapi proses waktu eksekusi total untuk semua proses dalam Logika Fuzzy sebesar 145 ns.

Kata Kunci : Logika Fuzzy, VHDL, FPGA

Abstract

The use of microcontroller devices nowadays more and more used as arduino, atmega, FPGA and so forth. One such device was FPGA (Field Programmable Gate Array). The language used in the FPGA was VHDL or VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language) is a kind of language used to describe functions of a digital circuit. This research would be explained on the basis of the implementation of Fuzzy Logic in VHDL. So it has an advantage when it is done this implementation will be obtained fuzzy logic design that allows to implemented quickly in devices such as Xilinx, Synosis and others. In this research successfully implemented, the testing process is done by comparing the mathematical calculations, the results obtained system output accuracy of 80%. But the total execution time for all processes in the Fuzzy Logic amounted to 145 ns.

Keywords : Fuzzy Logic, VHDL, FPGA

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini berbagai macam alat digunakan menggunakan teknologi mikroprosesor. Sebagian besar alat yang ada menggunakan arduino maupun atmega. Sedangkan untuk FPGA sedikit pengguna yang memakai alat tersebut (Ashenden, 2002). FPGA (*Field-programmable Gate Arrays*) merupakan gerbang digital dengan IC (*Integrated Circuit*) dimana masing-masing gerbang dapat memiliki interkoneksi dan dapat dilakukan konfigurasi antar bagiannya (Solano, 2006). Penggunaan FPGA memiliki keuntungan dalam implementasinya yang bertujuan untuk memberikan efisiensi rancangan dengan cara mengurangi pemakaian perangkat keras. (Nasrullah, 2009). Koreksi error yang dimiliki FPGA sangat kecil dan adalah teknologi yang dapat digunakan untuk implementasi menggunakan berbagai algoritma (IEEE, 1988).

Logika fuzzy telah banyak diterapkan dalam bidang kendali otomatis dan juga sistem pendukung

keputusan (Kusumadewi, 2004). Pengambilan keputusan sebaiknya dilakukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tertentu agar keputusan yang diambil dapat bersifat objektif, karena pengambilan keputusan yang dilakukan tanpa pertimbangan yang benar dapat mengakibatkan keputusan yang diambil menjadi kurang objektif (Zhu, 2007).

FPGA menggunakan pemrograman bahasa VHDL. VHDL atau VHSIC *Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language* merupakan salah satu jenis bahasa HDL yang digunakan untuk mendeskripsikan fungsi rangkaian digital seperti gerbang logika, flip-flop dan lain sebagainya (IEEE, 1988) (Raychev, 2005) (Salapura, 2005). Akan tetapi pada VHDL semua bilangan desimal akan diubah pada bilangan biner, heksadesimal ataupun boolean (Sakthivel, 2010), hal ini akan berpengaruh pada proses yang ada dalam Logika Fuzzy karena angka yang diproses didalam Logika Fuzzy berupa angka desimal (Olivas, 2008).

Konversi inilah yang menyebabkan perbedaan selisih nilai yang diproses oleh VHDL.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Asad dkk (Asad, August, 1995) implementasi logika fuzzy dengan VHDL untuk kontrol temperatur Pendingin Ruangan. Pada penelitian lain yang pernah dilakukan oleh Tigaeru dan Ursaru hanya mensimulasikan Logika Fuzzy pada VHDL (Tigaeru, May, 2004). Serta pada buku yang ditulis oleh Dadios (Dadios, 2012) juga tidak disebutkan apakah hasil akhir dari pengolahan Logika Fuzzy tepat sesuai harapan perhitungan manual. Dengan penelitian yang sama oleh Dadios, Maldonado dan Castillo (Maldonado, 2013) tidak melakukan proses koreksi untuk membandingkan dengan perhitungan manual. Oleh karena itu penulis akan meneliti seberapa akurat dan seberapa cepat proses Logika Fuzzy pada VHDL karena pada proses FPGA, berbeda dengan bahasa pemrograman karena berbasis gerbang logika. Serta pengujian keakuratan hasil akhir sangat berpengaruh terhadap keluaran sistem.

2. METODOLOGI

Pada sub bab ini akan dijelaskan bagian-bagian yang akan dibahas pada penelitian beserta perancangan yang akan diimplementasikan.

3. FPGA (Field-Programmable Gate Arrays)

Gerbang digital yang memiliki interkoneksi antar masing-masing gerbang tersebut serta dapat dikonfigurasi antar bagiannya disebut dengan FPGA. Sebuah IC pada FPGA terdiri dari 3 komponen pendukung utama yaitu *Configurable Logic Block*, *Input Output Block* dan *Programmable Interconnect* (Ashenden, 2002).

Configurable Logic Block (CLB) merupakan komponen dasar yang membentuk IC FPGA berupa matriks yang saling terhubung oleh PI, yang dapat dikonfigurasi untuk melakukan rangkaian logika kombinasional, shift register, atau RAM.

Input Output Block (IOB) merupakan penghubung atau sebagai antarmuka antara pin-pin terminal IC FPGA dengan jalur koneksi di luar IC, IOB dikelompokkan ke dalam beberapa I/O Bank yang sesuai dengan standar I/O.

Programmable Interconnect (PI) adalah komponen yang berperan sebagai saklar penghubung yang dapat dikonfigurasi dan akan menghubungkan antar blok-blok CLB maupun dengan IOB.

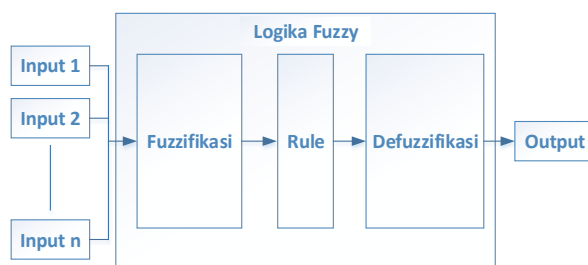
3.1. VHDL

VHDL (*VHSIC Hardware Description Language*) merupakan bahasa pemrograman yang digunakan pada FPGA. Secara umum struktur bahasa pemrograman VHDL terdiri dari tiga bagian pokok yaitu deklarasi *Library*, *Entity*, dan *Architecture* (IEEE, 1988). Deklarasi *Library* merupakan kumpulan potongan kode yang sering digunakan, Sebuah entity berisi deklarasi Input/Output dari suatu

sistem, sedangkan deklarasi arsitektur berisi deskripsi dari suatu rangkaian atau fungsi logika yang akan diimplementasikan (Salapura, 2005). Di dalam arsitektur dapat menangani baik rangkaian sekuensial maupun rangkaian kombinasional dan dalam 1 (satu) modul VHDL dimungkinkan untuk menggunakan lebih dari 1 (satu) arsitektur (Ashenden, 2002). Semua bilangan pada VHDL akan diproses dengan bilangan boolean karena digunakan gerbang logika yang akan memproses input sampai output.

3.2. Blok Diagram Sistem

Proses logika fuzzy masih dilakukan secara umum yaitu mulai dari input, proses *fuzzification*, rule, *defuzzification* beserta output yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Logika Fuzzy

Pengambilan keputusan dalam teknik fuzzy dilakukan dalam beberapa tahap yaitu: *fuzzification*, penentuan *membership function*, *rule evaluation* dan *defuzzification* (Kusumadewi, 2004). Proses pertama pada Logika Fuzzy adalah *membership function*, pada proses ini *membership function* akan memproses masukan atau input untuk diolah kedalam fungsi keanggotaan, sampai didapatkan input tersebut masuk dalam fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Penentuan ini berdasarkan nilai yang telah diset sebelumnya. Kemudian dilanjutkan proses *rule evaluation*.

Pada *rule evaluation* akan dilakukan pencarian fuzzy output dari fuzzy input dengan proses dimana nilai fuzzy input yang didapatkan proses *fuzzification* kemudian dimasukkan kedalam sebuah rule yang telah dibuat untuk dijadikan sebuah fuzzy output. *Rule evaluation* merupakan bagian utama dari fuzzy karena *rule evaluation* akan menjadi dasar untuk menentukan sistem menjadi pintar atau tidak. Rule yang sudah ditentukan kemudian diaplikasikan kedalam fungsi implikasi. Secara umum ada 2 fungsi implikasi yaitu: Max-Min dan Max-Prod, pada penelitian ini akan dipergunakan fungsi implikasi yang sering digunakan dalam pengambilan keputusan adalah Max-Min.

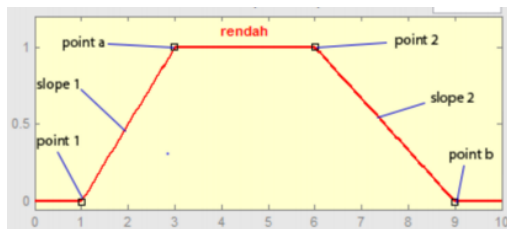
3.3. Logika Fuzzy

Pada penelitian ini, yang akan dilakukan untuk pengujian adalah sebuah simulasi sistem kontrol sederhana untuk mendeteksi gas *hidrocarbon* (hc) dan *carbon* (co) yang asumsinya didapatkan dari

sensor. Namun pada penelitian ini input tidak didapatkan dari masukan sensor, tetapi dari masukan pada simulator. Masing-masing input akan diberikan fungsi keanggotaan, untuk *hidrocarbon* adalah rendah, sedang, dan tinggi. Sedangkan untuk input *carbon* juga akan diberikan himpunan sedang, rendah dan tinggi yang masing-masing memiliki fungsi keanggotaan yang berbeda. Kemudian akan diolah kedalam *rule evaluation* yang akan mengolah nilai input dan terakhir akan diproses dengan *defuzzification* yang menggunakan Min-Max.

3.4. Fuzzification

Pada proses ini didefinisikan derajat keanggotaan. Derajat keanggotaan didapatkan untuk setiap himpunan, pada VHDL harus diubah ke boolean (Maldonado, 2013) sehingga 00H untuk derajat keanggotaan 0 dan FFH untuk derajat keanggotaan 1 seperti pada Gambar 2.

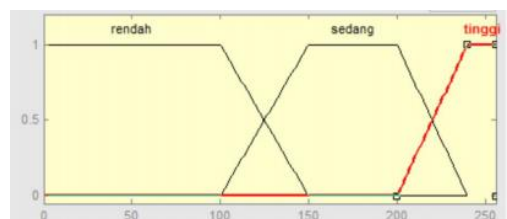


Gambar 2. Derajat Keanggotaan

Dari Gambar 2 dapat dilihat terdiri dari 2 slope. Point merupakan titik pada tiap trapesium keanggotaan (Raychev, 2005). Sedangkan slope merupakan sisi miring pada trapesium keanggotaan. Untuk menentukan slope didapat dari Persamaan 1.

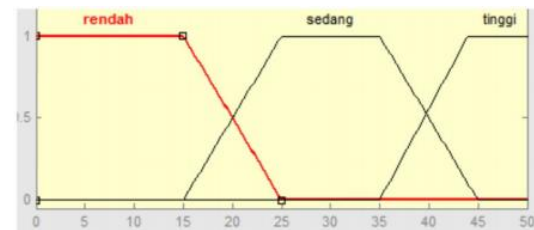
$$Slope = \frac{(y2-y1)}{(x2-x1)} \tag{1}$$

Untuk *hidrocarbon* fungsi keanggotaannya bernilai 1 atau rendah pada masukan 0 sampai 100, untuk nilai 0 jika masukan lebih dari 150. Sedangkan grafik turun dari rendah mulai 100-150. Untuk kondisi sedang bernilai 1 diantara 150-200, bernilai 0 diantara 0 sampai 100 dan diatas 240, sedangkan grafik naik diantara 100-150 dan grafik turun diantara 200-240. Sedangkan untuk fungsi keanggotaan tinggi bernilai 0 dari masukan bernilai 0 sampai 200, fungsi keanggotaan naik dari 200-240 dan bernilai 1 jika masukan diatas 240 seperti dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Himpunan Hidrocarbon (hc)

Untuk *carbon* fungsi keanggotaannya bernilai 1 atau rendah pada masukan 0 sampai 15, untuk nilai 0 jika masukan lebih dari 25. Sedangkan grafik turun dari rendah mulai 15-25. Untuk kondisi sedang bernilai 1 diantara 25-35, bernilai 0 diantara 0 sampai 15 dan diatas 45, sedangkan grafik naik diantara 15-25 dan grafik turun diantara 35-45. Sedangkan untuk fungsi keanggotaan tinggi bernilai 0 dari masukan bernilai 0 sampai 35, fungsi keanggotaan naik dari 35-45 dan bernilai 1 jika masukan diatas 45 seperti pada Gambar 3.



Gambar 4. Himpunan Carbon (co)

Dikarenakan menggunakan 8 bit maka $\mu = 1$ sama dengan 255 atau \$FF (tanda \$ mengindikasikan pada penulisan hexadesimal). Sebagai contoh point1 bernilai 1 dan point 2 bernilai 6 maka slope 1 dan slope 2 menggunakan rumus (3.0) maka perhitungannya pada Persamaan 2 dan 3 dan untuk persamaan yang lain diletakkan pada *Configurable Logic Block*.

$$Slope\ 1 = \frac{1}{(3-1)} = \frac{\$FF}{2} = \frac{255}{2} = 127 = \$7F \tag{2}$$

$$Slope\ 2 = \frac{1}{(9-6)} = \frac{\$FF}{3} = \frac{255}{3} = 85 = \$55 \tag{3}$$

Dengan proses yang sama dilakukan perhitungan matematis pada VHDL untuk fungsi 2 fungsi yang lain misalkan untuk memproses masukan *hidrocarbon* dan *carbon*.

```
type input is (horendah,hosedang,hotinggi);
type membership is record term: input;
point1: std_logic_vector (7 downto 0);
slope1: std_logic_vector (7 downto 0);
point2: std_logic_vector (7 downto 0);
slope2: std_logic_vector (7 downto 0);
end record;

type membership_functions is array(natural range<>) of membership;
constant mfs: membership_functions:=
((term => horendah, point1 => "00000000", slope1 => x"00", point2 => x"06", slope2 => 1),
(term => hosedang, point1 => x"00", slope1 => x"00", point2 => x"06", slope2 => x"06"),
(term => hotinggi, point1 => x"00", slope1 => x"06", point2 => x"06", slope2 => x"FF"));
```

Gambar 5. Implementasi Representasi Fungsi Keanggotaan hidrocarbon pada VHDL

Dari Gambar 5, dapat dilihat bahwa domain untuk nilai keanggotaan rendah adalah [0 0 100 150]. Pada gambar membership terlihat bahwa range yang dimiliki adalah 0 sampai 256 dikarenakan input diskalakan dikarenakan di vhd1 menggunakan input 8-bit, untuk fungsi keanggotaan tinggi memiliki nilai maksimal 256.

```

type input is (corendah,coesedang,cotinggi);
type membership is record term: input;
point1: std_logic_vector (7 downto 0);
slope1: std_logic_vector (7 downto 0);
point2: std_logic_vector (7 downto 0);
slope2: std_logic_vector (7 downto 0);
end record;

type membership_functions is array(natural range<>) of membership;
constant mfs: membership_functions:=
((term => corendah, point1=> x"00", slope1=> x"00", point2 => x"00", slope2 =>
(term => coesedang, point1=> x"00", slope1=> x"10", point2 => x"20", slope2 =>
(term => cotinggi, point1=> x"20", slope1=> x"10", point2 => x"20", slope2 =>

```

Gambar 6. Implementasi Representasi Fungsi Keanggotaan Carbon pada VHDL

Hal yang sama terjadi pada input *carbon*, semua nilai pada fungsi keanggotaan dikonversi pada bilangan heksadesimal.

3.5. Rule evaluation

Setelah menentukan derajat keanggotaan dalam tahap fuzzifikasi. Langkah selanjutnya adalah membuat aturan untuk memutuskan tindakan apa yang harus diambil dalam himpunan fungsi keanggotaan. Ada standar operator fuzzy yang dapat digunakan untuk mendefinisikan rule yaitu “AND”, “OR” dan “NOT”.

```

function minimum (a,b: std_logic_vector) RETURN std_logic_vector;
variable min: std_logic_vector(7 downto 0):= (others => '0');

begin
  if a<b then min := a;
  elsif b<a then min := b;
  end if;
RETURN min;
end minimum;

```

Gambar 7. Representasi Fungsi Minimum

Pada penelitian ini dipergunakan fungsi “AND” seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Untuk "AND" => C = minimum (A, B).

```

--RULE BASE
rule1 : position(0)<= minimum(u1(0),u4(3));
-- UNTUK KONDISI HC RENDAH DAN CO RENDAH
rule2 : position(1)<= minimum(u1(0),u5(4));
-- UNTUK KONDISI HC RENDAH DAN CO SEDANG
rule3 : position(2)<= minimum(u1(0),u6(5));
-- UNTUK KONDISI HC RENDAH DAN CO TINGGI

```

Gambar 8. Representasi Rule evaluation

Fungsi minimum dan maksimum yang digunakan untuk memperoleh hasil dari setiap *Rule evaluation*. Setelah masing-masing nilai hasil dari fungsi keanggotaan, diproses dengan *Rule evaluation* seperti pada Gambar 8.

Tabel 1. Fuzzy Rule

Rule	Hc	Co	Position
1	Rendah	Rendah	Position(0)
2	Rendah	Sedang	Position(1)
3	Rendah	Tinggi	Position(2)
4	Sedang	Rendah	Position(3)
5	Sedang	Sedang	Position(4)
6	Sedang	Tinggi	Position(5)

Rule	Hc	Co	Position
7	Tinggi	Rendah	Position(6)
8	Tinggi	Sedang	Position(7)
9	Tinggi	Tinggi	Position(8)

Pada Gambar 8 tersebut adalah potongan dari rule yang dibuat, untuk detail dari rule yang dirancang ada pada Tabel 1, karena fungsi keanggotaan *hidrocarbon* sebanyak tiga dan fungsi keanggotaan *carbon* tiga sehingga dihasilkan 9 rule.

3.6. Defuzzification

Setelah mengetahui keluaran dari rule maka selanjutnya adalah mengkombinasikannya menjadi satu output. Pada proses ini dilakukan fungsi implikasi, pada fungsi implikasi yang sering digunakan adalah fungsi Max-Min karena metode ini adalah metode yang paling umum digunakan seperti pada Persamaan 4. Metode Max (Maksimum) mengambil nilai yang diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum.

$$If a is A_i and b is B_i then c is C_i = f(a, b) \quad (4)$$

$$\mu x(i) = \mu x(i) = \max(\mu f(x_i), \mu k_f(x_i)) \quad (5)$$

Fungsi implikasi menggunakan metode min max untuk menentukan keluaran output dengan nilai terbesar. Fungsi implikasi tersebut akan memilih hasil keluaran dari *rule evaluation* yang telah diproses sebelumnya dengan menggunakan Persamaan 5.

```

product <= max(product9a,product9b);

```

Gambar 9. Representasi Defuzzification

Kode VHDL untuk proses defuzzifikasi ditunjukkan pada Gambar 9. Setelah proses defuzzifikasi selesai maka nilai output yang dihasilkan adalah hasil akhir dari proses Logika Fuzzy.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan akan dibahas tentang hasil yang didapatkan dari dua macam pengujian melalui simulator. Pertama pengujian waktu eksekusi secara keseluruhan, kedua dilakukan pengujian dengan cara membandingkan dengan perhitungan manual.

4.1. Pengujian Waktu Eksekusi

Pada pengujian ini dimasukkan nilai set sebagai asumsi bahwa input didapatkan dari nilai akuisisi data sensor dengan input 240 dikonversi pada bilangan biner “11110000” untuk nilai hc dan 21 dikonversi juga “00010101” untuk nilai kadar co seperti pada Gambar 10, syntax tersebut dimasukkan dalam *Programmable Interconnect*.

```

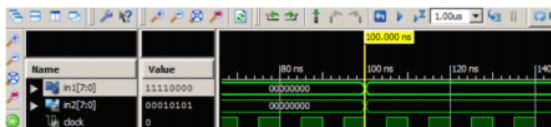
-- Stimulus process
stim_proc: process
begin
  -- hold reset state for 100 ns.
  wait for 100 ns;

  -- insert stimulus here
  in1 <= "11110000"; --240
  in2 <= "00010101"; --21

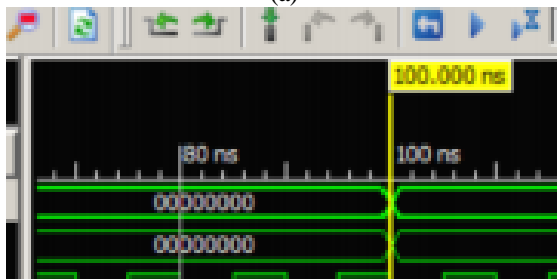
```

Gambar 10. Masukan Nilai

Dari potongan syntax diatas dapat diketahui bahwa input akan masuk pada detik ke 100 ns. Hasil run program seperti pada Gambar 11 (a). Sedangkan untuk hasil running secara jelas yang menunjukkan waktu sebesar 100 ns ada pada Gambar 11 (b). Masing-masing pengerjaan untuk proses *membership function*, *rule evaluation* sampai *defuzzification* dikerjakan pada *Input Output Block*.



(a)



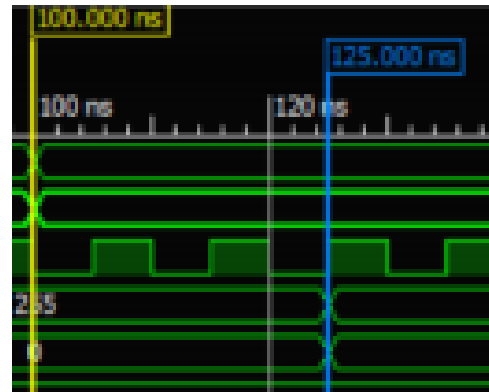
(b)

Gambar 11. (a)Tampilan Masukan Pengujian Pada Simulator (b)Detail Waktu Pengujian

Nilai “in1” dan “in2” pada Gambar 11 adalah representasi dari pengambilan nilai sensor yang dapat diubah sesuai nilai yang diinginkan. Masing-masing memiliki slot untuk proses yang berbeda dan diproses secara bersamaan. Pengujian waktu proses *fuzzification* dibutuhkan waktu 25 ns untuk menentukan keanggotaan. Hasil waktu eksekusi ditunjukkan pada Gambar 12.



(a)



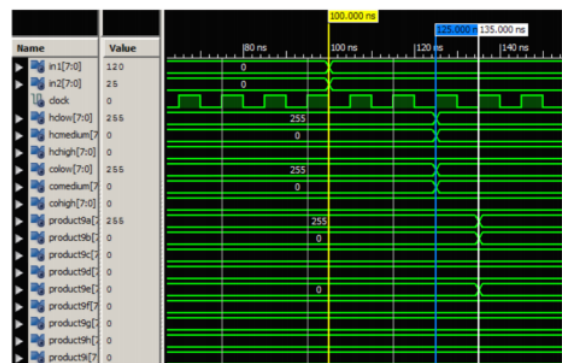
(b)

Gambar 12. (a)Pengujian Waktu Proses Fuzzification Pada Simulator (b) Detail Waktu Yang Dilakukan

Dari Gambar 12 (a) dapat diketahui garis warna kuning merupakan total proses input pada sistem, sedangkan garis warna biru merupakan output fungsi keanggotaan yang diperoleh dari input. Pada Gambar 11 (b) ditunjukkan warna biru sebesar 125 ns atau total waktu dari awal proses sampai proses *defuzzification*. Sehingga total waktu untuk *defuzzification* adalah sebesar 25 ns seperti pada Persamaan 6.

$$125 \text{ ns} - 100 \text{ ns} = 25 \text{ ns} \quad (6)$$

Untuk proses selanjutnya yaitu *rule evaluation* dibutuhkan waktu 10 ns untuk keluar nilai output. Hasil waktu eksekusi dapat dilihat pada Gambar 13.



(a)



(b)

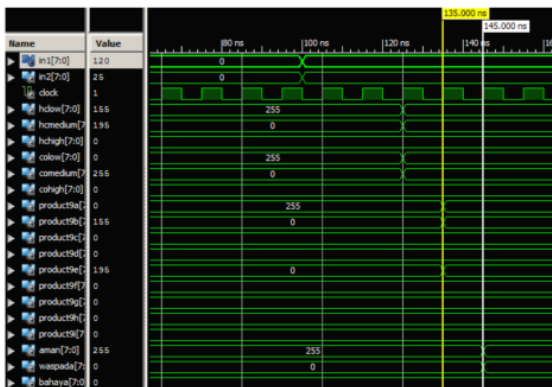
Gambar 13. Pengujian Waktu Eksekusi Rule evaluation

Dari Gambar 13 (a) dapat diketahui garis warna putih merupakan hasil output dari rule evaluation. Seperti dibahas sebelumnya, warna

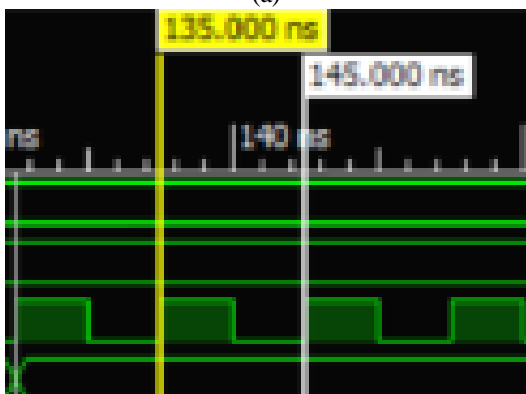
kuning adalah total dari awal proses *membership function*, warna biru adalah total awal proses sampai *defuzzification* sedangkan warna putih adalah total dari awal proses sampai *rule evaluation* seperti pada Gambar 13 (b). Sehingga waktu yang dipergunakan untuk proses *rule evaluation* sendiri adalah sebesar 10 ns seperti pada Persamaan 7.

$$135 \text{ ns} - 125 \text{ ns} = 10 \text{ ns} \quad (7)$$

Setelah proses *rule evaluation* dilanjutkan pada proses *defuzzification* yaitu menentukan output akhir dari sistem tersebut. Hasil waktu eksekusi dapat dilihat pada Gambar 14.



(a)



(b)

Gambar 14. (a) Pengujian Waktu *Defuzzification* Pada Simulator (b) Detail Waktu Gambar 14(a)

Dari gambar diatas dapat diketahui garis kuning merupakan hasil output dari awal proses sampai dengan proses *rule evaluation*, sedangkan garis berwarna putih merupakan hasil output dari *defuzzification*. Sehingga untuk waktu yang dibutuhkan untuk proses *rule evaluation* sebesar 10 ns seperti pada Persamaan 8.

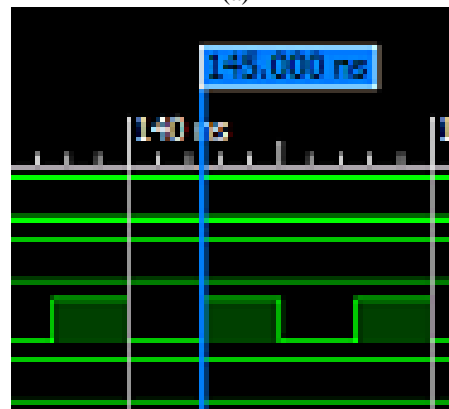
$$145 \text{ ns} - 135 \text{ ns} = 10 \text{ ns} \quad (8)$$

Dari semua proses tersebut dapat diketahui berapa waktu yang dibutuhkan sistem dari awal input sampai hasil akhir keluar. Berikut adalah hasil waktu eksekusi dapat dilihat pada Gambar 15 (a) adalah

detail pengujian pada simulator seperti digambarkan dengan garis dengan warna biru.



(a)



(b)

Gambar 15. (a) Hasil Akhir Pengujian Pada Simulator (b) Detail Hasil Akhir Pengujian

Sedangkan pada Gambar 15 (b) digambarkan dengan detail dari gambar yang dimiliki oleh Gambar 15(a) dimana waktu akhir adalah 145 ns. Sehingga dari awal running, dijumlahkan masing-masing per bagian proses Logika Fuzzy didapatkan waktu total sebesar 145 ns, atau dapat dilihat pada Gambar 15 pada garis yang berwarna biru.

4.2. Pengujian Perbandingan dengan Perhitungan Manual

Pada pengujian keseluruhan untuk perhitungan manual dilakukan proses dan rumus Logika Fuzzy secara umum. Pada pengujian akhir ini nilai input telah diskalakan dan diolah dalam nilai desimal. Pada pengujian akhir perhitungan secara manual akan dicocokkan dengan output dari simulator VHDL yang ditunjukkan pada tabel pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian dengan Perhitungan Manual

No.	input		Manual	VHDL
	in1(hc)	in2(co)		
1	80	10	255	255
2	80	20	130	130
3	80	30	255	255
4	80	40	130	130
5	80	50	255	255

No.	input		Manual	VHDL
	in1(hc)	in2(co)		
6	120	10	195	195
7	120	20	130	130
8	120	30	195	155*
9	120	40	195	130*
10	120	50	195	155*
11	160	10	255	255
12	160	20	130	130
13	160	30	255	255
14	160	40	130	130
15	210	50	255	255
16	210	10	195	179*
17	210	20	130	130
18	210	30	195	179*
19	210	40	130	130
20	210	50	195	195
21	240	10	255	255
22	240	20	130	130
23	240	30	255	255
24	240	40	130	130
25	240	50	255	255

5. KESIMPULAN

Logika fuzzy dapat diimplementasikan pada FPGA dengan menggunakan pengkodean yang cukup kompleks. Perhitungan waktu eksekusi dapat dilakukan dengan rincian untuk proses *membership function* memakan waktu 125 ns, pada proses ini cukup memakan waktu yang sangat panjang karena memiliki paling banyak proses untuk menentukan pada fungsi keanggotaan manakah nilai input yang dimasukkan. Kedua adalah proses *rule evaluation* yang membutuhkan waktu 10 ns dan proses *defuzzification* membutuhkan waktu 10 ns karena pada proses ini tidak membutuhkan proses yang kompleks. Pada proses *rule evaluation* dan *defuzzification* hanya memasukkan nilai yang dihasilkan dari *membership function* pada rule yang telah disediakan. Sehingga total waktu yang dipergunakan untuk proses dari awal sampai akhir adalah 145 ns. Untuk beberapa kali pengujian didapatkan panjang waktu yang sama untuk masing-masing input yang berbeda.

Sedangkan untuk akurasi sistem, sebanyak 25 kali percobaan didapatkan 5 data output yang tidak sesuai dengan perhitungan matematis, hal ini disebabkan oleh konversi data dari bentuk desimal dan diubah kedalam heksadesimal maupun biner untuk dapat diolah pada VHDL sehingga tingkat akurasi dari sistem yang didapatkan sebesar 80%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa keluaran dari VHDL tidak selalu sama dengan perhitungan manual. Setelah dilakukan pengecekan, ketidaksesuaian ini terdapat pada awal proses konversi data pada proses *membership function*, karena pada proses ini akurasi dan presisi nilai dilakukan dengan detail.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Asad M., Wan, L. A., Kuo, D., and Vuong, J. Sensor Based Microcontroller Unit with Built In Fuzzy Inference for an Endometrium Ablator. 3rd European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing (EUFIT '95). - pp. 1621-1624 : [s.n.], August, 1995.
- Ashenden P.J., Peterson, G.D., Teegarden, D. The System Designer's Guide VHDL-AMS. - San Francisco, US : Morgan Kaufman Publishers, 2002.
- Dadios E., Pourshaghghi, H.R., Escobar, J.D.E., and JGyvez, J.P.de. ynthesis and VHDL Implementation of Fuzzy Logic Controller for Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS) Goals in Digital Processors, Fuzzy Logic - Controls, Concepts, Theories and Applications, Prof. Elmer Dadios (Ed.) - Croatia : InTech, 2012. - 978-953-51-0396-7.
- IEEE IEEE Standard VHDL Language Reference Manual. IEEE. - New York : IEEE Standard 1076-1987, 1988.
- Kusumadewi S., Purnomo, S. Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan. - Yogyakarta : Graha Ilmu, 2004.
- Maldonado Y., and Castillo, O. Particle Swarm Optimization of Interval Type-2 Fuzzy Systems for FPGA Applications. Applied Soft Computing. - 2013. - 1 : Vol. 13. - hal. 496-508.
- Nasrullah E. Raharjo, J. Rancang Bangun Alat Pemantau Kualitas Udara Sekitar Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega 8 Dengan Penampil Dot Matrix. Electrician, Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro. - 2009. - Vol. 3, No 1. - hal. 1-9.
- Olivas J., Sepulveda, R., and Castillo, O. Development of an Embedded Simple Tuned Fuzzy Controller. FUZZ-IEEE. (IEEE World Congress on Computational Intelligence). - Hong Kong : IEEE, 2008. - 978-1-4244-1818-3.
- Raychev R., Mtibaa, A., and Abid, M. VHDL Modelling of a Fuzzy Co-Processor Architecture. International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech'2005.. - Varna, Bulgaria : [s.n.], 2005.
- Sakthivel G., Anandhi, T.S., and Narajan, S.P. Real Time Implementation of a Fuzzy Logic Controller On FPGA Using VHDL for DC Motor Speed Control. International Journal of

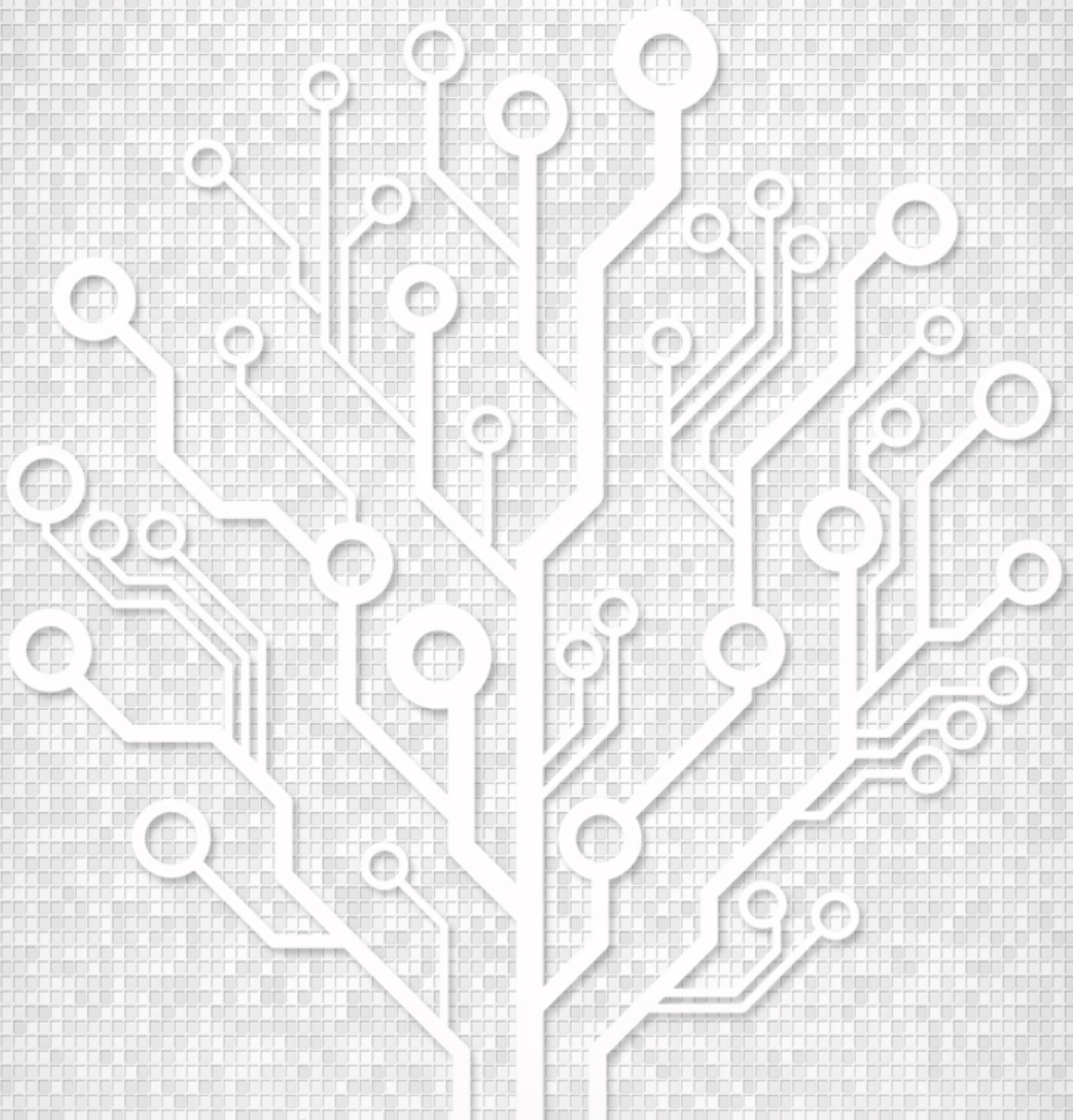
Engineering Science and Technology. -
2010. - Vol. 9. - hal. 4511–4519.

Salapura V., Hamann, V. Implementing Fuzzy Control Systems Using VHDL and Statecharts. Technische Universitat Wien. - Wien-Austria : [s.n.], 2005.

Solano S.S., Brox, P., Cabrera, A., and Baturone, I. Modelling and implementation of fuzzy systems based on VHDL. International Journal of Approximate Reasoning. - 2006. - 2 : Vol. 41. - hal. 164-178.

Tigaeru L., Ursaeu, O. A VHDL Based Approach To Model Fuzzy Logic Systems. 7th International Conference on Development and Application Systems. - Suceava, Romania : [s.n.], May, 2004.

Zhu H., Yang, D. Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. Changsa, China : Springer, 2007.



JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



9 772355 769000