



Dewan Editor (*Editorial Board*)

Ketua Editor (*Chief Editor*)

Husni Thamrin

Editor Pelaksana (*Managing Editors*)

Fajar Suryawan, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Gunawan Ariyanto, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Nurgie Nurgiyatna, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Anggota Dewan Editor (*Board of Editors*)

Didiek Wiyono, Universitas Sebelas Maret
Teguh Bharata Adji, Universitas Gadjah Mada
Fajar Suryawan, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Gunawan Ariyanto, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Sri Karnila, Informatics and Business Institute Darmajaya, Bandar Lampung
Asslia Johar Latipah, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur
Heru Supriyono, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Nurgie Nurgiyatna, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Mitra Bestari (*Reviewers*)

Mitra bestari yang terlibat dalam tiap penerbitan berbeda-beda. Daftar dapat dilihat pada sampul dalam bagian belakang.

Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika menerbitkan artikel ilmiah hasil riset atau review dalam bidang Ilmu Komputer atau Informatika secara umum yang meliputi bidang rekayasa perangkat lunak, pengembangan sistem informasi, sistem komputer, dan jaringan komputer. Jurnal ini diterbitkan oleh Muhammadiyah University Press, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

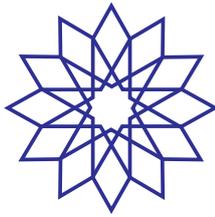
Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika is a scientific journal that publishes scientific research papers/articles or reviews in the field of Computer Systems and Informatics. The scope of this journal includes software engineering, information systems development, computer systems and computer networking. *Khazanah Informatika* is published by Muhammadiyah University Press (MUP), Universitas Muhammadiyah Surakarta.



Crossref

DOAJ
DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS





Pengantar Editor

Puji syukur kami haturkan ke hadirat Allah SWT atas segala nikmat dan ijinnya sehingga jurnal Khazanah Informatika volume 3 nomor 2 bulan Desember 2017 dapat diterbitkan. Semoga penerbitan ini menambah koleksi dan direktori ilmu pengetahuan khususnya pada bidang ilmu komputer dan informatika.

Terbitan kali ini berisi delapan artikel. Satu artikel ditulis oleh penulis dari Universitas Muhammadiyah Surakarta, dan tujuh artikel lainnya ditulis oleh penulis dari berbagai perguruan tinggi di Indonesia, termasuk di antaranya tiga artikel dari perguruan tinggi di Sumatera dan satu dari perguruan tinggi di Kalimantan. Tiga artikel menyajikan hasil penelitian tentang sistem informasi, yaitu tingkat penerimaan sistem informasi dan tingkat kepuasan pengguna sistem informasi. Empat artikel bertemakan penerapan ilmu komputer, yaitu klasifikasi data, model data, dan algoritma pengenalan wajah dan algoritma pada game. Akhirnya, satu artikel membahas bidang jaringan yaitu penerapan VLAN dan spanning tree protocol.

Kami selaku editor mengucapkan terima kasih atas kepercayaan para penulis untuk mempublikasikan artikelnya di jurnal Khazanah Informatika. Kepercayaan ini akan kami jaga dengan merawat mutu jurnal ini. Selama bulan Januari-Desember 2017, kami mendapat kiriman 44 artikel, 15 artikel diputuskan untuk diterbitkan (termasuk 8 untuk nomor ini), 4 masih dalam proses review (untuk diterbitkan pada edisi mendatang) dan 21 artikel tidak diteruskan ke proses penerbitan. Mutu jurnal ini telah diakui oleh lembaga indeksal internasional karena sejak Oktober 2016, jurnal telah terindeks oleh lembaga bereputasi yaitu DOAJ (Directory of Open Access Journal).

Salam hangat

Chief Editor

Daftar Isi

Meningkatkan Peran Model Bahasa dalam Mesin Penerjemah Statistik (Studi Kasus Bahasa Indonesia-Dayak Kanayatn)	
<i>Herry Sujaini</i>	51-56
Penerapan Algoritma <i>A Star</i> (A*) Pada <i>Game</i> Petualangan Labirin Berbasis Android	
<i>Imam Abmad, Wahyu Widodo</i>	57-63
Implementasi VLAN dan <i>Spanning Tree Protocol</i> Menggunakan GNS 3 dan Pengujian Sistem Keamanannya	
<i>Wahyu Saputra, Fajar Suryawan</i>	64-72
Pengembangan Sistem Informasi Berbasis <i>Web</i> untuk Peningkatan Kinerja Unit Bursa Kerja Khusus SMK Negeri 1 Tanjung Raya	
<i>Amalina, Yuliani Dewi Putri</i>	73-79
Kinerja Algoritma Pengenalan Wajah untuk Sistem Penguncian Pintu Otomatis Menggunakan Raspberry-Pi	
<i>Raden Budiarto</i>	80-87
Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna dan Tingkat Kepentingan Penerapan Sistem Informasi DJP <i>Online</i> dengan Kerangka PIECES	
<i>Adi Supriyatna, Vivi Maria</i>	88-94
Pengukuran Penerimaan <i>Mobile Internet</i> dengan <i>Path Analysis</i> di Kalangan Mahasiswa Politeknik Negeri Sriwijaya	
<i>Irma Salamah, RD. Kusumanto</i>	95-99
Klasifikasi Mutu Pepaya Berdasarkan Ciri Tekstur GLCM Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan	
<i>Feri Wibowo, Agus Harjoko</i>	100-104

Meningkatkan Peran Model Bahasa dalam Mesin Penerjemah Statistik (Studi Kasus Bahasa Indonesia-Dayak Kanayatn)

Herry Sujaini

Program Studi Teknik Informatika

Universitas Tanjungpura

Indonesia

hs@untan.ac.id

Abstrak-Sistem terjemahan mesin berbasis statistik menggunakan kombinasi satu atau lebih model terjemahan dan model bahasa. Meskipun ada banyak penelitian yang membahas peningkatan model terjemahan, masalah mengoptimalkan model bahasa untuk tugas penerjemahan tertentu belum banyak mendapat perhatian. Biasanya, model trigram digunakan sebagai model bahasa standar dalam sistem terjemahan mesin statistik. Dalam tulisan ini kami menerapkan 4 strategi eksperimen untuk melihat peran model bahasa yang digunakan dalam mesin terjemahan Indonesia-Dayak Kanayatn dan menunjukkan perbaikan pada sistem baseline dengan model bahasa standar.

Kata Kunci: terjemahan mesin, model bahasa, Indonesia-Dayak Kanayatn

1. Pendahuluan

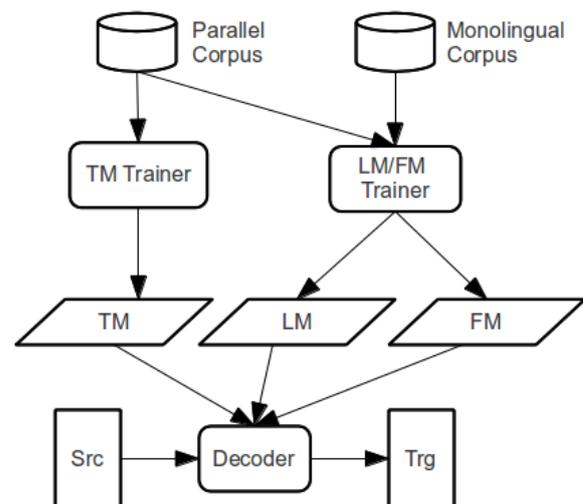
Mesin terjemahan mesin berbasis statistik atau dikenal dengan mesin penerjemah statistik (MPS) adalah sebuah paradigma penerjemahan mesin di mana terjemahan dihasilkan berdasarkan model statistik yang parameternya berasal dari analisis korpus bilingual (korpus paralel). Korpus didefinisikan sebagai koleksi atau sekumpulan contoh teks tulis atau lisan dalam bentuk data yang dapat dibaca dengan menggunakan seperangkat mesin dan dapat diberi catatan berupa berbagai bentuk informasi linguistik [1]. Lebih lanjut, McEnery merangkum kriteria korpus, yang telah menjadi kesepakatan banyak ahli, yakni: (1) dapat dibaca dengan menggunakan seperangkat mesin, (2) berupa teks otentik, (3) digunakan sebagai sampel, dan (4) mewakili bahasa atau variasi bahasa tertentu.

Tujuannya analisis korpus bilingual adalah untuk menemukan hipotesis terbaik \bar{e}^* setiap kalimat masukan f sebagai :

$$\bar{e}^* = \operatorname{argmax}_{\bar{e}} P(\bar{e}|f) = \operatorname{argmax}_{\bar{e}} P(f|\bar{e})P(\bar{e}) \quad (1)$$

$P(\bar{e}|f)$ adalah model terjemahan yang mengekspresikan kemungkinan probabilistik pada hubungan antara bahasa sumber dan bahasa target. $P(\bar{e})$ adalah model bahasa yang menentukan probabilitas *string* pada bahasa target yang biasanya menggunakan kata standar model trigram dari :

$$P(e_1, \dots, e_l) \approx \prod_{i=3}^l P(e_i|e_{i-1}, e_{i-2}) \quad (2)$$



Gambar 1. Arsitektur Mesin Penerjemah Statistik [3]

Di mana $\bar{e} = e_1, \dots, e_l$. Pada bentuk model trigram, setiap kata diprediksi berdasarkan riwayat dua kata sebelumnya.

Sebagian besar pekerjaan di MPS berkonsentrasi pada pengembangan model terjemahan yang lebih baik, *decoding algorithms*, atau *minimum error rate training* untuk MPS. Sedikit usaha telah dilakukan untuk memaksimalkan peran pemodelan bahasa untuk terjemahan mesin. Di bidang lain, terutama dalam pengenalan ucapan otomatis (ASR), ada banyak pekerjaan dalam pemodelan bahasa statistik yang membahasnya misalnya penggunaan kelas kata, adaptasi model bahasa, atau teknik estimasi probabilitas alternatif [2]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan

peran pemodelan bahasa yang pada gilirannya akan dapat meningkatkan akurasi dari hasil terjemahan suatu MPS.

Arsitektur mesin penerjemah statistik secara umum seperti terlihat pada Gambar 1. Sumber data utama yang dipergunakan adalah korpus paralel (*parallel corpus*) dan korpus monolingual (*monolingual corpus*). Proses *training* terhadap *parallel corpus* menghasilkan translation model (TM). Proses *training* terhadap bahasa target pada korpus paralel ditambah dengan korpus monolingual bahasa target menghasilkan model bahasa (*language model*) (LM), sedangkan fitur model (FM) dihasilkan dari bahasa target pada *parallel corpus* yang setiap katanya sudah ditandai dengan fitur linguistik seperti PoS, lemma, gender, proses pembentukan kata (morfem) dan lain-lain. TM, LM dan FM hasil proses di atas digunakan untuk menghasilkan *decoder*. Selanjutnya *decoder* digunakan sebagai mesin penerjemah untuk menghasilkan bahasa target dari *input* kalimat dalam bahasa sumber [3].

Jika dilihat dari arsitektur MPS, terlihat jelas bahwa data utama yang digunakan untuk menghasilkan model-model pada MPS adalah *parallel corpus*. *Monolingual corpus* dapat diperoleh dari *parallel corpus* pada sisi bahasa target walaupun biasanya diperbanyak lagi dari sumber-sumber lainnya.

Penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan akurasi mesin penerjemah bahasa daerah tidak hanya pada area model bahasa. Mandira dkk. [4] melakukan perbaikan probabilitas *lexical* model untuk meningkatkan akurasi MPS bahasa Indonesia-Jawa sebesar 10,69%, Jarob dkk. [5] melakukan uji akurasi MPS bahasa Indonesia-Dayak Taman dengan penandaan kata dasar dan imbuhan yang menghasilkan peningkatan akurasi sebesar 0,36%, Nugroho dkk. [6] melakukan penelitian terhadap MPS bahasa Indonesia-Jawa menunjukkan hasil evaluasi 44,02 % untuk Indonesia Jawa dan 48,77 % untuk Jawa-Indonesia.

Beberapa penelitian untuk meningkatkan peran model bahasa telah dilakukan dalam berbagai bahasa dan berbagai metode, di antaranya pendekatan *two-pass* [7], dimana n-gram batas bawah digunakan dalam fase pembangkitan hipotesis, kemudian hipotesis K-terbaik dari hipotesis ini diberi skor ulang menggunakan model bahasa terdistribusi berskala besar. Hasil terjemahan yang dihasilkan terbukti dapat memperbaiki hipotesis yang dianggap terbaik oleh sistem tahap pertama. Emami dkk [8] melaporkan penelitiannya tentang *distributed language model* skala besar dalam konteks pengenalan suara dan mesin translasi. Mohaghegh [9] melaporkan peningkatan akurasi dengan meningkatkan peran model bahasa dalam mesin penerjemah English-Persian. Monz [10] melaporkan peningkatan akurasi dengan meningkatkan peran model bahasa dalam mesin penerjemah Arabic- dan Chinese-to-English. Maučec dkk. [11] melaporkan peningkatan akurasi dengan meningkatkan peran model bahasa dalam mesin penerjemah bahasa Serbian-Slovenian.

a. Model Bahasa

Model bahasa di desain untuk memperoleh probabilitas kemunculan kata-kata (atau token). Jika $W_1 = (w_1, \dots, w_L)$ menunjukkan *string token* L atas kosa kata terjemah. Model bahasa n-gram memberikan probabilitas untuk w_1^L menurut :

$$P(w_1^L) = \prod_{i=1}^L P(w_i | w_1^{i-1}) \approx \prod_{i=1}^L \hat{P}(w_i | w_{i-n+1}^{i-1}) \quad (3)$$

dimana aproksimasi tersebut mencerminkan asumsi Markov bahwa hanya n-1 token yang paling baru yang relevan saat memprediksi kata berikutnya.

Untuk setiap substring w, misalkan $f(w)$ menunjukkan frekuensi terjadinya substring tersebut pada deretan bahasa target yang ditentukan, biasanya sangat panjang yang disebut data pelatihan. Probabilitas maximum-likelihood (ML) untuk n-gram diberikan oleh frekuensi relatifnya.

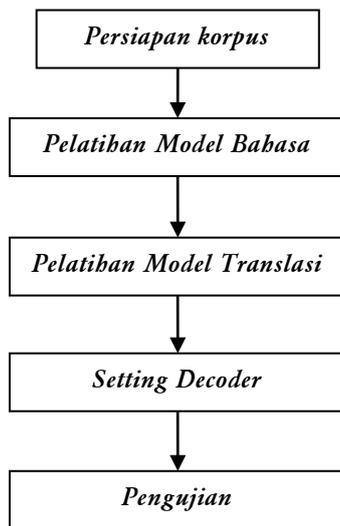
$$r(w_i | w_{i-n+1}^{i-1}) = \frac{f(w_{i-n+1}^i)}{f(w_{i-n+1}^{i-1})} \quad (4)$$

Pada prinsipnya, keakuratan prediktif model bahasa dapat ditingkatkan dengan meningkatkan orde n-gram. Namun, hal itu memperburuk masalah data yang jarang terjadi. Pekerjaan saat ini membahas tantangan dalam memproses suatu jumlah Data pelatihan cukup untuk model n-gram orde tinggi dan menyimpan dan mengelola nilai yang dihasilkan untuk penggunaan yang efisien oleh decoder.

2. Metode

2.1 Tahapan Eksperimen

Data pelatihan berupa korpus paralel bahasa Indonesia-Dayak Kanayatn yang bersumber dari hasil penelitian tentang tuning for quality untuk MPS bahasa Indonesia-Dayak Kanayatn [12]. Pada proses eksperimen, 667 kalimat digunakan untuk proses pengujian dan 3000 kalimat digunakan untuk proses training, sehingga total kalimat pada korpus yang digunakan adalah 3667 kalimat. Tahapan eksperimen yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2. Persiapan korpus (preprocessing) dilakukan dengan melakukan proses cleaning, tokenisasi, dan lowercase terhadap korpus paralel yang sudah dipersiapkan. Model Bahasa yang digunakan pada sistem baseline adalah model trigram bahasa Dayak yang dilatih menggunakan toolkit SRILM [13], sedangkan korpus paralel yang siap digunakan kemudian dilatih untuk memperoleh word alignments, phrase table, language model, dan model combination weights. Base line yang digunakan pada riset ini dilatih menggunakan alat standar, yaitu GIZA ++ [14] untuk melatih penyelarasan kata dan Moses untuk pengodean berbasis frase. Moses adalah sebuah tools yang merupakan implementasi dari Mesin Penerjemah Statistik. Moses digunakan untuk melatih model statistik teks terjemahan dari bahasa sumber ke bahasa sasaran. Dalam menerjemahkan bahasa, Moses membutuhkan korpus dalam dua bahasa, bahasa sumber dan bahasa sasaran. Moses dirilis di bawah lisensi LGPL (Lesser General Public License) dan tersedia sebagai kode sumber dan binari untuk Windows dan Linux. Perkembangannya didukung oleh proyek EuroMatrix, dengan pendanaan oleh European Commission [15].



Gambar 2. Tahapan Eksperimen

rul , jadi dosen itu banyak pahitnya	rul , jadi dosen koa banyak pahitnya
pertama , mendidik mahasiswa tidak segampang yang kamu pikir	pamula' , nidik mahasiswa nana' sagampang nang kao mikir
kedua , sebagai dosen pegawai negeri , seberapa besar sih gajinya ? lupakan sementara pilihan bekerja di puskesmas daerah	kadua , jadi dosen pagawe nagari , sangahe aya' sih gajinya ? lupakan samintara pilihan bakaraja ka' puskesmas daerah
kalau boleh saya tahu , apa yang sedang kamu lakukan sekarang ini ? " runut diuraikan pak arifin seperti anjuran bapak kepada anaknya	kade' mulih aku nau'an , ahe nang dah kao ngalakuan ampean ? " runut dinguraian pak arifin lea anjuran apa' kada' kamuda nya
" kebetulan saat ini ada yang menawari saya pinjaman modal dari bank sebesar rp 300 juta . "	" kabatolan waktu nian ada nang nawari aku pinjaman modal dari bank samanyak rp 300 juta . "
kamu itu punya selera bisnis yang lain daripada yang lain , bakat juga ada , latihan sejak awal kuliah pun sudah kamu lakukan , apa lagi ? sudah , lupakan jadi dosen , biar yang lain yang mengurus masalah pendidikan	kao koa punya selera bisnis nang lain dari ka' nang lain , bakat uga' ada , latihan mulai' awal kuliah pun dah kao ngalakuan , ahe agi'? udah , lupa'atn jadi dosen , biar nang lain ngurusi masalah pendidikan
pertemuan kami sudahi	patamuan kami ngudahi
kian mantap langkah ini untuk memfokuskan diri sebagai pengusaha setelah diberikan semangat	kian mantap tongkang nian unto' mokuskan diri' jadi pangusaha laka' dimare' semangat sedemikian rupa
saat hubungan dengan anita sudah serius dan mendekati jenjang pernikahan , sempat saya perkenalkan kepada pak arifin di rumahnya	waktu hubungan man anita dah serius man nyamaki jenjang panganten , sempat aku nganalan ka' pak arifin ka' rumahnya
cukup lama anita diperhatikan pak arifin yang nampak sedikit kaget , " lho , anita , kamu , kan , murid saya juga	lumayan lama anita dinelean pak arifin nang katelean sabebet takajut , " lho , anita , kao , kan , murid ku uga'
kegagalan pertama saat usaha di luar kampus	kagagalan nang pamula'atn waktu usaha ka' luar kampus

Gambar 3. Potongan Korpus Indonesia-Dayak

Decoder sebagai mesin penerjemah selanjutnya di *setting* sesuai dengan strategi eksperimen yang dilakukan, yaitu dengan mengubah-ubah variabel *language model* yang digunakan. Untuk setiap *settingan*, dilakukan pengujian dengan input 667 kalimat yang telah dipersiapkan sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode evaluasi otomatis BLEU [16].

2.2 Strategi Eksperimen

Untuk melihat peran dari model bahasa yang digunakan pada MPS Indonesia-Dayak, pada eksperimen ini dilakukan empat strategi, yaitu :

- Language model* dilatih dari 3000 kalimat target korpus paralel, dengan kata lain kalimat referensi pengujian tidak diikutsertakan dalam pelatihan. Selanjutnya strategi pertama ini diuji untuk model 3-gram, 4-gram, 5-gram, 6-gram dan 7-gram.
- Language model* dilatih dari 3000 kalimat target korpus paralel ditambah 667 kalimat referensi, dengan kata lain kalimat referensi pengujian diikutsertakan dalam pelatihan. Selanjutnya strategi pertama ini diuji untuk model 3-gram, 4-gram, 5-gram, 6-gram dan 7-gram.
- Language model* dilatih dari 667 kalimat referensi dan 2333 kalimat target korpus paralel, kemudian ditambah 100 kalimat target korpus paralel yang tersisa untuk setiap eksperimen. Penambahan dilakukan sebanyak enam eksperimen, sehingga korpus yang digunakan masing-masing eksperimen adalah 3100, 3200, 3300, 3400, 3500, dan 3600 kalimat.
- Language model* dilatih dari 3000 kalimat target, kemudian ditambah 100 kalimat referensi untuk setiap eksperimen. Penambahan dilakukan sebanyak enam eksperimen, sehingga korpus yang digunakan masing-masing eksperimen adalah 3100, 3200, 3300, 3400, 3500, dan 3600 kalimat.

3. Hasil

Data pelatihan berupa korpus paralel bahasa Indonesia-Dayak (Gambar 3). Kolom sebelah kiri merupakan kumpulan kalimat dalam bahasa Indonesia, sedangkan kolom sebelah kanan merupakan kumpulan kalimat dalam bahasa Dayak, dimana setiap barisnya merupakan terjemahan dari kalimat yang bersesuaian. Potongan korpus tersebut merupakan potongan korpus yang sudah melewati tahapan proses *cleaning*, tokenisasi, dan *lowercase*.

Model bahasa dihasilkan dari proses pelatihan yang dilakukan terhadap bahasa target dari korpus paralel tersebut, yaitu bahasa Dayak. Sebagai *baseline* dilakukan pelatihan dengan model trigram (3-gram), kemudian dilakukan juga pelatihan untuk menghasilkan mesin pembandingan dengan model 4-gram, 5-gram, 6-gram dan 7-gram. Contoh model bahasa 3-gram dapat dilihat pada Gambar 3, sedangkan Contoh model bahasa 7-gram dapat dilihat pada Gambar 4. Dari hasil pelatihan, didapat jumlah pasangan token dengan probabilitasnya untuk masing-masing n-gram, yaitu : ngram 1=7830, ngram 2=32203, ngram 3=2186, ngram 4=597, ngram 5=185, ngram 6=67, dan ngram 7=26.

-0.7398544	man uber ka'
-0.9828925	, udah pasti
-0.7398544	ao' udah pak
-1.499522	nang udah ada
-1.016717	nang udah aku
-1.499522	nang udah ngantar
-1.499522	nang udah tuha
-1.202949	aku uga' minta
-1.499522	aku uga' pancah
-0.4388244	diri' uga' harus
-0.6963823	koa uga' aku
-0.4388244	ku uga' </s>
-0.6149157	nana' uga' </s>
-1.313886	tapi uga' ka'
-0.9159456	ka' ui ,

Gambar 4. Potongan Model Bahasa 3-gram

-0.1760913	ka' babah chairul tanjung foundation (ctf
-0.1760913	jadi ketua komite ekonomi nasional (ken
-0.1760913	rumah anak madani (ram) nang
-0.1760913	<s> dua tahun laka' koa , ka'
-0.1760913	london school of public relation , jakarta
-0.1760913	, baik umat islam maopun agama lain
-0.1760913	ka' gang abu , maraga batutulis ,
-0.1760913	babah chairul tanjung foundation (ctf)
-0.1760913	nang labih edo' ka' masa depan </s>
-0.1760913	man pandapatan per kapita 18.000 dollar as
-0.1760913	school of public relation , jakarta </s>
-0.1760913	idup ka' dunia nian , jukut koa
-0.1760913	jadi bank ta'edo' man aset ka'babah rp
-0.1760913	bank mega syariah surabaya man kapala
-0.1760913	cabang
-0.1760913	ketua komite ekonomi nasional (ken)
-0.1760913	baik umat islam maopun agama lain </s>
-0.1760913	cabang bank mega syariah surabaya man
-0.1760913	kapala

Gambar 5. Potongan Model Bahasa 7-gram

Tabel 1. Hasil pengujian strategi 1

Mesin	n-gram	Nilai BLEU (%)
1A	3-gram	45.56
1B	4-gram	45.57
1C	5-gram	45.60
1D	6-gram	45.60
1E	7-gram	45.60

Tabel 2. Hasil pengujian strategi 2

Mesin	n-gram	Nilai BLEU (%)
2A	3-gram	56.21
2B	4-gram	56.24
2C	5-gram	56.21
2D	6-gram	56.15
2E	7-gram	56.18

Eksperimen strategi pertama menggunakan korpus paralel sebesar 3000 kalimat dan korpus monolingual juga sebesar 3000 kalimat, hasil eksperimen yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dengan penambahan n-gram pada korpus monolingual yang diambil dari korpus paralel tidak menunjukkan peningkatan akurasi (diwakili dengan nilai BLEU) yang signifikan. Nilai tertinggi pada model 7-gram hanya dapat meningkatkan akurasi sebesar $((45,60-45,56)/45,56) * 100\% = 0,09\%$.

Tabel 3. Hasil pengujian strategi 3

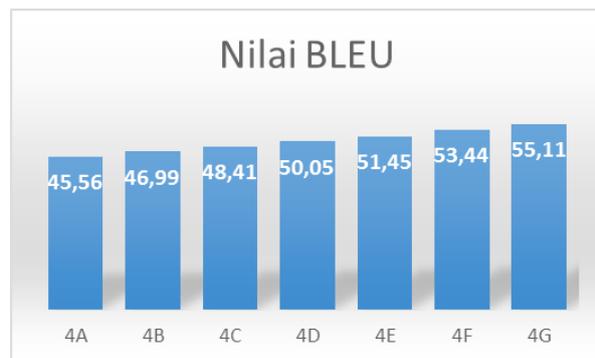
Mesin	Korpus monolingual	Nilai BLEU (%)
3A	3000	56.59
3B	3100	56.63
3C	3200	56.62
3D	3300	56.61
3E	3400	56.58
3F	3500	56.52
3G	3600	56.45

Tabel 4. Hasil pengujian strategi 4

Mesin	Korpus monolingual	Nilai BLEU (%)
4A	3000	45.56
4B	3100	46.99
4C	3200	48.41
4D	3300	50.05
4E	3400	51.45
4F	3500	53.44
4G	3600	55.11

Tabel 5. Peningkatan Akurasi pada strategi 4

Mesin	Nilai BLEU (%)	Peningkatan Akurasi (%)
4A	45.56	
4B	46.99	3.14
4C	48.41	3.02
4D	50.05	3.39
4E	51.45	2.80
4F	53.44	3.87
4G	55.11	3.13



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Strategi 4

Eksperimen strategi kedua menggunakan korpus paralel sebesar 3000 kalimat dan korpus monolingual sebesar 3667 kalimat, hasil eksperimen yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dengan penambahan n-gram pada korpus monolingual yang diambil dari korpus paralel tidak menunjukkan peningkatan akurasi (diwakili dengan nilai BLEU) yang signifikan, bahkan pada model 6-gram lebih rendah dari baseline 3-gram. Nilai tertinggi pada model 4-gram hanya dapat meningkatkan akurasi sebesar $((56,24-56,21)/56,21) * 100\% = 0,05\%$.

Eksperimen strategi ketiga menggunakan korpus paralel sebesar 3000 kalimat dan korpus monolingual sebesar 3000 sampai 3600 kalimat, 3000 kalimat baseline terdiri dari 667 kalimat referensi dan 2333 kalimat target korpus paralel. Hasil eksperimen yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 3 menunjukkan bahwa dengan penambahan kuantitas korpus monolingual yang diambil dari korpus paralel tidak menunjukkan peningkatan akurasi yang signifikan, bahkan menurun dari mesin 3B sampai 3G. Nilai tertinggi pada mesin 3B hanya dapat meningkatkan akurasi sebesar $((56,63-56,59)/56,59) * 100\% = 0,07\%$.

Eksperimen strategi keempat menggunakan korpus paralel sebesar 3000 kalimat dan korpus monolingual sebesar 3000 sampai 3600 kalimat, 3000 kalimat baseline keseluruhannya diambil dari kalimat target korpus paralel. Hasil eksperimen yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4 menunjukkan bahwa dengan penambahan kuantitas korpus monolingual yang diambil dari kalimat referensi menunjukkan peningkatan akurasi yang signifikan. Nilai tertinggi pada mesin 3G dengan 3600 korpus monolingual dapat meningkatkan akurasi sebesar $((55,11-45,56)/45,56) * 100\% = 20,96\%$.

4. Diskusi

Eksperimen yang dilakukan pada strategi 1 dan 2 menunjukkan bahwa penggunaan model n-gram dari 3-gram sampai 7-gram tidak berpengaruh terhadap akurasi mesin penerjemah Indonesia-Dayak dengan korpus paralel sebesar 3000 kalimat. Hal ini disebabkan terlalu kecilnya kuantitas kalimat yang digunakan pada korpus. Kecilnya kuantitas kalimat korpus mengakibatkan tidak bervariasinya probabilitas setiap pasangan token seperti terlihat pada model bahasa 7-gram pada gambar 4, dengan demikian, untuk MPS yang menggunakan korpus kecil sebaiknya tetap menggunakan model bahasa 3-gram.

Eksperimen penambahan kuantitas korpus monolingual yang digunakan untuk pelatihan model bahasa secara bertahap, hasilnya diperlihatkan oleh strategi 3 dan 4. Dari hasil eksperimen didapatkan hasil bahwa hasil terbaik didapatkan dengan menambah kuantitas korpus monolingual di luar korpus paralel pada strategi 4 (lihat Gambar 6), dengan kata lain, korpus monolingual diambil dari bahasa target korpus paralel, selanjutnya ditambahkan dengan kalimat lain di luar kalimat yang ada pada korpus paralel.

Hasil eksperimen pada strategi 4 menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan untuk setiap penambahan 100 kalimat korpus monolingual seperti terlihat pada Gambar 6 dan Tabel 5.

Dari hasil penelitian ini, didapat kesimpulan bahwa peran model bahasa cukup penting dalam mengantisipasi kalimat-kalimat yang akan diterjemahkan pada MPS, terutama saat frase di dalam kalimat tersebut tidak terdapat di dalam model translasi. Hal ini tentu akan lebih dirasakan pada MPS dengan sumberdaya kecil, karena kemungkinan kalimat yang akan diterjemahkan tidak terdapat pada model translasi tentu sangat besar dibandingkan dengan MPS dengan sumber daya besar.

5. Kesimpulan

Penggunaan model n-gram dari 3-gram sampai 7-gram tidak berpengaruh terhadap akurasi mesin penerjemah Indonesia-Dayak, disarankan untuk MPS yang menggunakan korpus kecil sebaiknya tetap menggunakan model bahasa 3-gram.

Hasil terbaik untuk meningkatkan peran model bahasa adalah dengan menggunakan bahasa target korpus paralel sebagai korpus monolingual, selanjutnya ditambahkan sebanyak-banyaknya dengan kalimat lain di luar kalimat yang ada pada korpus paralel. Kedepannya, perlu dilakukan penelitian dengan metode yang sama untuk bahasa-bahasa daerah lainnya yang ada di Indonesia.

6. Daftar Pustaka

- [1] T. McEnery, *Corpus-Based Language Studies: An Advanced Resource*, 2006.
- [2] K. Kirchhoff dan M. Yang, "Improved Language Modeling for Statistical Machine Translation," dalam *Proceedings of the ACL Workshop on Building and Using Parallel Texts*, Michigan, 2005.
- [3] H. Sujaini dan B. P. Arif, "Strategi Memperbaiki Kualitas Korpus untuk Meningkatkan Kualitas Mesin Penerjemah Statistik," dalam *Seminar Nasional Teknologi Informasi XI*, Jakarta, 2014.
- [4] S. Mandira, H. Sujaini dan B. P. Arif, "Perbaikan Probabilitas Lexical Model untuk Meningkatkan Akurasi Mesin Penerjemah Statistik," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, Vol. 2, No. 1, 2016.
- [5] Y. Jarob, H. Sujaini dan N. Safriadi, "Uji Akurasi Penerjemahan Bahasa Indonesia – Dayak Taman dengan Penandaan Kata Dasar dan Imbuhan," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, Vol. 2, No. 2, 2016.
- [6] R.A. Nugroho, T.B. Adji, dan B.S. Hantono, *Penerjemahan Bahasa Indonesia dan Bahasa Jawa Menggunakan Metode Statistik Berbasis Frasa*, dalam *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2015 (SENTIKA 2015)*, Yogyakarta, 2015.
- [7] Y. Zhang, A. S. Hildebrand dan S. Vogt, "Distributed language modeling for n-best list," dalam *Proceedings of EMNLP-2006*, Sydney, 2006.
- [8] A. Emami, K. Papineni dan J. Sorensen, "Large-scale distributed language modeling," dalam *Proceedings of ICASSP-2007*, Honolulu, 2007.
- [9] M. Mohaghegh, A. Sarrafzadeh dan T. Moir, "Improved Language Modeling for English-Persian Statistical Machine," dalam *SSST-4, Fourth Workshop on Syntax and Structure in Statistical Translation*, Beijing, 2010.

- [10] C. Monz, "Statistical Machine Translation with Local Language Models," dalam *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, Edinburgh, 2011.
- [11] M. S. Maučec, G. Donaj dan Z. Kacič, "Improving statistical machine translation with additional language models," dalam *Human Language Technologies As a Challenge for Computer Science and Linguistics*, Poznań, 2013.
- [12] M. Hasbiansyah, H. Sujaini dan N. Safriadi, "Tuning For Quality untuk Uji Akurasi Mesin Penerjemah Statistik (MPS) Bahasa Indonesia - Bahasa Dayak Kanayatn", *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JustIN)*, vol. 4, No. 1, 2016.
- [13] A. Stolcke, J. Zheng, W. Wang dan V. Abrash, "SRILM at sixteen: Update and outlook," dalam *Automatic Speech Recognition and Understanding (ASRU), 2011 IEEE Workshop*, Waikoloa, 2011.
- [14] F. J. Och dan H. Ney, "A Systematic Comparison of Various Statistical Alignment Models," *Computational Linguistics*, vol. 1, no. 29, pp. 19-51, 2003.
- [15] P. Koehn, *Statistical machine translation*, New York: Cambridge University Press, 2010.
- [16] K. Papineni, S. Roukos, T. Ward dan W.-J. Zhu, "BLEU: A Method For Automatic Evaluation of Machine Translation," dalam *Proceedings of the 40th Annual Meeting of the Association of Computational Linguistics (ACL)*, Pennsylvania, 2002.

Penerapan Algoritma *A Star* (A^*) pada *Game* Petualangan Labirin Berbasis Android

Imam Ahmad, Wahyu Widodo*

Program Studi S1 Informatika

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia

*wahyuwido497@gmail.com

Abstrak-*Game* memiliki arti dasar permainan, dalam hal ini merujuk pada pengertian kelincihan intelektual. Salah satu contoh game yang populer adalah game labirin yang merupakan sebuah *puzzle* dalam bentuk percabangan jalan yang kompleks. Tulisan ini menyajikan laporan hasil pengembangan game petualangan labirin yang menceritakan mengenai petualangan kelinci melewati sebuah labirin untuk mencari makanannya. Suatu *game* memerlukan AI (*Artificial Intelligence*). AI yang digunakan dalam pembangunan *game* petualangan labirin ini adalah algoritma A^* (*A Star*) dengan *euclidean distance*. Algoritma ini merupakan algoritma pencarian untuk menemukan rute terpendek dengan *cost* paling minimum, algoritma A^* mencari rute terpendek dengan menjumlahkan jarak sebenarnya dengan jarak perkiraan sehingga membuatnya optimum dan *complete*. *Genre* dari *game* ini adalah *adventure* dan *puzzle*, dibangun dengan bahasa pemrograman java dengan *tools* Android Studio, AI yang digunakan adalah algoritma A^* dengan *euclidean distance* yang digunakan pada bantuan untuk melakukan pencarian jalur guna menemukan makanan kelinci. Hasil uji dari *game* petualangan labirin ini adalah jika pemain dalam kesusahannya menemukan jalur menuju makanan kelinci, maka pemain dapat menggunakan tombol bantuan yang akan dicarikan jalur terpendek oleh algoritma A^* (*A Star*) dengan *euclidean distance* untuk menuju lokasi tempat makanan kelinci berada.

Kata Kunci: *Adventure*, Algoritma A^* , *Artificial Intelligence*, *Game*, Labirin.

1. Pendahuluan

Game merupakan salah satu sarana untuk mengisi waktu luang dan melepas penat [1]. Hiburan dianggap penting bagi seseorang dikarenakan dengan adanya hiburan akan mampu menyegarkan kembali pikiran setelah disibukkan dengan berbagai aktivitas yang menguras tenaga dan otak. Tetapi seiring perkembangan teknologi, *Game* tidak hanya dijadikan sebagai sarana hiburan semata namun sekarang *Game* telah menjadi luas fungsinya, misalnya *Game* dapat dijadikan sarana pembelajaran yang biasa disebut game edukasi [2], lahan bisnis, dan dipertandingkan sebagai salah satu dari cabang olahraga oleh para profesional. Pada saat ini *Game* telah banyak dibuat mulai dari *Game* yang beraliran aksi, pertarungan, simulasi, strategi, olahraga, musik, edukasi, hingga petualangan.

Game petualangan (*adventure*) merupakan *Game* yang menuntut kemampuan berfikir untuk menganalisis tempat secara visual, memecahkan teka-teki maupun menyimpulkan rangkaian peristiwa dan percakapan karakter [3]. Hampir semua *Game* juga memiliki unsur *Game adventure* walaupun tidak spesifik. *Game adventure* biasanya memiliki satu tokoh atau obyek utama yang dimainkan dan dijalankan secara langsung dari awal sampai akhir. Salah satu contoh *Game* petualangan yaitu permainan labirin.

Labirin adalah sebuah *puzzle* dalam bentuk percabangan jalan yang kompleks dan memiliki banyak jalan buntu [4]. Prinsip permainannya adalah pemain harus

menemukan jalan keluar dari sebuah pintu masuk ke satu atau lebih pintu keluar. Untuk menyelesaikan permainan ini memerlukan penalaran-penalaran akan ketidakpastian, selayaknya proses pemecahan masalah dalam melakukan pencarian jalur yang dilakukan secara alami oleh manusia.

Algoritma A^* (*A-Star*) merupakan metode pencarian yang membuang langkah-langkah yang tidak perlu dengan pertimbangan bahwa langkah-langkah yang dibuang sudah pasti merupakan langkah yang tidak akan mencapai solusi yang diinginkan [5]. Jadi, algoritma ini cocok untuk diterapkan dalam pencarian jalur di permainan labirin.

Mobile game adalah sebuah *game* yang didesain dan dimainkan oleh *mobile devices*, seperti *PDA*, *smartphone*, *tablet PCs*, dan *portable media player* [6]. Sekarang ini, *mobile game* telah dibuat dalam berbagai *platform* seperti Symbian, Apple IOS, Android serta Windows Phone. Keuntungan *mobile game* yaitu pengguna dapat bermain *game* dimana saja mereka mau selama mereka mempunyai *mobile devices* yang mampu menjalankan *mobile games*. Tulisan ini menyajikan hasil penelitian terkait dengan pengembangan *mobile game* khusus pada *smartphone* berbasis Android. Android dipilih karena telah menjadi sistem operasi *mobile* yang populer dan banyak diminati oleh pengguna.

2. Landasan Teori

2.1 Algoritma A^* (*A Star*)

Menurut Arhami dkk (2006) algoritma A^* merupakan algoritma *best first search* dengan pemodifikasian fungsi

heuristik. Algoritma ini meminimalkan total biaya lintasan, dan pada kondisi yang tepat akan memberikan solusi yang terbaik dalam waktu yang optimal [6].

Algoritma A* membutuhkan dua antrean, yaitu *OPEN* dan *CLOSED* [6]. *OPEN* adalah senarai (*list*) yang digunakan untuk menyimpan simpul-simpul yang pernah dibangkitkan dan nilai heuristiknya telah dihitung tetapi belum dipilih sebagai simpul terbaik (*best node*). Dengan kata lain, *OPEN* berisi simpul-simpul yang masih memiliki peluang untuk terpilih sebagai simpul terbaik, sedangkan *CLOSED* adalah senarai untuk menyimpan simpul-simpul yang sudah pernah dibangkitkan dan sudah pernah dipilih sebagai simpul terbaik. Artinya, *CLOSED* berisi simpul-simpul yang tidak mungkin dipilih sebagai simpul terbaik (peluang untuk terpilih sudah tertutup). Selain antrean tersebut, ada juga fungsi *heuristik* yang memprediksi keuntungan setiap *node* yang dibuat. Hal ini akan memungkinkan algoritma untuk melakukan pencarian-pencarian lintasan yang lebih dapat diharapkan. Fungsi tersebut disebut sebagai pendekatan dari fungsi yang merupakan fungsi evaluasi yang sebenarnya terhadap *node* *n*. Dalam banyak penerapan, akan lebih baik jika fungsi ini didefinisikan sebagai kombinasi atau jumlah dua komponen yaitu *g* dan *h*. Fungsi *g* merupakan ukuran biaya yang dikeluarkan dari keadaan awal sampai ke *node* *n*. Nilai yang diperoleh *g* merupakan jumlah biaya penerapan setiap aturan yang dilakukan pada sepanjang lintasan terbaik menuju suatu simpul dan bukan merupakan hasil estimasi. Adapun fungsi *h* merupakan pengukur biaya tambahan yang harus dikeluarkan dari *node* *n* sampai mendapatkan tujuan. Perlu diketahui bahwa *h* tidak negatif karena bila negatif, maka lintasan yang membalik siklus pada *grafikan* tampak lebih baik dengan semakin panjangnya lintasan.

Secara matematis, fungsi sebagai estimasi fungsi evaluasi terhadap *node* *n* dapat dituliskan sesuai Persamaan 1.

$$f'(n) = g(n) + h(n) \quad (1)$$

dengan

$f'(n)$ = fungsi evaluasi,

$g(n)$ = biaya yang sudah dikeluarkan dari keadaan awal sampai keadaan *n*,

$h(n)$ = estimasi biaya untuk sampai pada suatu tujuan mulai dari *n*.

2.2 Game (Permainan)

Sebuah permainan adalah sebuah sistem di mana pemain terlibat dalam konflik buatan. Disini pemain berinteraksi dengan sistem dan konflik dalam permainan merupakan rekayasa atau buatan. Dalam permainan terdapat peraturan yang bertujuan untuk membatasi perilaku pemain dan menentukan permainan [8]. *Game* bertujuan untuk menghibur, biasanya *game* banyak disukai oleh anak-anak hingga orang dewasa. *Game* sebenarnya penting untuk perkembangan otak, untuk meningkatkan konsentrasi dan melatih untuk memecahkan masalah dengan tepat dan cepat karena dalam *game* terdapat berbagai konflik atau masalah yang menuntut pemain untuk menyelesaikannya dengan cepat dan tepat.

2.3 Labirin

Maze atau labirin adalah sebuah *puzzle* dalam bentuk percabangan jalan yang kompleks dan memiliki banyak jalan buntu [4]. Tujuan permainan ini adalah pemain harus menemukan jalan keluar dari sebuah pintu masuk ke satu atau lebih pintu keluar. Bisa juga kondisi pemain menang yaitu ketika dia mencapai suatu titik di dalam *maze* tersebut. *Maze* dalam dunia nyata banyak dibuat di taman atau ruangan-ruangan dengan pembatas berupa pagar tanaman, tembok atau pagar. Ukurannya bervariasi, tergantung ukuran ruangan atau taman tersebut.

2.4 Android

Android merupakan sebuah sistem operasi yang berbasis Linux untuk telepon seluler seperti telepon pintar dan komputer tablet. Android menyediakan *platform* terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri untuk digunakan oleh bermacam peranti bergerak [9]. Android umum digunakan di *smartphone* dan juga tablet PC. Fungsinya sama seperti sistem operasi Symbian di Nokia, iOS di Apple, dan BlackBerry OS.

3. Metode Penelitian/Eksperimen

3.1 Pengumpulan Data

Penyusunan proposal penelitian ini tentu membutuhkan berbagai keterangan-keterangan lengkap. Peneliti mengumpulkan data-data tersebut dengan dua metode, yaitu:

a. Studi Literatur.

Proses pengumpulan data yang dilakukan dengan mempelajari berbagai bentuk bahan tertulis yang berupa buku-buku, artikel, dokumen-dokumen, termasuk laporan yang ada kaitannya secara langsung. Pada metode ini, penulis mempelajari buku-buku penunjang dan dokumen yang terkait serta dapat dijadikan acuan untuk mengadakan maupun menguraikan pembahasan.

b. Wawancara

Wawancara adalah salah satu cara yang digunakan untuk menggali informasi berupa data secara lisan. Data yang diperoleh dari wawancara kepada narasumber akan digunakan sebagai bahan penelitian tentang penerapan algoritma pada *game* petualangan labirin. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan wawancara kepada guru Sekolah Dasar.

3.2 Analisis Pembangunan Aplikasi Game Petualangan Labirin

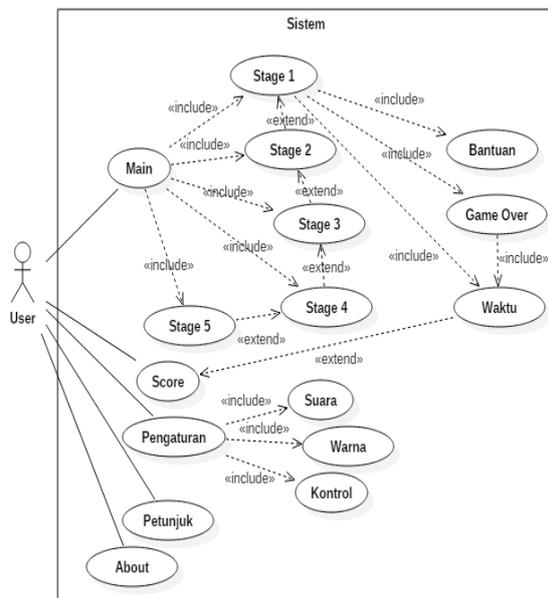
Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai analisis-analisis *game* yang akan dibuat dari pengenalan *game* sampai dengan metode dan algoritma yang akan digunakan.

a. Pengenalan Game

Nama Pada Aplikasi *game* ini adalah Petualangan Labirin. *Game* ini merupakan *game* ber *genre* Adventure. Pemberian nama pada *game* ini dilihat dari permainannya karena pemain harus menemukan jalur keluar dari pintu masuk menuju pintu keluar dari sebuah labirin. *Game* ini merupakan *game* dua dimensi, dan dimainkan dengan menggunakan *smartphone* berbasis android. Permainan ini bersifat *singleplayer* dan tidak memerlukan jaringan *internet* untuk memainkannya (*offline*).

Tabel 1. *Gameplay*

No	Aksi
1	Pemain masuk ke menu utama
2	Pemain memilih menu main
3	Pemain memilih <i>stage</i>
4	Menampilkan pilihan <i>stage</i> 1 sampai 5
5	Setelah memilih <i>stage</i> , <i>game</i> ditampilkan
6	Pemain menggerakkan kelinci untuk menemukan makanannya, dimana dalam pencarian tersebut pemain harus melewati banyaknya jalur dalam labirin.
7	Jika pemain terjebak dalam jalur buntu, maka karakter dapat berbalik arah
8	Jika pemain kesulitan mencari jalur keluar, pemain bisa menggunakan tombol bantuan untuk membantu menemukan jalur terdekat.
9	Tombol bantuan hanya bisa digunakan dua kali
10	Permainan ini dibatasi oleh waktu
11	Menampilkan <i>score</i> dan lanjut <i>stage</i>
12	Menampilkan <i>stage</i> selanjutnya
13	Jika pemain tidak dapat mencari makanan kelinci atau pintu keluar dari waktu yang sudah ditentukan maka <i>game over</i> .
14	Pemain dapat memilih memainkan ulang <i>game</i> atau kembali ke menu utama
15	Pemain memilih menu <i>score</i> untuk mengetahui <i>score</i> yang sudah didapat
16	Pemain memilih menu pengaturan untuk mengatur suara
17	Pemain memilih menu petunjuk untuk mempelajari petunjuk permainan
18	Pemain memilih menu keluar untuk keluar dari <i>game</i> .

Gambar 1. *Use Case Diagram*

b. Alur Permainan

Alur permainan dalam *game* Petualangan Labirin adalah sebagai berikut:

- Kelinci bergerak menggunakan sentuhan tampilan layarmelalui jari.
- Pemain harus mencari makanan kelinci, atau pintu keluar.
- Bila pemain terjebak dalam jalur buntu, pemain dapat berbalik arah.
- Bila pemain tidak dapat mencari makanan kelinci atau pintu keluar dari waktu yang sudah ditentukan maka *game over*.
- Jika *game over*, maka pemain dapat memilih untuk memainkan ulang *game* atau kembali ke menu utama.
- Jika pemain sampai ke tujuan per *stage*, maka skor akan ditentukan dari sisa waktu yang diberikan dan menampilkan pilihan lanjut *stage* berikutnya.

c. Misi Permainan

Misi dari permainan ini adalah melakukan pencarian jalur dari tempat awal permainan menuju tempat makanan kelinci. Selain itu pemain juga harus menemukan makanan kelinci dari waktu yang disediakan.

d. Menentukan *Gameplay*

Gameplay merupakan sifat interaktivitas pemain dimana pemain dapat berinteraksi dengan *game* petualangan labirin dan *game* tersebut dapat menerima reaksi yang dipilih pemain. *Gameplay* dapat dilihat pada tabel 1.

e. Sasaran *User* dan Kegunaan Aplikasi Permainan

Menurut Piaget dalam Santrock (1986) membagi perkembangan intelektual anak ke dalam 4 periode utama yang berkorelasi dengan seiring pertambahan usia: Periode sensori motor (usia 0–2 tahun), Periode praoperasional (usia 2–7 tahun), Periode operasional konkret (usia 7–11 tahun), Periode operasional formal (usia 11 tahun sampai dewasa). Tahapan operasional konkret, Tahapan ini adalah tahapan ketiga dari empat tahapan. Muncul antara usia tujuh sampai sebelas tahun dan mempunyai ciri berupa penggunaan logika yang memadai [9].

Oleh sebab itu, untuk menyeimbangkan penggunaan *game* dengan umur anak, dalam hal ini pemain yang memainkan aplikasi permainan petualangan labirin. Anak umur 7 sampai 11 tahun, alasannya adalah pada umur ini penggunaan logika yang memadai dalam memainkan *game* petualangan labirin yang memerlukan penalaran-penalaran logika untuk memainkannya.

Kegunaan dari aplikasi permainan petualangan labirin ini selain menjadi sarana hiburan bagi para pemainnya juga dapat melatih kecepatan otak dalam berpikir, melatih cara pemecahan masalah, melatih koordinasi mata dan tangan. Pengambilan keputusan pada *game* ini akan melatih otak pemain untuk terampil dan cepat dalam mengambil tindakan serta melatih kesabaran dan konsentrasi anak.

3.3 Analisis Algoritma A* (A Star)

AI merupakan faktor terpenting dalam meningkatkan *gameplay* pada semua jenis permainan. Hal penting dalam menentukan keberhasilan suatu aplikasi *game* yang menerapkan AI adalah kesuksesan dalam pencarian dan pelacakan. Pada dasarnya ada dua teknik pencarian dan pelacakan yang digunakan, yaitu pencarian buta (*blindsearch*)

dan pencarian terbimbing (*heuristics search*). Dalam pencarian terbimbing ada beberapa algoritma A*. Algoritma ini dapat menyelesaikan permasalahan secara optimal untuk menemukan jalan terpendek menuju suatu tujuan.

3.4 Rancangan Use Case Diagram

Use case diagram menggambarkan fungsionalitas yang diharapkan dari sebuah sistem. Sebuah *use case* merepresentasikan suatu interaksi antara aktor dengan sistem seperti pada Gambar 1.

3.5 Skenario Testing (Pengujian)

Skenario pengujian menggunakan standar kualitas ISO 9126. Menurut Assaf Ben David (2011), untuk mengukur kualitas suatu aplikasi *mobile* cukup dengan melakukan empat aspek pengujian, yaitu *functional testing*, *portability testing*, *usability testing*, dan *efficiency testing*, sehingga yang diuji dalam penelitian ini hanya 4 aspek tersebut saja [10].

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Implimentasi Perangkat Keras

Perangkat keras atau *device* yang digunakan untuk menjalankan aplikasi *game* petualangan labirin tidak harus yang berspesifikasi tinggi. Spesifikasi minimum yang dapat digunakan untuk menjalankan aplikasi *game* petualangan labirin adalah sebagai berikut:

- 1) RAM 512 MB
- 2) Processor Dual Core
- 3) Unit Pengolahan Grafis (GPU) OpenGL ES 2.0 dan 3.0

4.2 Implimentasi Perangkat Lunak

Adapun spesifikasi perangkat lunak yang digunakan untuk menjalankan aplikasi *game* petualangan labirin adalah perangkat *device* yang sudah berbasis android dengan sistem operasi versi Jelly Bean, Kitkat, Lolipop, dan Marshmallow.

4.3 Implementasi Antarmuka

a. Antarmuka Menu Utama

Antarmuka menu utama ditunjukkan dalam Gambar 2. Menu yang tersedia dalam menu utama adalah:

- Pilih *Main* untuk mulai masuk ke menu pilih *stage* permainan.
- Pilih *Score* untuk melihat hasil *score*.
- Pilih *Setting* untuk mengatur suara, warna, dan tipe kontrol.
- Pilih *Help* untuk melihat petunjuk permainan.
- Pilih *About* untuk melihat petunjuk permainan.
- Pilih *iconSound* untuk mengatur suara



Gambar 2. Antarmuka Menu Utama



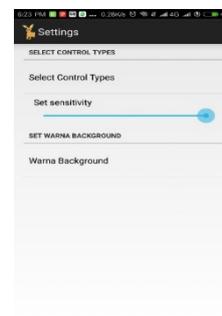
Gambar 3. Antarmuka Pilih Stage



Gambar 4. Antarmuka Permainan



Gambar 5. Antarmuka Score



Gambar 6. Antarmuka Setting



Gambar 7. Antarmuka Petunjuk

b. Antarmuka Select Stage

Gambar 3 menunjukkan antarmuka menu Pilih Stage. Menu yang tersedia dalam menu Pilih Stage adalah:

- Pilih *Stage 1* untuk mulai masuk ke arena permainan 1
- Pilih *Stage 2* untuk mulai masuk ke arena permainan 2
- Pilih *Stage 3* untuk mulai masuk ke arena permainan 3
- Pilih *Stage 4* untuk mulai masuk ke arena permainan 4
- Pilih *Stage 5* untuk mulai masuk ke arena permainan 5

c. Antarmuka Permainan

Antarmuka menu Permainan ditunjukkan dalam Gambar 4. Menu yang tersedia dalam menu Permainan adalah:

- Pilih Bantuan untuk bantuan mencari jalur terdekat.
- Pilih *icon* dipojok kanan atas untuk mengganti *type control game*.
- Waktu adalah batas waktu untuk menyelesaikan permainan.

d. Antarmuka Score

Antarmuka menu Score ditunjukkan dalam Gambar 5. Score pada menu ini diurutkan berdasarkan waktu terkecil ke waktu terbesar.

- *Score* diurutkan berdasarkan waktu terkecil ke waktu terbesar.

e. Antarmuka Setting

Antarmuka menu Setting ditunjukkan dalam Gambar 6. Menu yang tersedia dalam menu Setting adalah:

- Pilih *selectcontroltypes* untuk mengatur tipe kontrol permainan yang akan digunakan.
- *Setsensitivity* untuk mengatur sensitifitas *touchscreen*.
- *Setlabyrinthcolor* untuk mengatur warna *background labirin*

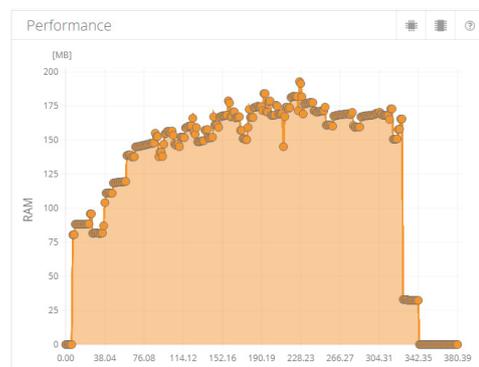
f. Antarmuka Petunjuk

Antarmuka menu Petunjuk ditunjukkan dalam Gambar 7. Menu ini berisi petunjuk permainan.

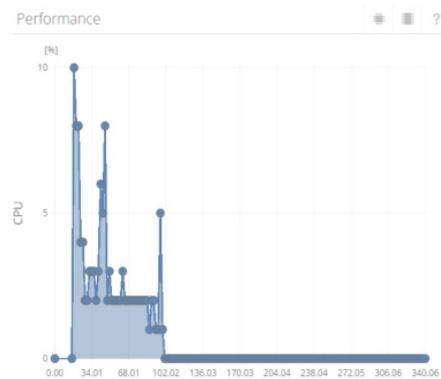
- Petunjuk berisi petunjuk permainan.
- Petunjuk juga berisi petunjuk *game*.

Tabel 2. Hasil Aspek *portability*

No	Jenis Perangkat	Jenis Android	Proses Installasi	Proses <i>Running Game</i>
1	Evercross A80A	4.2.2 (Jelly Bean)	Berhasil	Berjalan tanpa ada <i>error</i>
2	Asus Zenfone 5	4.4 (Kitkat)	Berhasil	Berjalan tanpa ada <i>error</i>
3	LG G3	5.0 (Lolipop)	Berhasil	Berjalan tanpa ada <i>error</i>
4	Samsung J5 Prime	6.0 (Marshmallow)	Berhasil	Berjalan tanpa ada <i>error</i>
5	Xiaomi MI 4C	7.0 (Nougat)	Berhasil	Berjalan tanpa ada <i>error</i>



Gambar 8. Penggunaan *memory* oleh aplikasi



Gambar 9. Penggunaan CPU oleh aplikasi

4.4 Pengujian

a. Pengujian Usability

Pada aspek ini, metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan kuesioner yang diberikan kepada siswa berumur 7-11 tahun dengan cara mencoba aplikasi terlebih dahulu sebelum mengisi kuisisioner. Kuisisioner ini mengadaptasi dari J.R Lewis.

Hasil yang diperoleh adalah persentase 79,92% dari pengujian *usability*. Berdasarkan skor persentase yang didapat, maka kualitas perangkat lunak dari sisi *usability* telah sesuai dengan atribut *usability* atau bisa dikategorikan sebagian besar responden sangat setuju.

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Penerapan algoritma A* (A Star) untuk menu bantuan pada *game* petualangan labirin sudah berjalan menggunakan *euclidean heuristic*. Kegunaan algoritma A* (A Star) ini adalah untuk mencari jalur terpendek bagi kelinci (karakter) menuju tempat makanannya.

Game petualangan labirin dapat dijalankan menggunakan *smartphone* dengan sistem operasi Android versi Jelly Bean, Kitkat, Lolipop, Marshmallow, dan Nougat. *Game* petualangan labirin bisa dimainkan dengan kontrol *touchscreen* dan *sensor gravity*.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut dari Penerapan Algoritma A* (A Star) Pada *Game* Petualangan Labirin antara lain:

- a. Dapat menggunakan algoritma selain A* (A Star) dalam hal pencarian jalur terdekat.
- b. *Stage* ditambah dan dibuat dinamis atau acak di setiap *stage* nya.
- c. Kontrol permainan pada *game* ditambah dengan sensor suara dan getaran.
4. *Game* petualangan labirin bisa dibuat versi 3 dimensinya.

6. Daftar Pustaka

- [1] Khairy, M. S., Herumurti, D., & Kuswardayan, I. 2016. Analisis Pengaruh Penggunaan Game Edukasi pada Penguasaan Kosakata Bahasa Asing dengan Studi Kasus Game Edukasi Bahasa Arab. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 2(2), 42-48.
- [2] Sudarmilah, E., & Wibowo, P.A., 2016. Aplikasi Augmented Reality Game Edukasi untuk Pengenalan Organ Tubuh Manusia *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 2(1), 20-25..
- [3] Wicaksono, R. M., & R Sandhika Galih Amalga, D. S., 2016. Pembuatan Game Petualangan Menggunakan Construct2 (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Unpas).
- [4] Tilawah, H., 2011. Penerapan Algoritma A-Star (A*) Untuk Menyelesaikan Masalah Maze. *Jurnal, Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung*.
- [5] Putra, R. D., Aswin, M., & Djurianto, W. 2012. Pencarian Rute Terdekat Pada Labirin Menggunakan Metode A*. *Jurnal EECCIS*, 6(2).
- [6] Rahadian, M., Agustri, S., & Suhandi, N. 2016. Pembangunan Game Ayo Tarik Berbasis Android. *Jurnal Informatika Global*, 6(1).
- [7] Anita, D., & Arhami, M. 2006. Konsep Kecerdasan Buatan. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [8] Pribadi, B. 2013. Pembangunan Game Edukasi Smart Labyrinth Berbasis Dekstop (Doctoral dissertation, Universitas Komputer Indonesia).
- [9] Pratama, D., Hakim, D. A., Prasetya, Y., Febriandika, N. R., Trijati, M., & Fadlilah, U. 2016. Rancang Bangun Alat dan Aplikasi untuk Para Penyandang Tunanetra Berbasis Smartphone Android. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 2(1), 14-19.
- [10] Santrock, J.W., 1986, Life-span development (Perkembangan Masa Hidup), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [11] Assaf B, D., 2011. Mobile Application Testing (Best Practices to Ensure Quality). Amdocs, 2.
- [12] Testdroid. 2017. Demo Project. Diakses 07 Agustus, 2017, dari <http://cloud.testdroid.com/>.

Implementasi *VLAN* dan *Spanning Tree Protocol* Menggunakan *GNS 3* dan Pengujian Sistem Keamanannya

Wahyu Saputra^{1*}, Fajar Suryawan²

¹Program Studi Informatika

Universitas Muhammadiyah Surakarta

²Program Studi Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Surakarta

*wahyusaputra12@outlook.com

Abstrak-Pada saat ini setiap perusahaan atau organisasi menggunakan jaringan komputer. Oleh karena itu maka perlu dibuat sebuah jaringan komputer dengan memiliki kinerja yang lebih baik. Dari hasil analisis, *Virtual Local Area Network (VLAN)* merupakan sebuah konsep jaringan yang mampu memberikan hasil maksimal baik dari segi efisiensi perangkat, konfigurasi, dan keamanan jaringan yang digunakan. Selain itu, banyak perusahaan atau organisasi juga menerapkan konsep *Spanning Tree Protocol*. Penggunaan *Spanning Tree Protocol* adalah untuk mencegah terjadinya *broadcast storm* apabila sebuah perusahaan atau organisasi menerapkan sistem *redundant* pada perangkat jaringan digunakan. Meskipun telah memiliki tingkat keamanan yang baik namun masih perlu diuji dengan beberapa serangan dari pihak luar. Beberapa serangan yang mampu mengganggu jaringan *VLAN* dan *Spanning Tree Protocol* adalah *VLAN Hopping* dan *Spanning Tree Protocol Attack*. Dalam penelitian ini dilakukan implementasi jaringan *VLAN* dan *Spanning Tree Protocol* menggunakan aplikasi *GNS 3* serta pengujian sistem keamanan pada jaringan *VLAN* dan *Spanning Tree Protocol* dari *VLAN Hopping* dan *Spanning Tree Protocol Attack*.

Kata Kunci: *Spanning Tree Protocol, Spanning Tree Protocol Attack, VLAN, VLAN Hopping.*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi jaringan komputer pada saat ini telah tumbuh dengan pesat. Banyak perusahaan maupun organisasi yang memanfaatkan jaringan komputer untuk kegiatan operasional sehari-hari. Jaringan *local area network (LAN)* merupakan salah satu konsep yang banyak diterapkan berbagai perusahaan maupun organisasi. Pada dasarnya, jaringan *LAN* sudah cukup membantu bagi perusahaan atau organisasi dalam membantu kegiatan operasional sehari-hari. Namun seiring dengan berkembangnya kebutuhan jaringan komputer, maka ditemukan beberapa kelemahan dari jaringan *LAN*. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka dilakukan pengembangan dari jaringan *LAN* menjadi konsep jaringan *virtual local area network (VLAN)*. Tambe (2015) mendefinisikan *VLAN* sebagai kumpulan beberapa *workstation* dalam *LAN* yang mampu berkomunikasi satu sama lain pada *LAN* yang sama dan saling terisolasi. Tulloh (2015) mendefinisikan *VLAN (Virtual LAN)* adalah sebuah teknologi yang dapat mengkonfigurasi jaringan logis independen dari struktur jaringan fisik. Selain definisi tersebut, Ali (2015) mendefinisikan bahwa *VLAN* merupakan sebuah *LAN* yang terkonfigurasi secara *software* bukan menggunakan kabel fisik. Prasetyo (2014) mengatakan bahwa *VLAN* dapat membagi jaringan berdasarkan *subnet*, hak akses, serta aplikasi yang digunakan oleh beberapa *host* di dalam satu perangkat *switch* yang sama. Lewis (2008) dalam bukunya yang

berjudul *LAN Switching and Wireless: CCNA Exploration Companion Guide* mengatakan bahwa sebuah *VLAN* memungkinkan seorang *administrator* untuk menciptakan sekelompok peralatan yang secara *logic* dihubungkan satu sama lain. Dari beberapa pernyataan tersebut, penerapan konsep *VLAN* membuat jaringan *switch* dapat dibagi secara *logic* berdasarkan fungsi, departemen atau *project* sebuah tim. *VLAN* mampu mengurangi trafik jaringan dengan membentuk beberapa domain *broadcast* untuk memecah jaringan yang besar menjadi segmen-segmen independen yang lebih kecil sehingga pengiriman *broadcast* ke setiap perangkat jaringan secara keseluruhan menjadi lebih sedikit. Selain itu, konsep *VLAN* yang diterapkan memungkinkan sebuah jaringan menjadi lebih fleksibel sehingga tujuan bisnis yang diinginkan oleh perusahaan maupun organisasi dapat tercapai.

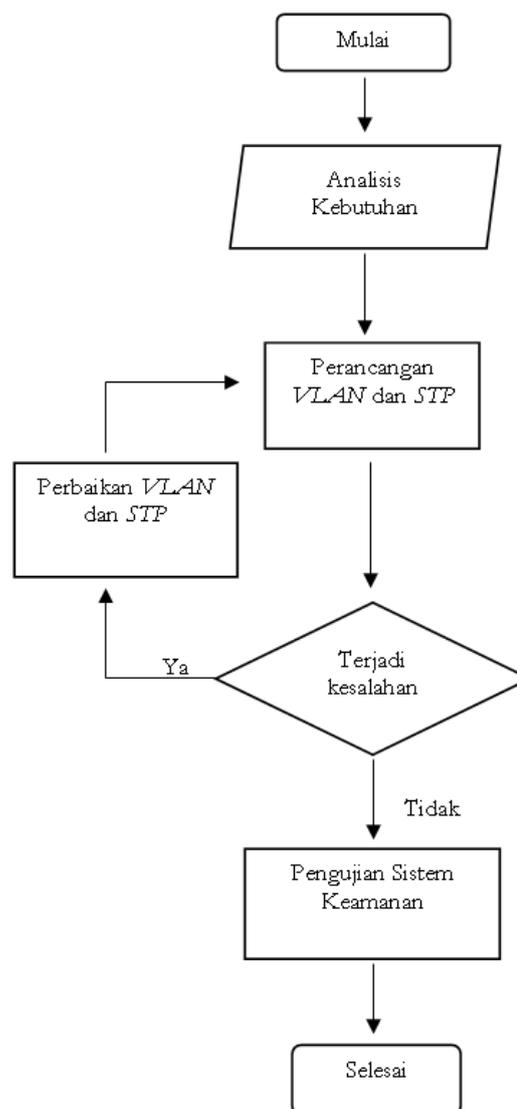
Implementasi konsep jaringan *VLAN* banyak menawarkan kelebihan bagi perusahaan maupun organisasi. Lewis (2008) menyebutkan bahwa jaringan *VLAN* memiliki beberapa kelebihan yaitu dari aspek keamanan, jaringan *VLAN* dapat memberikan keuntungan apabila sebuah departemen yang memiliki data sensitif terpisah dari jaringan yang ada, maka akan mengurangi peluang pelanggaran akses ke informasi rahasia dan penting. Dari sisi penghematan biaya, jaringan *VLAN* membuat biaya menjadi lebih hemat karena tidak diperlukannya biaya yang mahal untuk *upgrade* jaringan dan efisiensi penggunaan *bandwidth* dan *uplink* yang tersedia. Dari sisi performa, jaringan *VLAN* memberikan

kinerja yang lebih tinggi, yaitu dengan membagi jaringan *layer 2* menjadi beberapa *workgroup* secara *logic (broadcast domain)* serta mengurangi trafik yang tidak diperlukan pada jaringan sehingga dapat meningkatkan performa. Dari segi efisiensi dan 3 kemudahan, dengan menerapkan konsep jaringan *VLAN* maka pengelolaan jaringan lebih mudah, karena *user-user* dengan kebutuhan jaringan yang sama berbagi *VLAN* yang sama.

Banyak perusahaan atau organisasi memiliki jaringan yang cukup kompleks, selain memiliki jaringan *VLAN* yang sangat besar. Hal tersebut membuat perangkat jaringan terutama *switch* dapat digunakan semaksimal mungkin. Sistem *redundant switch* merupakan salah satu konsep yang dapat digunakan untuk mencegah terjadinya gangguan kegiatan operasional sebuah perusahaan atau organisasi apabila perangkat *switch* mengalami kerusakan. Efendi (2013) mengatakan bahwa *redundancy* merupakan langkah antisipasi terhadap suatu kegagalan dalam suatu proses aktivitas pengiriman data. Apabila sistem *redundant* diterapkan maka terjadinya *loop* dan *broadcast storm* data akan semakin besar. Oleh karena itu diperlukan *Spanning Tree Protocol* pada sebuah jaringan *VLAN*. Wiguna *et al.* (2013) mendefinisikan bahwa *spanning tree protocol* merupakan *link* manajemen protokol pada *layer 2* yang menyediakan sistem jalur *backup* dan juga mencegah terjadinya *loop* dan *broadcast storm* yang tidak diinginkan pada jaringan yang memiliki beberapa jalur menuju ke satu tujuan dari suatu *host*.

Dari aspek keamanan, meskipun jaringan *VLAN* telah memiliki tingkat keamanan yang cukup baik namun masih perlu diuji dengan beberapa serangan dari pihak luar. Beberapa serangan yang mampu mengganggu adalah *VLAN hopping* dan *spanning tree protocol attack*. Bajpai *et al.* (2016) mengatakan bahwa *VLAN hopping* bertujuan untuk membuat penyerang mendapatkan akses dari satu *VLAN* ke *VLAN* yang lainnya, sedangkan *spanning tree protocol attack* melibatkan seorang penyerang yang akan mengambil alih hak akses *root bridge* pada sebuah topologi. Vyncke *et al.* (2008) dalam bukunya yang berjudul *LAN Switch Security: What Hackers Know about Your Switches* mengatakan bahwa *spanning tree protocol attack* memiliki beberapa skenario serangan yaitu mengambil alih hak akses *root bridge* dan menimbulkan *denial of service* menggunakan pengiriman konfigurasi *bridge protocol data unit (BPDU)*. Bajpai *et al.* (2016) mengatakan bahwa *VLAN hopping* memiliki beberapa skenario serangan yaitu *double tagging attack*. Serangan *VLAN hopping* dan *spanning tree protocol attack* dapat mengancam kerahasiaan data penting yang dimiliki oleh perusahaan. Supriyono *et al.* (2013) mengatakan bahwa data-data perusahaan adalah termasuk informasi rahasia yang harus dijaga.

Dalam penelitian ini dilakukan implementasi jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* menggunakan aplikasi *GNS 3* serta menguji jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* dari aspek sistem keamanannya. Tujuan utama dari penelitian ini adalah bagaimana perancangan jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* yang diimplementasikan menggunakan simulator jaringan *GNS 3* serta bagaimana meningkatkan sistem keamanan dari jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* yaitu dengan cara mengambil tindakan mitigasi yang tepat dari jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* apabila terjadi serangan *VLAN hopping* maupun *spanning tree protocol attack*.



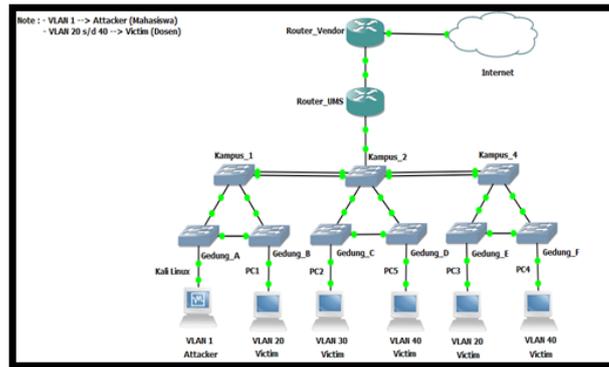
Gambar 1. Diagram alir penelitian.

2. Metode

Pada penelitian ini, untuk mengimplementasikan *VLAN* dan *spanning tree protocol* menggunakan aplikasi *GNS 3* dan sebuah *tool* yaitu *yersinia* sebagai pengujian dari sistem keamanannya. Rancangan jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* menggunakan contoh topologi dari sebagian gedung di Universitas Muhammadiyah Surakarta. Topologi jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* yang dirancang akan dilakukan pengujian terhadap sistem keamanannya dengan beberapa serangan yaitu *VLAN hopping* dan *spanning tree protocol attack*. Gambaran umum penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.

2.1 Analisis Kebutuhan

Pada tahapan ini dilakukan analisis terhadap alat maupun bahan yang dibutuhkan seperti spesifikasi *hardware* maupun *software* untuk mendukung penelitian. Spesifikasi *hardware* komputer yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian ini yaitu: *Processor Intel Core i3-2348M 2.30 GHz*, *RAM 4 GB DDR3*, *Harddisk 500 GB HDD* dengan sistem

Gambar 2. Topologi *virtual local area network (VLAN)* dan *spanning tree protocol*

```
Gedung_B#vlan database
Gedung_B(vlan)#vlan 20
VLAN 20 added:
Name: VLAN0020
```

```
Gedung_B(config)#int fa2/2
Gedung_B(config-if)#switchport mode access
Gedung_B(config-if)#switchport access vlan 20
```

```
Gedung_B(config)#int fa2/1
Gedung_B(config-if)#switchport mode trunk
```

```
Gedung_B#sh vlan-switch
```

VLAN Name	Status	Ports
1 default	active	Fa2/3, Fa2/4, Fa2/5, Fa2/6 Fa2/7, Fa2/8, Fa2/9, Fa2/10 Fa2/11, Fa2/12, Fa2/13, Fa2/14 Fa2/15, Fa3/0, Fa3/1, Fa3/2 Fa3/3, Fa3/4, Fa3/5, Fa3/6 Fa3/7, Fa3/8, Fa3/9, Fa3/10 Fa3/11, Fa3/12, Fa3/13, Fa3/14 Fa3/15
20 VLAN0020	active	Fa2/2
30 VLAN0030	active	
40 VLAN0040	active	

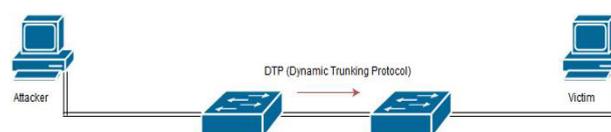
Gambar 3. Konfigurasi *virtual local area network (VLAN)*

```
Gedung_B#sh spanning-tree vlan 1 brief
```

```
VLAN1
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 8192
Address cc03.0df8.0000
Cost 19
Port 81 (FastEthernet2/0)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32768
Address cc05.0b38.0000
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300
```

Interface Name	Port ID	Prio	Cost	Sts	Cost	Bridge ID	Port ID
FastEthernet2/0	128.81	128	19	FWD	0	8192 cc03.0df8.0000	128.84
FastEthernet2/1	128.82	128	19	BLK	19	32768 cc04.1d78.0000	128.82

Gambar 4. Konfigurasi *spanning tree protocol*Gambar 5. *VLAN hopping*

operasi yaitu *Windows 10* (32 bit) pada *hostcomputer* dan *kali linux* (32 bit) pada *guest virtual machine*. Spesifikasi *software* yang digunakan untuk mendukung penelitian ini yaitu: *Graphic Network Simulator (GNS) 3*, *Virtual box*, *Yersinia*, *Wireshark*.

2.2 Perancangan *Virtual Local Area Network (VLAN)* dan *Spanning Tree Protocol*

Pada tahapan ini, dilakukan perancangan topologi untuk jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* serta konfigurasi di masing-masing perangkat. Topologi jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* yang dirancang menggunakan contoh topologi sebagian gedung kampus di Universitas Muhammadiyah Surakarta. Gambaran topologi yang dirancang menggunakan *GNS 3* dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa ada 3 kampus di Universitas Muhammadiyah Surakarta yang digunakan sebagai topologi jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol*. Setiap kampus masing-masing memiliki beberapa *switch* yang digunakan untuk mendistribusikan jaringan ke *client* dan terdapat *backbone switch* yang digunakan untuk menghubungkan jaringan antar kampus. *Backbone switch* yang terdapat di salah satu kampus juga digunakan untuk menghubungkan jaringan ke perangkat *router* utama di Universitas Muhammadiyah Surakarta yang nantinya akan terhubung ke jaringan internet. Konfigurasi *VLAN* dan *spanning tree protocol* dari topologi jaringan yang dirancang menggunakan *GNS 3* adalah sebagai berikut :

a. Konfigurasi *IP address*

Proses awal dimulai dengan melakukan konfigurasi *IP address* di setiap perangkat jaringan. Jaringan yang menghubungkan antara *router vendor* dengan internet menggunakan *network IP* 192.168.100.0/24 dengan *IP address* 192.168.100.20/24 untuk *router vendor*. Koneksi antara *router vendor* dengan *router UMS* menggunakan *network IP* 192.168.1.0/24 dengan *IP address* 192.168.1.1/24 untuk *router vendor* dan *IP address* 192.168.1.2/24 untuk *router UMS*. Jaringan yang menghubungkan antara *router UMS* dengan *client* yang ada di setiap gedung kampus menggunakan *network IP* 192.168.10.0/24 dengan *IP address* 192.168.10.1/24 untuk *router UMS* dan *IP address* 192.168.10.2/24-192.168.10.7/24 untuk setiap *client* di kampus yang berbeda. *IP address* 192.168.10.1/24 digunakan sebagai *gateway* oleh *client* yang ada di setiap gedung kampus.

b. Konfigurasi *Virtual Local Area Network (VLAN)*

Dalam topologi jaringan pada Gambar 2 terdapat perbedaan *VLAN ID* di setiap *client* yang bertujuan untuk mengisolasi jaringan di setiap unit kerja yang berbeda. *VLAN ID* yang digunakan dalam topologi jaringan pada Gambar 2 yaitu *VLAN 1*, *VLAN 20*, *VLAN 30*, *VLAN 40*. *VLAN ID* yang digunakan oleh mahasiswa berada di *VLAN 1* sedangkan *VLAN 20* sampai dengan *VLAN 40* digunakan oleh para dosen. Untuk dapat saling bertukar informasi antar *VLAN*, setiap *client* menggunakan *port* yang terhubung ke *switch*. Setiap *client* hanya dapat mentransmisikan *frame* atau paket dalam 1 *VLAN ID* saja. *Port* yang menghubungkan antara *client* dengan

switch menggunakan konfigurasi *mode access*. Setiap *switch* akan menerima *frame* atau paket *VLAN ID* dari *port client* kemudian akan mentransmisikan *frame* atau paket kembali ke *VLAN ID* yang menjadi tujuan menggunakan *port* yang menghubungkan antar *switch*. Setiap *switch* dapat mentransmisikan *frame* atau paket dengan lebih dari 1 *VLAN ID* yang berbeda. *Port* yang menghubungkan antar *switch* menggunakan konfigurasi *mode trunk*. Konfigurasi *virtual local area network (VLAN)* dapat dilihat pada Gambar 3.

c. Konfigurasi *Spanning Tree Protocol*

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa setiap *switch* memiliki beberapa jalur *backup* yang digunakan apabila salah satu koneksi jaringan terjadi kerusakan dapat menggunakan jalur koneksi yang lain agar jaringan masih dapat berjalan dengan normal. Penggunaan jalur yang digunakan sebagai *backup* dapat memperlambat kinerja sebuah jaringan dan akan mengakibatkan terjadinya *loop* dan *broadcast storm*, maka setiap *switch* menggunakan konsep *spanning tree protocol* untuk meminimalisir kerugian penggunaan jalur *backup*. Konsep *spanning tree protocol* akan mencegah terjadinya *redundant link* pada jaringan dengan menerapkan beberapa proses algoritma yaitu menentukan nilai *bridge ID* paling rendah, menentukan *root path cost* paling rendah, menentukan *sender bridge ID* paling rendah, dan menentukan *port ID* paling rendah. Dari penggunaan algoritma *spanning tree protocol* dapat menentukan pemilihan *root bridge*, *root port* untuk setiap *non-root bridge*, dan *designated port* dan *non-designated port* untuk setiap segmen *network* agar terjadi konvergensi. Dalam penelitian ini digunakan *spanning tree protocol* jenis *per VLAN spanning tree protocol (PVST)*. Penggunaan *PVST* membuat *spanning tree protocol* dapat dikonfigurasi secara terpisah dan mengakibatkan perbedaan konfigurasi di masing-masing *VLAN* sehingga proses menuju konvergensi menjadi lebih cepat. Konfigurasi *spanning tree protocol* dapat dilihat pada Gambar 4.

2.3 Pengujian Sistem Keamanan

Pada tahapan ini, dilakukan pengujian sistem keamanan dari rancangan jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* dengan menggunakan *tool* yaitu *yersinia*. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa *host* dengan *VLAN ID 1* akan menjadi *attacker* untuk melakukan serangan terhadap *host* dengan *VLAN ID 20* sampai dengan *VLAN ID 40* yang akan menjadi target serangan atau *victim* dengan asumsi bahwa *attacker* mempunyai hak akses untuk bergabung dalam jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* yang telah dirancang. Skenario serangan yang digunakan untuk menguji sistem keamanan dari jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* yaitu:

a. *VLAN hopping*

b. *Spanning tree protocol attack*.

Skenario serangan pertama yang digunakan oleh *VLAN ID 1* adalah *VLAN hopping*. Skenario *VLAN hopping* merupakan jenis serangan yang dilakukan dengan cara mengambil hak akses dari satu *VLAN* ke *VLAN* lainnya. Metode yang dapat digunakan dalam skenario

VLAN hopping yaitu *double tagging attack*. Metode *double tagging attack* merupakan metode serangan dalam VLAN hopping yang dilakukan dengan cara menanamkan tag *802.1Q encapsulation* tambahan di dalam *frame* agar *attacker* dapat berkomunikasi dengan *host* yang menjadi target serangan. Skenario serangan VLAN hopping dapat dilihat pada Gambar 5.

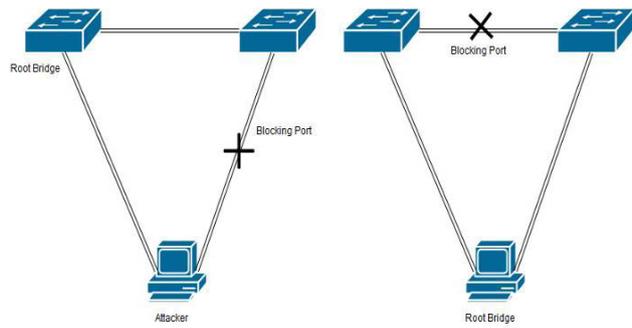
Skenario serangan kedua yang digunakan oleh VLAN ID 1 adalah *spanning tree protocol attack*. Skenario *spanning tree protocol attack* merupakan jenis serangan yang dilakukan dengan cara mengubah nilai *bridge ID* terendah pada sebuah *switch* agar *attacker* dapat mengambil hak akses menjadi *root bridge*. Metode yang digunakan dalam skenario *spanning tree protocol attack* ada 2 jenis yaitu *taking over root bridge* dan *DoS using flood of config BPDU*. Metode *taking over root bridge* merupakan sebuah metode serangan dalam *spanning tree protocol attack* yang dilakukan dengan cara mengambil hak akses *root bridge* dari *switch* yang memiliki nilai *bridge ID* terendah. Apabila serangan *taking over root bridge* berhasil dilakukan, maka seorang *attacker* akan menjadi *root bridge* dan dapat melihat beberapa variasi *frame*. Metode *DoS using flood of config BPDU* merupakan metode serangan *spanning tree protocol attack* selanjutnya yang dilakukan dengan cara mengirimkan konfigurasi *BPDU* per detik dengan jumlah yang besar sehingga penggunaan *resource CPU* pada *switch* akan menjadi lebih tinggi dan membuat sistem jaringan menjadi *down*. Skenario serangan *spanning tree protocol attack* dapat dilihat pada Gambar 6.

c. Pengujian Sistem Keamanan *Virtual Local Area Network (VLAN)*

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem keamanan VLAN menggunakan metode serangan VLAN hopping yaitu *double tagging attack*. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa *host* dengan VLAN ID 1 akan menjadi *attacker* untuk melakukan *double tagging attack*. Sebelum melakukan serangan *double tagging*, *port attacker* yang terhubung ke *switch* gedung A diasumsikan telah bergabung dalam jaringan VLAN dan *spanning tree protocol* dan memiliki hak akses untuk menjadi *trunk port*. Konfigurasi *port attacker* yang terhubung ke *switch* gedung A dapat dilihat pada Gambar 7.

Attacker akan melakukan *double tagging attack* dengan cara mengubah menanamkan tag *802.1Q encapsulation* tambahan di dalam *frame* untuk diteruskan ke *host* yang akan menjadi target serangan menggunakan *tool yersinia*. Metode serangan yang digunakan *attacker* pada *tool yersinia* adalah *sending 802.1Q double encapsulation packet*. Proses serangan *double tagging* dengan *tool yersinia* dapat dilihat pada Gambar 8.

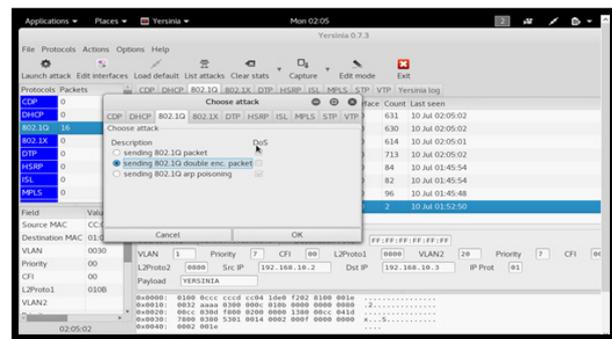
Metode serangan *sending 802.1Q double encapsulation packet* dari *tool yersinia* berhasil menanamkan tag *802.1Q encapsulation* tambahan di dalam *frame* yang dikirimkan menuju *host* target serangan sehingga *attacker* dapat berkomunikasi dengan *host* yang menjadi target serangan. Proses komunikasi yang berhasil dilakukan *attacker* dengan *host* yang memiliki VLAN ID yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 9.



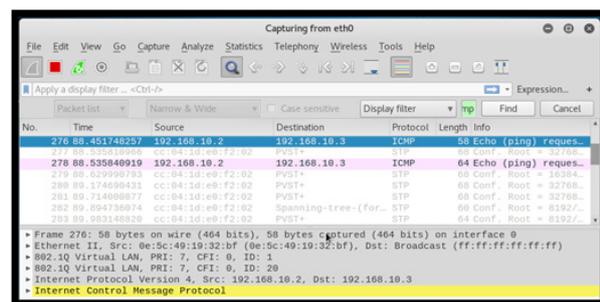
Gambar 6. *Spanning tree protocol attack*

```
Gedung A#sh int fa2/2 switchport
Name: Fa2/2
Switchport: Enabled
Administrative Mode: trunk
Operational Mode: trunk
Administrative Trunking Encapsulation: dot1q
Operational Trunking Encapsulation: dot1q
Negotiation of Trunking: Disabled
Access Mode VLAN: 0 (Inactive)
Trunking Native Mode VLAN: 1 (default)
Trunking VLANs Enabled: ALL
Trunking VLANs Active: 1,20,30,40
Priority for untagged frames: 0
Override vlan tag priority: FALSE
Voice VLAN: none
Appliance trust: none
```

Gambar 7. Konfigurasi *port attacker* yang terhubung ke *switch* gedung A



Gambar 8. Proses *double tagging attack*



Gambar 9. Hasil *capture double tagging attack* di *Wireshark*

d. Pengujian Sistem Keamanan *Spanning Tree Protocol*
Tahap pertama untuk menguji sistem keamanan dari *spanning tree protocol* digunakan metode serangan *spanning tree protocol attack* yaitu *taking over root bridge*. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa *host* dengan VLAN ID 1 akan menjadi *attacker* untuk melakukan *taking over root bridge* dengan asumsi bahwa *attacker* mempunyai hak akses untuk bergabung dalam jaringan VLAN dan *spanning tree*

protocol. Sebelum *attacker* melakukan *taking over root bridge*, *backbone switch* di kampus 1 UMS bertugas menjadi *root bridge*. Konfigurasi *spanning tree protocol* pada *backbone switch* di kampus 1 UMS dapat dilihat pada Gambar 10.

Pada saat *backbone switch* kampus 1 UMS menjadi *root bridge*, status salah satu *port switch* antara gedung A dan gedung B yang terhubung ke kampus 1 adalah *blocking*. Konfigurasi *spanning tree protocol* pada *switch* gedung A yang menghubungkan *port attacker* dapat dilihat pada Gambar 11.

Attacker akan melakukan *taking over root bridge* dari *backbone switch* kampus 1 UMS dengan menggunakan *tool* yaitu *yersinia*. Metode serangan yang digunakan *attacker* pada *tool yersinia* adalah *claiming root role*. Proses serangan *taking over root bridge* dengan *tool yersinia* dapat dilihat pada Gambar 12.

Metode serangan *claiming root role* dari *tool yersinia* berhasil mengambil hak akses *root bridge* dari *backbone switch* kampus 1 UMS dengan cara memperkecil nilai *MAC address* sehingga terjadi konvergensi dan mengubah status *attacker* menjadi *root bridge*. Konfigurasi *spanning tree protocol* pada *attacker* setelah terjadi *taking over root bridge* dapat dilihat pada Gambar 13.

Pada tahap yang kedua dalam menguji sistem keamanan *spanning tree protocol* digunakan metode serangan *spanning tree protocol attack* yang lainnya yaitu *DoS using flood config BPDU* dengan asumsi bahwa *attacker* mempunyai hak akses untuk bergabung dalam jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol*. Sebelum *attacker* melakukan serangan *DoS using flood config BPDU*, tingkat penggunaan *resource CPU* pada *switch* dan trafik penerimaan konfigurasi *BPDU* pada *switch* gedung A masih terlihat normal. Tingkat penggunaan *resource CPU* pada *switch* dan trafik penerimaan konfigurasi *BPDU* pada *switch* gedung A dapat dilihat pada Gambar 14.

Attacker akan melakukan serangan menggunakan metode yang tersedia pada *tool yersinia* yaitu *sending conf BPDU*s dengan tujuan meningkatkan penggunaan *resource CPU* dan trafik penerimaan konfigurasi *BPDU* pada *switch* gedung A. Proses serangan *DoS using flood config BPDU* dengan *tool yersinia* dapat dilihat pada Gambar 15.

Metode serangan *sending conf BPDU*s dari *tool yersinia* berhasil meningkatkan penggunaan *resource CPU* dan trafik penerimaan konfigurasi *BPDU*. Tingkat penggunaan *resource CPU* pada *switch* dan trafik penerimaan konfigurasi *BPDU* pada *switch* gedung A setelah terjadi *DoS using flood config BPDU* dapat dilihat pada Gambar 16.

```
Kampus_1#sh spanning-tree vlan 1 brief
VLAN1
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    8192
          Address    cc03.0dfe.0000
          This bridge is the root
          Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    8192
          Address    cc03.0dfe.0000
          Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
          Aging Time 300

Interface
Name      Port ID Prio Cost  Sts Cost  Bridge ID      Port ID
-----
FastEthernet2/0  128.81  128  19 FWD  0  8192 cc03.0dfe.0000  128.81
FastEthernet2/1  128.82  128  19 FWD  0  8192 cc03.0dfe.0000  128.82
FastEthernet2/2  128.83  128  19 FWD  0  8192 cc03.0dfe.0000  128.83
FastEthernet2/3  128.84  128  19 FWD  0  8192 cc03.0dfe.0000  128.84
```

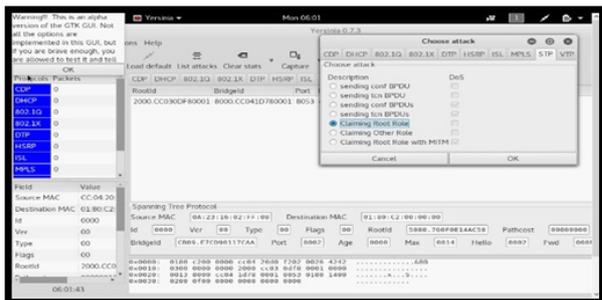
Gambar 10. Konfigurasi *spanning tree protocol* pada *switch* kampus 1 UMS

```
Gedung_A#sh spanning-tree vlan 1 brief
VLAN1
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    8192
          Address    cc03.0dfe.0000
          Cost      19
          Port      81 (FastEthernet2/0)
          Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    32768
          Address    cc04.1d78.0000
          Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
          Aging Time 300

Interface
Name      Port ID Prio Cost  Sts Cost  Bridge ID      Port ID
-----
FastEthernet2/0  128.81  128  19 FWD  0  8192 cc03.0dfe.0000  128.81
FastEthernet2/1  128.82  128  19 FWD  19 32768 cc04.1d78.0000  128.82
FastEthernet2/2  128.83  128  19 FWD  19 32768 cc04.1d78.0000  128.83
```

Gambar 11. Konfigurasi *Spanning Tree Protocol* pada *switch* gedung A



Gambar 12. Proses *taking over root bridge*

```
Gedung_A#sh spanning-tree vlan 1 brief
VLAN1
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    8192
          Address    cc03.0df7.0000
          Cost      38
          Port      83 (FastEthernet2/2)
          Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    32768
          Address    cc04.1d78.0000
          Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
          Aging Time 300

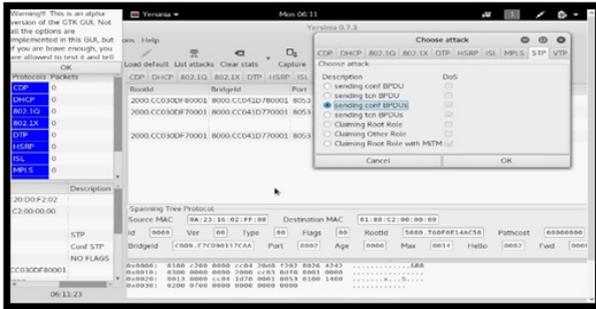
Interface
Name      Port ID Prio Cost  Sts Cost  Bridge ID      Port ID
-----
FastEthernet2/0  128.81  128  19 FWD  38 32768 cc04.1d78.0000  128.81
FastEthernet2/1  128.82  128  19 FWD  38 32768 cc04.1d78.0000  128.82
FastEthernet2/2  128.83  128  19 FWD  19 32768 cc04.1d77.0000  128.83
```

Gambar 13. Konfigurasi *spanning tree protocol* pada *switch* gedung A

```
Gedung_A#sh proc cpu | incl sec
CPU utilization for five seconds: 1%/0%; one minute: 1%; five minutes: 1%
```

```
Gedung_A#sh spanning-tree vlan 1 int fa2/2
Port 83 (FastEthernet2/2) of VLAN1 is forwarding
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.83.
Designated root has priority 8192, address cc03.0dE7.0000
Designated bridge has priority 32768, address cc04.1d77.0000
Designated port id is 128.83, designated path cost 19
Timers: message age 3, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1
BPDU: sent 7893, received 179
```

Gambar 14. Tingkat penggunaan *resource CPU* dan trafik penerimaan konfigurasi *BPDU*



Gambar 15. Proses *DoS using flood config BPDU*

```
Gedung_A#sh proc cpu | incl second
CPU utilization for five seconds: 20%/100%; one minute: 10%; five minutes: 4%
```

```
Gedung_A#sh spanning-tree vlan 1 int fa2/2
Port 83 (FastEthernet2/2) of VLAN1 is forwarding
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.83.
Designated root has priority 1, address 8cda.5c71.1c0d
Designated bridge has priority 32768, address cc04.1d78.0000
Designated port id is 128.83, designated path cost 133 Hello is pending
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1
BPDU: sent 8079, received 21231
```

Gambar 16. Tingkat penggunaan *resource CPU* dan trafik penerimaan konfigurasi *BPDU*

```
Gedung_A(config)#int e0/1
Gedung_A(config-if)#switchport trunk native vlan 99
Gedung_A(config-if)#end
Gedung_A#sh int e1/0 switchport
*Nov 20 13:03:36.563: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Gedung_A#sh int e0/1 switchport
Name: Et0/1
Switchport: Enabled
Administrative Mode: dynamic desirable
Operational Mode: trunk
Administrative Trunking Encapsulation: negotiate
Operational Trunking Encapsulation: isl
Negotiation of Trunking: On
Access Mode VLAN: 1 (default)
Trunking Native Mode VLAN: 99 (VLAN0099)
Administrative Native VLAN tagging: enabled
```

Gambar 17. Teknik mitigasi dengan tidak menggunakan *native VLAN 1*

```
Gedung_A(config)#int e0/2
Gedung_A(config-if)#switchport mode ?
access Set trunking mode to ACCESS unconditionally
dot1q-tunnel set trunking mode to TUNNEL unconditionally
private-vlan Set private-vlan mode
trunk Set trunking mode to TRUNK unconditionally

Gedung_A(config-if)#switchport mode dot1q-tunnel
Gedung_A(config-if)#end
Gedung_A#
*Nov 20 13:05:31.902: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Gedung_A#sh int e0/2 switchport
Name: Et0/2
Switchport: Enabled
Administrative Mode: tunnel
Operational Mode: tunnel
Administrative Trunking Encapsulation: negotiate
Operational Trunking Encapsulation: native
Negotiation of Trunking: Off
Access Mode VLAN: 1 (default)
Trunking Native Mode VLAN: 1 (default)
```

Gambar 18. Teknik mitigasi dengan tidak menggunakan *switchport dynamic auto*

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil penelitian terdapat 2 topik utama yang dapat didiskusikan yaitu:

a. Hasil Implementasi VLAN dan Spanning Tree Protocol Menggunakan GNS 3

Berdasarkan hasil implementasi *VLAN* dan *spanning tree protocol* menggunakan *GNS 3* dapat dilihat bahwa konsep *VLAN* sangat efektif dalam mengisolasi jaringan sehingga mempermudah bagi *administrator* untuk melakukan pengelolaan jaringan yang bersifat kompleks. Dengan menggunakan konsep *VLAN* dapat mengurangi beban trafik jaringan sehingga performa jaringan menjadi semakin meningkat. Dari hasil implementasi juga menunjukkan bahwa konsep *spanning tree protocol* menyediakan jalur backup pada topologi yang berpotensi memiliki jalur *redundant*. Dengan menerapkan jalur *backup*, maka *spanning tree protocol* dapat mencegah terjadinya *loop* dan *broadcast storm* yang berakibat performa jaringan menjadi menurun.

b. Teknik Mitigasi Serangan *VLAN Hopping* dan *Spanning Tree Protocol Attack*

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa konsep *VLAN* dan *spanning tree protocol* masih memiliki beberapa kelemahan dari aspek sistem keamanan. Namun, serangan *VLAN hopping* dan *spanning tree protocol attack* dapat diatasi dengan menggunakan beberapa teknik mitigasi.

c. Teknik mitigasi serangan *VLAN hopping* yaitu:

a) Tidak menggunakan *native vlan 1*.

Attacker dapat melakukan serangan *VLAN hopping* yaitu dengan memanfaatkan konfigurasi *native VLAN* dengan *default* nilai 1 pada *port* yang menghubungkan antar *switch*. Namun serangan *VLAN hopping* dapat diatasi dengan melakukan perubahan konfigurasi pada nilai *native VLAN*. Teknik mitigasi dengan tidak menggunakan *native VLAN 1* dapat dilihat pada Gambar 17.

b) Tidak menggunakan mode *switchport dynamic auto*.

Attacker dapat melakukan serangan *VLAN hopping* yaitu dengan memanfaatkan konfigurasi *switch* yang menggunakan mode *switchport dynamic auto*. Namun serangan *VLAN hopping* dapat diatasi dengan tidak menggunakan mode *switchport dynamic auto* dan melakukan perubahan konfigurasi mode *switchport* dari *dynamic auto* menjadi *dot1q-tunnel*. Teknik mitigasi dengan tidak menggunakan *switchport dynamic auto* dapat dilihat pada Gambar 18.

c) Menggunakan mode *switchport access* dan *switchport nonegotiate*.

Attacker tidak dapat melakukan serangan *VLAN hopping* apabila konfigurasi mode *switchport* pada *switch* menggunakan mode *switchport access* dan *switchport nonegotiate*. Teknik mitigasi dengan menggunakan mode *switchport access* dan *switchport nonegotiate* dapat dilihat pada Gambar 19.

```
Gedung_A(config)#int e0/2
Gedung_A(config-if)#switchport mode access
Gedung_A(config-if)#end
Gedung_A#sh int e0/1 switchport
*Nov 20 13:09:02.453: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Gedung_A#sh int e0/2 switchport
Name: Et0/2
Switchport: Enabled
Administrative Mode: static access
Operational Mode: static access
Administrative Trunking Encapsulation: negotiate
Operational Trunking Encapsulation: native
Negotiation of Trunking: Off
Access Mode VLAN: 1 (default)
Trunking Native Mode VLAN: 1 (default)
Administrative Native VLAN tagging: enabled
```

Gambar 19. Teknik mitigasi dengan menggunakan mode *switchport access* dan *switchport nonegotiate*

```
Gedung_A#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Gedung_A(config)#int e0/2
Gedung_A(config-if)#spanning-tree guard root
Gedung_A(config-if)#
*Nov 21 02:29:00.406: %SPANTRF-2-ROOTGUARD_CONFIG_CHANGE: Root guard enabled on port Ethernet0/2.
Gedung_A(config-if)#end
Gedung_A#
*Nov 21 02:29:16.160: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Gedung_A#
*Nov 21 02:29:40.047: %SPANTRF-2-ROOTGUARD_BLOCK: Root guard blocking port Ethernet0/2 on VLAN0001.
```

Gambar 20. Teknik mitigasi dengan menggunakan *root guard*

```
Gedung_A#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Gedung_A(config)#int e0/2
Gedung_A(config-if)#spanning-tree bpduguard enable
Gedung_A(config-if)#ex
Gedung_A(config)#errdisable recovery cause bpduguard
Gedung_A(config)#errdisable recovery interval 30
Gedung_A(config)#
Nov 21 02:15:47.600: %SPANTRF-2-BLOCK_BPDUGUARD: Received BPDU on port Et0/2 with BPDU Guard enabled. Disab
ng port.
Gedung_A(config)#
Nov 21 02:15:47.600: NPM-4-ERR_DISABLE: bpduguard error detected on Et0/2, putting Et0/2 in err-disable sta
Nov 21 02:15:48.603: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Ethernet0/2, changed state to down
Gedung_A(config)#
Nov 21 02:15:49.605: %LINK-3-UPDOWN: Interface Ethernet0/2, changed state to down
Gedung_A(config)#
Nov 21 02:15:17.594: NPM-4-ERR_RECOVER: Attempting to recover from bpduguard err-disable state on Et0/2
Nov 21 02:15:17.685: %SPANTRF-2-BLOCK_BPDUGUARD: Received BPDU on port Et0/2 with BPDU Guard enabled. Disab
ng port.
```

Gambar 21. Teknik mitigasi dengan menggunakan *BPDU guard*.

```
Gedung_A#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Gedung_A(config)#int e0/2
Gedung_A(config-if)#spanning-tree bpduguard enable
Gedung_A(config-if)#end
Gedung_A#
*Nov 21 02:56:41.752: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Gedung_A#sh spanning-tree vlan 1 int e0/2 detail | include filter
Bpdu filter is enabled
Gedung_A#sh spanning-tree vlan 1 int e0/2 detail
Port 3 (Ethernet0/2) of VLAN0001 is designated forwarding
Port path cost 100, Port priority 128, Port Identifier 128.3.
Designated root has priority 32769, address aabb.cc00.0500
Designated bridge has priority 32769, address aabb.cc00.0500
Designated port id is 128.3, designated path cost 0
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1
Link type is shared by default
Bpdu filter is enabled
BDU: sent 22, received 0
```

Gambar 22. Teknik mitigasi dengan menggunakan *BPDU Filtering*.

```
Gedung_A#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Gedung_A(config)#mls rate-limit layer2 pdu 200 20
```

Gambar 23. Teknik mitigasi dengan menggunakan *layer 2 PDU rate limiter*.

- d. Teknik mitigasi serangan *spanning tree protocol attack* yaitu:

a) *Root Guard*

Root guard berfungsi untuk memproteksi *switch* lainnya yang ingin menjadi *root* yang baru dengan cara tidak mengaktifkan *interface* pada *switch* lainnya. Teknik mitigasi serangan *spanning tree protocol attack* menggunakan *root guard* dapat dilihat pada Gambar 20.

b) *BPDU Guard*

BPDU Guard berfungsi untuk memproteksi port yang telah aktif agar tidak terjadi pengiriman konfigurasi *bpdu* yang baru. Teknik mitigasi serangan *spanning tree protocol attack* menggunakan *bpdu guard* dapat dilihat pada Gambar 21.

d) *BPDU Filtering*

BPDU filtering berfungsi untuk memproteksi *port* yang telah aktif agar tidak terjadi pengiriman maupun penerimaan konfigurasi *bpdu* yang baru. Teknik mitigasi serangan *spanning tree protocol attack* menggunakan *bpdu filtering* dapat dilihat pada Gambar 22.

e) *Layer 2 PDU Rate Limiter*

Layer 2 PDU rate limiter berfungsi untuk membatasi jumlah paket pada *layer 2 pdu* protokol termasuk (*BPDU*, *DTP*, *Port Aggregation Protocol [PagP]*, *CDP*, *STP*, dan *VTP* paket) yang ditujukan untuk *supervisor engine's processor* pada *CPU*. Namun teknik mitigasi *layer 2 pdu rate limiter* hanya dapat digunakan untuk jenis *switch catalyst 6500*. Teknik mitigasi serangan *spanning tree protocol attack* menggunakan *layer 2 pdu rate limiter* dapat dilihat pada Gambar 23.

Untuk mengatasi serangan *spanning tree protocol attack* dengan metode *taking over root bridge* menggunakan teknik mitigasi *root guard* dan *BPDU guard* sedangkan metode serangan *DoS using flood config BPDU* dapat diatasi menggunakan teknik *BPDU guard*, *BPDU filtering*, dan *layer 2 PDU rate limiter*.

5. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, menghasilkan beberapa kesimpulan yaitu implementasi *VLAN* dan *spanning tree protocol* yang dilakukan menggunakan *GNS 3* menunjukkan bahwa konsep *VLAN* dan *spanning tree protocol* sangat efektif digunakan apabila sebuah organisasi atau perusahaan memiliki topologi jaringan yang bersifat kompleks dan berpotensi mengalami *redundant link*.

Jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* masih memiliki kelemahan dari segi aspek keamanan. Serangan yang dapat mengancam jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol* yaitu *VLAN hopping* dan *spanning tree protocol attack*. Namun serangan *VLAN hopping* dan *spanning tree protocol attack* mampu diatasi dengan menerapkan beberapa teknik mitigasi pada jaringan *VLAN* dan *spanning tree protocol*.

Setelah melakukan implementasi *VLAN* dan *spanning tree protocol* serta pengujian sistem keamanannya menggunakan aplikasi *GNS 3* dan *yersinia* dapat diketahui bahwa penggunaan aplikasi *GNS 3* dapat mempermudah untuk membuat desain perancangan jaringan dan lebih menggambarkan kondisi secara *real* dalam melakukan konfigurasi perangkat jaringan sedangkan aplikasi *yersinia* dapat digunakan untuk melakukan simulasi dan analisis serangan pada beberapa jenis protokol jaringan *layer 2*.

6. Daftar Pustaka

- [1] Ali, S.Y. (2015). Implementation of Virtual Local Area Network using Network Simulator, *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology*, 4(10), 1060-1065.
- [2] Bajpai, A. & Singh, I. (2016). Implementing Secured LAN Environment: Case Study, *International Journal*

- of *Computer Science and Technology*, 7(2), 41-51.
- [3] Efendi, R. (2013). Percepatan Konvergensi dan Pencegahan Frame Loop Pada Virtual Local Area Network Dengan Memanfaatkan Rapid Spanning Tree Protocol, *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 4(1), 45-51.
- [4] Lewis, W. (2008). *LAN Switching Wireless: CCNA Exploration Companion Guide*, Cisco Press, Indianapolis.
- [5] Prasetyo, E. (2014). Perancangan VLAN (Virtual Local Area Network) untuk Manajemen IP Address pada Politeknik Sekayu, *Jurnal Teknik Informatika Politeknik Sekayu*. 1(1), 10-23.
- [6] Supriyono, H., Widjaya, J.A. & Supardi, A. (2013). Penerapan Jaringan Virtual Private Network Untuk Keamanan Komunikasi Data Bagi PT. Mega Tirta Alami, *Jurnal WARTA*, 16(2), 88-101.
- [7] Tambe, S.S. (2015). Understanding Virtual Local Area Networks, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 25(4), 174-176.
- [8] Tulloh, R., Negara, R.M. & Hidayat, A.N. (2015). Simulasi Virtual Local Area Network (VLAN) Berbasis Software Defined Network (SDN) Menggunakan POX Controller, *Jurnal Infotel*, 7(2), 130-136.
- [9] Vyncke, E. & Paggen, C. (2007). *LAN Switch Security: What Hackers Know About Your Switches*, Cisco Press, Indianapolis.
- [10] Wiguna, A.W., Herlawati & Santoso, B. (2013). Penerapan Spanning Tree Protocol Terhadap Wide Area Network (WAN) Pada PT. Duta Lestari Sentratama Jakarta, *Jurnal Techno Nusa Mandiri*, 9(1),

Pengembangan Sistem Informasi Pengembangan Sistem Informasi Berbasis *Web* untuk Peningkatan Kinerja Unit Bursa Kerja Khusus SMK Negeri 1 Tanjung Raya

Amalina^{1*}, Yuliani Dewi Putri²

Program Studi Sistem Informasi

STMIK Indonesia

Padang

*amalina@stmikindonesia.ac.id

Abstrak-SMK Negeri 1 Tanjung Raya merupakan salah satu satuan pendidikan yang berada di Kabupaten Agam. SMK Negeri 1 Tanjung Raya memiliki sebuah unit Bursa Kerja Khusus (BKK) yang bertugas memberikan informasi kepada siswa praktik kerja industri (prakerin) mengenai tempat magang yang dapat mereka pilih. Unit BKK juga berfungsi untuk memberikan informasi kepada alumni terkait lowongan pekerjaan. Informasi yang diberikan kepada siswa dan alumni dilakukan menggunakan papan pengumuman di sekolah. Cara tersebut dirasa kurang efektif karena informasi tidak cepat sampai kepada siswa dan lulusan yang membutuhkan. Siswa dan alumni harus sering datang ke sekolah agar mendapat informasi yang mutakhir sedangkan sebagian siswa dan alumni tinggal jauh dari sekolah dalam kondisi transportasi yang kurang baik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikembangkan sistem informasi berbasis web untuk pengelolaan data di unit BKK. Sistem informasi dirancang menggunakan bahasa pemrograman PHP dan basis data MySQL. Sistem melibatkan lima *user* yakni admin, operator BKK, operator prakerin, siswa dan alumni. Kelima level *user* yang terdaftar memiliki akun *private* untuk dapat masuk ke dalam sistem yakni *username* dan *password* dengan enkripsi MD5. Halaman utama sistem menampilkan informasi berita, lowongan kerja, dan rekapitulasi data alumni. Sistem diharapkan dapat meningkatkan kinerja unit BKK dalam memberikan informasi tentang lowongan kerja kepada siswa prakerin dan alumni.

Kata kunci: Sistem Informasi, Bursa Kerja Khusus, Pemrograman Web.

1. Pendahuluan

Teknologi informasi diterapkan di berbagai bidang kehidupan seperti di bidang ekonomi [1, 2], sosial [3], budaya [4], dan di dunia pendidikan [5]. Pada bidang pendidikan, sistem informasi diterapkan baik untuk manajemen sekolah [6][7] maupun untuk proses pembelajaran [8]. Pemanfaatan teknologi informasi secara optimal dapat memberi dampak positif yang mendukung perkembangan dunia pendidikan. Teknologi informasi yang akurat dan mudah diakses bermanfaat untuk meningkatkan kinerja kegiatan akademik yang berlangsung pada sebuah satuan pendidikan.

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 1 Tanjung Raya merupakan salah satu satuan pendidikan yang berada di Kabupaten Agam. Sekolah ini merupakan sarana pendidikan formal yang membekali peserta didik dengan ilmu pengetahuan, keterampilan dan kemampuan sosialisasi di masyarakat. Hal ini tidak terlepas dari misi SMK pada umumnya yang mempersiapkan anak didiknya untuk siap kerja dan menempatkan para lulusannya ke dunia kerja. Ciri khas SMK adalah kegiatan praktik kerja industri (prakerin) bagi siswanya untuk memperkenalkan siswa ke dunia kerja yang segera dihadapi. Oleh sebab

itu, setiap SMK memiliki badan khusus untuk menangani prakerin dan penempatan kerja lulusan. Badan ini adalah Bursa Kerja Khusus (BKK).

BKK adalah sebuah lembaga yang dibentuk di SMK Negeri dan Swasta sebagai unit pelaksana yang memberikan pelayanan dan informasi lowongan kerja serta merupakan mitra Dinas Tenaga Kerja dan Transmigrasi. SMK sebagai subsistem pendidikan nasional yang bertanggung jawab dalam penyiapan SDM tingkat menengah yang andal dan berorientasi kepada kebutuhan pasar, harus mampu mengembangkan inovasi untuk mempengaruhi perubahan kebutuhan pasar sehingga dapat mewujudkan kepuasan pencari kerja. BKK SMK merupakan salah satu komponen penting dalam mengukur keberhasilan pendidikan SMK karena BKK menjadi lembaga yang berperan mengoptimalkan penyaluran tamatan SMK dan sumber informasi untuk pencari kerja.

BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya menangani pekerjaannya secara manual. Penyampaian informasi lowongan kerja pihak BKK dilakukan dengan menempelkan brosur pada papan pengumuman yang ada di sekolah atau menyampaikan secara langsung kepada siswa untuk disampaikan kepada alumni yang dikenal. Sementara itu, untuk pengumpulan data alumni

yang bekerja atau yang melanjutkan ke perguruan tinggi dilakukan ketika ada alumni yang berkunjung ke sekolah. Cara manual ini memiliki masalah sulitnya pencarian data lulusan dan terbatasnya penyebaran informasi lowongan kerja kepada lulusan.

Untuk meningkatkan kinerja pada unit BKK, baik dalam pengolahan, penyimpanan dan pencarian data atau pun penyaluran lulusan SMK Negeri 1 Tanjung Raya, maka dibangun sebuah sistem informasi berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP dan MySQL. Tulisan ini membahas pengembangan sistem informasi untuk unit BKK. Adapun sistematika penulisan pada *paper* ini adalah sebagai berikut. Pada bagian kedua dijelaskan metode penelitian. Bagian ketiga menyajikan hasil penelitian, dan bagian keempat menyajikan diskusi. Kemudian, bagian kelima merupakan kesimpulan.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengembangan sistem. Salah satu fasilitas internet yang sangat populer adalah *world wide web* yang merupakan sebuah jaringan global situs internet multimedia. Pengembangan situs web telah dilakukan dengan cepat dalam beberapa tahun terakhir untuk rentang tujuan yang luas di berbagai domain seperti pendidikan, pemerintahan, museum, bisnis, hiburan, dan kesehatan [9]. Saat ini, ribuan perusahaan di dunia menggunakan *web* untuk media promosi dan menawarkan produknya dalam bentuk informasi bersifat *on-line* di internet. Aplikasi web membantu dalam banyak kegiatan kehidupan sehari-hari, seperti belanja, membaca berita, interaksi sosial, perbankan di rumah, perencanaan perjalanan atau meminta janji dokter [10].

Metode pengembangan sistem merupakan tahapan-tahapan yang dikerjakan oleh analisis sistem dan programmer dalam membangun sistem informasi. Metode ini lebih dikenal dengan *System Development Life Cycle* (SDLC). Adapun tahapan-tahapan metode SDLC adalah:

2.1 Perencanaan Sistem (*System Planning*)

Perencanaan sistem merupakan menentukan tujuan dan sasaran yang ingin dicapai sehingga dapat membenahi sistem ke arah yang lebih baik. Perencanaan sistem yang dilakukan dalam penelitian ini salah satunya menentukan *output* yang akan dihasilkan dari sistem informasi unit bursa kerja khusus SMK Negeri 1 Tanjung Raya.

2.2 Analisis Sistem (*System Analysis*)

Analisis sistem merupakan gambaran keadaan sistem yang sesungguhnya kemudian melakukan perbaikan untuk mengatasi masalah yang terjadi di dalam sistem.

Analisis terhadap sistem yang sedang berjalan adalah mempelajari sistem yang digunakan saat ini pada Bursa Kerja Khusus yang ada di SMK Negeri 1 Tanjung Raya yang kemudian dianalisis untuk mengetahui perincian sistem secara lebih detail. Setelah dilakukan penelitian, diperoleh gambaran singkat tentang keadaan sistem dan beberapa kelemahan yang ada. Bentuk aliran sistemnya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Alumni yang bekerja dan melanjutkan studi melapor ke sekolah.
- Operator BKK melakukan pencatatan data secara manual kemudian diarsipkan.
- Perusahaan memberikan informasi lowongan kerja.
- Operator BKK mengandakan informasi lowongan pekerjaan lalu menempelkan di mading dan disampaikan kepada siswa yang mengetahui di mana alumni berada, lalu siswa menyampaikan informasi lowongan pekerjaan kepada alumni yang di kenal.
- Siswa prakerin melengkapi data prakerin untuk melakukan vertifikasi kepada kepala jurusan prakerin.
- Kepala jurusan prakerin melakukan verifikasi data siswa prakerin, jika nilai siswa bermasalah maka kepala jurusan prakerin memberikan informasi nilai yang bermasalah untuk diperbaiki, bagi nilai siswa yang tidak bermasalah kepala jurusan prakerin memberikan blanko data pribadi dan surat izin orang tua untuk di isi lalu diarsip oleh Operator BKK.

Adapun bentuk aliran sistem yang digunakan oleh unit BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya dapat digambarkan dalam bentuk *activity diagram* pada Gambar 1.

Melihat cara kerja sistem saat ini pada SMK Negeri 1 Tanjung Raya, terdapat beberapa kelemahan dan kekurangan serta kendala-kendala yang sering ditemui. Maka perlu diajukan sebuah sistem informasi yang dapat memperbaiki sistem informasi unit bursa kerja khusus SMK Negeri 1 Tanjung Raya.

Adapun bentuk aliran sistem informasi BKK SMK N 1 Tanjung Raya yang baru ini melakukan perubahan dalam penyampaian adanya lowongan kerja dengan merancang suatu *database*. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat dalam bentuk *activity diagram* adalah sebagai berikut:

- Input data alumni yang bekerja, calon tenaga kerja, dan melanjutkan studi.
- Operator BKK merekap data alumni yang bekerja, calon tenaga kerja, dan melanjutkan studi.
- Perusahaan memberikan informasi lowongan kerja.
- Operator BKK mengecek kuota lalu mengunggah *file* lowongan kerja.
- Alumni menelusuri informasi lowongan kerja dan mengirim berkas lamaran kerja yang sesuai dengan persyaratan.
- Perusahaan menerima berkas lamaran kerja dan mengecek lamaran tersebut apakah memenuhi syarat atau tidak, jika syarat terpenuhi maka alumni bekerja tapi jika berkas lamaran tidak memenuhi syarat maka perusahaan memberikan informasi kekurangan syarat.
- Siswa melihat daftar usulan perusahaan yang menerima siswa prakerin, lalu siswa *input* data siswa dan tempat prakerin.
- Kepala jurusan prakerin memvalidasi data siswa dan tempat prakerin, merekap data siswa prakerin dan perusahaan yang telah divalidasi, dan memberikan ke Operator BKK.

Adapun bentuk aliran sistem informasi yang dibuat dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk *activity diagram* seperti terlihat pada Gambar 2.

dan tepat waktu, dengan kata lain hasil keluaran yang dihasilkan haruslah memudahkan bagi setiap unsur yang terlihat atau yang menggunakan. Adapun desain *output* yang dirancang adalah sebagai berikut:

- a) Laporan Data Siswa Prakerin dapat dilihat pada Gambar 3.
 - b) Laporan Data Alumni Per Tahun dapat dilihat pada Gambar 4.
- b. Desain *Input*
- Desain *input* merupakan tahap menguraikan jumlah data yang dibutuhkan untuk membangun laporan yang disajikan aplikasi. Desain *input* dapat berupa pembuatan *form entry*, *form proses* dan *form* lainnya yang dibutuhkan untuk menghasilkan informasi. *Form entry* yang dibuat berupa *entry* data *user*, data prakerin siswa, *entry* data perusahaan dan *entry* data pembimbing. Salah satu bentuk desain *entry* data adalah sebagai berikut.
- a) Entri Data Prakerin Siswa dapat dilihat pada Gambar 5.
- c. Desain Proses
- Desain proses merupakan tahap pengelolaan bursa kerja khusus SMK Negeri 1 Tanjung Raya. Berikut desain prosesnya:
- a) *Form* Data Berita BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya dapat dilihat pada Gambar 6.
 - b) *Form Upload* Lowongan Kerja dapat dilihat pada Gambar 7.
- d. Desain Relasi Antartabel
- Desain relasi antartabel sistem informasi unit bursa kerja khusus dapat dilihat pada Gambar 8.

Gambar relasi antartabel di atas mendeskripsikan aliran data pada *database* yang akan digunakan. Sistem informasi BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya ini akan melibatkan beberapa tabel yang saling berelasi. Seperti *tb_siswa* akan berelasi dengan *tb_prakerin*, *tb_riwayatpdd*, *tb_riwayat_kerja*, *tb_jurusan*, *tb_daftar_loker*, *tb_gurupbb*, dan *tb_foto*. Sedangkan *tb_perusahaan* akan berelasi dengan *tb_jenisprs*, *tb_loker*, *tb_daftar_loker*, *tb_prakerin*, *tb_riwayat_kerja*. Tabel *tb_pt* berelasi dengan *tb_pt_detail* yang menampung informasi Perguruan Tinggi akan berelasi dengan *tb_riwayatpdd*.

2.4 Implementasi Sistem (System Implementation).

Implementasi sistem yaitu menjalankan dan menggunakan aplikasi dengan *input* data, proses pengolahan data, dan penyampaian informasi kepada *user* sesuai dengan tujuan sistem. Pada tahapan tersebut, sistem informasi unit bursa kerja khusus SMK Negeri 1 Tanjung Raya yang dibangun akan diterapkan langsung di lapangan dengan memberikan pelatihan kepada pengguna.

3. Hasil

Adapun hasil pembuatan sistem informasi berbasis web pada unit BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya adalah:

3.1 Menu Utama

a. Menu Halaman Utama

Halaman utama adalah fitur akses antara user dengan aplikasi yang hanya dapat mengakses dan menggunakan fitur umum berdasarkan kategori. Halaman utama antarmuka aplikasi ini dikelola dengan

beberapa modul yang dinamakan admin, operator BKK, alumni, operator prakerin, dan siswa prakerin, sehingga informasi-informasi dapat ditampilkan, disimpan, dan dihapus.

b. Halaman Menu Utama Admin

Halaman menu utama admin berfungsi untuk *memanagement user*, menambah *user*, dan melihat *user*, mulai dari *entry user*, ubah *user*, dan cetak laporan. Halaman admin hanya bisa diakses oleh *user* admin. Tampilan halaman admin dapat dilihat pada Gambar 10.

c. Halaman Menu Utama Operator BKK

Halaman menu utama operator BKK terdiri dari beberapa menu yaitu menu perusahaan, jurusan, perguruan tinggi, lowongan kerja, calon tenaga kerja, berita BKK, rekapitulasi alumni, rekapitulasi siswa prakerin dan laporan. Dari menu laporan terdapat 5 submenu yaitu laporan perusahaan, laporan jurusan, laporan perguruan tinggi, laporan alumni, dan laporan siswa prakerin. Halaman ini bisa diakses hanya operator BKK sendiri, karena bisa dibidang operator BKK ini merupakan induk dari sistem ini. Tampilan halaman utama operator BKK dapat dilihat pada Gambar 11.

d. Halaman Menu Utama Siswa Prakerin

Halaman menu utama siswa prakerin terdiri dari beberapa menu yaitu menu *home*, tambah data prakerin, dan lihat data prakerin. Dari menu laporan terdapat submenu yaitu laporan data prakerin. Halaman siswa prakerin mengisi data dan tempat di mana siswa prakerin dan menunggu operator prakerin untuk memvalidasi data siswa prakerin. Tampilan halaman menu utama siswa prakerin dapat dilihat pada Gambar 12.

e. Halaman Menu Utama Alumni

Halaman menu utama alumni terdiri dari beberapa menu yaitu data pribadi, riwayat kerja, dan riwayat pendidikan. Di mana alumni mengisi data pribadinya, jurusan, dan tahun masuk. Alumni mencari lowongan kerja, memenuhi persyaratan dan mengirimkan berkas lamaran kepada perusahaan, alumni juga bisa meng-*upload* berita di sistem informasi unit bursa kerja khusus SMK Negeri 1 Tanjung Raya. Tampilan menu utama alumni dapat dilihat pada Gambar 13.

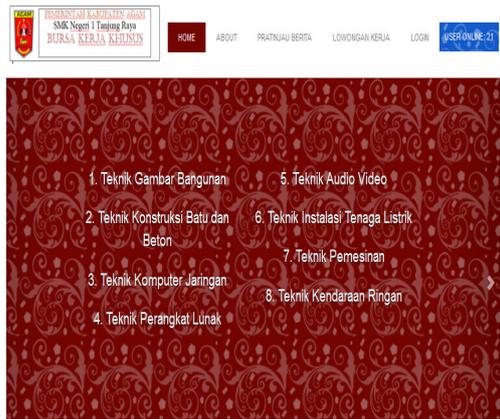
3.2 Menu Proses

a. Entry Data Unit BKK

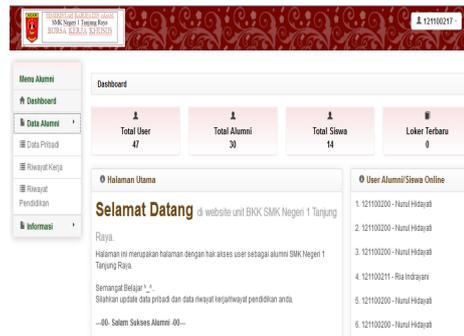
Entry data Unit BKK merupakan *form* untuk mengisi data berita yang ada di SMK Negeri 1 Tanjung Raya. Pada *form* ini terdapat tombol simpan untuk menyimpan data ke dalam *database*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 14.

b. Upload Lowongan Kerja

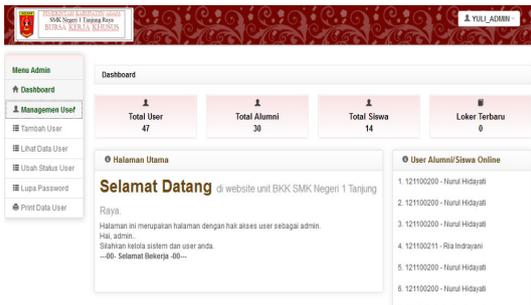
Form upload lowongan kerja merupakan proses untuk menyimpan *file* lowongan kerja ke *server*. Pada *form* ini terdapat tombol simpan untuk mengupload *file* ke *server*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 15.



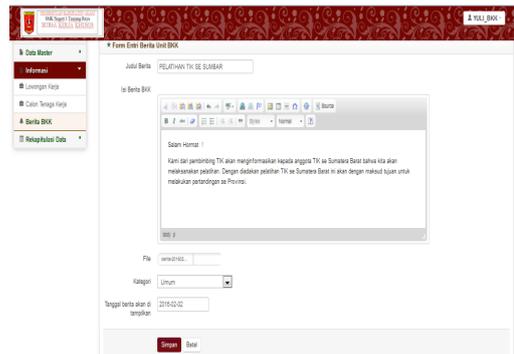
Gambar 9. Halaman utama BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya



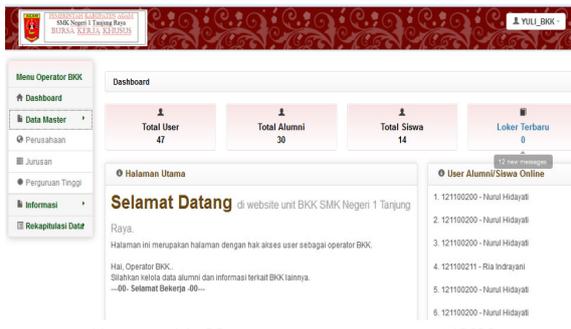
Gambar 13. Halaman menu utama alumni



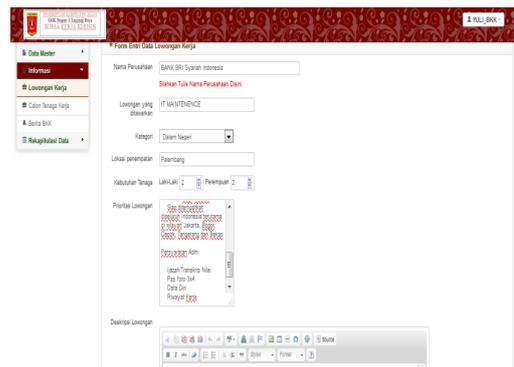
Gambar 10. Halaman menu utama admin



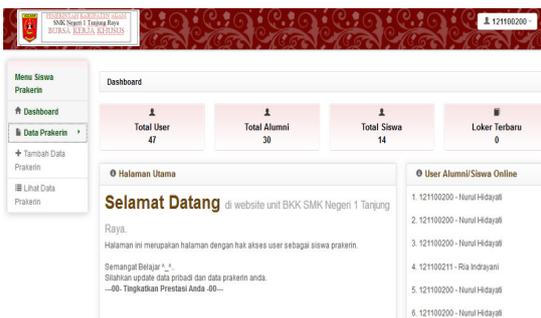
Gambar 14. Entry data berita unit BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya



Gambar 11. Halaman utama operator BKK



Gambar 15. Form upload lowongan kerja BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya



Gambar 12. Halaman menu utama siswa prakerin

3.3 Menu Laporan

Menu laporan merupakan menu untuk melihat data hasil akhir yang dikeluarkan oleh sistem informasi unit BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya. Adapun laporan-laporan yang dihasilkan dalam sistem ini adalah sebagai berikut:

- a. **Laporan Data Siswa Prakerin**
Laporan data siswa prakerin SMK Negeri 1 Tanjung Raya dapat dilihat pada Gambar 16.
- b. **Laporan Data Alumni**
Laporan data alumni SMK Negeri 1 Tanjung Raya dapat dilihat pada Gambar 17.

PENGANTAR		DINAS PENDIDIKAN DAN OLAH RAGA SMK NEGERI 1 Tanjung Raya				PROSEDUR UTAMA	
Data Prakerin Siswa Teluk Komputer-Jaringan Tahun Masuk 2013							
No	NIK	Perusahaan	Kategori	Tgl Prakerin	Guru Pembimbing	Bidang Kerja	Tgl. Validasi
1	P1000013	CV. Garuda Cyber	Prakerin	2015-03-09 16	Gunawan, S.Pd 0170003 2000011 005	Jaringan	2015-03-09
2	P1000013	Pak Triana Prakerin	Prakerin	2015-03-09 16	Gunawan, S.Pd 0170003 2000011 005	Jakarta Horekita	2015-03-09
3	P1000013	Utsah Horekita	Prakerin	2015-03-09 16	Gunawan, S.Pd 0170003 2000011 005	Jakarta dan Sunda Horekita	2015-03-09

Tanjung Raya, 23 March 2016
Kepala SMK N 1 Tanjung Raya,

MUHAMMAD DININ, S.Pd
NIP. 19731024 200003 1 003

Gambar 16. Laporan Data Siswa Prakerin

PENGANTAR		DINAS PENDIDIKAN DAN OLAH RAGA SMK NEGERI 1 Tanjung Raya				PROSEDUR PENDUKUNG	
Daftar Program Studi yang terdaftar							
No	Program Keahlian	Program Studi	Singkatan	Tahun Masuk			
1	Teknik Elektronika	Teknik Audio Video	TAU/	2012			
2		Teknik Audio Video	TAU/	2011			
3		Teknik Audio Video	TAU/	2009			
4		Teknik Audio Video	TAU/	2010			
5		Teknik Audio Video	TAU/	2013			
6	Teknik Gambar Bangunan	Teknik Konstruksi Batu dan Beton	TGB	2012			
7		Teknik Gambar Bangunan	TGB	2012			
8		Teknik Konstruksi Batu dan Beton	TGB	2011			
9		Teknik Gambar Bangunan	TGB	2011			
10		Teknik Gambar Bangunan	TGB	2009			
11		Teknik Konstruksi Batu dan Beton	TGB	2009			
12		Teknik Gambar Bangunan	TGB	2010			
13		Teknik Konstruksi Batu dan Beton	TGB	2010			
14		Teknik Konstruksi Batu dan Beton	TGB	2013			
15		Teknik Gambar Bangunan	TGB	2013			

Tanjung Raya, 22 March 2016
Kepala SMK N 1 Tanjung Raya,

MUHAMMAD DININ, S.Pd
NIP. 19731024 200003 1 003

Gambar 17. Laporan Data Alumni

Tabel 1. Perbandingan sistem yang lama dan sistem yang dibuat dalam penelitian ini

No	Analisis sistem lama	Analisis sistem yang dibuat
1.	Pengolahan data alumni diproses menggunakan aplikasi <i>microsoft excel</i> .	Pengolahan data alumni menggunakan aplikasi sistem informasi berbasis web.
2.	Pencarian data alumni dilakukan dengan membolak-balikan file dokumen atau <i>sheet</i> pada aplikasi <i>Microsoft Excel</i>	Data bisa diinputkan ke dalam sistem untuk mencari nama alumni.
3.	Pekerjaan tata usaha dalam mengarsipkan data alumni membutuhkan waktu lama.	Pekerjaan dilakukan lebih efektif dan efisien
4.	Memberikan informasi lowongan kerja harus dipasang di mading dan disampaikan ke siswa yang mengetahui keberadaan alumni.	Informasi lowongan kerja mudah diakses alumni dalam satu aplikasi.
5.	Siswa harus mencari informasi adanya perusahaan menerima siswa prakerin.	Siswa cukup melihat di aplikasi di mana saja perusahaan yang menerima siswa prakerin.

4. Diskusi

Pengembangan sistem informasi untuk unit Bursa Kerja Khusus memberikan beberapa keuntungan sebagai berikut.

- Sistem informasi BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya dapat menggunakan sistem yang telah terintegrasi dengan program aplikasi dan menggunakan *database*, yaitu program sistem informasi BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya berbasis web dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP & MySQL.
- Pengolahan data lebih akurat, efektif, dan efisien.
- Memperudahkan operator BKK dalam menyampaikan informasi lowongan kerja kepada alumni yang belum mendapatkan pekerjaan.
- Menghemat penggunaan kertas.
- Memperudahkan alumni untuk mencari informasi lowongan pekerjaan.
- Laporan yang dihasilkan akan lebih efektif.

Rancangan sistem baru ini merupakan pengembangan dari sistem lama, tujuannya untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas kerja dalam pengolahan data alumni dan didukung oleh aplikasi bahasa pemrograman PHP MySQL yang merupakan DBMS (*database management system*) yang didistribusikan secara gratis dibawah lisensi dari *General Public License* (GPL), di mana setiap orang bebas untuk menggunakannya tetapi tidak boleh untuk dijadikan program induk turunan bersifat *close source* (komersial) [11]. Jadi aplikasi memiliki *database* yang dapat berfungsi sebagai penyimpanan data yang telah diarsipkan sebelumnya dan dapat digunakan oleh operator BKK untuk menyampaikan adanya lowongan kerja kepada alumni yang belum bekerja. Adapun perbedaan sistem yang lama dengan sistem informasi yang dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa dengan adanya sistem informasi berbasis web, kinerja pada unit BKK, baik dalam pengolahan, penyimpanan, dan pencarian data atau pun penyaluran lulusan SMK Negeri 1 Tanjung Raya lebih efektif dan efisien.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- Sistem informasi unit BKK SMK Negeri 1 Tanjung Raya yang dibangun berbasis *web* dapat diakses secara *online* melalui jaringan internet oleh alumni yang akan menelusuri daftar lowongan kerja.
- Aplikasi yang dibangun menyediakan menu-menu program antarmuka untuk memudahkan operator BKK dalam menyampaikan informasi lowongan kerja dan membuat laporan yang dibutuhkan.
- Sistem yang dibangun menerapkan proteksi keamanan (*security*) dasar pada komputer, aplikasi, dan server.
- Kinerja pada unit BKK, baik dalam pengolahan, penyimpanan dan pencarian data atau pun penyaluran lulusan SMK Negeri 1 Tanjung Raya berjalan lebih efektif dengan adanya sistem informasi berbasis web.

6. Persantunan

Ucapan terima kasih kepada STMIK Indonesia Padang yang membiayai penelitian ini dengan nomor kontrak: 895.016/A.12/STMIK-I/2016.

5. Daftar Pustaka

- [1] R. Herlambang, A. Makmum, B. Brylian, A. K. A. Gumawang, and H. Thamrin, "Aplikasi Sparta (Sistem Perencanaan Untuk Usaha Kecil Menengah)," *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 26-34., 2016.
- [2] H. A. Mumtahana, S. Nita, and A. W. Tito, "Pemanfaatan Web E-Commerce untuk Meningkatkan Strategi Pemasaran," *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 3, no. 1, pp. 6-15, 2017.
- [3] D. Pratama, D.A. Hakim, Y. Prasetya, N. R. Febriandika, M. Trijati and U. Fadlilah, "Rancang Bangun Alat dan Aplikasi untuk Para Penyandang Tunanetra Berbasis Smartphone Android," *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 14-19, 2016.
- [4] E. Sudarmilah, "Augmented Reality Edugame Senjata Tradisional Indonesia," *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 1, no. 1, pp. 12-15, 2015.
- [5] A. Ristyabudi, and H. Thamrin, "Penerapan Single Page Application pada Proses Pengisian Online Data Rencana Studi Mahasiswa," *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 1-9, 2016.
- [6] A. Visscher, P. Wild, D. Smith and L. Newton, "Evaluation of the implementation, use and effects of a computerised management information system in English secondary schools," *British Journal of Education Technology*, vol. 34, no. 3, pp. 357-366, 2003.
- [7] C. P. Nolan and D. A. Ayres, "Developing a "good" information system for schools: The new Zealand experience," *International Journal of Educational Research*, vol. 25, no. 4, pp. 307-321, 1996.
- [8] Y. Zahide, C. M. Reigeluth, S. Kwon, Y. Kageto and Z. Shao, "A comparison of learning management systems in a school district: Searching for the ideal personalized integrated educational system (PIES)," *Interactive Learning Environment*, vol. 22, no. 6, pp. 721-736, 2014.
- [9] K. Devi and A. Sharma, "Framework for Evaluation of Academic Website," *International Journal of Computer Techniques*, vol. 3, no. 2, pp. 234-239, 2016.
- [10] J. Grigera, A. Garrido, J. M. Rivero and G. Rossi, "Automatic detection of usability smells in web applications," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 97, pp. 129-148, 2017.
- [11] S. Deni, Sistem Inventory mini market dengan php dan jquery, Yogyakarta: Lokomedia, 2012.

Kinerja Algoritma Pengenalan Wajah untuk Sistem Penguncian Pintu Otomatis Menggunakan Raspberry-Pi

Raden Budiarto*

Sistem Informasi

STMIK Jakarta STI&K, Jakarta

*raden@jak-stik.ac.id

Abstrak—Pengenalan wajah mampu memberikan pengalaman interaksi yang paling alami, sebagaimana manusia mampu mengenali manusia lain melalui wajah. Implementasi pengenalan wajah memerlukan biaya yang rendah karena tidak memerlukan alat pengenalan khusus selain kamera yang pada saat ini sudah tertanam di berbagai perangkat seperti laptop, smartphone, atau tablet. Pengenalan wajah bukan merupakan tugas mudah bagi komputer. Masalah bertambah ketika komputer diharuskan untuk melakukan klasifikasi wajah dengan berbagai situasi dan kondisi seperti pencahayaan yang gelap, dan tangkapan gambar latar belakang yang ada. Artikel ini mendeskripsikan hasil penelitian sistem pengenalan wajah menggunakan Raspberry Pi yang diterapkan untuk sebuah prototipe pengunci pintu. Metode yang digunakan adalah mengambil sampel dataset kemudian mengevaluasi dan membandingkan algoritme pembelajaran untuk dianalisis tingkat keakuratan dan kecepatan dalam mengenali wajah. Pengujian dilakukan untuk menganalisis metode training dataset yang paling baik untuk diimplementasikan berdasarkan kriteria sensitivitas, spesifisitas, dan *false rate*. Terdapat 4 buah algoritme yang diuji yakni *Eigenfaces/PCA* dan *K-Nearest Neighbor (K-NN)*, *PCA-LDA* dan *K-NN*, *Eigenfaces/PCA* dan *Support Vector Machine (SVM)*, *PCA-LDA*, dan *SVM*. Hasil penelitian menunjukkan algoritme *hybrid Eigen-Fisherfaces (PCA-LDA)* dan *k-nearest neighbor* adalah yang metode yang paling akurat untuk pengenalan wajah. Akurasi mendekati 100% dapat diperoleh dengan perhitungan machine learning dengan 4 fold.

Kata Kunci: Pengenalan wajah, *machine learning*, *raspberry*, *eigen fisherfaces*, *k-nearest neighbor*

1. Pendahuluan

Selama beberapa tahun terakhir, ada banyak sekali pilihan pada teknologi konvensional dan teknologi biometri untuk memenuhi kebutuhan keamanan untuk rumah tangga atau kantor. Beberapa sistem keamanan konvensional, contohnya menggunakan kunci, *password*, kartu ID, dan/atau kartu RFID, bisa jadi tidak dapat diandalkan apabila benda untuk akses tersebut dicuri atau hilang. Sistem keamanan seperti itu memiliki kekurangan ketika akses tersebut dicuri oleh orang yang tidak memiliki wewenang untuk mendapatkan akses [1]. Oleh karena itu, sistem keamanan biometri dianggap sebagai salah satu metode autentikasi yang paling aman, sehingga dapat memberikan tingkat keamanan yang lebih baik dibandingkan dengan sistem keamanan konvensional [2].

Fingerprint recognition atau pengenalan sidik jari menjadi metode paling populer dalam teknologi biometri. Metode populer lainnya adalah pengenalan suara, pengenalan tanda tangan, pemindaian iris, dan pemindaian retina [3]. Metode-metode tersebut memberikan tingkat nilai keamanan yang sama karena menggunakan identitas unik pada manusia. Akan tetapi, dalam implementasinya metode-metode tersebut tidak dapat mengalahkan metode pengenalan wajah dalam aspek kenyamanan. *Face recognition* atau pengenalan wajah mampu memberikan pengalaman interaksi yang paling alami, hal yang serupa ketika manusia

mampu mengenali manusia lain melalui wajah. Hal positif lain dalam implementasi pengenalan wajah juga akan mengurangi biaya karena tidak memerlukan alat pengenalan khusus selain kamera yang biasanya menjadi perangkat umum pada komputer. Akan tetapi, implementasi sistem dalam mengenali wajah harus dirancang dengan baik dan akurat agar sifat alami yang diberikan metode pengenalan wajah bisa dimanfaatkan dengan maksimal.

Berbeda dengan pengenalan wajah manusia yang mudah dilakukan setiap saat oleh manusia, bagi komputer pengenalan fitur wajah manusia adalah sebuah tugas yang sulit. Masalah ini timbul karena komputer diharuskan untuk melakukan klasifikasi wajah dengan benar dengan berbagai situasi dan kondisi seperti pencahayaan yang gelap, dan tangkapan gambar latar belakang yang ada [4]. Sampai ini algoritme pengenalan wajah masih menjadi topik penelitian yang menarik dan terus berkembang. Pada umumnya cara komputer merepresentasikan wajah dibagi dalam dua metode pendekatan [5] sebagaimana dijabarkan dalam tabel 1.

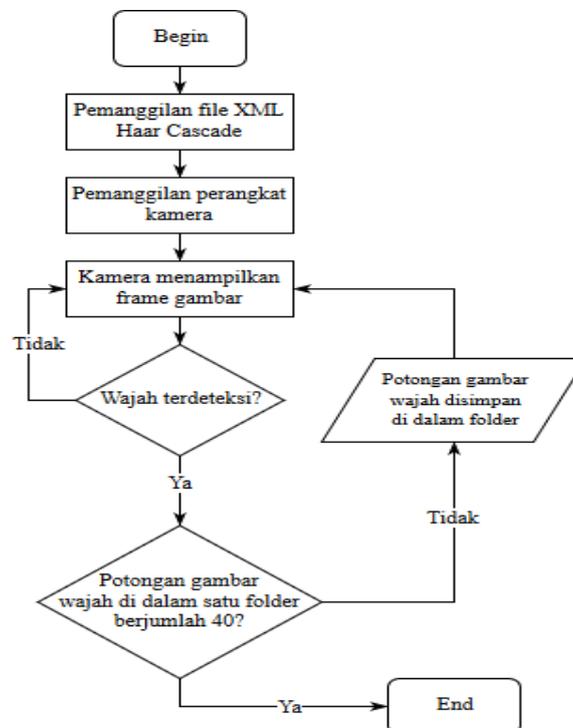
Perancangan sistem menggunakan Raspberry Pi 3 Model B untuk mekanisme kunci pintu dengan pengenalan wajah. Alasan utama menggunakan Raspberry Pi adalah portabilitasnya, selain dari faktor harga yang murah yang menjadi suatu kelebihan bagi pengguna sistem ini [6]. Perangkat Raspberry Pi populer untuk berbagai aplikasi sistem tertanam dan aplikasi *Internet of Things (IoT)*.

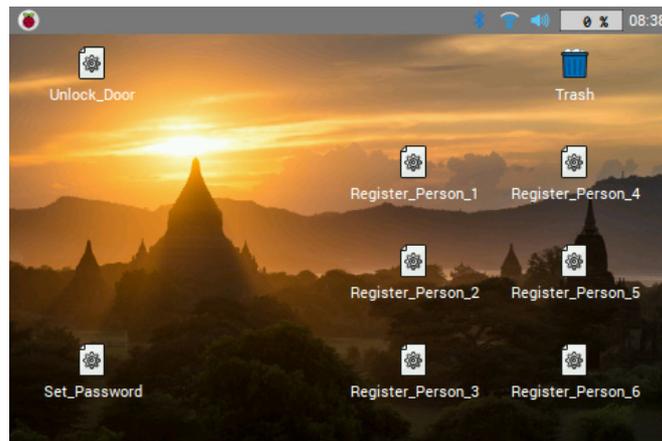
Tabel 1. Pendekatan representasi gambar wajah

Metode	Pendekatan	Keterangan
<i>Eigenfaces</i>	<i>Appearance-based</i>	Menangkap variasi atau keragaman pada kumpulan gambar wajah dan menggunakan informasi yang ada untuk <i>encode</i> dan membandingkan gambar dari setiap wajah dengan karakter holistik. (Zhang & Turk, 2008).
<i>Fisherfaces</i>	<i>Feature-based</i>	Menggunakan representasi basis vektor pada fitur wajah (Martinez, 2011)

Tabel 2. Perbandingan antara berbagai teknologi biometrika

Metode	Akurasi	Biaya	Tingkat Penerimaan	Alat yang Dibutuhkan
Wajah	Sedang	Rendah	Sedang	Kamera
Tangan	Rendah-Sedang	Sedang	Sedang	<i>Scanner</i>
Sidik jari	Tinggi	Sedang	Sedang	<i>Scanner</i>
Retina	Tinggi	Tinggi	Rendah	Kamera
DNA	Tinggi	Tinggi	Rendah	<i>Scanner DNA</i>
Suara	Sedang	Sedang	Tinggi	Mikrofon
Tanda tangan	Rendah	Sedang	Tinggi	Pen optik

Gambar 1. Perbandingan rekonstruksi wajah metode *eigenfaces* dan *fisherfaces*Gambar 2. Flowchart aplikasi pengambilan *dataset* wajah



Gambar 3. Tampilan antarmuka sistem penguncian pintu dengan metode pengenalan wajah

Raspberry Pi memiliki konsumsi daya CPU dan GPU yang rendah, yang sekaligus memiliki nilai kelebihan dan kekurangan.

Dengan spesifikasi tegangan dan arus input yang disarankan sebesar 5V/2.5A (Raspberry, n.d.), Raspberry Pi 3 Model B bisa dikatakan *low voltage*. Raspberry Pi 3 Model B juga dapat bekerja dengan baik pada tegangan dan arus input 5V/2A, sehingga dapat menggunakan *power bank* sebagai sumber tegangan eksternal. Kesimpulan awalnya, kebutuhan *power* yang rendah akan berdampak pada performa yang biasanya buruk, akan tetapi cukup apabila mengingat harganya yang murah.

Berdasarkan uraian latar belakang masalah tersebut maka tujuan penelitian ini adalah untuk menguji berbagai kombinasi dari algoritme deteksi wajah berdasarkan kriteria sensitivitas, spesifisitas, dan *false rate*. Batasan penelitian yang ditetapkan adalah terkait metode kombinasi algoritme yang diuji yakni *Eigenfaces/PCA* dan *K-Nearest Neighbor* (K-NN), *PCA-LDA* dan K-NN, *Eigenfaces/PCA* dan *Support Vector Machine* (SVM), *PCA-LDA* dan SVM. Batasan juga ditetapkan pada implementasi pengujian hanya pada sistem Raspberry Pi 3. Luaran dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rancangan prototipe sistem keamanan kunci pintu dengan implementasi teknologi pengenalan wajah. Selain itu kontribusi teori yang diharapkan adalah untuk menemukan metode pengenalan wajah yang efektif dan efisien sesuai dengan performa Raspberry Pi 3.

2. Tinjauan Pustaka

Untuk melakukan penelitian mengenai bagaimana perancangan sistem keamanan rumah tangga menggunakan implementasi teknologi pengenalan wajah, saat ini terdapat berbagai penelitian serupa. Di antaranya penelitian yang dimuat di dalam makalah yang berjudul *Real Time Access Control Based on Face Recognition* [7] Penelitian ini dilakukan oleh Ylber Januzaj, Artan Luma, Ymer Januzaj, dan Vehbi Januzaj dari South East European University pada tahun 2015. Tujuan dari penelitian ini adalah menyediakan sistem keamanan akses yang mengontrol orang keluar dan masuk dari berbagai gedung menggunakan *magnetic lock*, sesuai dengan permintaan yang ada. Pada makalahnya, Januzaj membahas landasan teori tentang tiga metode yang dapat digunakan untuk membuka akses pintu, yaitu metode akses

menggunakan kata kunci, akses menggunakan RFID, dan akses menggunakan teknologi biometri. Bagaimana celah pada penelitian-penelitian sebelum adalah kurangnya uji analisis perbandingan gabungan algoritme dan cenderung hanya menguji satu atau masing-masing algoritme.

Setiap manusia memiliki identitas bawaan yang sifatnya unik, oleh karena itu sistem keamanan yang berbasis biometri sangat dianjurkan untuk digunakan di dalam lingkungan yang membutuhkan tingkat keamanan yang tinggi. Teknologi biometri adalah teknologi yang paling aman digunakan karena fitur-fitur pada manusia seperti wajah, jari, dan suara tidak bisa dipinjamkan atau dicuri. [8]. Berdasarkan riset yang telah dilakukan oleh mereka, sejumlah empat faktor yang menjadi perbandingan pada beberapa sistem keamanan berbasis teknologi biometri ini yaitu akurasi, biaya, tingkat penerimaan, dan peralatan yang dibutuhkan, dijelaskan ke dalam tabel 2.

Tabel 2 menjelaskan perbandingan antara berbagai teknologi biometri, penggunaan metode pengenalan wajah memiliki tingkat akurasi yang sedang apabila dibandingkan dengan metode lainnya. Akan tetapi, tingkat akurasi yang sedang tersebut bisa ditingkatkan dengan cara memperbaiki kondisi lingkungan sekitar agar menjadi lebih kondusif, contohnya pencahayaan. Dibandingkan dengan beberapa metode lain, penggunaan metode pengenalan wajah juga murah dalam segi biaya. Biaya yang murah untuk metode pengenalan wajah disebabkan oleh kesederhanaan dari alat yang dibutuhkan, yaitu kamera. Saat penelitian ini ditulis, harga modul kamera untuk Raspberry Pi relatif murah dibandingkan alat lainnya, yaitu berkisar antara Rp300.000 sampai dengan Rp400.000. Faktor terakhir tentang perbandingan antara teknologi biometri adalah tingkat penerimaan, yang mana metode pengenalan wajah memiliki tingkat penerimaan sedang [9]. Untuk meningkatkan keamanan dari sistem, maka diperlukan penyetalan agar dapat mengurangi tingkat penerimaan tersebut.

Pengenalan wajah mengidentifikasi beberapa fitur wajah dengan mengekstrak fitur pada gambar yang menampilkan wajah subjek. Contohnya, sebuah algoritme yang menganalisis posisi, bentuk, atau ukuran dari mata, hidung, bibir, dan dagu. Hasil dari pengukurannya disimpan ke dalam *dataset* dan menghasilkan *facial metrics* [10]. Fitur ini yang akan digunakan untuk *template matching* pada teknik konvensional. Teknik konvensional seperti

template matching adalah satu dari beberapa sistem yang banyak diterapkan untuk metode pengenalan wajah (gambar 3).

Template matching pada teknik pengenalan wajah adalah proses pencarian lokasi dari fitur-fitur wajah yang penting dan menonjol dan urutan representasi dari wajah. *Template matching* menjadi salah satu teknik yang esensial digunakan dalam aplikasi analisis gambar [11]. Di dalam implementasi *template matching*, fitur wajah yang sudah diekstrak dibandingkan dengan data yang sudah disimpan untuk pengenalan wajah. Akan tetapi, penggunaan *template matching* untuk pengenalan wajah hanya cocok untuk kondisi lingkungan yang stabil. *Template matching* sederhana tidak akan mampu mengenali wajah pada tingkat perubahan cahaya yang signifikan. Oleh karena itu, demi meningkatkan akurasi sistem pada proses pengenalan wajah maka diperlukan metode lain yang dapat membaca garis-garis wajah yang dideteksi dengan lebih baik.

Metode *eigenfaces* dipengaruhi oleh teknik yang dinamakan *principal component analysis* (PCA) untuk merepresentasikan gambar wajah secara efisien. Pada kumpulan gambar wajah yang tersedia, PCA menghitung sistem koordinat terbaik untuk kompresi gambar, di mana setiap koordinat adalah gambar yang disebut *eigenpicture*. Sirovich dan Kirby [12] menyatakan bahwa di dalam prinsip ini setiap koleksi gambar wajah dapat direkonstruksi dengan cara menyimpan koleksi kecil dari berat nilai setiap gambar dan set kecil dari gambar standar (*eigenpicture*). Berat nilai yang menggambarkan setiap wajah ditemukan dengan memproyeksikan gambar wajah ke dalam setiap *eigenpicture*.

Berbeda dengan *eigenfaces* yang menggunakan teknik *principal component analysis* (PCA), metode *fisherfaces* menggunakan model proyeksi linier yang diskriminan atau biasa disebut *linear discriminant analysis* (LDA). Metode *fisherfaces* ini pertama kali diajukan oleh Belheumur *et al.* [13] yang telah mereka dibuktikan bahwa implementasi metode ini mampu mengurangi *error rate* yang dihasilkan oleh metode *eigenfaces* pada lingkungan eksperimen yang sama. LDA memaksimalkan rasio antar kelas dengan penyebaran di dalam kelas, oleh karena itu, *fisherfaces* bekerja lebih baik daripada PCA pada *eigenfaces* untuk tujuan diskriminasi. Implementasi *fisherfaces* sangat berguna saat gambar wajah memiliki variasi pencahayaan dan ekspresi wajah yang besar. Perbedaan hasil rekonstruksi citra wajah kedua algoritme ini ditunjukkan pada gambar 1.

3. Metodologi

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif yakni penelitian yang digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan [14]. Penelitian ini tergolong jenis penelitian kuantitatif karena data penelitian berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik yang diuji terukur melalui percobaan empiris. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan studi literatur berupa mengumpulkan pembahasan jurnal, atau makalah yang ada kaitannya dengan judul penelitian dan observasi dengan mengadakan penelitian dan peninjauan langsung terhadap permasalahan yang diambil.

Metode pengukuran efisiensi dan efektivitas algoritme yang digunakan adalah teknik *cross-validation*

yang merupakan metode statistik untuk mengevaluasi dan membandingkan algoritme pembelajaran dengan membagi data menjadi dua segmen: satu digunakan untuk belajar atau melatih model dan yang lainnya digunakan untuk memvalidasi model. [15]. *Cross-validation* digunakan untuk mengevaluasi atau membandingkan algoritme pembelajaran sebagai berikut: pada setiap iterasi, satu algoritme *learning* atau yang lain menggunakan data $k - 1$ untuk mempelajari satu model atau lebih, dan selanjutnya model yang dipelajari diminta untuk membuat prediksi tentang data di dalam *validation fold*. Performa setiap algoritme *learning* pada setiap *fold* dapat dilacak dengan menggunakan beberapa *performance metric* yang telah ditentukan seperti akurasi. Setelah selesai, sampel k dari *performance metric* akan tersedia untuk setiap algoritme.

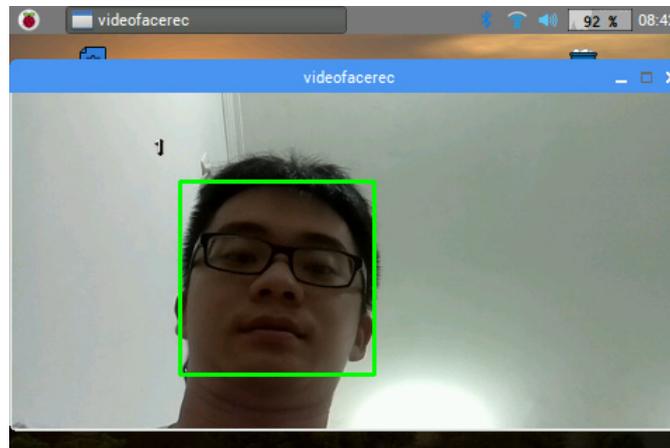
Dalam validasi silang k -fold, data dipartisi terlebih dahulu menjadi segmen atau lipatan berukuran sama (atau hampir sama). Selanjutnya iterasi k pada *training* dan validasi dilakukan sedemikian rupa sehingga dalam setiap iterasi data yang berbeda dilangsungkan untuk proses pengetesan, sedangkan *fold* sisanya $k - 1$ akan digunakan untuk proses *training*. Data biasanya berupa data bertingkat sebelum dipecah menjadi k -fold. Setelah itu dilakukan proses penyusunan ulang data untuk memastikan setiap *fold* merupakan hasil representasi yang baik dari keseluruhan. Sebagai contoh, pengaturan $k = 2$ akan menghasilkan 2-fold *cross-validation*. Pada 2-fold *cross-validation*, secara acak *dataset* dibagi menjadi dua yaitu d_0 and d_1 , sehingga kedua set memiliki ukuran yang sama. Setelah itu, d_0 dan d_1 masing-masing dites, lalu diikuti dengan melakukan *training* pada d_1 dan testing pada d_0 . Ketika $k=n$ (jumlah observasinya), k -fold *cross-validation* yang dipakai akan sama dengan *leave-one-out cross-validation*.

Untuk program pengambilan *dataset* wajah, ada tiga proses yang dijalankan. Yang pertama, program melakukan pemanggilan file XML Haar Cascade versi alternatif kedua yang dinamakan *haarcascade_frontalface_alt2.xml* secara default. Kedua, program akan melakukan pemanggilan perangkat kamera (RPI kamera pada Raspberry Pi). Ketiga, kamera menampilkan *frame* gambar dengan rate 30 *frame* per detik (fps). Ketika program mendeteksi ada wajah di dalam *frame* gambar, maka potongan wajah yang ditangkap oleh XML disimpan di dalam folder sebagai *dataset* wajah untuk *training*. Apabila jumlah potongan gambar wajah yang sudah tersimpan mencapai 40 buah, maka program diinstruksikan untuk berhenti mengambil dan menyimpan potongan gambar wajah. Proses ini dijelaskan dalam *flowchart* pada Gambar 2.

Ada tujuan di balik pembatasan jumlah potongan gambar wajah yang disimpan ke dalam *dataset* yang hanya sejumlah 40 buah per folder (atau per orang). *Dataset* wajah yang digunakan di dalam sistem penguncian pintu berbasis metode pengenalan wajah terdiri dari 40 folder untuk sampel wajah *true negative* yang diambil dari AT&T *Faces Database* di mana masing-masing sampel wajah terdiri dari 40 potongan gambar, dan 6 folder untuk sampel wajah *true positive*. Potongan gambar wajah untuk sampel wajah *true positive* yang disimpan melalui program berjumlah 40 buah akan mengurangi gejala *underfitting* atau *overfitting* karena memiliki bobot yang setara dan masuk akal dengan sampel wajah *true negative* yang digunakan. Gejala *underfitting* atau *overfitting* akibat perbedaan jumlah sampel akan memperburuk tingkat keyakinan sistem dalam melakukan pengenalan wajah.

	o0	o1	o2		o0	o1	o2		o0	o1	o2
c0		A	B		B	A	B		B	B	A
c1		A	B		B	A	B		B	B	A
c2		A	B		B	A	B		B	B	A

Gambar 4. Teknik matrix cross validation



Gambar 5. Tampilan program pengenalan wajah saat membuka kunci pintu

Pembuatan antarmuka sistem untuk masing-masing pilihan menu menggunakan *Bash shell* yang diletakkan pada *desktop* Raspbian Jessie. *Bash* sendiri merupakan nama bahasa pemrograman pada Linux yang fungsinya sebagai *shell*, yaitu memberikan urutan perintah kepada terminal dan perintah tersebut dieksekusi. Gambar tampilan antar muka program ditunjukkan dengan gambar 3.

Ada beberapa alasan yang kuat mengapa *Bash* diimplementasikan untuk antarmuka sistem [16]. Yang pertama adalah menampilkan pilihan menu secara instan ketika perangkat Raspberry Pi dinyalakan. Kedua, *Bash* tidak akan membebani prosesor sehingga tidak mempengaruhi kinerja program pengenalan wajah secara keseluruhan. Ketiga, *Bash* sangat mudah untuk dibuat. Cara untuk membuat file *Bash* adalah membuat file baru yang kosong, edit file tersebut menggunakan *text editor*, dan kemudian memasukkan *command* yang ingin dieksekusi apabila file *Bash* tersebut dijalankan. File kosong akan otomatis menjadi file *Bash* ketika di baris 1 (gambar 4).

Untuk program pengenalan wajah, ada tiga proses tugas *machine learning* yang harus dilakukan oleh sebuah perangkat keras atau komputer dalam implementasinya melakukan *training* pengenalan wajah.

Yang pertama adalah pengenalan terhadap fitur wajah yang diambil dari *dataset* menggunakan teknik PCA atau perpaduan antara teknik PCA dan LDA. PCA sendiri digunakan untuk memperkirakan fitur *dataset* wajah ke dalam fitur *vector* yang memiliki dimensional yang lebih rendah. Di dalam perpaduan implementasi antara PCA dan LDA, metode ini terbagi ke dalam dua langkah yaitu memproyeksikan gambar wajah dari ruang *vector* asli ke *subspace* dengan PCA, kemudian menggunakan LDA untuk mendapatkan linear *classifier* terbaik. Ide konsep untuk memadukan PCA dan LDA adalah untuk meningkatkan kemampuan generalisasi LDA apabila hanya tersedia sedikit sampel per satu *class*. Di sisi lain, LDA meningkatkan nilai diskriminan dari fitur PCA.

Yang kedua, melakukan pengklasifikasian *dataset* wajah menggunakan metode *classifier* yang dianggap cocok untuk sistem ini, yaitu *k-nearest neighbor* dan *support vector*

machine. Keduanya memiliki representasi yang berbeda pada pendekatan dalam proses *learning*. *K-nearest neighbor* berusaha untuk memperkirakan distribusi data yang mendasarinya secara non-parametrik, sedangkan SVM mengasumsikan ada *hyperplane* yang memisahkan titik data, yang merupakan asumsi yang cukup ketat. Yang terakhir, proses verifikasi pengenalan wajah diakhiri dengan validasi data menggunakan *k-fold cross validation*. Cara kerja validasi data yang ditugaskan kepada metode *k-fold cross validation* adalah sebagai berikut:

Data yang sudah melewati tahap pengenalan fitur dan klasifikasi, *k-fold cross validation* membagi data tersebut menjadi *fold* atau lipatan sebanyak *k* yang besarnya sama dan tidak *overlapping* untuk proses *training* dan testing. Sebagai contoh, pada gambar 4 merupakan 3-fold *cross validation* untuk 9 data observasi and 3 class, sehingga setiap observasi diberikan *index [c_i][o_i]* seperti pada gambar 4.

Model dari hasil *training dataset* wajah disimpan ke dalam file *pickle*. *Pickle* sendiri merupakan sebuah modul Python untuk serialisasi data, yang mana akan mengubah objek *dataset* wajah menjadi sebuah *file byte stream*. Objek *dataset* wajah tersebut pada dasarnya adalah sebuah *classifier* dari *machine learning* yang harus dipanggil setiap kali menjalankan program. Fungsi *pickle* di dalam program pengenalan wajah ini adalah menyimpan objek *dataset* wajah dalam format ekstensi (*.pkl) sehingga sistem hanya memerlukan satu kali proses *training* dan setelahnya *file pickle* dapat dipanggil tanpa perlu mengulang proses *training* yang membutuhkan waktu relatif lama.

Proses *training* selesai setelah melalui tahap pengenalan fitur, klasifikasi, dan validasi data wajah. *File pickle* yang sudah disimpan dapat langsung digunakan untuk program pembuka pintu, yang mengakibatkan waktu yang dibutuhkan untuk peluncuran program menjadi instan. Program dianggap sudah berjalan ketika keberadaan perangkat RPi kamera berhasil dideteksi dan kamera mampu menampilkan *frame* gambar sebanyak 30 *frame* per detik (fps).

Tabel 3 Hasil pengukuran sensitivitas

Nilai k-fold	PCA, kNN	PCA-LDA, kNN	PCA, SVM	PCA-LDA, SVM
10-fold	40 (1)	40 (1)	40 (1)	40 (1)
8-fold	40 (1)	40 (1)	40 (1)	40 (1)
6-fold	40 (1)	40 (1)	40 (1)	39 (0.975)
5-fold	40 (1)	40 (1)	39 (0.975)	39 (0.975)
4-fold	39 (0.975)	39 (0.975)	39 (0.975)	39 (0.975)
3-fold	39 (0.975)	39 (0.975)	38 (0.95)	37 (0.925)
2-fold	36 (0.9)	36 (0.9)	36 (0.9)	36 (0.9)

Tabel 4 Hasil uji spesifisitas

Nilai k-fold	PCA, kNN	PCA-LDA, kNN	PCA, SVM	PCA-LDA, SVM
10-fold	1600 (1)	1578 (0.986)	1600 (1)	1571 (0.982)
8-fold	1591 (0.994)	1567 (0.979)	1600 (1)	1569 (0.981)
6-fold	1600 (1)	1574 (0.984)	1583 (0.989)	1547 (0.967)
5-fold	1600 (1)	1567 (0.979)	1559 (0.974)	1538 (0.961)
4-fold	1586 (0.991)	1555 (0.972)	1553 (0.971)	1528 (0.955)
3-fold	1531 (0.957)	1539 (0.962)	1524 (0.953)	1456 (0.91)
2-fold	1424 (0.89)	1372 (0.9)	1404 (0.878)	1304 (0.815)

Tabel 5 Hasil pengukuran false positive rate

Nilai k-fold	PCA, kNN	PCA-LDA, kNN	PCA, SVM	PCA-LDA, SVM
10-fold	0 (0)	22 (0.014)	0 (0)	29 (0.018)
8-fold	9 (0.06)	33 (0.021)	0 (0)	31 (0.019)
6-fold	0 (0)	26 (0.016)	17 (0.011)	53 (0.033)
5-fold	0 (0)	33 (0.021)	41 (0.026)	62 (0.039)
4-fold	14 (0.009)	45 (0.028)	47 (0.029)	72 (0.045)
3-fold	69 (0.043)	61 (0.038)	76 (0.048)	144 (0.09)
2-fold	176 (0.11)	228 (0.143)	196 (0.123)	296 (0.185)

Hampir sama seperti program pengambilan *dataset* wajah, ketika *frame* gambar yang ditampilkan berhasil menemukan wajah manusia berdasarkan file XML Haar Cascade, maka program pengenalan wajah ini akan berusaha menemukan wajah. Perbedaannya, program juga sekaligus memiliki tugas tambahan yaitu menebak siapa

orang yang berada di dalam *frame* gambar tersebut. Jika wajah yang ditangkap kamera dianggap cocok dengan sampel *true positive* yang berasal dari file *pickle* berisi informasi terenkripsi berupa *byte stream*, maka program pengenalan wajah ini akan menggerakkan solenoid kunci pintu melalui perintah GPIO dan membukakan akses pintu. Selain kondisi tersebut, program tidak akan memerintahkan GPIO untuk mengaktifkan rangkaian solenoid. Tampilan program aplikasi saat menangkap wajah dapat dilihat pada gambar 5.

4. Hasil dan Diskusi

Pengujian waktu pengenalan wajah dilakukan menganalisis metode pengenalan fitur, *classifier*, dan validasi *dataset* yang terbaik untuk diimplementasikan di dalam sistem penguncian pintu berbasis pengenalan wajah. Hasil-hasil pengujian di bawah ini adalah berdasarkan jumlah *dataset* yang digunakan yaitu berjumlah 1640 (40 gambar x 41 orang) dengan ukuran gambarnya masing-masing sekitar 75x100 piksel. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali setiap *fold* lalu ketiga hasil tersebut dirata-rata. Perangkat tersebut adalah Raspberry Pi 3 Model B. Pengujian ini menunjukkan bagaimana performa Raspberry Pi 3 Model B yang akan digunakan sebagai perangkat keras utama dalam sistem penguncian pintu ini bekerja dalam melakukan validasi *dataset* gambar wajah.

Pengujian pada dalam penelitian ini adalah pengujian yang dapat diukur bersifat statistika, antara lain *detection rate*, tingkat akurasi validasi, waktu validasi, dan waktu pengenalan wajah.

a. Detection Rate

Pengujian *detection rate* dilakukan dengan pencocokan gambar wajah dari *dataset* wajah. Hasil-hasil pengujian di bawah ini adalah berdasarkan jumlah *dataset* yang digunakan yaitu berjumlah 1640 (40 gambar x 1 sampel *true positive*, 40 gambar x 40 sampel *true negative*) dengan ukuran gambarnya masing-masing sekitar 75x100 piksel. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali setiap *fold* lalu ketiga hasil tersebut dirata-rata. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil *system testing* yang diselesaikan oleh k-fold *cross validation* pada saat proses *training*. Berdasarkan jenisnya, pengujian *detection rate* ini dibagi menjadi 4, di antaranya:

- 1) Sensitivitas
- 2) Spesifisitas
- 3) *False positive rate*
- 4) *False negative rate*

b. Sensitivitas

Untuk pengenalan wajah, sensitivitas menyatakan probabilitas sebuah wajah yang dideteksi bersifat cocok dengan gambaran wajah lain dari wajah yang sama. Semakin tinggi nilai sensitivitas maka semakin baik performa sistem dalam melakukan pencocokan wajah seseorang dengan wajah orang lain. Sebaliknya, semakin rendah nilai sensitivitas maka semakin buruk performa sistem dalam pencocokan wajah seseorang dengan wajah orang lain, sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan dalam melakukan pengenalan wajah. Hasil pengukuran sensitivitas yang dibagi berdasarkan nilai k-fold untuk jumlah pengesanan sampel *true positive* sejumlah 40 gambar

dapat dilihat di dalam Tabel 3 di bawah ini.

Hasil pengujian menunjukkan setiap algoritme yang diuji dengan nilai K-fold di atas 8 sudah memiliki sensitivitas pengenalan wajah yang sangat baik mencapai 100% sesuai dengan jumlah sampel yang diberikan. Ketika jumlah K-fold dikurangi terlihat bahwa kemampuan sensitivitas pengenalan wajah juga menurun.

c. Spesifisitas

Untuk pengenalan wajah, spesifisitas menyatakan probabilitas sebuah wajah yang dideteksi bersifat tidak cocok dengan gambaran wajah lain dari wajah yang berbeda. Semakin tinggi nilai spesifisitas maka semakin baik performa sistem dalam melakukan pencocokan wajah seseorang dengan wajah orang lain. Sebaliknya, semakin rendah nilai spesifisitas maka semakin buruk performa sistem dalam pencocokan wajah seseorang dengan wajah orang lain, sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan dalam melakukan pengenalan wajah. Hasil pengukuran spesifisitas yang dibagi berdasarkan nilai k-fold untuk jumlah pengesanan sampel *true negative* sejumlah 1600 gambar dapat dilihat di pada Tabel 4. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa algoritme PCA dan SVM serta algoritme PCA dan K-NN mendapat hasil terbaik dibandingkan dengan algoritme lainnya.

d. False Positive Rate

Untuk pengenalan wajah, *false positive rate* menyatakan probabilitas sebuah wajah yang dideteksi bersifat cocok dengan gambaran wajah lain dari wajah yang berbeda. Semakin tinggi nilai *false positive rate* maka semakin buruk performa sistem dalam melakukan pencocokan wajah seseorang dengan wajah orang lain, sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan dalam melakukan pengenalan wajah. Sebaliknya, semakin rendah nilai *false positive rate* maka semakin baik performa sistem dalam pencocokan wajah seseorang dengan wajah orang lain. Hasil pengukuran *false positive rate* yang dibagi berdasarkan nilai k-fold untuk jumlah pengesanan sampel *true negative* sejumlah 1600 gambar dapat dilihat di dalam Tabel 5. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritme PCA & K-NN mencatat hasil *false positive rate* terendah dibandingkan dengan algoritme lainnya.

e. False Negative Rate

Untuk pengenalan wajah, *false negative rate* menyatakan probabilitas sebuah wajah yang dideteksi bersifat tidak cocok dengan gambaran wajah lain dari wajah yang sama. Semakin tinggi nilai *false negative rate* maka semakin buruk performa sistem dalam melakukan pencocokan wajah seseorang dengan wajah orang lain, sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan dalam melakukan pengenalan wajah. Sebaliknya, semakin rendah nilai *false negative rate* maka semakin baik performa sistem dalam pencocokan wajah seseorang dengan wajah orang lain. Hasil pengukuran *false negative rate* yang dibagi berdasarkan nilai k-fold untuk jumlah pengesanan sampel *true positive* sejumlah 40 gambar dapat dilihat di dalam Tabel 6. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *false negative rate* terendah dimiliki algoritme PCA & k-NN dan PCA & LDA K-NN. Hasil pengujian menunjukkan kedua algoritme gabungan tersebut memiliki nilai identik yang sama persis.

Tabel 6 Hasil pengukuran *false negative rate*

Nilai k-fold	PCA, kNN	PCA-LDA, kNN	PCA, SVM	PCA-LDA, SVM
10-fold	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
8-fold	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
6-fold	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.025)
5-fold	0 (0)	0 (0)	1 (0.025)	1 (0.025)
4-fold	1 (0.025)	1 (0.025)	1 (0.025)	1 (0.025)
3-fold	1 (0.025)	1 (0.025)	2 (0.05)	3 (0.075)
2-fold	4 (0.1)	4 (0.1)	4 (0.1)	4 (0.1)

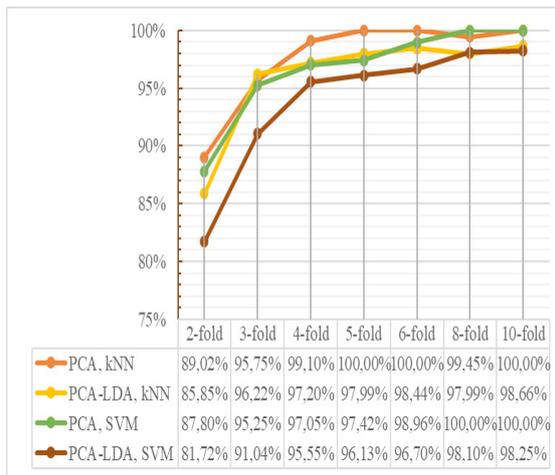
Tabel 7 Rata-rata waktu pengenalan wajah raspberry Pi 3

Nilai k-fold	PCA, kNN	PCA-LDA, kNN	PCA, SVM	PCA-LDA, SVM
10-fold	0.121	0.122	0.127	0.121
8-fold	0.126	0.129	0.125	0.122
6-fold	0.132	0.127	0.133	0.109
5-fold	0.121	0.120	0.122	0.121
4-fold	0.111	0.116	0.117	0.126
3-fold	0.125	0.128	0.122	0.128
2-fold	0.129	0.125	0.123	0.124

Melalui data yang disajikan di dalam Tabel 7, menunjukkan waktu yang dibutuhkan Raspberry Pi 3 Model B dalam melakukan proses pengenalan wajah pada masing-masing metode berkisar antara 0.109 sampai dengan 0.133 detik. Hasil ini sifatnya identik sehingga tidak dapat digunakan sebagai parameter untuk membandingkan masing-masing metode. Akan tetapi, ada yang dapat disimpulkan dari hasil tersebut, yaitu selama aplikasi pengenalan wajah berjalan, Raspberry Pi 3 Model B hanya mampu menghasilkan sekitar 8 hingga 9 *frame* per detik, dari target 30 *frame* per detik. Angka-angka yang dihasilkan di dalam Tabel 3 lebih dipengaruhi oleh performa komputasi Raspberry Pi 3 Model B yang cukup baik. Hasil pengukuran rata-rata waktu pengenalan wajah dapat dilihat di dalam Tabel 7.

Pengujian akurasi validasi membantu menganalisis metode *training dataset* yang paling baik untuk diimplementasikan di dalam sistem penguncian pintu berbasis pengenalan wajah. Hasil-hasil pengujian di bawah ini adalah berdasarkan jumlah *dataset* yang digunakan yaitu berjumlah 1640 (40 gambar x 41 orang) dengan ukuran gambarnya masing-masing sekitar 75x100 piksel. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali setiap *fold* lalu ketiga hasil tersebut dirata-rata. Berdasarkan jenisnya, pengujian akurasi validasi ini dibagi menjadi empat, di antaranya:

- 1) Metode Eigenfaces/PCA dan K-Nearest Neighbor (K-NN)
- 2) Metode hybrid PCA-LDA dan K-NN
- 3) Metode Eigenfaces/PCA dan Support Vector Machine (SVM)
- 4) Metode hybrid PCA-LDA dan SVM



Gambar 6. Hasil Uji perbandingan metode yang digunakan

Berdasarkan hasil dari grafik perbandingan pada Gambar 6, terlihat bahwa jika dilihat dari hasil akurasi validasinya secara keseluruhan, metode *Eigenfaces* atau PCA menghasilkan nilai rata-rata yang lebih baik dibandingkan metode *hybrid Eigen-Fisherfaces* atau PCA-LDA. Untuk penggunaan *classifiernya*, hasil akurasi validasi yang lebih baik dihasilkan oleh metode klasifikasi k-NN dibandingkan dengan metode klasifikasi SVM. Ciri khas dari metode klasifikasi SVM yang dirasa menjadi hambatan adalah implementasi *hyperplane* [17]. Objek yang digunakan di dalam sistem ini memiliki jumlah minimal 41 buah, sehingga dengan konsep *hyperplane* yang dirancang untuk melakukan klasifikasi sebanyak 2 *class* tersebut SVM tidak mampu meraih nilai akurasi sebaik metode *k-nearest neighbor*.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibahas dapat diambil kesimpulan bahwa metode *machine learning* yang paling baik untuk implementasi sistem penguncian pintu ini adalah menggunakan metode pengenalan fitur *hybrid Eigen-Fisherfaces* (PCA-LDA) dan metode *classifier k-nearest neighbor*. Kesimpulan ini diambil dengan melihat rasio performa berdasarkan durasi waktu *training* dan akurasi validasi dengan jumlah *fold* paling sedikit. Akurasi mendekati 90% dicapai dengan 2 *fold*, dan 4 *fold* dapat dicapai akurasi mendekati 100%.

Metode *machine learning* dan jumlah *fold* yang digunakan pada proses validasi tidak mempengaruhi performa berdasarkan durasi waktu pengenalan wajah. Selain itu nilai k yang lebih besar dalam melakukan validasi menggunakan *k-fold cross validation* akan menghasilkan akurasi yang lebih baik, disebabkan karena semakin besar nilai k dalam jumlah *dataset* yang sama maka jumlah data yang dapat digunakan untuk *training* akan semakin banyak.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa perangkat Mikrokontroler Raspberry Pi 3 Model B yang menjadi perangkat keras utama dalam sistem ini memiliki performa yang cukup baik dalam hal pengenalan wajah. Hal ini dibuktikan melalui serangkaian hasil uji coba yang telah dilakukan perangkat tersebut berhasil mengenali wajah dengan baik dengan rasio sukses 81%-100%

6. Daftar Pustaka

- [1] K. Cherry, "Biometrics: An In Depth Examination," dalam *SANS Institute InfoSec Reading Room*, Chicago, Sans Institute, p. 11, 2014.
- [2] K. Delac, M. Grgic dan S. Grgic, "Independent Comparative Study of PCA, ICA, and LDA on the FERET Data Set," *Wiley Periodicals*, vol. 15, pp. 252-260, 2015.
- [3] K. Ignivov dan V. Rans, "Biometrics: Personal Identification in Networked Society," *International Journal of biometrics*, pp. 150-158, 2016.
- [4] A. K. Jain, A. Ross dan S. Prabhakar, "An Introduction to Biometric Recognition," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 4-20, 2014.
- [5] S. Zhang dan M. Turk, "Eigenfaces," *Scholarpedia*, vol. 3, no. 9, p. 4244, 2008.
- [6] A. Martinez, "Fisherfaces," *Scholarpedia*, vol. 6, no. 2, p. 4282, 2011.
- [7] Raspberry, "Raspberry Pi FAQs - Frequently Asked Questions," Raspberry, [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/help/faqs/#powerReqs>. [Diakses March 2017].
- [8] Y. Januzaj, A. Luma, Y. Januzaj dan V. Januzaj, "Real Time Access Control Based on Face Recognition," *International Conference on Network Security & Computer Science*, pp. 7-12, 2015.
- [9] L.-H. Chan, S.-H. Salleh dan C.-M. Ting, "PCA, LDA and Neural Network for Face," *ICIEA - IEEE*, pp. 1256-1259, 2016.
- [10] A. R. S. Siswanto, A. S. Nugroho dan M. Galinium, "Implementation of Face Recognition Algorithm for Biometrics Based Time Attendance System," 2014.
- [11] R. Brunelli, *Template Matching Techniques in Computer Vision: Theory and Practice*, Wiley, 2009.
- [12] M. Sirovich dan A. Kirb, "Reviewing Eigenfaces for Recognition," *Journal of Neuroscience*, vol. III, no. 1, pp. 71-86, 2011.
- [13] P. N. Belhumeur, J. P. Hespanha dan D. J. Kriegman, "Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class-Specific Linear Projection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 19, No. 7, pp. 711-720, 18 April 1997.
- [14] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, Bandung: Penerbit Alfabeta, 2015.
- [15] P. Refaeilzadeh, L. Tang dan H. Liu, "Cross-Validation," 6 11 2008. [Online]. Available: <http://leitang.net/papers/ency-cross-validation.pdf>. [Diakses 17 4 2017].
- [16] M. Faundez-Zanuy, "Biometric Security Technology," *IEEE A&E Systems Magazine* Vol. 21, No. 6, pp. 15-26, 2014.
- [17] R. Budiarto, "Manajemen Risiko Keamanan Sistem Informasi Menggunakan Metode FMEA dan ISO 27001 pada Organisasi XYZ," *Journal Of Computer Engineering System And Science*, vol. II, no. 2, pp. 105-115, 2017.

Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna dan Tingkat Kepentingan Penerapan Sistem Informasi DJP *Online* dengan Kerangka PIECES

Adi Supriyatna^{1*}, Vivi Maria²

¹Program Studi Manajemen Informatika
AMIK BSI Karawang, Karawang

²Program Studi Komputerisasi Akuntansi
AMIK BSI Karawang, Karawang

*adi.asp@bsi.ac.id

Abstrak—Untuk mengetahui apakah sistem informasi DJP *online* berjalan sebagaimana mestinya, maka diperlukan proses evaluasi terhadap kinerja dari sistem informasi tersebut. Evaluasi sistem informasi dapat dilakukan dengan cara yang berbeda dan pada tingkatan yang berbeda, tergantung pada tujuan evaluasinya. Dalam melakukan kegiatan analisis dan evaluasi sistem informasi terdapat beberapa metode atau model analisis yang dapat digunakan salah satunya adalah model analisis *PIECES Framework*. Untuk mempermudah evaluasi, ditawarkan cara analisis dengan kerangka *PIECES* yang menguraikan ke dalam 6 fokus analisis kelemahan yaitu *Performance, Information and Data, Economy, Control and Security, Efficiency* dan *Service*. Tujuan penelitian ini untuk mengukur tingkat kepuasan dan tingkat kepentingan, mengetahui kekuatan dan kelemahan dan menganalisis komponen-komponen apa saja yang perlu ditingkatkan kualitas pelayanannya yang terdapat pada sistem informasi DJP *online*. Adapun data primer yang didapatkan berasal dari penyebaran kuesioner kepada 40 orang pengguna sistem informasi DJP *online* untuk mendapatkan tingkat kepentingan dan tingkat kepuasan pengguna. Hasil penelitian ini ditemukan bahwa pengukuran rata-rata tingkat kepuasan berada pada 3.90 yang berarti sistem informasi DJP *online* sudah memberikan kepuasan kepada pengguna, sedangkan rata-rata tingkat kepentingan berada pada 4.04 yang berarti penerapan sistem informasi DJP *online* dianggap penting untuk memudahkan wajib pajak dalam melaporkan SPT.

Kata Kunci: DJP online, kerangka kerja PIECES, tingkat kepentingan, tingkat kepuasan.

1. Pendahuluan

Sebagaimana dikutip dari <http://www.sfconsulting.co.id> pada tanggal 3 Mei 2016, Direktorat Jenderal Pajak Kementerian Keuangan (Kemenkeu) mencatat pada pengguna pelaporan bukti potong pajak secara elektronik (*E-Filing* dan *E-SPT*) untuk tahun pajak 2015 telah mencapai 7,96 juta wajib pajak. 7,5 juta di antaranya merupakan wajib pajak orang pribadi, sementara sisanya sekitar 387 ribu merupakan wajib pajak badan usaha. *E-Filing* adalah suatu cara penyampaian Surat Pemberitahuan (SPT) secara elektronik yang dilakukan secara *online* dan *real time* melalui *internet* pada *website* Direktorat Jenderal Pajak (<http://www.pajak.go.id>) atau penyedia layanan SPT elektronik atau *application service provider (ASP)*.

Untuk mengetahui apakah sistem informasi DJP *online* berjalan sebagaimana mestinya, maka diperlukan proses evaluasi terhadap kinerja dari sistem informasi tersebut. Evaluasi merupakan kegiatan terencana untuk menilai suatu permasalahan yang terjadi dengan menggunakan instrumen dan hasilnya dapat dibandingkan dengan tolok ukur untuk memperoleh kesimpulan sehingga ditemukan solusi untuk menyelesaikan permasalahan yang timbul. Sedangkan Evaluasi sistem informasi dapat dilakukan

dengan cara yang berbeda dan pada tingkatan yang berbeda, tergantung pada tujuan evaluasinya. Tujuannya adalah untuk menilai kemampuan teknis, pelaksanaan operasional, dan pendayagunaan sistem [1].

Kepuasan pelanggan adalah rangkuman kondisi psikologis yang dihasilkan ketika emosi yang mengelilingi harapan tidak cocok oleh perasaan yang terbentuk mengenai pengalaman pengkonsumsian [2]. Kepuasan pelanggan berarti terpenuhinya kebutuhan dan harapan para pelanggan selama masa pelayanan [3]. Penggunaan teknologi seperti itu dalam bisnis dapat membantu perusahaan memperbaiki proses komunikasi dengan pelanggan. Selain itu, efisiensi dan efektivitas biaya dukungan *online* dapat meningkatkan kepuasan pelanggan karena layanan disediakan dan mudah diakses secara cepat dan selalu [4]. Kunci utama retensi pelanggan adalah kepuasan pelanggan dan loyalitas yang sangat bergantung pada kualitas layanan yang ditawarkan [5]. Untuk mempertahankan kesuksesan sebuah perusahaan, produk dan layanan penawaran pasar harus memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan atau bahkan untuk melampaui ekspektasi mereka [6].

Kepuasan pelanggan dengan produk industri yang digunakan oleh pemerintah dan pelanggan perusahaan. Setelah meninjau kembali studi kepuasan pelanggan

sebelumnya dan dengan bantuan teori tingkat pengalaman, penelitian ini mencoba membentuk model faktor kepuasan untuk meneliti kepuasan pelanggan dengan aplikasi industri. Peneliti memilih sebuah produk bernama “*mobile monitor*” dan menyelidiki kepuasan emosional 127 pengguna dan pemimpin perusahaan dari berbagai lapisan masyarakat dan menunjukkan bahwa 7 fitur produk mempengaruhi kepuasan emosional keseluruhan pelanggan [7].

Analisis tingkat kepuasan dan tingkat kepentingan sistem informasi DJP *online* menitikberatkan pada bagaimana mengidentifikasi kelemahan yang dijumpai pada sistem. Dalam melakukan kegiatan analisis dan evaluasi sistem informasi terdapat beberapa metode atau model analisis yang dapat digunakan, salah satunya adalah model analisis *PIECES Framework*. Untuk mempermudah evaluasi, ditawarkan cara analisis dengan kerangka *PIECES* yang menguraikan ke dalam 6 fokus analisis kelemahan yaitu *performance, information and data, economy, control and security, efficiency, dan service*. Hasil analisis *PIECES* merupakan dokumen kelemahan sistem yang menjadi rekomendasi untuk perbaikan-perbaikan yang harus dibuat pada sistem yang akan dikembangkan lebih lanjut untuk perbaikan dari sistem sebelumnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur tingkat kepentingan serta tingkat kepuasan pengguna sistem informasi DJP *online* serta mengetahui kekuatan dan kelemahan sistem informasi DJP *online*.

2. Metode

a. Jenis Penelitian

Metode penelitian atau jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menggambarkan, meringkas, berbagi kondisi, berbagai situasi atau berbagai variabel yang timbul di masyarakat yang menjadi objek penelitian, dalam hal ini objek penelitian yang diambil adalah sistem informasi DJP *online*.

b. Instrumen Penelitian

Instrumen dalam penelitian ini adalah menggunakan metode kuisisioner yang bersifat tertutup (*close-ended question*) sehingga hasil yang dicapai dari metode kuisisioner ini dapat kompleks dan akurat. Ada beberapa pernyataan atau pertanyaan tertulis yang digunakan untuk memperoleh informasi dari responden tentang tingkat kepentingan dan tingkat kepuasan, dalam hal ini adalah wajib pajak yang menggunakan sistem informasi DJP *online*. Kuisisioner ini terdiri beberapa pernyataan yang akan menjadi variabel dalam penelitian. Variabel tersebut yaitu *performance, informasi data, economics, control and security, efficiency, dan service*. Variabel-variabel tersebut termasuk ke dalam variabel kualitatif dan kuantitatif karena menyatakan kualitas tertentu dari suatu yang diamati dalam penelitian ini.

1) Populasi

Populasi adalah keseluruhan objek penelitian yang dapat terdiri dari manusia, benda-benda, hewan-hewan, tumbuh-tumbuhan, gejala-gejala, nilai tes, atau peristiwa-peristiwa sebagai sumber data yang memiliki karakteristik tertentu dalam suatu penelitian [8]. Objek dalam penelitian ini adalah sistem informasi

DJP *online*, dan yang menjadi sumber data adalah wajib pajak pengguna sistem informasi DJP *online*. Oleh karena itu, data ini disebut data primer karena diambil langsung dari sumber pertama di lokasi penelitian atau objek penelitian.

2. Sampel

Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling* yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu. Artinya setiap subjek yang diambil dari populasi dipilih dengan sengaja berdasarkan tujuan dan pertimbangan tertentu [9]. Sampel yang diambil dalam penelitian ini sebanyak 40 orang yang dipilih dari para wajib pajak orang yang sudah menggunakan sistem informasi DJP *online E-Filing* di wilayah Jakarta Timur yang terdiri dari 22 orang berjenis kelamin perempuan dan 18 orang berjenis kelamin laki-laki dengan status pekerjaan antara lain dosen, administrasi, dan karyawan swasta.

c. PIECES Framework.

PIECES framework adalah kerangka yang dipakai untuk mengklasifikasikan suatu problem, *opportunities*, dan *directives* yang terdapat pada bagian *scope definition* analisis dan perancangan sistem. Dengan kerangka ini, dapat dihasilkan hal-hal baru yang dapat menjadi pertimbangan dalam mengembangkan sistem [1]. Dalam *PIECES* terdapat enam buah variabel yang digunakan untuk menganalisis sistem informasi, yaitu:

1) *Performance* (Keandalan)

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sebuah sistem, apakah berjalan dengan baik atau tidak. Kinerja ini dapat diukur dari jumlah temuan data yang dihasilkan dan seberapa cepat suatu data dapat ditemukan.

2) *Information and Data* (Data dan Informasi)

Dalam sebuah temuan data pasti akan dihasilkan sebuah informasi yang akan ditampilkan, analisis ini digunakan untuk mengetahui seberapa banyak dan seberapa jelas informasi yang akan dihasilkan untuk satu pencarian.

3) *Economics* (Nilai Ekonomis)

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui apakah suatu sistem itu tepat diterapkan pada suatu lembaga informasi dilihat dari segi finansial dan biaya yang dikeluarkan. Hal ini sangat penting karena suatu sistem juga dipengaruhi oleh besarnya biaya yang dikeluarkan.

4) *Control and Security* (Pengendalian dan Pengamanan)

Dalam suatu sistem perlu diadakan sebuah kontrol atau pengawasan agar sistem itu berjalan dengan baik. Analisis ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana pengawasan dan kontrol yang dilakukan agar sistem tersebut berjalan dengan baik.

5) *Efficiency* (Efisiensi)

Efisiensi dan efektivitas sebuah sistem perlu dipertanyakan dalam kinerja dan alasan mengapa sistem itu dibuat. Sebuah sistem harus bisa secara efisien menjawab dan membantu suatu permasalahan khususnya dalam hal otomasi. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui apakah suatu sistem itu efisien atau tidak, dengan *input* yang sedikit bisa menghasilkan sebuah *output* yang memuaskan.

Tabel 1. Domain *PIECE framework*

No	Variabel	Jumlah Pertanyaan
1	<i>Performance</i>	6
2	<i>Information and Data</i>	10
3	<i>Economics</i>	3
4	<i>Control and Security</i>	7
5	<i>Efficiency</i>	3
6	<i>Service</i>	7

Tabel 2. Skala *likert* tingkat kepuasan

Pilihan Jawaban	Singkatan	Skor
Sangat Setuju	SS	5
Setuju	S	4
Ragu-Ragu	RG	3
Tidak Setuju	TS	2
Sangat Tidak Setuju	STS	1

Tabel 3. Skala *likert* tingkat kepentingan

Pilihan Jawaban	Singkatan	Skor
Sangat Penting	SP	5
Penting	P	4
Ragu-Ragu	RG	3
Tidak Penting	TP	2
Sangat Tidak Penting	STP	1

Tabel 4. Rata-rata kepuasan dan kepentingan

Range Nilai	Predikat Kepuasan	Predikat Kepentingan
1 – 1.79	Sangat Tidak Puas	Sangat Penting Tidak
1.8 – 2.59	Tidak Puas	Tidak Penting
2.6 – 3.39	Cukup Puas	Cukup Penting
3.4 – 4.91	Puas	Penting
4.2 – 5	Sangat Puas	Sangat Penting

6) *Service* (Pelayanan)

Dalam hal pemanfaat suatu sistem, sebuah pelayanan masih menjadi suatu hal yang penting dan perlu diperhatikan. Suatu sistem yang diterapkan akan berjalan dengan baik dan seimbang bila diimbangi dengan pelayanan yang baik juga. Analisis ini digunakan untuk mengetahui bagaimana pelayanan

yang dilakukan dan mengetahui permasalahan-permasalahan yang ada terkait tentang pelayanan.

d. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah teknik atau cara yang dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan data yang dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian.

1) Observasi.

Dilakukan dengan cara menyebarkan daftar pernyataan kepada responden yaitu pengguna sistem informasi DJP online berdasarkan model *PIECES framework*, kemudian data akan diolah dengan menggunakan aplikasi *microsoft excel*. Kuesioner terdiri dari 36 pernyataan, yang disusun berdasarkan 6 domain *PIECES* yaitu:

e. Metode Analisis Data

Dalam menganalisis data yang diperoleh dari kuisisioner, digunakan skala *likert*. Skala *likert* ini merupakan skala yang dapat dipergunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau sekelompok orang mengenai suatu gejala atau fenomena [10]. Dan pada evaluasi, skala *likert* digunakan untuk menilai keberhasilan suatu kebijakan atau program, menilai manfaat pelaksanaan suatu kebijakan atau program, dan mengetahui kepuasan *stakeholder* terhadap pelaksanaan suatu kebijakan atau program.

Di mana kemudian menentukan penggunaan rata-rata tingkat kepuasan menurut metode *likert* dengan menggunakan rumus:

$$RK = \frac{JSK}{JK}$$

RK = Rata-rata Kepuasan/Kepentingan

JSK = Jumlah Skor Kuesioner

JK = Jumlah Kuesioner

Kaplan dan Norton mempublikasikan kartu skor berimbang melalui rangkaian artikel-artikel jurnal dan buku *The Balanced Scorecard*. Sejak diperkenalkannya konsep aslinya, *balanced scorecard (BSC)* telah menjadi lahan subur untuk pengembangan teori dan penelitian. "*Balanced scorecard* membantu organisasi untuk menghadapi dua masalah fundamental, yaitu mengukur performa organisasi secara efektif dan mengimplementasikan strategi dengan sukses" menurut [10]. Sedangkan untuk penentuan rata-rata kepuasan menggunakan teori Kaplan dan Norton:

Tabel 5. Daftar pernyataan *PIECES framework*

NO	DOMAIN	PERNYATAAN
1	PERFORMANCE	<p>Sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak sangat mudah diakses oleh pengguna.</p> <p>Sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak dapat mengoperasikan sejumlah perintah dalam waktu yang relatif singkat, tanpa mengalami hambatan.</p> <p>Sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak dalam merespons suatu perintah pembatalan maupun permintaan terhadap suatu transaksi dilakukan dengan cepat.</p> <p>Jumlah data yang dapat diproses sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak pada satuan waktu sudah sesuai dengan yang diharapkan.</p> <p>Pada saat sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak digunakan secara bersamaan, kinerja sistem informasi tetap berjalan stabil.</p> <p>Total waktu yang dibutuhkan dalam melakukan pengolahan data hingga menghasilkan informasi sudah dilakukan dengan cepat.</p> <p>Data yang disimpan oleh sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak sudah tersimpan sesuai dengan yang dimasukkan ke dalam sistem</p> <p>Sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak tidak dapat menyimpan data yang bukan seharusnya.</p> <p>Data yang mengandung kesalahan atau data yang tidak benar tidak dapat disimpan oleh sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak.</p> <p>Sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak tidak dapat menyimpan data yang sama sehingga tidak menimbulkan duplikasi atau redundansi data.</p>
2	INFORMASI DAN DATA	<p>Informasi yang dihasilkan oleh sistem informasi sudah sesuai dengan yang dibutuhkan.</p> <p>Informasi yang dihasilkan oleh sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak tepat pada waktunya.</p> <p>Format informasi yang dihasilkan oleh sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak bermanfaat dan dapat digunakan sebagaimana mestinya oleh pengguna.</p> <p>Data yang diolah oleh sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak sudah tersimpan ke dalam satu media penyimpanan.</p> <p>Informasi yang disajikan sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak mudah untuk dipelajari dan dipahami.</p> <p>Informasi yang dihasilkan sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak dapat diandalkan/dipercaya.</p>
3	ECONOMICS	<p>Biaya yang dikeluarkan oleh dirjen pajak menjadi lebih ringan dengan adanya sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak dibandingkan dengan menggunakan cara konvensional.</p> <p>Pada saat pembangunan dan penerapan sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak, biaya yang dikeluarkan perusahaan cukup tinggi.</p> <p>Ada perubahan yang signifikan dalam hal perkembangan dan pertumbuhan dengan adanya sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak.</p> <p>Bentuk pengamanan yang terdapat pada sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak sudah dapat menjaga data atau informasi dari berbagai bentuk kecurangan atau kejahatan</p> <p>Terdapat pengontrolan terpusat terhadap penggunaan data.</p>
4	CONTROL AND SECURITY	<p>Sistem pengamanan pada sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak sudah baik</p> <p>Manajemen dalam memberikan otorisasi dan menentukan pengendalian akses terhadap penggunaan dan pengoperasian sistem sudah jelas</p> <p>Media penyimpanan aman dari kerusakan dan kecelakaan.</p> <p>Media penyimpanan dapat mengorganisasikan data dengan baik.</p> <p>Dalam pemeliharaan sistem, dirjen pajak tidak mengalami kesulitan baik dari segi biaya maupun pelaksanaannya</p> <p>Sistem yang digunakan sekarang lebih meringankan pengguna baik dari segi biaya dan waktu.</p>
5	EFFICIENCY	<p>Penggunaan sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak paling berperan dalam hal peningkatan perusahaan</p> <p>Dalam mengoperasikan sistem pada kegiatan/aktivitas dirjen pajak sehari-hari, apakah sistem dapat menghasilkan <i>output</i> yang sesuai dengan waktu dan material yang minimal</p> <p>Pihak dirjen pajak memberikan bantuan kepada pengguna dalam penggunaan sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak.</p> <p>Sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak mudah dipelajari dan dipahami</p>
6	SERVICE	<p>Sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak mudah digunakan</p> <p>Sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak fleksibel jika digunakan untuk situasi yang baru</p> <p>Sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak dapat dirubah secara fleksibel</p> <p>Sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak terkoordinasi dan terintegrasi dengan sistem yang lain</p> <p>Sistem informasi djp <i>online</i> pelaporan spt pajak dapat memberikan kepuasan anda sebagai pengguna yang membutuhkan informasi</p>

Tabel 6. Tabulasi kuesioner tingkat kepuasan pengguna sistem informasi DJP online.

Domain	Rata-Rata	Predikat
<i>Performance</i>	3.96	PUAS
<i>Information and Data</i>	3.86	PUAS
<i>Economics</i>	3.80	PUAS
<i>Control Security and Efficiency</i>	3.85	PUAS
<i>Service</i>	4.14	PUAS
	3.89	PUAS

Tabel 7. Tabulasi kuesioner tingkat kepentingan penerapan sistem informasi DJP online.

Domain	Rata-Rata	Predikat
<i>Performance</i>	4.02	Penting
<i>Information and Data</i>	4.05	Penting
<i>Economics</i>	3.97	Penting
<i>Control Security and Efficiency</i>	4.14	Penting
<i>Service</i>	4.21	Penting
	3.88	Penting

Tabel 8. Nilai rata-rata tingkat kepuasan dan tingkat kepentingan

No	Domain	Butir No.	Rata Rata (X)	Rata Rata (Y)
1	<i>Performance</i>	1 - 6	3.96	4.02
2	<i>Information and Data</i>	7 - 16	3.86	4.05
3	<i>Economics</i>	17 - 19	3.8	3.97
4	<i>Control Security and Efficiency</i>	20 - 26	3.85	4.14
5	<i>Service</i>	27 - 29	4.14	4.21
6		30 - 36	3.89	3.88

3. Hasil

3.1 Instrumen Penelitian.

Instrumen penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.

3.2 Perhitungan dan Analisis Data

Dengan persamaan rata-rata kepuasan dan kepentingan untuk menentukan rata-rata tingkat kepentingan dan kepuasan pengguna terhadap penggunaan dan penerapan sistem informasi DJP online diperoleh rata-rata tingkat kepuasan berdasarkan domain yang terdapat pada *PIECES framework* adalah sebagai berikut:

1) Tingkat Kepuasan

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah rata-rata tingkat kepuasan dengan menggunakan *PIECES framework*, maka didapatkan hasil seperti tampak pada tabel 6. Tabel 6 menunjukkan bahwa pengguna sistem informasi DJP online berdasarkan *balance scorecard* dan *PIECES framework* sudah merasa PUAS dalam penggunaan sistem informasi DJP online.

2) Tingkat Kepentingan

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah rata-rata tingkat kepentingan dengan menggunakan *PIECES framework*, maka didapatkan hasil seperti tampak pada tabel 7. Tabel 7 menunjukkan bahwa penerapan sistem informasi DJP online berdasarkan *balance scorecard*

dan *PIECES framework* dianggap penting untuk memudahkan para wajib pajak dalam melaporkan SPT pajak.

3.3 Analisis Tingkat Kepentingan dan Kepuasan Pengguna Sistem Informasi DJP Online

Berdasarkan hasil pengukuran tingkat kepuasan dan tingkat kepentingan yang diambil dari 40 orang responden pengguna sistem informasi DJP online, maka akan dihasilkan suatu perhitungan mengenai tingkat kesesuaian antara tingkat kepuasan dan tingkat kepentingan penggunaan dan penerapan sistem informasi DJP online. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan menggunakan *importance-performance analysis (IPA)*. Penggunaan metode *importance-performance analysis* adalah dalam mengukur tingkat kepuasan pelayanan jasa yang masuk pada kuadran-kuadran pada peta *importance performance matrix* [11]. Dalam metode ini diperlukan pengukuran tingkat kesesuaian untuk mengetahui tingkat kepuasan pengguna terhadap sistem informasi DJP online. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Tki = \frac{Xi}{Yi} * 100\%$$

Dimana:

Tki = Tingkat kesesuaian responden.

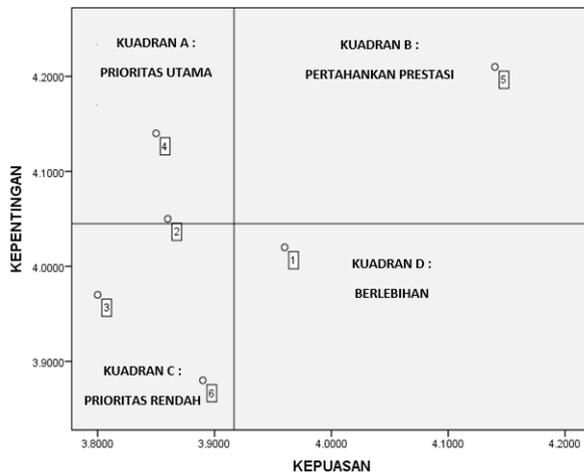
Xi = Skor rata-rata tingkat kepuasan.

Yi = Skor rata-rata tingkat kepentingan.

Tingkat kesesuaian adalah hasil perbandingan skor tingkat kepuasan dengan tingkat kepentingan. Dalam analisis ini terdapat dua variabel yang diwakili dengan huruf X dan huruf Y, dimana huruf X merupakan tingkat kepuasan sedangkan huruf Y adalah tingkat kepentingan. Selanjutnya sumbu mendatar (X) akan diisi oleh skor tingkat kepuasan, sedangkan sumbu tegak (Y) akan diisi oleh skor tingkat kepentingan. Diagram kartesius merupakan suatu bangun yang dibagi atas empat bagian yang dibatasi oleh dua buah garis yang berpotongan tegak lurus pada titik rata-rata skor tingkat kepuasan dan tingkat kepentingan. Selanjutnya unsur-unsur tersebut akan dijabarkan ke dalam diagram kartesius dan dilakukan analisis.

Dari tabel nilai rata-rata tingkat kepuasan dan kepentingan di atas, diperoleh tingkat kesesuaian enam domain kerangka *PIECES* antara tingkat kepuasan pengguna dengan tingkat kepentingan penerapan sistem informasi DJP online, yaitu tingkat kesesuaian domain *performance* sistem informasi DJP online sebesar 98,50%, tingkat kesesuaian domain *information and data* sistem informasi DJP online sebesar 95,30%, tingkat kesesuaian domain *economics* sistem informasi DJP online sebesar 95,72%, tingkat kesesuaian domain *control and security* sistem informasi DJP online sebesar 93% dan tingkat kesesuaian domain *efficiency* sistem informasi DJP online sebesar 98,33%, yang berarti persepsi pengguna terhadap kepuasan lebih besar dibandingkan kepentingan. Sedangkan tingkat kesesuaian domain *service* sistem informasi DJP online sebesar 100,25%, yang berarti persepsi pengguna terhadap kepentingan lebih besar dibandingkan kepuasan.

Diagram kartesius dibuat dengan berdasarkan data rata-rata X (Kepuasan) dan Y (Kepentingan), sehingga keseluruhan data dapat digambarkan pada gambar 1:



Gambar 1. Diagram Kartesius tingkat kepuasan dan tingkat kepentingan sistem informasi DJP online

Interprestasi dari diagram kartesius pada gambar 1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Kuadran A**
Kuadran ini menunjukkan faktor yang mempengaruhi kepuasan pengguna dan kepentingan penerapan sistem informasi DJP online yang perlu diprioritaskan. Komponen yang berada pada kuadran ini adalah *Information and data* dan *control and security* yang menggambarkan bahwa kedua komponen dalam penerapannya dianggap penting namun pengguna belum merasa puas dengan kedua komponen tersebut.
- Kuadran B**
Kuadran ini menunjukkan faktor yang mempengaruhi kepuasan pengguna dan kepentingan penerapan sistem informasi DJP online yang dikategorikan sudah baik dan harus dipertahankan. Komponen yang berada pada kuadran ini adalah *efficiency* yang menggambarkan bahwa penerapan sistem informasi DJP online sudah dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pelaporan SPT pajak, pengguna juga sudah merasakan kepuasan terhadap sistem informasi DJP online.
- Kuadran C**
Kuadran ini menunjukkan faktor yang mempengaruhi kepuasan pengguna dan kepentingan penerapan sistem informasi DJP online yang dikategorikan prioritas rendah. Komponen yang berada pada kuadran ini adalah *economics* dan *service* yang menggambarkan bahwa dalam penerapan sistem informasi DJP online nilai ekonomis dan layanan tidak terlalu penting, pengguna belum merasakan kepuasan terkait nilai ekonomis dan layanan dari sistem informasi DJP online.
- Kuadran D**
Kuadran ini menunjukkan faktor yang mempengaruhi kepuasan pengguna dan kepentingan penerapan sistem informasi DJP online yang dikategorikan berlebihan. Komponen yang berada pada kuadran ini adalah *performance* yang menggambarkan bahwa dalam penerapan sistem informasi DJP online kinerja sistem dianggap penting, namun pengguna belum merasakan kepuasan terkait kinerja dari sistem informasi DJP online.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan data terhadap 40 orang responden yaitu para wajib pajak yang sudah menggunakan DJP online dan analisis terhadap tingkat kepuasan pengguna dalam menggunakan dan tingkat kepentingan penerapan sistem informasi DJP online, maka dapat disimpulkan menjadi beberapa bagian, yaitu: berdasarkan metode analisis kerangka kerja *PIECES* dalam mengukur tingkat kepuasan pengguna sistem informasi DJP online didapatkan nilai tingkat kepuasan dari masing-masing domain yaitu domain *performance* memperoleh skor 3,9, domain *information and data* memperoleh skor 3,86, domain *economics* memperoleh skor 3,80, domain *control and security* memperoleh skor 3,85, domain *efficiency* memperoleh skor 4,14, dan domain *service* memperoleh skor 3,89. Sedangkan analisis tingkat kepentingan penerapan sistem informasi DJP online didapatkan nilai tingkat kepentingan dari masing-masing domain yaitu domain *performance* memperoleh skor 4,02, domain *information and data* memperoleh skor 4,05, domain *economics* memperoleh skor 3,97, domain *control and security* memperoleh skor 4,14, domain *efficiency* memperoleh skor 4,21, dan domain *service* memperoleh skor 3,88. Sistem informasi DJP online sudah memiliki keunggulan, namun tetap diperlukan adanya perbaikan dan pengembangan untuk menutupi kelemahan dan kekurangan yang terdapat pada sistem informasi DJP online. Sistem informasi DJP online berdasarkan kerangka kerja *PIECES* sudah mampu memberikan kepuasan kepada pengguna dan dianggap penting dalam penerapannya karena memudahkan wajib pajak untuk melaporkan SPT pajak.

5. Daftar Pustaka

- Tullah, Rahmat dan Muhammad Iqbal Hanafri. 2014. Evaluasi Penerapan Sistem Informasi Pada Politeknik LP3I Jakarta Dengan Metode Pieces. ISSN: 2088-1762. Jakarta: Jurnal Ilmiah Kursor Vol 1/Maret 2014: 22-28
- Susetyo, Agustinus Eko. Kusumawan Herliansyah. 2014. Analisis Tingkat Kepentingan dan Kepuasan Konsumen Terhadap Mobil Kategori LCGC. Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST). 253-258.
- Rahimi, Mohammad. Armand Baboli. Yacine Rekik. 2014. A bi-objective inventory routing problem by considering customer satisfaction level in context of perishable product. IEEE Symposium on Computational Intelligence in Production and Logistics Systems (CIPLS). 91-97.
- Abu, Zurah binti. Fadilah Ezlina binti Shahbudin. Etc. 2015. Improving user Complaint Management System and Satisfaction Level Via Reader-Friendly Linguistic Features. International Symposium on Mathematical Sciences and Computing Research (iSMSC). 269-273.
- Cheranukorn, Vimolboon. Phasit Charoenkwan. 2017. Word Cloud of Online Hotel Reviews in Chiang Mai for Customer Satisfaction Analysis. International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT) 2017. 146-151.
- Chen, Hsiao-Ching. Hui-Ming Wee. Yung-Tsan Jou. Yao-Hung Hsieh. 2007. Analyzing Customer Satisfaction and Service level using AI technique. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. 1674 – 1678.
- Tong, Lili. Xiaoge Hou dan Xiaowen Li. 2016. Empirical Study on Customer Satisfaction Influencing Factors of Industry Application Products Based on Experiential Level Theory. IEEE Journals & Magazines Vol. 13,

- Issues: 11, 2016: 260-268.
- [8] Soewadji, Jusuf. 2012. Pengantar Metodologi Penelitian. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- [9] Sugiyono. 2010. Metode Penelitian Kuantitatif dan R&D. Bandung. CV. Alfabeta.
- [10] Nazir, Moh. 2014. Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [11] Nugraha, Rizal. Ambar Harsono. Hari Adianto. 2014. Usulan Peningkatan Kualitas Pelayanan Jasa pada Bengkel "X" Berdasarkan Hasil Matrix *Importance-Performance Analysis* (Studi kasus di Bengkel AHASS PD. Sumber Motor Karawang). Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Vol. 01 No. 03 Januari 2014: 221-231

Pengukuran Penerimaan *Mobile Internet* dengan *Path Analysis* di Kalangan Mahasiswa Politeknik Negeri Sriwijaya

Irma Salamah^{1*}, RD. Kusumanto¹

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang

*irma.salamah@yahoo.com

Abstrak-*Mobile internet* ialah teknologi telekomunikasi yang memiliki keunggulan mudah dibawa ke mana-mana karena ukurannya yang kurang lebih sebesar genggam tangan. Variasi teknologi *mobile* berkembang karena mengikuti perkembangan zaman, dan menyesuaikan dengan minat dan kebutuhan konsumen. Tuntutan kebutuhan komunikasi, bisnis, informasi, hiburan, sosial-media, dan juga pendidikan yang menggunakan jaringan internet menjadikan kehidupan mahasiswa benar-benar lekat dengan internet. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki bagaimana pengaruh persepsi kemanfaatan (*perceived usefulness*), persepsi kualitas (*perceived quality*), dan persepsi kesenangan (*perceived enjoyment*) terhadap minat untuk menggunakan (*intention to use*) internet *mobile* di kalangan mahasiswa Politeknik Sriwijaya (Polsri). Penelitian dilakukan sekitar 4 bulan dengan sampel 145 mahasiswa. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *path analysis*. Metode analisis ini dipilih karena yang ingin diketahui adalah seberapa besar pengaruh langsung variabel independen terhadap variabel dependen. Hasil pengujian menunjukkan persepsi kemanfaatan mempunyai pengaruh langsung sebesar 0,383, persepsi kualitas mempunyai pengaruh langsung sebesar 0,271, dan persepsi kesenangan mempunyai pengaruh langsung sebesar 0,245 terhadap minat menggunakan internet *mobile* pada mahasiswa Polsri. Adanya pengaruh dari ketiga variabel didasarkan pada survei kuesioner, yaitu dukungan dari pihak kampus yang menyediakan *bandwidth* yang besar membuat mahasiswa memanfaatkan jaringan internet sebagai sumber belajar yang membantu mempermudah dan mempercepat penyelesaian tugas perkuliahan, termasuk tugas akhir. Selain dukungan yang diberikan oleh pihak kampus, kualitas layanan yang diberikan oleh *provider* telekomunikasi cukup tinggi seperti kecepatan akses dan jangkauan yang luas. Selain memanfaatkan *mobile internet* dalam proses pembelajaran, mahasiswa juga memanfaatkannya sebagai media hiburan seperti bermain *game* secara *online*.

Kata Kunci: *mobile internet*, *path analysis*, persepsi kemanfaatan, persepsi kualitas, persepsi kesenangan

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi kini sudah semakin pesat, di mana manusia sebagai penggunaanya tidak luput dari perubahan pola kehidupan akibat perkembangan teknologi. Sejalan dengan tuntutan perkembangan perekonomian nasional, perkembangan teknologi dan sisi lain dalam kehidupan masyarakat serta pengaruh arus globalisasi dunia, pada tahun 2009 terjadi perubahan pola penggunaan internet yang dahulunya banyak yang menggunakan internet di warnet (warung internet) menjadi via *mobile-phone*. Salah satu fakta menarik yang ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh sebuah agensi survei internasional tentang perkembangan teknologi di Indonesia menunjukkan bahwa 61% dari total pengguna internet tersebut *online* melalui perangkat *mobile* [1]. Jumlah pengguna internet di Indonesia terus bertumbuh secara signifikan dalam beberapa tahun belakangan. Hal ini dapat kita lihat dari data Asosiasi Penyedia Jasa Internet Indonesia (APJII) pada 2016. Tercatat ada 132,7 juta pengguna internet, meningkat 50,3 persen dari 2014. Dalam hal kecepatan koneksi internet, Indonesia pun mulai mengejar negara-negara lain. Berdasarkan laporan kuartal III 2016 dari Akamai, rata-rata kecepatan koneksi di Indonesia adalah 6,4 Mbps,

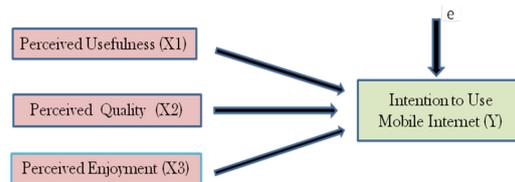
lebih cepat dari Tiongkok yang hanya 5,7 Mbps dan India di 4,1 Mbps [2]. Tuntutan kebutuhan komunikasi, bisnis, informasi, hiburan, sosial-media, dan juga pendidikan yang menggunakan jaringan internet menjadikan kehidupan mahasiswa benar-benar lekat dengan internet. Berbagai perkembangan terbaru ini telah menciptakan sebuah pengalaman *mobile internet* terkini bagi para pengguna, salah satu pengguna *mobile internet* adalah mahasiswa. Untuk pelajar atau pun mahasiswa, internet digunakan sebagai sarana yang membantu dalam proses belajar dan sebagai sarana memperoleh data dan informasi. Tetapi banyak juga pelajar dan mahasiswa yang menggunakan internet tidak hanya sebatas media komunikasi saja contohnya yahoo, facebook, twitter, dan lain-lain.

Penelitian ini menguji bagian dari *Technology Acceptance Model* (TAM) dengan menambahkan variabel *perceived enjoyment* dan *perceived quality* untuk menganalisis berbagai faktor yang mempengaruhi penerimaan mahasiswa Politeknik Negeri Sriwijaya terhadap *mobile internet*. Variabel *perceived enjoyment* pada penelitian *mobile internet* pernah dilakukan oleh [3]. Sedangkan variabel *perceived quality* merupakan variabel dari peneliti sendiri dikarenakan saat ini banyak provider yang menyediakan layanan internet, sehingga pemilihan kualitas dari layanan menjadi penting. TAM merupakan suatu model yang secara luas

menunjukkan faktor-faktor penentu secara umum dari penerimaan teknologi informasi individual, karenanya dapat digunakan dan telah diterapkan untuk menjelaskan dan memprediksi secara luas perilaku-perilaku pengguna terhadap teknologi [4]. Penambahan variabel *perceived enjoyment* dan *perceived quality* ini dengan mempertimbangkan aspek sasaran dari penelitian dan konteks pengguna yang dalam penelitian ini adalah mahasiswa.

Penelitian mengenai penerimaan dan pemanfaatan *mobile internet* telah dilakukan dengan mengangkat tema yang bervariasi, di antaranya penerimaan *mobile TV* pada layanan 3G di Indonesia [5]. Hasilnya menunjukkan bahwa konstruksi seperti *normative pressure*, *price level*, *perceived availability*, dan *perceived quality* merupakan determinan yang kuat dalam memprediksi niat perilaku untuk menggunakan layanan *mobile TV* 3G di Indonesia. Penelitian penerimaan *mobile internet* wi-Bro di Korea telah dilakukan dan menemukan bahwa *perceived quality* dan *perceived availability* berpengaruh signifikan terhadap penerimaan *mobile internet* wi-Bro [6]. Penelitian tingkat penerimaan layanan *mobile broadband wireless access* di kota Yogyakarta telah pula dilakukan [7]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minat penggunaan dipengaruhi secara signifikan oleh sikap penggunaan layanan. Sedangkan sikap penggunaan layanan berkorelasi positif terhadap *perceived usefulness* dan *perceived enjoyment*. Selain itu telah dilakukan penelitian penerimaan *mobile internet* pada masyarakat pedesaan di Indonesia [8] dan di negara lain di Jerman [9]. Hasil penelitian menunjukkan inovasi, kontak sosial, dan kepercayaan terhadap teknologi menjadi faktor dalam memilih layanan *mobile internet*. Penelitian mengenai faktor-faktor pemanfaatan internet pada mahasiswa UII Yogyakarta dilakukan oleh [10]. Hasil penelitiannya menunjukkan hiburan, informasi berita, akses, referensi jurnal, akses referensi nonjurnal, komunikasi, *e-commerce*, pencarian beasiswa, dan pencarian lowongan pekerjaan merupakan faktor-faktor pendorong mahasiswa UII dalam memanfaatkan internet. Penelitian penggunaan internet di kalangan mahasiswa juga dilakukan oleh [11], dan [12]. [11] melakukan penelitian mengenai perilaku penggunaan internet di kalangan mahasiswa Fisip Unair dan Fisip UPN. Hasil penelitiannya menunjukkan interaksi sosial dan kepentingan informasi menjadi faktor utama penggunaan internet pada mahasiswa Fisip Unair dan Fisip UPN. Penerimaan *mobile internet* di kalangan mahasiswa di Bandung dilakukan oleh [12] dengan menggunakan model UTAUT. Hasil penelitian menunjukkan *performance expectancy*, *social influence*, *facilitating condition*, dan *perceived flexibility* berpengaruh terhadap minat perilaku mahasiswa untuk menggunakan *mobile internet*. Selain penelitian tentang penerimaan internet, didapati pula banyak penelitian yang memanfaatkan *smartphone* semisal penelitian oleh [13].

Mobile internet merupakan salah satu perkembangan teknologi informasi. Semakin banyak penduduk Indonesia menggunakan internet. Indonesia Internet Survey 2013 yang dibesut oleh Merkteers bersama MarkPlus Insight menyimpulkan pengguna internet mencapai 74 juta orang atau 28 persen populasi Indonesia. Di tahun 2015 nanti, jumlah pengguna internet diperkirakan melewati 100 juta orang [14]. Besarnya minat masyarakat terhadap adopsi *mobile internet* tersebut menjadi latar belakang penulis ingin meneliti bagaimana model penerimaan pengguna terhadap *mobile internet* di kalangan mahasiswa khususnya mahasiswa Politeknik Negeri Sriwijaya (Polsri).



Gambar 1. Model penelitian

2. Metode

a. Populasi dan Sampel

Penelitian dilakukan di Politeknik Negeri Sriwijaya. Penelitian direncanakan selama 5 bulan. Populasi dalam penelitian ini adalah mahasiswa Politeknik Negeri Sriwijaya yang berjumlah 1237. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *convenience sampling*. Definisi *convenience sampling* menurut [15] adalah *Convenience sampling refers to the collection the information from members of population who are conveniently available to provide it*. Menurut [16] *Convenience Sampling* cara mengumpulkan informasi dari elemen-elemen populasi yang tersedia dengan tidak perlu susah payah. Sebagai contoh, penelitian yang menggunakan teman-teman sekampus, tetangga, saudara-daudara sendiri sebagai responden. Berdasarkan rumus Slovin [15] jumlah sampel yang diambil sebanyak 302. Dari 302 kuesioner yang disebar, kuesioner yang kembali hanya 145 kuesioner. Sehingga sampel yang diambil pada penelitian ini berjumlah 145 mahasiswa yang menggunakan *mobile internet*.

b. Skala Pengukuran Kuesioner

Kuesioner dalam penelitian ini menggunakan skala likert 5 poin. Skala likert adalah skala yang menunjukkan seberapa kuat tingkat setuju atau tidak setuju terhadap suatu pernyataan [17]. Alasan peneliti menggunakan skala likert adalah untuk memudahkan responden dalam menjawab kuisisioner apakah setuju atau tidak setuju, mudah digunakan dan mudah dipahami oleh responden, lebih menarik dan mudah diisi oleh responden.

c. Model Penelitian

Model penelitian berdasarkan pada model TAM (*technology acceptance model*) yang disesuaikan dengan fokus penelitian terhadap penerimaan *mobile internet*. Model penelitian TAM berfokus pada variabel eksternal *perceived usefulness* dan *perceived ease of use* dalam mengkonfirmasi sikap dan minat penggunaan sistem sesungguhnya. Berdasarkan penelitian [6] dan [5] variabel eksternal TAM dapat dikembangkan dengan menambah variabel *perceived quality* dan *perceived enjoyment*. Minat untuk menggunakan *mobile internet* pada penelitian ini sendiri dipengaruhi oleh persepsi kegunaan (*perceived usefulness*), persepsi kualitas (*perceived quality*), persepsi kesenangan (*perceived enjoyment*). Dengan demikian variabel independen dalam penelitian ini adalah persepsi kegunaan (*perceived usefulness*), persepsi kualitas (*perceived quality*), persepsi kesenangan (*perceived enjoyment*), dan variabel dependennya adalah *intention to use mobile internet*. Modifikasi model TAM dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini:

[18] mendefinisikan PU (*Perceived usefulness*) atau persepsi kegunaan sebagai sejauh mana seseorang meyakini bahwa penggunaan sebuah sistem tertentu akan memberikan kemanfaatan bagi kinerjanya. Dari definisi

tersebut diketahui jika seseorang merasa percaya bahwa sistem berguna maka dia akan menggunakannya. Sebaliknya jika seseorang merasa percaya bahwa sistem informasi kurang berguna maka dia tidak akan menggunakannya. Dengan demikian PU akan berpengaruh pada sikap pengguna. Selain itu sikap pengguna terhadap suatu sistem juga dapat berpengaruh terhadap niat berperilaku. Hipotesis yang dibangun adalah:

H1: *perceived usefulness (PU)* berpengaruh terhadap *intention to use mobile internet*

Kualitas informasi dan layanan menjadi bagian determinan yang menunjukkan sistem atau teknologi tersebut memberi nilai kegunaan dan mudah digunakan [5]. *Perceived quality (PQ)* didefinisikan sebagai keyakinan atas kepuasan yang dirasakan pengguna terhadap konten dan layanan yang diberikan. Kualitas yang dimaksud di antaranya adalah pelayanan *customer service*, kualitas video baik, komunikasi suara waktu nyata (*real time voice*), minim terjadi *delay*, *jitter*, dan paket data hilang. Maka dimensi terkait PQ di antaranya adalah kecepatan akses, kualitas konten, dan keandalan. Hipotesis yang dibangun adalah:

H2: *perceived quality (PQ)* berpengaruh terhadap *intention to use mobile internet*

Menurut [19] *perceived enjoyment* adalah *the extent to which the activity of using the system is perceived to be enjoyable in it's own right, apart from any performance consequences that may be anticipated*. *Perceived enjoyment* adalah variabel yang memprediksikan tingkat kenyamanan yang dirasakan oleh user selama menggunakan sistem teknologi informasi dalam bekerja [20]. Jika pengguna dapat mengalami kesenangan melalui adopsi teknologi baru, sikap terhadap adopsi teknologi baru tersebut akan positif. Seseorang akan lebih termotivasi untuk melakukan atau mengulang aktivitas yang menyenangkan dibandingkan dengan aktivitas yang sama yang tidak menyenangkan. Hipotesis yang dibangun adalah:

H3: *perceived enjoyment (PE)* berpengaruh terhadap *intention to use mobile internet*.

d. Teknik pengumpulan data

1. Studi Lapangan (*Field Research*): penulis langsung ke lapangan guna mengetahui permasalahan yang terjadi sekaligus untuk memperoleh data primer yang dibutuhkan yaitu dengan memberikan angket kuesioner kepada pengguna layanan *mobile internet*.
2. Studi Kepustakaan (*Library Research*): mengumpulkan data dengan cara membaca, mempelajari, dan menganalisis buku-buku teknologi informasi yang ada hubungannya dengan masalah yang diteliti.

e. Pengujian Kualitas Data

Pengukuran variabel dalam penelitian ini dilakukan dengan tujuan agar hipotesis yang diajukan dapat diuji dan pertanyaan penelitian dapat dijawab. Dua kriteria utama

untuk menguji seberapa baik instrumen pengukuran yang digunakan yaitu dengan uji validitas dan uji reliabilitas. Validitas adalah ketepatan atau kecermatan suatu instrumen dalam mengukur apa yang ingin diukur. Pada program SPSS teknik pengujian yang sering digunakan para peneliti untuk uji validitas adalah *Corrected Item-Total Correlation*. Pengujian validitas juga dilakukan untuk setiap butir pertanyaan yang digunakan dalam variabel. Suatu instrumen dikatakan valid jika nilai *corrected item total correlation* > r tabel [7]. Sedangkan uji reliabilitas hanya dapat dilakukan setelah suatu instrumen dipastikan validitasnya. Uji Reliabilitas item adalah uji statistik yang digunakan guna menentukan reliabilitas serangkaian item pertanyaan dalam keandalannya mengukur suatu variabel. Pada program SPSS, uji reliabilitas dilakukan dengan membandingkan nilai koefisien *Alpha* atau *Alpha Cronbach* dengan ketentuan nilai *Alpha Cronbach* minimal 0,6. Nilai suatu instrumen dikatakan reliabel jika nilai *cronbach alpha* > 0,6 [5].

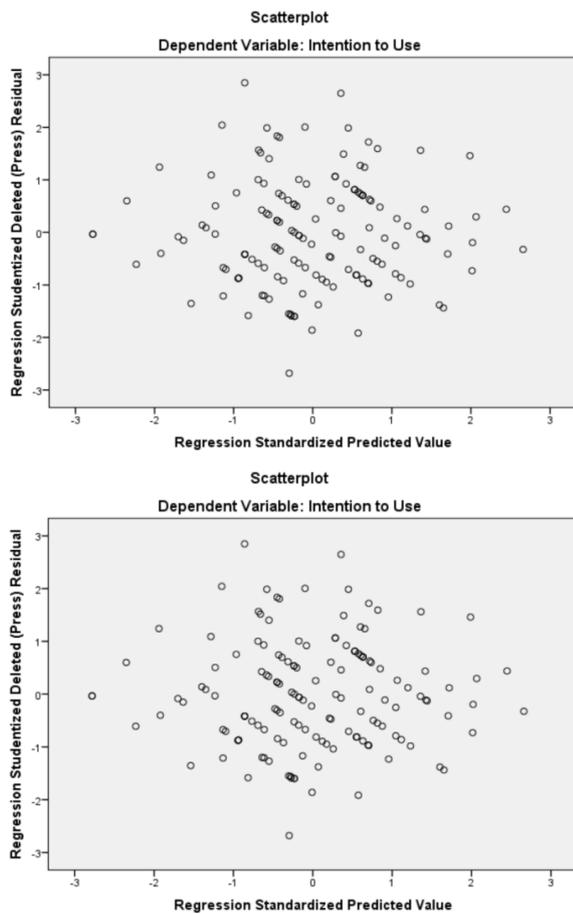
f. Pengujian Hipotesis

Regresi dalam pengertian modern menurut [21] ialah sebagai kajian terhadap ketergantungan satu variabel, yaitu variabel tergantung terhadap satu atau lebih variabel lainnya atau yang disebut sebagai *variable-variable* eksplanatori dengan tujuan untuk membuat estimasi dan/atau memprediksi rata-rata populasi atau nilai rata-rata variabel tergantung dalam kaitannya dengan nilai-nilai yang sudah diketahui dari variabel eksplanatorinya. Pada perkembangan berikutnya, para ahli statistik menambahkan istilah regresi berganda (*multiple regression*) untuk menggambarkan proses di mana beberapa variabel digunakan untuk memprediksi satu variabel lainnya. Sebelum dianalisis data tersebut harus diuji apakah melanggar asumsi dasar yang telah ditentukan. Sebelum melakukan regresi harus dilakukan uji asumsi klasik. Uji asumsi klasik terdiri dari uji multikolinearitas, uji normalitas, dan uji heterokedastisitas. Uji normalitas untuk melihat apakah data terdistribusi normal (dengan grafik *normal distribution*), uji multikolinieritas untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan linier antar variabel independen dalam model regresi (dengan nilai VIF < 10), dan uji heterokedastisitas untuk melihat apakah data menyebar secara acak atau tidak (dengan grafik *scatter plot*).

Pada dasarnya analisis jalur (*path analysis*) merupakan pengembangan dari analisis korelasi, yang dibangun dari diagram jalur yang dihipotesiskan oleh peneliti dalam menjelaskan mekanisme hubungan kausal antar variabel dengan cara menguraikan koefisien korelasi menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung. Selain itu analisis jalur dapat dikatakan sebagai analisis regresi linier dengan variabel-variabel yang dibakukan. Oleh karena itu, koefisien jalur pada dasarnya merupakan koefisien beta atau regresi baku.

Pemilihan analisis jalur pada penelitian ini dikarenakan peneliti ingin mengetahui seberapa besar pengaruh langsung variabel independen terhadap variabel dependen. Besarnya pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien jalur.

3. Hasil dan Diskusi



Gambar 2. Hasil uji normalitas dan heterokedastisitas

Tabel 1. Hasil Uji Validitas X1, X2, X3, dan Y

CICIT							
	X1	X2	X3	X4	Y		
X1.1	0,497	X2.2	0,506	X3.1	0,720	Y1.1	0,647
X1.2	0,609	X2.2	0,509	X3.2	0,745	Y1.2	0,665
X1.3	0,549	X2.3	0,649	X3.3	0,673	Y1.3	0,659
		X2.4	0,517	X3.4	0,574		

Tabel 2. Hasil Uji Reliabilitas X1, X2,X3, dan Y

Variabel	Cronbach Alpha
X1	0,728
X2	0,743
X3	0,842
X4	0,804

Di mana:

r table = 0,162

X1 : *Perceived Usefulness* (persepsi kemanfaatan)

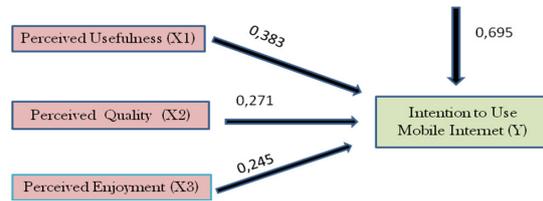
X2 : *Perceived Quality* (persepsi kualitas)

X3 : *Perceived Enjoyment* (persepsi kesenangan)

Y : *Intention to use mobile internet* (minat menggunakan *mobile internet*)

Tabel 3. Model Summary

	R Square	Beta	Sig	VIF
X1		0,383	0,00	1,345
X2	0,517	0,271	0,00	1,435
X3		0,245	0,01	1,391



Gambar 3. Model diagram jalur

Dari tabel terlihat hasil uji validitas untuk X1, X2, X3, dan Y diperoleh r hasil (*corrected item-total correlation*) > r tabel. Dengan demikian maka variabel *perceived usefulness*, *perceived quality*, *perceived enjoyment*, dan *intention to use* dinyatakan valid dan layak digunakan untuk penelitian. Hasil uji reliabilitas nilai cronbach alpha X1, X2, X3, X4, dan Y lebih besar dari r tabel (cronbach alpha > r tabel). Dengan demikian maka *perceived usefulness*, *perceived quality*, *perceived enjoyment*, dan *intention to use* dinyatakan reliabel dan layak digunakan untuk penelitian.

Dari gambar 2 terlihat bahwa data terdistribusi mendekati garis normal dan menyebar secara acak. Sedangkan pada tabel 3 terlihat bahwa nilai VIF untuk persamaan adalah lebih kecil dari 10, sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ditemukan adanya masalah multikolinearitas.

Dari tabel 3 nilai R square 0,517 yang berarti *perceived usefulness*, *perceived quality*, dan *perceived enjoyment* mempengaruhi *intention to use mobile internet* sebesar 51,7%. Sedangkan sisanya sebesar 48,3% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak dimasukkan dalam penelitian. Nilai dapat dihitung $e = \sqrt{1 - 0,517} = 0,695$.

Berdasarkan *output* regresi pada bagian tabel 3, terlihat nilai signifikansi *perceived usefulness* lebih kecil dari 0,05 (Sig < 0,05) dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,383. Nilai signifikansi *perceived quality* lebih kecil dari 0,05 (Sig < 0,05) dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,271. Nilai signifikansi *perceived enjoyment* lebih kecil dari 0,05 (Sig < 0,05) dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,245. Hal ini berarti *perceived usefulness*, *perceived quality*, dan *perceived enjoyment* berpengaruh secara langsung terhadap *intention to use mobile internet*. Dengan demikian H1, H2, dan H3 diterima.

Persamaan model struktural: $Y = 0,383X1 + 0,271X2 + 0,245X3 + 0,695$. Model diagram jalur seperti gambar 3.

Dari gambar 3 terlihat *perceived usefulness* memiliki nilai koefisien jalur paling besar. Hal ini menunjukkan *perceived usefulness* memiliki pengaruh yang paling kuat terhadap *intention to use mobile internet*. Kemudian diikuti oleh *perceived quality* dan *perceived enjoyment*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan bukti-bukti empiris hasil survei yang diperoleh maka disimpulkan bahwa persepsi kegunaan (*perceived usefulness*), persepsi kualitas (*perceived quality*), dan persepsi kesenangan (*perceived enjoyment*) berpengaruh secara langsung terhadap keinginan menggunakan (*intention to*

use) dari teknologi *mobile internet*. *Perceived usefulness* menjadi faktor terkuat mahasiswa Polstri untuk menggunakan *mobile internet*. Hal ini dikarenakan mahasiswa Polstri lebih banyak menggunakan *mobile internet* untuk mengakses berbagai informasi dan ilmu pengetahuan sesuai kebutuhan yang relevan dengan subjek mata kuliah. Sehingga pemanfaatan jaringan internet sebagai sumber belajar akan membantu mempermudah dan mempercepat penyelesaian tugas perkuliahan, termasuk penyelesaian tugas akhir mahasiswa. Pada penelitian ini ditambahkan variabel *perceived quality* sebagai variabel yang belum pernah diteliti pada penelitian sebelumnya mengenai *mobile internet*. Penambahan variabel *perceived quality* dikarenakan saat ini banyak provider-provider yang menyediakan layanan internet yang tentunya konsumen akan memilih provider dengan kualitas layanan yang bagus. Politeknik Negeri Sriwijaya telah menyediakan *bandwidth* yang cukup besar yang menjadikan kualitas layanan internet Politeknik Negeri Sriwijaya sangat mendukung untuk proses pembelajaran. Selain dukungan yang diberikan oleh pihak kampus, kualitas layanan yang diberikan oleh provider-provider telekomunikasi pun sudah semakin meningkat seperti kecepatan akses dan jangkauan yang semakin luas. Oleh karena itu *perceived quality* menjadi faktor terkuat kedua yang mempengaruhi minat penggunaan *mobile internet* mahasiswa Polstri. *Perceived enjoyment* menjadi faktor terakhir yang mempengaruhi minat penggunaan mahasiswa Polstri dalam menggunakan *mobile internet*. Hal ini dikarenakan mahasiswa Polstri lebih mengutamakan penggunaan *mobile internet* dalam mendukung proses pembelajaran bukan sebagai media hiburan.

4. Daftar Pustaka

- [1] P. Editor, "Perkembangan Teknologi di Indonesia: Internet & Mobile (part-1)," *Plimbi.com*, 2012.
- [2] S. Kamath, "4 Prediksi Tren Mobile Internet di Indonesia Tahun 2017," *Liputan 6.com*, 2017. .
- [3] R. Roostika, "Mobile Internet Acceptance Among University Students : A value-based adoption model," *Int. J. Res. Manag. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 21–28, 2012.
- [4] F. D. Davis, "Perceived Usefulness , Perceived Ease of Use, and User Acceptance," *MIS Q.*, vol. 13, no. 3, pp. 319–339, 1989.
- [5] A. Qiantori, A. B. Sutiono, H. Suwa, and T. Ohta, "3G mobile TV Acceptance in Indonesia," *Proc. - 6th Int. Conf. Wirel. Mob. Commun. ICWMC 2010*, pp. 526–531, 2010.
- [6] D. H. Shin, "User Acceptance of Mobile Internet: Implication for Convergence Technologies," *Interact. Comput.*, vol. 19, no. 4, pp. 472–483, 2007.
- [7] Inasari Widiyastuti, "Analisis Penerimaan Layanan Mobile Broadband Wireless Access di Kota Yogyakarta," vol. 10, no. 1, pp. 1–12, 2012.
- [8] C. Agustina, P. Studi, and M. Informatika, "Evaluasi Penerimaan Penggunaan Mobile Internet Pada Masyarakat Pedesaan," vol. 2, no. 2, pp. 29–35, 2014.
- [9] J. Koenigstorfer and A. Groeppel-Klein, "Consumer Acceptance of the Mobile Internet," *Mark. Lett.*, vol. 23, no. 4, pp. 917–928, 2012.
- [10] A. Zaim, Nugroho, "Analisis Faktor-Faktor Pemanfaatan Internet Oleh Mahasiswa di UII Yogyakarta," pp. 6–8, 2015.
- [11] I. Novianto, "Perilaku Penggunaan Internet di Kalangan Mahasiswa (Studi deskriptif tentang perilaku penggunaan internet di kalangan mahasiswa perguruan tinggi negeri (FISIP UNAIR) dengan perguruan tinggi swasta (FISIP UPN) untuk memenuhi kebutuhan informasinya)," *Univ. Airlangga*, pp. 1–40, 2016.
- [12] I. I. Wiratmadja, R. Govindaraju, and N. Athari, "The Development of Mobile Internet Technology Acceptance Model," *2012 IEEE Int. Conf. Manag. Innov. Technol.*, pp. 384–388, 2012.
- [13] D. Pratama, D. A. Hakim, Y. Prasetya, N. R. Febriandika, M. Trijati, and U. Fadlilah, "Rancang Bangun Alat dan Aplikasi untuk Para Penyandang Tunanetra Berbasis Smartphone Android," *Khasanah Inform. J. Ilmu Komput. dan Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 14–19, 2016.
- [14] M. Fauziah, "Survei: Pengguna Internet di Indonesia Mencapai 74 Juta Orang," *Republika*, 2013.
- [15] S. Uma. *Metodologi Penelitian untuk Bisnis*, 4th ed. Jakarta: Salemba Empat, 2006.
- [16] Sarwoko. *Statistik Inferensi*. Yogyakarta: Andi, 2007.
- [17] C. J. McDaniel and R. & Gates, *Marketing Research Essentials*, 8th ed. New York: John Wiley and Sons., 2013.
- [18] F. D. Davis, R. P. Bagozzi, and P. R. Warshaw, "User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models," *Management Science*, vol. 35, no. 8. pp. 982–1003, 1989.
- [19] F. D. Davis, R. P. Bagozzi, and P. R. Warshaw, "Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace," *J. Appl. Soc. Psychol.*, vol. 22, no. 14, pp. 1111–1132, 1992.
- [20] S. S. Al-Gahtani and M. King, "Attitudes, Satisfaction and Usage: Factors Contributing to Each in the Acceptance of Information Technology," *Behav. Inf. Technol.*, vol. 18, no. 4, pp. 277–297, 1999.
- [21] D. N. Gujarati and D. C. Porter, *Basic Econometrics*. McGraw-Hill Irwin, 2009.

Klasifikasi Mutu Pepaya Berdasarkan Ciri Tekstur GLCM Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan

Feri Wibowo^{1*}, Agus Harjoko²

¹Teknik Informatika

Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto

²Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika

Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

*feriwibowo@ump.ac.id

Abstrak-Proses sortasi buah pepaya berdasarkan mutu merupakan salah satu proses yang sangat menentukan mutu buah pepaya yang akan dilepas ke konsumen. Proses identifikasi mutu dengan cara konvensional menggunakan visual mata manusia memiliki kelemahan di antaranya yaitu membutuhkan tenaga lebih banyak untuk memilah, tingkat persepsi manusia dalam hal pemutuan buah yang berbeda, tingkat konsistensi manusia dalam menilai mutu buah tidak menjamin karena manusia dapat mengalami kelelahan.

Penelitian ini bertujuan merancang dan menyusun program pengolahan citra digital dan jaringan saraf tiruan untuk klasifikasi pemutuan buah pepaya (*Carica papaya L*) Calina IPB-9 ke dalam tiga kelas mutu, yaitu kelas Super, A, dan B. Fitur tekstur yang diekstrak meliputi nilai *energy*, *entropy*, *contras*, *homogeneity*, *invers difference moment*, *variance*, dan *dissimilarity* yang didapatkan berdasarkan GLCM (*gray level cooccurrence matrices*). Fitur-fitur tersebut dijadikan sebagai *input* pada algoritma pelatihan jaringan saraf tiruan *backpropagation*. Hasil pengujian pada proses pengenalan menunjukkan fitur *energy*, dan *entropy* dapat membedakan kelas mutu pepaya Calina IPB-9 dengan tingkat akurasi terbaik yaitu sebesar 86.11%.

Kata Kunci: Klasifikasi, Mutu Pepaya, GLCM, Backpropagation

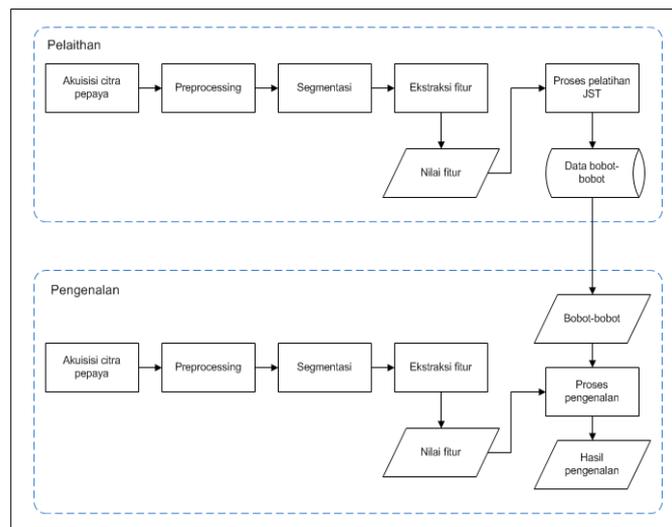
1. Pendahuluan

Pepaya merupakan salah satu buah komoditas ekspor. Beberapa negara tujuan ekspor pepaya dari Indonesia adalah Hong Kong, Singapore, Malaysia, Kuwait, Qatar, Uni Emirat Arab, Bahrain, dan Thailand. Berdasarkan data dari pusat data dan sistem informasi pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia tahun 2014, volume ekspor pepaya tiga tahun terakhir dari tahun 2012, 2013, 2014 mengalami peningkatan dengan volume berturut-turut 25.328 Kg, 25.836 Kg, dan 31.436 Kg. Berdasarkan data statistik Food & Agriculture Organization (FAO) tahun 2000 sampai 2010 terkait dengan jumlah produksi pepaya, Indonesia merupakan salah satu negara penghasil pepaya dengan jumlah yang cukup besar di dunia, setelah Brazil, Meksiko, India, dan Nigeria [1].

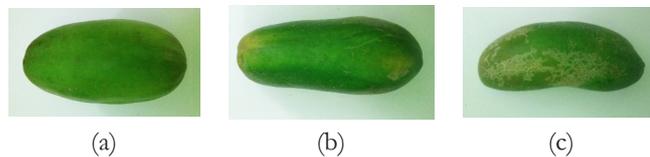
Kebutuhan buah pepaya segar untuk tujuan ekspor membutuhkan penanganan mutu sehingga dapat bersaing dengan produsen buah pepaya dari negara lain. Salah satu permasalahan pascapanen adalah proses sortasi mutu pepaya. Selama ini identifikasi mutu dalam proses sortasi pepaya masih dilakukan secara konvensional menggunakan visual mata manusia yang memiliki keterbatasan. Proses identifikasi mutu dengan cara seperti ini memiliki beberapa kelemahan di antaranya yaitu membutuhkan tenaga lebih banyak untuk memilah, tingkat persepsi manusia dalam hal pemutuan buah yang berbeda, tingkat konsistensi manusia dalam menilai mutu buah tidak menjamin karena manusia dapat mengalami kelelahan [2].

Teknologi pengolahan citra digital dan metode jaringan saraf tiruan telah digunakan pada penelitian-

penelitian sebelumnya terutama terkait dengan produk-produk hasil pertanian. Dalam penelitian [3] menentukan tingkat kematangan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) menggunakan metode pengolahan citra dan jaringan saraf tiruan menggunakan parameter *mean Red*, *mean Green*, *mean Blue*, dan korelasi sebagai parameter masukan pada JST. Dalam [4] menerapkan teknologi pengolahan citra digital dan jaringan saraf tiruan untuk mengidentifikasi mutu fisik biji pala (*Myristica fragrans* houtt), pengujian fisik biji pala dilakukan secara non-destruktif meliputi warna, bentuk dan tekstur, kemudian keluaran adalah kelas mutu biji pala yang terdiri dari mutu ABC, mutu rimpel, dan mutu BWP. Penelitian [5] menggunakan jaringan saraf tiruan dan *threshold rule* untuk klasifikasi kematangan buah pepaya ke dalam tiga kategori yaitu pepaya belum matang, matang sedang, dan matang berdasarkan pada rata-rata nilai RGB (*red*, *green*, *blue*). Penelitian [6] melakukan perancangan dan konstruksi mesin sortasi dengan sensor kamera CCD sebagai sensor citra dan unit pengolahannya untuk melakukan evaluasi pemutuan buah jeruk. Hasilnya adalah luas area buah jeruk dapat dijadikan acuan untuk pendugaan berat buah jeruk, luas area juga dapat digunakan untuk menentukan pemutuan buah jeruk sesuai kelasnya mulai dari kelas A sampai kelas E. Desain penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya di mana dalam penelitian ini menggunakan teknologi pengolahan citra digital dan metode jaringan saraf tiruan untuk klasifikasi kelas mutu buah pepaya (*Carica papaya L*) Calina IPB-9 ke dalam tiga kelas mutu, yaitu kelas Super, kelas A, dan kelas B. Klasifikasi kelas mutu didasarkan pada parameter citra yang didapatkan nilainya dari pengolahan citra digital.



Gambar 1 Alur sistem klasifikasi mutu pepaya



Gambar 2 Citra pepaya Calina IPB-9; (a) kelas super, (b) kelas A, (c) kelas B

Nilai fitur yang didapatkan kemudian dijadikan sebagai input pada algoritma pembelajaran jaringan syaraf tiruan *backpropagation*.

2. Metode

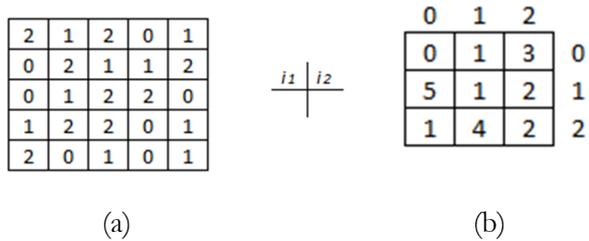
Tahapan proses pada sistem yang dikembangkan, meliputi proses akuisisi citra, pengolahan citra untuk mendapatkan fitur citra, dan proses klasifikasi dengan jaringan syaraf *Backpropagation* yang terdiri dari pelatihan dan pengujian. Proses akuisisi dilakukan pada buah pepaya yang telah dipetik dan sudah dikelaskan berdasarkan kelas mutu yaitu kelas Super, A, dan B. Proses pengkelasan mutu ini dilakukan oleh petani pepaya yang sudah ahli dalam menilai mutu buah pepaya, selain itu pada saat proses pengkelasan, petani diberitahukan kriteria mutu buah pepaya berdasarkan standar kriteria yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) Indonesia tahun 2009 nomor SNI 4230:2009, sebagai bahan pertimbangan pada saat proses pengkelasan. Citra pepaya hasil akuisisi akan diolah menggunakan teknologi pengolahan citra digital, yaitu melakukan ekstraksi fitur citra untuk memperoleh fitur tekstur. Fitur yang diperoleh dari proses pengolahan citra digital dari data latih citra pepaya disimpan di *database* sebagai *dataset* yang digunakan sebagai data *input* pada tahap pelatihan *backpropagation neural network* untuk mendapatkan bobot-bobot, kemudian setelah diperoleh bobot-bobot dari pelatihan, bobot tersebut akan disimpan ke dalam *database* sebagai *dataset* pada tahap pengujian untuk mengklasifikasikan buah pepaya Calina IPB-9 berdasarkan mutu buah. Gambar 1 menunjukkan alur sistem klasifikasi mutu buah pepaya.

A. AKUISISI CITRA

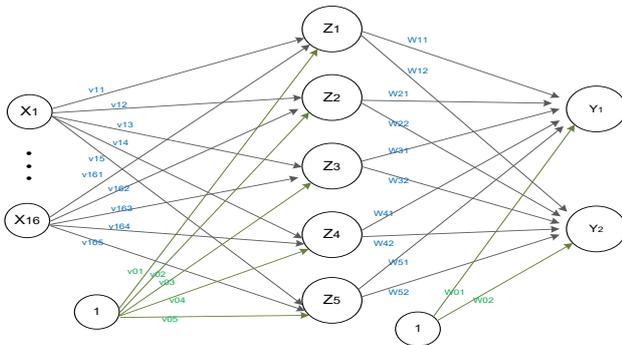
Proses akuisisi citra dilakukan pada buah pepaya Calina IPB-9 yang sudah dipetik dari pohonnya. Proses akuisisi dilakukan pada buah pepaya yang sudah dikelaskan berdasarkan kelas mutu yaitu kelas Super, A, dan B. Data citra yang diambil sejumlah 192 data citra dengan rincian 156 data latih yang terdiri dari 52 citra pepaya kelas super, 52 citra pepaya kelas A, dan 52 citra pepaya kelas B, dan data pengujian sebanyak 36 data citra pepaya. Sampel hasil akuisisi citra Pepaya Calina IPB-9 ditunjukkan pada Gambar 2.

b. Preprocessing

Proses *preprocessing* dilakukan dengan tujuan supaya meningkatkan kemungkinan keberhasilan pada tahap pengolahan lebih lanjut pada sebuah citra. Operasi yang dilakukan pada tahap *preprocessing* di antaranya adalah operasi *resizing* dan *grayscale*. *Resizing* adalah proses mengubah resolusi atau mengubah ukuran horizontal dan vertikal citra. Operasi *resizing* yang dilakukan adalah mengubah ukuran citra dari ukuran semula yaitu 3264x1836 pixels menjadi 1024x575 pixels dengan tujuan supaya mempercepat pada saat proses pengolahan citra digital, karena semakin besar ukuran citra maka akan mempengaruhi waktu yang diperlukan pada saat proses pengolahan citra digital. *Grayscale* adalah proses konversi citra dari citra warna RGB ke dalam bentuk citra berskala keabuan. Pada citra skala keabuan, warna dinyatakan dengan intensitas yang nilainya antara 0 sampai dengan 255, nilai 0 berarti hitam dan nilai 255 berarti putih. formula konversi ke citra ke skala keabuan atau *grayscale* dapat menggunakan persamaan (1).



Gambar 3 (a) Citra berukuran 5x5 tiga intensitas (0, 1, 2); (b) GLCM jarak (1,0)



Gambar 4 Arsitektur jaringan saraf tiruan yang dibangun

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.2989R + 0.5870G + 0.1141B \\
 Y &= 0.2989R + 0.5870G + 0.1141B \\
 Y &= 0.2989R + 0.5870G + 0.1141B
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

c. Segementasi

Segmentasi citra merupakan proses yang ditujukan untuk mendapatkan objek-objek yang terkandung di dalam citra atau membagi citra ke dalam beberapa daerah dengan setiap objek atau daerah memiliki kemiripan atribut. Pada objek yang mengandung hanya satu objek, objek dibedakan dari latar belakangnya. Segmentasi juga biasa dilakukan sebagai langkah awal untuk proses klasifikasi sebuah objek. Teknik untuk melakukan segmentasi citra didasarkan pada dua properti dasar nilai aras keabuan yaitu ketidaksinambungan dan kesamaan antarpiksel. Segmentasi citra didasarkan pada ketidaksinambungan nilai aras keabuan dapat dikatakan sebagai pemisahan citra didasarkan pada perubahan mendadak pada aras keabuan [7]. Segmentasi dengan memilih nilai ambang secara otomatis dapat dilakukan dengan metode Otsu. Metode Otsu merupakan metode yang dipublikasikan oleh Nobuyuki Otsu pada tahun 1979. Metode ini menentukan nilai ambang dengan cara membedakan dua kelompok, yaitu objek dan latar belakang, yang memiliki bagian saling bertumpukan, berdasarkan histogram.

d. Ekstraksi Fitur

Proses ekstraksi fitur menggunakan citra *grayscale*, citra biner, dan citra berwarna (RGB). Ekstraksi fitur dilakukan untuk mendapatkan fitur tekstur.

Tekstur dapat didefinisikan sebagai hubungan mutual antara nilai intensitas piksel-piksel yang bertetangga yang berulang di suatu area yang lebih luas daripada jarak hubungan tersebut. Metode yang digunakan untuk memperoleh fitur tekstur dapat dibedakan menjadi tiga golongan yaitu metode statistis, metode struktural, dan metode spektral. Menurut [7] metode statistis

menggunakan perhitungan statistka untuk membentuk fitur. Contoh yang termasuk sebagai metode statistis yaitu GLCM (*Gray Level Cooccurrence Matrices*). Beberapa fitur tekstur yang akan dicari berdasarkan GLCM yaitu fitur *energy*, *entropy*, *contras*, *homogeneity*, *invers difference moment* (*idm/local homogeneity*), *variance*, dan *dissimilarity*. Matrik *cooccurrence* yang akan dicari menggunakan jarak (1,0), yang berarti satu piksel ke kanan dan nol piksel ke bawah, atau pasangan piksel yang harus dihitung adalah yang berjarak satu piksel dengan arah sudut 00, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Setelah didapatkan matrik *cooccurrence*, selanjutnya mencari nilai fitur tekstur yang dapat dicari dengan persamaan (2) sampai persamaan (8).

$$\text{energi} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} [p(i, j)]^2 \tag{2}$$

$$\text{entropi} = - \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} p(i, j) \log_2(p(i, j)) \tag{3}$$

$$\text{kontras} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (i - j)^2 (p(i, j)) \tag{4}$$

$$\text{homogenitas} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \frac{P(i, j)}{1 + |i - j|} \tag{5}$$

$$\text{idm} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \frac{1}{1 + (i - j)^2} p(i, j) \tag{6}$$

$$\text{variance} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (i - \mu)^2 (p(i, j)) \tag{7}$$

$$\text{dissimilarity} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} |i - j| p(i, j) \tag{8}$$

e. Rancangan Klasifikasi dengan Backpropagation Neural Network

Algoritma pelatihan jaringan saraf *backpropagation* terdiri atas dua langkah, yaitu perambatan maju dan perambatan mundur, langkah perambatan maju dan perambatan mundur ini dilakukan pada jaringan untuk setiap pola yang diberikan selama jaringan mengalami pelatihan. Pada jaringan diberikan sepasang pola yang terdiri atas pola masukan dan pola keluaran yang diinginkan, ketika suatu pola diberikan kepada jaringan, bobot-bobot diubah untuk memperkecil perbedaan pola keluaran jaringan dan pola keluaran yang diinginkan [8].

Arsitektur jaringan *backpropagation* yang akan dibangun terdiri dari 3 lapisan yaitu lapisan masukan, lapisan tersembunyi, dan lapisan keluaran. Fitur-fitur yang diperoleh dari citra pepaya akan dijadikan sebagai input pada lapisan masukan pada jaringan saraf *backpropagation*. Fitur yang diperoleh dari pengolahan citra berjumlah 7 fitur, maka unit *input* pada lapisan masukan akan berjumlah 7 unit. kemudian di bagian lapisan tesembunyi terdiri dari 5 unit. Di bagian lapisan keluaran ada 2 unit, karena ada 3 kelas mutu pepaya yang akan diklasifikasikan maka ada 3 pasang pola keluaran, yaitu kelas Super (1,1), kelas A (1,0), dan kelas B (0,1). Arsitektur jaringan *backpropagation* ditunjukkan pada Gambar 4.

Pengujian akan dilakukan dari kombinasi semua fitur, dan fitur yang merupakan fitur terbaik yang dihasilkan dari proses seleksi fitur. Akurasi sistem klasifikasi kelas mutu pepaya Calina IPB-9 dihitung dengan persamaan (11)

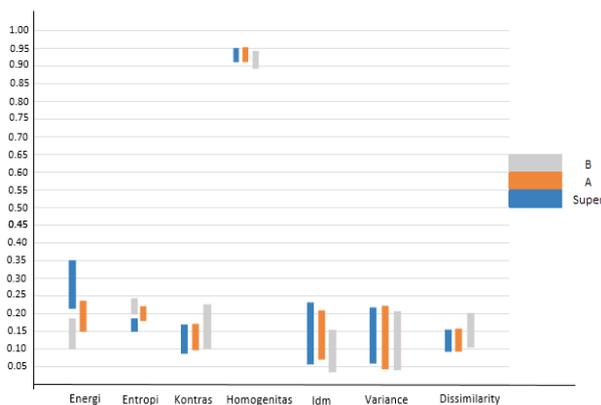
$$\text{akurasi}(\%) = \frac{\text{jumlah citra pepaya dikenali sesuai kelas}}{\text{jumlah seluruh citra pepaya}} \times 100 \tag{11}$$

Tabel 1 Rata-rata hasil ekstraksi fitur

Fitur	SUPER	A	B
<i>Energy</i>	0.282673874	0.196039886	0.14863724
<i>Entropy</i>	0.169006472	0.201432957	0.226100682
<i>Contras</i>	0.127098174	0.13068448	0.154969185
<i>Homogeneity</i>	0.937202291	0.936034182	0.925138505
<i>Idm</i>	0.132501133	0.113911598	0.081385775
<i>Variance</i>	0.1540195223	0.1337657977	0.1242928107
<i>Dissimilarity</i>	0.125958447	0.128584198	0.150964249
<i>St Dev LBP</i>	2.647012889	2.369366267	2.184981344

Tabel 2 Nilai maksimal dan minimal fitur tekstur GLCM

		SUPER	A	B
Energi	Max	0.3538277	0.237287	0.177318
	Min	0.225767	0.154514	0.117413
Entropi	Max	0.1865785	0.2246725	0.2466505
	Min	0.1500783	0.182291	0.208605
Entropi Kontras	Max	0.161321	0.168363	0.23748
	Min	0.099646	0.10121	0.102197
Homogenitas	Max	0.95109	0.950232	0.949133
	Min	0.921414	0.921586	0.899289
Idm	Max	0.236734	0.2139	0.156796
	Min	0.065694	0.073419	0.044753
Variance	Max	0.2284057	0.2326744	0.2115706
	Min	0.065541	0.0454576	0.0449518
Dissimilarity	Max	0.158183	0.159429	0.208064
	Min	0.098255	0.099947	0.10185



Gambar 5 Grafik fitur tekstur GLCM

Tabel 3 Hasil klasifikasi pada data latih

No	Fitur yang Digunakan	Super	A	B	Jumlah	Dikenali (%)
1	Dikenali Sesuai Target Jaringan	52	0	0	52	33.33%
	Tidak Sesuai Target Jaringan	0	52	52	104	
2	Dikenali Sesuai Target Jaringan	52	48	51	151	96.79%
	Tidak Sesuai Target Jaringan	0	4	1	5	

Tabel 4 Hasil pengujian klasifikasi dengan data uji

No	Fitur yang Digunakan	Super	A	B	Jumlah	Dikenali (%)
1	Dikenali Sesuai Target Jaringan	12	0	0	12	33.33%
	Tidak Sesuai Target Jaringan	0	12	12	24	
2	Dikenali Sesuai Target Jaringan	11	10	10	31	86.11%
	Tidak Sesuai Target Jaringan	1	2	2	5	

3. Hasil dan Pembahasan

Ekstraksi fitur meliputi fitur *energy*, *entropy*, *contras*, *homogeneity*, *idm*, *variance*, *dissimilarity*, dan standar deviasi dari LBP histogram. Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata fitur dari tiap kelas mutu citra pepaya.

Fitur-fitur yang telah didapatkan akan diseleksi terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai input dalam proses klasifikasi. Pemilihan fitur dilakukan dengan cara melihat sebaran data fitur citra latih, setiap fitur diambil nilai maksimal dan minimal pada setiap kelas mutu yaitu kelas Super, A, dan B. Nilai maksimal dan minimal yang didapat akan dibuat grafik supaya terlihat perbedaan nilai fitur antar kelas mutu. Fitur yang baik akan terlihat setiap kelasnya tidak akan terjadi *overlap* atau setidaknya terjadi *overlap* sedikit saja pada tiap kelasnya dan sebaliknya fitur yang jelek akan terjadi banyak *overlap* pada tiap kelasnya. Tabel 2 menunjukkan data fitur terkait dengan nilai maksimal dan minimal fitur tiap kelas mutu.

Tabel nilai maksimal dan minimal fitur-fitur tekstur GLCM, terlihat bahwa fitur *energy* dan *entropy* mengalami *overlap* yang tidak terlalu banyak, atau terlihat fitur *energy* dan *entropy* mengalami *overlap* hanya pada kelas yang saling berdekatan, tidak terjadi *overlap* antar kelas Super ke kelas B atau sebaliknya. Dari sekian fitur yang ada, maka yang paling memungkinkan untuk digunakan sebagai *input* pada proses klasifikasi selanjutnya adalah fitur *energy* dan *entropy*. Gambar 5 menunjukkan grafik nilai maksimal dan minimal fitur GLCM.

Pengujian sistem klasifikasi mutu Pepaya Calina IPB-9 menggunakan jaringan saraf *backpropagation* didasarkan pada data uji. Tahap pelatihan jaringan, menggunakan data latih sebanyak 156 data citra Pepaya Calina IPB-9. Parameter jaringan yaitu nilai *learning rate* sebesar 0,02, nilai maksimal *epoch* sebesar 250.000 dan nilai target *error* sebesar 0,001. Pengujian akan dilakukan beberapa kali mulai dari kombinasi semua fitur, fitur yang termasuk fitur bentuk, fitur yang termasuk fitur tekstur, fitur yang termasuk fitur warna, dan fitur yang merupakan fitur terbaik yang dihasilkan dari proses seleksi fitur. Hasil pengenalan klasifikasi pada data latih diperlihatkan pada Tabel 3, dan hasil pengenalan klasifikasi terhadap data uji diperlihatkan pada Tabel 4.

Pada Tabel 3 diketahui jumlah citra latih yang dikenali sesuai kelas mutu dan jumlah citra yang dikenali tidak sesuai kelas mutu berdasarkan percobaan fitur-fitur yang ada. Pada proses seleksi fitur dihasilkan fitur yang paling baik adalah fitur *energy* dan *entropy*, kombinasi kedua fitur

tersebut menghasilkan 151 data dikenali sesuai kelas mutu dan 5 data dikenali tidak sesuai dengan kelas mutu atau tingkat akurasi sebesar 96.79%.

Pada Tabel 4 diketahui jumlah citra uji yang dikenali sesuai kelas mutu dan jumlah citra yang dikenali tidak sesuai kelas mutu berdasarkan percobaan kombinasi fitur-fitur yang ada. Pada proses seleksi fitur dihasilkan fitur yang paling baik adalah fitur *energy* dan *entropy*, kombinasi kedua fitur tersebut menghasilkan 31 data dikenali sesuai kelas mutu dan 5 data dikenali tidak sesuai dengan kelas mutu atau tingkat akurasi sebesar 86.11%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian klasifikasi mutu buah Pepaya Calina IPB-9 dengan teknologi pengolahan citra digital dan jaringan saraf tiruan diperoleh kesimpulan bahwa proses ekstraksi fitur didapatkan fitur *energy*, *entropy*, *contras*, *homogeneity*, *idm*, *variance*, *dissimilarity*. Hasil proses seleksi fitur didapatkan fitur yang terbaik yaitu fitur *energy* dan *entropy* karena kedua fitur tersebut mengalami *overlap* yang paling kecil. Proses pengujian klasifikasi pada data uji menggunakan fitur *energy* dan *entropy* menghasilkan nilai akurasi terbaik yaitu sebesar 86.11 %.

5. Daftar Pustaka

- [1] Economic and Social Development Department, FAO., 2010, Medium-term prospects for agricultural commodities (Tropical Fruits), <http://www.fao.org/docrep/006/y5143e/y5143e1a.htm>
- [2] Syaefullah, E., Purwadaria, H.K., & Sutrisno, 2011, Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Saraf Tiruan untuk Identifikasi Tingkat Ketuaan Pepaya, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen Pertanian III*, ISBN: 978-979-1116-32-9, Bogor.
- [3] Hidayatullah, A., 2013, Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) Menggunakan Metode pengolahan citra digital dan jaringan saraf tiruan, *Skripsi*, Yogyakarta: UGM.
- [4] Dinar, L., 2012. Identifikasi Mutu Fisik Biji Pala (*Myristica Fragrans* Houtt) Dengan Teknologi Pengolahan Citra Digital Dan Jaringan Saraf Tiruan. *Tesis*. Yogyakarta: UGM.
- [5] Saad, H., & Hussain, A. 2006, Classification for the Ripeness of Papayas Using Artificial Neural Network (ANN) and Threshold Rule. *Student Conference on Research and Development –SCORED*, 1-4244-0527-0/06. Selangor.
- [6] Ahmad, U., Tjahjohutomo, R., & Mardison, 2008, Perancangan dan Konstruksi Mesin Sortasi dan Pemutuan Buah Jeruk dengan Sensor kamera CCD, *Jurnal Keteknikaan Pertanian (jTEP)*, ISSN 0216-3365, Bogor.
- [7] Kadir, A. & Susanto, A., 2013, *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [8] Hermawan, A., 2006, *Jaringan Saraf Tiruan Teori dan Aplikasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Mitra Bestari

Dewan editor mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas partisipasi para reviewer berikut ini yang telah membantu dalam proses penerbitan jurnal Khazanah Informatika volume 3 tahun 2017.

1. Lutfiyah Setia, Universitas Sebelas Maret (UNS)
2. Sri Karnila, Informatics and Business Institute Darmajaya, Bandar Lampung
3. Dwi Pangestuty, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur (UMKT)
4. Adi Supriyatna, AMIK BSI Karawang
5. Slamet Riyadi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY)
6. Aris Rakhmadi, UMS
7. Azizah Fatmawati, UMS
8. Dedi Gunawan, UMS
9. Dr. Bana Handaga, UMS
10. Dr. Fajar Suryawan, UMS
11. Dr. Gunawan Ariyanto, UMS
12. Dr. Nurgiyatna, UMS
13. Endah Sudarmilah, UMS
14. Endang Wahyu Pamungkas, UMS
15. Fatah Yasin Al Irsyadi, UMS
16. Jan Wantoro, UMS
17. Sukirman, UMS
18. Umi Fadlilah, UMS
19. Yogiek Indra Kurniawan, UMS
20. Yusuf Sulistyono Nugroho, UMS