

Jurnal Ilmiah

Informatika Komputer

- ANALISIS SENSITIVITAS VIDEO MPEG-4 BERDASARKAN STRUKTUR FRAME PADA TRANSMISI DVB-T 86
Sandy Suryo Prayogo, Tubagus Maulana Kusuma
- AUTOMASI WEBSITE BROWSER UNTUK MELAKUKAN AUTOLOGIN KE DALAM CAPTIVE PORTAL 98
I Made Edy Listartha
- METODE DECISION TREE UNTUK KLASIFIKASI HASIL SELEKSI KOMPETENSI DASAR PADA CPNS 2019 DI ARSIP NASIONAL REPUBLIK INDONESIA 107
Rama Dian Syah
- SIMULASI SMART HOME MENGGUNAKAN CISCO PACKET TRACER 115
Ragiel Hadi Prayitno, Bayu Kumoro Yakti
- DETEKSI SIMILARITAS ARTIKEL ILMIAH DENGAN TEKNIK PENCOCOKAN STRING BOYER MOORE 127
Amardeep
- FUSI CITRA DENGAN SCALE INVARIANT FEATURE TRANSFORM (SIFT) SEBAGAI REGISTRASI CITRA 137
Irma Wulandari
- IMPLEMENTASI HIGH AVAILABILITY UNTUK PENGURANGAN WAKTU DOWNTIME PADA JARINGAN DENGAN PROTOKOL HIGH AVAILABILITY FIRST HOP REDUDANCY PROTOCOL (FHRP) 147
Rodiah

DEWAN REDAKSI JURNAL ILMIAH INFORMATIKA KOMPUTER

Penanggung Jawab

Prof. Dr. E.S. Margianti, S.E., M.M.
Prof. Suryadi Harmanto, SSI., M.M.S.I.
Drs. Agus Sumin, M.M.S.I.

Dewan Editor

Dr. Fitriarningsih, Universitas Gunadarma
Dr. Rodiah, Universitas Gunadarma
Dr. Ias Sri Wahyuni, S.Si, M.Si, Universitas Gunadarma

Mitra Bebestari

Prof. Dr. Rer. Nat. A. Benny Mutiara, Universitas Gunadarma
Prof. Dr. Achmad Nizar Hidayanto, Universitas Indonesia
Prof. Dr.-Ing. Adang Suhendra, S.Si, S.Kom, M.Sc, Universitas Gunadarma
Prof. Dr. Sarifuddin Madenda, Universitas Gunadarma
Surya Sumpeno, PhD, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Noor Akhmad Setiawan, Ph.D, Universitas Gadjah Mada
Dr. Paulus Insap Santosa, Universitas Gadjah Mada
Dr. Agus Harjoko, M.Sc, Ph.D, Universitas Gadjah Mada
Dr. Ernastuti, Universitas Gunadarma
Dewi Agushinta R., Universitas Gunadarma
Dr. Eri Prasetyo, Universitas Gunadarma
Dr. Sunny Arief Sudiro, STMIK Jakarta STI&K
Dr. Tubagus Maulana Kusuma, S.Kom.,Mengsc, Universitas Gunadarma
Dr. Lussiana ETP, S.si., M.T, STMIK Jakarta STI&K
Harry Budi Santoso, Ph.D, Universitas Indonesia

Sekretariat Redaksi

Universitas Gunadarma
Jalan Margonda Raya No. 100 Depok 16424
Phone : (021) 78881112 ext 516.

JURNAL ILMIAH INFORMATIKA KOMPUTER

NOMOR 2, VOLUME 25, AGUSTUS 2020

DAFTAR ISI

ANALISIS SENSITIVITAS VIDEO MPEG-4 BERDASARKAN STRUKTUR FRAME PADA TRANSMISI DVB-T Sandy Suryo Prayogo, Tubagus Maulana Kusuma	86
AUTOMASI WEBSITE BROWSER UNTUK MELAKUKAN AUTOLOGIN KE DALAM CAPTIVE PORTAL I Made Edy Listartha	98
METODE DECISION TREE UNTUK KLASIFIKASI HASIL SELEKSI KOMPETENSI DASAR PADA CPNS 2019 DI ARSIP NASIONAL REPUBLIK INDONESIA Rama Dian Syah	107
SIMULASI SMART HOME MENGGUNAKAN CISCO PACKET TRACER Ragiel Hadi Prayitno, Bayu Kumoro Yakti	115
DETEKSI SIMILARITAS ARTIKEL ILMIAH DENGAN TEKNIK PENCOCOKAN STRING BOYER MOORE Amardeep	127
FUSI CITRA DENGAN SCALE INVARIANT FEATURE TRANSFORM (SIFT) SEBAGAI REGISTRASI CITRA Irma Wulandari	137
IMPLEMENTASI HIGH AVAILABILITY UNTUK PENGURANGAN WAKTU DOWNTIME PADA JARINGAN DENGAN PROTOKOL HIGH AVAILABILITY FIRST HOP REDUNDANCY PROTOCOL (FHRP) Rodiah	147

ANALISIS SENSITIVITAS VIDEO MPEG-4 BERDASARKAN STRUKTUR FRAME PADA TRANSMISI DVB-T

¹Sandy Suryo Prayogo, ²Tubagus Maulana Kusuma
¹²Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma,
¹²Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat
¹sandy_sr@staff.gunadarma.ac.id, ²mkusuma@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

DVB merupakan standar transmisi televisi digital yang paling banyak digunakan saat ini. Unsur terpenting dari suatu proses transmisi adalah kualitas gambar dari video yang diterima setelah melalui proses transmisi tersebut. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kualitas dari suatu gambar, salah satunya adalah struktur frame dari video. Pada tulisan ini dilakukan pengujian sensitivitas video MPEG-4 berdasarkan struktur frame pada transmisi DVB-T. Metode analisis dilakukan dengan menggunakan simulasi matlab dan simulink. Format dan pengaturan video akan disimulasikan menggunakan ffmpeg. Variabel yang diubah dari video adalah bitrate dan juga group-of-pictures (GOP), sedangkan variabel yang diubah dari transmisi DVB-T adalah signal-to-noise-ratio (SNR) pada kanal AWGN di antara pengirim (Tx) dan penerima (Rx). Tujuan dari penelitian adalah untuk memperoleh nilai kualitas rata-rata gambar pada video yang diukur menggunakan metode pengukuran structural-similarity-index (SSIM) dan juga pengukuran terhadap jumlah bit-error-rate BER pada bitstream DVB-T berdasarkan perubahan variabel. Hasil percobaan menunjukkan seberapa besar sensitivitas bitrate dan GOP dari video pada transmisi DVB-T dengan kesimpulan semakin besar bitrate maka akan semakin buruk nilai kualitas gambarnya, dan semakin kecil nilai GOP maka akan semakin baik nilai kualitasnya. Penelitian diharapkan dapat dikembangkan menggunakan deep learning untuk memperoleh frame struktur yang tepat di kondisi-kondisi tertentu dalam proses transmisi televisi digital.

Kata Kunci: DVB-T, MPEG-4, Bitrate, Group-of-pictures (GOP), Structural-Similarity-Index-Measurement (SSIM)

Abstract

DVB is the digital television transmission standard that is most widely used today. The most important element of a transmission process is the image quality of the video received after going through the transmission process. Many factors can affect the quality of an image, one of which is the frame structure of a video. In this paper, MPEG-4 video sensitivity testing is based on the frame structure of DVB-T transmission. The analysis method is done by using matlab and simulink simulations. The format and video setting will be simulated using ffmpeg. The variable changed from video is bitrate and also group-of-pictures (GOP), while the variable changed from DVB-T transmission is signal-to-noise-ratio (SNR) on the AWGN channel between sender (Tx) and receiver (Rx). The purpose of this study is to obtain the average value of the image quality on the video measured using the structural-similarity-index (SSIM) measurement method and also the measurement of the number of BER-bit-error-rates on the DVB-T bitstream based on variable changes. The result showed how big the bitrate sensitivity and GOP of video on DVB-T transmission with the conclusion the bigger the bitrate the worse the picture quality and the smaller the GOP score the better the quality. The research is expected to be developed using deep learning to obtain the right frame structure in certain conditions in the process of digital television transmission.

Keywords: DVB-T, MPEG-4, Bitrate, Group-of-pictures (GOP), Structural-Similarity-Index-Measurement (SSIM)

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi terutama pada penyiaran televisi digital telah menghasilkan beberapa standar diantaranya seperti Digital Video Broadcasting (DVB), Digital Multimedia Broadcasting (DMB), Integrated Service Digital Broadcasting (ISDB), dan Advanced Television Systems Committee (ATSC). Salah satu standar yang paling banyak digunakan atau masih dalam proses percobaan menurut data *dtvstatus* adalah Digital Video Broadcasting-Terrestrial (DVB-T) [1]. Sistem DVB terdiri dari sejumlah pendekatan dalam memberikan konten siaran, seperti DVB-T/T2 (terrestrial), DVB-S/S2 (satelit), DVB-C/C2 (kabel), DVB-H/SH (perangkat genggam). Di Indonesia, DVB-S dan DVB-C sudah digunakan sejak tahun 2000-an, tetapi tidak gratis, jadi televisi analog masih digunakan. Pada akhir 2012, Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 5/PER/M.KOMINFO/2/2012 tentang Standar Penyiaran Televisi Digital Terrestrial Penerimaan Tetap Tidak Berbayar (*Free To Air*), infrastruktur TV Digital menggunakan sistem DVB-T telah dimulai dan dioperasikan oleh penyedia layanan swasta di Jawa dan Kepulauan Riau. Pada periode transisi, sinyal analog dan digital secara bersamaan dipancarkan, yang dikenal sebagai periode *simulcast*. Tujuan periode transisi adalah agar orang-orang mulai membuat transisi ke

penyiaran digital dan melihat perbedaan dalam kualitas siaran analog dan digital [2].

Kualitas dari suatu siaran salah satu parameternya adalah kualitas dari video itu sendiri. Faktor yang dapat mempengaruhi kualitas dari suatu gambar di antaranya adalah kecerahan, kontras, resolusi, *bitrate*, *noise* dan struktur *frame*. Pengukuran dari suatu gambar dapat dilakukan dengan ketepatan atau *fidelity* dari suatu gambar salinan yang dibandingkan dengan gambar asli. Terdapat dua jenis *image fidelity* yaitu, *objective fidelity* dan *subjective fidelity*. *Objective fidelity* didasarkan pada formulasi matematika seperti MSE, PSNR dan SSIM sedangkan *subjective fidelity* didasarkan pada persepsi seseorang seperti VMAV dan UQI [11].

Penelitian ini bertujuan untuk mencari seberapa besar sensitivitas struktur *frame* terutama dari besarnya *bitrate* dan juga GOP (*Group of Pictures*) dari suatu video yang melalui transmisi televisi digital DVB-T. Sensitivitas yang berpengaruh pada kualitas gambar diukur menggunakan SSIM (*Structural Similarity Index Measurement*) dan juga BER (*bit error rate*) terhadap data video antara pengirim (Tx) dan penerima (Rx) dengan kondisi SNR pada kanal yang berbeda-beda. Analisis dilakukan dengan menggunakan simulasi dan juga pengukuran pada *matlab simulink* versi 2019b. Simulasi memiliki skema mengirimkan dua jenis video dengan karakteristik yang berbeda dan dilakukan pengeditan pada struktur *frame* dari

video tersebut menggunakan *ffmpeg* sebelum di kirim pada proses simulasi.

Penelitian mengenai pengaruh *bitrate* terhadap kualitas gambar yang dilakukan oleh Ahrina tahun 2015. Penelitiannya berfokus pada hubungan antara *bitrate* dari standar kompresi H.264 / AVC dan *packet loss* dan pengaruhnya terhadap kualitas video. Pengujian dilakukan menggunakan simulasi sebuah jaringan dimana *packet loss* dari jaringan tersebut menjadi sebuah variabel yang dicoba. Video SD dengan resolusi 720x526 dan *frame rate* 25 dikirim dengan *bitrate* yang berbeda-beda dari 2Mbps hingga 10Mbps, GOP (*group of pictures*) dari video tersebut dibuat statis dengan GOP12 dan *B-frame* 2. Video dikirim melalui jaringan lokal akan diterima kemudian dilakukan pengukuran kualitas gambar menggunakan SSIM [3]. Penelitian mengenai DVB-T sebelumnya sudah dilakukan oleh Tubagus, Randy dan Emy di tahun 2019 mengenai kanal umpan balik pada sistem transmisi televisi digital DVB-T, agar kualitas gambar yang diterima pengguna dapat diketahui oleh penyedia layanan. Penelitian menggunakan simulasi *matlab* dan *simulink*, dengan objek video MPEG. Pengukuran kualitas gambar secara *realtime* selama proses simulasi berlangsung. Metrik kualitas gambar yang digunakan menggunakan dalam penelitian tersebut adalah pengukuran tanpa referensi berbasis persepsi manusia. Hasil berupa suatu angka yang menunjukkan kualitas gambar tersebut yang kemudian hasilnya akan

menjadi parameter untuk efisiensi daya transmisi televisi digital [4].

Penelitian selanjutnya telah dilakukan oleh Iqbal dan Zupernick tahun 2019 yang membahas tentang *sensitifitas* dari penyiaran *standard* DMB terhadap kesalahan transmisi terhadap format *file* video *MPEG2 Transport Stream*. Pengujian dilakukan dengan membagi paket TS menjadi empat bagian. Sensitivitas video DMB terhadap kesalahan transmisi dan lokasinya dinilai dari jumlah *crash decoder*, jumlah video yang dapat didekodekan, jumlah total *frame* yang dapat didekodekan, dan kualitas video perseptual yang objektif dari video yang diterjemahkan. SSIM digunakan sebagai metrik kualitas persepsi objektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sel pertama dari paket TS sangat sensitif terhadap kesalahan bit dibandingkan dengan tiga sel berikutnya, baik dalam hal kualitas video spasial dan temporal [5].

Penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah melakukan simulasi menggunakan *Simulink* dan *Matlab*. Video dengan format RAW *.yuv* akan di code-kan menjadi MPEG-4 dan dimasukkan ke dalam container MPEG2-TS, file dibuat dengan berbagai macam struktur frame yang dibahas di bab berikutnya. Simulasi pengiriman file dengan metode DVB-T dengan variable transmisi berupa SNR. Percobaan yang dilakukan diharapkan dapat memperoleh nilai karakteristik dari struktur frame pada video untuk transmisi DVB-T.

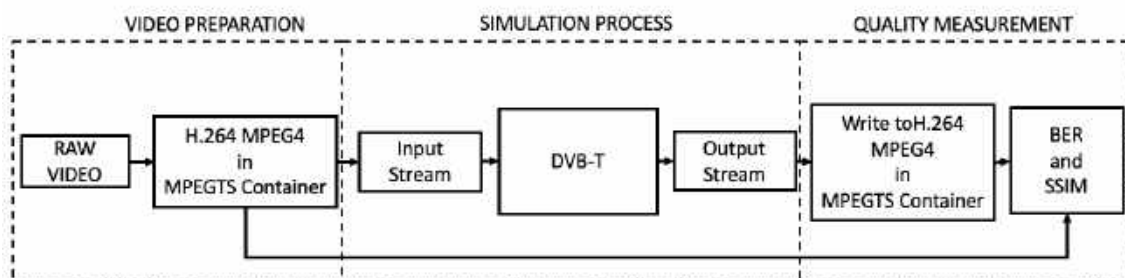
METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu menyiapkan video dari format *raw .yuv* ke bentuk MPEG4 dan kemudian ke bentuk *transport stream MPEG2TS* dengan kondisi *frame* yang berbeda-beda menggunakan aplikasi *ffmpeg*, tahapan berikutnya melakukan simulasi DVB-T pada *matlab* dengan kondisi SNR yang berbeda-beda, dan tahapan terakhir melakukan pengukuran terhadap video keluaran yang dibandingkan dengan video masukan. Pada Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah pengerjaan penelitian video *raw* di *encode* ke format H.264 MPEG4 dalam *container* MPEG *Transport Stream* untuk dikirim melalui transmisi DVB-T. Video dikirim dalam bentuk input stream menggunakan *matlab* dan dilanjutkan proses simulasi di *simulink* hingga menghasilkan *output stream* yang langsung diubah kembali ke bentuk video dengan format yang sama. Video yang sudah diterima kembali akan dilakukan pengukuran kualitas gambar secara manual di *matlab* dan *ffmpeg* menggunakan metode pengukuran SSIM.

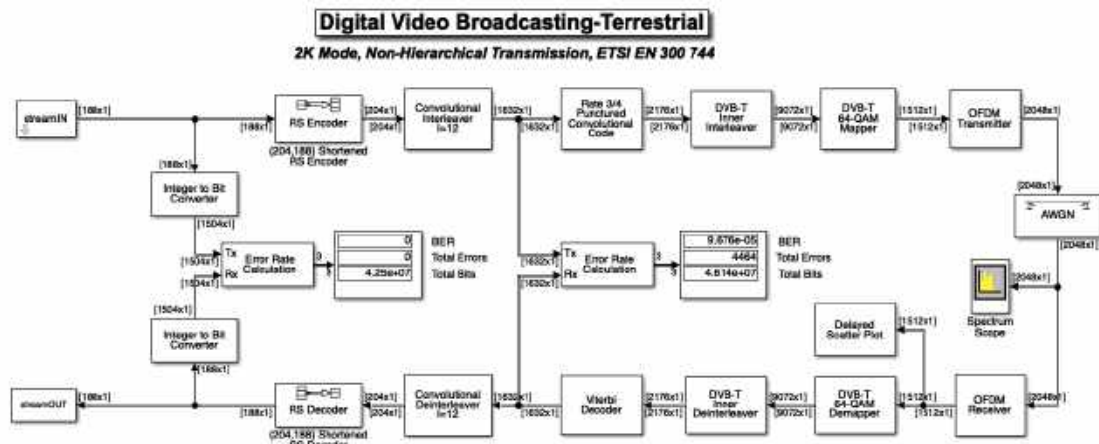
Pengukuran jumlah *bit-error-rate* (BER) juga dilakukan melalui *simulink* untuk mengetahui perbandingannya dengan kondisi yang berbeda.

Simulasi DVB-T pada *matlab*

Simulasi DVB-T dilakukan menggunakan *matlab simulink* karena sudah menyediakan *block library* untuk DVB-T. Dilakukan sedikit modifikasi *input* dan *output* dari *library* dengan mengubahnya menjadi *transport stream* agar bisa melakukan simulasi video. Terdapat dua coder pada DVB-T yaitu *inner* dan *outer*. *Inner code* menggunakan *Reed-Solomon* dengan panjang *codeword* (204, 188) yang berarti 188 bytes data akan diikuti oleh 16 bytes *parity check*. *Outer code* menggunakan *Convolution Code* (3/4). Proses terakhir dari teknik perlindungan kesalahan ini adalah *Inner Interleaver*. *Inner Interleaver* memiliki dua proses terpisah yaitu *Interleaver bit* dan *Interleaver symbol*. *Interleaver bit* dilakukan hanya pada data yang berguna. Data di-demultiplekskan menjadi sub-aliran yang berjumlah 2, 4 dan 6 untuk QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM [6].



Gambar 1. Diagram Langkah Penelitian



Gambar 2. Blok Matlab Simulink Transmisi DVB-T

Tujuan dari *symbol interleaver* adalah untuk memetakan kata-kata bit ke pembawa aktif per simbol OFDM. 126 data dari bit *interleaver* dikelompokkan menjadi 12 dan 48 untuk memberikan panjang vektor 1512 (mode 2k) dan 6048 (mode 8k) Sistem DVB-T menggunakan transmisi OFDM.

Semua *subcarrier* data dalam satu simbol OFDM dimodulasi menggunakan QPSK, 16-QAM atau 64-QAM [5]. Pada penelitian ini digunakan 2k *symbol interleaver* dan 64-QAM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Simulasi saluran yang digunakan menggunakan AWGN dengan menambahkan *Random White Gaussian Noise* ke dalam data yang melawati saluran tersebut dengan parameter *input signal-to-noise-ratio* (SNR). Digunakan juga pengukuran BER pada bagian data *stream* untuk menghitung jumlah *noise* atau total bit yang *error* selama proses simulasi.

Format Video Simulasi

Video yang digunakan untuk penelitian ini menggunakan *raw* video dengan format *yuv*. *Raw* video kemudian diubah menjadi H.264/MPEG-4 video *codec* menggunakan *ffmpeg*. H.264/MPEG-4 atau Video Coding (MPEG-4 AVC) sendiri adalah standar kompresi video berdasarkan *motion-compensated integer-DCT coding* [7]. Ini adalah format yang paling umum digunakan untuk perekaman, kompresi, dan distribusi konten video, digunakan oleh 91% pengembang industri video pada September 2019. Format ini mendukung resolusi hingga dan termasuk 8K UHD [8]. Terdapat dua video MPEG-4 yang kemudian dikemas ke dalam *container* untuk dikirim menggunakan transmisi DVB-T, proses pengemasan juga menggunakan *ffmpeg*. MPEG Transport Stream (MPEG-TS atau TS) adalah format standar *digital container* untuk transmisi dan penyimpanan data audio/video [9]. Kedua

video yang digunakan memiliki resolusi 1920x1080 dengan *frame rate* 25 *fps* dengan durasi 10 detik. Hal yang membedakan video tersebut adalah video dengan nama 'AirShow.ts' memiliki *background* yang hampir konstan untuk setiap *frame*-nya sedangkan video satunya 'Soccer.ts' memiliki *background* yang dinamik dan variasi warna yang signifikan. Variabel yang akan dimanipulasi dari video tersebut adalah *bitrate* dan juga *group of pictures* (GOP), yang mana semakin tinggi *bitrate* maka detail dari video tersebut secara visual akan terlihat lebih baik. Sedangkan GOP akan berpengaruh terhadap kemampuan suatu video untuk memperbaiki *frame* yang kurang sesuai dengan *frame* lain di dalam *group* tersebut.

MPEG-TS menggunakan tiga jenis *frame* (I, P, dan B) untuk mewakili video. Pengaturan GOP menentukan pola tiga jenis *frame* yang akan digunakan. Ketiga tipe gambar ini antara lain Intra (*I-frame*), juga dikenal sebagai bingkai kunci. Setiap GOP berisi satu *I-frame*. *I-frame* adalah satu-satunya jenis *frame* MPEG-TS yang dapat didekompresi sepenuhnya tanpa referensi ke *frame* yang mendahului atau mengikutinya. Ini juga merupakan data yang paling berat, membutuhkan ruang *disk* paling banyak. Berikutnya *Predicted frame* (*P-frame*), dienkodkan dari gambar "diprediksi" berdasarkan pada *frame* I- atau P yang terdekat dan sebelumnya. *P-frame* biasanya membutuhkan ruang *disk* jauh lebih sedikit daripada *I-frame* karena mereka merujuk pada

I- atau *P-frame* sebelumnya dalam GOP. Terakhir ada *Bi-directional* (*B-frame*), dikodekan dari interpolasi *frame* referensi yang berhasil dan sebelumnya, baik dari *I-frame* atau *P-frame*. *B-frame* adalah jenis *frame* yang paling efisien penyimpanan, membutuhkan ruang *disk* paling sedikit. Penggunaan *B* dan *P-frame* memungkinkan MPEG-TS untuk menghapus redundansi temporal, berkontribusi pada kemampuannya untuk mengompres video secara efisien [10].

HASIL DAN PEMBAHASAN

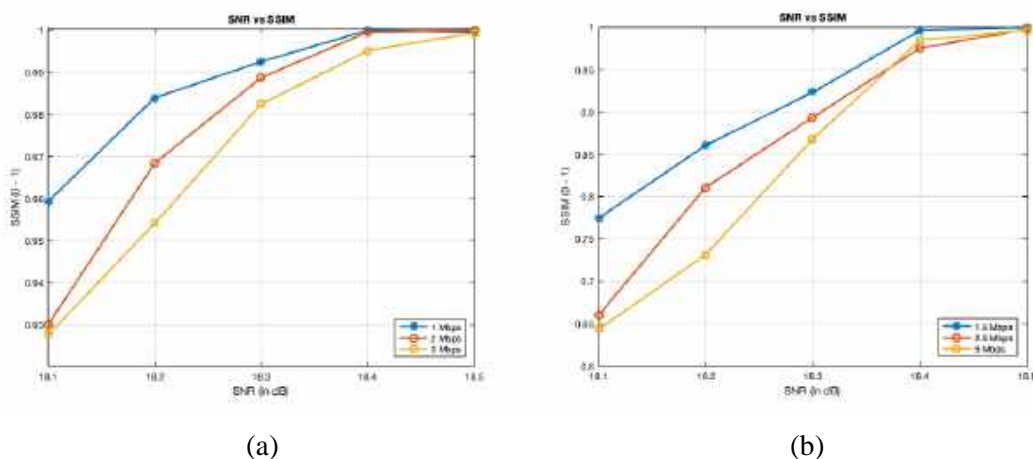
Pengujian yang dilakukan terdiri dari tiga jenis skema, yang pertama adalah pengujian sensitivitas kualitas gambar yang diukur dengan metode SSIM terhadap perbedaan *bitrate* dari suatu video dan variasi SNR. Skema kedua adalah pengujian sensitivitas atau pengaruh dengan adanya pengelompokan *frame* GOP terhadap kualitas gambar yang juga diukur dalam SSIM. Terakhir untuk skema ketiga adalah dengan melakukan pengujian besarnya *bit-error-rate* (BER) terhadap perbedaan GOP pada video. Video *raw* akan dibuat menjadi beberapa video MPEG-4 dikemas dalam MPEG-TS dengan *bitrate* dan juga GOP yang berbeda-beda.

Pada pengujian pertama pengaturan dan juga persiapan yang dilakukan sebelum simulasi adalah dengan mengubah format dua video yang sudah disiapkan ke dalam format MPEG-4 dalam MPEG-TS container, video

pertama "Airshow.ts" yang berdurasi 11 detik 25 fps dibuat dalam tiga jenis *bitrate* yang berbeda, yaitu 1Mbps, 2Mbps, dan 3Mbps. Video kedua "Soccer.ts" yang berdurasi 10 detik 25 fps dibuat dalam 1.5Mbps, 2.5Mbps, dan 5Mbps. Pada Gambar 3 menunjukkan SSIM rata-rata dari semua video yang telah dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan berulang dengan membedakan nilai SNR dari *AWGN channel* dari *range* 18.1dB sampai 18.5dB dengan selisih 0.1dB. Dapat dilihat pada gambar bahwa terdapat perbedaan kualitas yang signifikan antara *bitrate* yang lebih rendah dengan *bitrate* yang tinggi di SNR 18.1dB. Semakin tinggi SNR-nya perbedaan kualitas semakin berkurang dan tidak ada sama sekali di SNR 18.5dB. Disimpulkan bahwa *bitrate* yang lebih rendah memiliki ketahanan terhadap *noise* yang lebih baik, hanya saja *bitrate* yang rendah memiliki

gambar yang tidak sedetail *bitrate* yang tinggi. Pengujian kedua dilakukan dengan menambahkan GOP pada setiap video yang akan dicoba. Video "AirShow.ts" dibuat dengan dibuat dengan *bitrate* rata-rata 2Mbps untuk masing-masing kondisi GOP. Terdapat 4 kondisi GOP pada video ini yaitu GOP 12 yang berarti memiliki *I-frame* sebanyak 12 frame dari keseluruhan *frame* di video, GOP 15, GOP 25, dan tanpa penggunaan GOP yang artinya hanya memiliki 1 *I-frame*.

Untuk video dengan GOP digunakan *B-frame strategy* sebesar 2, yang artinya di antara I, P, dan *P-frame* terdapat 2 *B-frame*, sebagai contoh *GOP 12 dengan B-frame 2* memiliki struktur frame "IBBPBBPBBPBB". Video kedua "Soccer.ts" dibuat dengan *bitrate* rata-rata 4Mbps dan 24 *fps*, diberikan kondisi GOP 12, GOP 24, GOP 36, GOP 48, dan GOP 60.

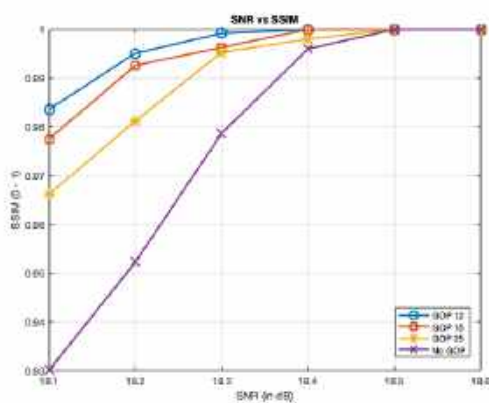


Gambar 3. (A) SNR Vs SSIM "Airshow.Ts" untuk Berbagai Jenis Bitrate. (B) SNR Vs SSIM "Soccer.Ts" untuk Berbagai Jenis Bitrate

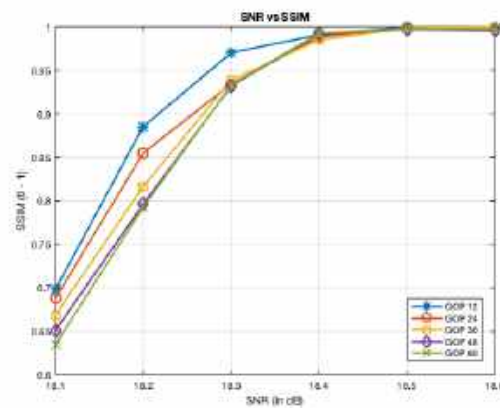
Dilakukan kenaikan GOP sebesar 12 pada video kedua dengan tujuan untuk setiap kenaikan 12 GOP terjadi penurunan interval *I-frame* sebanyak 0.5 detik. Sebagai contoh GOP 12 memiliki *I-frame* per 0.5 detik, GOP 24 memiliki *I-frame* per 1 detik. Kondisi *B-frame* di atur 2 untuk semua video kedua ini. Semua percobaan di masing-masing kondisi dilakukan 5 kali untuk menambah akurasi.

Pada Gambar 4 menunjukkan SSIM rata-rata dari semua video yang telah dilakukan pengujian dengan kondisi GOP yang berbeda-beda. Semua pengujian kedua menggunakan SNR 18.1dB hingga 18.6dB. Dapat dilihat pada gambar bahwa terdapat perbedaan kualitas yang sangat berpengaruh di SNR 18.3dB ke bawah. Pengaruh perbedaan GOP juga dapat dilihat dimana

nilai GOP yang semakin kecil menghasilkan kualitas gambar yang lebih baik dikarenakan gambar akan lebih cepat melakukan perbaikan di *group* yang lebih kecil. Pada Tabel 1 ditunjukkan detail angka dari gambar 4b. Seperti pada Tabel 1 yang merupakan hasil rincian dari gambar 4b didapat semakin besar nilai GOP yang merupakan jarak antara *I-frame* maka akan semakin kecil nilai SSIM nya. Meskipun begitu ada kondisi dimana GOP yang lebih besar memiliki hasil SSIM yang lebih besar juga, itu dikarenakan kanal AWGN antara pengirim dan penerima DVB-T menggunakan *random noise*. Pengujian ketiga dilakukan untuk mengetahui sensitivitas adanya GOP terhadap BER di *input* dan *output stream* sebelum *file* dikembalikan menjadi video.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) SNR vs SSIM “AirShow.ts” 2Mbps untuk Berbagai Jenis GOP. (b) GOP vs SSIM “Soccer.ts” 4Mbps untuk Berbagai Jenis GOP

Tabel 1. Pengaruh GOP terhadap SSIM dari File “Soccer.Ts” Berdasarkan SNR

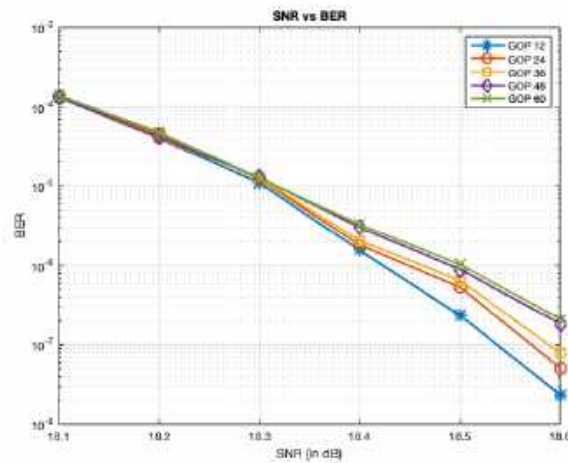
SNR (dB)	GOP	Bitrate (kbps)	File Size (kB)	Rata-rata SSIM
18.6	12	4232	5312	1.0000
	24	3904	4901	1.0000
	36	3817	4791	1.0000
	48	3769	4731	0.9958
	60	3761	4721	0.9978
18.5	12	4232	5312	0.9999
	24	3904	4901	0.9992
	36	3817	4791	0.9983
	48	3769	4731	0.9971
	60	3761	4721	0.9977
18.4	12	4232	5312	0.9910
	24	3904	4901	0.9886
	36	3817	4791	0.9850
	48	3769	4731	0.9922
	60	3761	4721	0.9926
18.3	12	4232	5312	0.9703
	24	3904	4901	0.9343
	36	3817	4791	0.9389
	48	3769	4731	0.9321
	60	3761	4721	0.9331
18.2	12	4232	5312	0.8855
	24	3904	4901	0.8551
	36	3817	4791	0.8166
	48	3769	4731	0.7964
	60	3761	4721	0.7930
18.1	12	4232	5312	0.6983
	24	3904	4901	0.6879
	36	3817	4791	0.6688
	48	3769	4731	0.6509
	60	3761	4721	0.6349

Keterangan : Nilai SSIM memiliki interval dari 0 – 1

File yang digunakan yaitu video “Soccer.ts” yang sama seperti pada percobaan kedua.

Kondisi pada kanal AWGN juga sama dengan kondisi percobaan kedua. Penyajian Gambar 5 dibuat dalam bentuk grafik *semilog* di y untuk menampilkan besarnya *bit-error-rate* pada blok *input* dan *output stream* pada *simulink*. Total bits pada masing-masing video berbeda tergantung dari GOP nya, besaran bits hampir sama dengan *bitrate* dari

video tersebut dikali 10, sebagai contoh video Soccer.ts dengan GOP 12 memiliki *bitrate* 4232 *kbps*, berarti total bits dalam video tersebut sekitar $4,232 \times 10^7$ bits. Gambar tersebut menunjukkan pada SNR 18.1dB memiliki BER 10^{-4} , yang artinya setiap 10.000 bits memiliki setidaknya 1 bit yang error. Pengaruh adanya GOP terlihat pada SNR 18.4db hingga 18.6dB dimana semakin kecil nilai GOP maka semakin kecil nilai kesalahannya atau BER-nya.



Gambar 5. SNR Vs BER File Video "Soccer.Ts" untuk Berbagai Jenis GOP



Gambar 6. SSIM dari Salah Satu Frame Video "Airshow.Ts"



Gambar 7. SSIM dari Salah Satu Frame Video "Soccer.Ts"

Penyajian terakhir pada Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukan masing-masing empat gambar dengan perbedaan SSIM pada sebuah *frame* yang diambil dari video yang diuji. Terdapat nominal pada gambar yang

menunjukkan besarnya SSIM yang mempresentasikan gambar sesungguhnya, semakin kecil nilai dari SSIM tersebut semakin berbeda gambar itu dibandingkan dengan gambar aslinya atau memunculkan

sejumlah distorsi yang merusak gambar. Nilai 1.000 pada SSIM menunjukkan tidak ada perbedaan antara gambar *output* dengan gambar asli. Pengujian pada kedua video tersebut dilakukan dengan nilai SNR 18.1dB hingga 18.6dB. Video pada Gambar 6 “*AirShow.ts*” memiliki SSIM yang tidak terlalu bervariasi dibandingkan dengan video pada Gambar 7 “*Soccer.ts*”, dikarenakan adanya perbedaan pergerakan *background* pada video. Video “*AirShow.ts*” memiliki *background* yang hampir statis, sedangkan “*Soccer.ts*” dengan *background* yang selalu bergerak.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam tulisan ini telah diuji hasil sensitivitas dari video MPEG-4 yang dikemas ke dalam MPEG-TS untuk proses transmisi DVB-T. Pengujian dilakukan dalam tiga skema untuk mengetahui nilai kualitas video dalam SSIM dan juga besarnya kesalahan bit dalam BER terhadap perubahan variabel pada video yaitu *bitrate* dan juga struktur *frame* GOP. Variabel pada transmisi berupa *signal-to-noise-ratio* (SNR) yang dilakukan perubahan besaran dalam satuan *dB*. Objek penelitian berupa dua buah video dengan sifat yang berbeda dimana video yang satu dengan latar belakang gambar yang statis, sedangkan video lainnya dengan latar belakang yang selalu bergerak.

Percobaan pada simulasi pertama dengan membuat perbedaan *bitrate* masing-

masing video sebelum dikirim melalui DVB-T, diperoleh kesimpulan yang sama dari kedua video tersebut yaitu semakin tinggi nilai *bitrate* maka semakin besar frekuensi kerusakannya atau semakin kecil nilai SSIM nya. Percobaan berikutnya melakukan perbedaan dari sisi pengelompokan gambar (GOP) dan didapat kesimpulan bahwa GOP yang paling rendah memiliki kualitas SSIM yang paling baik dibanding GOP yang lebih tinggi, hal ini dikarenakan video dengan interval GOP yang lebih pendek dapat melakukan perbaikan video lebih sering. Pengujian terakhir dengan mengukur BER dari hasil percobaan kedua, dan diperoleh jumlah *bit-error* pada video dengan GOP paling rendahlah yang paling baik.

Analisis sensitivitas video MPEG-4 berdasarkan struktur *frame* dalam transmisi DVB-T ini diharapkan berguna untuk memperbaiki dan merancang sistem transmisi yang lebih baik untuk aplikasi DVB ke depannya. Sebagai contoh dengan menambahkan *machine learning* atau *deep learning* yang dapat memberikan keputusan untuk melakukan perubahan struktur *frame* di kondisi-kondisi tertentu sebelum video disiarkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] DTVstatus, “Digital broadcasting systems for terrestrial television 2015,” DTVstatus, 2015. [Daring]. Tersedia:

- <http://en.dtvstatus.net/>. [Diakses: 20 April 2020].
- [2] Menkominfo, “Indonesia mulai masuk era tv digital,” Menkominfo, 2015. [Daring]. Tersedia: https://kominfo.go.id/content/detail/3400/indonesia-mulai-masuki-era-tv-digital/0/sorotan_media. [Diakses: 20 April 2020].
- [3] M. Uhrina dan M. Vaculik, “The impact of bitrate and packet loss on the video quality of H.264/AVC compression standard,” Dalam Proc. 38th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), 2015.
- [4] T.M. Kusuma, R. Rahmanto dan E. Haryatmi, “Adaptive power link adaptation on DVB-T system based on picture quality feedback,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 9, no. 4, Agustus, hal.3121-3129, 2019.
- [5] M. I. Iqbal dan H. J. Zepernick, “Error sensitivity analysis of DMB transport streams,” *IEEE Access*, vol. 7, 2019.
- [6] M. Elsharief, A. Zekry and M. Abouelatta, “Implementing a standard DVB-T system using MATLAB Simulink”, *International Journal of Computer Applications*, vol. 98, no. 5, Juli, hal. 27-32, 2014.
- [7] Bitmovin, “Video Developer Report 2019,” www.bitmovin.com. [Daring]. Tersedia: <https://go.bitmovin.com/video-developer-report-2019>. [Diakses: 25 April 2020].
- [8] S. Bilodeau, “Delivering 8K using AVC/H.264,” www.mysterybox.us, April 5, 2017. [Daring]. Tersedia: <https://www.mysterybox.us/blog/2017/2/21/delivering-8k-using-avch264>. [Diakses: 25 April 2020].
- [9] DVB Document A125, “Support for use of the DVB Scrambling Algorithm version 3 within digital broadcasting systems,” www.dvb.org, July, 2008. [Daring]. Tersedia: <https://dvb.org/?standard=support-for-use-of-the-dvb-scrambling-algorithm-version-3-within-digital-broadcasting-systems>. [Diakses: 26 April 2020].
- [10] Apple Support, “MPEG-2 Reference Information”, help.apple.com, 2017. [Daring]. Tersedia: <https://help.apple.com/compressor/mac/4.0/en/compressor/usermanual/#chapter=18%26section=5>. [Diakses: 25 April 2020].
- [11] T. Samajdar dan I. Quraishi, “Analysis and evaluation of image quality metrics,” Dalam *Information Systems Design and Intelligent Applications. Advances in Intelligent Systems and Computing*, J. Mandal, S. Satapathy, M. S. Kumar, P. Sarkar, A. Mukhopadhyay, Eds. New Delhi: Springer, 2015, hal. 369-378

AUTOMASI WEBSITE BROWSER UNTUK MELAKUKAN AUTOLOGIN KE DALAM CAPTIVE PORTAL

I Made Edy Listartha

*Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha
Jl. Udayana No.11, Banyuasri, Kec. Buleleng, Kabupaten Buleleng, Bali 81116
listartha@undiksha.ac.id*

Abstrak

Penggunaan captive portal dalam sekuriti jaringan komputer menuntut pengguna untuk selalu melakukan registrasi pada halaman hotspot saat diperlukan. Penelitian ini memanfaatkan website browser lynx berbasis teks sebagai sarana untuk melakukan registrasi pada captive portal yang di automasi dengan script yang berisi username dan password pengguna. Perangkat penelitiannya sendiri menggunakan software simulasi yang menjalankan RouterOS mikrotik dan linux sebagai pengguna. Mikrotik dibangun sebagai captive portal dengan menggunakan setup wizard dengan konfigurasi IP 192.168.200.1/24, menjalankan fungsi DHCP Server pada sebuah interface1 yang terhubung langsung dengan OS Linux pengguna sehingga mendapatkan IP melalui DHCP Client. Halaman captive portal terbentuk pada alamat <http://test.mikrotik.local> dengan tampilan standar. Perekaman proses login melalui browser lynx dilakukan untuk mendapatkan script proses login dan digunakan untuk proses automasi login. Pengujian dilakukan dengan menjalankan perintah `cmd_script` berisi rekaman proses login dan menghapus sesi login pada mikrotik setelah berhasil untuk pengujian selanjutnya. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali dengan hasil tanpa adanya kegagalan jika tidak terdapat gangguan oleh pengguna maupun sistem saat proses automasi berjalan.

Kata Kunci: *Automasi Komputer, Captive Portal, Mikrotik Hotspot, Hotspot Autologin*

Abstract

The use of a captive portal in computer network security requires users to always register on the hotspot page when needed. This study utilizes a text-based lynx browser website as a means of registering on a captive portal which is automated with a script containing the user's username and password. The research tool itself uses simulation software that runs Mikrotik and Linux RouterOS as users. Mikrotik is built as a captive portal by using a setup wizard with IP configuration of 192.168.200.1/24, running the DHCP Server function on an interface1 that is directly connected to the user's Linux OS so that it gets IP via the DHCP Client. A captive portal page is formed at the address <http://test.mikrotik.local> with a standard view. Recording of the login process through the lynx browser is done to get a login process script and is used for the login automation process. Testing is done by running the `cmd_script` command containing the login process record and deleting the login session on the proxy after successful for further testing. The test was carried out 20 times with the results without failure if there was no interference by the user or the system during the automation process..

Keywords: *Computer Automation, Captive Portal, Mikrotik Hotspot, Hotspot Autologin.*

PENDAHULUAN

Dewasa ini penerapan *captive portal* sangat umum dilihat pada area WIFI yang

dapat digunakan untuk pengguna umum maupun khusus dengan jumlah pengguna yang banyak. *Captive portal* merupakan sebuah halaman *website* yang diakses oleh

pengguna untuk dapat terhubung dengan WIFI atau jaringan kabel [1]. Teknik verifikasi ini pada dasarnya merupakan sebuah perangkat *router* atau *gateway* yang melakukan proteksi terhadap jaringan internal menuju jaringan eksternal saat pengguna melakukan pengiriman *traffic* data.

Teknik ini memaksa pengguna untuk melakukan registrasi dalam sebuah tampilan *website*. Registrasi ini sendiri dapat disesuaikan dengan *policy* dari jaringan tersebut, seperti perlunya melakukan klik terhadap sebuah tombol, memasukkan email, memasukkan *username* dan *password* yang telah diberikan oleh pengelola jaringan dan lain sebagainya [2]. Penerapan dalam area pengguna umum, sebuah *captive portal* dirancang untuk melakukan sarana promosi atau informasi melalui layanan koneksi internet melalui WIFI dengan gratis [3]. Namun untuk pengguna khusus yang menjadi bagian dari sebuah organisasi, *captive portal* memberikan kemudahan dalam hal pengaturan pengguna karena setiap *user* atau pengguna dapat diberikan *username* dan *password* masing-masing sehingga lalu lintas data dalam jaringan dapat dimonitor dan dikenali dengan baik [4].

Dalam organisasi, pengaturan pengguna dapat dilakukan dengan mengatur penggunaan *bandwidth* internet, banyaknya *username* yang bias digunakan oleh perangkat dan lain sebagainya. *Monitoring* sendiri bisa mengintegrasikan *firewall* untuk membatasi pengguna mengakses situs dan aplikasi

tertentu [5]. Penerapan *captive portal* ini dalam pelayanan umum maupun organisasi memiliki perbedaan dalam proses registrasi perangkat, dimana dalam penerapan teknik verifikasi dengan *passkey* pengguna hanya perlu memasukkannya sekali [6] dan selanjutnya perangkat akan mengingat dan menggunakannya secara otomatis menjadi sebuah *profile* dan menggunakannya saat SSID WIFI tersebut masuk ke dalam jangkauan perangkat dan pengguna dapat langsung terhubung dengan jaringan.

Implementasi *captive portal* ini dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti HTTP *redirect*, metode ini akan mengarahkan semua *traffic website* ke *captive portal*. Pengguna yang melakukan permintaan HTTP ke URL akan mengharapkan mendapatkan kode status HTTP 200, jika perangkat mendapatkannya maka dianggap koneksi berjalan baik. Di sini kode 200 dimanipulasi untuk memberikan kode HTTP 302 (*redirect*) ke halaman *captive portal* sehingga pengguna harus registrasi [7]. Kemudian ada teknik ICMP *redirect*, protokol ICMP yang diarahkan ke alamat *captive portal* pada layer 3. Serta yang terakhir teknik DNS *redirect*, ketika pengguna mengakses *website*, maka alamat IP dari domain *website* tersebut dialihkan melalui DNS. Dalam jaringan yang mengimplementasikan *captive portal*, *firewall* akan memastikan hanya DNS lokal jaringan yang akan digunakan, sehingga DNS lokal ini akan memberikan domain *captive portal* sebagai pengganti sementara domain *website* yang diminta oleh pengguna.

Pengguna *captive portal* perlu melakukan registrasi berulang-ulang melalui halaman *website login* sesuai dengan waktu yang dirancang dalam *policy* bahkan saat *user* tidak melakukan aktivitas apa pun, sehingga pengguna secara otomatis terputus. Masalah perlunya registrasi berulang-ulang ini tentunya menjadi kendala bagi pengguna yang memerlukan koneksi terus menerus, maupun penerapan koneksi ini untuk *availability host* khusus tanpa adanya hak akses pada *administrator* jaringan *captive portal*.

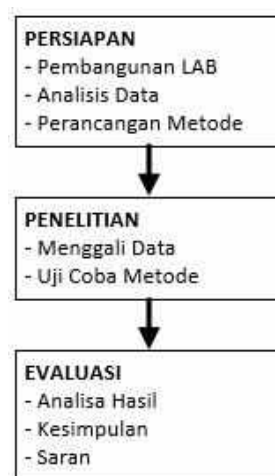
Penelitian ini akan membahas bagaimana mengotomasi *website browser* untuk melakukan proses memasukkan *username* dan *password* ke dalam sebuah halaman *captive portal* saat diperlukan. Jenis registrasi ini dipilih karena mewakili jenis registrasi pada *captive portal* lainnya dan tidak menyalahi prosedur proses *login* yang diminta. Eksperimen yang akan dilakukan nantinya akan menggunakan mikrotik

RouterOS x86 yang berjalan pada *VirtualBox* dan sistem operasi linux ubuntu sebagai pengguna dan terpasangnya browser lynx yang berbasis teks untuk menjalankan *automasi* nantinya.

METODE PENELITIAN

Penelitian *automasi login* ini menggunakan tiga tahap utama, yaitu Persiapan, Penelitian dan Evaluasi sesuai yang ditampilkan dalam Gambar 1. Runtutan proses mengikuti ilustrasi gambar.

Tahap pertama yaitu persiapan dilakukan dengan pembangunan LAB dalam *VirtualBox*, yang menggunakan sebuah *router* Mikrotik *RouterOS* v.5.20 sebagai perangkat penyedia *captive portal* dan sebuah *end device* komputer dengan sistem operasi linux dimana komputer terhubung langsung ke Mikrotik melalui *port ether1* dengan IP 192.168.200.1/24 dan komputer menggunakan mode *DHCP Client*.

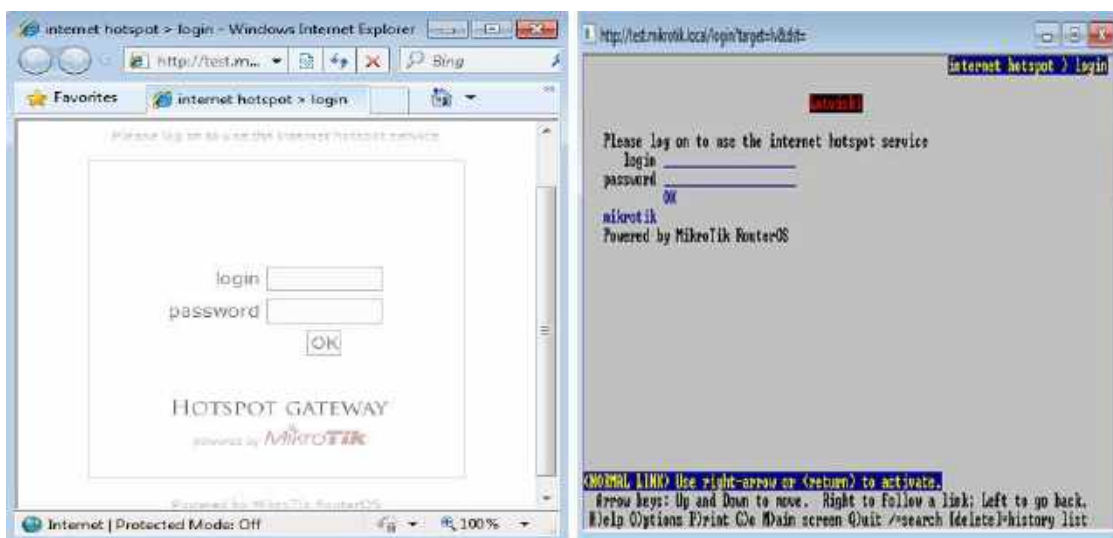


Gambar 1. Tahapan Metode Penelitian

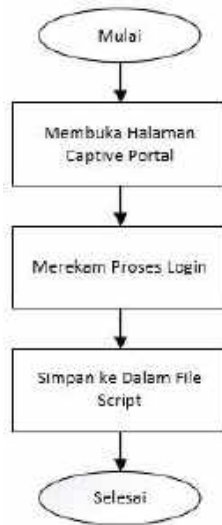
Konfigurasi *captive portal* dilakukan dengan melalui menu *IP>Hotspot>Hotspot Setup* dalam Mikrotik sesuai [8]. Penggunaan *setup* ini akan mengaktifkan fitur *DHCP Server* pada *port* ether1 dan diberikan rentangan *pool* *DHCP* secara otomatis. *DNS Server* menggunakan *IP* ether1 Mikrotik dan *DNS Name* test.mikrotik.local.

Analisis data dilakukan dengan melakukan *login* ke halaman *captive portal* Mikrotik pada alamat *http://test.mikrotik.local* menggunakan *website browser* Lynx dan IE dengan hasil perbandingan ditunjukkan melalui Gambar 2, dimana fungsi utamanya untuk memasukkan *username* dan *password* tetap ada, namun didalamnya menggunakan cara navigasi yang berbeda. Navigasi dalam mode grafis memerlukan *pointer* untuk digerakkan ke koordinat posisi lokasi *textbox* *username* dan *password*. Nilai koordinat ini dapat berubah-ubah tergantung dari mode *window*,

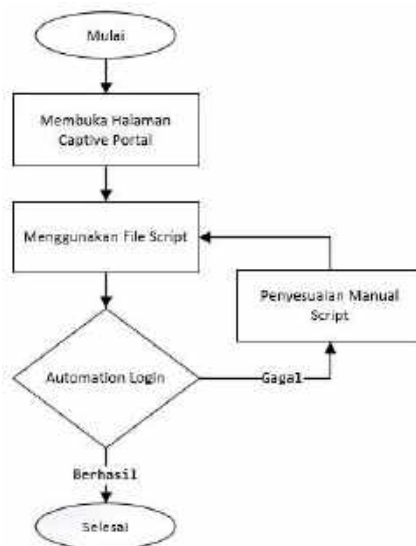
resolusi layar, posisi *window* pada layer dan *template skin* dari halaman *login*. Berbeda dengan mode teks dari *browser* lynx, navigasi dapat dilakukan dengan menggunakan *keyboard* dan menghilangnya gambar membuat posisi *textbox* menjadi tidak berubah-ubah. Perancangan metode *login* dilakukan dengan memanfaatkan rekaman proses *login* yang dilakukan dan menciptakan sebuah file yang saat dijalankan akan mengulangi proses *login*, sehingga mengurangi waktu proses memasukkan data secara manual. Pola-pola yang dihasilkan, dipelajari untuk mendapatkan model *automasi* yang tepat. Tahap kedua yaitu Penelitian, dimulai dengan menggali data tampilan *login* dalam mode teks. Proses ini untuk mencari banyaknya kombinasi/runtutan proses penekanan tombol *keyboard* yang diperlukan sesuai ilustrasi Gambar 3, hingga proses *login* berhasil dilakukan.



Gambar 2. Website Browser Grafis (Kiri) dan Teks (Kanan)



Gambar 3. Proses Penggalan Data Proses Login



Gambar 4. Alur Proses Uji Coba Metode

Merekam proses *login* dengan *browser lynx* dilakukan dengan memberikan parameter `-cmd_log` dan memberikan alamat *portal login*. Perintah ini membuat *browser lynx* untuk membuat rekaman navigasi yang dilakukan dan *log* atau rekaman itu dapat disimpan dalam sebuah file teks. Keseluruhan runtutan proses ini yang disebut *script file*

akan digunakan pada proses selanjutnya. Proses *login* manual pada halaman default sesuai dengan Gambar 2 dalam *browser lynx* adalah melakukan tab/arah turun untuk pindah ke *textbox username*. Memasukkan *username*. Melakukan tab/arah turun untuk pindah ke *textbox password*. Memasukkan *password*. Melakukan tab/arah turun untuk

pindah ke link OK. Menekan enter/arah kanan untuk menyelesaikan proses *login*. Proses uji coba metode diilustrasikan dalam Gambar 4. Dalam proses tersebut *script file* digunakan sebagai parameter *input* untuk *browser lynx* dengan menggunakan parameter *cmd_script*.

Dalam proses ini, ditambahkan penyesuaian manual *script* untuk mengoreksi runtutan pola navigasi yang dihasilkan untuk mengoptimalkan *automasi login* jika diperlukan. Tahap terakhir yaitu evaluasi dengan menganalisis semua data yang didapatkan dari uji coba metode, semua data ini akan digunakan untuk menentukan keberhasilan dari penelitian dan aspek tambahan yang diperlukan untuk meningkatkan hasil penelitian.

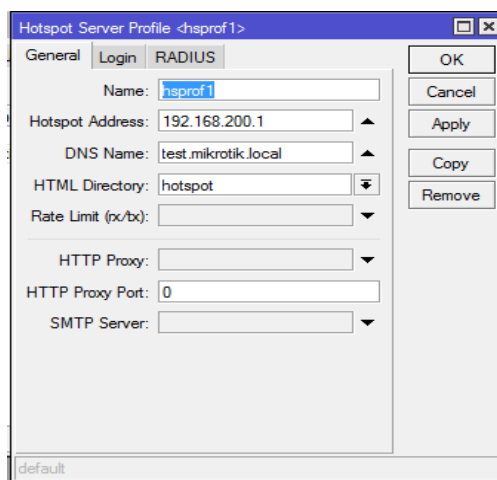
HASIL DAN PEMBAHASAN

Konfigurasi *router* mikrotik dilakukan melalui CLI dengan menjalankan fungsi *setup* dan memberikan IP awal 192.168.200.1/24 pada *interface1*. Untuk melakukan konfi-

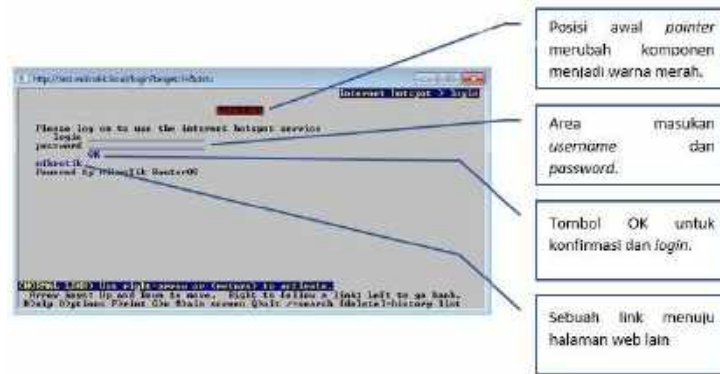
gurasi melalui sistem operasi linux calon pengguna, dilakukan *setup* IP 192.168.200.10/24 pada *interface* yang terhubung langsung pada mikrotik. Konfigurasi perangkat mikrotik dan linux yang sudah dalam satu *network* dilanjutkan dengan konfigurasi *captive portal* dengan mode *wizard* dengan hasil sesuai Gambar 5.

Penelitian ini menggunakan *skin* atau tampilan standar yang disediakan, area analisis data ditunjukkan oleh Gambar 6. Posisi *pointer input* saat pertama kali dibuka berada pada sebuah *link* pada area paling atas halaman *website*.

Pada tahap penggalian data proses *login*, proses *login* memerlukan navigasi dari *user* untuk menekan tombol bawah/tab satu kali lalu memasukkan *username*. Kemudian menekan tombol bawah/tab satu kali untuk masuk ke *textbox password* lalu memasukkan sandinya. Selanjutnya menekan tombol bawah/tab satu kali untuk memilih tombol OK dan menekan tombol *enter* atau tombol kanan.



Gambar 5. Profil Hotspot



Gambar 6. Analisis Area Penelitian

```
# Command logfile created by Lynx 2.9.0dev.5
# Arg0 = lynx
# Arg1 = -cmd_log=login.txt
# Arg2 = http://test.mikrotik.local/
key <tab>
key t
key e
key s
key t
key <tab>
key t
key e
key s
key t
key <tab>
key ^J
key q
key y
```

Gambar 7. Hasil Rekaman untuk Script

Setelah proses *login* berhasil, selanjutnya melakukan *exit* dari *browser* lynx dengan menekan tombol *q* dan mengkonfirmasi dengan tombol *y*. Perekaman proses ini tidak memperhatikan waktu, karena jeda atau *delay* yang terjadi saat memberikan nilai tidak dihitung. Saat semua proses diatas direkam dengan parameter khusus, *browser* lynx akan menyimpannya dalam sebuah file, didapatkan data seperti pada Gambar 7. Gambar ini menampilkan urutan proses dalam *script* proses *login* dengan *username* test dan *password* test. Proses *login* ini akan sangat sesuai dengan semua tipe *captive portal redirect* lakukan,

karena menggunakan *browser* sebagai media registrasi seperti ada proses manual yang biasanya dilakukan. *Website browser* lynx memiliki fitur yang sama seperti pada *website browser* lainnya hanya saja menampilkannya dengan tampilan yang lebih sederhana.

Perekaman data mengharuskan tidak adanya kesalahan dalam proses *login*, karena apa pun yang terjadi akan tercatat dan akan diperlukan penyesuaian kembali namun hanya jika diperlukan. Proses akhir untuk mencoba *script* dilakukan dengan memonitor proses *ping* dan melihat *user* yang aktif pada menu *hotspot* mikrotik sesuai pada Gambar 8 dan proses transisi *ping* terlihat pada Gambar 9.

Server	User	Domain	Address	Uptime	Idle Time	Session Time ...	Rx Rate	Tx Rate
hotspot1	test		192.168.200.210	00:02:32	00:00:02		2.0 kbps	5.0 kbps

Gambar 8. Hasil *Login* dengan *Script*

```

Reply from 192.168.200.1: Destination net unreachable.
Reply from 192.168.200.1: Destination net unreachable.
Reply from 192.168.200.1: Destination net unreachable.
Reply from 192.168.200.1: Destination net unreachable.
Reply from 192.168.200.1: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.200.1: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.200.1: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.200.1: bytes=32 time<1ms TTL=64

```

Gambar 9. Transisi *Ping* Saat Verifikasi Berhasil

Terlihat proses *login* berjalan dengan baik dan *username* test dapat *login* ke dalam *captive portal* mikrotik dilihat adanya respons dari *host* yang di *ping* sesuai Gambar 9. Pengujian *autologin* ini dilakukan sebanyak 20 kali dengan menghapus sesi *login* yang terdaftar pada tab *active* dan menjalankan *autologin* kembali. Jika tidak menghapus sesi ini, maka pengguna masih akan dianggap terhubung hingga *timeout* terlewati [9]. Sehingga untuk mempercepat proses *timeout* ini lebih mudah dengan cara menghapus sesi yang tercatat pada tab *active* sesuai pada Gambar 8. Proses *autologin* ini dijalankan dengan mengeksekusi perintah “lynx - cmd_script=login.txt” sesuai dengan isi rekaman pada Gambar 7.

KESIMPULAN DAN SARAN

Proses *autologin* yang dilakukan oleh *browser* lynx mengharuskan tidak ada gangguan dalam proses eksekusi *script*. Jika dalam proses ini terganggu oleh adanya koneksi yang terjeda, *pop-pup system/aplikasi*

dan *user* sedang aktif menggunakan *keyboard* pada saat bersamaan, maka proses *autologin* akan gagal. Penyempurnaan penelitian ini dapat dilakukan dengan memperbaiki faktor diatas dan menambah kemampuan deteksi pada koneksi apakah *user* sudah *login* atau belum. Hal ini dikarenakan umumnya *Client* dari *captive portal* menggunakan DHCP *Client*, yang membuat *user* akan mendapatkan IP baru dalam waktu tertentu [10] dan membuat *user* untuk *login* kembali sehingga perlu adanya deteksi apakah sesi *login user* sudah habis atau tidak. Dari sisi sekuriti teknik ini sangat rendah karena *username* dan *password* tersimpan secara *plaintext* tanpa *enkripsi* dalam sebuah file, kepekaannya teknik ini dapat disempurnakan jika terdapat sebuah *Application Programming Interface* yang mampu mengontrol secara langsung sebuah *website* browser secara latar belakang sehingga seluruh *password* dan *username* dapat disimpan dalam sebuah aplikasi eksekusi/binari.

Pengembangan *automasi* berbasis *website* ini dapat digunakan untuk melakukan

network automation pada perangkat yang konfigurasinya hanya dapat dilakukan melalui *interface website*, seperti melakukan perubahan *passkey* secara keseluruhan dalam perangkat yang banyak maupun konfigurasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Yutanto, "Penerapan model promosi berbasis website captive portal hotspot dengan manajemen terpusat," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 8, no. 1, Apr., hal. 49-56, 2018.
- [2] C. Nainggolan dan S. D. Putra, "Penggunaan teknologi router mikrotik dalam menunjang jaringan hotspot dan voucher hotspot pada Warnet BNET," *Journal of Information System, Informatics and Computing*, vol. 2, no. 1, hal. 57-67, 2018.
- [3] W. Adhiwibowo dan W. Mindatama, "Implementasi sistem voucher dengan router mikrotik," *Jurnal Pengembangan Rekayasa dan Teknologi*, vol. 15, no. 2, hal. 118-123, 2019.
- [4] I. K. J. Arta dan N. B. S. Nugraha, "Implementasi aplikasi user management hotspot mikrotik PHP dengan Application Programming Interface (API) dan Framework Bootstrap," *Jurnal Rekayasa Sistem Komputer (Resistor)*, vol. 3, no. 1, Apr., hal. 66-71, 2020.
- [5] M. D. L. Siahian, M. S. Panjaitan, dan A. P. U. Siahaan, "MikroTik bandwidth management to gain the users prosperity prevalent," *International Journal of Engineering Trends and Technology*, vol. 42, no. 5, Des., hal. 218-222, 2016.
- [6] F. Nugraha, "Analisis keamanan wireless LAN pada jaringan dengan autentikasi captive portal," *Jurnal Buffer Informatika*, vol. 5, no. 1, Apr., hal. 16-22, 2019.
- [7] A. Dabrowski, G. Merzdovnik, N. Kommenda, dan E. Weippl, "Browser history stealing with captive Wi-Fi portals," Dalam *Prosiding 2016 IEEE Security and Privacy Workshops*, 2016, hal. 234-240.
- [8] I. Sofana, *Jaringan komputer berbasis MikroTik*, Bandung: Informatika, 2017.
- [9] E. Wahyudi dan M. M. Efendi, "Wireless penetration testing method to analyze WPA2-PSK system security and captive portal," *Jurnal Explore STMIK Mataram*, vol. 9, no. 1, hal. 1-7, 2019.
- [10] M. Khadilkar, N. Feamster, M. Sanders, dan R. Clark, "Usage-based DHCP lease time optimization," Dalam *Proceedings of the ACM SIGCOMM Internet Measurement Conference*, 2007, hal. 71-76.

METODE *DECISION TREE* UNTUK KLASIFIKASI HASIL SELEKSI KOMPETENSI DASAR PADA CPNS 2019 DI ARSIP NASIONAL REPUBLIK INDONESIA

Rama Dian Syah
Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Gunadarma,
Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat
rama_ds@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

*Pelaksanaan seleksi Calon Pegawai Negeri Sipil (CPNS) 2019 di institusi Arsip Nasional Republik Indonesia (ANRI) dilakukan berdasarkan peraturan Badan Kepegawaian Negara di lingkungan instansi pemerintah. Seleksi tes cpns dilakukan dengan beberapa tahapan. Seleksi Kompetensi Dasar (SKD) merupakan tahapan yang diuji berdasarkan parameter penilaian Tes Wawasan Kewarganegaraan (TWK), Tes Intelegensi Umum (TIU), dan Tes Karakter Kepribadian (TKP). Algoritma *Decision Tree* diimplementasikan untuk mengklasifikasikan hasil tes Seleksi Kemampuan Dasar (SKD). Hasil dari SKD dianalisis menggunakan *Data Mining*. Metode *Data Mining* yang digunakan yaitu *Decision Tree*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada 344 peserta SKD di Arsip Nasional Republik Indonesia adalah nilai *Accuracy* sebesar 92.23%, *Classification Error* sebesar 7.77%, *Kappa* sebesar 0.879, *Recall* sebesar 94.84%, dan *Precision* sebesar 95.79%.*

Kata Kunci: *Decision Tree, Seleksi Kompetensi Dasar, CPNS*

Abstract

*2019 Civil Servant Enrollment Test (CPNS) held by the National Archives of the Republic of Indonesia (ANRI) is based on the National Civil Service Agency (BKN) regulation within government agencies. Civil Servant Enrollment Test (CPNS) is done in several stages. The Basic Competency Selection (SKD) is a stage that tested based on assessment parameters of the National Insight Test (TWK), General Intelligence Test (TIU), and Personal Characteristics Test (TKP). *Decision Tree* algorithm is implemented to classify the results of Basic Competency Selection (SKD). The results of Basic Competency Selection (SKD) are analyzed using *Data Mining*. The *Data Mining* method used is *Decision Tree*. Based on research conducted on 344 Basic Competency Selection (SKD) participants in the National Archives of the Republic of Indonesia, the value of *Accuracy* is 92.23%, *Classification Error* is 7.77%, *Kappa* is 0.879, *Recall* is 94.84%, and *Precision* is 95.79%.*

Keywords: *Decision Tree, Basic Competency Selection, Civil Servant Enrollment Test*

PENDAHULUAN

Seleksi Calon Pegawai Negeri Sipil (CPNS) merupakan hal yang sangat ditunggu oleh banyak masyarakat untuk mengikuti seleksi menjadi Aparatur Sipil Negara (ASN). Pengadaan seleksi CPNS dilakukan oleh

Badan Kepegawaian Nasional berdasarkan peraturan Badan Kepegawaian Negara (BKN) Nomor 14 tahun 2018 [1]. Jumlah pendaftar yang sangat besar membutuhkan seleksi yang sangat selektif untuk menghasilkan calon ASN yang berkompeten. Formasi dan

persyaratan ditentukan oleh instansi yang melakukan seleksi CPNS.

Seleksi CPNS dilakukan dengan beberapa tahap yaitu seleksi administrasi, seleksi kompetensi dasar (SKD), dan seleksi kompetensi bidang (SKB). Peserta yang telah lulus dari seleksi administrasi bisa mengikuti seleksi kompetensi dasar. Penilaian yang dilakukan pada tahap seleksi kompetensi dasar dilakukan berdasarkan tiga parameter penilaian yaitu Tes Wawasan Kewarganegaraan (TWK), Tes Intelegensi Umum (TIU), dan Tes Karakter Kepribadian (TKP). Peserta yang telah dinyatakan lulus pada SKD dapat mengikuti seleksi kompetensi bidang (SKB).

Data hasil tes diumumkan melalui situs SSCN- Badan Kepegawaian Negara atau melalui situs instansi masing-masing. Data dapat dilihat oleh peserta seleksi dan masyarakat umum sehingga dari data tersebut dapat diambil informasi mengenai kriteria penilaian dari seleksi di berbagai instansi pemerintahan. Data yang banyak diolah sehingga menghasilkan pengetahuan menggunakan suatu metode.

Data mining merupakan ekstraksi pola dan informasi untuk menghasilkan pengetahuan dari data yang besar [2]. Teknik *data mining* yang paling sederhana dan banyak digunakan yaitu klasifikasi. Teknik klasifikasi merupakan teknik untuk penyusunan data ke dalam kategori agar mudah digunakan dan efisien [3]. Teknik klasifikasi dapat diimplementasikan menggunakan algoritma *Decision Tree*. Struktur *Decision tree*

merupakan struktur yang menyerupai pohon, dimana setiap simpul menunjukkan atribut, setiap cabang menunjukkan hasil tes, dan daun mewakili kelas atau distribusi kelas [4].

Beberapa penelitian telah dilakukan terhadap *data mining* menggunakan algoritma *Decision Tree*. Siregar dkk [5] melakukan penelitian dengan mengklasifikasi mahasiswa berdasarkan kemampuan ekonomi untuk biaya kuliah. Hasil penelitiannya adalah klasifikasi mahasiswa dikategorikan menjadi tujuh kategori. Nilai akurasi yang didapatkan menggunakan algoritma *Decision Tree* yaitu 80.52%.

Penelitian lainnya, Topirceanu dan Grossec [6], melakukan penelitian dengan mengklasifikasi tingkat partisipasi kursus *online* berdasarkan pada ciri-ciri individu siswa. Data yang diambil dari hasil kuisioner para peserta kursus *online*. Hasil penelitiannya adalah algoritma *Decision Tree* mampu mengklasifikasikan 8 kelas sesuai dengan pola dasar siswa pada penyelesaian kursus online.

Pada penelitian ini, algoritma *data mining* yang digunakan yaitu *decision tree*. Algoritma *decision tree* mampu mengklasifikasikan variable data berdasarkan kelas target sehingga dapat menghasilkan pengetahuan. Algoritma *Decision Tree* diimplementasikan untuk mengklasifikasikan hasil tes Seleksi Kemampuan Dasar (SKD) pada CPNS 2019 di institusi Arsip Nasional Republik Indonesia (ANRI). Jangkauan nilai hasil tes Seleksi Kemampuan Dasar (SKD) akan diklasifikan

berdasarkan kategori P/L, P, TL dan TH. Data yang digunakan berjumlah 344 peserta seleksi CPNS.

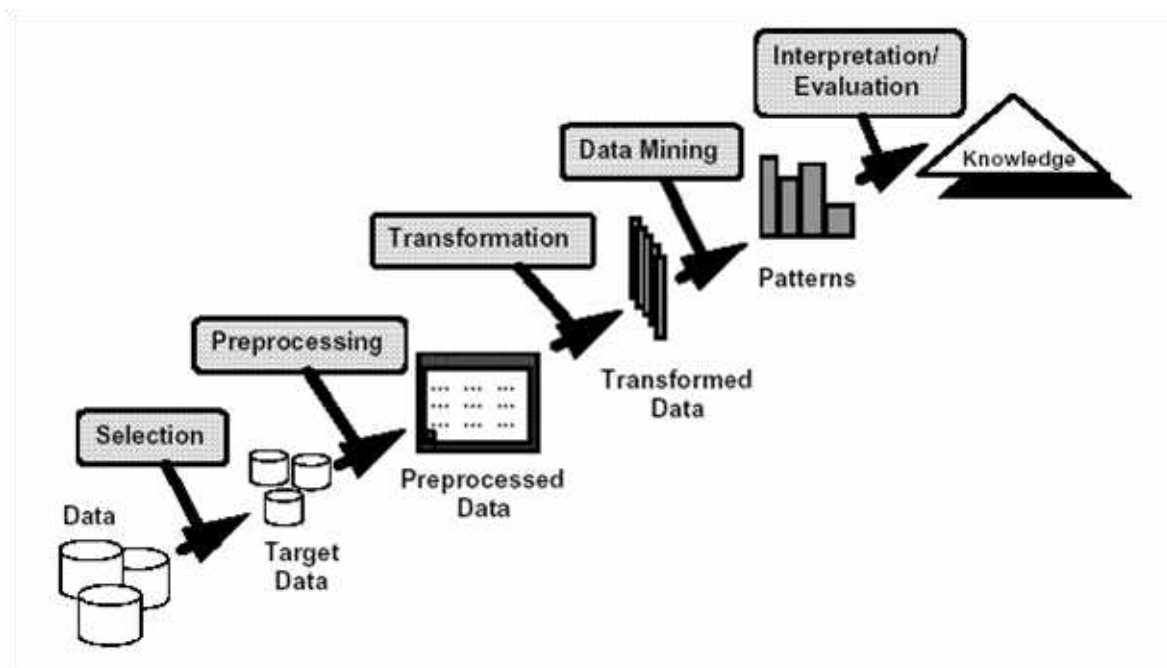
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dengan menggunakan *Knowledge Discovery in Databases* (KDD). KDD merupakan metode untuk mencari dan mengidentifikasi pola dalam data yang dapat digunakan sebagai pengetahuan. Terdapat 5 tahapan pada KDD yaitu *Selection*, *Preprocessing*, *Transformation*, *Data Mining*, dan *Evaluation*. Struktur KDD dapat dilihat pada Gambar 1. *Selection* merupakan pengambilan data yang berkaitan dengan analisis yang dilakukan dari database. *Preprocessing* merupakan proses pembersihan data dengan menghilangkan duplikasi data.

Transformation merupakan proses perubahan data menjadi bentuk data yang valid dan siap dilakukan untuk proses *data mining*. *Data Mining* adalah proses implementasi metode atau algoritma yang sesuai dengan informasi atau pengetahuan yang akan digali. *Evaluasi* merupakan proses yang dilakukan dengan mengevaluasi hasil dari proses *data mining*.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data peserta Seleksi Kemampuan Dasar (SKD) pada CPNS di Arsip Nasional Republik Indonesia (ANRI) tahun 2019. Penelitian ini berfokus pada 344 peserta seleksi. Dataset terdiri dari 344 data dengan 8 atribut yang menggambarkan hasil dari nilai tes SKD. Berikut atribut data terdapat pada Tabel 1.



Gambar 1. Knowledge Discovery in Database

Tabel 1. Atribut Data

No	Atribut	Tipe Data
1	No Peserta	17 Digit Number
2	Nama	String
3	Pendidikan	Alphanumeric
4	TWK	Number
5	TIU	Number
6	TKP	Number
7	Total	Number
8	Keterangan	P/L, P, TL, TH

Persiapan Data

Persiapan atau *Preprocessing Data* berguna untuk manipulasi dataset sebelum digunakan pada model. Beberapa persiapan data yang dilakukan adalah pembersihan data (*Data Cleaning*) dengan menghilangkan redundansi data dan memperbaiki data yang tidak konsisten. Pemilihan data dari banyaknya jenis formasi yang ada pada data seleksi CPNS ANRI 2019 yang akan diujikan menggunakan Data Mining.

Transformasi dataset menjadi bentuk yang lebih cocok untuk Data Mining agar lebih mudah untuk mendapatkan pengetahuan dari dataset.

Pengembangan Model

Model yang dikembangkan menggunakan algoritma *C4.5 Decision Tree*. Tools pemodelan menggunakan framework RapidMiner.

Struktur *Decision Tree* dan nilai akurasi akan didapatkan setelah dataset

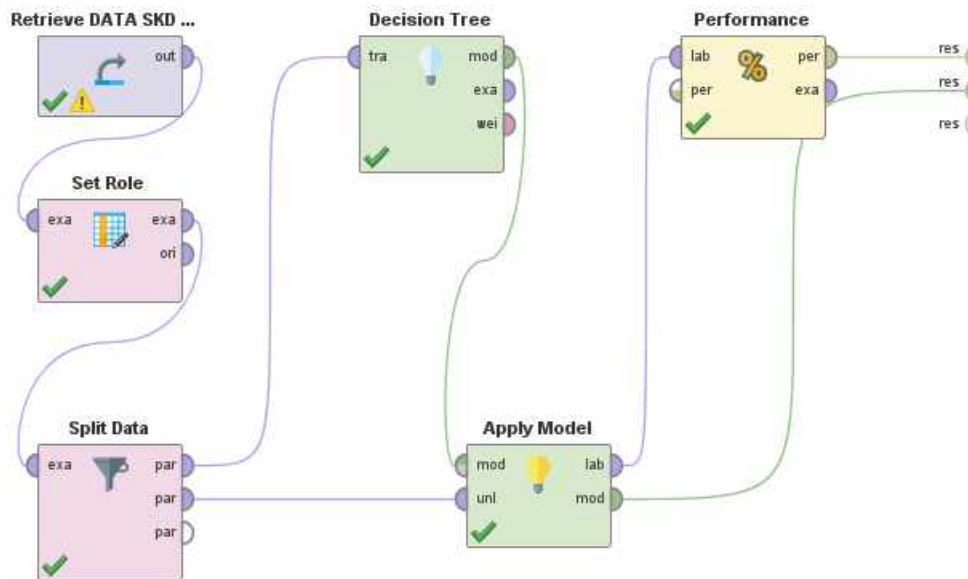
diproses pada RapidMiner. Nilai performa diukur dengan *confusion matrix*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan untuk pengklasifikasian hasil tes Seleksi Kompetensi Dasar (SKD) CPNS di Arsip Nasional Republik Indonesia tahun 2019 sebanyak 344 data dengan 8 atribut. Proses klasifikasi dilakukan dengan menggunakan RapidMiner versi 9 untuk mengolah data tersebut.

Model Algoritma Decision Tree

Model yang dirancang pada RapidMiner menggunakan beberapa operator yaitu *Set Role*, *Split Data*, *Decision Tree*, *Apply Model*, dan *Performance*. Berikut model algoritma *Decision Tree* pada RapidMiner terdapat pada Gambar 2. Pada Gambar 2 terdapat beberapa operator seperti operator *Retrieve Data* yang merupakan data yang dipakai untuk proses Data Mining.



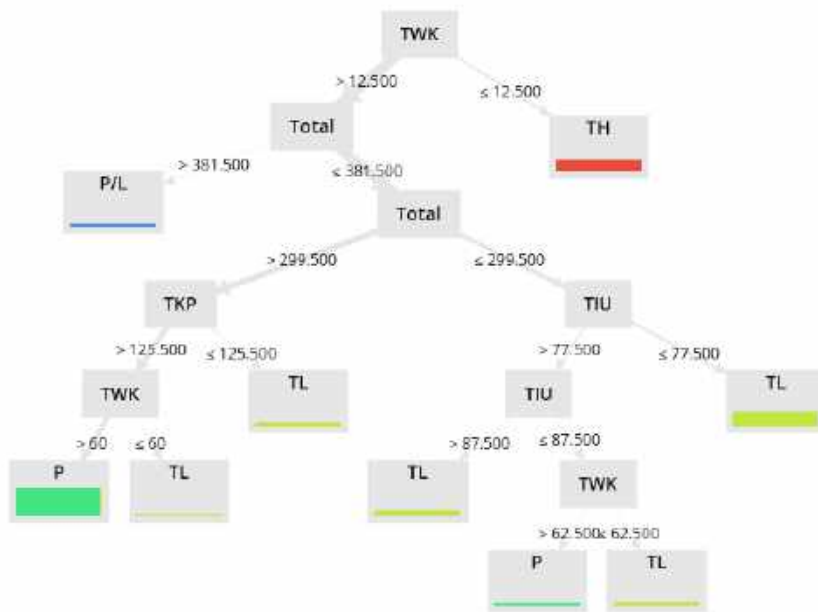
Gambar 2. Model Algoritma *Decision Tree*

Operator *Set Role* digunakan untuk mengubah peran satu atribut atau lebih dimana atribut yang diubah adalah atribut ‘Keterangan’ dengan *Target Role* menjadi label.

Operator *Split Data* digunakan untuk membagi data menjadi partisi dengan *ratio* 0.7 dan 0.3. Operator *Decision Tree* digunakan untuk membuat model *Decision Tree* yang merupakan model yang pada penelitian ini. Operator *Apply Model* digunakan untuk menerapkan model *Decision Tree* pada dataset. Operator *Performance* digunakan untuk evaluasi kinerja dari model yang diterapkan. Evaluasi kinerja yang digunakan yaitu *Accuracy*, *Classification Error*, *Kappa*, *Recall*, dan *Precision*.

Model Tree

Model Tree merupakan struktur pohon yang dihasilkan dari proses data SKD menggunakan Algoritma *Decision Tree* di RapidMiner. Pada struktur pohon dapat dilihat pembagian kelas menjadi P/L, P, TL, dan TH berdasarkan nilai TIU, TWK, TKP, dan Total. Dari model *Tree* tersebut didapatkan penjabaran hasil klasifikasi. Berikut model *Tree* dari algoritma *Decision Tree* di RapidMiner dapat dilihat pada Gambar 3 dan hasil klasifikasi pada Tabel 2. Pada Gambar 3 merupakan model *tree* yang didapatkan dari proses yang dilakukan di RapidMiner. *Root* atau akar dari model *tree* tersebut yaitu TWK sedangkan *Leaf* atau daunnya yaitu P/L, TL, P dan TH.



Gambar 3. Model Tree

Tabel 2. Hasil Klasifikasi

No	Kelas	Nilai
1	P/L	Total > 381
2	TH	TWK < 12
3	P	Total > 299 && TKP > 125 && TWK > 60 Total ≤ 299 && TIU ≤ 87 && TWK > 62
4	TL	Total > 299 && TWK ≤ 60 && TKP > 125 Total > 299 && TKP ≤ 125 Total ≤ 299 && TIU > 87 Total ≤ 299 && TIU ≤ 87 && TWK ≤ 62

Tabel 2 menjelaskan hasil klasifikasi yang diperoleh pada model *tree*. Hasil klasifikasi terdiri dari beberapa kondisi nilai untuk menentukan kelas.

Jika salah satu kondisi nilai terpenuhi, maka nilai tersebut masuk ke kelas yang sesuai. Kelas P/L dan TH terdapat 1 kondisi. Kelas P memiliki 2 kondisi. Kelas TL memiliki 4 kondisi.

Performa Model *Decision Tree*

Performa didapat dari model *Decision Tree* yang didesain untuk mengklasifikasikan hasil tes SKD. Performa diukur berdasarkan *Confusion Matrix*. Beberapa performa yang didapat yaitu *accuracy*, *classification error*, *kappa*, *recall*, dan *precision*. Berikut *Confusion Matrix* terdapat pada Gambar 4 dan Performa Model pada Tabel 3.

True:	P/L	P	TL	TH
P/L:	3	0	0	0
P:	0	44	7	0
TL:	0	1	31	0
TH:	0	0	0	17

Gambar 4. Confusion Matrix

Tabel 3. Performa Model *Decision Tree*

No	Jenis Performa	Nilai
1	<i>Accuracy</i>	92.23%
2	<i>Classification error</i>	7.77%
3	<i>Kappa</i>	0.879
4	<i>Recall</i>	94.84%
5	<i>Precision</i>	95.79%

Beberapa performa pada Tabel 3 didapatkan dari *Confusion Matrix* pada Tabel 3. Performa *accuracy* merupakan nilai ketepatan dari model yang digunakan. Nilai akurasi yang didapatkan adalah 92.23% dimana model cukup baik dalam hasil prediksi. Performa *Classification error* merupakan nilai kesalahan yang didapatkan dari model yang digunakan. Nilai kesalahan yang didapatkan 7.77% di mana kesalahan hanya sedikit pada model yang digunakan. Performa *kappa* merupakan normalisasi nilai *accuracy*. Nilai *Kappa* yang didapatkan adalah 0.879 dimana angka mendekati 1 berarti model mendekati sempurna. Nilai *Recall* dan *Precision* yang didapatkan adalah 94.84% dan 95.79%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian pada model *Decision Tree* untuk klasifikasi hasil SKD pada CPNS di ANRI tahun 2019 dengan data

sebanyak 344 peserta SKD dan 8 atribut didapatkan bahwa model *Decision Tree* berhasil mengklasifikasikan hasil SKD menjadi 4 kelas berdasarkan nilai yang didapatkan peserta seleksi. Nilai performa model *Decision Tree* yang didapatkan yaitu *Accuracy* = 92.23%, *Classification Error* = 7.77%, *Kappa* = 0.879, *Recall* = 94.84%, dan *Precision* = 95.79%. Hal ini membuktikan bahwa Algoritma *Decision Tree* cocok sebagai model untuk klasifikasi pada penelitian ini. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan mengimplementasikan algoritma *data mining* yang lain dan melakukan perbandingan performa antara algoritma-algoritma yang digunakan. Dengan perbandingan performa tersebut dapat dilihat kinerja berbagai algoritma *data mining*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Badan Kepegawaian Negara Nomor: 14 tahun 2018. Tentang

- Petunjuk Teknis Pengadaan Pegawai Negeri Sipil.
- [2] A. Unnisabegum, M. A. Hussain, dan M. Shaik, "Data mining techniques for big data," *International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology*, vol. 6, Agustus, hal. 396-399, 2019.
- [3] C. Jalota dan R. Agrawal, "Analysis of educational data mining using classification," Dalam Prosiding 2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon), 2019, hal. 243-247.
- [4] Harwati dan S. Amby, "Application of decision tree approach to student selection model-a case study," IOP Conference Series: Material Science and Engineering 105 012104, 2016.
- [5] B. Siregar, dkk, "Tuition single classification using decision tree method and C4.5," IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1175 012105, 2019.
- [6] A. Topirceanu dan G. Grosseck, "Decision tree learning used for the classification of student archtypes in online course," *Procedia Computer Science*, vol. 112, hal. 51 – 60, 2017.
- [7] M. V. Amazona dan A. A. Hernandez, "Modelling student performance using data mining techniques: input for academic program development," Dalam Prosiding 2019 5th International Conference on Computing and Data Engineering (ICCDE'19), 2019, hal. 36-4.

SIMULASI SMART HOME MENGGUNAKAN CISCO PACKET TRACER

¹Ragiel Hadi Prayitno, ²Bayu Kumoro Yakti

¹Fakultas Ilmu Komputer Universitas Gunadarma, ²Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma

Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹ragielhp@staff.gunadarma.ac.id, ²bayuyakti@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi yang semakin pesat menyebabkan terjadinya banyak perubahan dalam segala bidang. Salah satu bidang yang mengalami perubahan adalah bidang industri. Saat ini, industri berlomba untuk merancang perangkat elektronik yang dapat dikomunikasikan melalui jaringan internet. Sektor industri memanfaatkan konsep *Internet of Things (IoT)*. *IoT* sendiri digunakan dalam manfaat komunikasi antar alat dan monitoring. Berdasarkan hal itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah perancangan smart home dengan menggunakan simulator cisco packet tracer. Penelitian ini terdiri dari dua tahap diantaranya : desain smart home dan pengujian dengan simulator cisco packet tracer. Peneliti membuat sebuah rancangan smart home dengan 3 komponen utama yaitu pintu, kipas angin dan monitoring camera. Ketiga komponen tersebut masing – masing memiliki protocol yang berbeda. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa protocol smart home yang dirancang dapat berjalan dengan baik sesuai dengan rules yang telah ditentukan.

Kata Kunci: Cisco Packet Tracer, IoT, Protocol

Abstract

The rapid development of technology has caused many changes in all fields. One area that is undergoing change is the industry sector. At present, the industry is racing to design electronic devices that can be communicated through the internet network. The industrial sector utilizes the concept of the *Internet of Things (IoT)*. *IoT* itself is used in the benefits of communication between tools and monitoring. Based on that, this study aims to create a smart home design using the Cisco packet tracer simulator. This research consists of two stages including: smart home design and testing with a Cisco packet tracer simulator. Researchers made a smart home design with 3 main components, namely the door, fan and camera monitoring. The three components each have different protocols. The results of the test show that the smart home protocol designed can run well in accordance with the rules that have been determined.

Keywords: Cisco Packet Tracer, IoT, Protocol

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat menyebabkan terjadinya banyak perubahan dalam segala bidang. Salah satu bidang yang mengalami perubahan adalah bidang industri. Saat ini, industri berlomba

untuk merancang perangkat elektronik yang dapat dikomunikasikan melalui jaringan internet. Sektor industri memanfaatkan konsep *Internet of Things*. *Internet of Things (IoT)* adalah paradigma baru yang menjadi populer dengan penelitian dan industri. Prinsip dasar *IoT* adalah menghubungkan

benda-benda elektronik dan listrik di sekitar untuk menyediakan komunikasi tanpa batas dan layanan kontekstual yang disediakan. IoT biasanya saling terhubung via internet [5]. IoT sering digunakan dalam manfaat komunikasi antar alat dan monitoring. Manfaat IoT semakin banyak, karena semakin banyak organisasi, industri, dan teknologi yang memakai IoT. Jumlah perangkat yang terhubung di jaringan IoT akan sangat besar. Diperkirakan jumlahnya hampir 40 miliar, yaitu sekitar 30 perangkat untuk setiap pengguna jaringan sosial aktif di dunia [1].

Dampak ekonomi dan manfaat IoT akan sangat besar. Analis mendefinisikan IoT dalam hal objek sehari-hari yang langsung terhubung. IoT biasanya memakai koneksi dua arah. Koneksi dua arah melalui *protocol* Internet merupakan kasus ideal, tetapi penggagas konsep IoT tampaknya telah menekankan model yang lebih sederhana dari permintaan dan respons RFID [3]. IoT tidak dapat dipisahkan dari jaringan sensor yang memantau hal-hal tetapi tidak mengontrol hal-hal. Baik objek sehari-hari dan sensor yang terhubung Jaringan memanfaatkan serangkaian kemajuan teknologi bersama menuju miniatur, penginderaan hemat daya, pemrosesan, dan komunikasi nirkabel. IoT sangat berguna dalam beberapa hal seperti sistem *smart home*. Sistem *smart home* dan IoT dapat memudahkan pemilik rumah untuk memonitoring kondisi rumah. Pada penelitian Yakti, dkk (2019) menghasilkan sebuah Sistem kamar otomatis yang memanfaatkan

sensor sebagai input yang memberikan perintah kontrol pada perangkat secara otomatis, sehingga aktivitas yang terjadi memerlukan energi manusia yang sangat kecil atau bahkan tidak sama sekali. Jika pengguna masih ingin mengendalikan perangkat tersebut, maka sistem dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan keinginan pengguna tanpa harus bergantung pada sensor bacaan. Dengan demikian, perangkat ini dapat diaktifkan baik secara manual maupun otomatis. Pengguna juga dapat memantau kondisi ruangan melalui streaming internet [5]. Pada penelitian Miftah, Z (2018) menghasilkan sebuah sistem yang dapat memberikan keamanan serta kenyamanan pada minimarket 212 Mart [1]. Pada penelitian lain yang dilakukan peneliti Miftah, Z (2018) juga menunjukkan bahwa keterbatasan dan ketersediaan perangkat keras Untuk pembelajaran Internet of Things ternyata dapat diatasi dengan menggunakan perangkat simulasi yaitu *Cisco Packet Tracer*, tanpa harus membeli perangkat yang begitu mahal. Walaupun cara ini tidak dapat mewakili 100% seperti pada dunia nyata akan tetapi secara prinsip keilmuan dapat dipertanggung jawabkan menggunakan perangkat lunak Cisco Packet Tracer [2]. Pada penelitian [3] menghasilkan sebuah sistem peman-tauan peternakan ayam berbasis IoT dengan cisco packet tracer 7.0. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil simulasi pada sensor gerak, sensor suhu, sensor kelembaban, pemanas ruangan, dan pendingin ruangan

bekerja dengan baik pada simulasi namun pembacaan sensor suhu dan sensor kelembaban tidak presisi dikarenakan bug dari aplikasi[3]. Dan pada penelitian Sihombing, O (2018) menunjukkan bahwa dengan simulasi, desain dan perencanaan implementasi dapat dilakukan dalam membangun *smart home network* menggunakan IoT *home gateway* dan ada kemungkinan bahwa simulasi ini dapat diterapkan di dunia nyata berdasarkan pengembangan teknologi saat ini [4]. Berdasarkan penjelasan diatas, dapat disimpulkan IoT tidak selalu menggunakan hardware atau perangkat keras. Sebelum sistem IoT diimplementasikan ke hardware, ada baiknya dilakukan simulasi sistem terlebih dahulu. Pada penelitian ini, sistem *smart home* akan disimulasikan pada software packet tracer versi 7.2.1. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem *smart home* dengan 3 komponen utama yang akan dikontrol dan dimonitoring sesuai dengan *rules* atau *protocol* yang dibuat.

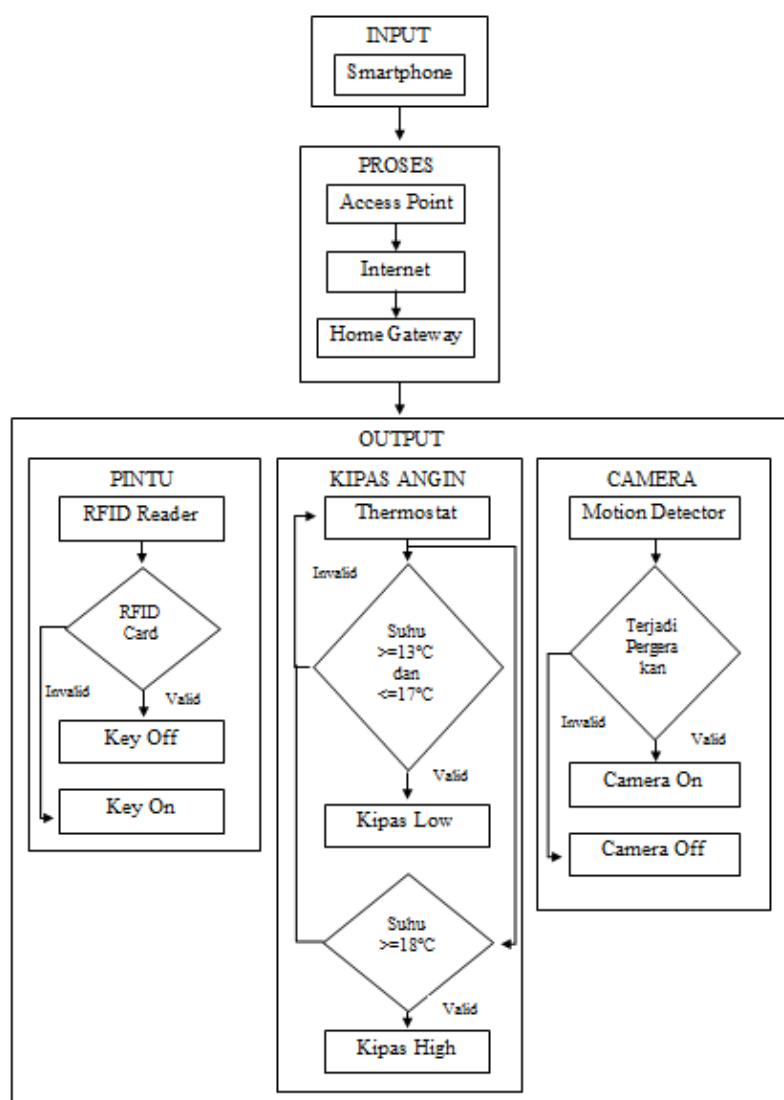
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi terhadap desain *smart home* dengan menggunakan simulator cisco packet tracer 7.2.1. Penelitian ini terdiri dari dua tahap diantaranya : desain *smart home* dan pengujian dengan simulator cisco packet tracer.

Pada tahap pertama, peneliti membuat desain *smart home* dengan 3 komponen utama diantaranya : otomatisasi pada pintu, kipas angin, dan *camera*. Pada komponen pintu terdapat perangkat *RFID Reader* dan *RFID Card*.

Pada komponen kipas angin terdapat perangkat *Thermostat* dan kipas angin. Sedangkan pada komponen *camera* terdapat perangkat *Motion Detector* dan *camera*. Tahap terakhir dari penelitian ini adalah pengujian sistem dengan menggunakan *software cisco packet tracer*. Berdasarkan metode penelitian yang telah dibuat, maka peneliti mulai menentukan alur diagram sistem dalam proses merancang *smart home* pada penelitian yang dilakukan. Gambar 1 menunjukkan alur diagram sistem yang digunakan dalam penelitian. *Smartphone* berfungsi sebagai perangkat yang mengendalikan sistem IoT yang dibuat dalam penelitian.

Smartphone akan terhubung dengan *access point*, dimana *access point* berfungsi sebagai penghubung dengan jaringan internet. Kemudian jaringan internet akan terhubung dengan *home gateway*. *Home gateway* berfungsi sebagai penghubung antara *smartphone* dengan perangkat atau peralatan yang akan dikendalikan. Sesuai dengan alur diagram sistem yang telah dibuat, maka peneliti membuat sebuah topologi yang akan digunakan dalam penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2.

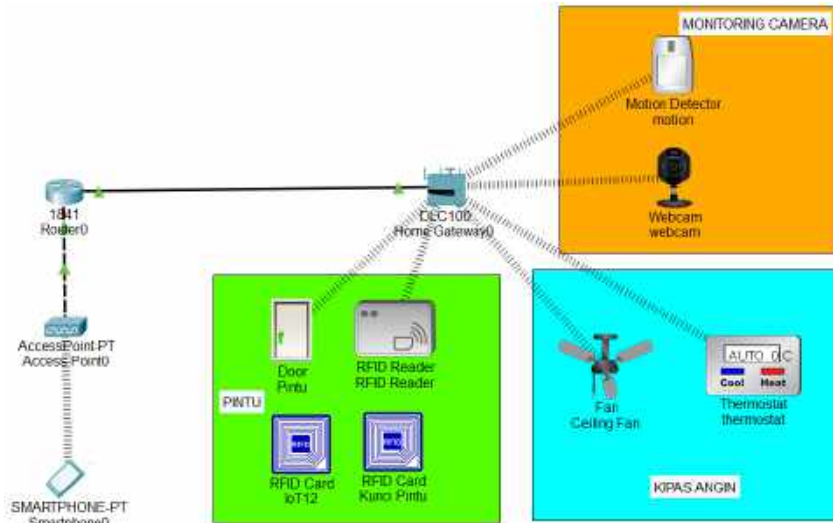


Gambar 1. Alur Diagram Sistem

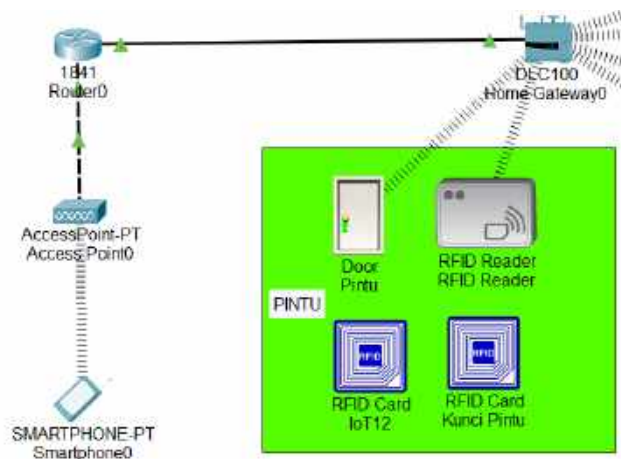
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini terdiri dari dua tahap diantaranya : desain *smart home* dan pengujian dengan simulator cisco packet tracer. Pada tahap pertama, peneliti membuat rancangan *smart home* yang memiliki 3 komponen utama yaitu pintu, kipas angin dan *monitoring camera*. Ketiga komponen

tersebut masing – masing memiliki *protocol* yang berbeda. Berikut merupakan gambaran untuk masing – masing komponen: Gambar 3 menunjukkan topologi rancangan pada pintu rumah. Pada rancangan tersebut, apabila *RFID card* yang dibaca tidak sesuai dengan yang tersimpan pada *RFID Reader* maka kunci pintu tidak akan terbuka.



Gambar 2. Rancangan Topologi

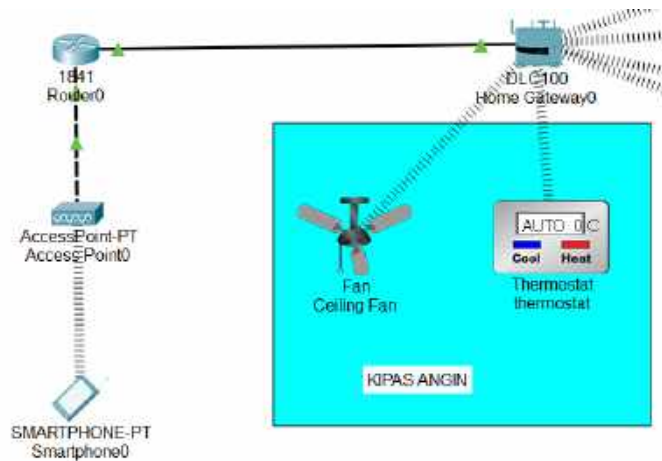


Gambar 3. Rancangan Komponen Pintu

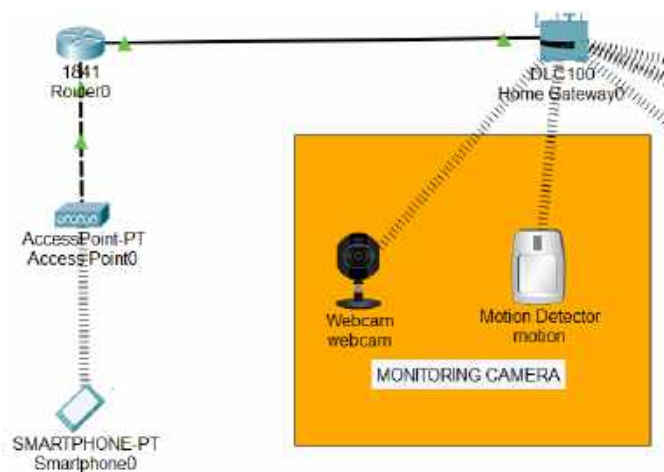
Gambar 4 menunjukkan topologi rancangan pada kipas angin. Pada rancangan tersebut, apabila *Thermostat* membaca suhu dengan nilai ≥ 13 °C dan ≤ 17 °C maka *ceiling fan* akan berputar dengan kecepatan *low*. Sedangkan apabila *Thermostat* membaca

suhu dengan nilai ≥ 18 °C, maka *ceiling fan* akan berputar dengan kecepatan *high*.

Gambar 5 menunjukkan topologi rancangan pada *Monitoring Camera*. Pada rancangan tersebut, apabila *Motion Detector* mendeteksi adanya sebuah pergerakan, maka *camera* secara otomatis akan menyala (*on*).



Gambar 4. Rancangan Komponen Kipas Angin



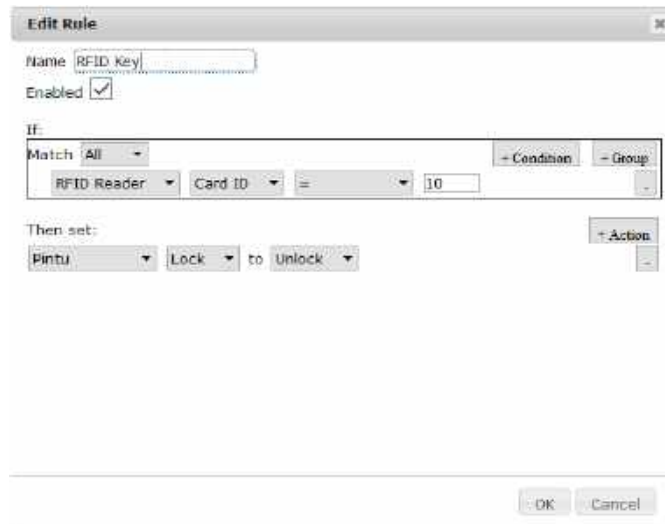
Gambar 5. Rancangan Komponen *Monitoring Camera*

Rancangan *Protocol* Komponen Pintu

Pada penelitian ini, peneliti menerapkan 2 *protocol* yang digunakan untuk komponen pintu yang terdiri dari Pintu, *RFID Reader*, dan *RFID Card*. *Protocol* pertama yang akan diterapkan adalah kondisi dimana *RFID Reader* mendapatkan masukan (*input*) dari *RFID Card* yang didaftarkan sebagai kunci pintu yang sesuai. Gambar 6

menunjukkan sebuah *protocol RFID Key* yang didaftarkan.

Sedangkan untuk *protocol* yang kedua, *rules* yang diterapkan adalah kondisi dimana masukan (*input*) yang diterima oleh *RFID Reader* tidak terdaftar sebagai kunci pintu. Gambar 7 menunjukkan sebuah *protocol RFID Key* yang tidak terdaftar.



Gambar 6. Protocol RFID Key



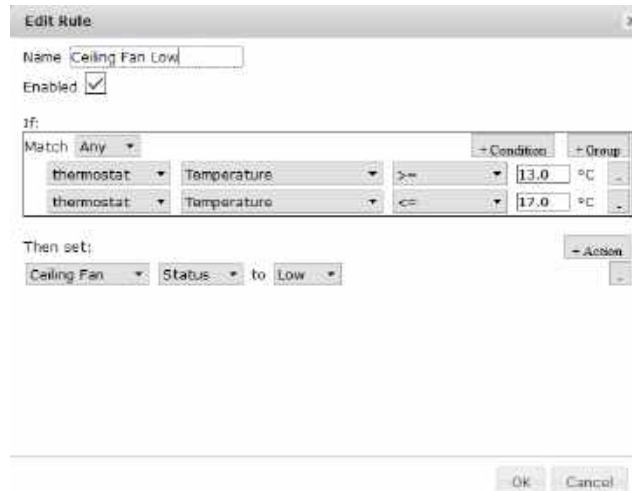
Gambar 7. Protocol RFID Invalid

Rancangan Protocol Komponen Kipas Angin

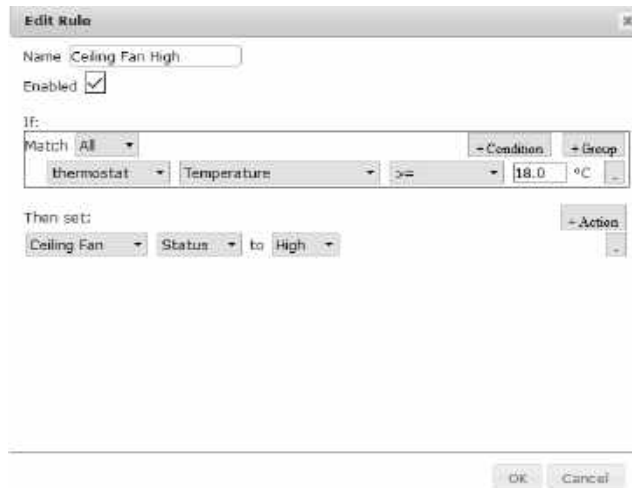
Pada penelitian ini, peneliti menerapkan 2 *protocol* yang digunakan untuk komponen kipas angin yang terdiri dari *Ceiling Fan*, dan *Thermostat*. *Protocol* pertama yang akan diterapkan adalah kondisi dimana *Thermostat* mendapatkan masukan (*input*) suhu dengan nilai ≥ 13 °C dan ≤ 17 °C maka *ceiling fan* akan berputar dengan

kecepatan *low*. Gambar 8 menunjukkan sebuah *protocol ceiling fan* dengan kecepatan *low*.

Sedangkan untuk *protocol* yang kedua, *rules* yang diterapkan adalah kondisi dimana *Thermostat* menerima masukan (*input*) suhu dengan nilai ≥ 18 °C, maka *ceiling fan* akan berputar dengan kecepatan *high*. Gambar 9 menunjukkan sebuah *protocol ceiling fan* dengan kecepatan *high*.



Gambar 8. Protocol Ceiling Fan Low



Gambar 9. Protocol Ceiling Fan High

Rancangan *Protocol* Komponen *Monitoring Camera*

Pada penelitian ini, peneliti merencanakan 2 *protocol* yang digunakan untuk komponen *monitoring camera* yang terdiri dari *Camera*, dan *Motion Detector*. *Protocol* pertama yang akan diterapkan adalah kondisi dimana *Motion Detector* mendapatkan masukan (*input*) berupa adanya sebuah pergerakan, maka *camera* secara otomatis

akan menyala (*on*). Gambar 10 menunjukkan sebuah *protocol camera* dalam kondisi menyala.

Sedangkan untuk *protocol* yang kedua, *rules* yang diterapkan adalah kondisi dimana *Motion Detector* tidak menerima masukan (*input*) berupa pergerakan, maka *camera* secara otomatis tidak menyala (*off*). Gambar 11 menunjukkan sebuah *protocol camera* dalam kondisi menyala.



Gambar 10. Protocol Camera On



Gambar 11. Protocol Camera Off

Uji Coba Rancangan

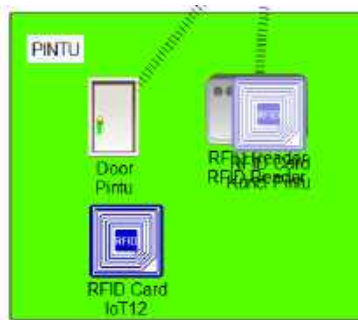
Berdasarkan rancangan *protocol protocol* yang sudah dibuat, tahap selanjutnya peneliti melakukan uji coba terhadap rancangan pada simulator *cisco packet tracer*. Berikut ini merupakan hasil dari uji coba yang dilakukan.

1. Uji Coba *Protocol* pada Pintu

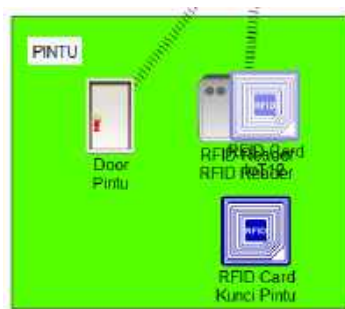
Pada uji coba pertama *RFID Reader* akan membaca *RFID Card* yang terdaftar dalam *RFID Reader*, sehingga posisi pintu

menjadi tidak terkunci. Gambar 12 menunjukkan bahwa warna pada gagang pintu akan berubah menjadi hijau, ini menandakan bahwa pintu tidak terkunci.

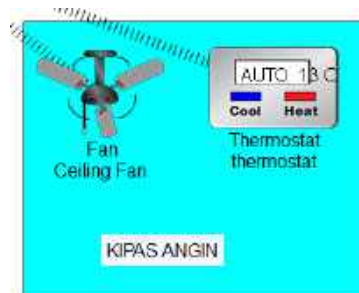
Sedangkan pada uji coba kedua *RFID Reader* akan membaca *RFID Card* yang tidak terdaftar dalam *RFID Reader*, sehingga posisi pintu menjadi terkunci. Gambar 13 menunjukkan bahwa warna pada gagang pintu akan berubah menjadi merah, ini menandakan bahwa pintu terkunci.



Gambar 12. Uji Coba *Protocol RFID Key*



Gambar 13. Uji Coba *Protocol RFID Invalid*



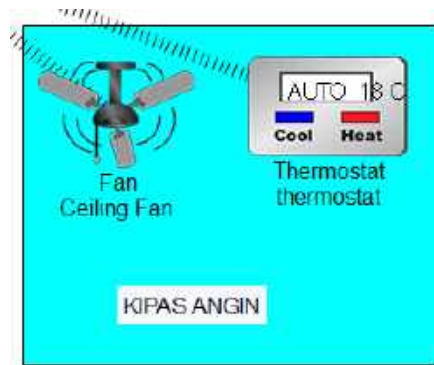
Gambar 14. Uji Coba *Protocol Ceiling Fan Low*

2. Uji Coba *Protocol* Pada Kipas Angin

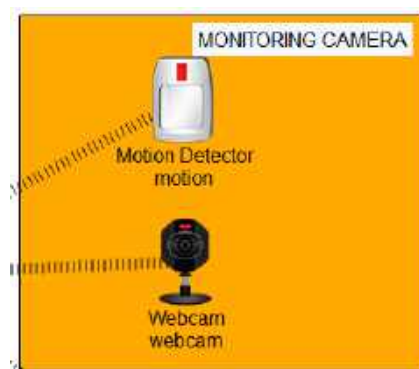
Gambar 14 merupakan uji coba pertama, apabila *Thermostat* menerima masukan (*input*) suhu berkisar pada 13 °C – 17 °C, maka *ceiling fan* akan berputar dengan kecepatan *low*. Sedangkan Gambar 15 merupakan uji coba kedua, apabila *Thermostat* menerima masukan (*input*) suhu diatas 18 °C, maka *ceiling fan* akan berputar dengan kecepatan *high*.

3. Uji Coba *Protocol* Pada *Monitoring Camera*

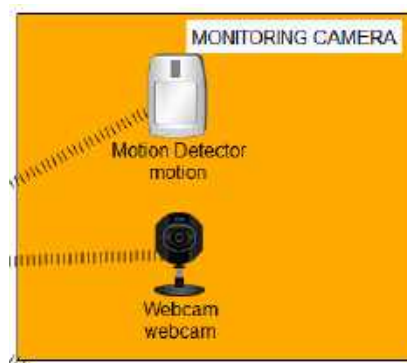
Pada uji coba pertama yang ditunjukkan pada gambar 16, apabila *Motion Detector* mendeteksi sebuah pergerakan, maka *camera* secara otomatis akan menyala. Sedangkan pada uji coba kedua yang ditunjukkan pada Gambar 17, apabila *Motion Detector* tidak mendeteksi pergerakan, maka *camera* akan secara otomatis tidak menyala.



Gambar 15. Uji Coba *Protocol Ceiling Fan High*



Gambar 16. Uji Coba *Protocol Motion On*



Gambar 17. Uji Coba *Protocol Motion Off*

Berdasarkan dari hasil uji coba yang dilakukan, maka perancangan *smart home* telah berhasil dijalankan sesuai dengan skenario yang dibuat oleh peneliti. Adapun penelitian ini dibuat berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yakti, dkk (2019) yang

menghasilkan sebuah Desain Purwarupa dan Konsep Pemanfaatan IoT pada Sistem Kamar Otomatis dengan menggunakan *microcontroller*. Pada penelitian tersebut, Output yang dihasilkan adalah status servo pada jendela, kipas dan kadar udara yang

ditampilkan pada perangkat dan web dengan pengecualian kondisi pintu, yang hanya ditampilkan pada perangkat. Oleh karena itu, peneliti memilih untuk membuat sebuah rancangan *smart home* dengan menggunakan simulator *cisco packet tracer*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah rancangan *smart home* terhadap 3 komponen utama diantaranya : otomatisasi pintu, kipas angin, dan *camera*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, perancangan *smart home* dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan *rules* yang telah dibuat oleh peneliti pada masing – masing komponen. Pada komponen pintu, kunci pintu akan terbuka apabila RFID Reader membaca RFID Card yang terdaftar pada RFID Reader. Pada komponen kipas angin, kipas akan berputar *low* pada saat suhu diantara 13°C sampai 17°C dan akan berputar *high* pada suhu diatas 18°C. Sedangkan komponen camera akan aktif apabila *motion detector* mendeteksi adanya pergerakan. Penelitian ini masih dapat dikembangkan dengan memanfaatkan perangkat *microcontroller* yang ada pada simulator *cisco packet tracer*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Miftah, Z. 2018. "Desain Internet of Things untuk Keamanan pada 212 Mart Al-Mudzakarah Menggunakan Cisco Packet Tracer". *Journal Information Engineering and Educational Technology*. vol. 3, no. 1, pp. 39-45.
- [2] Miftah, Z. 2018. "Simulasi Pembelajaran Internet of Things menggunakan Cisco Packet Tracer 7.1.1". *Journal Information Engineering and Educational Technology*. vol. 2, no. 1, pp. 41-46.
- [3] Putra, I. M. M. E, Sudiarta, P. K, & Setiawan, W. 2019. "Perancangan Sistem Pemantauan Peternakan Ayam Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Cisco packet tracer 7.0". *Jurnal SPEKTRUM*. vol. 6, no. 3, pp. 19-26.
- [4] Sihombing, O. 2018. "Smart home design for electronic devices monitoring based wireless gateway network using cisco packet tracer". in *Journal of Physics: Conference Series*.
- [5] Yakti, B. K, Prayitno, R. H, & Santoso, S. 2019. "Desain Purwarupa dan Konsep Pemanfaatan IoT pada Sistem Kamar Otomatis". *Cogito Smart Journal*. vol. 5, no. 2, pp. 148-158.

DETEKSI SIMILARITAS ARTIKEL ILMIAH DENGAN TEKNIK PENCOCOKAN STRING BOYER MOORE

Amardeep

Program Magister Manajemen Sistem Informasi, Universitas Gunadarma
lights.immortal@gmail.com

Abstrak

Tindakan plagiarisme sering terjadi khususnya pada proses penulisan baik dalam bentuk artikel ilmiah maupun jurnal. Salah satu kontrol yang dapat dilakukan untuk meminimalisir adanya tindakan plagiarisme adalah dengan melakukan perbandingan kemiripan dokumen dengan menghitung tingkat similaritas. Pada penelitian akan dilakukan analisis terhadap penggunaan algoritma Boyer-Moore dengan teknik String Matching pada dokumen berbentuk jurnal ilmiah. Penelitian ini menggunakan teknik crawling dengan memanfaatkan library beautiful soup dari Python pada mesin pencari Google untuk membandingkan dokumen uji berbentuk jurnal ilmiah dengan hasil penelusuran oleh Google agar perbandingan dokumen dapat diperluas sehingga akurasi kemiripan dokumen dapat bertambah. Penelitian ini melakukan pengujian kemiripan dokumen pada jurnal bahasa Indonesia dan bahasa Inggris dalam sebuah jurnal ilmiah dimana proses stemming untuk kedua bahasa dilakukan secara terpisah. Pada deteksi kalimat berbahasa Indonesia, proses stemming dilakukan menggunakan stemming Nazief-Adriani dan pada stemming kalimat berbahasa Inggris digunakan algoritma Porter. Hasil analisis pencocokan string dengan algoritma Boyer-Moore pada proses bigram dapat memisahkan kata menjadi 2 kelompok kata yang disusun dalam 1 list pada setiap kalimat dan hasil pencariannya telah berhasil dilakukan, skor dan tingkat kemiripan dokumen melalui teknik crawling berhasil menghitung persentase kemiripan sebuah artikel ilmiah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menentukan tingkat similaritas dari dua buah dokumen, sehingga dapat meminimalisir tingkat plagiarisme khususnya pada dokumen berbentuk jurnal ilmiah.

Kata kunci: Boyer-Moore, Crawling, Kalimat, Tokenization

Abstract

Plagiarism often occurs, especially in the writing process, both in the form of scientific articles and journals. One of the controls that can be done to minimize the existence of plagiarism is by comparing the similarity of documents and calculating the level of similarity. This study will analyze the use of the Boyer-Moore algorithm with the String Matching technique on documents as in scientific journals. This study uses a crawling technique by utilizing the library beautiful soup from python through Google search engine to compare test documents in the form of scientific journals with search results by Google so the document comparisons can be expanded and the accuracy of document similarities can increase. This study examined the similarity of documents in Indonesian and English journals in form of a scientific journal where the stemming process for both languages was carried out separately. In the detection of Indonesian sentences, the stemming process is carried out using Nazief-Adriani stemming meanwhile the stemming for English sentences is carried out using Porter's algorithm. The results of string matching analysis with the Boyer-Moore algorithm in the Bigram process can separate words into two groups that arranged in one list for each sentence and the search results have been successfully done, the score and level of document similarity through crawling techniques succeed in calculating the percentage of similarity to a scientific article. The results of this study are expected to determine the level of similarity of the two documents, thus it can minimize the plagiarism especially for scientific journals.

Keywords: Boyer-Moore, Crawling, Sentence, Tokenization

PENDAHULUAN

Tindakan plagiarisme sering terjadi khususnya pada proses penulisan baik dalam bentuk artikel ilmiah maupun jurnal. Salah satu kontrol yang dapat dilakukan untuk meminimalisir adanya tindakan plagiarisme adalah dengan melakukan perbandingan kemiripan dokumen dengan menghitung tingkat similaritas. Beberapa penelitian terkait pendeteksian plagiarisme telah dilakukan peneliti terdahulu.

Penelitian [1] melakukan perbandingan kemiripan dokumen pada beberapa teks menggunakan *Turbo Boyer-Moore* dengan metode *string-matching*. Penelitian ini tidak menggunakan teknik *stemming* pada tahapan *preprocessing* maka kata-kata yang diuji belum diubah menjadi kata dasar. Hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu bahwa tahap *preprocessing* menentukan kecepatan proses perhitungan skor dengan algoritma *Turbo Boyer-Moore*. Penelitian [2] melakukan perbandingan dokumen untuk mendapatkan nilai *similarity* menggunakan teknik *n-gram*. Peneliti melakukan teknik *n-gram* dalam tingkat *string* jadi teks yang diuji akan dipisah menjadi bagian-bagian *string*. Penelitian [3] melakukan penelitian untuk menemukan metode yang paling sesuai dalam melakukan pengukuran kesamaan string. Peneliti menggunakan *GEOnet Names Server* dengan 21 dataset toponim dari 11 negara yang dilatinkan. Penelitian ini melakukan kajian terhadap metode pengukuran kesamaan string

seperti teknik *n-grams* dengan algoritma *Skip-grams*, *Smith-Waterman* dan *LCS (L=3)*, *bag distance* dan *NCD*. Hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu algoritma *Skip-grams* menjadi algoritma pilihan terbaik. Penelitian [4] melakukan perbandingan *code files* antara *file* sumber dengan *file* yang “dicurigai” hasil plagiarisme. Peneliti melakukan 2 tahap yaitu memilih *file* sumber dari dataset kemudian membandingkan *file* tersebut dengan *file* Top “K” dari dataset yang ada dan pada tahap selanjutnya peneliti melakukan penilaian menggunakan algoritma *greedy string tiling*. Peneliti mendapatkan hasil bahwa semakin tinggi nilai “K” maka semakin banyak perbandingan yang harus dilakukan. Penelitian [5] melakukan perbandingan algoritma *cosine similarity measure*, algoritma *fingerprint* dan *winnowing* untuk menemukan kesamaan antara dua dokumen. Algoritma *cosine* mengukur dua vektor dimensi yang mewakili tiap-tiap dokumen. Algoritma ini menghasilkan nilai lebih tinggi daripada estimasi kesamaan. Algoritma kedua yaitu algoritma *fingerprint* menggunakan fungsi *hash* untuk membandingkan dokumen setelah sebelumnya diubah menjadi rangkaian kata menggunakan teknik *n-gram*. Waktu yang dibutuhkan oleh algoritma ini ditentukan oleh ukuran dokumen. Algoritma terakhir adalah algoritma *winnowing* yang membandingkan nilai *hash* menggunakan persamaan *Dice Coefficient*. Performa terbaik untuk algoritma ini ditentukan oleh pemilihan teknik dan parameter yang sesuai. Penelitian [6]

melakukan perbandingan dokumen untuk mendapatkan nilai *similarity* menggunakan algoritma *Rabin-Karp*. Algoritma ini membandingkan *string* yang ditelah diubah menjadi angka menggunakan teknik *hashing*. Selain menggunakan fungsi *hashing* penelitian ini juga menggunakan teknik *stemming* dalam prosesnya. Algoritma ini sangat baik digunakan untuk pencocokan kata yang memiliki banyak pola. Algoritma *Rabin-Karp* membutuhkan angka prima yang banyak untuk menghindari mendapatkan nilai hash yang sama untuk beberapa kata. Penelitian [7] melakukan pendeteksian *file* duplikat untuk desktop dengan metode *string matching*. Penelitian ini mengusulkan sebuah algoritma baru yaitu *Word to Word COMparison* (W2COM), selain itu penelitian ini membandingkan algoritma W2COM dengan algoritma *Boyer Moore Horspool* dan algoritma *Knuth Morris Pratt*. Algoritma *Boyer Moore Horspool* digunakan untuk pencarian substring pada file besar, menggunakan pola pencarian string dari kanan ke kiri. Algoritma *Boyer Moore Horspool* dapat digunakan untuk huruf kecil dan multi pola. Algoritma *Knuth Morris Pratt* adalah algoritma yang dirancang untuk untuk pencarian *string* yang linear dengan menganalisa hasil algoritma sederhana yang variabelnya ditentukan dari awal. Algoritma *Knuth Morris Pratt* hanya bekerja pada huruf kecil dan sebuah poli, sedangkan algoritma W2COM dapat digunakan untuk huruf kapital dan multi pola.

Pada penelitian akan dilakukan analisis terhadap penggunaan algoritma Boyer-Moore [8] dengan teknik *String Matching* pada dokumen berbentuk jurnal ilmiah. Penelitian ini menggunakan teknik *crawling* [9] dengan memanfaatkan *library* beautiful soup dari python pada mesin pencari Google untuk membandingkan dokumen uji berbentuk jurnal ilmiah dengan hasil penelusuran oleh Google agar perbandingan dokumen dapat diperluas sehingga akurasi kemiripan dokumen dapat bertambah. Penelitian ini melakukan pengujian kemiripan dokumen pada jurnal bahasa Indonesia dan bahasa Inggris dalam sebuah jurnal ilmiah dimana proses *stemming* untuk kedua bahasa dilakukan secara terpisah. Pada deteksi kalimat berbahasa indonesia, proses *stemming* [10] dilakukan menggunakan *stemming* Nazief-Adriani dan pada *stemming* kalimat berbahasa inggris digunakan algoritma Porter [11]. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menentukan tingkat similaritas dari dua buah dokumen, sehingga dapat meminimalisir tingkat 129lagiarism khususnya pada dokumen berbentuk jurnal ilmiah.

METODE PENELITIAN

Metode pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan proses. Tahapan-tahapan dari proses tersebut bertujuan untuk membandingkan dokumen/teks input dengan teks yang didapat dari hasil pencarian pada

mesin pencari Google. Gambar 1. merupakan tahapan-tahapan pada penelitian ini.

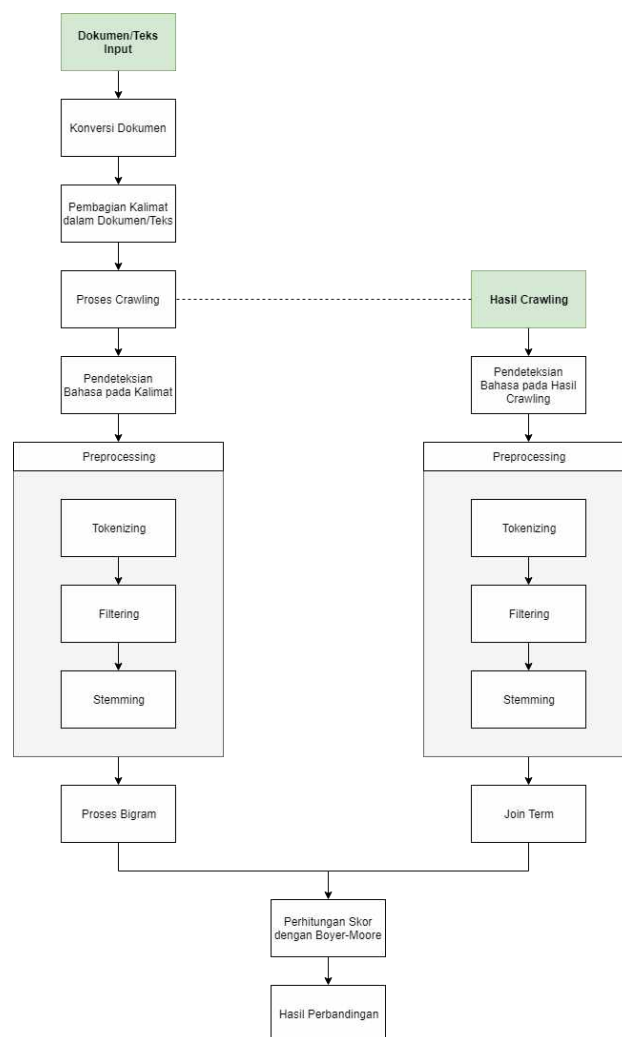
Analisis similaritas dokumen jurnal ilmiah dilakukan dengan penghitungan skor kesamaan dokumen/teks menggunakan algoritma Boyer-Moore menggunakan metode *string-matching*. Pada proses *stemming* berbahasa Inggris dilakukan menggunakan algoritma Porter dan pada proses *stemming* berbahasa Indonesia dilakukan menggunakan algoritma Nazief-Adriani.

A. Data Penelitian

Pada penelitian ini digunakan dokumen sejumlah 300 hasil penelitian ilmiah di bidang

pangan dan maritim yang berisi judul, abstrak, kata kunci, topik, dan kelas (PDII LIPI, 2019). Dokumen sumber ini didapat dari PDII-LIPI sebagai sampel dari data asli yang digunakan nanti.

Pada penelitian juga digunakan dokumen yang memiliki dua bahasa di dalamnya yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Data ini digunakan untuk menghitung akurasi dari penggunaan algoritma Boyer-Moore agar proses pendeteksian bahasa dapat berjalan dengan baik.



Gambar 1. Metode Penelitian

B. Normalisasi Data

Proses normalisasi data input dilakukan dengan tahapan konversi dokumen dan pembagian kalimat. Konversi dokumen dibutuhkan agar tahapan preprocessing dapat dilakukan karena preprocessing membutuhkan plain text sebagai input. Hasil dari konversi dokumen akan berbentuk plain text. Pembagian kalimat ditujukan untuk membagi kalimat atau memisahkan tiap kalimat dengan batasan tanda baca titik (.) dari hasil konversi dokumen yang sudah dilakukan sebelumnya dengan memanfaatkan penggunaan Natural Language Toolkit dari Python menggunakan fungsi `sent_tokenize()`.

C. Proses Crawling Teks

Proses ini menggunakan kalimat hasil pembagian sebelumnya untuk dicari pada mesin pencari Google. Setiap kalimat akan dicari dan hasil pencarian akan digunakan sebagai pembandingan dari kalimat utama untuk proses perhitungan skor. Hasil akhir yang diambil adalah 5 pencarian teratas oleh mesin pencari Google. Potongan teks dari halaman hasil pencarian Google dilakukan menggunakan library `beautifulsoup`.

D. Tahap Pra Pengolahan

Hasil dari tahap ini digunakan untuk menghitung skor dari perbandingan kalimat pada dokumen utama dan teks hasil crawling. Tahapan ini melibatkan 3 proses yaitu tokenizing, filtering, dan stemming.

1. Tokenizing: Proses ini memisahkan kata berdasarkan spasi yang ada pada suatu teks. Proses ini akan menghasilkan term

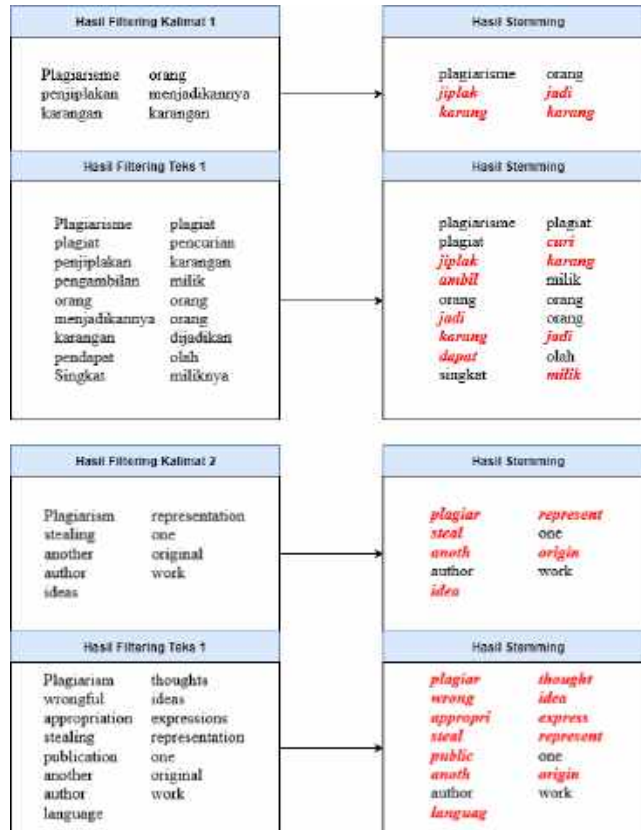
atau urutan kata yang tersusun dalam suatu list.

2. Filtering: Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kata yang kurang penting atau kurang mempunyai makna yang jelas seperti kata sambung dan lainnya.
3. Stemming: Proses ini mengubah setiap kata menjadi kata dasarnya. Stemming berfungsi untuk membuat perhitungan skor menjadi lebih optimal karena kata dalam masing-masing teks sudah dijadikan kata dasar. Algoritma *stemming* yang digunakan pada penelitian ini adalah algoritma Porter untuk teks berbahasa Inggris dan algoritma Nazief-Adriani untuk teks berbahasa Indonesia. Hasil dari proses ini dapat dilihat pada Gambar 2.

E. Analisa Penghitungan Skor Similaritas

Penghitungan similaritas dari dokumen jurnal ilmiah dilakukan melalui tahapan proses menggunakan hasil pada proses stemming yaitu proses bigram, join term lalu dilakukan perhitungan skor similaritas nya.

Proses bigram akan menghasilkan list kata yang akan digunakan untuk perhitungan skor dengan membandingkan setiap kumpulan kata yang ada di list dengan hasil crawling yang sudah menjalani tahap preprocessing, penulis menggunakan $n=2$. Join term dilakukan untuk menggabungkan tiap kata yang ada pada list hasil stemming untuk membentuk sebuah kalimat kembali. Hasil dari proses ini akan digunakan pada proses perhitungan skor



Gambar 2. Hasil Stemming

Proses perhitungan Skor Similaritas memiliki tujuan untuk mencari nilai kemiripan dari dokumen yang sudah diinput dengan hasil crawling. Teks yang dibandingkan yaitu masing-masing kalimat dari dokumen input yang sudah melalui proses n-gram dengan teks hasil crawling dari kalimat tersebut yang sudah digabungkan kembali setelah tahap preprocessing. Tahap ini menggunakan algoritma Boyer-Moore untuk menghitung nilai similaritas dokumen.

Analisis menggunakan Boyer-Moore dilakukan dengan tahapan berikut :

- 1) Pada langkah awal perbandingan akan berjalan dari karakter terakhir sampai awal pada kedua teks. Saat karakter pertama dibandingkan dapat dilihat

bahwa i tidak sama dengan m maka cari terlebih dahulu apakah huruf m ada pada teks pattern setelah huruf i.

- 2) Karakter m tidak ditemukan maka geser semua teks pattern sampai melewati karakter m di teks sentence.
- 3) Karakter teks pattern pada langkah 2 dimulai pada huruf e di teks sentence. Lalu bandingkan lagi karakter terakhir dari kedua teks. Terlihat bahwa spasi tidak sama dengan i namun spasi ditemukan setelah huruf i di teks pattern maka geser teks pattern dengan menyamakan posisi spasi pada kedua teks.
- 4) Pada langkah 3 terlihat bahwa posisi spasi sama pada kedua teks. Lalu mulai

lagi perbandingan karakter dari posisi terakhir ke awal. Terlihat bahwa karakter terakhir tidak sama antara kedua teks. Geser teks pattern ke posisi setelah huruf l pada teks sentence karena huruf l tidak ditemukan pada teks pattern.

- 5) Teks pattern pada langkah 4 dimulai setelah huruf l pada teks sentence karena langkah sebelumnya. Karakter terakhir pada kedua teks tidak sama namun huruf o pada teks sentence ditemukan pada teks pattern setelah huruf l maka geser teks pattern dengan menyesuaikan huruf o pada kedua teks.
- 6) Langkah 5 dimulai dengan membandingkan karakter terakhir sampai awal pada kedua teks. Ditemukan bahwa kedua teks sama dan proses sudah selesai.
- 7) Setelah proses perbandingan teks dengan algoritma Boyer-Moore tersebut selesai maka hal yang sama dilakukan pada teks pattern lainnya dari hasil bigram kalimat 1 dan 2.

Setelah proses perbandingan teks pada hasil bigram kalimat selesai maka hal selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan perhitungan skor yang ditentukan dari banyaknya perbandingan teks yang telah ditemukan dibagi dengan jumlah teks yang dibandingkan atau jumlah teks hasil bigram (persamaan 1).

Skor Perbandingan Teks =

$$\frac{\Sigma \text{Teks Sama}}{\Sigma \text{Teks Dibandingkan}} \times 100 \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dokumen uji yang digunakan merupakan dokumen sumber berisi 100 buah data penelitian di bidang pangan dan maritim yang berasal dari PDII-LIPI. Dokumen input yang diuji berjumlah 1 buah dokumen yang berasal dari dokumen sumber. Setelah menentukan dokumen sumber dan dokumen uji, peneliti melakukan pemisahan teks menggunakan library dari Python yaitu *Sentence Tokenizer*. Tahapan selanjutnya adalah melakukan *crawling* teks pada mesin pencarian untuk setiap kalimat yang telah dibagi. Peneliti juga melakukan pendeteksian bahasa untuk menentukan *stopword* dan algoritma *stemming* yang akan digunakan pada tahap *preprocessing*. Pada tahap *preprocessing* dilakukan 3 hal, yaitu *tokenizing*, *filtering*, dan *stemming*. *Tokenizing* merupakan pemisahan kalimat menjadi kata per kata, seperti dapat dilihat pada Tabel 1. Kata-kata tersebut lalu disaring untuk tidak memunculkan kata yang tidak memiliki makna dan kata yang berupa angka. Tahap selanjutnya dilakukan proses *stemming* yaitu menghilangkan imbuhan pada setiap kata.

Tabel 1. Hasil Tokenizing Kalimat

Kalimat	Hasil
1	Proses, pencarian, merupakan, salah, satu, kegiatan, penting, dalam, pemrosesan, data
2	Proses, ini, dapat, menghabiskan, waktu, dalam, ruang, pencarian, yang, besar, sehingga, diperlukan, suatu, teknik, pencarian, yang, efisien

Tabel 2. Hasil Stemming Kalimat

Kalimat	Hasil
1	('proses', 'cari'), ('cari', 'salah'), ('salah', 'giat'), ('giat', 'pemrosesan'), ('pemrosesan', 'data')
2	('proses', 'habis'), ('habis', 'ruang'), ('ruang', 'cari'), ('cari', 'teknik'), ('teknik', 'cari'), ('cari', 'efisien')

Peneliti melakukan proses *bigram* untuk membagi kata hasil *stemming* menjadi kelompok kata dan tiap kelompok terdiri dari 2 kata seperti dapat dilihat pada Tabel 2. Selanjutnya dilakukan proses *join term* untuk menggabungkan kembali hasil *preprocessing* menjadi teks seutuhnya dari hasil pencarian kalimat yang akan digunakan sebagai pembandingan.

Setelah semua proses dilalui, saatnya untuk melakukan penghitungan skor, pada proses ini yang dilakukan adalah membandingkan hasil proses *bigram* dari tiap kalimat pada dokumen dengan seluruh hasil pencarian kalimat tersebut pada mesin pencari google yang sudah melewati proses *join term*. Proses pembandingan ini menggunakan algoritma Boyer-Moore dengan metode *string matching*. Setelah mendapatkan skor dari tiap perbandingan kalimat dan hasil pencariannya

selanjutnya yaitu menghitung skor total dengan memilih terlebih dahulu skor terbesar (skor yang diberi warna hijau pada tabel) dari tiap hasil pencarian lalu menambahkan tiap hasil perbandingan kalimat dan dibagi dengan jumlah kalimat seperti pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Skor Total} &= \frac{20 + 100 + 100 + 100 + 100 + 40 + 10 + 30 + 0 + 0}{10} \\
 &= 50 \%
 \end{aligned}$$

Tahapan ini menghasilkan skor kemiripan dokumen sebanyak 50%. Berdasarkan skor yang didapat dapat disimpulkan bahwa dokumen yang diuji termasuk ke dalam kategori plagiarisme sedang menurut klasifikasi oleh Sudigdo Sastroasmoro. Persentase tingkat similaritas yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Tingkat Similaritas

KESIMPULAN

Proses stemming pada dokumen jurnal ilmiah untuk kalimat/teks berbahasa Inggris dan kalimat/teks berbahasa Indonesia menghasilkan kata dasar. Proses mengubah kata menjadi kata dasar menggunakan algoritma Porter dan Nazief-Adriani pada setiap kalimat dan hasil pencariannya telah berhasil dilakukan.

Hasil analisis pencocokan string dengan algoritma Boyer-Moore pada proses bigram dapat memisahkan kata menjadi 2 kelompok kata yang disusun dalam 1 list pada setiap kalimat, skor dan tingkat kemiripan dokumen melalui teknik *crawling* berhasil menghitung persentase kemiripan sebuah artikel ilmiah. Pengembangan lebih lanjut yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya antara lain dengan melakukan analisis terhadap algoritma yang dapat mendeteksi urutan atau posisi kata, sinonim dari kata maupun parafrase dan metode lainnya agar skor dan tingkat kemiripan dapat memiliki tingkat akurasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. I. Goni, "Penerapan algoritma Turbo Boyer-Moore untuk pendeteksian kemiripan dokumen teks berbasis web," Skripsi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia, 2013.
- [2] E. A. Lisangan, "Implementasi n-Gram Technique dalam deteksi plagiarisme pada tugas mahasiswa," *Jurnal Tematika*, vol. 1, no. 2, Sep., hal. 24-30, 2013.
- [3] G. Recchia dan M. Max Louwerse, "A Comparison of string similarity measures for toponym matching," Dalam *Proceedings of The First ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Models of Place*, 2013, hal. 54-61.
- [4] O. Ajmal, M. M. S. Missen, T. Hashmat, M. Moosa, dan T. Ali, "EPlag: A two layer source code plagiarism detection system," *Journal of Information Security Research*, vol. 5, no. 3, Sep., hal. 107-114, 2014.

- [5] K. T. Tung, N. D. Hung, dan L. T. M. Hanh, "A Comparison of algorithms used to measure the similarity between two documents," *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, vol. 4, no. 4, hal. 1117-1121, 2015.
- [6] R. E. Putri dan A. Siahaan, "Examination of document similarity using Rabin-Karp algorithm," *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research*, vol. 3, no. 8, Agu., hal. 196-201, 2017
- [7] S. Vijayarani dan M. Muthulakshmi, "An efficient string matching technique for desktop search to detect duplicate files," *International Journal of Information Technology and Computer Science*. vol. 9, no. 7, Jul., hal. 69-76, 2017.
- [8] E. Rahmanita, "Pencarian string menggunakan algoritma Boyer-Moore pada dokumen," *Jurnal NERO*, vol. 1, no. 1, hal. 15-26, 2014.
- [9] Y. Patil dan S. Patil, "Review of web crawlers with specification and working," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 5, no. 1, Jan., hal. 220-223, 2016
- [10] A. Firdaus, Ernawati, dan A. Vatesia, "Aplikasi pendeteksi kemiripan pada dokumen teks menggunakan algoritma Nazief & Adriani dan metode Cosine Similarity," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 10, no. 1, Apr. hal. 96-109, 2014.
- [11] L. Agusta, "Perbandingan algoritma Stemming Porter dengan algoritma Nazief & Adriani untuk stemming dokumen teks bahasa Indonesia," Konferensi Nasional Sistem dan Informatika 2009, Bali, Indonesia, 2009.

FUSI CITRA DENGAN SCALE INVARIANT FEATURE TRANSFORM (SIFT) SEBAGAI REGISTRASI CITRA

Irma Wulandari
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya,
Jl. Raya ITS, Kampus PENS Sukolilo
irma@pens.ac.ac.id

Abstrak

Fusi citra adalah proses menggabungkan dua atau lebih citra ke dalam satu citra, dengan mempertahankan fitur penting dari masing-masing gambar. Fusi citra adalah salah satu cara untuk menyelesaikan masalah gambar yang tidak fokus hasil dari penggunaan kamera non-profesional. Fusi citra juga dapat digunakan dalam penginderaan jauh, pengamatan, dan aplikasi medis. Dalam penelitian ini, diusulkan teknik fusi citra baru dengan menggunakan SIFT (Scale Invariant Feature Transform) sebagai registrasi citra. Prosedur fusi dilakukan dengan mencocokkan fitur gambar SIFT menggunakan RANSAC dan kemudian menggabungkan dua citra dengan aturan rata-rata piksel. Langkah terakhir membandingkan hasil fusi citra menggunakan Q_{ABF} , intensitas rata-rata piksel dan standard deviasi. Hasil eksperimental menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mengungguli teknik fusi konvensional, terutama untuk citra yang mengalami translasi atau rotasi.

Kata Kunci: Fusi citra, SIFT (Scale Invariant Feature Transform), Registrasi citra

Abstract

Image fusion is the process of combining two or more images into a single image, which retains important features from each. Image fusion is one way to resolve the problem of un-focused images produced by non-professional camera users. Image fusion also can be use in remote sensing, surveillance and medical application. In this research, a new image fusion technique for multi-focus images based on the SIFT (Scale Invariant Feature Transform) is proposed. The fusion procedure is performed by matching the image features of SIFT using RANSAC and then fusing two images by pixel averaging. The last step is comparing fused images using Q_{ABF} , average pixel intensity and standard deviation. Experimental results show that the proposed method outperforms the conventional fusion techniques, especially for images with translation or rotation.

Keywords: Image fusion, SIFT (Scale Invariant Feature Transform), Image registration

PENDAHULUAN

Fusi citra merupakan proses penggabungan dua atau lebih citra menjadi satu citra yang memiliki hasil yang lebih baik, salah satu metode fusi citra dengan Wavelet Diskrit menggunakan PCA dapat memperbaiki dua citra yang sama dengan kerusakan yang berbeda [1]. Pada citra hasil penginderaan

jauh (*remote sensing*) diperlukan perbaikan kualitas citra, untuk itu B. Purba menggunakan metode Contrast Stretching untuk mendapatkan citra baru yang lebih berkualitas [2]. Shutao Li, dkk. memberikan hasil penelitian untuk beberapa metode fusi citra pixel-level pada penginderaan jauh (*remote sensing*), medis, pengamatan dan fotografi [3]. Untuk citra muti-fokus, S. Paul

menggunakan metode fusi citra multi-fokus dan *multi-exposure* menggunakan Haar wavelet [4].

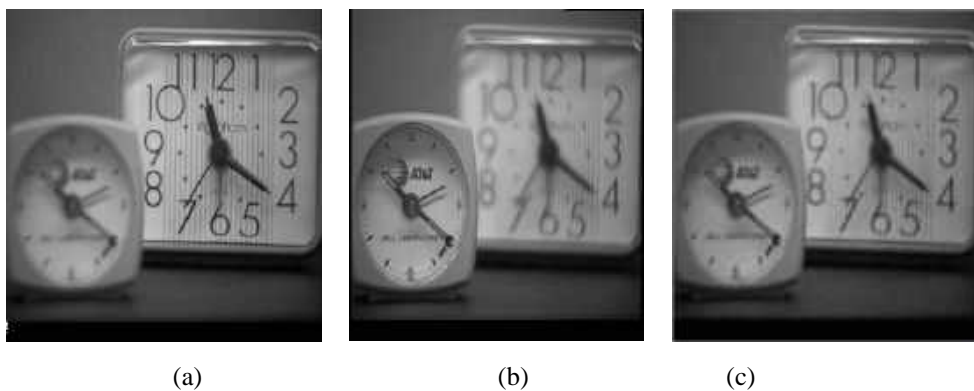
Dalam penelitian ini, kami mempertimbangkan fusi citra dengan multi-fokus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sebelum citra yang dipilih menyatu, registrasi citra menggunakan SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) diterapkan pada citra. Korespondensi fitur diperkirakan, invarian pertama terhadap kemungkinan deformasi gambar. Perhatikan bahwa deskripsi fitur yang sesuai dari gambar yang menyatu harus sangat mirip. SIFT dipilih karena invariannya untuk rotasi gambar, penskalaan, rotasi maupun translasi [5]. Gambar-gambar menyatu dengan aturan mean-max dari koefisien wavelet. Untuk mengukur kualitas fusi gambar, kami menggunakan Petkovic Metric Parameter $Q^{AB/F}$, yang merupakan indeks pelestarian informasi tepi yang relevan untuk kualitas fusi [6].

METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan yaitu: registrasi citra, pencocokan citra, fusi citra, transformasi wavelet diskrit (*discrete wavelet transform/dwt*), dan pengukuran kualitas fusi citra.

1. Registrasi Citra

Registrasi citra merupakan proses untuk mendapatkan kesesuaian posisi yang benar dari beberapa gambar pada scene yang sama dengan berbagai kondisi yang berbeda. Kondisi yang berbeda dalam hal pengambilan gambar dapat berupa waktu pengambilan gambar, sudut gambar, alat pengambil gambar atau intensitas cahaya. Pada penelitian, digunakan SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) sebagai registrasi citra. SIFT mendeskripsikan sebuah gambar dengan menemukan titik-titik (disebut juga *keypoint*) yang menonjol dari gambar, berikut langkah-langkah untuk menghasilkan fitur SIFT [7]:



Gambar 1. Citra Awal dengan (a) Fokus Kanan, (b) Fokus Kiri, (c) Hasil Fusi

(a) *Scale-space extrema detection*: Tahap pertama dari pencarian adalah mencari semua skala dan lokasi citra. Ini diimplementasikan secara efisien dengan menggunakan fungsi Difference-of-Gaussian untuk mengidentifikasi interest point potensial yang tidak berubah terhadap skala dan orientasi. (b) *Keypoint localization*: Di setiap lokasi kandidat, model terperinci dicocokkan untuk menentukan lokasi dan skala. *Keypoint* dipilih berdasarkan ukuran kestabilannya. (c) *Removing low contrast features*: Jika besarnya intensitas pada piksel dalam gambar difference-of-Gaussians kurang dari nilai tertentu, maka ditolak. (d) *Orientation assignment*: Satu atau lebih orientasi ditentukan pada setiap lokasi *keypoint* berdasarkan arah gradien citra asal. (e) *Keypoint descriptor*: Gradien citra asal dihitung pada skala tertentu di area sekitar setiap *keypoint*.

2. Pencocokan Citra

Pencocokan citra menjadi bagian dasar dari beberapa permasalahan pada computer vision, termasuk pengenalan objek, menyelesaikan bentuk 3D dari beberapa citra dan pelacakan pergerakan. Fiturnya invariant pada citra yang di skala dan di rotasi, dan invariantnya bersifat sebagian untuk perubahan pada pencahayaan dan sudut pandang pada kamera 3D.

Kemampuan untuk mencocokkan secara efisien *keypoint* SIFT dari citra asal dengan citra lain atau dari basis data *keypoint*

adalah hal yang mendasar. *Keypoint* SIFT dan fitur citra lainnya biasanya digunakan untuk menghitung transformasi - matriks dasar atau homograf planar, misalnya - di antara citra. Secara khusus, fitur citra dicocokkan antara citra, pencocokan yang dibentuk dapat digunakan secara analitik untuk menghitung transformasi yang diinginkan.

Algoritma RANSAC [8] banyak digunakan untuk melakukan perhitungan tersebut dengan kemungkinan adanya kecocokan fitur *outlier*. RANSAC (Random Sample Consensus) telah populer pada permasalahan regresi dengan sampel yang memiliki dengan *outlier*. RANSAC mampu menafsirkan atau menghaluskan data yang mengandung persentase kesalahan kotor [8].

3. Fusi Citra

Misalkan $I_1(x, y)$ dan $I_2(x, y)$ adalah dua gambar input yang diperoleh dengan teknik yang berbeda. Diasumsikan bahwa mereka selaras dalam semua aspek dan siap untuk menyatu. Selanjutnya, asumsikan bahwa $I_f(x, y)$ adalah gambar output. Proses pencampuran $I_1(x, y)$ dan $I_2(x, y)$ menjadi $I_f(x, y)$ disebut citra fusi [9].

Dalam penggabungan level pixel, ada dua metodologi utama yaitu, dekomposisi non-multiskala dan multiskala. Dalam dekomposisi non-multiskala, gambar input $I_1(x, y)$ dan $I_2(x, y)$ digabungkan dalam suatu fungsi untuk membuat gambar keluaran yang menyatu Jika (x, y) . Tidak ada transformasi domain yang melintasi dalam seluruh proses.

Jika fungsi f adalah operator fusi, maka jika (x, y) ditulis dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$I_f(x, y) = f(I_1(x, y), I_2(x, y)) \quad (1)$$

Metode *Pixel Averaging* berlaku untuk fusi tingkat piksel domain waktu serta mengubah fusi tingkat piksel domain. Idennya pada dasarnya adalah untuk menghitung rata-rata (tertimbang) dari input dan mencerminkan hasilnya secara langsung ke output. Metode-metode ini bekerja dengan menggabungkan nilai-nilai piksel dari dua atau lebih gambar yang akan menyatu secara linear atau non-linear [10].

Ekspresi matematika untuk rata-rata tingkat piksel menggunakan Persamaan 2.

$$I_F = \frac{(c_0 \cdot I_1) + (c_1 \cdot I_2)}{c_0 + c_1} \quad (2)$$

dimana c_0 dan c_1 adalah bobot yang bebas piksel. Kemudian output menyatu untuk gambar I_1 dan I_2 .

4. Transformasi Wavelet Diskrit (Discrete Wavelet Transform/DWT)

Metode wavelet merupakan salah satu cara untuk mendekomposisi citra, pada Gambar 2 merupakan contoh transformasi wavelet 3 level.

5. Pengukuran Kualitas Fusi Citra

Kerangka kerja $Q^{AB/F}$ ialah mengaitkan informasi visual penting dengan informasi gradien dan menilai fusi dengan mengevaluasi keberhasilan transfer informasi gradien dari input ke citra fusi.



Gambar 2. Tranformasi Wavelet 2 Dimensi untuk 3 Level

Algoritma fusion yang mentransfer lebih banyak informasi gradien input ke dalam fusi citra dengan lebih akurat dikatakan berkinerja lebih baik. Secara khusus, dengan asumsi dua citra input A dan B dan hasil citra fusi yang dihasilkan F, operator tepi Sobel diterapkan untuk menghasilkan informasi kekuatan g dan orientasi α ($\in [0, \pi]$) untuk setiap input dan piksel gambar leburan. Menggunakan parameter ini, kekuatan relatif dan orientasi "perubahan" faktor G dan A, antara setiap input dan gambar yang menyatu, diturunkan Persamaan 3 dan 4.

$$G_{n,m}^{AF} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{g_{n,m}^F}{g_{n,m}^A}, \text{ if } g_{n,m}^A > g_{n,m}^F \\ \frac{g_{n,m}^A}{g_{n,m}^F}, \text{ otherwise} \end{array} \right\} \quad (3)$$

$$G_{n,m}^{AF} = 2\pi^{-1} \left| \alpha_{n,m}^A - \alpha_{n,m}^F - \frac{\pi}{2} \right| \quad (4)$$

Faktor-faktor ini adalah dasar dari ukuran untuk menjaga informasi tepi yang diperoleh dengan pemetaan sigmoid faktor kekuatan dan perubahan orientasi. Kuantitas ini memodelkan hilangnya persepsi informasi input dalam gambar yang menyatu dan konstanta Γ , κ_g , σ_g , κ_α , σ_α menentukan bentuk persis dari pemetaan sigmoid (Persamaan 5).

$$Q_{n,m}^{AF} = \left(1 + e^{K_g (G_{n,m}^{AF} - \sigma_g)} \right)^{-1} \quad (5)$$

Kinerja fusi total $Q^{AB/F}$ dievaluasi sebagai jumlah nilai pelestarian informasi tepi tertimbang untuk gambar input Q^{AF} dan Q^{BF} di

mana faktor bobot w^A dan w^B mewakili kepentingan perseptual masing-masing piksel gambar input (Persamaan 6). Kisarannya adalah $0 \leq Q^{AB/F} \leq 1$, di mana 0 berarti kehilangan total informasi input telah terjadi dan $Q^{AB/F} = 1$ menunjukkan "fusi ideal" tanpa kehilangan informasi input. Dalam bentuknya yang paling sederhana, bobot perseptual w^A dan w^B mengambil nilai parameter kekuatan gradien yang sesuai g_A dan g_B .

$$Q_{\frac{AB}{F}} = \frac{\sum_{\forall n,m} Q_{n,m}^{AF} w_{n,m}^A + Q_{n,m}^{BF} w_{n,m}^B}{\sum_{\forall n,m} w_{n,m}^A + w_{n,m}^B} \quad (6)$$

Frekuensi spasial mengukur tingkat aktivitas keseluruhan dalam suatu citra. Untuk blok citra F ukuran $M \times N$, dengan nilai abu-abu $F(m, n)$ pada posisi (m, n) , frekuensi spasial didefinisikan pada Persamaan 7.

$$SF = \sqrt{RF^2 + CF^2} \quad (7)$$

Dimana RF dan CF adalah frekuensi baris (Persamaan 8) dan frekuensi kolom (Persamaan 9).

$$RF = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=2}^N [F(m, n) - F(m, n-1)]^2} \quad (8)$$

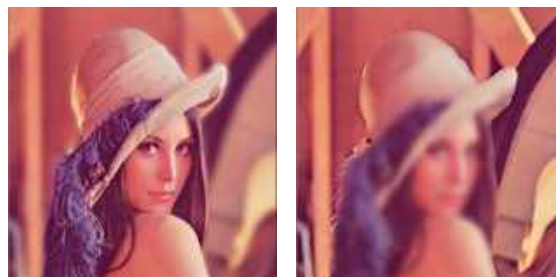
$$CF = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{n=1}^N \sum_{m=2}^M [F(m, n) - F(m-1, n)]^2} \quad (9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada langkah pertama, fitur citra didapatkan dengan SIFT. Langkah selanjutnya pencocokan citra dengan menemukan *keypoint* yang meminimalkan Jarak Euclidean

minimum, dan kemudian, memperkirakan parameter transformasi dengan RANSAC. Dalam penelitian ini, kami menggunakan citra uji yang dikumpulkan dari beberapa situs web pemrosesan citra, seperti www.imfsr.com dan www.ImageFusion.org. Kami menggunakan SIFT sebagai registrasi citra dalam penelitian ini. Kami mengkhususkan pada penggabungan citra multi-fokus, yaitu citra dengan "fokus kiri dan fokus kanan" atau "fokus latar depan dan fokus latar belakang". Langkah pertama metode kami adalah menemukan fitur citra dengan SIFT. Kami juga mencoba citra uji dengan ground truth (GT) untuk evaluasi kinerja. Untuk menghasilkan citra multi-fokus yang disimulasikan ini, pertama-tama kami memilih citra dengan fokus baik (Lena

sebagai contoh) dan membuat dua tiruannya, satu untuk latar depan dan satu untuk latar belakang, ditunjukkan pada Gambar 2. Kemudian gambar multi fokus yang disimulasikan dihasilkan oleh Gaussian blur di wilayah yang ditentukan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Langkah selanjutnya setelah menemukan fitur citra adalah pencocokan gambar. Kesesuaian terbaik dalam *database* untuk setiap *keypoint* ditemukan oleh kondisi tetangga terdekat dalam jarak Euclidean. Setelah kandidat pencocokan fitur citra diperoleh, RANSAC (*Random Sample Consensus Algorithm*) digunakan untuk mengenali *outlier* dan memperkirakan model transformasi.



Gambar 2. Citra Input



Gambar 3. Fitur SIFT



Gambar 4. Pencocokan Fitur Citra

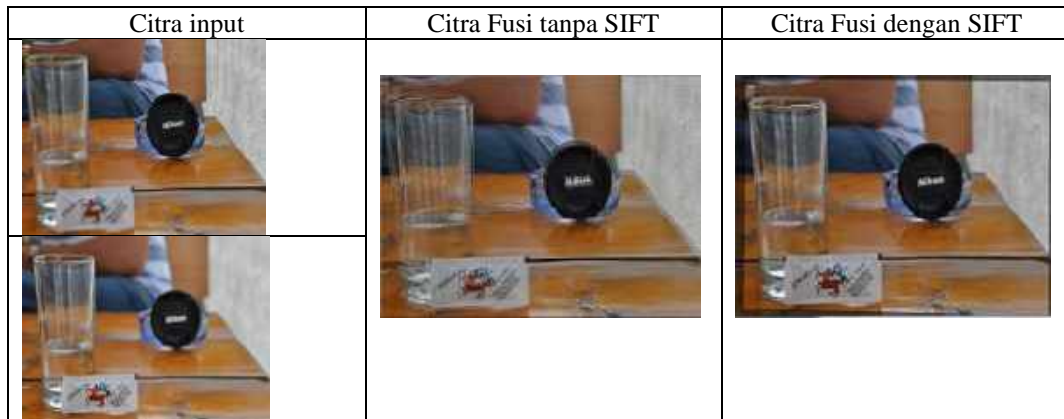
Gambar 4 menunjukkan imple-mentasi pencocokan fitur citra. Langkah berikutnya adalah melakukan fusi citra, pada Gambar 5 citra yang digunakan sebagai input adalah dua citra yang memiliki perbedaan fokus. Berikutnya citra input yang digunakan adalah citra yang mengalami pergeseran seperti pada Gambar 6 dan pada Gambar 7 citra input yang digunakan adalah citra yang dirotasi.

Untuk menganalisis secara objektif dan mengevaluasi skema fusi yang diusulkan, beberapa metrik kualitas obyektif tanpa *ground truth* (GT) digunakan. Kesimpulan ini

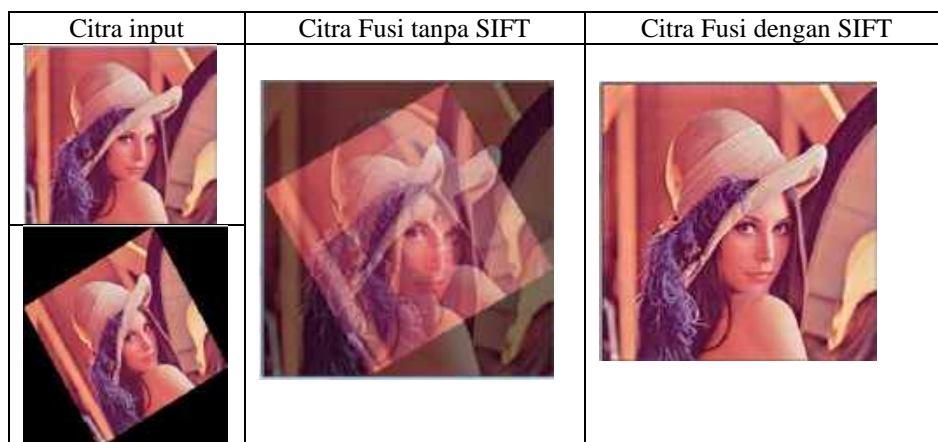
dapat berguna untuk analisis kinerja fusi ketika *ground truth* tidak tersedia. Di antara mereka, parameter metrik Petrovic ($Q^{AB/F}$) adalah indeks pelestarian informasi tepi. $Q^{AB/F}$ dianggap lebih relevan dalam fusi citra [6]. Tabel 1 menunjukkan nilai $Q^{AB/F}$ untuk teknik fusi yang dibahas. Kami juga menggunakan metrik kualitas gambar lainnya, termasuk Intensitas Piksel Rata-Rata (*Average Pixel Intensity*), Penyimpangan Standar (*Standard Deviation*), dan Frekuensi Spasial (*Spatial Frequency*).

Citra input	Citra Fusi tanpa SIFT	Citra Fusi dengan SIFT
		
		

Gambar 5. Hasil Fusi Citra dengan Beda Fokus



Gambar 6. Hasil Fusi Citra dengan Pergeseran



Gambar 7. Hasil Fusi Citra dengan Rotasi

Hasil masing-masing perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 4. Intensitas Pixel Rata-rata adalah indeks untuk kontras, *Standard Deviation* mencerminkan penyebaran dalam data. Frekuensi spasial dapat digunakan untuk mencerminkan

kejelasan suatu citra. Kita dapat melihat dari Tabel 1 bahwa metode yang diusulkan memiliki nilai $Q^{AB/F}$ yang lebih baik daripada metode lainnya. Secara keseluruhan, menambahkan SIFT dalam citra dapat meningkatkan kinerja

Tabel 1. Perbandingan Nilai $Q^{AB/F}$

Metode	Buku	Gelas	Lena	Lena dengan rotasi
1. Averaging	0.771	0.444	0.547	0.309
2. SIFT + Averaging	0.761	0.611	0.543	0.706
3. SIFT + DWT + averaging	0.7864	0.641	0.661	0.764
4. CVT - DWT [11]	0.666	-	-	-
5. CNT [12]	0.283	-	-	-

Tabel 2. Perbandingan Intensitas Pixel Rata-Rata

Metode	Buku	Gelas	Lena	Lena dengan rotasi
1. Averaging (mean)	82.97	115.06	128.11	98.0
2. SIFT + Averaging	82.86	110.85	127.78	127.36
3. SIIFT + DWT + averaging	83.19	110.39	128.03	127.78
4. CVT – DWT [11]	85.58	-	-	-
5. CNT [12]	86.24	-	-	-

Tabel 3. Perbandingan Nilai Standard Deviasi

Metode	Buku	Gelas	Lena	Lena dengan rotasi
1. Averaging (mean)	67.66	49.05	53.79	51.06
2. SIFT + Averaging	67.50	51.32	53.71	56.57
3. SIIFT + DWT + averaging	68.40	55.37	57.55	58.01
4. CVT – DWT [11]	63.18	-	-	-
5. CNT [12]	61.31	-	-	-

Tabel 4. Perbandingan Nilai Frekuensi Spasial

Metode	Buku	Gelas	Lena	Lena dengan rotasi
1. Averaging (mean)	18.59	9.73	10.0	12.39
2. SIFT + Averaging	18.22	12.45	10.25	14.0
3. SIIFT + DWT + averaging	22.81	18.26	18.37	18.60

KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian ini fusi gambar multi-fokus diselidiki. Salah satu masalah utama adalah menggunakan SIFT sebagai registrasi gambar. Metode yang diusulkan menunjukkan peningkatan yang signifikan untuk gambar yang menyatu dengan terjemahan atau rotasi. Kita dapat melihat bahwa gambar yang menyatu dengan kolaborasi SIFT dan metode *Averaging Pixel* memberikan gambar dengan kualitas yang lebih baik, baik secara subyektif dan obyektif, meskipun diperlukan lebih banyak waktu. Untuk kedepannya bisa menambahkan metode lain sehingga akan memperbaiki performa fusi citra dan mencoba citra hasil fotografi secara *real time*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. T. Alvian, R. H. Sianipar dan M. Irwan, "Fusi citra berbasis transformasi wavelet diskrit menggunakan PCA (Prinsip Komponen Analisis)," *Dielektrika*, vol. 6, no. 1, Feb., hal. 75-83, 2019.
- [2] B. Purba, "Aplikasi perbaikan kualitas citra hasil penginderaan jauh (*remote sensing*) dengan metode *contrast stretching*," *Jurnal Technology Informatics & Computer System (Times)*, vol 6, no. 2, Des., hal. 26-36, 2017.
- [3] X. Le, X. Kang, L. Fang, dan H. Yin, "Pixel-level image fusion: a survey of the state of the art," *Information*

- Fusion*, vol. 33, Jan., hal. 100-112, 2017.
- [4] S. Paul, I. S. Sevcenco dan P. Agathoklis, "Multi-exposure and multi-focus image fusion in gradient domain," *Journal of Circuit, Systems and Computers*, vol. 25, no. 10, 2016.
- [5] H. Khusnuliawati, "Multi-feature fusion menggunakan integrasi fitur scale invariant feature transform dan local extensive binary pattern untuk pengenalan pembuluh darah pada jari," tesis master, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya, 2016.
- [6] P. Shah, S. N. Merchant, dan U. B. Desai, "An Efficient spatial domain fusion scheme for multifocus images using statistical properties of neighborhood," Dalam Proc. 2011 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2011, hal. 1-6.
- [7] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant key points," *International Journal of Computer Vision*, vol. 60, hal. 91-110, 2004.
- [8] M. A. Fischler dan R. C. Bolles, "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography," *Communications of the ACM*, vol. 24, no. 6, June, hal. 381-395, 1981.
- [9] N. Mitianoudis dan T. Stathaki, "Pixel-based and region-based image fusion schemes using ICA bases," *Information Fusion*, vol. 8, Apr., hal. 131-142, 2007.
- [10] R. Maruthi, dan K. Sankarasubramanian, "Multi focus image fusion based on the information level in the regions of the images," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 3, no. 4, Des., hal. 80-85, 2007.
- [11] S. Li dan B. Yang, "Multifocus image fusion by combining curvelet and wavelet transform," *Pattern Recognition Letters*, vol. 29, no. 9, Juli, hal. 1295-1301, 2008.
- [12] S. Ibrahim dan M. Wirth, "Visible and IR data fusion technique using the contourlet transform," Dalam Proc. IEEE International Conference Science and Engineering, 2009, hal. 42-47.

IMPLEMENTASI HIGH AVAILABILITY UNTUK PENGURANGAN WAKTU DOWNTIME PADA JARINGAN DENGAN PROTOKOL HIGH AVAILABILITY FIRST HOP REDUNDANCY PROTOCOL (FHRP)

Rodiah

Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma,
Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat
rodiah@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Banyaknya transaksi di bidang perbankan seperti E-Banking, M-Banking dan SMS-Banking secara terus menerus dan seringkali dapat menyebabkan overload pada salah satu jaringan koneksi yang berujung pada terputusnya koneksi jaringan. Pada jaringan komputer dengan fasilitas-fasilitas perbankan perlu adanya sebuah protokol yang dapat membuat jalur "cadangan" sebagai jalur yang beroperasi dan mengambil alih jalur utama apabila terjadi kesalahan atau kegagalan pada jalur yang ditetapkan sebagai jalur utama. Implementasi protokol high availability atau selalu adanya ketersediaan dalam jaringan komputer pada penyedia jasa perbankan dapat selalu terjamin. Tahapan proses dimulai dengan perencanaan konsep topologi jaringan komputer, perancangan topologi jaringan komputer, cara dan penerapan protokol High Availability First Hop Redundancy Protocol (FHRP) hingga ke teknik konfigurasi dan simulasinya. Hasil ujicoba menunjukkan HSRP proses backup berangsur lebih cepat akan tetapi tidak adanya pemberitahuan dalam pergantian jalur. Protokol HSRP ini pun hanya dapat digunakan pada router Cisco. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menemukan karakteristik dari protokol FHRP, menemukan kelebihan dan kekurangan dalam protokol FHRP serta memberikan saran dan masukan bagi penyedia fasilitas perbankan untuk koneksi jaringan yang tentunya lebih baik.

Kata Kunci: FHRP, High Availability, Jaringan, Protokol, Simulasi

Abstract

Many transactions in the banking sector such as E-Banking, M-Banking and SMS-Banking are continuous and can cause an overload on one of the network connections which leads to disconnection of the network connection. On computers with banking facilities, there is a need for a protocol that can create a "backup" path as an operating line and take over the main line, an error or failure occurs on the line designated as the main line. The implementation of high availability protocols or always the existence of collections in computer networks at banking service providers can always be guaranteed. The Stages process starts with the concept of computer network topology planning, designing a computer network topology, how and applying the First Hop Redundancy Protocol (FHRP) protocol to the layout and simulation techniques. The test results show the HSRP backup process is gradually faster but there is no notification of changing paths. This HSRP protocol can only be used on Cisco routers. The research results are expected to be able to find out the FHRP protocol, find the advantages and disadvantages of the FHRP protocol and provide suggestions and resources for banking facility providers for better network connections.

Keywords: FHRP, High Availability, Network, Protocol, Simulation

PENDAHULUAN

Beberapa penggunaan fasilitas perbankan seperti E-Banking, M-Banking dan SMS-Banking secara terus-menerus seringkali menyebabkan *overload* pada salah satu jaringan koneksi Bank yang berujung pada terputusnya koneksi jaringan. Penggunaan *Internet Service Provider* (ISP) pada konfigurasi jaringan digunakan untuk melakukan *backup* apabila salah satu dari ISP yang menjadi jalur utama pertukaran data mengalami masalah, salah satu ISP akan mengambil alih menjadi jalur utama. Akan tetapi, proses pengalihan jalur masih dilakukan secara manual dengan mengembalikan koneksi serta mengalihkan jalur yang terputus secara manual. Tentu saja hal ini memerlukan waktu yang tidak singkat, sehingga perlu dilakukan simulasi dan analisis untuk melakukan pengalihan jalur ISP yang terputus ke jalur ISP lainnya secara otomatis salah satunya dengan sebuah protokol *High Availability First Hop Redundancy Protocol* (FHRP). Protokol FHRP memiliki tiga metode antara lain: *Hot Standby Router Protocol* (HSRP), *Virtual Redundancy Router Protocol* (VRRP), dan *Gateway Load Balancing Protocol* (GLBP). Protokol FHRP dipilih karena protokol FHRP memang sejak awal dirancang khusus untuk menangani masalah kegagalan pada jaringan dengan menggunakan konsep *first-hop IP router*. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait implementasi protokol

FHRP dalam mengatasi masalah koneksi pada jaringan. Penelitian dilakukan [1] pada rancangan sebuah *VPN Server* dimana pada *VPN Client* dibuatkan dua buah *server* yang masing-masing berfungsi sebagai *Primary Server* dan *Secondary Server*. Kedua *server* ini berfungsi sebagai *server active* dan *server standby*. Penelitian [2] berbasis *VPN Fail Over* dan *Metronet Network* di mana jaringan dibangun dengan menggunakan dua jalur koneksi, yang pertama dengan menggunakan serat optik MetroNET dan yang kedua adalah VPN dengan menggunakan *wifi internet*, sehingga jika salah satu koneksi mati, koneksi lain akan menjadi *backup* secara otomatis. Penelitian [3] berbasis FHRP dengan protokol GLBP. Peneliti melakukan analisis terhadap protokol GLBP yang dapat dikatakan bahwa protokol GLBP merupakan protokol paling baik dari segi performa dan waktu konvergensi. Penelitian [4] berbasis FHRP dengan *monitoring* menggunakan *Internet Protocol Service Level Agreement* (IPSLA) di mana metode ini mampu memaksimalkan metode *High Availability* dan mengukur tingkat kinerja dari lalu lintas jaringan serta meningkatkan kinerja dari jaringan yang telah dibuat. Penelitian [5] berbasis *Server* dengan Teknik *Fail Over Virtual Cluster* di mana peneliti membangun sistem dengan tingkat *availability* yang tinggi dengan menerapkan *server clustering*. Penelitian [5] menggabungkan beberapa sumber daya yang bekerja sama sehingga tampak seolah-olah

merupakan suatu sistem tunggal yang dinamakan *failover cluster*.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah peneliti dapat menemukan karakteristik dari protokol FHRP, menemukan kelebihan dan kekurangan dalam protokol FHRP serta memberikan saran dan masukan bagi penyedia fasilitas perbankan untuk koneksi jaringan yang tentunya lebih baik. Dalam membuat sebuah rancangan terhadap jaringan komputer, setiap *Network Administrator* tidak akan langsung merancang atau menerapkan sebuah jaringan komputer dan protokolnya secara langsung dalam dunia nyata, melainkan membuat sebuah simulasi terlebih dahulu. Simulasi dilakukan untuk meminimalisir kesalahan yang mungkin terjadi pada saat implementasi di dunia nyata. Salah satu contohnya adalah ketidaksesuaian alamat alamat *IP address* pada *client* yang menyebabkan jaringan menjadi tidak berjalan sesuai dengan fungsinya. Pembentukan simulasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dana serta waktu dalam membuat

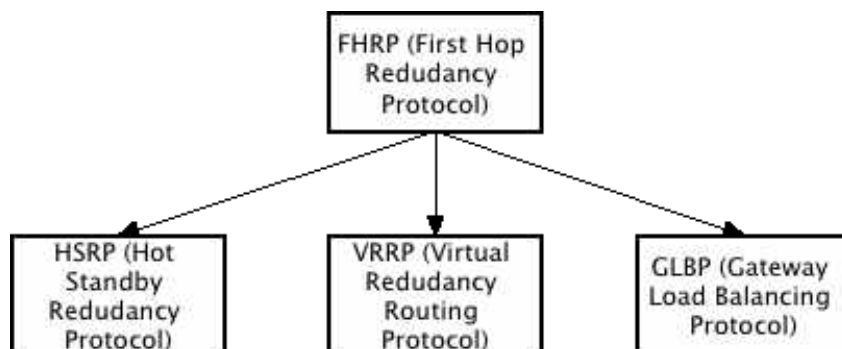
sebuah rancangan terhadap jaringan komputer.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri atas beberapa tahapan proses. Tahapan awal dimulai dengan perancangan yang terdiri dari Klasifikasi Protokol, Klasifikasi Perangkat Lunak, dan Perancangan Topologi. Proses selanjutnya adalah Konfigurasi yang terdiri atas: Konfigurasi IP dan Konfigurasi Protokol dan tahap akhir dilakukannya uji coba atau simulasi terhadap jaringan yang telah dirancang.

A. Klasifikasi Protokol

Protokol merupakan sebuah aturan dalam jaringan komputer yang memungkinkan komputer satu dan yang lainnya dapat berkomunikasi. Protokol yang peneliti gunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Klasifikasi Protokol FHRP

B. Perancangan Topologi Protokol FHRP

Pada perancangan topologi protokol FHRP peneliti membuat beberapa tabel serta beberapa gambar yang berfungsi sebagai komponen-komponen yang dibutuhkan untuk

melakukan konfigurasi dan simulasi protokol FHRP dalam penelitian ini.

Sebelum itu, peneliti membuat sebuah tabel yang berisi *ip network* sebagai contoh pada sebuah kantor perbankan seperti dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh Perancangan IP Network dan IP Gateway pada Kantor Perbankan

Nama	Network	IP	Gateway
Kantor Pusat	192.168.20.0	192.168.20.2	FHRP
	192.168.30.0	192.168.30.2	FHRP
	192.168.40.0	192.168.40.2	FHRP
KCU	192.168.50.0	192.168.50.2	FHRP
	192.168.50.0	192.168.50.3	FHRP
	192.168.50.0	192.168.50.4	FHRP
KCP	192.168.60.0	192.168.60.2	FHRP
	192.168.60.0	192.168.60.3	FHRP
	192.168.60.0	192.168.60.4	FHRP
KKas	192.168.70.0	192.168.70.2	FHRP
	192.168.70.0	192.168.70.3	FHRP
	192.168.70.0	192.168.70.4	FHRP

Tabel 2. Perancangan IP Network dan IP Gateway Router-ISP

Nama	Keterangan	Network	Gateway
KP-KCU			
ISP1KCU	F0/0	192.168.20.1	FHRP
ISP1KCU	F0/1	192.168.50.1	FHRP
ISP2KCU	F0/0	192.168.20.2	FHRP
ISP2KCU	F0/1	192.168.50.2	FHRP
KP-KCP			
ISP1KCP	F0/0	192.168.30.1	FHRP
ISP1KCP	F0/1	192.168.60.1	FHRP
ISP2KCP	F0/0	192.168.30.2	FHRP
ISP2KCP	F0/1	192.168.60.2	FHRP
KP-KKas			
ISP1KKas	F0/0	192.168.40.1	FHRP
ISP1KKas	F0/1	192.168.70.1	FHRP
ISP2KKas	F0/0	192.168.40.2	FHRP
ISP2KKas	F0/1	192.168.70.2	FHRP

Setelah selesai merancang IP *Network* dan IP *Gateway* serta perangkat keras yang akan digunakan maka peneliti membangun topologi jaringan yang mencakup Kantor Pusat (KP), Kantor Cabang Utama (KCU), Kantor Cabang Pembantu (KCP), dan Kantor Kas (KKas) di dalam *Graphic Network Simulator 3 Version 2.1.4* menggunakan konsep *routing* OSPF dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 3 menunjukkan perancangan routing dan Tabel 4 menunjukkan perancangan

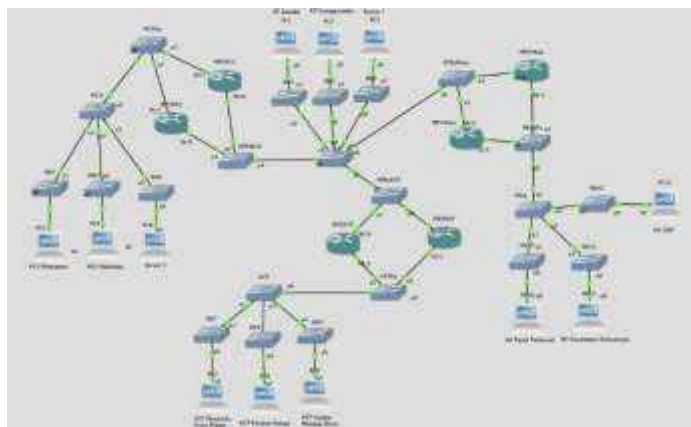
perangkat keras yang digunakan. Routing Table OSPF dengan topologi FHRP terdiri dari 3 router yaitu OSPF 1, OSPF 2 dan OSPF 3 dimana masing-masing router mewakili topologi jaringan dari masing-masing kantor (KCU, KCP dan Kas). Perancangan ini merupakan tahap awal yang harus dilakukan sebelum konfigurasi pada jaringan dilakukan. Gambar 2 merupakan topologi jaringan yang peneliti rancang dengan protokol FHRP.

Tabel 3. Perancangan Routing Table OSPF Topologi FHRP

Nama	Keterangan	Network	Keterangan
Router OSPF 1	ISP1KCU	192.168.20.0	KP
		192.168.50.0	KCU
	ISP2KCU	192.168.30.0	KP
		192.168.50.0	KCU
Router OSPF 2	ISP1KCP	192.168.30.0	KP
		192.168.60.0	KCP
	ISP2KCP	192.168.30.0	KP
		192.168.60.0	KCP
Router OSPF 3	ISP1KKas	192.168.40.0	KP
		192.168.70.0	KKas
	ISP2KKas	192.168.40.0	KP
		192.168.70.0	KKas

Tabel 4. Perancangan Perangkat Keras Topologi FHRP

X	PC	Ethernet Switch	Router(C2691)	Kabel Ethernet
Jumlah	12	21	6	42



Gambar 2. Topologi FHRP GNS3

C. Tahap Konfigurasi

Konfigurasi dilakukan secara langsung dalam mode CLI di dalam VPCS dan *Router*. VPCS di sini berperan sebagai perwakilan *server* dan perwakilan dari kantor-kantor suatu area dengan tahapan sebagai berikut :

1. Melakukan konfigurasi IP pada VPCS dilakukan secara berurutan dari VPCS untuk area kantor pusat hingga VPCS untuk area kantor kas
2. Pada area kantor pusat, membentuk tiga buah konfigurasi IP pada PC1-PC3 dengan aturan [(ip (ip-vpcs) (subnetmask))] lalu melakukan penyetelan pada PC1-PC3 kemudian masuk kedalam mode CLI seperti dapat dilihat pada Gambar 3.
3. Pada area kantor cabang utama dibentuk tiga buah VPCS dengan ketentuan seperti pada Tabel 5.

```

christian — PC1 — telnet 127.0.0.1 5047 — 80x10
PC1> ip 192.168.20.2 255.255.255.0
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.20.2 255.255.255.0

PC1> save pc1
Saving startup configuration to pc1.vpc
. done

PC1>
  
```

Gambar 3. Contoh Konfigurasi IP pada PC1

Tabel 5. Daftar IP pada VPCS Kantor Cabang Utama

Nama VPCS	Keterangan	IP Network	IP VPCS	IP Gateway	Port Gateway
PC4	KCU Matraman	192.168.50.0	192.168.50.2	FHRP	F0/1
PC5	KCU Balaikota	192.168.50.0	192.168.50.3	FHRP	F0/1
PC6	Server 1	192.168.50.0	192.168.50.4	FHRP	F0/1

```

christian — PC4 — telnet 127.0.0.1 5067 — 80x10
PC4> ip 192.168.50.2 255.255.255.0
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.50.2 255.255.255.0

PC4> save pc4
Saving startup configuration to pc4.vpc
. done

PC4>
  
```

Gambar 4. Contoh Konfigurasi IP pada KCU PC4

Pertama dilakukan konfigurasi IP pada PC4-PC6 dengan aturan [(ip (ip-vpcs) (subnetmask)] lalu pada PC4-PC6 kemudian masuk kedalam mode CLI seperti dapat dilihat pada Gambar 4.

D. Konfigurasi Protokol *First Hop Routing Protocol (FHRP)*

Setelah konfigurasi IP dan konfigurasi *routing* protokol langkah selanjutnya yang adalah konfigurasi protokol. Ada tiga buah protokol dari protokol FHRP yang akan di konfigurasi pada penelitian ini di mana peneliti akan menggunakan prioritas yang sama untuk ketiga buah protokol yaitu sebesar 110 dan 120 dengan minimum penggunaan

sebesar 1 dan maksimum penggunaan sebesar 255.

E. Konfigurasi Protokol *Hot Standby Routing Protocol (HSRP)*

Protokol pertama yang akan peneliti konfigurasi adalah protokol HSRP yang mencakup tiga area dengan masing-masing dua *router* yang akan menjadi *router active* (ISP1) dan *router standby* (ISP2). Konfigurasi protokol HSRP dari Kantor Cabang Utama hingga Kantor Kas dengan ketentuan berikut:

1. Konfigurasi HSRP pada GNS3 dilajukan dengan mengaktifkan *router active* (ISP1) dan *router standby* (ISP2) seperti dapat dilihat pada contoh Gambar 5.

```

cisco 2691 (R7000) processor (revision 0.1) with 187392K/9216K bytes of memory.
Processor board ID XXXXXXXXXXXX
R7000 CPU at 80MHz, Implementation 39, Rev 2.1, 256KB L2, 512KB L3 Cache
Bridging software.
X.25 software, Version 3.0.0.
TNS3270 Emulation software.
2 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
1 Serial network interface(s)
2 Serial(sync/async) network interface(s)
DRAM configuration is 64 bits wide with parity enabled.
56K bytes of non-volatile configuration memory.

SETUP: new interface FastEthernet0/0 placed in "shutdown" state
SETUP: new interface Serial0/0 placed in "shutdown" state
SETUP: new interface FastEthernet0/1 placed in "shutdown" state
SETUP: new interface Serial0/1 placed in "shutdown" state
SETUP: new interface Serial0/2 placed in "shutdown" state

Press RETURN to get started!

```

Gambar 5. Tampilan CLI Router C2691 GNS3

```

[ISP1KCU#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
[ISP1KCU(config)#interface f0/0
[ISP1KCU(config-if)#standby 1 ip 192.168.20.1
[ISP1KCU(config-if)#standby 1 priority 120
[ISP1KCU(config-if)#standby 1 preempt
ISP1KCU(config-if)#
*Mar 1 06:07:43.810: %HSRP-6-STATECHANGE: FastEthernet0/0 Grp 1 state Standby -
> Active
ISP1KCU(config-if)#

```

Gambar 6. Konfigurasi Protokol HSRP pada Router ISP1KCU Port F0/0

```

christian — PC2 — telnet 127.0.0.1 5049 — 80x25
PC2> ping 192.168.60.2
192.168.60.2 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=48.532 ms
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=36.933 ms
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=14.005 ms
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=25.005 ms

PC2> ping 192.168.60.3
192.168.60.3 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.60.3 icmp_seq=2 ttl=63 time=49.669 ms
84 bytes from 192.168.60.3 icmp_seq=3 ttl=63 time=35.366 ms
84 bytes from 192.168.60.3 icmp_seq=4 ttl=63 time=14.256 ms
84 bytes from 192.168.60.3 icmp_seq=5 ttl=63 time=14.245 ms

PC2> ping 192.168.60.4
192.168.60.4 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.60.4 icmp_seq=2 ttl=63 time=42.667 ms
84 bytes from 192.168.60.4 icmp_seq=3 ttl=63 time=29.102 ms
84 bytes from 192.168.60.4 icmp_seq=4 ttl=63 time=17.868 ms
84 bytes from 192.168.60.4 icmp_seq=5 ttl=63 time=23.230 ms

PC2> █

```

Gambar 7. Contoh Uji Koneksi

2. Melakukan pengelompokan IP Protokol HSRP serta melakukan konfigurasi pada setiap *router*.
3. Melakukan konfigurasi pada area ISP1KCU terlebih dahulu. Diberikan nilai prioritas pada ISP1KCU sebesar 120 agar ISP1KCU ini menjadi *router active*, karena prioritas *default* nya adalah 100. Pada kedua buah interface dilakukan pemberian IP HSRP seperti dapat dilihat pada Gambar 6.
4. Melakukan uji koneksi pada area kantor cabang pembantu dengan area kantor pusat seperti dapat dilihat pada contoh Gambar 7.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji coba dilakukan dengan melakukan simulasi pada beberapa protokol yang telah diimplementasikan.

A. Simulasi Protokol FHRP

Peneliti melakukan simulasi dengan melakukan sebuah pengiriman paket data dari satu area ke area lainnya, lalu setelah paket data tersebut berhasil diterima, peneliti memutuskan *node* atau *port* dari *router* yang menjadi jalur utama dalam melakukan pertukaran paket data tersebut. Ketika terputus lalu tersambung kembali, maka dapat dikatakan bahwa simulasi protokol FHRP berhasil.

B. Simulasi Protokol HSRP (*Hot Standby Routing Protocol*)

Protokol pertama yang peneliti lakukan uji coba adalah Protokol HSRP. Peneliti melakukan simulasi dari area cabang hingga area kantor kas dengan metode dua arah yaitu KP ke masing-masing area dan dari masing-masing area menuju KP dengan spesifikasi simulasi sebagai berikut:

1. Membuka PC4, PC5 dan PC6 pada area kantor cabang utama lalu melakukan uji

koneksi ke PC1 pada area kantor pusat seperti dapat dilihat pada Gambar 8.

Pada saat uji koneksi sedang berjalan, peneliti masuk ke dalam *active router* ISP1KCU dan memutuskan *node* atau kabel

utama yang menjadi jalur pertukaran data antara area Kantor Cabang Utama dengan area Kantor Pusat seperti dapat dilihat pada Gambar 9.

```
christian — PC4 — telnet 127.0.0.1 5067 — 80x24
[PC4> ping 192.168.20.2 -t -l 1000

1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=49.646 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=24.810 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=32.328 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=17.001 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=18.097 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=6 ttl=63 time=14.369 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=7 ttl=63 time=19.847 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=8 ttl=63 time=20.115 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=9 ttl=63 time=29.510 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=10 ttl=63 time=24.587 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=11 ttl=63 time=14.118 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=12 ttl=63 time=17.982 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=13 ttl=63 time=18.341 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=14 ttl=63 time=23.670 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=15 ttl=63 time=18.463 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=16 ttl=63 time=19.393 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=17 ttl=63 time=22.448 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=18 ttl=63 time=20.007 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=19 ttl=63 time=24.233 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=20 ttl=63 time=15.012 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=21 ttl=63 time=23.180 ms
1028 bytes from 192.168.20.2 icmp_seq=22 ttl=63 time=16.571 ms
```

Gambar 8. Uji Koneksi Dari PC4 Ke PC1 (Kantor Pusat)

```
christian — ISP1KCU — telnet 127.0.0.1 5096 — 80x16
ISP1KCU#configura terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
ISP1KCU(config)#interface f0/0
ISP1KCU(config-if)#shutdown
ISP1KCU(config-if)#
*Mar 2 06:02:51.048: %HSRP-6-STATECHANGE: FastEthernet0/0 Grp 1 state Active ->
Init
ISP1KCU(config-if)#
*Mar 2 06:02:51.060: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.50.20 on FastEthernet0/0 from FULL to DOWN, Neighbor Down: Interface down or detached
ISP1KCU(config-if)#
*Mar 2 06:02:53.048: %LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to administratively down
*Mar 2 06:02:54.048: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to down
ISP1KCU(config-if)#
```

Gambar 9. Memutuskan *Interface* Utama pada Router ISP1KCU

```
christian — ISP2KCU — telnet 127.0.0.1 5097 — 80x7
ISP2KCU#
*Mar 2 05:37:05.964: %HSRP-6-STATECHANGE: FastEthernet0/0 Grp 1 state Standby -> Active
ISP2KCU#
*Mar 2 05:37:32.396: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.50.10 on FastEthernet0/0 from FULL to DOWN, Neighbor Down: Dead timer expired
ISP2KCU#
```

Gambar 10. Perubahan *Router Status* Protokol HSRP pada Router ISP2KCU

```

christian — ISP1KCU — telnet 127.0.0.1 5096 — 80x28
ISP1KCU#show standby
FastEthernet0/0 - Group 1
  State is Active
    2 state changes, last state change 00:01:50
  Virtual IP address is 192.168.28.1
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac01
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac01 (default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
  Next hello sent in 0.388 secs
  Preemption enabled
  Active router is local
  Standby router is 192.168.28.20, priority 110 (expires in 9.852 sec)
  Priority 120 (configured 120)
  IP redundancy name is "hsrp-Fa0/0-1" (default)
FastEthernet0/1 - Group 1
  State is Active
    2 state changes, last state change 00:01:50
  Virtual IP address is 192.168.50.1
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac01
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac01 (default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
  Next hello sent in 0.372 secs
  Preemption enabled
  Active router is local
  Standby router is 192.168.50.20, priority 110 (expires in 7.396 sec)
  Priority 120 (configured 120)
  IP redundancy name is "hsrp-Fa0/1-1" (default)
ISP1KCU#

```

Gambar 11. Show Standby Protokol HSRP ISP1

Terlihat bahwa status *router* ISP1KCU berubah statusnya dari *active* menjadi *init* dan pada *standby router* ISP2KCU berubah pula statusnya dari *standby* menjadi *active* seperti pada Gambar 10.

Setelah statusnya berubah, uji koneksi yang terhambat atau terhenti karena terputusnya jalur utama, karena paket yang

dikirimkan bertukar data pada jalur utama yang baru pada ISP2KCU.

C. Analisis Protokol HSRP

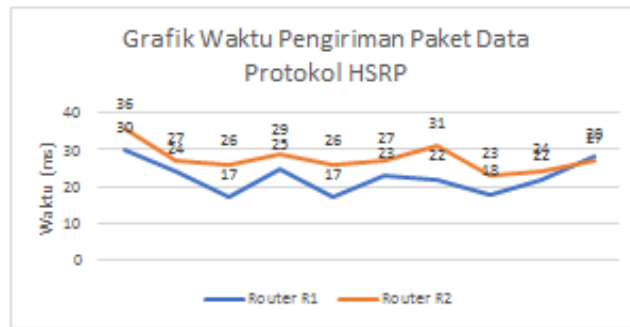
Analisis karakteristik protokol HSRP dengan cara membuka ISP1 dan ISP2 dari salah satu area, kemudian dilakukan *show standby* seperti dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.

```

christian — ISP2KCU — telnet 127.0.0.1 5097 — 80x28
ISP2KCU#show standby
FastEthernet0/0 - Group 1
  State is Standby
    1 state change, last state change 00:00:39
  Virtual IP address is 192.168.20.1
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac01
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac01 (default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
  Next hello sent in 2.056 secs
  Preemption enabled
  Active router is 192.168.20.10, priority 120 (expires in 8.676 sec)
  Standby router is local
  Priority 110 (configured 110)
  IP redundancy name is "hsrp-Fa0/0-1" (default)
FastEthernet0/1 - Group 1
  State is Standby
    1 state change, last state change 00:00:39
  Virtual IP address is 192.168.50.1
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac01
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac01 (default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
  Next hello sent in 2.072 secs
  Preemption enabled
  Active router is 192.168.50.10, priority 120 (expires in 8.564 sec)
  Standby router is local
  Priority 110 (configured 110)
  IP redundancy name is "hsrp-Fa0/1-1" (default)
ISP2KCU#

```

Gambar 12. Show Standby Protokol HSRP ISP2



Gambar 13. Grafik Uji Coba Protokol HSRP

Hasil analisis protokol:

1. Terdiri dari *active router* dan *standby router*. Terlihat bahwa ISP1 menjalankan perannya sebagai *active router* dan ISP2 menjalankan perannya sebagai *standby router*.
2. Menggunakan *virtual IP*, dimana *virtual IP* ini membuat sebuah *logical router* sebagai jalur untuk meneruskan paket data.
3. Bertukar *hello packet* ke masing-masing *router* setiap 3 detik sekali.
4. Memerlukan *preemption*.
5. Waktu tunggu atau *hold time* dari protokol HSRP ini adalah 10 detik.
6. *Priority default* pada protokol HSRP adalah 100.
7. *Group Virtual Mac* pada 0000.0c07.acxx.

Setelah itu dilakukan hasil uji coba protokol HSRP kedalam bentuk grafik pada Gambar 13. Grafik tersebut menggambarkan waktu pengiriman data dari semua area menuju kantor pusat, dimana pengiriman data tersebut di jembatani oleh dua buah *router*. R1 berperan

sebagai *router active* yang menjadi jalur utama pada saat melakukan uji coba. Ketika jalur utama yang terhubung ke R1 diputuskan, maka R2 lah yang menjadi *router active*. Dapat dilihat bahwa waktu yang ditempuh atau dibutuhkan data sebelum dan sesudah *router* mengalami *failure* selama melakukan uji coba adalah relatif sama.

D. Karakteristik Protokol FHRP

Setelah peneliti mendapatkan hasil, maka penulis membuat sebuah tabel yang berisi dari karakteristik dari protokol FHRP seperti dapat dilihat pada Tabel 6. Protokol HSRP memiliki konfigurasi yang sangat mudah dipahami dan mudah dimplementasikan, hanya saja waktu *backup* protokol HSRP relatif lebih lama juga tidak adanya *load balancing* pada protokol ini. Protokol HSRP hanya dapat digunakan pada *router* yang hanya dibuat oleh Cisco, selain *router* Cisco, protokol HSRP ini tidak dapat di konfigurasi.

Tabel 6. Karakteristik Protokol FHRP

Karakteristik	HSRP	VRRP	GLBP
Ruang Lingkup	Cisco Proprietary	IEEE Standart	Cisco Proprietary
Standart	RFC 2281	RFC 3768	None
OSI Layer	Layer 3	Layer 3	Layer 2
Load Balancing	Tidak	Tidak	Ya
Multicast IP	224.0.0.2	224.0.0.18	224.0.0.102
Transport Port	UDP 1985	UDP 112	UDP 3222
Hello Timer	3 detik	Adv 1 detik	3 detik
Hold Timer	10 detik	(Master Down Interval)3 * Advertisement + Skew Time. Skew Time = (256-Priority/256).	10 detik
Pemilihan Backup	Prioritas Tertinggi IP Tertinggi*	Prioritas Tertinggi IP Tertinggi*	Prioritas Tertinggi IP Tertinggi*
Fungsi Router Group Mac	Active, Backup 000.0c07.acxx	Master, Backup 000.5e00.01xx	Active, Forwarder 007.b4xx.xxxx
IPv6 Support	Ya	Ya	Ya

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada simulasi uji coba protokol FHRP berhasil diidentifikasi karakteristik dari ketiga protokolnya. Beberapa karakteristik yang cukup unik ditemukan dalam melakukan penelitian ini. Pada protokol HSRP dan GLBP terdapat karakteristik dimana protokol HSRP dan GLBP hanya dapat digunakan pada perangkat Cisco, sedangkan untuk VRRP dapat digunakan pada semua perangkat. Pada penamaan *router* pun, pada HSRP adalah *Active Backup*, untuk VRRP *Master, Backup*, pada GLBP adalah *Active, Forwarder*. Protokol FHRP mempunyai kelebihan serta kekurangan yang peneliti alami selama melakukan simulasi. Sebagai contoh, pada HSRP proses backup berangsur lebih cepat akan tetapi tidak adanya pemberitahuan dalam pergantian jalur.

Protokol HSRP ini pun hanya dapat digunakan pada *router* Cisco.

Pengembangan topologi jaringan dilakukan dengan melakukan simulasi penerapan ketiga protokol ini dalam suatu perusahaan yang memiliki banyak kantor cabang dan terdapat banyak segmentasi baik dalam kantor pusatnya sendiri maupun di dalam setiap kantor cabang yang tersedia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. K.. Batumalai, J. N. G. P. Soon, C. P. Yin, W. S. Wan, P. K. Yuen, dan L. E. Heng, "IP redundancy and load balancing with gateway load balancing protocol," *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, vol. 4, no. 3, Mar., hal. 218-222, 2015.
- [2] A.Sukmaaji, T. A. Prabawati, dan Rianto, *Jaringan Komputer: Konsep*

- Dasar Pengembangan Jaringan & Keamanan Jaringan*. Jogjakarta: Andi Offset, 2008.
- [3] A. S. Tanenbaum, *Jaringan Komputer*. Jakarta: Salemba Teknika, 1993.
- [4] P. T. Pribadi, "Implementasi *High-Availability VPN Client* pada jaringan komputer Fakultas Hukum Universitas Udayana," *Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 1, Apr., hal. 17-24, 2013.
- [5] A. I. Harsapranata, "Implementasi *Fail Over* menggunakan jaringan VPN dan Metronet pada Astridogroup Indonesia," *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no.13, hal. 69-77, 2015.
- [6] A. J. Mahdi dan A. A. Hussain, "Simulation of High Availability Internet Service Provider's Network," *Iraqi Journal of Computers, Communication, Control & Systems Engineering*, vol. 13, no. 1, hal. 18-31, 2013.
- [7] F. Shahriar, S. Newaz, S. Z. Rashid, dan M. Rahman, "Designing a reliable and redundant network for multiple VLANs with Spanning Tree Protocol (STP) and Fast Hop Redundancy Protocol (FHRP)," Dalam *Proceedings International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2018, hal. 534-540.
- [8] Irfani, "Implementasi *High Availability Server* dengan teknik *Failover Virtual Computer Cluster*," Tesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia, 2015.