

Jurnal Teknologi **TECHNOSCIENTIA**

Vol. 10 No. 1 Agustus 2017



SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab : Dr. Ir. Sudarsono, M.T.
Ketua Penyunting : Dr. Edhy Sutanta, S.T., M.Kom.
Sekretaris Penyunting : Safriyudin, S.T., M.T.
Bendahara : Ari Santoso, S.T.

Reviewer :

1. Ellyawan Setyo Arbintarso, M.Sc., Ph.D.
2. Dr. Ir. Sudarsono, M.T.
3. Dr. Ir. Amir Hamzah, M.T.
4. Dr. Ir. Hj. Titin Isna Oesman, M.M.
5. Dr. Sri Mulyaningsih, S.T., M.T.

Peer Reviewer :

1. Dr. Asti Dwi Irfianti, S.Kom., M.Kom. (UPN Surabaya)
2. Dr. Bambang Sugiantoro, M.T. (UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta)
3. Dr. Darwan, S.Kom., M.Kom. (IAIN Syekh Nurjati Cirebon)
4. Dr. Hermawan Syahputra, S.Si., M.Si. (Universitas Negeri Medan)
5. Dr. Heri Setiawan, S.Kom., M.Kom. (Univ. Indo Global Mandiri Palembang)
6. Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si. M.Kom. (Univ. Pendidikan Ganesha Singaraja)
7. Dr. Ir. Muhammad Hasbi, M.Kom. (STMIK Sinar Nusantara Surakarta)
8. Dr. Jumi, S.Kom., M.Kom. (Politeknik Negeri Semarang)
9. Dr. Sri Andayani, S.Si., M.Kom. (Universitas Negeri Yogyakarta)
10. Dr. WijangWidhiarso, S.Kom., M.Kom. (STMIK MDP Palembang)

Dewan Redaksi :

1. Rokhana Dwi Becti, S.Si., M.Si.
2. Rosalia Arum Kumalasanti, S.T., M.T.
3. Dra. Yui Pratiwi., M.Si.
4. Muhammad Andang Novianta, S.T., M.T.
5. Joko Triyono, S.Kom., M.Cs.

Redaksi Pelaksana :

1. Aji Pranoto, S.Pd., M.Pd.
2. Dra. Suprih Ambawani, M.Pd.
3. Erna Kumalasari Nurnawati, S.T., M.T.
4. Blana Radetyana, S.Kom.I

DAFTAR ISI

	Hal:
Optimasi Penurunan Kadar Asam dan Angka Peroksida Minyak Jelantah Industri Krecek Rambak dengan Kulit Singkong Desi Erlita	1-4
Optimasi Penyerapan Limbah Fosfat dan BOD Industri Laundry Dengan Variasi Media Tanam pada SSF-Wetland Ernastin Maria, Amallia Puspitasari	5-10
Hubungan Power Faktor Isolasi Terhadap Kemampuan Isolasi Transformator Daya 150/20 KV Mujiman, Aru Purba Ardian Niagara	11-17
Studi Fasies dan Lingkungan Pengendapan Batuan Karbonat, Formasi Wonosari, Pada Situs Goa Jepang, Daerah Pesisir Parangtritis, Desa Seloharjo, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, DIY Dina Tania	18-24
Tata Kelola Teknologi Informasi Menggunakan Frame Work Cobit 4-1 dengan Model Maturity Level Perusahaan Telekomunikasi Adityawan Chandra	25-36
Perancangan Sistem Pengambilan Kartu Ujian Online Menggunakan Framework Codeigniter (Studi Kasus IST AKPRIND Yogyakarta) Said, Emy Setyaningsih, Harmastuti	37-47
Sistem Pentanahan Switchyard dengan Kisi-kisi (Grid) pada Gardu Induk 150 KV Bantul Slamet Hani	48-56
Potret Pemanfaatan Architecture Enterprise Perguruan Tinggi di Indonesia Lathifah, R.Teduh Dirgahayu, Handson Prihantoro	57-65
Perbandingan Metode Spektrofotometri UV-VIS dan Iodimetri dalam Penentuan Asam Askorbat sebagai Bahan Ajar Kimia Analitik Mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian Berbasis Open-Ended Experiment dan Problem Solving Dodi Iskandar	66-70
Pengaruh Diskontinuitas Massa Batuan Vulkanik terhadap Stabilitas Lereng di Daerah Jelapan & Sekitarnya, Kec. Pundong, Kab. Bantul, DIY Arie Noor Rakhman, Nur Widi Astanto Agus Triheriyadi	71-77
Model Pengukuran Kesiapan Implementasi Arsitektur Enterprise Berbasis Critical Success Factor Adam Sekti Aji, Teduh Dirgahayu, Hanson Prihantoro Putro	78-83
Pengaruh Morfologi dan Sifat Material Terhadap Kestabilan Lereng di Kecamatan Kalibawang, Kulon Progo Supandi, Shilvyanora AR, Isjudarto Ag	84-91
Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya Subandi	92-98
Sistem Telemetri Tingkat Konsentrasi Gas Co2 sebagai Penanganan Dampak Global Warming Berbasis Mikrokontroler dengan Informasi SMS Gateway Hadi Prasetyo Suseno, Muhammad Andang Novianta, Catur Iswahyudi	99-108
Enkripsi Citra Digital Menggunakan Kombinasi Algoritme Hill Cipher dan Chaos Map dengan Penerapan Teknik Selektif pada Bit MSB Devi Ratnasari, Hajar Puji Sejati	109-116

OPTIMASI PENURUNAN KADAR ASAM DAN ANGKA PEROKSIDA MINYAK JELANTAH INDUSTRI KRECEK RAMBAK DENGAN KULIT SINGKONG

Desi Erlita¹

¹Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Yogyakarta
Email: desierlita@gmail.com

Masuk: 21 Juni 2017, Revisi masuk: 21 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

Cooking oil is one of basic food consumed by the whole society. One industry that many use a lot of cooking oil is krecek rambak industries at the Segoroyoso, Pleret, Bantul, Yogyakarta. One waste has not managed well in the rambak krecek industries is jelantah oil. The purpose of this research is to get cooking oil regenerate. The cooking oil regeneration done obtained from purification of jelantah oil using adsorbent (carbon active). One of the materials can be used as a carbon active is cassava skin. The skin cassava obtained from the waste of the merchant food. Making carbon active waste skin cassava done with chemicals process because the process simpler than with physics process. In this research, the longer time of submersion jelantah oil with adsorbent then the lesser levels of free fatty acids and peroxides in jelantah oil. The levels of free fatty acids and peroxide value optimally on the day to 6 submersion of 6,3835% and 15,6179Ml.eq/kg.

Keywords: peroxide value, free fatty acids, carbon active, jelantah oil.

INTISARI

Minyak goreng merupakan salah satu dari bahan pokok yang dikonsumsi oleh seluruh lapisan masyarakat. Salah satu industri yang banyak menggunakan banyak minyak goreng adalah Industri Krecek Rambak di Kelurahan Segoroyoso, Kecamatan Pleret, Bantul, Yogyakarta. Salah satu limbah yang belum terkelola dengan baik di industri rambak krecek adalah minyak jelantah. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh minyak goreng regenerasi. Dalam penelitian ini, minyak goreng regenerasi dilakukan dengan pemurnian minyak jelantah menggunakan adsorben karbon aktif. Salah satu bahan yang bisa dijadikan karbon aktif adalah kulit singkong. Kulit singkong diperoleh dari limbah pedagang gorengan. Pembuatan karbon aktif limbah kulit singkong dilakukan dengan aktivasi kimia dikarenakan prosesnya lebih sederhana dibandingkan dengan aktivasi fisika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman minyak jelantah dengan adsorben maka semakin turun kadar asam lemak bebas dan angka peroksida dalam minyak jelantah. Kadar asam lemak bebas dan angka peroksida terendah (optimum) adalah pada waktu perendaman hari ke-6 yaitu sebesar 6,3835% dan 15,6179 Ml.eq/kg.

Kata kunci: angka peroksida, asam lemak bebas, adsorben, minyak jelantah.

PENDAHULUAN

Minyak goreng merupakan salah satu bahan pokok yang dikonsumsi oleh masyarakat, baik dalam rumah tangga maupun industri. Berdasarkan data yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Perdagangan Dalam Negeri (DJPDN) disebutkan bahwa kebutuhan minyak goreng dalam negeri meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2013 konsumsi minyak goreng di Indonesia berada pada

angka 4,2 ton dan pada tahun 2015 kebutuhan minyak goreng di Indonesia meningkat menjadi 5,2 ton. Sebagian masyarakat, baik dalam rumah tangga maupun industri menggunakan minyak goreng secara berulang-ulang dengan alasan ekonomis. Pemakaian minyak goreng berulang-ulang tersebut akan mempengaruhi kesehatan dan dapat menyebabkan keracunan dalam tubuh serta menimbulkan penyakit seperti:

diare, pengendapan lemak dalam pembuluh darah, dan kanker (Ketaren, 1986). Secara visual kerusakan minyak goreng dapat diamati dengan bau, warna kecoklatan, dan rasa tengik yang disebabkan oleh auto oksidasi minyak.

Selama penggorengan minyak goreng akan mengalami pemanasan pada suhu tinggi 170°C-180°C dalam waktu yang cukup lama. Hal ini akan menyebabkan terjadinya proses oksidasi, hidrolisis, dan polimerisasi yang menghasilkan senyawa-senyawa hasil degradasi minyak seperti keton, aldehyd, dan polimer yang merugikan kesehatan manusia. Proses-proses tersebut menyebabkan kerusakan pada minyak goreng. Kerusakan lain akibat proses penggorengan adalah adanya kotoran yang berasal dari bumbu yang digunakan dan bahan yang digoreng (Andarwulan, dkk.,1997). Parameter minyak goreng yang aman dikonsumsi oleh masyarakat menurut Standar Nasional Indonesia ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar mutu minyak goreng menurut Standar Nasional Indonesia

No	Parameter	Spesifikasi
1	Bau	Normal
2	Rasa	Normal
3	Kadar Air	Maksimal 0,3 (%)
4	Warna	Muda Jernih
5	Cita Rasa	Hambar
6	Asam Lemak bebas	Maksimal 0,3 (%)
7	Cemaran Logam	
	- Besi	Maksimal 1,5 mg/Kg
	- Timbal	Maksimal 0,1 mg/Kg
	- Tembaga	Maksimal 40,0 mg/Kg
	- Seng	Maksimal 0,05 mg/Kg
	- Raksa	Maksimal 0,1 mg/Kg
	- Timah	Maksimal 0,1 mg/Kg
	- Arsen	Maksimal 0,1 %
8	Bilangan Peroksida	Maksimal 2 (meq/kg)
9	Bilangan Iodium	45 - 46
10	Bilangan Penyabunan	196 - 206
11	Berat jenis	0,900 (g/ml)

Salah satu industri yang banyak menggunakan minyak goreng adalah industri rambak krecek yang berada di Kelurahan Segoroyoso, Pleret, Bantul, Yogyakarta. Salah satu limbah industri rambak krecek adalah minyak jelantah. Setelah pemakaian untuk penggorengan

minyak jelantah seharusnya dibuang. Minyak goreng *reprocessing* merupakan minyak goreng yang telah dimurnikan sehingga dapat digunakan kembali (Wijana, dkk.,2005). Dalam penelitian ini minyak jelantah dilakukan proses *reprocessing* dengan cara dimurnikan menggunakan karbon aktif. Kulit singkong adalah limbah yang bisa dimanfaatkan sebagai karbon aktif, karena mengandung selulosa. Selulosa pada kulit singkong sebesar 80-85% dari berat kulit singkong. Proses pembuatan karbon aktif dari kulit singkong sangat sederhana yaitu dengan dilakukan proses aktivasi dan karbonisasi.

Regenerasi minyak jelantah telah dicoba dengan cara mengadsorpsi komponen-komponen dalam minyak jelantah menggunakan adsorben dari bahan alami seperti arang aktif, dan tanah pemucat (Anggono, 1996), atau menggunakan karbon aktif, magnesium silikat, kalsium silikat, dan bentonit (Yuliana, dkk., 2005).

Karbon aktif merupakan padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan suhu tinggi (Chand, dkk, 2005). Keaktifan menyerap karbon aktif tergantung dari jumlah senyawa karbon. Daya serap karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel. Kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi, jika karbon aktif tersebut telah diaktivasi dengan bahan-bahan kimia atau pemanasan temperatur tinggi.

Dalam penelitian ini, limbah kulit singkong yang belum maksimal pengolahannya diselidiki kemampuannya meregenerasi minyak jelantah untuk mengurangi kadar asam dan angka peroksida sehingga minyak jelantah dapat dipakai kembali.

METODOLOGI

Tahapan optimasi penurunan kadar asam lemak bebas dan angka peroksida minyak jelantah industri krecek krampak dengan kulit singkong dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 1. Peralatan yang digunakan adalah alat pirolisis, elenmeyer, alat titrasi, beaker glass, kertas saring, pipet tetes, oven,

dan neraca analitis. Bahan yang digunakan adalah minyak goreng bekas (jelantah) dari industri krecek rambak di Kelurahan Segoroyoso, Pleret, Bantul, Yogyakarta, kulit singkong dari limbah pedagang gorengan singkong, minyak goreng baru, 0,1 N NaOH, HCl 0,5 N, KOH 0,3N, indikator pp, aquadest, serta alkohol.



Gambar 1. Diagram alir tahap penelitian

Analisis pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas dan angka peroksida minyak jelantah industri krecek rambak. Selanjutnya dilakukan pembuatan karbon aktif dari kulit singkong. Kulit singkong dicuci dari kotoran-kotoran yang melekat dan kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 120°C. Kulit singkong kering sebanyak 200 gram kemudian direndam dengan KOH 0,3N selama 1 jam. Selanjutnya kulit singkong dikeringkan di dalam oven selama 24 jam pada suhu 120°C dan dikarbonisasi pada suhu ±300°C selama 2 jam pada alat pirolisis. Karbon aktif yang terbentuk dinetralkan dengan HCl 0,5 N dan dicuci dengan aquadest sehingga mencapai pH 6,5, kemudian dikeringkan di dalam oven selama 2 jam pada suhu 110°C.

Proses penjernihan minyak dilakukan dengan menyiapkan sebanyak 100 ml minyak jelantah ke dalam Erlenmeyer yang dimasukkan karbon aktif. Minyak jelantah dan karbon aktif tersebut direndam dengan variasi waktu

perendaman, kemudian dianalisis kadar asam lemak bebas dan angka peroksida minyak yang telah direndam dengan karbon aktif pada waktu perendaman hari ke-0, ke-1, ke-3, dan ke-6.

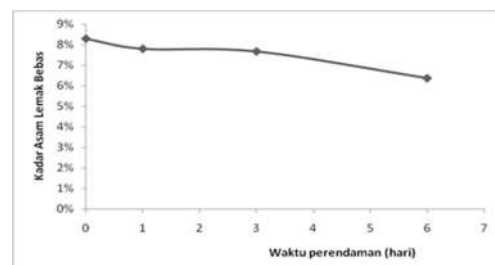
PEMBAHASAN

Hasil pengujian kadar asam lemak bebas dan angka peroksida minyak jelantah setelah mendapat perlakuan perendaman dengan karbon aktif ditampilkan dalam Tabel 2, sedangkan Gambar 2 menunjukkan pengaruh waktu perendaman terhadap kadar asam lemak bebas.

Tabel 2. Kadar asam lemak bebas dan angka peroksida dengan waktu perendaman adsorben

Hari ke-	PARAMETER	
	Kadar Asam Lemak Bebas (FFA)	Angka Peroksida
0	8,3033 %	69,0745 M.Eq/kg
1	7,8147%	36,5537 M.Eq/kg
3	7,6855%	33,8355 M.Eq/kg
6	6,3835%	15,6179 M.Eq/kg

Pada Gambar 2 tampak bahwa semakin lama waktu perendaman adsorben karbon aktif terhadap minyak jelantah maka semakin turun kadar asam lemak bebasnya. Kadar asam lemak bebas terendah adalah pada hari ke-6 yaitu sebesar 6,3835% turun 1,9468% dibandingkan minyak jelantah yang tidak mendapat perlakuan. Meskipun demikian, kadar ini masih jauh dengan yang diijinkan oleh Standar Nasional Indonesia untuk kualitas minyak goreng yaitu maksimal 0,3%.

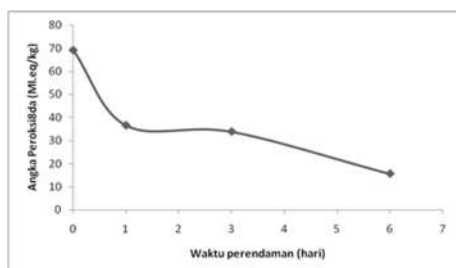


Gambar 2. Pengaruh waktu perendaman terhadap kadar asam lemak bebas

Naiknya kadar asam lemak bebas pada minyak goreng dikarenakan pengulangan penggorengan. Semakin

sering minyak goreng diulang/dipakai menggoreng maka akan semakin tinggi kadar asam lemak bebasnya. Penggunaan kadar asam lemak bebas yang tinggi pada minyak goreng akan berefek pada kesehatan manusia. Asam lemak bebas menyebabkan resistensi insulin di otot dan hati yang merupakan faktor penyokong terjadinya diabetes mellitus. Kadar asam lemak bebas yang tinggi pada minyak goreng terlihat dari warna minyak goreng yang semakin keruh atau berwarna.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman maka angka peroksidanya semakin turun. Angka peroksida terendah yaitu pada hari ke-6 sebesar 15,6179Ml.eq/kg, turun sebesar 53,4566 Ml.eq/kg dari minyak jelantah yang tidak mendapat perlakuan. Semakin tinggi angka peroksida pada minyak goreng maka akan semakin berbau tengik. Angka peroksida yang tinggi akan mengakibatkan keracunan dalam tubuh manusia dan berbagai macam penyakit misalnya diareha, pengendapan lemak dalam pembuluh darah (artero sclerosis), kanker, dan menurunkan nilai cerna lemak.



Gambar 3. Pengaruh waktu perendaman terhadap Angka Peroksida

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- karbon aktif limbah kulit singkong mempunyai kadar air sebesar 9,4809% dan kadar abu sebesar 9,6270%,
- semakin lama waktu perendaman minyak jelantah dengan adsorben maka semakin menurun kadar asam lemak bebasnya. Kadar asam lemak terendah (optimum) adalah pada

waktu perendaman hari ke-6 yaitu sebesar 6,3835%, dan

- semakin lama waktu perendaman minyak jelantah dengan adsorben maka semakin menurun angka peroksidanya. Angka peroksida terendah (optimum) adalah pada waktu perendaman hari ke-6 yaitu 53,4566Ml.eq/kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Andarwulan, N; YT. Sadikin dan FG. Winarno, 1997. *Pengaruh Lama Penggorengan dan Penggunaan Adsorben terhadap Mutu Minyak Goreng Bekas Penggorengan Tahu dan Tempe*. Buletin Teknologi dan Industri Pangan.
- Anggono, B.G., 1996, *Perbaikan Kualitas Minyak Jelantah Secara Adsorpsi dengan Tanah Pemucat dan Arang Aktif*.FTP-UGM.
- Chand, B., Roop, dan Goyal, M., 2005, *Activated Carbon Adsorption*.Lewis Publisher, USA.
- Ketaren,S., 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Edisi 6, Universitas Indonesia Press. Jakarta
- Yuliana, Indraswati, N., Gunantara, B., dan Veronica. 2005. *Penggunaan Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Free Fatty Acid, Peroxide Value Dan Warna Minyak Goreng Bekas* .UWM : Surabaya
- Wijana, S, N. Hidayat, dan A. Hidayat, 2005. *Mengolah Minyak Goreng Bekas*. Trubus Agrisarana, Jakarta

BIODATA PENULIS

Desi Erlita, S.T., M.Eng. lahir di Kotabumi tanggal 12 Oktober 1986, menyelesaikan pendidikan S1 dari UPN "Veteran" Yogyakarta tahun 2009 pada bidang Teknik Kimia, dan pendidikan S2 Magister Sistem Teknik dari UGM tahun 2012. Saat ini tercatat sebagai Pengajar Tetap pada Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Yogyakarta dengan Jabatan Akademik Tenaga Pengajar dengan bidang minat optimasi teknologi pengolahan dan pemanfaatan sampah dan limbah perkotaan.

OPTIMASI PENYERAPAN LIMBAH FOSFAT dan BOD INDUSTRI LAUNDRY DENGAN VARIASI MEDIA TANAM PADA SSF-WETLAND

Ernastin Maria¹, Amallia Puspitasari

¹Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Yogyakarta

¹Email: monicaernastin@gmail.com

Masuk: 21 Juni 2017, Revisi masuk: 15 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

*Louundry industries have abad effect because most of them dump wastes into gutter or river without prior treatment. This study aims to test the potential of *Canna Indica L.* water plantsin reducing the pollutant content of laundry water (phosphate and BOD). The main research was done by the differene biomass of planting media which was used that is difference of gravel and sand media on SSF-wetland with title fraction and san media on SF-wetland for 10 days.Waste water used is effluent from Mira Louundry in Kanutan vilage, Sumbermulyo Bantul regency, witht the initial concentration of BOD as big as 231,359 mg/l and PO_4^{3-} as 1,899 mg/l. The research has show that pollutants concentration in the water waste on the SSF-wetland is increase in the hydraulic retention time. For 10 days research the concentrate of BOD and PO_4^{3-} decrease in SSF-wetland with canna *Indica L.* plants using of title fraction media, each become 96,680 mg/l (decrease 7,5%) and 1,715 mg/l (decrease 10%). Will using gravel media each become 67,80 mg/l (decrease 71%) and 1,75 mg/l (decrease 7%). From the data both planting media, gravel and title fraction, are considered to have good capability in phosphate waste removal in this system. For the most optimum BOD waste removal is using gravel media with decrease of BOD concentration become 67,880 mg/l.*

Keywords: SSF-wetland, Waste Laundry, Fitoremediation, *Canna Indica L.*

INTISARI

Industri *laundry* memiliki efek yang kurang baik sebab sebagian besar langsung membuang limbahnya ke selokan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Penelitian ini bertujuan untuk menguji potensi tanaman air *Canna Indica L.* dalam menurunkan kadar pencemar air limbah *laundry* (Fosfat dan BOD). Penelitian utama dilaksanakan dengan perlakuan perbedaan biomassa media tanam yang digunakan yakni perbedaan media kerikil dan pasir pada SSF-wetland dengan media pasir dan pecahan genteng pada SSF-wetland selama 10 hari. Air limbah yang digunakan adalah efluen dari Mira *laundry* di Dusun Kanutan, Sumbermulyo, Bantul dengan konsentrasi awal BOD sebesar 231,359 mg/L dan PO_4 sebesar 1,89976 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi polutan di dalam air limbah pada SSF-wetland menurun seiring bertambahnya waktu tinggal hidraulik (*hydraulic retention time*). Selama sepuluh hari penelitian penurunan konsentrasi BOD dan PO_4 pada SSF-wetland dengan tanaman *Canna Indica L.* menggunakan media pecahan genteng masing-masing menjadi 96,680 mg/L (turun 58%) dan 1,715 mg/L (turun 10%) sedangkan yang menggunakan media kerikil masing-masing menjadi 67,80 mg/L (turun 71%), dan 1,757 mg/L (turun 7,5%). Dari data tersebut ke dua media tanam yakni kerikil maupun genteng dianggap mempunyai kemampuan baik dalam penyisihan limbah fosfat pada sistem ini, sedangkan untuk penyisihan limbah BOD yang paling optimum yakni menggunakan media kerikil dengan penurunan konsentrasi BOD menjadi 67,880 mg/L.

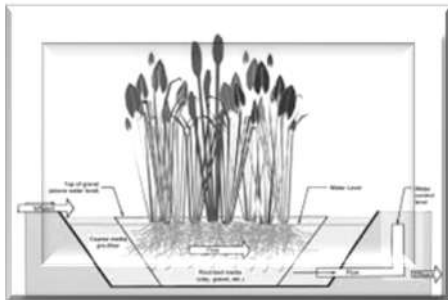
Kata kunci: SSF-Wetland, Limbah Laundry, Fotoremidiasi, *Canna Indica L.*

PENDAHULUAN

Industri *laundry* merupakan salah satu industri yang berkembang pesat di

Indonesia, industri ini menggunakan detergen sebagai bahan baku utama dalam proses pencucian pakaian.

Deterjen mengandung surfaktan dan fosfat yang berasal dari *sodium tripoly phosphate* (STTP). Fosfat yang berlebihan akan mengakibatkan eutrofikasi, khususnya pada air tawar. Untuk itu diperlukan cara penyisihan fosfat dari air limbah deterjen yang mudah, murah, dan efektif. Salah satu cara penyisihan fosfat adalah fitoremediasi dengan *SSF-wetland* (Supradata, 2005). Sistem lahan basah aliran bawah permukaan (*Sub Surface Flow/SSF*) merupakan salah satu sistem pengolahan air limbah yang prinsip kerjanya dengan memanfaatkan simbiosis antara tumbuhan air dengan mikroorganisme dalam media di sekitar sistem perakaran (*rhizosphere*) tanaman, seperti ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Wetland* artifisial sistem SSF

Berdasarkan rata-rata kondisi iklim yang potensial untuk mendukung pertumbuhan dan transpirasi tanaman sepanjang tahun, maka pengolahan air limbah menggunakan sistem tersebut diperkirakan dapat berjalan dengan optimal. Di samping itu murahnya biaya konstruksi maupun biaya operasional merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan upaya pengolahan air limbah secara berkelanjutan. Dengan mempertimbangkan beberapa aspek tersebut maka fitoremediasi dengan sistem *SSF-wetland* merupakan alternatif yang cukup baik dalam rangka mengolah air limbah deterjen hasil buangan cucian.

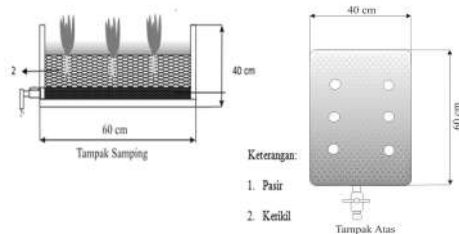
Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan tanaman *Canna Indica L* dalam menurunkan kandungan fosfat dan BOD pada *SSF-Wetland* dan untuk mengetahui jenis media tanam yang paling optimal dalam membantu proses penyisihan limbah cair industri. Penelitian-penelitian mengenai *SSF-*

wetland dengan fitoremediasi untuk menurunkan kandungan dalam limbah cair sudah banyak dilakukan, namun parameter yang diteliti adalah pH, COD, BOD, TSS, sedangkan penelitian untuk penurunan kadar fosfat dalam air limbah deterjen belum banyak dilakukan. Penelitian yang telah dilakukan oleh Wardana et.al. (2001), yang menguji tentang penurunan kandungan fosfat pada limbah cair usaha *laundry* tidak menggunakan metode *wetland* artifisial melainkan menggunakan karbon aktif dari sampah plastik dengan metode *batch* dan kontinyu, penelitian serupa pula dilakukan oleh Savitri (2010), dengan menggunakan metode *trickling filter*. Sudah ada yang melakukan penelitian tentang penurunan kadar *ortofosfat* pada limbah cair deterjen dengan fitoremediasi tetapi tidak menggunakan sistem *SSF-Wetland* melainkan menggunakan bak penampungan dengan media air tergenang, sistem *SSF-Wetland* ini pun sudah banyak di aplikasikan pada limbah cair industri maupun domestik tetapi sejauh ini hanya menggunakan media kerikil, pasir atau tanah, penelitian serupa sudah pernah dilakukan oleh Maria (2015) menggunakan sistem *SSF-Wetland* dengan variasi media kerikil dengan arang menggunakan tanaman *Typha* dan *Cyperus* dan belum ada penelitian dengan metode *SSF-wetland* yang divariasikan dengan menggunakan media kerikil dan pecahan genteng menggunakan tanaman *Canna Indica L*.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan variabel bebas terdiri dari 2 jenis media tanam yaitu media pecahan genteng dan media kerikil pada tanaman *Canna Indica L*. (tanaman tasbih) dengan lama tinggal 0, 1, 3, 6, dan 10 hari. Sedangkan variabel terikat pada penelitian ini adalah kadar BOD, pH dan PO_4^{3-} pada hari ke-0, 1, 3, 6, dan 10. Bahan dan peralatan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) bak plastik dengan ukuran 60 cm x 40 cm, 2) media (kerikil diameter 5-30 mm, 3) pecahan genteng dengan panjang 5-8 cm), 4) tanaman (*Canna Indica L.*), 5) efluen air limbah *laundry*, dan 6)

bahan/aksesoris lain. Gambar 2 menampilkan rancangan alat penelitian SSF-*wetland*.



Gambar 2. Rancangan alat penelitian SSF-*wetland*

Penelitian ini terdiri dari tiga bak (unit *wetland* artifisial SSF) yakni bak A (tanaman *canna* media genteng) menggunakan media pasir setebal 8 cm dan pecahan genteng setebal 22 cm, sedangkan bak B (tanaman *Canna*) menggunakan media pasir dengan ketebalan 8 cm dan kerikil setebal 22 cm. Untuk bak C merupakan bak kontrol tanpa tanaman menggunakan media kerikil. Tanaman yang digunakan telah didiamkan selama 7 hari untuk penyesuaian kondisi pada tempat penelitian (suhu, sinar matahari). Air limbah untuk sistem SSF-*wetland* artifisial pada penelitian ini diambil dari Mira laundry melalui outlet dengan cara ditampung terlebih dahulu dengan ember, untuk kemudian dituang dengan cara genangan (*batch*) dengan volume 20 L untuk setiap bak. Setelah semua bak siap dan sesuai dengan sistem yang direncanakan, dilakukan aklimatisasi. Untuk masa aklimatisasi, tanaman ditanam pada unit SSF-*wetland* dengan kerapatan $\pm 200 \text{ gr/cm}^2$, lalu diaklimatisasi selama 15 hari dengan rincian yaitu pada tahap awal semua bak digenangi dengan konsentrasi 100% air bersih selama 3 hari kemudian dikosongkan dan diganti dengan campuran 25% air limbah ($\pm 5 \text{ L}$) dan 75% air bersih ($\pm 15 \text{ L}$) selama 3 hari kemudian dikosongkan kembali dan diganti dengan 50% air limbah ($\pm 10 \text{ L}$) dan 50% air bersih ($\pm 10 \text{ L}$) selama 3 hari kemudian dikosongkan lagi dan diganti dengan 25% air bersih ($\pm 5 \text{ L}$) dan 75% air limbah ($\pm 15 \text{ L}$) selama 3 hari selanjutnya dikosongkan lagi untuk kemudian digenangi kembali dengan konsentrasi 100% air limbah ($\pm 20 \text{ L}$).

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengambil sampel limbah cair deterjen pada kondisi konsentrasi 100% air limbah dan diuji laboratorium untuk mengetahui kadar polutan sebagai kondisi awal (hari ke-0). Penelitian selanjutnya dilakukan dengan mengambil sampel di masing-masing bak *wetland* artifisial A, B, yang berisi tanaman dan bak E untuk bak kontrol, pada hari ke 1, 3, 6, dan 10 untuk kemudian dibawa ke laboratorium untuk diuji kadar polutannya (BOD, pH dan nutrisi yakni PO_4^{3-}). Observasi juga dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan dan kondisi vegetasi.

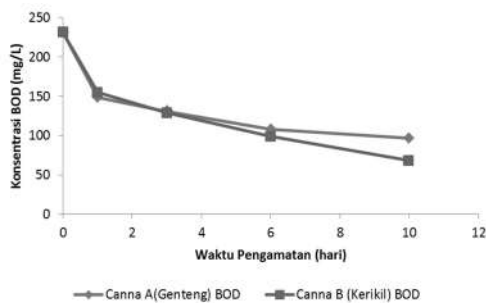
PEMBAHASAN

1. Fluktuasi BOD pada SSF-*wetland* dengan menggunakan media arang

Penurunan konsentrasi BOD untuk tanaman pada ke dua media terbilang cukup baik. Laju penurunan BOD pada hari pertama cukup besar, dimana pada awal penelitian yakni hari ke-0 konsentrasi BOD tanaman *canna* dengan media genteng dan media kerikil yakni 231,359 mg/L turun drastis menjadi 148,537 mg/L (efisiensi penyisihan 36%) untuk tanaman *canna* media genteng dan 154,770 mg/L (efisiensi penyisihan 33%) untuk tanaman *canna* dengan media kerikil, sedangkan pada akhir waktu percobaan (hari ke-10) penurunan BOD semakin drastis yakni 96,680 mg/L (efisiensi penyisihan 58%) untuk tanaman *canna* dengan media genteng dan 67,880 mg/L (efisiensi penyisihan 71%) untuk tanaman *canna* dengan media kerikil. Terjadinya penurunan tajam pada waktu awal percobaan diduga dipengaruhi oleh kandungan nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme cukup melimpah, sehingga akan terjadi fase pertumbuhan dipercepat (*exponential growth phase*). Karena percobaan ini menggunakan sistem curah (*batch*), maka dalam bak reaktor tidak ada penambahan nutrisi baru yang dapat mendukung kehidupan mikroorganisme.

Secara keseluruhan, penurunan BOD oleh unit *wetland* artifisial SSF dengan tanaman *canna* dengan media genteng dan tanaman *canna* menggunakan

media kerikil selama 10 hari penelitian ini cukup baik, dengan BOD 96,680 mg/L, efisiensi penyisihan 58% untuk tanaman *canna* media genteng dan 67,880 mg/L dengan efisiensi penyisihan 71% untuk tanaman *canna* media kerikil. Sehingga dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa unit *wetland* artifisial SSF dengan tanaman *canna* menggunakan media genteng dan kerikil tersebut sangat baik dalam mendegradasi bahan organik (BOD), hal ini didukung juga oleh sifat dari media genteng yang bahannya menggunakan tanah lempung yakni memiliki daya tarik terhadap air, dapat digunakan sebagai absorben, penyangga katalis, penukar ion, dan lain-lain. Tanah lempung mengandung berbagai macam mineral yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman seperti silika (SiO₂), alumina, besi oksida, magnesium oksida, kalium oksida, potasium oksida, sodium oksida dan masih banyak lagi yang lainnya. Laju penurunan konsentrasi BOD disajikan dalam grafik pada Gambar 3.

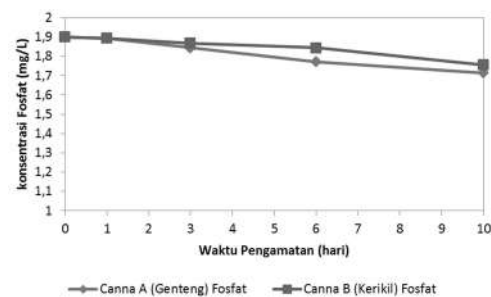


Gambar 3. Perubahan nilai BOD terhadap waktu pada tanaman *Canna Indica L.* menggunakan media genteng dan media kerikil

2. Penurunan konsentrasi fosfat pada SSF-wetland dengan tanaman *Canna Indica L.* menggunakan media genteng dan kerikil

Gambar 4 menampilkan perubahan konsentrasi fosfat terhadap waktu pada SSF-wetland menggunakan media genteng dan media kerikil pada tanaman *Canna Indica L.* Pada grafik tersebut tampak konsentrasi fosfat pada unit *wetland* artifisial SSF dengan tanaman *canna* menggunakan media genteng dan media kerikil mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu

tinggal, dari konsentrasi awal fosfat 1,89976 mg/L pada hari ke-0 masing-masing turun pada hari ke-1, 3, 6, dan 10 untuk tanaman *canna* media genteng yakni menjadi 1,859 mg/L (efisiensi penyisihan 0,25%), 1,844 mg/L (efisiensi penyisihan 2,9%), 1,773 mg/L (efisiensi penyisihan 6,7%) dan 1,715 mg/L (efisiensi penyisihan 10%) dan untuk tanaman *canna* menggunakan media kerikil masing-masing menjadi 1,895 mg/L (efisiensi penyisihan 0,25%), 1,867 mg/L (efisiensi penyisihan 1,7%), 1,844 mg/L (efisiensi penyisihan 2,9%) dan 1,757 mg/L (efisiensi penyisihan 7,5%). Hal ini dikarenakan tanaman sudah dapat beradaptasi dengan baik dan aktifitas bakteri sudah memasuki masa *exponensial growth phase*, sehingga populasi bakteri yang bertambah mempercepat proses dekomposisi nutrisi yang nantinya dapat diserap oleh tanaman. Sampai akhir penelitian konsentrasi fosfat pun cenderung menurun, serta pertumbuhan kondisi kedua tanaman tersebut cukup baik.

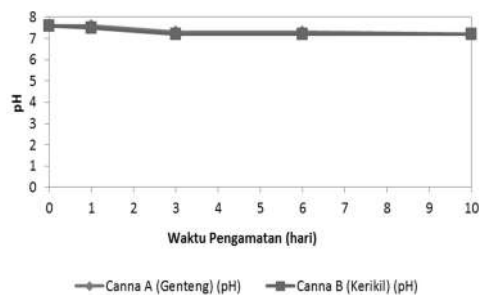


Gambar 4. Perubahan konsentrasi fosfat terhadap waktu pada SSF-wetland menggunakan media genteng dan media kerikil pada tanaman *Canna Indica L.*

Secara keseluruhan, penurunan konsentrasi fosfat oleh unit *wetland* artifisial SSF dengan tanaman *canna* menggunakan media genteng dan media kerikil selama sepuluh hari penelitian ini terbilang cukup baik, karena konsentrasi fosfat di akhir penelitian lebih kecil dari konsentrasi fosfat di awal penelitian, jika di dibandingkan penurunan konsentrasi fosfat pada ke dua media tanam tersebut tidaklah jauh berbeda, keduanya mempunyai performa yang hampir sama yakni untuk media genteng diakhir penelitian konsentrasi fosfat menjadi

1,715 mg/L dengan efisiensi penurunan 10% dan untuk media kerikil konsentrasi fosfat menjadi 1,757 mg/L dengan efisiensi penyisihan 7,5%. Sehingga, dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa unit *wetland* artifisial SSF dengan tanaman *canna* menggunakan media genteng maupun media kerikil mempunyai kemampuan yang hampir sama dalam penyisihan limbah fosfat hasil buangan cucian.

Berdasarkan data hasil penelitian dan pengujian laboratorium, pH unit *wetland* artifisial dengan sistem SSF menggunakan media arang dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti Gambar 5.



Gambar 5. pH pada SSF-*wetland* menggunakan media genteng dan media kerikil pada tanaman *Canna Indica L.*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, terlihat nilai pH pada unit *wetland* artifisial SSF pada tanaman *canna* dengan variasi media tanam yakni media pecahan genteng dan media kerikil dari hari ke-0 sampai akhir penelitian yakni hari ke-10 cenderung stabil masih berada dalam kisaran pH netral, pada hari ke-0, 1, 3, 6, dan 10 untuk SSF-*wetland* dengan media pecahan genteng berturut-turut yakni 7, 6; 7,6; 7,3; 7,3, dan 7,2 dan untuk media kerikil berturut-turut yakni: 7,6; 7,5; 7,2; 7,2 dan 7,2. Hal ini menandakan bahwa kadar keasaman air limbah pada kedua bak reaktor hampir sama dan masih termasuk dalam rentang pH yang dapat ditolerir oleh mikroorganisme.

Dari keseluruhan hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman *canna* sangat cocok digunakan dalam sistem SSF-*wetland* karena dapat mempercepat proses degradasi bahan organik dan nutrisi yakni fosfat. Untuk media tanam pada SSF-*wetland*, media tanam yang

paling optimal dalam penyisihan limbah BOD adalah media tanam kerikil yakni pada akhir penelitian mampu menurunkan konsentrasi BOD menjadi 67,880 mg/L.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fitoremediasi pada *wetland* artifisial dengan sistem SSF merupakan metode alternatif yang cocok dalam *removal* limbah fosfat dari deterjen air buangan cucian karena sistem ini dapat menurunkan konsentrasi (mendegradasi) polutan dalam air limbah dengan sangat baik seiring bertambahnya waktu tinggal hidraulik (*hydraulic retention time*). Unit *wetland* artifisial SSF dengan tanaman *Canna Indica L.* menggunakan media genteng mengalami penurunan konsentrasi BOD menjadi 96,680 mg/L dan fosfat menjadi 1,715 mg/L. tanaman *canna Indica L.* menggunakan media kerikil mengalami penurunan konsentrasi BOD menjadi 67,880 mg/L, dan fosfat menjadi 1,757 mg/L. Dari hasil perbandingan berdasarkan jenis media tanaman, media pecahan genteng dan media kerikil merupakan media yang cocok digunakan dalam penyisihan limbah fosfat. Sistem dengan kedua media ini mampu menurunkan kadar fosfat yakni untuk media genteng turun menjadi 1,715 mg/L dan untuk media kerikil turun menjadi 1,757 mg/L. Penyisihan limbah BOD yang paling optimum adalah dengan sistem SSF-*wetland* menggunakan media kerikil yakni pada akhir penelitian mampu menurunkan konsentrasi BOD menjadi 67,880 mg/L.

Saran

Fitoremediasi dengan sistem *wetland* artifisial SSF sebaiknya digunakan sebagai pengolahan limbah deterjen hasil buangan cucian baik pada skala rumah tangga maupun pada industri *laundry*. Perlu penelitian lebih lanjut tentang laju penyerapan BOD dan PO_4^{3-} pada unit *wetland* artifisial SSF dan tanaman *canna* dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti media, degradasi oleh mikroorganisme, evapotranspirasi pada tanaman dan

faktor-faktor lainnya, sehingga diperoleh pemodelan matematis laju penurunan polutan pada sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Maria, E., 2015, Penyisihan Limbah Fosfat, BOD dan COD dari Deterjen Air Buangan Cucian dengan Fitoremediasi pada Wetlan Artifisial, *Tesis*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Savitri, C., 2010, Penurunan Kadar Organik Air Limbah Laundry dengan Menggunakan Trickling Filter, *Skripsi*, UPN Veteran, Surabaya.
- Supradata, 2005, Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus Alternifolius L.* dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran

Bawah Permukaan (SSF Wetlands), *Tesis*, UNDIP, Semarang.

Wardana. A. W., 2001, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

BIODATA PENULIS

Ernastin Maria, S.Si., M.Eng. lahir di Kendari pada tanggal 24 Februari 1983, menyelesaikan pendidikan S1 dari Universitas Haluoleo tahun 2005 pada bidang Biologi MIPA, dan pendidikan S2 dari Universitas Gadjah Mada tahun 2016 pada bidang Teknik Sistem Lingkungan. Saat ini tercatat sebagai Pengajar Tetap pada Program Studi Teknik Industri di Institut Teknologi Yogyakarta dengan bidang minat penelitian limbah cair industri.

HUBUNGAN POWER FAKTOR ISOLASI TERHADAP KEMAMPUAN ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA 150/20 KV

Mujiman¹, Aru Purba Ardian Niagara²
^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, IST AKPRIND Yogyakarta
Jl. Kalisahak 28, Komplek Balapan, Yogyakarta 55222
Email: ¹mujimanst@gmail.com, ²araikuchi@yahoo.com

Masuk: 1 Maret 2017, Revisi masuk: 10 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

Isolation transformer is a critical part of the power transformer, insulation deterioration or failure can cause failure of the operation or even damage the transformer. One method to determine the condition of the insulation is by testing with test equipment tangent delta 4000. In a study conducted, will be testing three-winding transformer isolation using test equipment delta 4000, function test equipment delta 4000 to measure the deterioration of the insulation used as insulating oil, paper and ceramics by measuring the power factor. After testing the insulation transformer three windings using test equipment delta 4000, the test result data was analyzed by comparing the value of the power factor of the standard manufacturer with test results using test equipment delta 4000, when comparing the results are the increase in the value of the power factor in data from tests conducted but the increase in the value of the power factor being tested is still on alert limits because some relationships insulation in the test value exceeds > 0.5 of the standard manufacturer is 0.2. However, these data need to be considered further because the value of the power factor should not be more than one.

Keywords: transformer, isolation, deterioration, tangent delta 4000.

INTISARI

Isolasi trafo merupakan bagian yang kritis pada transformator tenaga, pemburukan atau kegagalan isolasi dapat menyebabkan kegagalan operasi atau bahkan kerusakan trafo. Salah satu metode untuk mengetahui kondisi kemampuan isolasi adalah dengan melakukan pengujian dengan alat uji tangen delta 4000. Dalam penelitian yang akan dilakukan, akan dilakukan pengujian isolasi transformator tiga belitan menggunakan alat uji delta 4000, alat uji delta 4000 berfungsi untuk mengukur pemburukan pada isolasi yang digunakan seperti isolasi minyak, kertas dan keramik dengan cara mengukur faktor daya. Setelah melakukan pengujian isolasi pada transformator tiga belitan menggunakan alat uji delta 4000, data hasil uji di analisa dengan membandingkan nilai faktor daya dari standard pabrikan dengan hasil pengujian menggunakan alat uji delta 4000, ketika membandingkan hasil terdapat kenaikan nilai faktor daya pada data hasil uji yang dilakukan namun kenaikan nilai faktor daya yang diuji masih pada batas peringatan karna beberapa hubungan isolasi yang di uji nilainya melebihi >0,5 dari standard pabrikan yaitu 0,2. Namun data tersebut perlu diperhatikan lebih lanjut karna nilai power faktor tidak boleh lebih dari 1.

Kata kunci: transformator, isolasi, pemburukan, tangen delta 4000.

PENDAHULUAN

Tenaga listrik telah menjadi kebutuhan penting bagi masyarakat Indonesia, khususnya yang berada di daerah perkotaan. Semakin hari kebutuhan masyarakat semakin meningkat, hal ini disebabkan oleh pertumbuhan ekonomi dan industri yang semakin pesat. Untuk

menyalurkan ratusan kilo volt tegangan listrik secara efisien pada saluran yang sangat panjang diperlukan tegangan tinggi sebesar 150 kV atau 500 kV. Tegangan ini akan masuk terlebih dahulu ke Gardu Induk (GI). Fungsi lain dari GI adalah untuk menerima dan menyalurkan energi listrik dari pembangkit ke

konsumen. Daya listrik yang terkumpul pada GI berkapasitas besar, untuk menjaga kehandalan, kualitas dan mutu listrik, salah satu alat tersebut yaitu transformator tenaga.

Transformator tenaga merupakan peralatan utama dalam sistem penyaluran tenaga listrik, salah satu bagian paling kritis dari transformator tenaga adalah isolasi transformator. Isolasi transformator dapat berupa isolasi kertas, minyak, dan keramik. Seiring dengan usia operasi transformator, maka kondisi isolasi dapat mengalami pemburukan, hal ini dapat disebabkan karena tegangan lebih, suhu operasi yang tinggi, *hotspot*, korona, kontaminasi, kerusakan mekanis maupun kelembaban. Pemburukan atau kegagalan isolasi dapat menyebabkan kegagalan operasi atau bahkan kerusakan transformator, karena itu diperlukan untuk mengetahui proses pemburukan pada isolasi sehingga kegagalan transformator dalam beroperasi dapat dihindarkan. Salah satu metode untuk mengetahui proses pemburukan isolasi adalah dengan pengujian tangen delta.

GI merupakan bagian yang tak terpisahkan dari saluran transmisi distribusi listrik, di mana GI adalah suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi dan distribusi, perlengkapan hubung bagi transformator, dan peralatan pengaman serta peralatan control. Menurut Marsudi (2006) GI disebut juga gardu unit pusat beban, yang merupakan gabungan dari transformator dan rangkaian *switchgear* yang tergabung dalam satu kesatuan melalui sistem kontrol yang saling mendukung untuk keperluan operasional.

Di dalam peralatan GI yang terpasang, transformator tenaga adalah bagian terpenting yang memiliki prinsip kerja berdasarkan hukum ampere dan faraday, yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu kumparan pada transformator diberikan arus bolak-balik maka jumlah garis gaya magnet akan berubah-ubah. Akibatnya pada sisi primer terjadi induksi.

Sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah juga. Maka disisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara kedua ujung terdapat beda tegangan (Sandewa, 2013).

Sifat Isolasi yang baik akan bersifat kapasitif yang berada diantara dua elektroda pada sebuah kapasitor. Pada kapasitor sempurna, tegangan dan arus fasa bergeser 90° dan arus yang melewati isolasi merupakan kapasitif. Jika ada *defect* atau kontaminasi pada isolasi, maka nilai tahanan dari isolasi berkurang dan berdampak kepada tingginya arus resistif yang melewati isolasi tersebut. Isolasi tersebut tidak lagi merupakan kapasitor sempurna, contohnya sebuah isolator.

Tegangan dan arus tidak lagi bergeser 90° tapi kurang dari 90° . Besarnya selisih pergeseran dari 90° merepresentasikan tingkat kontaminasi pada isolasi (PT. PLN, 2015). Apabila pada isolasi tersebut terjadi pemburukan, maka akan terjadinya kegagalan operasi atau menyebabkan kerusakan pada transformator karena disebabkan oleh tegangan tembus. Tegangan tembus merupakan suatu peristiwa apabila medan magnet dinaikan tegangan terus-menerus, atom-atom akan terionisasi dan sampai pada batas kemampuan isolator tersebut untuk menahan tegangan, maka isolator tersebut akan berubah menjadi konduktor, saat kritis ini di namakan *breakdown* (Singih, 2009).

Salah satu alat yang dapat mendeteksi masalah pemburukan pada isolasi tersebut yaitu menggunakan alat tangen DELTA 4000 merk MEGGER, DELTA 4000 digunakan untuk bidang pengujian tegangan tinggi isolasi listrik dengan sistem uji tegangan sampai 12 kV. Hasil tes dapat digunakan untuk mengevaluasi sifat dan kualitas bahan isolasi listrik dan proses manufaktur untuk mengungkapkan kontaminasi, retakan, kebocoran, dan kecacatan lainnya yang disebabkan penuaan isolasi.

METODOLOGI

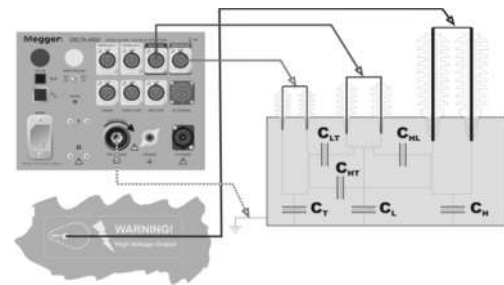
Penelitian ini dimulai dengan tahapan studi literatur. studi literatur dilakukan untuk mendapatkan teori

pengujian dan nilai-nilai uji yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan dalam analisa data. Tahapan selanjutnya pengumpulan data dari lokasi penelitian. Pengambilan data dimulai dari tanggal 14 September 2016 hingga selesai bertempat di GI Semanu Wonosari. Gambar 1 menampilkan diagram alir langkah penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Metode pengujian transformator tiga belitan yaitu pengujian pada kemampuan isolasi transformer di mana ada enam buah kapasitansi dan dua belas buah isolasi yang akan di uji oleh alat uji tangent delta 4000 dan tiga buah rangkaian uji yang berbeda. Dalam pengujian Isolasi pada transformator, ada enam bagian kapasitansi yang akan di uji yaitu hubungan antara CHL, CHG, CLG, CHT, CLT, dan CTG. Dalam pengujian tersebut pastikan R, S, T, dan N pada *bushing* sisi primer, sekunder dan tersier dihubung singkat (*short*) secara seri pada masing-masing sisi, seperti pada Gambar 2. Dalam pengukuran Isolasi transformator, ada 12 mode pengukuran, namun hanya tiga kali pengukuran yang posisi rangkaian ujinya diubah.



Gambar 2. Rangkaian pengujian kemampuan isolasi transformator tiga belitan

Metode pengujian kemampuan isolasi pada *bushing* transformator yaitu di dalam *bushing* transformator, terdapat isolasi-isolasi seperti kertas, minyak dan keramik. Isolasi kertas berfungsi sebagai kapasitansi, minyak sebagai isolasi, dan keramik sebagai isolasi mekanis di mana berfungsi sebagai *body bushing* yang sekaligus sebagai isolasi. Dalam pengujian isolasi *bushing* pada transformator terdapat dua jenis pengujian yaitu pengujian C1 dan C2, pengujian isolasi C1 yaitu hubungan antara konduktor dengan tap *bushing*, dan C2 adalah hubungan antara tap *bushing* dengan *flange ground*. Pada pengujian isolasi *bushing* transformator di GI Semanu, yang diuji hanyalah C1 saja, Oleh karena itu yang akan dibahas hanyalah pengujian C1 *bushing*. Dalam pengujian C1 *bushing*, usahakan melihat panduan dalam rangkaian uji.

PowerDB adalah alat yang dirancang khusus untuk mengontrol atau mengambil data dari peralatan *Megger*. *PowerDB* dapat membuat bentuk data profesional yang dapat dikirim ke file *printer* atau PDF. *PowerDB* memungkinkan untuk menggunakan subset dari bentuk *PowerDB* standar yang sesuai untuk instrumen *Megger* tertentu. bentuk data yang lengkap disimpan sebagai *file*. Tabel 1 menampilkan koneksi mode pada rangkaian uji transformator tiga belitan.

Tabel 1. Koneksi mode pada rangkaian uji transformator tiga belitan

No tes	Insulasi yang diuji	Konfigurasi Tegangan Rendah				Uji Koneksi Tiga Belitan			Keterangan
		Tes Mode	Kabel Pengukuran	Ground	Guard	HV	Kabel Merah	Kabel Biru	
1	CHG+ CHL	GSTg-B		Kabel merah	Kabel biru	H	L	T	L Grounded T Guarded
2	CHG	GSTg-RB			Kabel merah & biru	H	L	T	L & T Guarded
3	CHL	UST-R	Kabel merah	Kabel biru		H	L	T	T Grounded
4	CHL	-	Tes 1 dikurang tes 2			-	-	-	dihitung
5	CLG+CLT	GSTg- BR		Kabel merah	Biru	L	H	T	T grounded Guarded
6	CLG	GSTg- RB			Kabel merah & biru	L	H	T	T & H Guarded
7	CLT	UST-RB	Kabel merah	Kabel biru		L	H	T	H Grounded
8	CLT	-	Tes 5 dikurang tes 6			-	-	-	dihitung
9	CTG+C HT	GSTg- B		Kabel merah	Kabel biru	T	H	L	H Grounded L Guarded
10	CTG	GSTg- RB			Kabel merah & biru	T	H	L	H & L Guarded
11	CHT	UST-R	Kabel merah	Kabel biru		T	H	L	L Grounded
12	CHT	-	Tes 9 dikurang tes 10			-	-	-	dihitung

PEMBAHASAN

Untuk pemeliharaan transformator pada GI, umumnya dilakukan setiap dua tahun sekali, namun pengecualian jika terjadi gangguan pada transformator. Pengujian isolasi pada transformator dan juga C1 bushing di GI 150 kv Semanu dilakukan pada tanggal 14 September 2016, data tersebut akan dibandingkan dengan data power faktor transformator dari pabrikan (Tabel 2). Gambar 3 menunjukkan tampilan test form

powerDB, Gambar 4 menampilkan data hasil uji kemampuan isolasi C1 bushing.

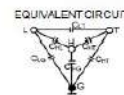
Tabel 2. Standar nilai PF kemampuan isolasi dari pabrikan

	Tipikal Nilai Power Faktor @ 20 ^o		
	Baru	Tua	Peringatan
Transformator tenaga isolasi minyak	0.2-0.4%	0.3-0.5%	>0.5%
Bushing	0.2-0.3%	0.3-0.5%	>0.5%

Test No.	INSULATION TESTED	Test Mode	Test Lead Connections				TEST kV	Freq Sweep	Capacitance C (pF)	POWER FACTOR %			DIRECT		%VDF	IR
			HV	Red	Blue	Grd				Measured	@ 20°C	Corr Factor	mA	Watts		
1	CHG + CHL	GSTg-B	H	L	T	G	10.00	0.320.26	0.27	0.16	0.020	20.281	0.7930	0.03		
2	CHG	GSTg-RB	H	L	T	G	10.00	3.888.07	0.30	0.26	0.020	12.239	0.3093	0.03		
3	CHL	UST-R	H	L	T	G	10.00	5.448.69	0.24	0.22	0.020	17.057	0.4071	0.02		
4	CHL		Test 1 Minus Test 2					5.430.58			0.62	17.042	0.410		OK	
5	CLG + CLT	GSTg-R	L	H	T	G	10.00	11.980.82	0.26	0.24	0.020	37.279	0.6926	0.03		
6	CLG	GSTg-RB	L	H	T	G	10.00	1.147.69	0.50	0.51	0.020	3.002	0.2000	0.02		
7	CLT	UST-B	L	H	T	G	10.00	10.766.78	0.23	0.21	0.020	33.788	0.7935	0.02		
8	CLT		Test 5 Minus Test 6					10.732.83			0.62	33.077	0.783		OK	
9	CTG + CHT	GSTg-B	T	H			2.00	12.283.52	0.69	0.64	0.020	7.660	0.1081	0.04		
10	CTG	GSTg-RB	T	H			2.00	12.188.73	0.70	0.64	0.020	7.626	0.1055	0.02		
11	CHT	UST-R	T	H			2.00	04.13	0.85	0.66	0.020	0.040	0.0005	0.03		
12	CHT		Test 9 Minus Test 10					83.79				0.060	0.001		OK	
13	CHG'		CHG Minus H Bushings					3.062.55				11.734	0.367			
14	CLG'		CLG Minus L Bushings													
15	CTG'		CTG Minus T Bushings													

INSULATION RATING KEY
B=GOOD
D=DETERIORATED
I=INVESTIGATE
B=BAD

NOTE:
SHORT EACH WINDING
ON ITSELF



TEST EQUIPMENT USED:

TESTED BY:

COPYRIGHT © 2002-2012 POWERDB, INC.

www.powerdb.com

REVISED 04/11/2011

Gambar 3. Tampilan test form powerDB



THREE-WINDING TRANSFORMERS
CAPACITANCE AND POWER FACTOR TESTS



PAGE 2

BUSHING C1 TESTS															
Test No.	Bushing Nameplate					Test Mode	TEST kV	Freq Sweep	Capacitance C (pF)	POWER FACTOR %			DIRECT		
	Dsg	SERIAL #	CAT. #	PF	Cap. (pF)					Measured @ 20°C	Corr Factor	mA	WATTS	%VDF	IR
16	1U	03C3415				UST-R	2,00		273,57	0,24	0,28	1,140	0,172	0,0008	0,04
17	1V	03C3416				UST-R	2,00		266,26	0,29	0,33	1,140	0,167	0,0010	0,05
18	1W	03C3417				UST-R	2,00		266,30	0,25	0,29	1,140	0,167	0,0008	0,03
19	1N					UST-R	2,00								
20	2U					UST-R									
21	2V					UST-R									
22	2W					UST-R									
23	2N					UST-R									
24	3U					UST-R									
25	3V					UST-R									
26	3W					UST-R									
27	3N					UST-R									
28	OIL TEST					UST-R									

COMMENTS: _____
DEFICIENCIES: _____

Gambar 4. Data hasil uji kemampuan isolasi C1 bushing

Pada analisa data uji akan dilakukan perbandingan nilai power faktor dari pabrikan yang membuat transformator dengan data uji tangen delta 4000 tanggal 14 September 2016. Untuk rumus perhitungan perbedaan nilai power faktor yaitu:

$$PF \text{ hasil uji} - PF \text{ pabrikan} = \text{Beda nilai PF}$$

Tabel 3 menampilkan perbandingan power faktor transformator hasil uji dengan pabrikan, Tabel 4 menunjukkan perbandingan nilai uji power faktor C1 bushing dengan pabrikan.

Tabel 3. Perbandingan power faktor transformator hasil uji dengan pabrikan

No	Power Faktor 20°C pada Isolasi Transformator			
	Isolasi yang diuji	Standar Pabrik	Pengujian 14 Sep 2016	Perbandingan nilai PF
1	CHG + CHL	0,2-0,4	0,25	0,05
2	CHG	0,2-0,4	0,28	0,08
3	CHL	0,2-0,4	0,22	0,02
4	CLG + CLT	0,2-0,4	0,24	0,04
5	CLG	0,2-0,4	0,51	0,31
6	CLT	0,2-0,4	0,21	0,01
7	CTG + CHT	0,2-0,4	0,64	0,44
8	CTG	0,2-0,4	0,64	0,44
9	CHT	0,2-0,4	0,51	0,31

Tabel 4. Perbandingan nilai uji power faktor C1 bushing dengan pabrikan

No	Power Faktor 20°C Pada Isolasi C1 Bushing			
	Isolasi yang diuji	Standar Pabrik	Pengujian 14 Sep 2016	Perbandingan nilai PF
1	1 U	0,2-0,3	0,28	0,08
2	1 V	0,2-0,3	0,33	0,13
3	1 W	0,2-0,3	0,29	0,09

Untuk mengetahui sudut δ yaitu menggunakan rumus:

$$\angle \delta = \text{Sec PF}$$

$$\angle \theta = \text{Cosec PF}$$

Contoh perhitungan sudut δ dengan menggunakan data uji pengukuran isolasi transformator tiga belitan antara isolasi CHG +CHL:

$$\angle \delta = \text{Sec } 0,25 = 14,477^\circ$$

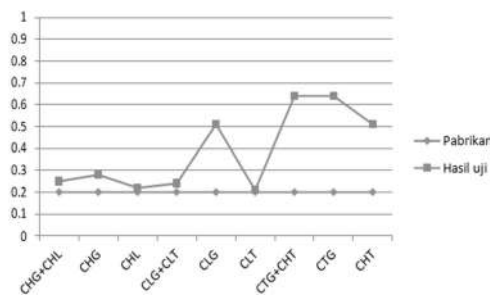
Tabel 5 menampilkan nilai sudut delta dari hasil uji isolasi transformator, Tabel 6 menampilkan nilai sudut delta dari hasil uji isolasi C1 bushing, sedangkan Gambar 5 menampilkan grafik nilai PF isolasi transformator antara nilai hasil uji dengan nilai standar pabrik dan Gambar 6 grafik nilai PF C1 bushing antara nilai hasil uji dengan nilai standar pabrik.

Tabel 5. Nilai sudut delta dari hasil uji isolasi transformator

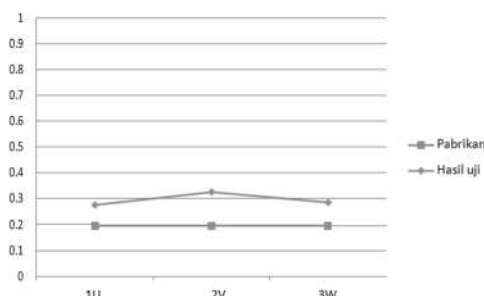
Pengujian Isolasi Transformator Tiga Belitan				
No	Isolasi yang diuji	Nilai PF hasil uji	Nilai $\angle \delta$ hasil uji	Nilai perbandingan $\angle \delta$ antara data uji dengan pabrikan
1	CHG+CHL	0,25	14,477°	2,866°
2	CHG	0,28	16,620°	4,588°
3	CHL	0,22	13,709°	1,146°
4	CLG+CLT	0,24	13,886°	2,292°
5	CLG	0,51	30,664°	18,059°
6	CLT	0,21	12,122°	0,573°
7	CTG+CHT	0,64	39,792°	26,104°
8	CTG	0,64	39,792°	26,104°
9	CHT	0,51	30,664°	18,059°

Tabel 6. Nilai sudut delta dari hasil uji isolasi C1 bushing

Pengujian isolasi C1 bushing				
No	Isolasi yang diuji	Nilai PF hasil uji	Nilai $\angle\delta$ hasil uji	Nilai perbandingan $\angle\delta$ antara data uji dengan pabrikan
1	1 U	0,28	16,260°	4,588°
2	2 V	0,33	19,263°	7,269°
3	3 W	0,29	16,858°	5,164°



Gambar 5. Grafik nilai PF isolasi transformator antara nilai hasil uji dengan nilai standar pabrik



Gambar 6. Grafik nilai PF C1 bushing antara nilai hasil uji dengan nilai standar pabrik

KESIMPULAN

Hasil pengujian isolasi transformator menggunakan delta 4000 di GI 150 KV dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengujian kemampuan isolasi menggunakan alat uji tangen delta bertujuan untuk mengetahui keadaan isolasi pada transformator mengalami pemburukan atau tidak yang disebabkan oleh berbagai macam kontaminasi pada isolasi.
2. Dalam pengujian kemampuan isolasi dengan alat uji tangen delta nilai power faktor standar pabrikan yaitu 0,2-0,5 dan nilai *power* faktor yang terbaca tidak boleh >1, sedangkan nilai *power*

faktor >0,5 masih aman namun perlu diwaspadai dan diselidiki.

3. Ketika menganalisa data hasil pengujian kemampuan isolasi menggunakan alat uji tangen delta 4000 terdapat beberapa nilai *power* faktor pada isolasi transformator >0,5
4. Nilai *power* faktor yang >0,5 yaitu isolasi CLG=0,51, CTG+CHT=0,64, CTG=0,64 dan CHT=0,51.
5. Pengujian kemampuan isolasi pada transformator dan bushing tidak ada nilai *power* faktor yang >1, oleh karena itu transformator yang diuji masih dapat dioperasikan secara normal kembali.

Berdasarkan hasil pengujian kemampuan isolasi pada transformator di GI 150 kV disarankan memperhatikan nilai suhu *ambient* dan sesuai dengan suhu sebenarnya karena dapat mempengaruhi nilai pengukuran yang terbaca pada alat uji tangen delta 4000. Karena itu perlu dibawa alat pengukur suhu agar diperoleh data suhu yang akurat agar pengukuran pada alat uji tangen delta 4000 menjadi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSI Standard 62-1995, 1995, IEEE Guide for Diagnostic Field testing of Electric Power Apparatus-Part1: Oil Filled Power Transformers, Regulators, and Reactors, *IEEE*, New York.
- Marsudi, D., 2006, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- PT. PLN, 2015, Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan Pemutus Tenaga (SK 114/DIR/2015), Perusahaan Umum Listrik Negara Pusat, Jakarta.
- Sandewa, V., 2013, Analisis Keseimbangan dan Konfigurasi Beban Sistem Distribusi 20 KV dengan Etap 7.0.0 (Studi Kasus Gardu Induk Wirobrajan Federer 3), *Skripsi*, IST AKPRIND Yogyakarta.
- Singgih, N.S., 2009, Analisis Pengaruh Keadaan Suhu Terhadap Tegangan Tembuh AC dan DC pada Minyak Transformator, *Jurnal Teknik Elektro*, Yogyakarta.

BIODATA PENULIS

Mujiman, S.T., M.T., lahir di Bantul pada tanggal 5 Juli 1955, menyelesaikan pendidikan S1 dari IST AKPRIND Yogyakarta tahun 1997 pada bidang Teknik Elektro, pendidikan S2 dari Universitas Gadjah Mada tahun 2007 pada bidang Teknik Elektro. Saat ini tercatat sebagai Pengajar Tetap pada Jurusan Teknik Elektro di IST AKPRIND Yogyakarta dengan Jabatan Akademik Lektor dengan bidang minat Elektronika.

Aru Purba Ardian Niagara, S.T. lahir di Banjarmasin pada tanggal 03 Juni 1993, menyelesaikan pendidikan S1 dari IST AKPRIND Yogyakarta tahun 2016 pada bidang Teknik Elektro.

**STUDI FASIES DAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN BATUAN KARBONAT,
FORMASI WONOSARI, PADA SITUS GOA JEPANG, DAERAH PESISIR
PARANGTRITIS, DESA SELOHARJO, KECAMATAN PUNDONG,
KABUPATEN BANTUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

Dina Tania¹

¹Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRINDYogyakarta
Email: dina.geoakprind@gmail.com

Masuk: 1 Maret 2017, Revisi masuk: 10 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

This research concerning about Facies and Sediment Environment of Carbonate Rock in Wonosari Formation. Research located at Goa Jepang site, in Parangtritis coastal areas, Seloharjo Village, Pundong Sub District, Gunungkidul District, Yogyakarta Special Region. Geographic position S 7°59'54"-8°00'14" and E 110°19'43"-110°19'58". Method of research is including rock outcrop profile and petrography thin section for three observer location in Goa 1, Goa 2, and Goa 3, from 18 location of Goa. There are 18 sites of Goa Jepang and it has three facies of stone unit, wackestone, packstone and framestone. Carbonate stone evolution for facies of wackestone and packstone be in stabilization zone and it is placing Goa Jepang on the back reef-reef flat of depositional environment zone. However, for Goa Jepang 2nd location with framestone facies has different carbonate evolution to the diversification phase to come reef crest-reef front of depositional environment zone.

Keywords: Goa Jepang, Carbonat Facies, Carbonat Growth and Deposition Environment.

INTISARI

Penelitian mengenai Fasies dan Lingkungan Pengendapan Batuan Karbonat Formasi Wonosari berada pada Situs Goa Jepang, di Pesisir Parangtritis, Desa Seloharjo, Kecamatan Pundong, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan posisi geografis S 7°59'54"-8°00'14" dan E 110°19'43"-110°19'58". Metode penelitian terdiri dari Metode Profil Singkapan dan Sayatan Petrografis diambil pada Goa 1, Goa 2, dan Goa 3 dari total keseluruhan 18 buah goa. Situs Goa Jepang yang secara keseluruhan berjumlah 18 buah memiliki fasies *wackestone*, *packstone*, dan *framestone*. Pertumbuhan karbonat untuk fasies *wackestone* dan *packstone* berada pada fase *stabilization* hingga menempatkan Goa Jepang berada pada lingkungan pengendapan *back reef-reef flat*. Namun khusus pada Goa 2 dengan fasies *framestone* terjadi perubahan pertumbuhan karbonat ke fase *diversification* hingga berubah lingkungan pengendapannya menjadi *reef crest-reef front*. Hasil analisis menunjukkan litologi *kalsilit* pada Goa 3, *kalkarenit* pada Goa 1, 4, hingga 18 dan *kalsirudit* pada Goa 2. Fasies *wackestone* dan dominan *packstone* serta *framestone* pada Goa 2. Pertumbuhan batuan karbonat dominan pada fase *Stabilization* namun pada Goa 2 berada pada fase *Diversification* yang ditandai oleh keberadaan biota yang semakin beragam. Lingkungan pengendapan batuan karbonat tersebut berada pada *back reef-reef flat* hingga *reef crest-reef front*.

Kata kunci: Goa Jepang, Fasies Karbonat, Pertumbuhan Karbonat dan Lingkungan Pengendapan.

PENDAHULUAN

Batuan karbonat merupakan batuan sedimen yang terbentuk pada lingkungan yang khas. Rekonstruksi pertumbuhan batuan karbonat dikaji melalui tipe fasies

dan lingkungan pengendapan batuan karbonat melalui beberapa metode.

Goa Jepang sendiri merupakan bangunan peninggalan militer Jepang pada masa Perang Dunia II untuk mengantisipasi serangan Sekutu ke

Pulau Jawa melalui Samudra Hindia. Situs Goa Jepang yang berada di Pesisir Parangtritis dibangun sebanyak 18 buah pada dinding batuan karbonat Formasi Wonosari yang berumur Miosen dengan kedalaman yang bervariasi sesuai dengan peruntukannya seperti untuk kepentingan pengintaian, logistik, akomodasi, penyimpanan amunisi dan konsumsi.

Pembukaan akses jalan di sekitar Goa Jepang menjadi latarbelakang kajian Situs Goa Jepang Pesisir Parangtritis melalui sudut pandang geologi pada penelitian ini. Para wisatawan yang berkunjung ke situs tersebut diharapkan mendapatkan wawasan mengenai sejarah keberadaan Goa Jepang terkait lingkungan pengendapan situs tersebut di masa lampau yang diperkirakan berada di bawah permukaan laut.

Metode penelitian pada daerah telitian dikaji melalui beberapa tahap yakni pendahuluan, pengumpulan data, dan analisis data. Tahapan pendahuluan terkait persiapan penelitian yang meliputi kajian pustaka berupa konsep/teori dari buku, jurnal, prosiding khususnya mengenai klasifikasi batuan karbonat, seperti Grabau (1904), Dunham (1962), dan Embry dan Klovan (1971). Adapun fase pertumbuhan batuan karbonat mengacu konsep James (1979), juga konsep untuk penentuan lingkungan pengendapan mengacu pada Wilson (1975) dan James (1979). Kesemua konsep di atas dianalisis melalui sayatan petrografis pada beberapa batu gamping di Gua Jepang. Tahapan pengumpulan data meliputi profil singkapan batuan serta karakter batu gamping serta *sampling* beberapa batu gamping di Gua Jepang, pengambilan data morfologi, data penggunaan lahan data karakter batu gamping di lapangan. Tahapan analisis diawali di Laboratorium Geologi Teknik IST AKPRIND Yogyakarta untuk pembuatan sayatan tipis pada beberapa batu gamping guna analisis yang mengacu pada konsep klasifikasi batuan karbonat, lingkungan pengendapan dan pertumbuhan batuan karbonat yang analisis tersebut dikorelasikan dengan data lapangan lain dan data pustaka.

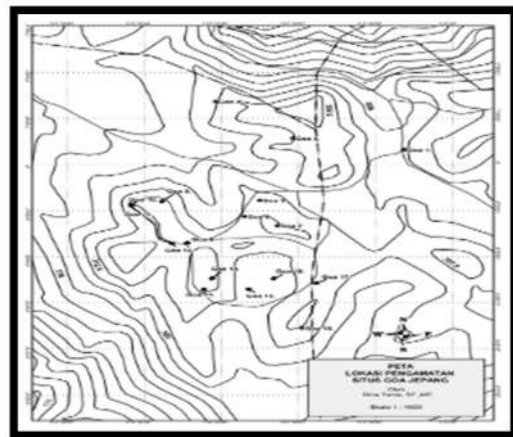
PEMBAHASAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi telitian secara administratif berada pada Situs Goa Jepang di Daerah Pesisir Parangtritis dan sekitarnya yang termasuk pada wilayah Desa Selorejo, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta dan secara geografis terletak pada koordinat $S 7^{\circ}59'54''-8^{\circ}00'14''$ dan $E 110^{\circ}19'43''-110^{\circ}19'58''$ dengan No. Lembar Peta 1408-221 (Bantul) dan 1407-543 (Dringgo). Gambar 1 menampilkan lokasi daerah telitian, sedangkan Gambar 2 menampilkan peta lokasi 18 buah Goa Jepang.



Gambar 1. Lokasi daerah telitian



Gambar 2. Peta lokasi 18 buah Goa Jepang

B. Fasies Goa Jepang

Goa Jepang Parangtritis yang berjumlah 18 buah seluruhnya tersusun oleh batu gamping terumbu yang terbagi menjadi tiga fasies yakni:

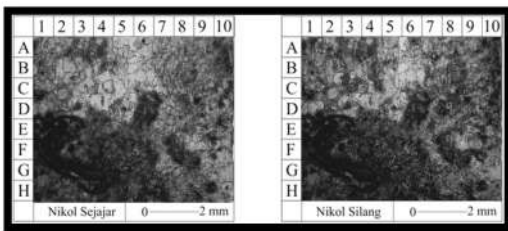
1. Fasies *wackestone*

Berada pada Goa 3 dengan jenis batuan karbonat berupa Kalsilitit (Grabau, 1904), berwarna abu-abu gelap, *mud supported*, ukuran butir 0,062-2 mm, kehadiran alga hijau, mineral opak,

mikrit, dan sparit tidak saling menyangga. Gambar 3 menampilkan singkapan batu gamping *wackstone* pada Goa 3 dengan arah foto N 112⁰E, Gambar 4 menampilkan *wackstone* pada Goa 3, dan Gambar 4 menunjukkan *wackstone* pada Goa 3.



Gambar 3. Singkapan batu gamping *wackstone* Goa 3 arah foto N 112⁰E



Gambar 4. *Wackstone* pada Goa 3

2. Fasies *packstone*

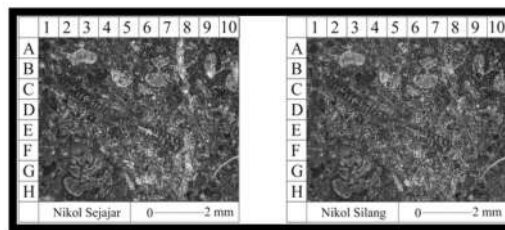
Berada pada Goa 1, 4, dan 18 dengan jenis batuan karbonat berupa Kalkarenit (Grabau, 1904), berwarna krem, *grain supported*, yang didominasi oleh kehadiran fosil >70% dan pecahan koral, kehadiran mineral opak, mikrit dan sparit yang saling menyangga.

Gambar 5 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 1 arah foto N 263⁰E, Gambar 6 menampilkan *packstone* pada Goa 1, Gambar 7 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 4 arah foto N 088⁰E, Gambar 8 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 5 arah foto N 088⁰E, Gambar 9 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 6 arah foto N 099⁰E, Gambar 10 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 7 arah foto N 232⁰E, Gambar 11 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 8 arah foto N

150⁰E, Gambar 12 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 9 arah foto N 210⁰E, Gambar 13 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 10 arah foto N 110⁰E, Gambar 14 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 11 arah foto N 067⁰E, Gambar 15 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 12 arah foto N 150⁰E, Gambar 16 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 13 arah foto N 229⁰E, Gambar 17 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 14 arah foto N 200⁰E, Gambar 18 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 15 arah foto N 200⁰E, Gambar 19 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 16 arah foto N 072⁰ E, Gambar 20 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa arah foto N 110⁰E, sedangkan Gambar 21 menampilkan singkapan batu gamping *packstone* Goa 18 arah foto N 347⁰E.



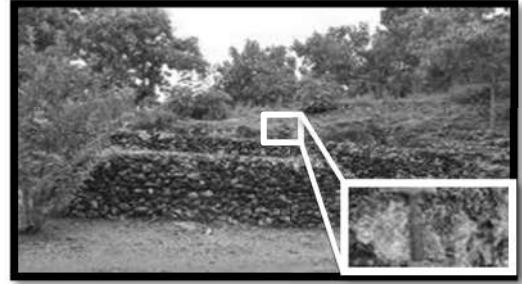
Gambar 5. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 1 arah foto N 263⁰E



Gambar 6. *Packstone* pada Goa 1



Gambar 7. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 4 arah foto N 088⁰E



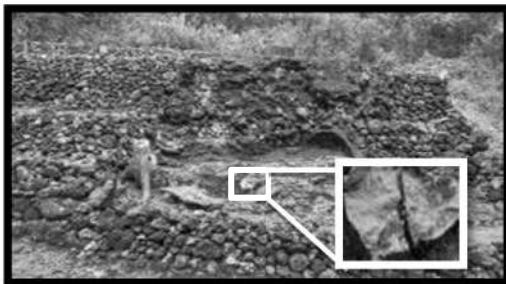
Gambar 11. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 8 arah foto N 150⁰E



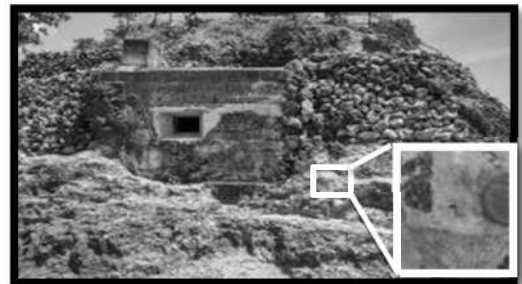
Gambar 8. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 5 arah foto N 088⁰E



Gambar 12. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 9 arah foto N 210⁰E



Gambar 9. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 6 arah foto N 099⁰E



Gambar 13. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 10 arah foto N 110⁰E



Gambar 10. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 7 arah foto N 232⁰E



Gambar 14. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 11 arah foto N 067⁰E



Gambar 15. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 12 arah foto N 150⁰E



Gambar 19. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 16 arah foto N 072⁰E



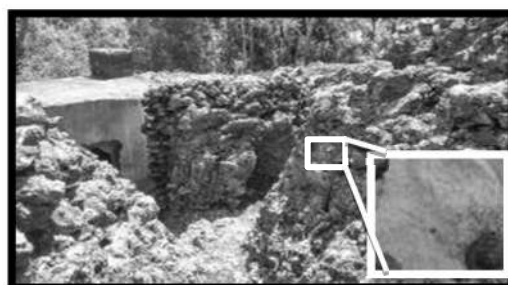
Gambar 16. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 13 arah foto N 229⁰E



Gambar 20. Singkapan batu gamping *packstone* Goa arah foto N 110⁰E



Gambar 17. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 14 arah foto N 200⁰E



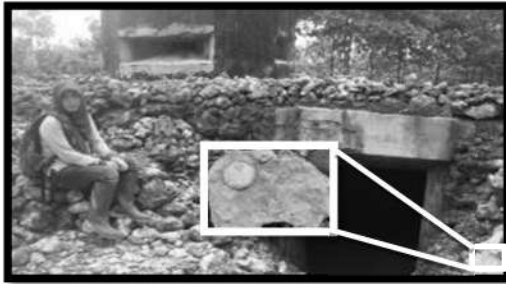
Gambar 21. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 18 arah foto N 347⁰E



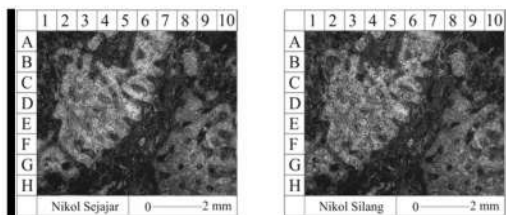
Gambar 18. Singkapan batu gamping *packstone* Goa 15 arah foto N 200⁰E

3. *Fasies framestone*

Berada pada Goa 2 dengan jenis batuan karbonat berupa Kalsirudit (Grabau, 1904), berwarna krem, *grain supported*, kehadiran massif koral, pelecypoda, mineral opak, mikrit, dan sparit yang saling menyangga. Gambar 22 menampilkan singkapan batu gamping terumbu Goa 2 arah foto N 274⁰E, sedangkan Gambar 23 menampilkan *framestone* pada Goa 3.



Gambar 22. Singkapan batu gamping terumbu Goa 2 arah foto N 274⁰E



Gambar 23. Framestone pada Goa 3

C. Fase Pertumbuhan Batuan Karbonat

Fase pertumbuhan batuan karbonat (James, 1979) di daerah telitian terbagi menjadi dua yaitu:

1. Fase *stabilization*

Terdiri dari litologi *packstone* dan *wackestone* dengan matrik lumpuran. Litologi *packstone* tersusun oleh fragmen alga, gastropoda, dan pecahan *branching coral*. Sedangkan litologi *wackestone* terdiri dari beberapa fragmen pecahan *branching coral* dan alga. Fase ini merupakan awal pertumbuhan batuan karbonat dengan tingkat keberagaman spesies rendah dan bentukannya terdiri dari rangka (*skeletal*) dan *debris*.

STAGE	TYPE OF LIMESTONE	SPECIES DIVERSITY	SHAPE OF REEF BUILDERS
DOMINATION	bedstone to transstone	low to moderate	Laminar encrusting
DIVERSIFICATION	transstone (bedstone) mudstone to wackestone matrix	high	small massive laminar branching encrusting
COLONIZATION	bedstone to mudstone (bedstone) with a mud stone to wackestone matrix	low	branching laminar encrusting
STABILIZATION	grainstone to mudstone (packstone to wackestone)	low	skeletal debris

Gambar 24. Fase stabilizatioan pada Goa 1, 3, dan 18

2. Fase *diversification*

Terdiri dari litologi *framestone* yang *grain supported* dengan variasi spesies beragam dengan bentuk berupa *massive* dan *branching coral* dengan beberapa fragmen pelecypoda dan gastropoda

yang menunjukkan tingkat pertumbuhan karbonat yang semakin tinggi bila dibanding fase *Colonization*.

STAGE	TYPE OF LIMESTONE	SPECIES DIVERSITY	SHAPE OF REEF BUILDERS
DOMINATION	bedstone to transstone	low to moderate	Laminar encrusting
DIVERSIFICATION	transstone (bedstone) mudstone to wackestone matrix	high	small massive laminar branching encrusting
COLONIZATION	bedstone to mudstone (bedstone) with a mud stone to wackestone matrix	low	branching laminar encrusting
STABILIZATION	grainstone to mudstone (packstone to wackestone)	low	skeletal debris

Gambar 25. Fase *diversification* pada Goa 2

D. Lingkungan Pengendapan

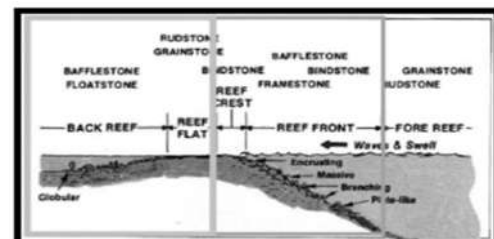
Setelah mengetahui fasies dan fase pertumbuhan batuan karbonat, maka lingkungan pengendapan Goa Jepang Daerah Pesisir Parangtritis menurut klasifikasi James dan Macintyre (1985) dulunya berupa:

1. *Back reef-reef flat*

Cerminan dari Goa 1 dan 3-18 yang terdiri dari litologi *kalsilitit-kalkarenit* dan *wackestone-packstone* menunjukkan lingkungan yang *mud supported-grain supported* dengan fase *Stabilization* yang didominasi oleh kedahadiran alga, fragmen pelecypoda dan gastropoda dengan kondisi arus yang tenang dan minim kehadiran biota.

2. *Reef crest-reef front*

Cerminan dari Goa 2 terdiri dari litologi *kalsirudit* dan *framestone* menunjukkan lingkungan yang *grain supported* dengan Fase *Stabilization* yang didominasi debris dan fragmen pelecypoda, gastropoda, *massive coral* dan *branching coral* dengan kondisi lingkungan dengan energi tinggi dan diverisifikasi biota yang lebih tinggi daripada *backreef*.



Gambar 26. Lingkungan pengendapan Batu gamping Situs Goa Jepang

KESIMPULAN

Situs Goa Jepang yang secara keseluruhan berjumlah 18 buah memiliki fasies *wackstone*, *packstone* dan *framestone*. Pertumbuhan karbonat untuk fasies *wackstone* dan *packstone* berada pada fase *stabilization* hingga menempatkan Goa Jepang berada pada lingkungan pengendapan *back reef-reef flat*. Namun khusus pada Goa 2 dengan fasies *framestone* terjadi perubahan pertumbuhan karbonat ke fase *diversification* hingga berubah lingkungan pengendapannya menjadi *reef crest-reef front*.

DAFTAR PUSTAKA

- Dunham R.J., 1962, *Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture*, Houston, Texas Published by AAPG Memoir 1.
- Embry A.F. and J.E. Klovan, 1971, *A Late Devonian Reef Tract in Northwestern Banks Island Northwest Territories*, Canadian Petroleum Geology Bulletin, v.9.
- Grabau A.W., 1904, Paleozoic Coral Reef. Geological Society of America Bulletin 14:337-352.
- James N.P., and Macintyre, I.G., 1985, *Carbonate Depositional Environment Modern and Ancient. Part 1: Reefs-Zonation, Depositional Facies and Diagenesis: Colorado School of Mines Quarterly, volume 80, number 3, p. 70.*
- James, N.P., 1979, *Shallowing Upward Sequences in Carbonates, Chapter 10, in Walker, R.G., editor, Facies Models: Geoscience Canada Reprint Series 1, pages 109-19.*
- Wilson, J.L., 1975, *Carbonate Facies in Geologic History*, XIV, pp. 471, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

BIODATA PENULIS

Dina Tania, S.T., M.T. lahir di Bangka pada tanggal 18 Mei 1982, menyelesaikan pendidikan S1 dari Universitas Pembangunan Nasional (UPN) Veteran Yogyakarta tahun 2006 pada bidang Teknik Geologi (TG) dan pendidikan S2 dari Universitas Pembangunan Nasional

(UPN) Veteran Yogyakarta tahun 2013 pada bidang Magister Teknik Geologi (MTG). Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta dengan Jabatan Akademik Tenaga pengajar dengan bidang minat Paleontologi.

TATA KELOLA TEKNOLOGI INFORMASI MENGGUNAKAN FRAME WORK COBIT 4-1 DENGAN MODEL MATURITY LEVEL PERUSAHAAN TELEKOMUNIKASI

Adityawan Chandra¹

¹Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta 55584

¹Email: adit.pride@gmail.com

Masuk: 1 Maret 2017, Revisi masuk: 10 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

Information technology significantly affects and determines the management of the company. A framework is needed to ensure that information technology enables companies to maximize profits, Information technology risk management and information technology resources are used efficiently. Evaluation of information technology is needed to better ensure the achievement of business goals. PT. Telkom Witel Yogyakarta a company engaged in the field of telecommunications has been using information technology to support the smooth operation of the company. Assessment of maturity level using COBIT 4-1 framework on information technology governance Telkom Witel Yogyakarta needs to be evaluated, so recommendations for improvement and improvement of information technology governance can be delivered. Research with survey method using questionnaire based on COBIT framework 4.1. Questionnaire of six answer choices from 25 respondents for Deliver and Support (DS) domain and four domains Monitor and Evaluate (ME). SPSS 16 for Windows software is used to process maturity level data. 12 domains are below the expected value: DS.1 (0.79), DS. 4 (0.76), DS.6 (0.19), DS.7 (0.83), DS.9 (0.80), DS.10 (0.13), DS.11 (0.59), DS. 13 (1.11), ME.1 (0.09), ME.2 (0.09), ME.3 (0.76) and ME.4 (1.17). Five domains that have values above expected maturity values: DS.2: 3.00, DS.3: 3.96, DS.5: 3.50, DS.8: 3.96 and DS.12: 3.05. Maturity level of information technology governance in Witel Yogyakarta DS domain and ME domain of 10 information systems with average maturity: 3.17 (defined process). The expected maturity value varies for each domain with a range between the 3.00 level and the 4.00 level. The highest maturity value of the DS domain is DS.3 and DS.8 value: 3.98, the lowest value DS.6: value 2.81. The highest maturity value of the ME domain is ME.3 with a value of 3.24, the lowest value of ME.4 with a value of 2.83.

Keywords: maturity level, information technology governance, Cobit 4.1, Telkom Witel Yogyakarta.

INTISARI

Teknologi informasi secara signifikan mempengaruhi dan menentukan pengelolaan perusahaan. Diperlukan kerangka kerja untuk memastikan bahwa teknologi informasi memungkinkan perusahaan dalam memaksimalkan keuntungan, pengelolaan resiko teknologi informasi dan sumberdaya teknologi informasi digunakan secara efisien. Evaluasi teknologi informasi diperlukan guna lebih menjamin pencapaian tujuan bisnis. PT. Telkom Witel Yogyakarta perusahaan yang bergerak di bidang pertelekomunikasian telah menggunakan teknologi informasi guna mendukung kelancaran operasi perusahaan. Penilaian tingkat kematangan menggunakan framework COBIT 4-1 atas tata kelola teknologi informasi Telkom Witel Yogyakarta perlu dilakukan evaluasi, sehingga rekomendasi guna perbaikan dan peningkatan tata kelola teknologi informasi dapat disampaikan. Penelitian dengan metode survey menggunakan kuesioner berdasar kerangka kerja COBIT 4.1. Kuesioner enam pilihan jawaban dari 25 responden untuk domain Deliver and Support (DS) dan empat domain Monitor and Evaluate (ME). Perangkat lunak SPSS 16 for Windows digunakan untuk mengolah data maturity level. 12 domain berada dibawah nilai yang diharapkan: DS.1 (0.79), DS. 4 (0.76), DS.6 (0.19),

DS.7 (0.83), DS.9 (0.80), DS.10 (0.13), DS.11 (0.59), DS.13 (1.11), ME.1 (0.09), ME.2 (0.09), ME.3 (0.76) dan ME.4 (1.17). Lima domain yang mempunyai nilai di atas nilai kematangan yang diharapkan: DS.2: 3.00, DS.3: 3.96, DS.5: 3.50, DS.8:3.96 dan DS.12: 3.05. Tingkat kematangan tata kelola teknologi informasi di Witel Yogyakarta domain DS dan domain ME dari 10 sistem informasi dengan rata-rata kematangan: 3.17 (defined process) Nilai kematangan yang diharapkan bervariasi untuk setiap domain dengan kisaran antara level 3.00 dan level 4.00. Nilai kematangan tertinggi dari domain DS yaitu DS.3 dan DS.8 nilai: 3.98, nilai terendah DS.6: nilai 2.81. Nilai kematangan tertinggi domain ME yaitu ME.3 dengan nilai 3.24, nilai terendah ME.4 dengan nilai 2.83.

Kata kunci: maturity level, tata kelola teknologi informasi, Cobit 4.1, Telkom Witel Yogyakarta.

PENDAHULUAN

Teknologi informasi secara signifikan telah mempengaruhi dan mengubah cara bisnis yang sedang dikelola dan dipantau saat ini (Hunton & Bagranoff, 2004). Teknologi informasi yang telah digunakan oleh banyak perusahaan sebagai salah satu solusi dalam menghadapi dan memenangkan persaingan (Tugas, 2010). Sejalan dengan itu diperlukan suatu kerangka kerja untuk memastikan bahwa teknologi informasi memungkinkan perusahaan dalam memaksimalkan keuntungan, resiko teknologi informasi dikelola dengan tepat dan sumberdaya teknologi informasi digunakan secara bertanggung jawab (Tanuwijaya & Sarno, 2010). Guna mencapai tujuan dimaksud diperlukan perencanaan, implementasi, dukungan, pengawasan dan evaluasi yang matang dan optimal. Berkaitan dengan hal tersebut di atas teknologi informasi juga telah banyak digunakan dalam perusahaan yang bergerak di bidang jasa telekomunikasi. PT Telkom sebagai salah satu dari perusahaan yang bergerak di bidang pertelekomunikasi juga telah banyak menggunakan teknologi informasi guna mendukung kelancaran operasi perusahaan. Demikian juga Telkom Witel Yogyakarta, dari studi awal yang dilakukan minimal terdapat 10 teknologi informasi yang digunakan. Telkom Witel Yogyakarta merupakan organisasi tingkat operasional dan lebih berorientasi kepada layanan pelanggan. Dengan demikian, hal yang terkait dengan strategi dan kebijakan ada di kantor pusat. Tata kelola teknologi informasi dengan *framework* COBIT 4.1

khususnya domain *Deliver and Support (DS)* dan domain *Monitor and Evaluate (ME)* akan dipergunakan untuk melihat tingkat kematangan pada teknologi informasi Telkom Witel Yogyakarta. Pemilihan kedua domain tersebut disesuaikan dengan struktur organisasi objek penelitian yang hanya bersifat teknis operasional, karena aspek strategi dan taktik bisnis ada di masing-masing Divisi.

Penerapan teknologi informasi untuk setiap organisasi terkait dengan strategi dan tujuan masing-masing organisasi. Penerapan teknologi informasi harus selaras dengan strategi bisnis dan tujuan organisasi yang dapat dicapai dengan adanya pengelolaan teknologi informasi yang baik. Berdasarkan hal tersebut, rumusan masalah adalah (1) Sejauh manakah Telkom Witel Yogyakarta sudah menerapkan tata kelola teknologi informasi dengan menggunakan *framework* COBIT 4-1. (2) Bagaimana merancang tata kelola teknologi informasi yang menghubungkan domain DS dan domain ME yang ada di dalam COBIT untuk teknologi informasi Telkom Witel Yogyakarta. (3) Bagaimana memetakan tingkat *Maturity* proses teknologi informasi di Telkom Witel Yogyakarta sehingga dapat diukur proses teknologi informasi saat ini. Kontribusi yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah: (1) Menambah informasi dalam upaya implementasi tata kelola teknologi informasi, sehingga dapat menjadi salah satu bahan acuan bagi penelitian selanjutnya. (2) Penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi Telkom Witel Yogyakarta guna peningkatan pengawasan dan evaluasi

yang efektif dan efisien terhadap tata kelola teknologi informasinya. Teknologi informasi adalah istilah terhadap berbagai macam hal dan kemampuan yang digunakan dalam pembentukan, penyimpanan dan penyebar luasan informasi. Teknologi informasi tidak hanya terbatas pada teknologi komputer (perangkat keras dan perangkat lunak) yang digunakan untuk memproses dan menyimpan informasi, melainkan juga mencakup teknologi komunikasi untuk mengirimkan informasi. Sedangkan sistem informasi adalah sistem yang menggunakan teknologi komputer untuk menyimpulkan, memproses, menyimpan, menganalisis dan menyebarkan informasi. Dengan kata lain sistem informasi dapat didefinisikan sebuah kombinasi yang terorganisasi dari manusia, perangkat keras dan perangkat lunak, jaringan komunikasi dan sumber-sumber data yang dikumpulkan, diolah dan informasi tersebar dalam suatu organisasi (Siswanto, 1997).

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Goodhue dan Thomson (1995) terdapat analisis bahwa pemanfaatan teknologi informasi dapat memberikan implikasi kinerja yang lebih kepada sistem informasi. Semakin tinggi aplikasi teknologi informasi akan semakin meningkatkan kinerja suatu sistem dapat menyajikan informasi sesuai kebutuhan manajemen dalam mengambil keputusan. Tata kelola teknologi informasi adalah suatu upaya menjamin pengelolaan teknologi informasi agar mendukung bahkan selaras dengan strategi bisnis suatu enterprise yang dilakukan oleh Dewan Direksi, Majemen Eksekutif dan juga Manajemen Teknologi Informasi (Surendro, 2008). Tata Kelola Informasi adalah sebuah kerangka kerja kebijakan, prosedur dan kumpulan proses-proses yang bertujuan untuk mengarahkan dan mengendalikan organisasi dalam rangka pencapaian tujuan organisasi dengan memberikan tambahan nilai bisnis melalui penyeimbangan dan resiko teknologi informasi beserta proses-proses yang ada didalamnya (Lenggana, 2007). Menurut Weil and Ross (2004), dalam (Jogiyanto, 2011) tata kelola teknologi

informasi didefinisikan sebagai penspesifikasian hak keputusan dan kerangka akuntabilitas untuk mengarahkan perilaku yang diinginkan dalam penggunaan teknologi informasi. Konsep kematangan teknologi informasi digunakan untuk memanfaatkan sejauh mana manajer menggunakan sistem informasi berbasis komputer (Chandarin dan Iriantoro, 1997).

Sesuai definisi yang diberikan oleh IT Governance Institute USA: (ITGI, 2007), COBIT, adalah *best practice* untuk manajemen teknologi informasi yang disusun oleh Information System Audit and Control Association (ISACA) dan Information Technology Governance Institute (ITGI), yang pertama kali dirilis pada tahun 1996. COBIT diperkenalkan untuk meneliti, mengembangkan mempublikasikan dan mempromosikan kewenangan, pembaruan dan seperangkat pedoman umum yang diterima secara internasional untuk tujuan pengendalian teknologi informasi dan penggunaan sehari-hari oleh para manajer bisnis dan auditor (Jogiyanto, 2011). Target penggunaan dari *framework* COBIT adalah organisasi atau perusahaan dari berbagai latar belakang dan para auditor eksternal. Secara manajerial target pengguna COBIT adalah manajer, pengguna dan profesional teknologi informasi serta pengawas/pengendali profesional. Tidak ada sertifikasi profesional yang diterbitkan oleh ITGI atau organisasi manapun sebagai penyusun standar COBIT. Di Amerika Serikat standar COBIT sering digunakan dalam standar Sertifikasi Certified Public Accountants (CPAs) dan Chartered Accounts (CAs) berdasar Standards on Auditing Standards (SAS) no.70 Service Organisations Review, Systrust Certification on Sarbanes Oxley Compliance. Sertifikasi non COBIT yang merupakan pengakuan profesional auditor teknologi informasi diterbitkan oleh ISACA. Sebagai afiliasi ITGI yaitu Certified Information Security Manager (CISM).

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan langkah-langkah yang harus dilakukan dalam sebuah penelitian. Di dalam metodologi penelitian harus mencerminkan keterkaitan langkah-langkah sehingga kegiatan menjadi lebih mudah, terarah dan sistematis. Penelitian ini metodologi yang akan digunakan yaitu metode pengumpulan data: (1) studi pustaka (2) telaah dokumen bisnis (3) Wawancara (4) Kuesioner (5). Penelitian merupakan suatu proses mencari solusi atas permasalahan yang ada melalui tahapan studi dan analisa terhadap faktor-faktor atau variabel yang berpengaruh. Sebagai suatu proses studi dan analisa penelitian harus mengikuti kaidah-kaidah penelitian sehingga hasilnya dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Metode penarikan sampel dalam penelitian ini adalah teknik *purposive sampling* yaitu sampel yang diambil dengan maksud atau tujuan tertentu. Seseorang diambil sebagai sampel karena peneliti menganggap bahwa seseorang tersebut memiliki informasi yang diperlukan bagi penelitian. Penelitian dilakukan di PT Telkom Witel Yogyakarta, pengambilan data dilakukan pada semester kedua tahun 2016. Sampel penelitian dipilih pejabat struktural dan staff Witel Yogyakarta yang dalam pekerjaan sehari-harinya terlibat dengan operasi sistem informasi di Witel Yogyakarta.

Dilakukan analisis terhadap kondisi eksisting dengan melakukan identifikasi pada obyek yang akan diteliti. Kemudian dilakukan penentuan tingkat kematangan. Tingkat kematangan tersebut dapat digunakan untuk peningkatan kesadaran akan kepentingan peningkatan pengelolaan proses teknologi informasi sekaligus pengidentifikasian prioritas dalam peningkatan yang akan dilakukan. Perangkat lunak yang akan digunakan untuk mengolah data *maturity level* ini adalah SPSS 16 for Windows. Setelah semua hasil kuesioner diolah, kemudian dihitung *maturity level* tiap proses dalam domain *Deliver and Support (DS)*: 13

proses dan domain *Monitor and Evaluate (ME)* empat proses untuk setiap responden. Hasil *maturity level* tiap proses dari 25 responden kemudian dicari rata-ratanya dan hasil rata-rata tersebut akan menjadi nilai *maturity level* atau tingkat kematangan tiap proses teknologi informasi. Dilakukan analisis kematangan: (1) Analisis kematangan saat ini (*as-is*) berdasarkan data hasil wawancara dan survey kuesioner terhadap manajemen dan pengguna teknologi informasi di Witel Yogyakarta. Penilaian terhadap masing-masing atribut model kematangan akan diketahui tingkat kematangan setiap domain, serta tingkat kematangan level tertinggi maupun level terendah dari domain-domain tersebut. (2) Analisis kematangan yang diharapkan (*to-be*) yaitu analisis tingkat kematangan yang diharapkan tata kelola teknologi informasi di Witel Yogyakarta untuk domain DS dan domain ME. Penilaian tingkat kematangan yang diharapkan diperoleh berdasarkan pendapat dari 25 karyawan yang dijadikan responden. Tingkat kematangan yang diharapkan dari setiap domain DS: 13 dan empat domain ME guna mendapatkan nilai absolut akan di cari nilai rata-ratanya. (3) Analisis kesenjangan yaitu: analisis tingkat kesenjangan tata kelola teknologi informasi bertujuan untuk memberikan kemudahan perbaikan tata kelola teknologi informasi melalui informasi atribut model kematangan. Analisis kesenjangan dilakukan dengan cara membandingkan tingkat kematangan tata kelola teknologi informasi yang diharapkan (*to-be*) dengan tingkat kematangan tata kelola teknologi informasi saat ini (*as-is*). Dari perbandingan tingkat kematangan tersebut akan diperoleh proses-proses mana yang belum sesuai dengan tingkat kematangan yang diharapkan.

PEMBAHASAN

1. Identifikasi masalah

Diperoleh informasi pada saat pendampingan pengisian kuesioner dari responden bahwa seluruh perangkat komputer yang digunakan di Witel Yogyakarta adalah bukan milik Witel

Yogyakarta. Perangkat-perangkat komputer dimaksud adalah sewa dengan jangka waktu tertentu dari PT. PIN yang merupakan salah satu anak perusahaan PT. Telkom. Dari kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa kemungkinan akan muncul permasalahan terkait dengan adanya gangguan pada perangkat komputer yang digunakan dalam sistem informasi di Witel Yogyakarta. Bagaimana dengan ketepatan waktu pergantian perangkat komputer yang rusak, dapat mengganggu kelancaran sistem informasi di Witel Yogyakarta. Guna mendukung pengadaan perangkat komputer maka PT. PIN menunjuk agen komputer merk Hawlett Packard dengan pola kerjasama. Dengan semakin panjangnya kerjasama yaitu PT. Telkom dengan PT. PIN dan kemudian PT. PIN dengan agen komputer Hawlett Packard maka pengadaan dan perbaikan atau pergantian perangkat-perangkat komputer akan banyak menghadapi kendala.

Tata kelola teknologi informasi di Witel Yogyakarta tidak secara langsung ditangani oleh manajemen Witel Yogyakarta tetapi dikendalikan langsung oleh Divisi IT (*Information Technology*) yang berada di Jakarta. Dengan demikian petugas-petugas sistem informasi Witel Yogyakarta lebih dominan hanya mengoperasikan sistem informasi dan tata kelola tidak begitu diperhatikan. Selain itu terdapat adanya ketidakselarasan antara level jabatan unit organisasi yang mengendalikan 10 sistem informasi di Witel Yogyakarta yaitu unit kerja *IS Operation Support* yang dipimpin oleh seorang Junior Manager. Unit kerja lainnya adalah dipimpin oleh seorang dengan jabatan Manager, satu tingkat lebih tinggi dibanding jabatan Junior Manager. Masalah lain yang ditemukan adalah terkait dengan kebersihan dan keamanan perangkat-perangkat komputer yang dilakukan oleh PT. Graha Sarana Duta (GSD) dimana tidak secara khusus memahami perangkat-perangkat yang dipergunakan atau terhubung dengan sistem informasi Witel Yogyakarta. Ditemukan bahwa aktivitas-aktivitas dari pimpinan unit kerja

terhadap evaluasi dan kontrol internal terhadap operasi sistem informasi yang ada di unit kerjanya masih perlu ditingkatkan.

2. Dukungan penelitian sebelumnya

Dukungan dari penelitian sebelumnya tentang perbedaan dan kesamaan terkait penelitian ini adalah:

- a) Penelitian yang sudah dilakukan oleh Carolina (2015): *Analisa Penilaian Maturity Level* Teknologi Informasi Berdasarkan Domain DS dan ME Menggunakan COBIT 4-1. Rekomendasi atau saran diturunkan dari objektif setiap domain dan yang lemah dijadikan sebagai saran perbaikan, dalam penelitian ini saran juga didasarkan atas 12 (dua belas) domain yang berada dibawah tingkat kematangan yang diharapkan.
- b) Level kematangan yang diharapkan oleh Telkom Witel Yogyakarta yang didapatkan dari pendapat setiap responden ada di adalah level 3 (*defined*) dan level 4 (*managed and measurable*). Hal ini seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Buang (2015): *Perancangan Tata Kelola Teknologi Informasi untuk Peningkatan Layanan Sistem Informasi Kesehatan*, Studi Kasus Dinas Kesehatan Kabupaten Jepara, Level 3 (*defined*) dijadikan target perbaikan, karena dari hasil penelitian *maturity* pada umumnya domain DS dan ME ada di level 2 (*repeatable*).
- c) Selain itu penelitian yang telah dilakukan oleh Wardani dan Puspitasari (2014): *Audit Tata Kelola Teknologi Informasi Menggunakan Frame Work COBIT dengan Model Maturity Level*, Studi Kasus Fakultas ABC, dimana tingkat kematangan domain ME.1, ME.2, ME.4 ada di level 2.33. Kondisi kematangan domain ME yang ada di Witel Yogyakarta (*As-Is*) ME.1 dan ME.2 adalah: 2.91, ME.3: 3.24 dan ME.4: dengan level 2.83.
- d) Analisis Tata Kelola Teknologi Informasi (*IT Governance*) pada Bidang Akademik dengan COBIT *Frame Work*, Studi Kasus pada

Universitas STIKUBANK Semarang, oleh Agus dan Novita (2011). Direkomendasikan *maturity level* semua domain ada di level 4 (*managed & measurable*) karena dibidang pendidikan tinggi, sedangkan tingkat kematangan DS dan ME (*As-Is*) di level 3 (*defined*). Beberapa perbedaan dengan tingkat kematangan dari penelitian ini adalah bahwa tingkat kematangan yang diharapkan adalah didasarkan kepada pendapat responden untuk setiap domain bukan di rata-ratakan.

- e) Evaluasi Penerapan Sistem Informasi dan Teknologi Informasi Menggunakan COBIT *FrameWork* di STMIK AMIKOM Purwokerto, oleh Azhari dan Melia (2015). Rekomendasi diajukan berdasarkan domain yang tidak diteliti (PO dan AI) padahal domain yang diteliti fokusnya adalah domain DS dan ME. Perbedaan dengan penelitian ini adalah bahwa saran atau rekomendasi diajukan berdasarkan atas domain yang tidak diteliti saja yaitu DS dan ME.

3. Proses teknologi informasi

Perangkat-perangkat komputer sebagai teknologi informasi yang ada di Witel Yogyakarta dan Telkom secara keseluruhan disediakan oleh anak perusahaan PT Telkom yaitu PT. PIN yang bekerjasama dengan perusahaan komputer merk HP. Mekanisme penyediaan komputer oleh PT. PIN dikenal dengan *Seat Management (SM)*, yaitu kontrak berjangka waktu tiga tahun dalam hal penyediaan komputer untuk PT. Telkom secara nasional. Jumlah komputer yang ada di Witel Yogyakarta adalah sejumlah karyawan yaitu 138 karyawan pada posisi akhir Desember 2016. *Update* sistem informasi dilakukan secara terpusat oleh Divisi IT di Jakarta, termasuk penggunaan *trend micro* sebagai program anti virus dan *back up data*. Dalam operasional sistem informasi apabila ditemukan kendala maka *user/operator* sistem informasi dapat menghubungi *call center* 1500472 (*open ticket*) guna penyelesaian permasalahan-permasalahan sistem informasi. Selanjutnya petugas unit *ISC*

(*Information Sistem Center*) Yogyakarta akan menindak lanjuti permasalahan-permasalahan sistem informasi melalui mekanisme *open ticket* tersebut. Proses teknologi informasi di Witel Yogyakarta sesuai dengan standar COBIT 4-1 yang telah diidentifikasi susunan menurut domainnya seperti Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi proses teknologi informasi

IT DOMAIN	IT PROCESS
<i>Plan and Organize (PO)</i>	Tidak ada di Witel Yogyakarta, tidak dilakukan analisis tingkat kematangan pada domain PO
<i>Acquire and Implementation (AI)</i>	Tidak ada di Witel Yogyakarta, tidak dilakukan analisis tingkat kematangan pada domain AI
<i>Deliver and Support (DS)</i>	DS1, DS2, DS3, DS4, DS5, DS6, DS7, DS8, DS9, DS10, DS11, DS12, DS13
<i>Monitor and Evaluation (ME)</i>	ME1, ME2, ME3, ME4

4. Profil responden

Sejumlah 17 responden adalah pejabat dan delapan orang responden adalah staff yang terlibat dalam operasional sistem informasi di Witel Yogyakarta seperti Tabel 2.

Tabel 2. Profil responden

NO	URAIAN	JML
1	GM Witel	1
2	Mgr. Cust Service	1
3	Mgr. Bus Gov. Enterprise service	1
4	Kakandatel Bantul	1
5	Kakandatel Sleman	1
6	Mgr. HR & CDC	1
7	Mgr. Log & GS	1
8	Mgr. Payment Collection	1
9	Mgr. Finance	1
10	Mgr. War room	1
11	Mgr. Access & service operation	1
12	Mgr. Access maintenance & optima	1
13	Mgr. Wholesale access network	1
14	Mgr. Network area	1
15	Mgr. Customer care	1
16	Mgr. CCAN	1
17	JM. IS operation support	1
18	Petugas-petugas sistem informasi: Datel Bantul, Datel Sleman, Cust service, Bus, Gov, War room, CCAN, Payment collection, ISC	8

5. Pengolahan Data Kuesioner

Pernyataan-pernyataan kuesioner setiap domain DS: 13 dan domain ME: empat masing-masing terdiri dari 3 pernyataan, sehingga jumlah keseluruhan dari pernyataan adalah 51 pernyataan. Modul SPSS.16 for Windows digunakan dalam uji validitas dan reliabilitas.

a) Uji Validitas

Uji korelasi 39 pernyataan-pernyataan domain DS dimana *Sig (1-tailed)* berada dibawah tolok ukur (0.05). Demikian pula dengan 12 pernyataan-pernyataan domain ME didapatkan bahwa *Sig (1-tailed)* berada dibawah tolok ukur (0.05). Dengan demikian seluruh pernyataan dalam domain DS dan ME adalah valid dalam arti secara statistik dapat digunakan dalam pengambilan data dalam penelitian ini

b) Uji Reliabilitas

Perhitungan uji reliabilitas apabila *Cronbach,s Alpha* diatas 0.6 dengan menggunakan SPSS 16 for windows didapatkan hasil seperti Tabel 3.

Tabel 3. Reliabilitas

<i>Cronbach,s Alpha</i>	<i>N of Item</i>
Domain DS	0.952
Domain ME	0.970

Dengan hasil uji reliabilitas tersebut didapatkan bahwa,

- Domain DS: $0,952 > 0,6$ dengan demikian 39 pernyataan-pertanyaan kuesioner dinyatakan reliabel.

- Domain ME: $0,970 > 0,6$ dengan demikian 12 pertanyaan kuesioner domain ME dinyatakan reliabel.

6. Perhitungan tingkat kematangan

Hasil olah data dengan program SPSS.16 for windows Tingkat kematangan domain DS seperti pada Tabel 4. Nilai kematangan tertinggi yaitu DS.3 dan DS.8 yaitu bernilai 3.98 *Managed and measurable*, sedangkan nilai terendah pada DS.6 yaitu bernilai 2.81 *Defined process*. Tingkat kematangan domain ME seperti Tabel 5. Nilai kematangan tertinggi yaitu ME.3 bernilai 3.24 *defined process*, sedangkan nilai terendah pada ME.4 bernilai 2.83 *defined process*.

Tabel 4. Tingkat kematangan domain DS

DO-MAIN	KETERANGAN DOMAIN	NILAI	KONDISI
DS.1	<i>Define & manage service levels</i>	3.24	<i>Defined process</i>
DS.2	<i>Manage third-party services</i>	3.00	<i>Defined process</i>
DS.3	<i>Manage performance & capacity</i>	3.96	<i>Managed & measurable</i>
DS.4	<i>Ensure continuous service</i>	3.21	<i>Defined process</i>
DS.5	<i>Ensure systems security</i>	3.20	<i>Defined process</i>
DS.6	<i>Identify & allocate cost</i>	2.81	<i>Defined process</i>
DS.7	<i>Educate & train users</i>	3.17	<i>Defined process</i>
DS.8	<i>Manage service desk & incidents</i>	3.96	<i>Managed & measurable</i>
DS.9	<i>Manage the configuration</i>	3.20	<i>Defined process</i>
DS.10	<i>Manage problems</i>	2.87	<i>Defined process</i>
DS.11	<i>Manage data</i>	3.41	<i>Defined process</i>
DS.12	<i>Manage the physical environment</i>	3.05	<i>Defined process</i>
DS.13	<i>Manage operator</i>	2.89	<i>Defined process</i>

Tabel 5. Tingkat kematangan domain ME

DO-MAIN	KETERANGAN DOMAIN	NILAI	KONDISI
ME.1	<i>Monitor & evaluate IT performance</i>	2.91	<i>Defined process</i>
ME.2	<i>Monitor & evaluate internal control</i>	2.91	<i>Defined process</i>
ME.3	<i>Ensure compliance with external requirement</i>	3.24	<i>Defined process</i>
ME.4	<i>Provide IT governance</i>	2.83	<i>Defined process</i>

7. Analisis kematangan yang diharapkan

Berdasarkan wawancara dengan manajemen Telkom Witel Yogyakarta telah disepakati oleh manajemen bahwa tingkat kematangan yang diharapkan dari 10 sistem informasi adalah pendapat dari user yang sekaligus sebagai responden.

Tingkat kematangan yang diharapkan diperoleh dari pendapat 25 karyawan yang menjadi responden per domain yaitu 13 domain DS dan empat domain ME. Selanjutnya pendapat setiap karyawan yang menjadi responden tentang tingkat kematangan yang diharapkan dari setiap domain di ambil rata-ratanya sebagai wakil tingkat kematangan per domain DS dan domain ME. Kisaran tingkat kematangan yang diharapkan yaitu DS.1: 4, DS.2: 3, DS.3: 3, DS.4: 4, DS.5: 3, DS.6: 3, DS.7:4, DS.8: 3, DS.9: 4, DS.10: 3, DS.11: 4, DS.12: 3, DS.13: 4, ME.1: 3, ME.2: 3, ME.3: 4, ME.4: 4. Analisis kesenjangan seperti tampak pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai kesenjangan

DOMAIN	AS-IS	TO-BE	GAP
DS.1	3.24	4.00	(0.76)
DS.2	3.00	3.00	0
DS.3	3.96	3.00	0.96
DS.4	3.21	4.00	(0.79)
DS.5	3.20	3.00	0.20
DS.6	2.81	3.00	(0.19)
DS.7	3.17	4.00	(0.83)
DS.8	3.96	3.00	0.96
DS.9	3.20	4.00	(0.80)
DS.10	2.87	3.00	(0.13)
DS.11	3.41	4.00	(0.59)
DS.12	3.05	3.00	0.05
DS.13	2.89	4.00	(1.11)
ME.1	2.91	3.00	(0.09)
ME.2	2.91	3.00	(0.09)
ME.3	3.24	4.00	(0.76)
ME.4	2.83	4.00	(1.17)

Dari Tabel 6 dapat diidentifikasi bahwa terdapat 12 domain yang berada dibawah nilai yang diharapkan yaitu: DS.1 *define & manage service levels* (0.79), DS. 4 *ensure continuous service* (0.76), DS.6 *identity & allocate cost* nilai (0.19), DS.7 *educate & train users* (0.83), DS.9 *manage the configuration* (0.80), DS.10 *manage problems* (0.13), DS.11 *manage data* (0.59), DS.13 *manage operator* nilai (1.11), ME.1 *monitor & evaluate IT performance* nilai (0.09), ME.2 *monitor & evaluate internal control* nilai (0,09), ME.3 *ensure compliance with external requirement* (0.76) dan ME.4 *provide IT governance* nilai (1.17). Terdapat lima domain yang mempunyai nilai diatas nilai kematangan yang

diharapkan yaitu: DS.2 *manage third-party services* 3.00, DS.3 *manage performance & capacity* 3.96, DS.5 *ensure systems security* 3.50, DS.8 *manage service desk & incidents* 3.96 dan DS.12 *manage the physical environment* 3.05.

8. Evaluasi Tata Kelola Teknologi Informasi

Dua belas domain dengan level berada dibawah level nilai kematangan yang diharapkan seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Domain-domain dengan nilai di bawah nilai kematangan yang diharapkan

DO-MAIN	DISKRIPSI	GAP (-)
DS.1	<i>Define & manage service levels</i>	0.76
DS.4	<i>Ensure continuous service</i>	0.79
DS.6	<i>Identity & allocate cost</i>	0.19
DS.7	<i>Educate & train users</i>	0.83
DS.9	<i>Manage the configuration</i>	0.80
DS.10	<i>Manage problems</i>	0.13
DS.11	<i>Manage data</i>	0.59
DS.13	<i>Manage operator</i>	1.11
ME.1	<i>Monitor & evaluate IT performance</i>	0.09
ME.2	<i>Monitor & evaluate internal control</i>	0.09
ME.3	<i>Ensure compliance with external requirement</i>	0.76
ME.4	<i>Provide IT governance</i>	1.17

Analisa dari masing-masing domain dihasilkan dari diskusi mendalam dengan petugas-petugas yang terlibat secara langsung dengan operasi sistem informasi di Witel Yogyakarta adalah:

1. Domain DS.1

Permasalahan terkait pendefinisian dan aktivitas mengelola *service level* dikendalikan dan dirumuskan langsung oleh Divisi IS (*Information System*) di kantor pusat Jakarta. Hal yang terkait dengan kesepakatan-kesepakatan kinerja atau performansi khususnya perangkat-perangkat sistem informasi bukan menjadi tanggung jawab langsung pengelola sistem informasi Telkom Witel Yogyakarta. Pengelola sistem informasi di Telkom Witel Yogyakarta hanya akan melaporkan apabila terjadi gangguan perangkat, misalnya lama *down time*, tidak berfungsinya *back up data*, pergantian

perangkat yang rusak. Hal-hal tersebut diduga menjadi penyebab tingkat kematangan domain DS.1 berada di bawah kematangan yang diharapkan (level.4).

2. Domain DS.4

Penjamiman terhadap pelayanan yang berkelanjutan, domain DS.4 dengan gap minus 0.79. Hal ini disebabkan karena para pengelola sistem informasi di Witel Yogyakarta sebatas memberikan masukan-masukan atas hal yang terkait dengan pelayanan berkelanjutan. Masukan-masukan dimaksud misalnya tentang keterlambatan penggantian perangkat, perbaikan-perbaikan dan lain-lain sesuai dengan waktu riil/kenyataan dilapangan dibanding waktu yang dinyatakan dalam Perjanjian Kerja Sama. Penjamiman terhadap pelayanan yang berkelanjutan dituangkan dalam Perjanjian Kerja Sama antara Divisi IT dengan pihak ketiga yaitu PT. PIN dalam hal penyediaan perangkat sistem informasi.

3. Domain DS.6

Aktivitas untuk identifikasi alokasi biaya atas operasi sistem informasi tidak dilakukan, hal ini terkait dengan domain DS.2 karena pencatatan biaya sewa perangkat teknologi informasi secara terpusat melalui kerjasama PT Telkom kantor pusat dengan PT. PIN. Apabila terjadi perbaikan perangkat komputer yang dilaksanakan oleh agen HP Yogyakarta maka biaya tidak ditagihkan kepada Witel Yogyakarta tetapi ditagihkan secara terpusat oleh PT. PIN.

4. Domain DS.7

Edukasi dan pelatihan terhadap *user/operator* khususnya sistem informasi yang baru atau mengalami perubahan disisi aplikasi, menu dan lain-lain biasanya tidak dilakukan di Witel Yogyakarta. Pelatihan dilakukan secara serentak untuk para operator sistem informasi yang mengalami perubahan, mekanisme pelatihan adalah seluruh operator dipanggil ke unit pendidikan dan pelatihan di Bandung. Hal ini akan terjadi ketimpangan operasional sistem informasi yang mengalami perubahan dan membutuhkan pelatihan tersebut karena para petugas sedang mengikuti

pelatihan. Selama ditinggalkan mengikuti pelatihan maka operasi sistem informasi diserahkan kepada petugas lain yang belum tentu memahami permasalahan sistem informasi dengan detail.

5. Domain DS.9

Para petugas yang mengelola sepuluh 10 sistem informasi yang beroperasi di Witel Yogyakarta lebih dominan hanya melaksanakan dan menjaga agar ke sepuluh sistem informasi dimaksud bisa berjalan dan beroperasi dengan baik. Permasalahan yang berhubungan dengan pengelolaan konfigurasi dari sepuluh sistem informasi dimaksud bukanlah menjadi fokus perhatiannya, karena permasalahan konfigurasi ditentukan langsung oleh Divisi IT. Sistem informasi yang ada di PT. Telkom secara nasional adalah seragam dan dipakai diseluruh Witel selain Yogyakarta, hal ini menjadi dasar pertimbangan bahwa konfigurasi tetap dikendalikan oleh kantor pusat yaitu Divisi IT di Jakarta. Kondisi ini menjadi sebab nilai tingkat kematangan domain DS.9 berada di bawah dari kematangan yang diharapkan (level.4).

6. Domain DS.10

Pengelolaan permasalahan-permasalahan terkait sistem informasi di Witel Yogyakarta terkesan hanya merupakan tugas pokok dari unit kerja *IS Operation Support* yang mengendalikan operasi dari 10 sistem informasi yang ada di Witel Yogyakarta. Pada hakekatnya operasi sistem informasi yang mendukung pelaksanaan pekerjaan diseluruh Witel Yogyakarta adalah merupakan tanggung jawab seluruh manajemen. Permasalahan-permasalahan yang muncul berkaitan dengan operasi sistem informasi di unit kerja biasanya hanya diinformasikan kepada unit kerja *IS Operation Support*. Pada umumnya pimpinan unit kerja yang kebetulan sistem informasinya mengalami gangguan kurang begitu peduli terhadap permasalahan yang berkaitan dengan sistem informasi di unit kerjanya.

7. Domain DS.11

Tingkat kematangan yang diharapkan pada domain DS.11 adalah

level 4 sedangkan kematangan saat ini ada di level 3.41 sehingga terdapat gap minus 0.59. Mengelola data yang berkaitan dengan 10 sistem informasi di Witel Yogyakarta menjadi tanggung jawab unit kerja *Junior Manager Information System*. Sementara para petugas atau pengelola sistem informasi diluar unit kerja dimaksud hanya mengoperasikan dan tidak ada tugas khusus untuk mengelola data terkait sistem informasi di unit kerjanya.

8. Domain DS.13

Pengelolaan operasi sistem informasi di Witel Yogyakarta dilakukan oleh unit organisasi dengan level lebih rendah dibanding unit organisasi yang dipimpin oleh seorang Manager yaitu dipimpin oleh *Junior Manager Information System* yang bertanggung jawab dalam operasional tata kelola teknologi informasi seluruh Witel Yogyakarta. Dari wawancara dengan karyawan-karyawan yang terlibat langsung dengan sistem informasi di Witel Yogyakarta disimpulkan bahwa kepedulian dari petugas-petugas sistem informasi diluar unit *IS Operation Support* masih relatif kurang. Petugas-petugas sistem informasi diluar unit kerja *IS Operation Support* merasa bahwa pekerjaan utamanya adalah bukan melakukan operasi sistem informasi, tetapi melakukan tugas dan tanggung jawab utamanya sesuai dengan unit kerja masing-masing.

9. Domain ME.1

Pengawasan dan evaluasi kinerja teknologi informasi hanya dilakukan oleh *JM. IS Operation Support*. Pada pelaksanaan aktivitas-aktivitas yang dilakukan lebih banyak bersifat dukungan terhadap operasi sistem informasi. Hal ini terkait dengan domain DS.13 dimana evaluasi kinerja teknologi informasi kurang begitu diperhatikan karena lebih fokus kepada dukungan operasi 10 sistem informasi yang ada di Witel Yogyakarta.

10. Domain ME.2

Evaluasi dan pengawasan kontrol internal atas sistem informasi lebih banyak dilakukan oleh masing-masing pimpinan unit organisasi. Seperti tingkat kematangan domain ME.1 dengan nilai

(0.26) yang secara kebetulan nilai sama dengan gap di domain ME.2. Evaluasi dan kontrol internal yang dilakukan oleh setiap pimpinan unit kerja terhadap operasional sistem informasi di unit kerjanya masih belum optimal. Hal ini disebabkan karena pimpinan-pimpinan dari setiap unit kerja lebih mementingkan kepada pencapaian target-target di unit kerjanya. Hal ini menyebabkan kurang pedulian atau tidak fokus dalam melakukan kontrol internal untuk kinerja sistem informasi yang ada di unit kerjanya. Kontrol internal atas kinerja sistem informasi diserahkan kepada petugas sistem informasi di unit kerja masing-masing.

11.Domain.ME.3

Penjaminan terhadap tuntutan dan persyaratan dari pihak eksternal atau pelanggan khususnya untuk sistem informasi dengan output yang digunakan pelanggan yaitu: SSKA, STARKLIK, TICARES dan Billing System memang menjadi permasalahan yang kritical. Output dari keempat sistem informasi dimaksud memang ada penjaminan atau *service level* garansinya, misalnya tentang penyampaian kuitansi atau rekening telepon atau internet yang merupakan output dari *billing system* harus sudah diterima pelanggan dalam waktu H+3 yaitu 3 hari setelah *billing* terbit. Kenyataan dilapangan ketika petugas menyampaikan kuitansi tagihan *billing* dimaksud ternyata pemilik rumah tidak berada ditempat, sehingga kuitansi diterima beberapa hari kemudian. Situasi demikian sering ditemukan dilapangan sehingga persyaratan yang dijaminan kepada pihak eksternal melampaui tolok ukur yang di perjanjikan.

12.Domain ME.4

Aktivitas penyediaan tata kelola teknologi informasi dengan gap minus 1.17 hal ini disebabkan karena tugas utama tata kelola teknologi informasi merupakan tugas dan tanggung jawab *JM.IS Operation Support*. Pada umumnya tata kelola teknologi informasi berupa himbauan dan atau instruksi-instruksi yang dibuat oleh kantor pusat Divisi IS di Jakarta. Himbauan atau instruksi tata kelola teknologi informasi banyak dijumpai terpasang di dinding

ruang kerja unit *IS operation support* Witel Yogyakarta, sedangkan ruang kerja diluar unit dimaksud relatif jarang ditemukan

KESIMPULAN

1. Kesimpulan khusus

Implementasi tata kelola teknologi informasi di Witel Yogyakarta khususnya evaluasi tingkat kematangan domain DS dan domain ME dari 10 sistem informasi dengan rata-rata kematangan adalah 3.17 (*defined process*). Nilai kematangan yang diharapkan adalah bervariasi untuk setiap domain dan sub domain dengan kisaran antara level 3,00 dan level 4,00. Nilai kematangan tertinggi dari domain DS yaitu DS.3 dan DS.8 yaitu bernilai 3,98 (*managed and measurable*), sedangkan nilai terendah pada DS.6 yaitu bernilai 2,81 (*repeatable but Intuitive*). Nilai kematangan tertinggi domain ME yaitu ME.3 yaitu bernilai 3.24 (*defined process*), sedangkan nilai terendah pada ME.4 yaitu bernilai 2.83 (*defined process*), kedua nilai tersebut masih dalam satu level kematangan yaitu kisaran 2.50-3.49. Tata kelola teknologi informasi yang ada di Witel Yogyakarta domain DS dan domain ME apabila dilihat dari tingkat kematangan saat ini (*As-Is*) didapatkan bahwa masih ada beberapa yang bersifat sentralistik dan dikendalikan langsung oleh kantor pusat PT. Telkom yaitu Divisi IT. Pengendalian oleh Divisi IT disebabkan karena telah dilakukan kerjasama terpusat yaitu dengan PT. PIN untuk mekanisme *seat management (SM)* dimana PT. PIN bekerjasama dengan PT. HP sebagai agen penyediaan komputer. Kerjasama terpusat lainnya adalah PT. Telkom dengan PT. Graha Sarana Duta sebagai pelaksanaan kebersihan gedung dan prasarana kantor pada setiap kantor Telkom diseluruh Indonesia. Dengan adanya kerjasama-kerjasama tersebut terlihat bahwa ditemukan 12 domain yang mempunyai nilai di bawah nilai kematangan yang diharapkan, 12 domain dengan nilai dibawah level kematangan yang diharapkan terdiri dari 7 domain yaitu: DS.1, DS.4, DS.6, DS.7, DS.9, DS.10, DS.13 yang tergantung

dan dikendalikan oleh Divisi IT di Jakarta. Lima domain yang mempunyai level kematangan di bawah dari level kematangan yang diharapkan adalah berada dalam kendali Witel Yogyakarta yaitu domain DS.10, DS.11, DS.13, ME.1, dan ME.2

2. Kesimpulan umum

Lima jurnal yang dijadikan rujukan yang mendukung penelitian ini adalah menyangkut cara penarikan atau penyusunan rekomendasi yang diturunkan dari setiap domain dengan tingkat kematangan yang rendah dijadikan sebagai saran perbaikan. Beberapa kelemahan-kelemahan dari penelitian sebelumnya dijadikan sebagai acuan untuk perbaikan dalam penelitian ini. Kelemahan-kelemahan penelitian sebelumnya tersebut akan diupayakan agar tidak terjadi dalam penelitian ini, sehingga lebih fokus kepada domain yang ada dalam penelitian. Rekomendasi lebih cermat, rumusan masalah sesuai dengan pemecahan masalah, terdapat keterkaitan yang runut dalam pembahasan, kesesuaian anatara tema penelitian dengan rumusan masalah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, P.U. dan Novita. M. (2011), *Analisis Tata Kelola Teknologi Informasi (IT Governance) pada Bidang Akademik dengan COBIT Framework, Studi Kasus pada Universitas STIKUBANK Semarang*, Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK, vol.16,no.2, juli 2011.
- Azhari, S.B. dan Melia, D. (2015), *Evaluasi Penerapan Sistem Informasi dan Teknologi Informasi Menggunakan COBIT Framework di STMIK AMIKOM Purwokerto*, Jurnal Probis, vol.8. no.1 Februari 2015
- Buang, B.W. (2015), *Perancangan Tata Kelola Teknologi Informasi untuk Peningkatan Layanan Sistem Informasi Kesehatan, Studi Kasus Dinas Kesehatan Kabupaten Jepara*, Jurnal SIMETRIS, vol.6 no.1, April 2015.
- Carolina, I. (2015). *Analisa Penilaian Maturity Level Tata Kelola Ti*

- Berdasarkan Domain DS Dan ME Menggunakan Cobit 4.1. In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Tren (SNIT)*.
- Grahita, C. dan Indriantoro, N. (1997). *Hubungan antara Partisipasi dengan Kepuasan Pemakai dalam Pengembangan Sistem Berbasis Komputer, suatu Tinjauan Dua Faktor Kontijensi*, Tesis-UGM Jogjakarta.
- Goodhue, D.L., and Thomson, R.L. (1995). *Task Technology Fit and Individual Performance*, MIS Quarterly, June.P.6-15.
- Hunton, J.E., and Bagranoff, N.A. (2004). *Information Technology Auditing*, Wiley.
- IT Governance Institute, 2007, *COBIT 4-1 Control Objective for Information and Related Technology*, USA ITGI.
- Jogiyanto,H.M. (2011). *Sistem Tata Kelola Teknologi Informasi*, edisi I Penerbit Andi Yogyakarta.
- Lenggana, I.T. (2007). *Perencanaan Model Tata Kelola Teknologi Informasi pada PT Kereta Api Indonesia berbasis COBIT*, ITB, Bandung.
- Wardani, S., dan Puspitasari, M. (2014). *Audit Tata Kelola Teknologi Informasi Menggunakan Framework Cobit Dengan Model Maturity Level (Studi Kasus Fakultas ABC)*. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 38-46.
- Siswanto. (1997). *Memanfaatkan Teknologi Informasi untuk Strategi Keunggulan Bersaing Industri di Perguruan Tinggi Swasta*, Makalah Seminar Perguruan Tinggi di Indonesia dalam Transisi Perguruan Tinggi Era Industrialisasi ke Era Informasi, Yogyakarta Universitas Atma Jaya.
- Surendro, K. (2008). *Rancangan Tata Kelola Teknologi Informasi untuk Pabrik Pupuk*, *Jurnal Informatika*, 9,2, 115-121.
- Tanuwijaya, H., dan Sarno, R. (2010). *Compariton of COBIT Maturity Model & Structural Equation Model for Measuring the Aligment between University Academic Regulations Technology Goals*, IJCSNS, International Journal of Computer Science & Network Security, 10.
- Tugas, F. (2010). *Assessing the Level of Information Technology (IT) Performance & Capability Maturity in the Philippine Food, Beverage and Tobacco (Fbt) Industry Using the COBIT Frame Work*, *Academy of Information & Management Science Journal*,13,45.

**PERANCANGAN SISTEM PENGAMBILAN KARTU UJIAN ONLINE
MENGUNAKAN FRAMEWORK CODEIGNITER
(STUDI KASUS INSTITUT SAINS & TEKNOLOGI AKPRIND YOGYAKARTA)**

Said¹, Emy Setyaningsih², Harmastuti³

¹²³Jurusan Sistem Komputer, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, 55222
Email: ¹said.media14@gmail.com, ²emypurnomo@akprind.ac.id, ³utikfst@yahoo.com

Masuk: 1 Maret 2017, Revisi masuk: 10 Juli 2017, Diterima: 24 Juli 2017

ABSTRACT

Taking the test card is part of the academic system Institut Science & Technology AKPRIND Yogyakarta and is an activity that is always done when the student before the exam. Examination card retrieval system that runs for this still use conventional system. This method is still less effective because students have to queue for a long time and also have to come to the campus directly. The proposed system research aims to facilitate students in the process of taking exam cards. System that will be developed web-based (web based), so that this system can be accessed online using both computer and smartphone devices. Research on the online card retrieval system was developed using Codeigniter (CI), one of the framework used to build a website. The development of web-based applications, CI framework has a very fast performance, easy configuration and complete documentation. This research uses waterfall diagram as research method and MySQL as database processing. Testing system conducted in this study by using black box testing method and testing the questionnaire. Black box testing aims to obtain a set of input conditions that will fully implement all the functional requirements of a program. This test concluded that the built application system can function as expected. While testing the questionnaire is done to know user acceptance or user satisfaction to the quality of the system developed. The results of the questionnaire test showed 80.24% of 82 respondents stated strongly agree that with the Online Card Exam Taking System Using Framework Codeigniter can help and provide convenience for students in the process of taking the test card.

Keywords: Exam Card, Web Based, Framework, Codeigniter.

INTISARI

Pengambilan kartu ujian merupakan bagian dari sistem akademik Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta dan merupakan suatu kegiatan yang selalu dilakukan mahasiswa ketika menjelang ujian. Sistem pengambilan kartu ujian yang berjalan selama ini masih menggunakan sistem konvensional. Cara ini dirasa masih kurang efektif karena mahasiswa harus mengantri dalam waktu yang lama dan juga harus datang ke kampus secara langsung. Penelitian sistem yang diusulkan ini bertujuan untuk memudahkan mahasiswa dalam proses pengambilan kartu ujian. Sistem yang akan dikembangkan berbasis web (*web based*), sehingga sistem ini dapat di akses secara online baik menggunakan perangkat *computer* maupun *smartphone*. Penelitian tentang sistem pengambilan kartu ujian online ini dikembangkan menggunakan Codeigniter (CI), salah satu *framework* yang digunakan untuk membangun sebuah website. Pengembangan aplikasi berbasis web, *framework* CI memiliki performa yang sangat cepat, konfigurasi yang mudah dan dokumentasi yang lengkap. Penelitian ini menggunakan *waterfall diagram* sebagai metode penelitian serta *MySQL* sebagai pengolahan *database*. Pengujian sistem yang dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan metode pengujian *black box* dan pengujian kuesioner. Pengujian *black box* bertujuan untuk mendapatkan set kondisi masukan yang sepenuhnya akan melaksanakan semua persyaratan fungsional suatu program. Pengujian ini disimpulkan bahwa sistem aplikasi yang dibangun dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Sedangkan pengujian kuesioner dilakukan untuk mengetahui *user acceptance* atau kepuasan pengguna

terhadap kualitas sistem yang dikembangkan. Hasil pengujian kuesioner menunjukkan 80.24% dari 82 responden menyatakan sangat setuju bahwa dengan adanya Sistem Pengambilan Kartu Ujian Online Menggunakan Framework Codeigniter dapat membantu dan memberi kemudahan bagi mahasiswa dalam proses pengambilan kartu ujian.

Kata kunci: Kartu Ujian, *Web Based*, *Framework*, Codeigniter.

PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi komputer dan teknologi komunikasi akan menghasilkan sebuah sistem informasi yang mudah untuk di akses, terlebih dengan adanya jaringan internet. Internet terus berkembang dengan pesat, dimana awalnya internet digunakan untuk menghubungkan sejumlah komputer agar mereka terikat pada suatu jaringan dan dapat berkomunikasi antara satu sama lain. Selanjutnya, internet berubah menjadi sebuah penghubung yang disertai berbagai macam manfaat. Salah satu peranan penting internet adalah sebagai media distribusi data dalam penggunaan aplikasi berbasis web. Penggunaan aplikasi berbasis web kini menjadi salah satu *trend* dalam perkembangan pembuatan perangkat lunak terutama perangkat lunak yang bersifat *client-server*. Web berkembang menjadi alat bantu yang tidak hanya mampu menyediakan informasi, namun juga mampu untuk mengolah informasi. Proses pengolahan informasi dengan memanfaatkan teknologi *web* menyebabkan web menjadi media informasi yang dinamis (Hidayah dkk, 2010; Yunavania dkk, 2015). Perkembangan pemrograman *desktop* maupun *web based* sudah semakin marak pengerjaannya menggunakan *framework*. *Framework* dikembangkan untuk mempermudah dalam *developing* suatu aplikasi. Selain itu, dengan *framework* waktu yang dihabiskan untuk membangun sebuah aplikasi dapat dikurangi secara signifikan (Upton, 2007). Salah satu *framework* yang populer untuk pemrograman *web based* adalah *Codeigniter (CI)*. *CI framework* merupakan sebuah *framework* berbasis PHP yang mengorganisasi file menjadi tiga kelompok, yaitu *model* yang merupakan kelompok file yang mengatur konfigurasi database, *view* yang merupakan kelompok file yang mengatur

tampilan, dan *controller* yang merupakan kelompok file yang menghubungkan file-file *model* dengan file *view* (Myer, 2008).

Pemanfaatan *framework CI* diantaranya digunakan untuk membangun pencatatan data dan pengarsipan elektronik surat internal, surat eksternal dan surat keluar. Semua data surat tercatat di dalam sistem secara terpusat dan terkomputerisasi sehingga proses monitoring, pencarian surat dapat dilakukan dengan cepat. Sedangkan surat fisik tersimpan di satu tempat yaitu di bagian pengarsipan sehingga pencarian surat fisiknya cukup meminta pada petugas arsip. Aplikasi ini *CI framework* digunakan sebagai *framework* pada saat *developing* serta *MySQL*, sedangkan pengolahan database menggunakan *Unified Modelling Language (UML)* sebagai *tools* (Andika, 2011).

Framework CI juga digunakan untuk pengembangan *prototyping* yang diterapkan pada kerangka kerja penelitian tahap demi tahap dan menghasilkan sebuah *website e-commerce* berbentuk *prototype* berbasis *Object Oriented Programming (OOP)*. Aplikasi yang dibangun menggunakan arsitektur *Model View Controller (MVC)* dan diterjemahkan menggunakan *framework CodeIgniter*. Tahap analisis dan desain pada fase *prototyping* menggunakan alat analisis-desain *Unified Modelling Language (UML)*, dan aplikasi diuji dengan menggunakan teknik *black box* untuk memastikan secara fungsional *prototype* dapat berjalan dengan baik (Octafian, 2015).

Penggunaan *Framework CI* versi 3.0.0 yang mendukung *Responsive Web Design* dengan menggunakan *Twitter Bootstrap* juga telah berhasil diimplementasikan pada aplikasi KRS Online pada STMIK Palangka Raya di beberapa *platform* seperti *desktop*, *smartphone*, maupun *tablet* pada

jaringan *intranet* STMIK Palangka Raya (Nugroho, 2014). Namun, penelitian tersebut terdapat kekurangan yaitu tidak adanya fasilitas untuk konfirmasi pembayaran SPP terlebih dahulu. Oleh karena itu, semua mahasiswa bisa melakukan pengisian KRS walaupun ada yang belum melengkapi syarat-syarat pengisian KRS online.

Framework CI yang digabungkan dengan *Google Maps* sebagai penunjuk lokasi, dan *SMS Gateway* sebagai media notifikasi juga telah diimplementasikan untuk sistem informasi pengolahan data rumah kos di Kelurahan Demangan. Sistem dapat diakses dari berbagai media seperti *notebook*, *mobile* dan *tablet*. Bahkan sistem tersebut memiliki fitur pencarian yang mudah dengan proses pemesanan yang cepat (Saputro, dkk, 2013).

Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta sebagai salah satu perguruan tinggi swasta yang ada di Yogyakarta saat ini belum menerapkan sistem pengambilan kartu ujian secara online. Pengambilan kartu ujian masih dilakukan secara konvensional yang menyebabkan permasalahan antrian panjang sehingga membutuhkan waktu dan proses yang lebih lama. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengambilan kartu ujian secara online sehingga memberikan kemudahan bagi mahasiswa Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta dalam proses pengambilan kartu ujian.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, *codeigniter* menjadi salah satu *framework* yang paling banyak digunakan programmer untuk mengembangkan aplikasi. Hal ini disebabkan karena performanya yang sangat cepat, konfigurasi yang mudah dan dokumentasi yang lengkap. Oleh karena itu, implementasi model *CI* sebagai *framework* pada saat *developing*, *MySQL* sebagai pengolahan database serta *waterfall diagram* sebagai metode penelitian menjadi langkah yang tepat untuk mengembangkan aplikasi berbasis web yang sesuai untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Penelitian ini menggunakan teknik analisis desain *Hierarchy plus Input-*

Process-Output (HIPO) yaitu tiap-tiap modul di dalam sistem digambarkan oleh fungsi utamanya. Penelitian ini mengedepankan keamanan untuk menghindari *human error*, dengan menyediakan fasilitas validasi, maka sistem pengambilan kartu ujian online hanya bisa dilakukan jika syarat-syarat pengambilan sudah terpenuhi. Selain itu juga terdapat pengaturan batas waktu pengambilan kartu ujian, sehingga sistem bisa diakses jika waktu yang ditentukan dalam proses pengambilan kartu ujian sudah mulai dibuka. Sistem ini nantinya dapat diakses baik menggunakan *computer* maupun *smartphone*.

METODE PENELITIAN

1. Landasan Teori

Beberapa landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. *Framework*

Menurut Basuki (2010) *framework* dapat diartikan sebagai koleksi atau kumpulan potongan-potongan program yang disusun atau diorganisasikan sedemikian rupa, sehingga dapat digunakan untuk membantu membuat aplikasi utuh tanpa harus membuat semua kodenya dari awal.

b. *Codeigniter*

Codeigniter (CI) adalah salah satu *framework* php yang tangguh dan populer yang awalnya ditulis oleh mas Rick Ellis, pendiri dan CEO EllisLab.com, perusahaan yang mengem bangkan *CI*. Saat ini, *CI* dikembangkan oleh komunitas dan disebar ke seluruh dunia dengan lisensi bebas. *CI* tergolong *framework* dengan ukuran kecil dan cukup mudah di kuasai. *CI* juga datang dengan manual yang tergolong lengkap.

c. Pengujian Program

Pengujian program meliputi:

i. *Black Box Testing*

Pengujian *black box* berfokus pada persyaratan fungsional perangkat lunak. Dengan demikian, pengujian *black box* memungkinkan perekayasa perangkat lunak mendapatkan serangkaian kondisi input yang sepenuhnya menggunakan semua persyaratan fungsional untuk suatu program.

ii. Pengujian Kuisioner

Rumus slovin digunakan untuk menentukan jumlah sampel dari sebuah populasi. Rumus slovin dituliskan pada persamaan (1).

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \quad (1)$$

Keterangan:

n = Ukuran sampel/jumlah responden

N = Ukuran populasi

e = Persentase kelonggaran ketelitian kesalahan pengambilan sampel yang masih bisa ditolerir; e = 0.1.

Likert adalah skala yang digunakan untuk mengukur persepsi, sikap atau pendapat seseorang atau kelompok mengenai sebuah peristiwa atau fenomena sosial, berdasarkan definisi operasional yang telah ditetapkan oleh peneliti. Skala ini merupakan suatu skala *psikometrik* yang biasa diaplikasikan dalam angket dan sering digunakan untuk riset yang berupa survei, termasuk survei deskriptif. Skala likert merupakan metode skala bipolar yang mengukur tanggapan positif atau negatif terhadap suatu pernyataan (Nazir, 2005). Skala likert dirumuskan pada persamaan (2).

$$SM = T \times Pn \quad (2)$$

Keterangan:

SM = Skor maksimum masing-masing interval

T = Total jumlah responden yang memilih

Pn = Pilihan angka skor likert, dimana Pn = {1,2,3,4}

Perhitungan skor maksimum tiap jawaban dengan menggunakan persamaan (2). Selain itu, untuk mengetahui kriteria interval (rentang jarak) dan persen inter pretasi yang digunakan untuk mengetahui penilaian menggunakan rumus persamaan (3).

$$KI = \frac{100}{Skor (Likert)} \quad (3)$$

Keterangan:

KI = Kriteria interval skor

Skor (Likert) = 4

Setelah itu, dapat dicari persentase masing-masing jawaban dengan menggunakan persamaan (4).

$$Y = \frac{TS}{Skor Ideal} \times 100\% \quad (4)$$

dengan nilai TS menggunakan persamaan (5).

$$TS = \sum_{i=1}^4 Pn_i \times JR_i \quad (5)$$

Keterangan:

Y = Nilai persentase

TS = Total skor responden

Pn_i = Pilihan angka skor likert ke-i

JR_i = Jumlah responden yang memilih angka skor likert ke-i

Skor ideal = nilai SM pada Pn, skor 4

Nilai skor maksimum dan kriteria interval skor tampak pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Skor Maksimum

Jawaban	Skor	Skor Maksimum (Skor*Jumlah Responden)
Sangat Setuju	4	328
Setuju	3	246
Kurang Setuju	2	164
Tidak Setuju	1	82

Tabel 2. Kriteria Interval Skor

Kategori	Keterangan
0% KI < 25%	Tidak setuju
25% KI < 50%	Kurang setuju
50% KI < 75%	Setuju
75% KI < 100%	Sangat setuju

2. Metode Pengumpulan Data

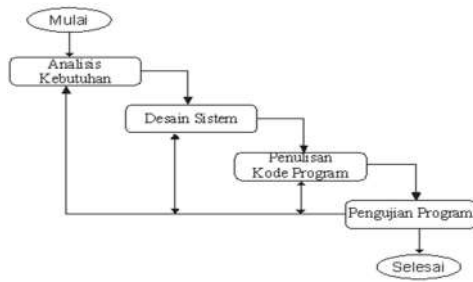
Salah satu metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode survey, yaitu dengan mengumpulkan data atau informasi melalui tanya jawab sehingga didapat keterangan untuk menyelesaikan permasalahan.

3. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah *waterfall* (Air Terjun). Model *waterfall* adalah model klasik yang bersifat sistematis, berurutan dalam membangun software (Pressman, 2015). Ada empat tahapan pada *waterfall diagram*, seperti pada Gambar 1.

4. Analisis Kebutuhan

Pada tahapan ini dirumuskan beberapa hal yang berkaitan dengan ruang lingkup yang nantinya dibutuhkan untuk pengembangan sistem yang diusulkan.



Gambar 1. Waterfall Diagram

5. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pengumpulan data yang telah dilakukan dengan metode wawancara di Biro Administrasi Akademik (BAA) dihasilkan beberapa permasalahan sebagai berikut:

- Pengambilan kartu ujian masih berlangsung secara konvensional dimana mahasiswa mengambil kartu ujian dengan datang langsung ke kampus yang menyebabkan beberapa permasalahan seperti antrian panjang, hal ini dikarenakan belum tersedianya layanan aplikasi untuk cetak kartu ujian online.
- Waktu yang dibutuhkan untuk pengam bilan kartu ujian hanya dalam dua hari, waktu ini cukup singkat untuk semua mahasiswa yang hanya disediakan satu loket pengambilan kartu ujian pada masing-masing jurusan, sehingga menimbulkan banyak antrian yang membuat mahasiswa menunggu lama

6. Analisa Sistem yang Berjalan

Alur sistem yang berjalan saat ini adalah sebagai berikut:

- Petugas mencetak semua kartu ujian mahasiswa
- Petugas menempel foto tiap mahasiswa pada kartu ujian yang akan digunakan
- Mahasiswa melengkapi persyaratan pengambilan kartu ujian yang berhubungan dengan beberapa unit seperti
 - Biro keuangan untuk mendapatkan bukti lunas pembayaran
 - Perpustakaan untuk mendapatkan surat keterangan bebas pustaka
 - Jurusan untuk meminta dispensasi ketika kehadiran kuliah kurang dari 75% dan pengesahan KRS

- Dosen wali untuk meminta tanda tangan krs

- Mahasiswa datang langsung ke kampus untuk mengambil kartu ujian
- Tiap mahasiswa menemui petugas pada loket masing-masing jurusan dengan catatan persyaratan pengambilan kartu ujian telah dipenuhi
- Mahasiswa menerima kartu ujian dari petugas

7. Usulan Sistem

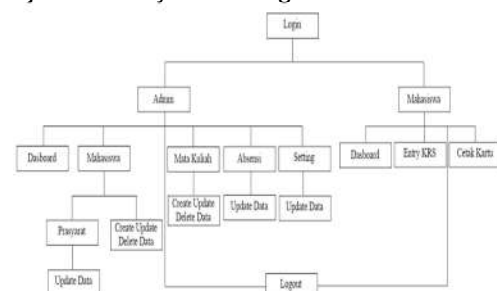
Berdasarkan sistem yang berjalan saat ini, diperlukan suatu sistem baru yang lebih baik yang dapat memudahkan dalam pemrosesan data dan penelusuran setiap informasi yang dikerjakan oleh sistem. Aplikasi yang akan diusulkan adalah berbasis web atau online. Berikut dijelaskan langkah-langkah usulan dari sistem:

- Mahasiswa mengakses sistem aplikasi dan *login* menggunakan username masing-masing
- Pengambilan kartu ujian dilakukan dengan memilih tombol cetak pada halaman cetak kartu
- Jika prasyarat sudah terpenuhi, maka akan ditampilkan form kartu ujian yang selanjutnya bisa langsung dicetak atau disimpan terlebih dahulu.

8. Desain Sistem

a. Perancangan HIPO

Perancangan HIPO untuk membangun sistem pengambilan kartu ujian online yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. HIPO Sistem Aplikasi

b. Perancangan Interface

- Rancangan Interface pada Halaman Login

Rancangan *interface* halaman login ditunjukkan pada Gambar 3. Halaman login bisa digunakan untuk login

administrator serta login mahasiswa. Login mahasiswa, username dan password secara default menggunakan NIM mahasiswa, sedangkan password bisa dirubah melalui administrator.



Gambar 3. Rancangan *interface* halaman login

- Rancangan *Interface* pada Halaman Dashboard Administrator
Rancangan *interface* halaman dashboard administrator akan ditampilkan beberapa menu yang ada pada sistem. Halaman ini hanya bisa diakses oleh administrator, sehingga administrator dapat melakukan pengolahan untuk menambah, merubah ataupun menghapus data-data yang berkaitan dengan kebutuhan sistem aplikasi. Rancangan *interface* pada halaman dashboard administrator ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan *interface* halaman dashboard administrator

- Rancangan *Interface* pada Halaman User/Mahasiswa
Rancangan *interface* untuk halaman *user/mahasiswa* ditunjukkan pada Gambar 5.



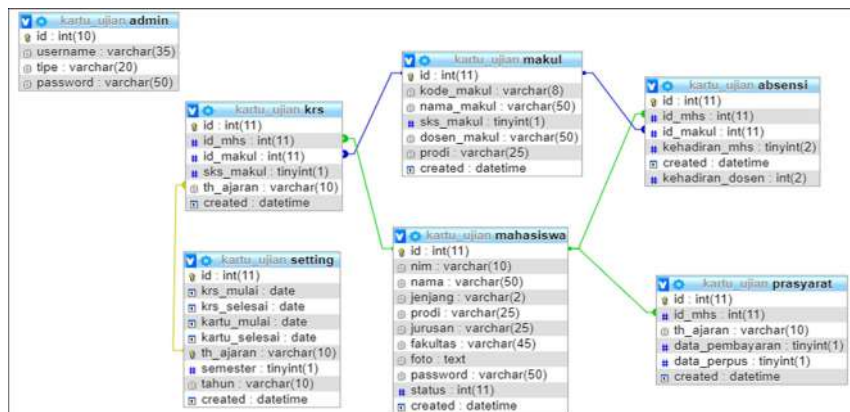
Gambar 5. Rancangan *interface* dashboard mahasiswa

Jika akan mengambil kartu ujian, maka dilakukan dengan memilih menu ambil kartu ujian. Selanjutnya, akan diarahkan ke *interface* kartu ujian mahasiswa sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Rancangan *interface* kartu ujian mahasiswa

c. Perancangan Database
Rancangan database yang digunakan ditampikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Rancangan relasi database

d. Penulisan Kode Program

Proses pembuatan program (*coding*) dengan menggunakan *tool* berbasis *web* (*hypertext*) yaitu *Sublime Text*. Kelebihan kode program pada penelitian ini adalah kode program sebagai validasi dalam prasyarat pengambilan kartu ujian online sehingga dapat menghindari *human error* yang bisa terjadi. Kode program tersebut dapat dilihat pada *function* *open_prasyarat* Gambar 8.

```
function open_prasyarat(id) {
    save_method = 'add';
    $('#form_prasyarat')[0].reset(); // reset form on modals
    $('#form-group').removeClass('has-error'); // clear error class
    $('#help-block').empty(); // clear error string
    $('#prasyarat_form').modal('show'); // show bootstrap modal
    modal
    $('#id_mhs').val(id);
    $('#modal-title').text('Update Prasyarat'); // Set Title to Bootstrap modal title
    $.ajax({
        url: "<?php echo site_url('crud_mahasiswa/ajax_edit_prasyarat/')?>" + id,
        type: "GET",
        dataType: "JSON",
        success: function(data) {
            $('[name="pembayaran"]').val(data.data_pembayaran);
            $('[name="perpus"]').val(data.data_perpus);
        },
        error: function (jqXHR, textStatus, errorThrown) {
            alert('Error get data from ajax');
        }
    });
}
```

Gambar 8. Kode program pada validasi prasyarat

Proses validasi pada *function* *open_prasyarat* terdapat dua prasyarat yang harus dipenuhi, yaitu data pembayaran dan data perpustakaan. Kode program untuk kedua data tersebut terdapat pada *class* *Mod_crud_mahasiswa* dengan *function* *data_pembayaran* dan *data_perpus* seperti terlihat di Gambar 9.

```
public function data_pembayaran($id){
    $th_ajaran = $this->db->query("SELECT th_ajaran FROM setting WHERE id='1'");
    $row = $th_ajaran->row_array();
    $th = $row['th_ajaran'];
    $makul = $this->db->query("SELECT data_pembayaran FROM prasyarat WHERE th_ajaran=$th AND id_mhs=$id");
    $row = $makul->row_array();
    $b = $row['data_pembayaran'];
    if($b=='1'){return TRUE; }
    else{return FALSE; }
}
public function data_perpus($id){
    $th_ajaran = $this->db->query("SELECT th_ajaran FROM setting WHERE id='1'");
}
```

```
$row = $th_ajaran->row_array();
$th = $row['th_ajaran'];

$makul = $this->db->query("SELECT data_perpus FROM prasyarat WHERE th_ajaran=$th AND id_mhs=$id");
$row = $makul->row_array();
$b = $row['data_perpus'];
if($b=='1'){return TRUE; }
else{return FALSE; }
}}
```

Gambar 9. Kode program *function* *data_pembayaran* dan *data_perpus*

e. Pengujian Program

Tahap pengujian program dilakukan terhadap aplikasi untuk memastikan bahwa aplikasi dapat berjalan dengan benar sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang diharapkan. Cara pengujian dilakukan dengan dua tahap, yaitu pengujian alpha (fungsional) dan pengujian beta (Meisadri dan Indriani, 2013). Pengujian alpha dilakukan dengan menggunakan metode pengujian *black box*. *Black box testing* merupakan pengujian yang dilakukan oleh pengembang perangkat lunak untuk mendapatkan set kondisi masukan yang sepenuhnya akan melaksanakan semua persyaratan fungsional suatu program (Wahyuningrum dan Januarita, 2015).

Pengujian beta dilakukan dengan cara memberikan kuesioner kepada responden/mahasiswa. Pengukuran dalam pengujian kuesioner ini menggunakan skala likert. Responden menentukan tingkat persetujuan mereka terhadap suatu pernyataan dengan memilih salah satu dari pilihan yang tersedia (Maryuliana dkk, 2016). Pilihan pertanyaan yang akan digunakan dalam pengujian ini merupakan pertanyaan yang telah dilakukan oleh Maryuliana, dkk (2016) yang dimaksudkan untuk mengetahui *user acceptance* atau kepuasan pengguna terhadap kualitas sistem yang dikembangkan.

PEMBAHASAN

1. Sistem Pengambilan Kartu Ujian Online Menggunakan Framework CI
Sistem pengambilan kartu ujian ini dibuat dengan menggunakan *framework* *CI*, proses *developing* program menggunakan *php* dan *html* dengan editor *sublime text*, database yang

digunakan yaitu mysql. Setelah proses developing, semua paket file *CI* dan juga file database diunggah ke dalam *web server* atau *hosting*. Sistem ini bisa diakses baik menggunakan *pc/komputer* maupun *smartphone*, dengan url <http://ambilkartu.ezyro.com>. Tampilan sistem yang diakses menggunakan komputer tampak pada Gambar 10 dan Gambar 11.

Halaman mahasiswa pada menu cetak kartu menampilkan kartu peserta ujian mahasiswa. Menu cetak kartu ini didalamnya terdapat mata kuliah yang ditampilkan beserta informasi kehadiran

dengan presentase diatas 75%. Pencetakan kartu ujian dilakukan dengan memilih tombol cetak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.

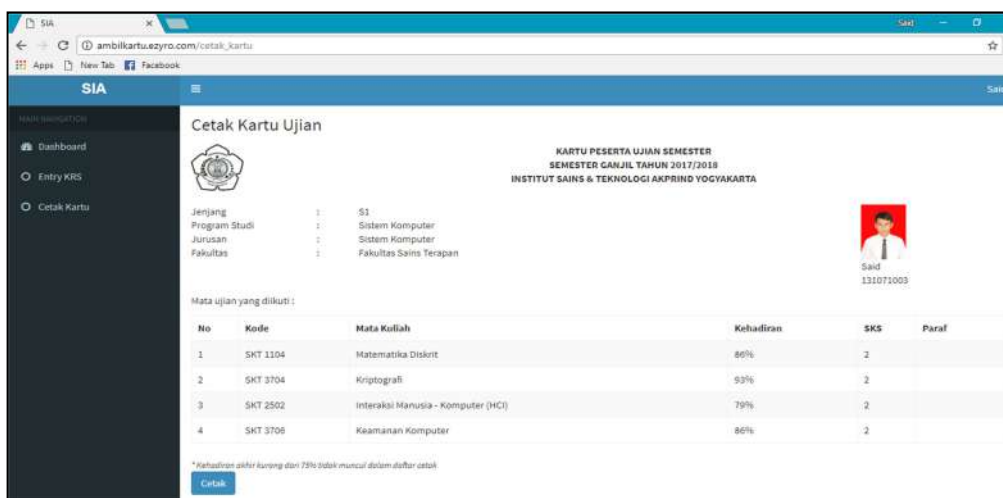
Setelah memilih tombol cetak, system akan diarahkan ke halaman baru (Gambar 13). Jika komputer yang digunakan terhubung dengan printer, maka kartu ujian bisa langsung dicetak. Jika tidak terhubung dengan printer, maka file kartu ujian bisa didownload/disimpan terlebih dahulu. Tampilan sistem yang akan diakses dengan menggunakan *smartphone* ditunjukkan pada Gambar 14.



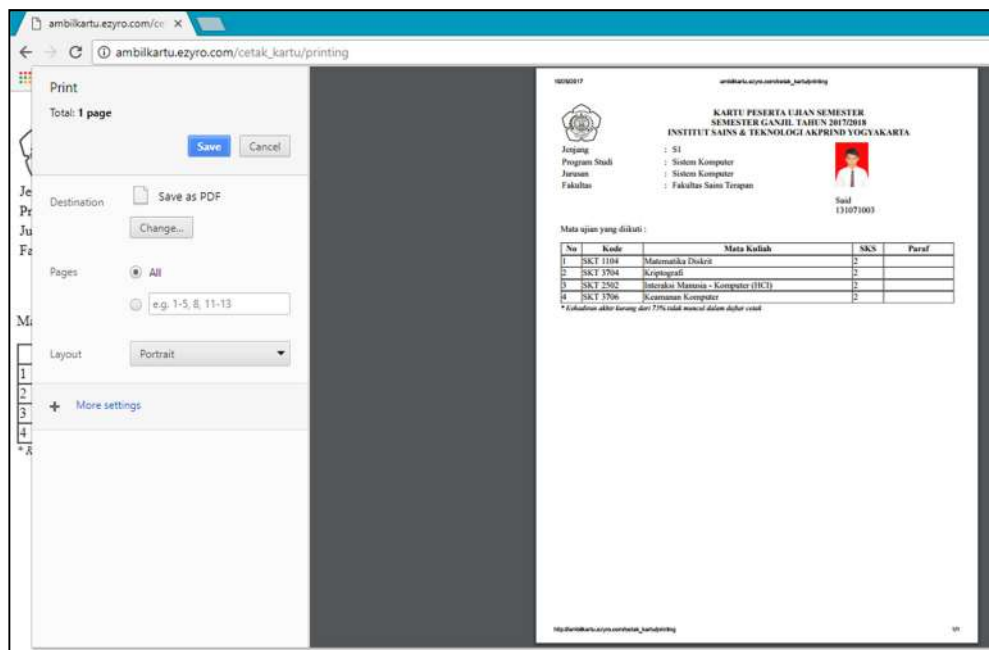
Gambar 10. Tampilan komputer pada dashboard administrator



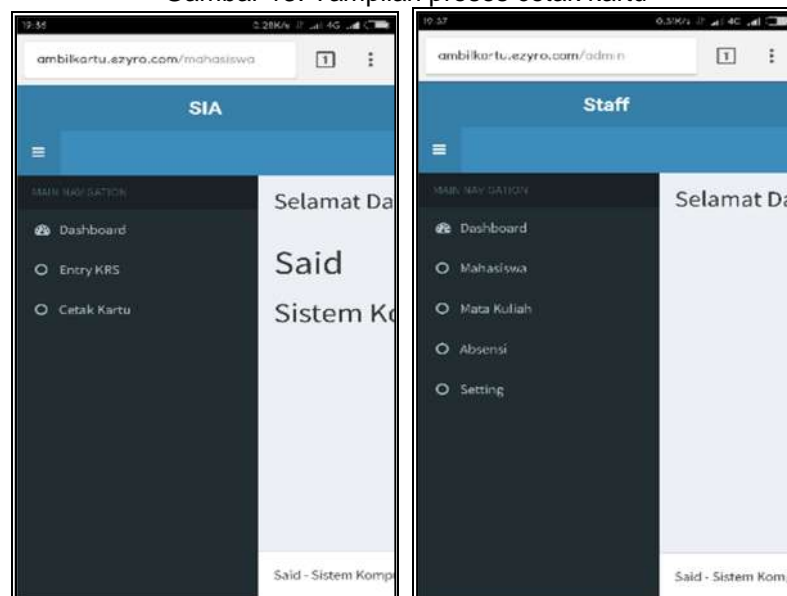
Gambar 11. Tampilan komputer pada dashboard mahasiswa



Gambar 12. Tampilan Menu Cetak Kartu



Gambar 13. Tampilan proses cetak kartu



Gambar 14. Tampilan smartphone pada dashboard administrator dan mahasiswa

2. Hasil Pengujian Sistem

a. Pengujian Alpha

Pengujian alpha dilakukan dengan menggunakan metode *black box*. Pengujian ini berfokus pada persyaratan fungsional perangkat lunak. Fungsi-fungsi yang diuji meliputi tombol-tombol menu dengan kasus yang benar dan kasus yang salah. Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan *black*

box testing dapat disimpulkan bahwa sistem aplikasi yang dibangun dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan serta sistem aplikasi yang dibangun telah cukup memenuhi tujuan awal dari penelitian ini.

b. Pengujian Beta

Berdasarkan persamaan (1), jumlah sampel yang diperlukan sebanyak 82 respon den dari populasi yang berjumlah

462. Perhitungan nilai persentase dari pengujian kuisioner dilakukan dengan menggunakan persamaan (4). Hasil yang didapatkan sebagai berikut:

- 73.17% responden menyatakan setuju bahwa tampilan antar muka sistem aplikasi ini memiliki tampilan yang menarik
- 81.10% responden menyatakan sangat setuju bahwa sistem aplikasi ini membantu dalam proses pengambilan kartu ujian
- 76.83% responden menyatakan sangat setuju bahwa informasi yang ditampilkan sistem aplikasi ini cukup informatif
- 79.88% responden menyatakan sangat setuju bahwa sistem aplikasi ini mudah untuk digunakan
- 90.24% responden menyatakan sangat setuju bahwa aplikasi ini perlu dikembangkan lagi

Hasil perhitungan persentase keseluruhan dari setiap pertanyaan sebesar 80.24% responden menyatakan sangat setuju bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan pengujian yaitu *user acceptance*. Berdasarkan Tabel 2 dapat disimpulkan sistem telah diterima dengan baik oleh pengguna.

3. Kelebihan Sistem

Sistem pengambilan kartu ujian online menggunakan *framework CI* ini memiliki kelebihan diantaranya:

- a. Penulisan program menggunakan *pattern MVC*, sehingga proses *developing* menjadi lebih optimal serta dihasilkan *source code* yang lebih rapi dan terstruktur untuk memudahkan dalam pemeliharaan dan pengembangan lebih lanjut di kemudian hari.
- b. Performa lebih handal dan cepat karena adanya fitur *caching* saat menjelajah data dalam sistem.

4. Kekurangan Sistem

Kekurangan sistem pengambilan kartu ujian online menggunakan *framework CI* ini diantaranya:

- a. Sistem yang dikembangkan belum bersifat *responsive* sehingga sistem ini dapat tampil dengan baik ketika

diakses menggunakan perangkat computer / laptop. Sementara sistem tampil kurang baik ketika diakses menggunakan perangkat *mobile* seperti *smartphone* karena ukuran teks dan laman yang lebih kecil.

- b. Sistem aplikasi belum dilengkapi dengan fitur ubah *password* pada halaman mahasiswa, sehingga untuk merubah *password* harus melalui administrator.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan membangun sebuah sistem pengam bilan kartu ujian online menggunakan *framework codeigniter* studi kasus di Intitut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, dapat ditarik kesimpulan yaitu sistem aplikasi yang dibangun ini dapat memberikan kemudahan bagi mahasiswa dalam proses pengambilan kartu ujian. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian kuesioner yang menyatakan 80.24% dari 82 responden menyatakan sangat setuju bahwa sistem aplikasi ini telah membantu dan memberi kemudahan dalam proses pengambilan kartu ujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika, R., 2011. *Penerapan CI (Codeigniter) dalam Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Surat dan Pengarsipan dengan Studi Kasus pada Lingkungan Kantor Sekretariat PT. Semen Padang*. Skripsi. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Basuki, A.P., 2010. *Membangun Web Berbasis PHP dengan Framework Codeigniter*. Lokomedia: Yogyakarta.
- Hidayah, N.A., Kumaladewi, N. dan Efrylla, S., 2010. *Sistem Informasi Pemesanan Tiket Pesawat Berbasis Web pada Bana Tour (PT. Wali Angkasamitra Utama)*. Jurnal Sistem Informasi, Vol. 3 No. 1, hal 1-6.
- Myer, T., 2008. *Professional Codeigniter*. Indianapolis: Wiley Publishing.
- Nazir, M., 2005. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia: Bogor.
- Nugroho, A.Y., 2014. *Rancang Bangun KRS Online pada STMIK Palangkaraya Menggunakan*

- Framework CodeIgniter*. Naskah Publikasi. STMIK Palangkaraya.
- Maryuliana, Subroto, I.M.I. dan Haviana, S.F.C., 2016. *Sistem Informasi Angket Pengukuran Skala Kebutuhan Materi Pembelajaran Tambahan Sebagai Pendukung Pengambilan Keputusan di Sekolah Menengah Atas Menggunakan Skala Likert*. Jurnal Transistor Elektro dan Informatika, Vol. 1 No. 2. pp. 1-12.
- Meisadri, R. dan Indriani, N., 2013. *Pembangunan Game First Person Shooter 3D Alien Hunter*. Jurnal Ilmiah Komputa, Vol. 2 No. 1.
- Octafian, D.T., 2015. *Web Multi E-Commerce Berbasis Framework CodeIgniter*. Jurnal Teknomatika, Vol. 5 No. 1.
- Pressman, R. S., 2015. *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi*. Andi Offset: Yogyakarta.
- Saputro, G.A., Hamzah, A. dan Triyono, J., 2013. *Sistem Informasi Pengolahan Data Rumah Kos Menggunakan Framework CodeIgniter di Kelurahan Demangan Kecamatan Gondokusuman Yogyakarta*. Jurnal SCRIPT, Vol. 1 No. 1.
- Upton, D., 2007. *CodeIgniter for Rapid PHP Application Development*. Birmingham: Packt Publishing.
- Wahyuninngrum, T. dan Januarita, D., 2015. *Implementasi dan Pengujian Web E-commerce untuk Produk Unggulan Desa*. Jurnal Komputer Terapan, Vol. 1 No. 1, Hal. 57-66.
- Yunavania, F., Setyaningsih, E., dan Harmastuti, 2015. *Aplikasi Pencarian Lokasi Agen Resmi PT. Garuda Indonesia di Wilayah Yogyakarta pada Ponsel Berbasis Android*. Jurnal Teknologi, Vol. 8 No. 1, Hal. 20-29.

SISTEM PENTANAHAN SWITCHYARD DENGAN KISI-KISI (GRID) PADA GARDU INDUK 150 KV BANTUL

Slamet Hani¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, 55222

¹Email: shan.akprind@gmail.com

Masuk: 1 Maret 2017, Revisi masuk: 10 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

The substation has a great possibility of experiencing a hazard caused by the disturbance of lightning and overcurrent so that the current disturbance flows to the ground as a result of the insulation of equipment that is not functioning properly. One of the security systems on the substation is grounding. The grounding system is a delivery system that connects the system, equipment and installation bodies with the earth / ground so as to secure the human from electric shock, and secure the installation components from the dangers of abnormal voltage / currents. Therefore, research is conducted with respect to the grid earthing system on the Switchfield Substation (GI) switchyard. The research applies some data retrieval methods, namely: Literature study method, covering the studying literature related to earth system in switchyard area of 150 kV Bantul, and literature related to earth type resistance calculation, soil type resistance, type of system earth, and type of electrode used. Based on the result of the analysis of the value of ground grid of Substation in Bantul is 0,527 Ohm. Or the difference in value of 0.043 Ohm or 7.54% smaller than the measurement value of 0.57 Ohm. Touch tension value of 207.5 Volts for people weighing 70kg, and 153.3V for weight 50Kg. with the actual maximum touch voltage value of 261.53 Volts. The step voltage value of 288.7 Volts for people weighing 70kg, and 213.3V for weight 50Kg. with an actual maximum step voltage value of 857.4 Volts.

Keywords: Substation, Ground, Switchyard.

INTISARI

Pada gardu induk mempunyai kemungkinan sangat besar mengalami bahaya yang disebabkan oleh timbulnya gangguan dari petir maupun arus lebih sehingga arus gangguan itu mengalir ke tanah sebagai akibat isolasi peralatan yang tidak berfungsi dengan baik. Salah satu sistem pengamanan pada Gardu Induk ialah pentanahan. Sistem pentanahan adalah sistem penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, serta mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/ arus abnormal. Oleh sebab itu, penelitian yang dilakukan berkenaan dengan sistem pentanahan *grid* pada *switchyard* Gardu Induk (GI). Peneliti menerapkan beberapa metode pengambilan data, yaitu: Metode studi Literatur, yang meliputi hal-hal mempelajari literatur yang berkaitan dengan sistem pentanahan pada area *switchyard* Gardu Induk 150 kV Bantul, dan literatur yang berhubungan dengan perhitungan tahanan jenis pentanahan, tahanan jenis tanah, jenis sistem pentanahan, serta jenis elektroda yang digunakan. Berdasarkan hasil analisis besarnya nilai pentanahan *grid* Gardu Induk Bantul adalah sebesar 0.527 Ohm. Atau selisih nilai sebesar 0.043 Ohm atau 7.54% lebih kecil dari nilai pengukuran yaitu 0.57 Ohm. Nilai tegangan sentuh sebesar 207.5 Volt untuk orang dengan berat badan 70kg, dan 153.3 Volt untuk berat badan 50Kg. dengan nilai tegangan sentuh maksimum sebenarnya sebesar 261.53 Volt. Nilai tegangan langkah sebesar 288.7 Volt untuk orang dengan berat badan 70kg, dan 213.3 Volt untuk berat badan 50Kg. dengan nilai tegangan langkah maksimum sebenarnya sebesar 857.4 Volt.

Kata kunci: Gardu Induk, Pentanahan, *Switchyard*.

PENDAHULUAN

Sistem pentanahan *switchyard* adalah menghubungkan suatu titik rangkaian listrik pada gardu induk dengan bumi dengan cara tertentu, apabila suatu tindakan pengamanan atau perlindungan yang akan dilaksanakan. Maka harus ada sistem pentanahan yang dirancang dengan benar, agar sistem pentanahan dapat bekerja efektif. Maksud system pentanahan antara lain membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan menggunakan rangkaian efektif, dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubungan (*surge currents*), menggunakan bahan tahan korosi terhadap bagian kondisi kimiawi tanah, menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pemeliharaan.

Pada gardu induk mempunyai kemungkinan sangat besar mengalami bahaya yang disebabkan oleh timbulnya gangguan dari petir maupun arus lebih sehingga arus gangguan itu mengalir ke tanah sebagai akibat isolasi peralatan yang tidak berfungsi dengan baik. Arus gangguan tersebut akan mengalir pada bagian - bagian peralatan yang terbuat dari metal dan juga mengalir dalam tanah di sekitar gardu induk. Arus gangguan ini menimbulkan gradien tegangan diantara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah dan juga gradien tegangan pada permukaan tanah itu sendiri. Besarnya gradien tegangan pada permukaan tanah tergantung pada tahanan jenis tanah atau sesuai dengan struktur tanah tersebut.

Sistem pentanahan adalah sistem penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, serta mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/arus abnormal. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi hal yang sangat penting dalam hal pengamanan gangguan listrik (Sumardjati, 2008)

Pembumian *grid* merupakan salah satu sistem pembumian yang banyak digunakan di gardu induk karena

mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan sistem pembumian lainnya. Beberapa keuntungan tersebut antara lain gradien tegangan pada sistem pembumian *grid* akan lebih rata serta tahanan pentanahan yang lebih kecil. Sistem pembumian *grid* dilakukan dengan cara menanamkan batang-batang elektroda pada kedalaman tertentu. Batang-batang elektroda tersebut terhubung satu dengan yang lainnya menggunakan kawat/konduktor, sehingga membentuk beberapa buah mesh. Distribusi tegangan tergantung pada jarak elektroda paralel, makin besar jarak elektroda maka pendistribusian tegangannya makin tidak rata dan makin dekat jarak elektroda paralel maka pendistribusian tegangannya semakin merata (Syofian, 2013).

Pentanahan peralatan merupakan bentuk untuk membatasi tegangan antara bagian alat-alat yang tidak dilalui arus dan antara bagian alat-alat ini dengan tanah sampai didapatnya suatu harga tertentu, maksudnya tahanan yang aman bagi semua kondisi operasional baik berbentuk normal maupun tidak normal. Demi terciptanya bentuk tahanan yang aman seperti yang tersebut diatas maka diperlukan adanya pentanahan peralatan atau instalasi itu sendiri. Sistem pentanahan ini gunanya adalah untuk memperoleh potensial yang merata (*uniform*) dalam semua bagian struktur dan peralatan, dan juga untuk menjaga agar operator atau orang yang berada di daerah instalasi itu berada pada potensial yang sama dan tidak berbahaya dalam setiap waktu (Chow dan Salama, 1994).

Pembumian *grid* merupakan salah satu sistem pembumian yang banyak digunakan pada gardu induk karena mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan sistem pembumian lainnya. Beberapa keuntungan tersebut antara lain gradien tegangan pada sistem pembumian *grid* akan lebih rata serta tahanan pentanahan yang lebih kecil. Sistem pembumian *grid* dilakukan dengan cara menanamkan batang-batang elektroda pada kedalaman tertentu. Batang-batang elektroda

tersebut terhubung satu dengan yang lainnya menggunakan konduktor, sehingga membentuk beberapa buah mesh. Distribusi tegangan tergantung pada jarak elektroda paralel, makin besar jarak elektroda maka pendistribusian tegangannya makin tidak rata dan makin dekat jarak elektroda paralel maka pendistribusian tegangannya semakin merata (Tanjung, 2010).

Menurut Schwarz Kaitan yang dapat diikuti pada persamaan dalam menentukan tahanan total pembumian yang tanahnya homogen yang terdiri dari grid horizontal dan penghantar rod vertikal. Persamaan schwarz dapat dilanjutkan untuk mengetahui tahanan kawat penghantar pembumian disebut R_1 , pada tahanan pembumian grid keseluruhan disebut R_2 , R_m merupakan tahanan diantara kumpulan penghantar grid dan kumpulan pembumian rod-rod sedangkan R_g merupakan tahanan pembumian dapat dilihat pada persamaan 1.

$$R_g = \frac{R_1 \times R_2 - R_m^2}{R_1 \times R_2 - 2R_m} \quad (1)$$

Tahanan penghantar pembumian grid dapat dilihat pada persamaan 2.

$$R_g = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{a'} \right) + \frac{K_1 \times L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right] \quad (2)$$

dengan

ρ = Tahanan jenis tanah ($\Omega \cdot m$)

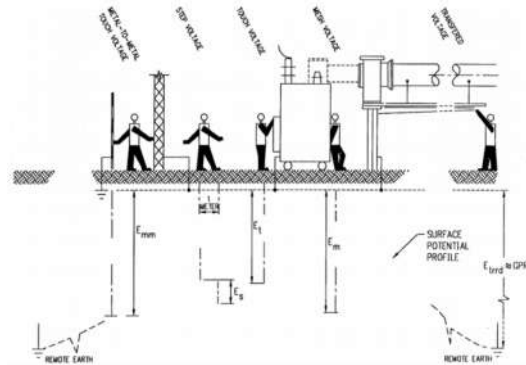
L_c = Total panjang penghantar keseluruhan grid yang terhubung dalam satuan (m)

a' = $\sqrt{a \cdot h}$ untuk kedalaman penghantar h dalam satuan meter

a = diameter penghantar dalam satuan m

A = Area bagian penghantar dalam m^2 .
 k_1, k_2 = Koefisien

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terdapat diantara suatu obyek yang disentuh dan suatu titik berjarak 1 meter, dengan asumsi bahwa objek yang disentuh dihubungkan dengan kisi-kisi pembumian yang berada di bawahnya, seperti yang terlihat pada Gambar 1 menurut IEEE 80 - 2000.



Gambar 1. Beberapa jenis bahaya akibat gangguan tanah

Manusia dengan berat badan 50 dan 70 Kg yang berada diantara satu objek dapat dihitung tegangan sentuh pada persamaan 3 dan 4.

$$E_{t70} = (1000 + 1,5Cs \cdot \rho) \frac{0,157}{\sqrt{t}} \quad (3)$$

$$E_{t50} = (1000 + 1,5Cs \cdot \rho) \frac{0,116}{\sqrt{t}} \quad (4)$$

dengan

E_{t50} = Tegangan sentuh untuk berat badan manusia 50 kg,

E_{t70} = Tegangan sentuh untuk berat badan manusia 70 kg,

C_s = Faktor reduksi nilai resistivitas permukaan tanah,

s = Tahanan jenis permukaan material (lapisan batu koral), Ohm-m

t = Waktu gangguan tanah (waktu kejut), detik.

Apabila tidak ada pengaman yang digunakan pada lapisan permukaan dengan

$C_s = 1$ dan $s = \dots$

C_s dapat dianggap sebagai faktor koreksi untuk menghitung efektif kaki perlawanan di hadapan dengan ketebalan hingga permukaan material. Nilai C_s dapat digunakan 5% dari nilai analisa metode menurut (Thapar, Gerez, and Kejriwal). Faktor reduksi dari nilai resistivitas permukaan tanah diformulasikan seperti pada persamaan (5).

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \left(1 - \left(\frac{\rho}{\rho_s} \right) \right)}{2h_s + 0,009} \quad (5)$$

dengan

h_s = Ketebalan lapisan batu koral (m)

ρ = Tahanan jenis tanah (ohm-m)

ρ_s = Tahanan jenis permukaan material lapisan batu koral (ohm-m)

Tabel 1. Tegangan sentuh yang diizinkan berdasarkan *IEEE std 80-2000*

Lama gangguan (t) (detik)	Tegangan sentuh yang diizinkan (Volt)
0.1	1980
0.2	1400
0.3	1140
0.4	990
0.5	890
1	626
2	443
3	362

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode studi analisis tentang analisis sistem pentanahan dengan konstruksi berbentuk grid pada *switchyard* Gardu Induk 150 kV Bantul, untuk memperoleh data dan informasi secara lengkap, tepat dan jelas, maka peneliti menerapkan beberapa metode pengambilan data, yaitu: Metode studi Literatur, yang meliputi hal-hal mempelajari literatur yang berkaitan dengan sistem pentanahan pada area *switchyard* Gardu Induk 150 kV Bantul, dan literatur yang berhubungan dengan perhitungan tahanan jenis pentanahan, tahanan jenis tanah, jenis sistem pentanahan, serta jenis elektroda yang digunakan. Metode Survei yang dilakukan adalah memantau secara langsung jenis pentanahan, kabel yang digunakan, jenis dan kedalaman tanah pada area *switchyard* Gardu Induk 150 kV Bantul.

Untuk menjalankan penelitian mengenai sistem pentanahan dengan konstruksi berbentuk grid pada *switchyard* Gardu Induk 150 kV Bantul, dilakukan langkah sebagai berikut:

Persiapan, pada tahap ini yang dilakukan adalah:

- 1) Menyusun proposal untuk melaksanakan penelitian.
- 2) Mengurus surat pengantar dari kampus untuk pelaksanaan penelitian.
- 3) Melakukan observasi lokasi serta melengkapi syarat-syarat administrasi pada perusahaan

Pelaksanaan, pada tahap ini hal yang dilakukan adalah:

- 1) Memahami mekanisme kerja dari objek yang akan diangkat.

- 2) Mencari buku referensi untuk tambahan materi.

- 3) Mengumpulkan data-data yang diperlukan di Gardu Induk

Setelah melakukan proses pengambilan data lengkap dan melakukan pengukuran terhadap sistem pentanahan dengan konstruksi berbentuk grid pada Gardu Induk, selanjutnya dilakukan perhitungan matematis mengenai nilai resistansi pentanahan grid, serta nilai tegangan sentuh serta tegangan langkah pada Gardu Induk saat terjadi gangguan hubung tanah dengan membandingkan dengan nilai standar yang diizinkan.

Spesifikasi Alat Ukur:

- a) Nama Alat: *Earth Tester*
 - b) Model: Kyoritsu Digital Earth Tester 4105a
 - c) *Range Earth Voltage*: 20 , 200 , 2000
 - d) Rentang toleransi pengukuran: maks. 30%
 - e) Sumber Daya : 9V DC
 - f) Ukuran P=158 mm, L=105 mm, t=70 mm
 - g) Berat: 550 gram
 - h) Digital LCD Display.
 - i) *Selector Range* Pengukuran
- Spesifikasi material yang digunakan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi material yang digunakan

No	Equipment	Quantity
1	C Clamp 150/150 mm ²	13 pcs
2	Grounding Rod	6 pcs
3	Schoon 150/150 mm ² , 1 hole	170 pcs
4	Clamp for Bracing	144 pcs
5	Grounding Conductor 150 mm ²	1600 mtr

Pada penelitian ini, diperoleh data antara lain dari dokumen pribadi PT. PLN (Persero) APP Salatiga Har GI Bantul yang berupa data Arus Gangguan dan lama gangguan, data spesifikasi konduktor pentanahan grid, dan kedalaman penanaman konduktor pentanahan. Data dari supervisor Gardu Induk 150 kV Bantul berupa data layout

Pentanahan Grid Gardu Induk 150 kV Bantul. Serta data pengukuran nilai tahanan pentanahan Grid pada area switchyard Gardu Induk 150 kV Bantul. Hasil Pengukuran tersebut sebagian diperoleh dari hasil pengukuran tahun 2015, 2016, maupun 2017 serta pengukuran yang dilakukan langsung oleh pegawai PT. PLN (Persero).

Adapun data hasil pengukuran nilai tahanan pentanahan grid pada area switchyard Gardu Induk 150 kV Bantul dapat dilihat pada Tabel 3. Dengan data pengukuran seperti Tabel 3, rata-rata nilai tahanan pentanahan grid pada area switchyard Gardu Induk 150 kV Bantul adalah 0.57 Ohm. Dengan Luas Area Pentanahan Switchyard Seluas 150 m x 60 m. Dengan rata-rata arus gangguan sebesar 15.8 kA. Dengan rata-rata lama gangguan 0.75 detik.

Tabel 3 Data Hasil Pengukuran Tanah Pentanahan grid Gardu Induk Bantul

No	Titik Pengukuran	Nilai Tahanan Pentanahan (Ohm)
1	Bay Klaten 1	1.36
2	Bay Klaten 2	0.30
3	Bay Semanu 1	0.03
4	Bay Semanu 2	0.30
5	Bay Wirobrajan 1	0.63
6	Bay Wirobrajan 2	0.21
7	Bay Purworejo	0.60
8	Bay Kentungan	0.87
9	Bay Wates	0.56
10	Bay Godean	0.45
11	Bay Trafo 1	0.67
12	Bay Trafo 2	0.47
13	Bay Trafo 3	0.68
14	Bay Kopel	0.82

Dalam melakukan analisis penulis menggunakan metode matematis mengenai nilai tahanan pentanahan *grid* pada area *switchyard*. Selain itu, penulis juga melakukan perhitungan untuk mengenai besarnya nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah pada area *switchyard* Gardu Induk 150 kV Bantul. Selanjutnya, nilai perhitungan yang diperoleh akan dibandingkan dengan

nilai standar yang diizinkan baik standar IEEE std.80-200, serta PUIL 2000.

PEMBAHASAN

Perhitungan nilai tahanan pentanahan *grid* pada area *switchyard* Gardu Induk 150 kV Bantul dibawah ini menggunakan metode perhitungan berdasarkan standar *IEEE std-80 2000*. Dengan data seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Data parameter perhitungan pentanahan *grid switchyard* Gardu Induk 150 kV Bantul

Tahanan Jenis Tanah	100 Ω
Jenis Konduktor	tembaga
Panjang total konduktor pentanahan	1600 m
Diameter konduktor	13,8 x 10 ⁻³ m
Kedalaman penanaman konduktor	8 m
Koefisien (K ₁)	1,31
Koefisien (K ₂)	5,875

$$R_g = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{a'} \right) + \frac{K_1 x L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

$$R_g = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{\sqrt{a \cdot h}} \right) + \frac{K_1 x L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

$$R_g = \frac{100}{3,14 \times 1600} \left[\ln \left(\frac{2 \times 1600}{\sqrt{0,00138 \times 8}} \right) + \frac{1,31 \times 1600}{\sqrt{9000}} - 5,875 \right]$$

$$\frac{1,31 \times 1600}{\sqrt{9000}} - 5,875$$

$$R_g = \frac{1}{50,24} \left[\ln \left(\frac{3200}{0,1104} \right) + \frac{2096}{94,87} - 5,875 \right]$$

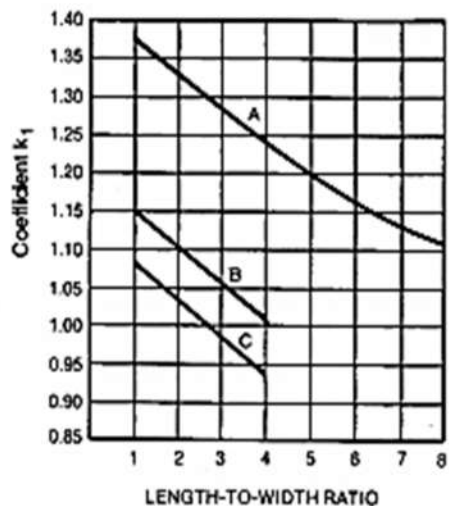
$$R_g = \frac{1}{50,24} [10,27 + 22,09 - 5,875]$$

$$R_g = \frac{1}{50,24} [26,485]$$

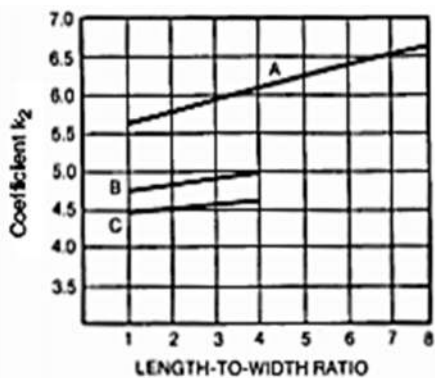
$$R_g = 0,527 \Omega$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai pentanahan *grid* pada area *switchyard* Gardu Induk 150kV Bantul dengan nilai tahanan R_g sebesar 0,527

Ω dengan keadaan jenis tanah sawah ladang yang bersifat seragam (*uniform*) dengan luas area *switchyard* sebesar 150 m x 60 m. Penentuan besarnya nilai K_1 dan K_2 sesuai dengan kedalaman *grid*, luas *grid*, dan perbandingan panjang *grid* dengan lebar *grid*. Adapun penentuan nilai koefisien tampak pada Gambar 2.



CURVE A — FOR DEPTH $h = 0$
 $y_A = -0.04x + 1.41$
 CURVE B — FOR DEPTH $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$
 $y_B = -0.05x + 1.20$
 CURVE C — FOR DEPTH $h = 1/8 \sqrt{\text{AREA}}$
 $y_C = -0.05x + 1.13$



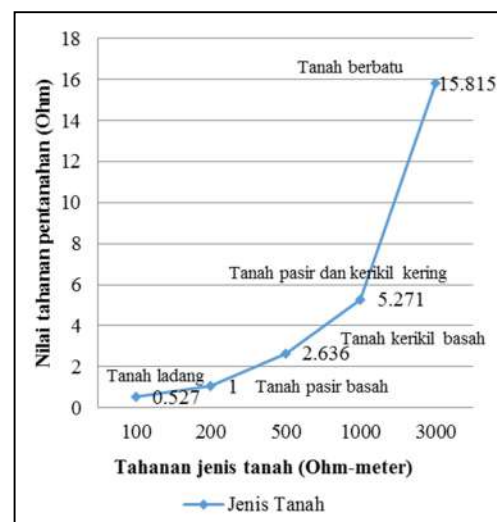
CURVE A — FOR DEPTH $h = 0$
 $y_A = 0.15x + 5.50$
 CURVE B — FOR DEPTH $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$
 $y_B = 0.10x + 4.68$
 CURVE C — FOR DEPTH $h = 1/8 \sqrt{\text{AREA}}$
 $y_C = -0.05x + 4.40$

Gambar 2 Kurva koefisien K_1 dan K_2

Berdasarkan hasil perhitungan dan data pengukuran pada Tabel 4 dapat diperoleh selisih nilai sebesar 0.043 Ohm atau 7.54% lebih besar dari nilai perhitungan. Hal ini dapat dikarenakan oleh beberapa hal antara lain keadaan cuaca atau lingkungan area Gardu Induk pada saat dilakukan pengukuran, sehingga menyebabkan nilai tahanan jenis tanah berubah. Perubahan tersebut dikarenakan adanya perubahan nilai kelembaban serta temperatur tanah di area tersebut. Akan tetapi, berdasarkan standar IEE 80 2000 dan PUIL 2000 dengan nilai tahanan pentanahan sebesar 0.57 Ohm masih dikatakan baik, atau masih direkomendasikan karena nilai tersebut masih dibawah nilai yang di standarkan oleh IEEE dan PUIL yaitu < 1 Ohm untuk nilai tahanan pentanahan pada Gardu Induk.

1. Nilai Pentanahan Grid Untuk Jenis Tanah yang Berbeda

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa semakin kering (tingkat kelembaban rendah) jenis tanah tersebut, maka semakin tinggi nilai tahanan jenis tanahnya. Semakin besar nilai tahanan jenis tanah pada area tertentu menyebabkan nilai tahanan pentanahan semakin tinggi.



Gambar 3. Nilai pentanahan untuk jenis tanah berbeda

2. Tegangan sentuh untuk berat badan 70Kg

Berdasarkan data yang diperoleh untuk besar arus gangguan sebesar 15kA dalam waktu 0.75 detik dengan kondisi permukaan tanah yang tak seluruhnya berlapiskan koral (kerikil), maka nilai Cs = 1, maka persamaannya adalah sebagai berikut:

$$E_{t70} = (1000 + 1,5Cs. \rho) \frac{0,157}{\sqrt{t}}$$

$$E_{t70} = (1000 + 1,5. \rho) \frac{0,157}{\sqrt{t}}$$

$$E_{t70} = (1000 + 1,5.100) \frac{0,157}{\sqrt{0,75}}$$

$$E_{t70} = (1150) \frac{0,157}{0,87}$$

$$E_{t70} = 207,5 \text{ Volt}$$

dengan

E_{t70} : Tegangan sentuh berak badan 70kg (Volt)

t : Waktu gangguan (detik)

3. Tegangan sentuh untuk berat badan 50Kg

$$E_{t50} = (1000 + 1,5Cs. \rho) \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

$$E_{t50} = (1000 + 1,5. \rho) \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

$$E_{t50} = (1000 + 1,5.100) \frac{0,116}{\sqrt{0,75}}$$

$$E_{t50} = (1150) \frac{0,116}{0,87}$$

$$E_{t50} = 153,3 \text{ Volt}$$

dengan

E_{t50} : Tegangan sentuh berak badan 50kg (Volt)

t : Waktu gangguan (detik)

Tegangan sentuh maksimum sebenarnya

$$E_m = \frac{\rho \times K_m \times K_i \times I_G}{L_M}$$

$$E_m = \frac{100 \times 0,097 \times 2,876 \times 15000}{1600}$$

$$E_m = 261,53$$

K_i = faktor koreksi tegangan,

$$K_i = 0,65 + 0,172n$$

$$K_i = 2,876$$

K_m = faktor geometrik tegangan.

Dengan demikian nilai tegangan langkah masih dikatakan aman, karena lebih rendah atau di bawah nilai tegangan langkah maksimum sebenarnya.

4. Tegangan langkah untuk berat badan 70Kg

$$E_{s70} = (1000 + 6Cs. \rho) \frac{0,157}{\sqrt{t}}$$

$$E_{s70} = (1000 + 6. \rho) \frac{0,157}{\sqrt{t}}$$

$$E_{s70} = (1000 + 6.100) \frac{0,157}{\sqrt{0,75}}$$

$$E_{s70} = (1600) \frac{0,157}{0,87}$$

$$E_{s70} = 288,7 \text{ Volt}$$

dengan

E_{s70} : Tegangan sentuh berak badan 70kg (Volt)

t : Waktu gangguan (detik)

5. Tegangan langkah untuk berat badan 50Kg

$$E_{s50} = (1000 + 6Cs. \rho) \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

$$E_{s50} = (1000 + 6. \rho) \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

$$E_{s50} = (1000 + 6.100) \frac{0,116}{\sqrt{0,75}}$$

$$E_{s50} = (1600) \frac{0,116}{0,87}$$

$$E_{s50} = 213,3 \text{ Volt}$$

dengan

E_{s50} : Tegangan sentuh berak badan 50kg (Volt)

T : Waktu gangguan (detik)

6. Tegangan sentuh maksimum sebenarnya

$$E_s = \frac{\rho \times K_s \times K_i \times I_G}{L_M}$$

$$E_s = \frac{100 \times 0,313 \times 2,876 \times 15000}{1600}$$

$$E_s = 857,4 \text{ V}$$

K_i = faktor koreksi tegangan,
 $K_i = 0,65 + 0,172n$
 $K_i = 2,876$
 K_s = faktor geometrik tegangan.

Tabel 5. Tabel hasil perhitungan nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah pada area *switchyard* Gardu Induk 150kV Bantul

	Tegangan Sentuh	Nilai Perhitungan	Waktu Gangguan
1	Untuk Berat Badan 70Kg	207,5 Volt	0,75 detik
2	Untuk Berat Badan 50 kg	153,3 Volt	0,75 detik
3	Maksimum sebenarnya	261,53 Volt	0,75 detik
	Tegangan Langkah	Nilai Perhitungan	Waktu Gangguan
1	Untuk Berat Badan 70Kg	288,7 Volt	0,75 detik
2	Untuk Berat Badan 50 kg	213,3 Volt	0,75 detik
3	Maksimum sebenarnya	857,4 Volt	0,75 detik

Dengan demikian nilai tegangan langkah masih dikatakan aman, karena lebih rendah atau dibawah nilai tegangan langkah maksimum sebenarnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, baik melalui observasi dan dalam melakukan pengambilan data mengenai pengukuran nilai tahanan pentanahan dan kemudian melakukan analisis mengenai sistem pentanahan pada area *switchyard* Gardu Induk 150 kV Bantul, diperoleh kesimpulan:

1. Berdasarkan data pengukuran yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 kV Bantul diperoleh besarnya nilai pentanahan grid sebesar 0.57 Ohm. Atau masih berada diatas standar yang diizinkan berdasarkan standar IEEE std 80-2000 (IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding) yaitu besarnya nilai pentanahan untuk area *switchyard* gardu induk < 1 Ohm.
2. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan oleh penulis diperoleh besarnya nilai pentanahan grid pada

area *switchyard* Gardu Induk 150kV Bantul berdasarkan persamaan standar IEEE std 80-2000 (IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding) sebesar 0.527 Ohm. Atau masih diperoleh selisih nilai sebesar 0.043 Ohm atau 7.54% lebih kecil dari nilai pengukuran. Hal tersebut terjadi karena faktor nilai resistivitas jenis tanah di area tersebut. Resistivitas jenis tanah dipengaruhi oleh kelembaban tanah, kadar garam, kadar pH tanah, serta daya hantar listrik.

3. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan penulis, semakin besar nilai resistivitas jenis tanah maka semakin tinggi nilai tahanan pentanahannya. Dengan asumsi luas area, kedalaman penanaman, jenis konduktor dan panjang total konduktor yang sama, tetapi jenis tanah yang berbeda, tanah berbatu memiliki nilai tahanan pentanahan yang paling tinggi perhitungan tersebut didasarkan pada standar IEEE std 80-2000 dan PUIL 2000.
4. Dari perhitungan nilai tegangan sentuh pada area *switchyard* Gardu Induk 150kV Bantul diperoleh nilai sebesar 207.5 Volt untuk orang yang memiliki berat badan 70 kg, dan 153.3 Volt untuk yang memiliki berat badan 50 Kg. dengan nilai tegangan sentuh maksimum sebenarnya sebesar 261.53 Volt. Dengan demikian tegangan sentuh pada area *switchyard* Gardu Induk 150kV berdasarkan standar IEEE std 80-2000 masih dikatakan aman.
5. Untuk nilai tegangan langkah pada area *switchyard* Gardu Induk 150kV Bantul diperoleh nilai sebesar 288,7 Volt untuk orang yang memiliki berat badan 70 kg, dan 213.3 Volt untuk yang memiliki berat badan 50Kg. dengan nilai tegangan langkah maksimum sebenarnya sebesar 857.4 Volt. Dengan demikian tegangan langkah pada area *switchyard* Gardu Induk 150kV berdasarkan standar IEEE std 80-2000 masih dikatakan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional Indonesia, 2001, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta: Yayasan PUIL.
- Chow, Y. L., & Salama, M. M. A., 1994, A simplified method for calculating the substation grounding grid resistance. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 9(2), 736-742.
- IEEE, 2000, IEEE std 80. IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- Sumardjati, P., 2008, Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Syofian, A., 2013, Sistem Pentanahan Grid Pada Gardu Induk PLTU Teluk Sirih. *Jurnal Momentum*, 14, 1.
- Tanjung, A., 2010, Analisis Sistem Pentanahan Gardu Induk Teluk Lembu dengan Konstruksi Berbentuk Grid (Kisi-Kisi).

POTRET PEMANFAATAN *ARCHITECTURE ENTERPRISE* PERGURUAN TINGGI DI INDONESIA

Lathifah¹, R.Teduh Dirgahayu², Handson Prihantoro³

^{1,2,3}Magister Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta 55584
Email: nova.ang3l@gmail.com

Masuk: 1 Maret 2017, Revisi masuk: 10 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

Architecture enterprise in the current have an important role and Very broad one of them is in the colleges. Colleges consider the importance of Architecture enterprise for align information technology with business processes in academic information systems. The use of architecture enterprise is needed to be used as guidelines and reference a model that can be used a long period of time consistent with the needs and can be used optimally. Research take a portrait the use of architecture enterprise from three colleges is X University, Y University, and Y University. The data taken from interviews and surveys are processed into instruments. Instrument making still refers to previous research which resulted in 20 instruments, so that making it easier to measure four business architecture enterprise processes using TOGAF. Validation results using the process of explanatory statistics and speakers, so that the portrait utilization of architecture enterprise in college has an average of 2.60. Portrait utilization of architecture enterprise can be formulated into 3 research object that is application of architecture enterprise, influence of architecture enterprise, and business process of architecture enterprise which is documented to 3 universities, it can be concluded that enterprise architecture is almost always used for academic information system can be integrated well. But the academic information system that runs not all centralized into one, so that the documentation process isn't well managed and when the University having trouble there aren't guidelines that can be used as a reference when doing every action. Academic information system made currently is still used in the short period because the existing applications and infrastructure only in accordance with the needs.

Keywords: *Architecture Enterprise, Colleges, TOGAF, utilization.*

INTISARI

Architecture enterprise pada era saat ini memiliki peran besar dan sangat luas salah satunya yaitu pada perguruan tinggi. Perguruan tinggi memandang pentingnya architecture enterprise untuk keselarasan teknologi informasi dengan proses bisnis pada Sistem Informasi Akademik (SIA). Architecture enterprise sangat dibutuhkan untuk dijadikan acuan sebuah model yang bisa digunakan jangka waktu panjang sesuai dengan kebutuhan dan dapat digunakan secara optimal. Penelitian ini mengambil potret pemanfaatan architecture enterprise terhadap 3 perguruan tinggi yaitu Universitas X, Universitas Y, dan Universitas Z. Data dari hasil wawancara dan survey diolah menjadi instrumen. Pembuatan instrumen mengacu pada penelitian terdahulu yang menghasilkan 20 instrumen, sehingga memudahkan dalam mengukur empat proses bisnis architecture enterprise menggunakan TOGAF. Hasil validasi menggunakan proses statistik melibatkan keterangan dan nara sumber, sehingga potret pemanfaat architecture enterprise pada perguruan tinggi memiliki nilai rata-rata 2.60. Potret pemanfaat architecture enterprise dapat dirumuskan menjadi 3 objek penelitian yaitu penerapan architecture enterprise, pengaruh architecture enterprise, dan proses bisnis architecture enterprise yang didokumentasikan terhadap 3 universitas, dapat disimpulkan architecture enterprise hampir selalu digunakan agar SIA dapat terintegrasi dengan baik. Namun SIA yang berjalan tidak semuanya terpusat menjadi satu, sehingga proses dokumentasi tidak dikelola dengan baik dan ketika Universitas tersebut mengalami kesulitan tidak ada

pedoman yang bisa dijadikan acuan saat melakukan setiap tindakan. SIA yang dibuat saat ini masih digunakan dalam jangka waktu pendek sebab aplikasi serta infrastruktur yang ada hanya sesuai dengan kebutuhan.

Kata kunci: *Architecture Enterprise*, Pemanfaatan, Perguruan Tinggi, TOGAF.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi pada suatu organisasi, perusahaan, dan pemerintahan era sekarang sangat memiliki peran yang begitu besar. Perguruan tinggi termasuk salah satu *enterprise* yang bergerak di bidang pendidikan. *Enterprise* merupakan sekumpulan organisasi yang memiliki beberapa tujuan prinsip umum atau suatu garisan dasar (Alwadain, Fiel, Korthaus, dan Rosemann (2016). Perguruan tinggi pada umumnya memiliki beberapa unit bisnis seperti: bagian umum, keuangan, kepegawaian, perencanaan dan sistem informasi, penerbitan dan publikasi, serta kegiatan utama penerimaan mahasiswa, operasional akademik dan wisuda. Masing-masing unit bisnis memiliki domain sistem yang dikembangkan sendiri, sehingga sering terjadi (i) bentrok dalam pengalokasian sumber daya, (ii) data yang digunakan tidak konsisten karena tidak diolah secara *real time*, (iii) pengelolaan domain sistem berorientasikan pada data, bukan berorientasi pengguna (Utomo et al., 2014)

Architecture enterprise merupakan suatu proses bisnis yang terkait dengan artefak. Artefak meliputi lapisan *architecture*, komponen perangkat lunak, integrasi, proses-proses bisnis, strategi bisnis, dan infrastruktur (Winter dan Fischer, 2006). *Enterprise Architecture* memberikan pandangan jangka panjang proses, sistem, dan teknologi sehingga infrastruktur dapat membangun kemampuan tidak hanya memenuhi kebutuhan saat mendesak (Närman et al., 2012). Dari definisi di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa *architecture enterprise* dijadikan pedoman serta acuan sebuah model yang digunakan untuk keselarasan teknologi informasi tantangan dalam proses integrasi yang bisa berakibat fatal yaitu kegagalan secara keseluruhan (Sardi dan Surendro,

dengan proses bisnis beserta aplikasi yang dibangun secara terstruktur pada perguruan tinggi.

Perguruan tinggi membutuhkan *architecture enterprise* karena di dalam suatu perguruan tinggi memiliki infrastruktur teknologi informasi yang memerlukan investasi besar (Khairina, Mustafid, dan Noranita, 2012). Pemanfaatan teknologi informasi sekarang relatif kurang efisien dan efektif sehingga yang terjadi sekarang pengelolaan teknologi informasi masih belum selaras dengan strategi perguruan tinggi dan belum bisa digunakan dalam jangka waktu yang panjang. Dengan adanya teknologi informasi di *architecture enterprise* akan meningkatkan keselarasan proses bisnis dengan sistem informasi yang dimiliki oleh perguruan tinggi (Yunis dan Surendro, 2015).

Gambaran pemakai *architecture enterprise* di perguruan tinggi Indonesia yaitu perguruan tinggi membutuhkan *architecture Enterprise* untuk menyelaraskan visi dengan proses bisnis. Dengan adanya *architecture enterprise* dapat mengatasi sistem informasi dan teknologi informasi sebagai pendukung infrastruktur pada perguruan tinggi (Cameron, 2008)

Perguruan tinggi di Indonesia masih kurang efektif menerapkan *architecture enterprise* dikarenakan masih kurangnya sistem yang ada (telah dibangun) untuk mendukung proses bisnis yang berjalan di perguruan tinggi saat ini (Setiawan, 2015). Sistem informasi yang ada di perguruan tinggi tidak terintegrasi antara satu sistem dengan sistem yang lain, sehingga kurangnya pertimbangan dalam pemanfaatan sistem jangka panjang yang saling terintegrasi satu sama lain.

Penerapan *architecture enterprise* di perguruan tinggi memiliki banyak (2016). Maka dari itu diperlukan perancangan *architecture enterprise* yang baik agar terjadi keselarasan

proses bisnis dan teknologi informasi di suatu perguruan tinggi. Perguruan tinggi sangat membutuhkan teknologi informasi untuk tujuan menjalankan proses bisnis yang dimiliki harus selaras dengan strategi perguruan tinggi, dengan adanya keselarasan tersebut maka akan mempermudah semua kinerja secara sistematis sesuai dengan proses bisnis. Proses bisnis pada perguruan tinggi meliputi organisasi, *architecture* data yang digunakan, *architecture* aplikasi yang dibangun, serta *architecture* teknologi yang digunakan.

Ada berbagai macam *architecture enterprise framework* yang dapat digunakan, diantaranya *Enterprise Architecture Planning (EAP)*, *TOGAF Architecture Development Method (ADM)*, *Enterprise Architecture Strategy (EAS)*, *Federal Enterprise Architecture (FEA)*, *Zachman*, *Basic Enterprise Architecture Methodology (BEAM)* serta banyak lagi yang lainnya. Dari beberapa macam *framework* tersebut terdapat 4 (empat) kesamaan cara pandang tahapan proses *architecture enterprise* yaitu proses *architecture business*, *architecture application*, *architecture data*, *architecture technology* tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses AE

Architecture enterprise pada perguruan tinggi mencakup banyak sekali salah satu bagian terpenting yaitu SIA serta aspek pemanfaatan *architecture enterprise* yang meliputi pengadaan barang, operasional, dan pemeliharaan sistem. Aspek pemanfaatan tersebut berguna untuk keselarasan sistem dalam jangka waktu yang panjang dan lebih terstruktur.

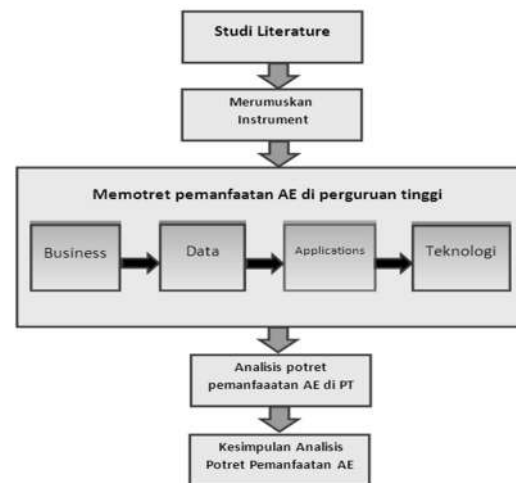
Aspek *architecture enterprise* pada SIA menarik untuk diteliti, karena masih jarang yang meneliti pemanfaatan *architecture enterprise* di perguruan tinggi. *Architecture enterprise* mempunyai

peran yang sangat penting dalam proses bisnis perguruan tinggi. Dalam penelitian ini nantinya mengungkapkan bagaimana perguruan tinggi memandang pentingnya *architecture enterprise*, serta merumuskan dan memanfaatkan *architecture enterprise* di perguruan tinggi khususnya dalam SIA.

Tujuan melakukan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan potret (gambaran) pemanfaatan *architecture enterprise*. Diharapkan potret bisa memperkaya pengetahuan tentang pemanfaatan *architecture enterprise* di Indonesia khususnya di perguruan tinggi. Perguruan tinggi dapat menarik pelajaran mengenai praktik-praktik pemanfaatan *architecture enterprise*.

METODE PENELITIAN

Pada bagian ini dijelaskan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian di atas digunakan untuk menangkap potret *architecture enterprise* di perguruan tinggi. Penelitian akan menangkap potret *architecture enterprise* pada 3 perguruan tinggi yaitu Universitas X, Universitas Y, dan Universitas Z. TOGAF digunakan untuk mengukur 4 proses *architecture enterprise* dan proses dokumentasi *architecture enterprise* pada perguruan tinggi tersebut.

1. Studi Literatur

Hal utama yang dilakukan yaitu studi literatur, dibutuhkan untuk membandingkan serta mengetahui penelitian sebelumnya yang masih ada hubungan dengan topik penelitian yang akan diangkat. Studi literatur yang terkait *architecture enterprise* perguruan tinggi antara lain *architecture enterprise* perguruan tinggi, *architecture enterprise* perguruan tinggi di Indonesia, rencana dan *best practice architecture enterprise*, serta pemanfaatan *architecture enterprise*. Peneliti menilai keselarasan dengan visi tujuan strategis organisasi perguruan tinggi, maka sangat dibutuhkan sekali gambaran *architecture enterprise* agar proses bisnis berjalan sesuai ketentuan yang telah ditetapkan.

2. Merumuskan *Instrument*

Peneliti merumuskan *instrument* dari beberapa studi literatur untuk mengetahui aspek pemanfaatan *architecture enterprise* pada SIA yang disurvei dalam penerapan *architecture enterprise*, pengaruh *architecture enterprise*, dan melihat proses bisnis yang meliputi pengadaan, operasional, dan pemeliharaan sistem yang telah didokumentasikan pada Universitas X, Universitas Y, dan Universitas Z. Peneliti melakukan *survey* secara langsung ke perguruan tinggi yang menjadi objek penelitian, dengan cara wawancara kepada pihak yang memiliki wewenang sebagai pengelola SIA berdasarkan *instrument* yang telah dirumuskan.

3. Memotret Pemanfaatan *Architecture Enterprise* di Perguruan Tinggi

Pada proses memotret pemanfaatan *architecture enterprise* di perguruan tinggi *survey* data digunakan untuk melengkapi potret *architecture enterprise* dilakukan dengan cara penyebaran kuisioner di setiap Universitas, seperti pada Universitas X direktur inovasi, Universitas Y kepala pusat teknologi informasi pangkalan data (PTIPD), dan Universitas Z kepala biro sistem informasi dan komunikasi (BISKOM) pada SIA di perguruan tinggi tersebut sebagai narasumber. Data yang didapat dalam *survey* tersebut langsung di validasi. Hasil validasinya dengan menggunakan proses statistik yang

melibatkan hasil dari jawaban keterangan terhadap pertanyaan *survey* dari nara sumber.

4. Analisis Potret Pemanfaatan

Architecture Enterprise di Perguruan Tinggi

Analisis potret pemanfaatan *architecture enterprise* dilakukan menggunakan data kuantitatif yang telah terkumpul dari hasil *survey*, sehingga lebih mudah dalam mengukur empat proses *architecture enterprise* menggunakan TOGAF. Peneliti mengetahui proses dokumentasi *architecture enterprise* serta pemanfaatan *architecture enterprise* di masing-masing perguruan tinggi yang menjadi objek penelitian.

5. Kesimpulan Analisis Potret

Pemanfaatan *Architecture Enterprise*

Pada kesimpulan hasil analisis berisikan tentang hasil analisis potret *architecture enterprise* dan pemanfaatan *architecture enterprise* pada SIA di perguruan tinggi.

PEMBAHASAN

Penelitian ini lebih berfokus pada bagaimana merumuskan *instrument* untuk menangkap gambaran pemanfaatan *architecture enterprise*, serta melakukan potret pemanfaatan *architecture enterprise* pada 3 (tiga) perguruan tinggi yaitu Universitas X, Universitas Y, dan Universitas Z. Proses potret pemanfaatan *architecture enterprise* meliputi proses bisnis, alur proses data, aplikasi khusus yang digunakan, dan teknologi. Hasil dari potret *architecture enterprise* itu berupa dokumen yang telah digunakan perguruan tinggi tersebut. Peneliti melakukan pengamatan potret *architecture enterprise* pada SIA di perguruan tinggi. Tabel 1 adalah data universitas yang telah menerapkan *architecture enterprise* yang meliputi proses bisnis, data, aplikasi, dan teknologi. *Architecture* bisnis digunakan untuk kebutuhan proses bisnis pada perguruan tinggi yang mengacu pada visi dan misi dari masing-masing perguruan tinggi, bertujuan untuk memahami kondisi aktifitas yang berjalan saat itu

juga pada Universitas X, Universitas Y, Universitas Z agar selaras.

Tabel 1. Proses Arsitektur *Enterprise* Perguruan Tinggi

Perguruan Tinggi	Jenis	Proses Arsitektur <i>Enterprise</i>	Keterangan
Universitas X	Sistem Informasi Akademik	Bisnis	Ada, Model Proses Bisnis
		Data	Ada, SQL 2012
		Aplikasi	Ada, WEB dan Desktop
		Teknologi	Ada, Diagram, Network
Universitas Y	Sistem Informasi Akademik	Bisnis	Ada, SOP
		Data	Ada, Oracle
		Aplikasi	Ada, WEB
		Teknologi	Ada, Diagram, Network
Universitas Z	Sistem Informasi Akademik	Bisnis	Ada, SOP
		Data	Ada, MySQL v4
		Aplikasi	Ada, WEB dan Desktop
		Teknologi	Ada, Flowchat, Network

Pada Tabel 1 diketahui bahwa universitas yang menjadi objek penelitian menggunakan *architecture* data untuk mengetahui kebutuhan data yang digunakan sesuai dengan aktifitas masing-masing dapat dipakai secara bersamaan, sehingga tidak terjadi duplikasi data dan dapat terintegrasi dengan baik. *Architecture* aplikasi yang telah dibangun pada Universitas X, Universitas Y, Universitas Z dapat membantu kelancaran integrasi data dalam SIA secara online, serta data yang digunakan dalam aplikasi dapat digunakan secara bersamaan. Penerapan teknologi yang ada pada Universitas X, Universitas Y, Universitas Z sesuai dengan kebutuhan, digunakan untuk menunjang keselarasan integrasi data dan aplikasi yang ada sehingga tidak terjadi kesenjangan dalam proses pengembangan dan aplikasi pada SIA Universitas X Y Z.

1. Merumuskan *Instrument*

Aspek dalam merumuskan pemanfaatan *architecture* enterprise pada perguruan tinggi yaitu penerapan *architecture enterprise*, pengaruh *architecture enterprise*, dan melihat proses bisnis yang telah di dokumentasikan pada Universitas X Y Z. Pada perumusan *instrument* perlu diketahui pemanfaatan *architecture*

enterprise secara umum. Berikut ini pengelompokan terhadap 4 (empat) proses *architecture enterprise* yang ada pada TOGAF, meliputi:

- Architecture* business,
- Architecture* application,
- Architecture* data, dan
- Architecture* technology

Proses pembuatan *instrument* mengacu pada penelitian terdahulu. Berikut ini 20 kuisisioner yang dibuat berdasarkan pemanfaatan *architecture enterprise* menurut peneliti terdahulu.

- Architecture enterprise* membantu dalam menstandarisasi aplikasi dan infrastruktur IT di universitas terutama pada SIA.
- Architecture enterprise* yang dimiliki universitas membantu dalam menjalankan proses bisnis yang dijalani.
- Penerapan *architecture enterprise* dapat membantu universitas dalam mengontrol biaya terutama dibidang teknologi informasi.
- Pelayanan dalam proses bisnis yang dimiliki universitas berjalan lebih efektif ketika *architecture enterprise* diterapkan.
- Architecture enterprise* yang diterapkan dapat mengurangi resiko redundansi dalam pembuatan aplikasi dan pengembang infrastruktur di universitas.
- Architecture enterprise* membantu proses penyimpanan dan pengelolaan data secara terpusat di universitas.
- Architecture enterprise* membantu menyederhanakan *flow* yang ada di dalam proses organisasi terutama dalam civitas akademik.
- Architecture enterprise* membantu dalam pengembangan SIA yang ada di universitas baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.
- Tata kelola bagian manajemen di universitas lebih baik ketika diterapkan menggunakan *architecture enterprise*.
- Architecture enterprise* yang diterapkan di universitas terdokumentasi dengan baik.
- Penerapan *architecture enterprise* membantu universitas

meningkatkan nilai bisnis dalam pandangan civitas akademik terutama di bidang SIA.

- Q12. *Architecture enterprise* yang diterapkan dapat membantu memetakan aplikasi yang akan di implementasikan.
- Q13. *Architecture enterprise* membantu pihak manajemen dalam merancang aturan yang ada di civitas akademik.
- Q14. Perancangan *architecture enterprise* dilakukan secara menyeluruh dan terpusat pada universitas.
- Q15. SDM yang di miliki oleh universitas cukup memadai dalam pengembangan *architecture enterprise* terutama membantu dalam proses pengembangan SIA.
- Q16. *Architecture enterprise* membantu universitas dalam menyelaraskan IT dengan proses bisnis yang berjalan.
- Q17. *Architecture enterprise* mempengaruhi kompleksitas data yang ada pada proses bisnis SIA.
- Q18. Penjadwalan dalam kurun waktu tertentu untuk melakukan *maintenance* SIA.
- Q19. SIA meningkatkan responsivitas ketika *architecture enterprise* diterapkan.
- Q20. *Architecture enterprise* turut membantu dalam pembaruan informasi SIA secara berkala.

Penilaian potret pemanfaatan *architecture enterprise* di perguruan tinggi ini sangat sederhana yaitu menggunakan kata selalu, kadang-kadang, dan tidak pernah. Tabel 2 menampilkan bobot nilai pada potret pemanfaatan *architecture enterprise* di perguruan tinggi.

Tabel 2. Penilaian Bobot

Bobot nilai	Keterangan
3	Selalu
2	Kadang-Kadang
1	Tidak Pernah

Dari kuisiner yang telah dibuat maka ada bagian dari proses pengelompokan *instrument* yang bertujuan untuk mengidentifikasi pemanfaatan

architecture enterprise dan proses *architecture enterprise* pada 3 (tiga) objek penelitian, seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengelompokan *Instrument* dan Pengelompokan Proses AE

Kode	Kelompok Instrument	Korelasi dengan TOGAF
Q1	Pengaruh <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Application</i>
Q2	Pengaruh <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Business</i>
Q3	Penerapan <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Business</i>
Q4	Proses Bisnis yang telah didokumentasikan	Proses <i>Architecture Business</i>
Q5	Proses Bisnis yang telah didokumentasikan	Proses <i>Architecture Application</i>
Q6	Penerapan <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Data</i>
Q7	Pengaruh <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Business</i>
Q8	Pengaruh <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Application</i>
Q9	Penerapan <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Data</i>
Q10	Proses Bisnis yang telah didokumentasikan	Proses <i>Architecture Business</i>
Q11	Penerapan <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Data</i>
Q12	Penerapan <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Application</i>
Q13	Pengaruh <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Data</i>
Q14	Proses Bisnis yang telah didokumentasikan	Proses <i>Architecture Technology</i>
Q15	Proses Bisnis yang telah didokumentasikan	Proses <i>Architecture Application</i>
Q16	Penerapan <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Business</i>
Q17	Proses Bisnis yang telah didokumentasikan	Proses <i>Architecture Data</i>
Q18	Proses Bisnis yang telah didokumentasikan	Proses <i>Architecture Technology</i>
Q19	Pengaruh <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Business</i>
Q20	Penerapan <i>Architecture Enterprise</i>	Proses <i>Architecture Technology</i>

2. Potret Pemanfaatan *Architecture Enterprise*

Berdasarkan dari instrument yang dibuat maka kuisiner disebarakan kepada narasumber dari Universitas XYZ biar lebih efektif dikarenakan waktu narasumber sangat terbatas. hasil perhitungan nilai dari kuisiner dikelompokan menjadi 3 (tiga) bagian,yaitu sebagai berikut:

- a) Hasil perhitungan penerapan *architecture enterprise*
Pada bagian ini memiliki tujuan mengetahui seberapa besar penerapan *architecture enterprise* dari 3 (tiga) universitas tersebut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Penerapan *Architecture Enterprise*

Responden	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	Jumlah	Rata-rata
X	2	3	2	2	2	2	2	15	2,14
Y	3	3	2	3	3	3	3	20	2,86
Z	3	3	3	3	3	2	3	20	2,86
Total	8	9	7	8	8	7	8	55	2,62

- b) Hasil Perhitungan Pengaruh Arsitektur *Enterprise*
Pada bagian ini memiliki tujuan mengetahui seberapa besar pengaruh *architecture enterprise* dari 3 (tiga) universitas tersebut.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Pengaruh *Architecture Enterprise*

Responden	p1	p2	p3	p4	p5	p6	Jumlah	Rata-rata
X	2	3	2	2	2	2	13	2,17
Y	3	3	3	3	2	3	17	2,83
Z	2	3	3	3	3	2	16	2,67
Total	7	9	8	8	7	7	46	2,56

- c) Hasil Perhitungan Dokumentasi Proses Bisnis
Pada bagian ini memiliki tujuan mengetahui proses bisnis *architecture enterprise* yang telah didokumentasikan dari 3 (tiga) universitas tersebut (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil Perhitungan Dokumentasi Proses Bisnis

Responden	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	Jumlah	Rata-rata
X	2	3	3	2	2	3	3	18	2,57
Y	3	3	3	2	2	3	3	19	2,71
Z	2	3	2	2	3	3	3	18	2,57
Total	7	9	8	6	7	9	9	55	2,62

3. Analisis Potret Pemanfaatan *Architecture Enterprise*

Objek penelitian pada pemanfaatan *architecture enterprise* di perguruan tinggi yaitu Universitas X, Universitas Y, dilakukan *survey* dilakukan secara langsung ke perguruan tinggi tersebut

guna melihat proses pemanfaatan *architecture enterprise* yang ada telah terpusat dan terdokumentasi dengan baik. Wawancara dilakukan kepada pihak yang memiliki wewenang sebagai kepala pusat teknologi informasi pangkalan data (PTIPD), kepala biro sistem informasi dan komunikasi (BISKOM), dan director innovation untuk mendapatkan data *real*. Universitas yang menjadi objek penelitian belum menyusun proses dokumentasi secara baik. SIA yang dibangun oleh Universitas tersebut pada awalnya di kelola oleh pihak developer, karena pihak Universitas tersebut telah memiliki sumber daya manusia (SDM) yang baik maka diputuskanlah kerjasama dengan developer sehingga dikelola sendiri dan proses dokumentasi tidak berjalan. SIA yang dibuat saat ini masih digunakan dalam jangka waktu pendek sebab aplikasi serta infrastruktur yang ada hanya sesuai dengan kebutuhan.

Architecture enterprise juga digunakan untuk mengontrol integrasi data, untuk mengurangi resiko dan redundansi dalam aplikasi, untuk penyelarasan IT dan proses bisnis, dan untuk perumusan strategi bisnis. Setelah mengetahui pemanfaatan *architecture enterprise* dari beberapa peneliti terdahulu maka dibuatlah kuisisioner. Pada Tabel 7. bisa dilihat hasil perhitungan potret pemanfaatan *architecture enterprise* per Universitas yang telah dikelompokkan menjadi 3 (tiga) bagian.

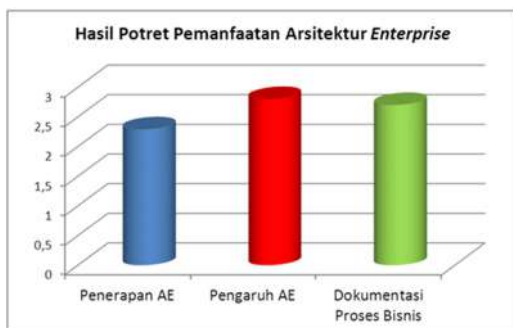
Tabel 7. Hasil Perhitungan Potret Pemanfaatan AE per Universitas

Universitas	Bagian Arsitektur Enterprise	Hasil Score	Total Score
X	Penerapan Arsitektur Enterprise	2,14	2,29
	Pengaruh Arsitektur Enterprise	2,17	
	Dokumentasi Proses Bisnis	2,57	
Y	Penerapan Arsitektur Enterprise	2,86	2,80
	Pengaruh Arsitektur Enterprise	2,83	
	Dokumentasi Proses Bisnis	2,71	
Z	Penerapan Arsitektur Enterprise	2,86	2,70
	Pengaruh Arsitektur Enterprise	2,67	
	Dokumentasi Proses Bisnis	2,57	
Total		2,60	2,60

Hasil perhitungan keseluruhan dari tabel 7 dapat disimpulkan bahwa potret pemanfaatan *architecture enterprise*

hampir selalu dirasakan oleh Universitas Y dan Universitas Z dengan skala 2,80 dan 2,70 pada setiap instrument selalu dirasakan manfaatnya, meskipun pada Universitas X yang memiliki skala 2.30 kadang-kadang merasakan manfaat *architecture enterprise* dikarenakan masih terdapat beberapa instrument yang masih belum bisa diterapkan. Sehingga hasil perhitungan skala yang terbesar 2.80 terdapat pada Universitas Y, Universitas Y bisa dijadikan standar untuk penerapan *architecture enterprise* pada Universitas X dan Universitas Z, serta penerapan *architecture enterprise* pada Universitas Y dapat ditingkatkan dikemudian.

Hasil potret pemanfaatan *architecture enterprise* pada perguruan tinggi di Yogyakarta yang mewakili responden secara hakikat bahwa Universitas X, Universitas Y, dan Universitas Z berada di antara kadang-kadang dan hampir selalu menggunakan *architecture enterprise*. Jika dilihat pada Gambar 3 bahwa masing-masing bagian kelompok berada di skala 2.62 pada hasil penerapan *architecture enterprise*, skala 2.56 pada hasil pengaruh *architecture enterprise*, skala 2.62 pada hasil proses bisnis yang telah didokumentasikan. Dari hasil penelitian ini potret pemanfaatan *architecture enterprise* pada perguruan tinggi yaitu memiliki nilai rata-rata skala 2.60 jadi kesimpulannya potret pemanfaatan *architecture enterprise* hampir selalu digunakan pada perguruan tinggi sehingga SIA yang berjalan dapat terintegrasi dengan baik.



Gambar 3. Hasil Potret Pemanfaatan *Architecture Enterprise*

KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan penulis bisa menyimpulkan bahwa menemukan formula untuk bisa melakukan potret pemanfaatan *architecture enterprise* pada perguruan tinggi menjadi penting. *Architecture enterprise* sendiri ialah acuan yang sangat terstruktur dan detail yang sangat membantu suatu *enterprise* dalam hal ini SIA perguruan tinggi menjalankan proses bisnisnya. Dalam perumusan instrument dilakukan dari beberapa studi literatur untuk mengetahui aspek pemanfaatan *architecture enterprise* pada SIA yang di-survey dalam penerapan *architecture enterprise*, pengaruh *architecture enterprise*, dan melihat proses bisnis yang meliputi pengadaan, operasional, dan pemeliharaan sistem yang telah didokumentasikan.

Dari pembahasan dapat disimpulkan bahwa potret pemanfaat *architecture enterprise* dapat dirumuskan menjadi 3 (tiga) objek penelitian yaitu penerapan *architecture enterprise*, pengaruh *architecture enterprise*, dan proses bisnis *architecture enterprise* yang didokumentasikan. SIA yang berjalan tidak semuanya terpusat menjadi satu, sehingga proses dokumentasi tidak terkelola dengan baik dan ketika Universitas tersebut mengalami kesulitan tidak ada pedoman yang bisa dijadikan acuan saat melakukan setiap tindakan. SIA yang dibuat saat ini masih digunakan dalam jangka waktu pendek sebab aplikasi serta infrastruktur yang ada hanya sesuai dengan kebutuhan.

Proses pembuatan *instrument* mengacu pada studi literatur yang ada dan data yang didapat dari hasil wawancara dijadikan pedoman dalam pembuatan *instrument*, hasil dari instrument diberi *score* serta ditentukan rentang skalanya. Hasil *score* yang sudah di olah pada instrument dijadikan patokan nilai dalam memotret pemanfaatan *architecture enterprise* pada perguruan tinggi.

Hasil potret pemanfaatan *architecture enterprise* pada 3 (tiga) universitas di Yogyakarta mewakili responden secara hakikat bahwa Universitas X, Universitas Y, dan

Universitas Z berada di antara kadang-kadang dan hampir selalu memanfaatkan *architecture enterprise*. Kesimpulannya bahwa potret pemanfaatan *architecture enterprise* hampir selalu digunakan pada perguruan tinggi agar SIA yang berjalan dapat terintegrasi dengan baik.

Pada penelitian ini terdapat beberapa hal yang bisa dikembangkan untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. SIA yang berjalan pada perguruan tinggi saat ini belum terpusat menjadi satu sehingga untuk menyelaraskan sistem aplikasi dengan data yang ada masih mengalami kesulitan, maka dari itu perlunya penelitian untuk menilai keselarasan *architecture enterprise* dengan visi tujuan strategis dalam menggunakan teknologi informasi dan sistem informasi di perguruan tinggi.
2. Dengan adanya gambaran potret *architecture enterprise* dari setiap universitas pada penelitian ini maka dapat dibuat standarisasi *architecture enterprise* untuk perguruan tinggi. Standarisasi tersebut bisa dijadikan acuan dan pedoman dalam menerapkan *architecture enterprise* pada perguruan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwadain, A., Fielt, E., Korthaus, A., & Rosemann, M., 2016. Empirical insights into the development of a service-oriented enterprise architecture. *Data & Knowledge Engineering*, 105, 39-52.
- Khairina, D. M., Mustafid, M., dan Noranita, 2012, *Enterprise Architecture Planning Untuk Pengembangan Sistem Informasi Perguruan Tinggi*, Doctoral dissertation, Universitas Diponegoro.
- Närman, Per et al. 2012. "The Journal of Systems and Software Using Enterprise Architecture and Technology Adoption Models to Predict Application Usage." *The Journal of Systems & Software* 85(8): 1953–67.
- Sardi, I. L., & Surendro, K. (2016). Rekomendasi Perancangan Arsitektur Enterprise Pascamerger (Studi kasus: Universitas Telkom). *Indonesian Journal on Computing (Indo-JC)*, 1(1),

61-76.

- Setiawan, Ridwan et al. 2015. "Perancangan Architecture Enterprise."
- Utomo, Andy Prasetyo et al. 2014. "Pemodelan Architecture Enterprise SIA pada Perguruan Tinggi menggunakan Enterprise Architecture Planning." 5(1): 33–40.
- Winter, R., & Fischer, R. (2006, October). Essential layers, artifacts, and dependencies of enterprise architecture. In *Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops, 2006. EDOCW'06. 10th IEEE International*, pp. 30-30.
- Cameron, B. H., 2008, April, *Enterprise systems education: new directions & challenges for the future*. In *Proceedings of the 2008 ACM SIGMIS CPR conference on Computer personnel doctoral consortium and research*, 119-126 ACM
- Yunis, R., & Surendro, K. (2015, July). Model Enterprise Architecture Untuk Perguruan Tinggi Di Indonesia. In *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)* , 1 (5), 72-79.

BIODATA PENULIS

Lathifah, lahir di Palembang pada tanggal 24 Januari 1990, menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Informatika tahun 2012, dan Magister Teknik Informatika tahun 2017.

PERBANDINGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS DAN IODIMETRI DALAM PENENTUAN ASAM ASKORBAT SEBAGAI BAHAN AJAR KIMIA ANALITIK MAHASISWA JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN BERBASIS OPEN-ENDED EXPERIMENT DAN PROBLEM SOLVING

Dodi Iskandar¹

¹Pendidikan Sains, Universitas Negeri Yogyakarta
Email: dodi.iskandar2011@yahoo.com

Masuk: 1 Maret 2017, Revisi masuk: 10 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

This study aims to know the difference through statistical analysis from two methods in determining content of ascorbic acid in tablet (brand CIPI). This experiment is done in twenty repetition. Each of two methods did twelve times. The mass of tablet CIPI is 2,0 gram. Shapiro-Wilk Normality Test shows that the value of spectrophotometry uv-vis is 0.9714 and the value of eudiometry is 0.08261. Both of them is bigger than 0,05. Based on statistical analysis, the both of methods have normal distribution. Then, Paired T-Test is applied. The result shows that hypothesis (Ho) is accepted. This means that two method have no real difference.

Keywords: Eudiometry, Spectrophotometry, Ascorbic Acid, Statistical Test.

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan secara statistik dari dua metode pengukuran asam askorbat yaitu spektrofotometri UV-Vis dan iodimetri. Penentuan asam askorbat dalam tablet merk CIPI dilakukan dengan 24 kali percobaan. Masing-masing 12 kali menggunakan metode iodometri dan spektrofotometri uv-vis. Massa tablet CIPI yang digunakan yaitu 2,0 gram. Berdasarkan analisis data statistik, dua metode tersebut berdistribusi normal. Hal tersebut dapat diyakini dari data metode spektrofotometri uv-vis diperoleh nilai probabilitas Shapiro-Wilk sebesar 0,9714. Demikian juga untuk data dari metode iodimetri menunjukkan bahwa nilai probabilitas Shapiro-Wilk sebesar 0,8844. Kedua data tersebut nilai probabilitas Shapiro-Wilk nya lebih besar dari 0,05. Setelah uji distribusi normal, data dari kedua metode tersebut dilakukan uji T. Hasilnya yaitu p-value sebesar 0,08261 (lebih dari 0,05). Artinya, dengan hipotesis Ho diterima menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antara metode iodometri dan spektrofotometri uv-vis.

Kata kunci: Iodometri, Spektrofotometri, Asam Askorbat, Uji Statistik.

PENDAHULUAN

Salah satu capaian pembelajaran mahasiswa lulusan Diploma Tiga (D-III) Jurusan Teknologi Pertanian Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan Politeknik Negeri Pontianak (Polnep) yaitu memiliki kemampuan sebagai analis kimia. Di antara kemampuan dasar seorang analis yaitu mampu melakukan analisis kandungan zat kimia secara kuantitatif dan kualitatif. Penentuan kandungan zat kimia secara kuantitatif dapat dilakukan dengan berbagai metode. Kemampuan analis dalam membandingkan dua metode

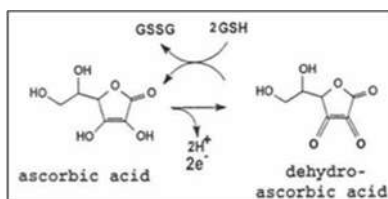
pengukuran sangatlah penting untuk dimiliki. Sebab dengan mengetahui hasil dua metode pengukuran dapat menumbuhkan *critical thinking* analisis dalam memilih metode mana yang sesuai dengan keadaan sumberdaya alat dan bahan (Lai, 2011). Zat kimia yang seringkali dianalisis kandungannya yaitu asam askorbat. Kandungan asam askorbat dalam material hasil perkebunan dapat diukur dengan metode spektrofotometri dan iodimetri. Hasil pengukuran dari dua metode ini dapat diketahui memberikan hasil yang berbeda atau sama setelah dilakukan uji

statistik. Uji statistik yang dilakukan dapat menggunakan uji kenormalan Shapiro-Wilk dan uji T berpasangan. Hasil pengukuran dari dua metode pengukuran asam askorbat inilah yang dapat dijadikan sebagai materi bahan ajar kimia analitik mahasiswa D-III Teknologi Pertanian Polnep. Masing-masing metode tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Spektrofotometri sangat bergantung pada sumber listrik dan biaya alat yang mahal. Sementara Iodimetri tidak tergantung sumber listrik dan biaya alat murah. Kurva kalibrasi spektrofotometri dapat digunakan berulang-ulang untuk sampel yang banyak. Sementara iodimetri sangat tergantung dengan pembakuan larutan iodinnya. Namun kedua metode tersebut dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan yang nyata.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan secara statistik dari dua metode pengukuran asam askorbat yaitu spektrofotometri UV-Vis dan iodimetri.

Vitamin C atau asam askorbat merupakan salah satu vitamin yang diperlukan oleh tubuh yang berfungsi membantu proses metabolisme tubuh. Vitamin C berperan dalam pembentukan kolagen interseluler (Badriah dan Manggara, 2015). Adapun struktur asam tercantum dalam Gambar 1.



Gambar 1. Rumus Struktur Asam Askorbat (Hacisevki, 2009)

Panjang gelombang asam askorbat berkisar antara 295,4-297 nm. Terjadinya rentang tersebut tergantung kondisi pH larutan (Das et al, 2012).

1. Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis singkatan dari spektrofotometri sinar ultra violet dan *visibile* (cahaya tampak). Metode ini didasarkan pada pengukuran energi cahaya oleh suatu zat kimia pada

panjang gelombang maksimum tertentu. Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (*visible*) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm (Handbook, 2017). Pada metode ini ada suatu hukum yang menjadi acuan dalam penentuan suatu zat secara kuantitatif. Hukum tersebut yaitu hukum Lambert-Beer. Hukum yang menyatakan hubungan berbanding lurus antara absorban dengan konsentrasi larutan analit dan berbanding terbalik dengan transmitan. Namun demikian hukum ini memiliki beberapa pembatasan, yaitu:

- a) Sinar yang dilewatkan harus dianggap monokromatis
- b) Penyerapan dilakukan dalam volume yang memiliki ketebalan yang sama
- c) Zat kimia yang menyerap tidak tergantung pada zat yang lain dalam larutan tersebut
- d) Tidak boleh ada fluoresensi atau fosforisensi
- e) Konsentrasi larutan mempengaruhi indeks bias

Hukum Lambert-Beer dinyatakan dalam persamaan (1).

$$A = e \cdot b \cdot c \quad (1)$$

dimana:

A = absorban (serapan cahaya oleh zat kimia)

e = absorptivitas molar

b = tebal kuvet (cm)

c = konsentrasi

Dengan bantuan ilmu matematika, hubungan antara serapan zat kimia dan konsentrasinya mengikuti persamaan regresi linier (2).

$$y = mx + \text{konstanta} \quad (2)$$

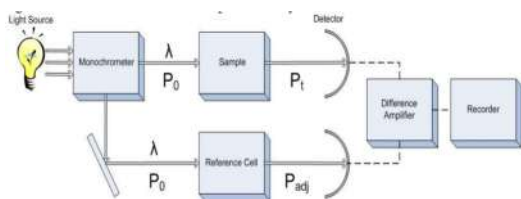
y analog dengan absorban, x analog dengan konsentrasi, maka m sebagai gradien dan konstanta dapat dihitung berdasarkan persamaan pada Gambar 2.

$$m = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$\text{konstanta} = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\} \{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}}$$

Gambar 2. Persamaan Regresi Linier Adapun skema alat ditunjukkan pada Gambar 3.



Double beam spectrometer
Gambar 3. Skema Alat Spektrofotometer UV-Vis 2 Lampu (Ciobala,2013)

2. Iodimetri

Titration iodometri dan iodimetri yaitu salah satu metode titrasi yang didasarkan pada reaksi redoks. Metode ini lebih banyak diaplikasikan dalam analisis jika dibandingkan dengan metode lain karena perbandingan stokiometri yang sederhana penggunaannya, praktis dan tidak banyak masalah serta mudah. Iodimetri adalah metode titrasi atau volumetri yang pada penentuannya berdasarkan pada jumlah I_2 (iodium) yang bereaksi dengan sampel (asam askorbat) atau terbentuk dari hasil reaksi antara sampel dengan ion iodide. Indikator yang digunakan dalam iodimetri yaitu larutan kanji 5%. Titik ekuivalen ditandai dari perubahan warna dari biru menjadi bening (Geleta & Bekele, 2015).

3. Uji statistik

Untuk mengetahui temuan adanya perbedaan yang nyata antara dua metode dalam pengukuran suatu sampel yang sama (sampel yang diukur kedua metode tersebut saling berhubungan) dapat dilakukan dua langkah. Pertama yaitu mengambil data dengan melakukan percobaan dari kedua metode tersebut, kedua adalah melakukan uji distribusi normal Shapiro-Walk sebagai syarat uji statistik berikutnya, dan ketiga yaitu melakukan uji T berpasangan (Sujana, 2013).

3. Open-Ended Experiment dan Problem Solving (OEEPS)

OEEPS merupakan kegiatan ilmiah yang didasarkan pada percobaan di laboratorium. OEEPS mampu merangsang mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan *problem solving* khususnya dalam masalah kimia analitik. Kegiatan tersebut diawali dengan memberikan latihan untuk

memberikan pengalaman kepada mahasiswa tentang dua metode yang akan dilakukan. Selanjutnya mahasiswa diberikan kesempatan untuk merancang dan melaksanakan eksperimen serta mengevaluasi data yang diperoleh dari kedua metode tersebut. Selain itu OEEPS juga dapat menumbuhkan keterampilan generik seperti berikir kritis (*critical thinking*), berkomunikasi ilmiah, membangun konsep, dan inferensi logika (Pursitasari dan Permanasari, 2012).

METODOLOGI PENELITIAN

1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat penelitian adalah spektrofotometer UV-Vis, seperangkat alat iodimetri, seperangkat laptop dilengkapi perangkat lunak statistik R-Commander, kalkulator, printer, *flash disk*, dan alat tulis. Bahan yang dipakai yaitu asam Tablet CIPI, asam askorbat, aquades, iodine, kanji, kertas kuarto, tinta, penggaris, dan lem.

2. Prosedur Penelitian

- Pembuatan Kurva Standar Spektrofotometri UV-Vis: Konsentrasi asam askorbat murni dibuat sedemikian rupa menjadi beberapa variasi yaitu 4, 8, 12, dan 16 ppm pada panjang gelombang maksimum 271 nm.
- Preparasi Sampel Tablet CIPI Metode Spektrofotometri UV-Vis: Ditimbang 2 gram tablet CIPI dilarutkan dengan aquades dalam labu ukur 250 mL, dipindahkan 2 mL ke dalam labu ukur 100 mL, dipindahkan 10 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL kemudian diukur sebanyak 12 kali percobaan dengan spektrofotometer UV-Vis berdasarkan kurva standar yang sudah dibuat.
- Preparasi Sampel Tablet CIPI Metode Iodimetri: Ditimbang 2 gram tablet CIPI dilarutkan dalam 50 mL aquades lalu dimasukkan ke dalam erlen meyer kemudian ditambahkan 6 mL larutan H_2SO_4 10%, ditambahkan beberapa tetes larutan amilum 1% dan dititrasi dengan larutan I_2 standar (0,01 N) sampai berwarna biru sebanyak 12 percobaan.

3. Uji Statistik

Melakukan uji Saphiro-Wilk untuk mengetahui normalitas, jika nilainya > nilai alpha 0,05 maka data terdistribusi normal dan uji T berpasangan dengan membuat hipotesis sebagai berikut:

Ho: tidak ada perbedaan antara spektrofotometri UV-Vis dan iodometri
H0: ada perbedaan antara spektro dan iodometri.

Jika nilai signifikan/P-Value > 0,05; maka H0 diterima.

Jika nilai signifikan/P-Value < 0,05; maka H0 ditolak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Spektrofotometri UV-Vis

Nilai absorbansi kurva standar yang telah dibuat dapat dilihat pada Tabel 1. Demikian juga kurva standarnya disajikan pada Gambar 4.

Tabel 1. Data Konsentrasi Vs Absorbansi

Conc (ppm)	Absorbansi
4	0,338
8	0,418
12	0,481
16	0,548

Hasil pengukuran kandungan vitamin C (asam askorbat) dalam tablet CIPI sebanyak 12 kali pengulangan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Vit C Merk CIPI

No	ppm
1	6,0246
2	6,5248
3	6,7099
4	5,7183
5	6,0619
6	6,4326
7	5,5337
8	5,8056
9	5,1598
10	4,4731
11	5,6291
12	5,2101

Perhitungan:

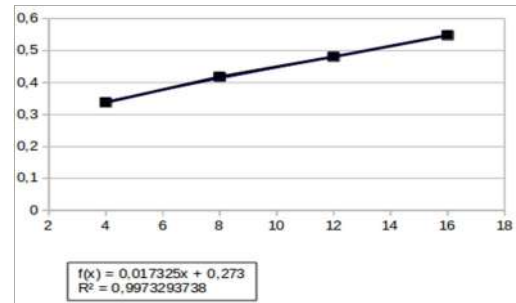
Perhitungan di bawah ini menggunakan prinsip pengenceran;

$$K_a \times V_a = K_b \times V_b$$

Ka: Konsentrasi sebelum diencerkan

Va: Volume sebelum diencerkan

Kb: Konsentrasi Setelah diencerkan
Vb: Volume setelah diencerkan



Gambar 4. Kurva Standar

Diketahui:

$$K_3 = 6,0246 \text{ ppm}$$

$$V_3 = 100 \text{ mL (Labu ukur)}$$

$$V_2 = 10 \text{ mL (pipet ukur)}$$

Ditanyakan K2 = ...?

$$K_2 = \frac{6,0246 \text{ ppm} \times 100}{10}$$

$$K_2 = 60,246 \text{ ppm}$$

Diketahui:

$$K_2 = 60,246 \text{ ppm}$$

$$V_2 = 100 \text{ mL (Labu ukur)}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL (pipet ukur)}$$

Ditanyakan K1 = ...?

$$K_1 = \frac{60,246 \text{ ppm} \times 100}{2} = 3012,3 \text{ ppm}$$

Diketahui:

$$V_1 = 250 \text{ mL} = 0,25 \text{ L (Labu ukur)}$$

$$K_1 = \frac{\text{beratVitC}}{\text{volumelabuukur}}$$

$$\text{Berat Vit C} = K_1 \times \text{Volume Labu Ukur}$$

$$= 3012,3 \text{ mg/L} \times 0,25 \text{ L}$$

$$= 753,08 \text{ mg} = 0,75308 \text{ gram}$$

Dengan cara yang sama maka berat vitamin C dalam tablet CIPI sebanyak 12 ulangan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Berat Vit C merk CIPI

No	ppm	gram vit C
1	6,0246	0,75308
2	6,5248	0,81560
3	6,7099	0,83874
4	5,7183	0,71479
5	6,0619	0,75774
6	6,4326	0,80408
7	5,5337	0,69171
8	5,8056	0,72570
9	5,1598	0,64498
10	4,4731	0,55914
11	5,6291	0,70364
12	5,2101	0,65126

2. Data Iodometri

Perhitungan kandungan vit C dalam tablet CIPI mengikuti persamaan berikut:

$$\text{kadar Vit C} = \frac{V_{\text{Iodium}} \times N_{\text{Iodium}} \times M_r \text{ Vit C} \times 100\%}{\text{gram sampel} \times 1000 \times 2}$$

contoh Ulangan no 1:

Diketahui:

mL iodin = 1,5 mL

Kadar Vit C =

$$(1,5 \times 0,01 \times 176 \times 100\%) / (2 \times 1000 \times 2) = 33\%$$

$$\text{Berat Vit C} = 0,33\% \times 2 \text{ g} = 0,660 \text{ g}$$

Data 12 kali ulangan penentuan kandungan vitamin C dalam tablet CIPI dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Berat Vit C berdasarkan titrasi iodimetri

No	mL iodin	gram vit C
1	1,5	0,660
2	1,7	0,748
3	1,5	0,660
4	1,4	0,616
5	1,4	0,616
6	1,4	0,616
7	1,2	0,528
8	1,4	0,616
9	1,7	0,748
10	1,7	0,748
11	1,4	0,616
12	1,6	0,704

3. Uji Statistik Menggunakan R-Commander

Tabel 5 menampilkan hasil uji statistik menggunakan R-Commander

Tabel 5. Hasil uji statistik menggunakan R-Commander

Metode	Uji Normalitas Shapiro-Wilk	Uji T Berpasangan
Spektrofotometri UV-Vis	W=0.9714, p-value = 0.9248	p-value = 0.08261
Iodimetri	W=0.8844, p-value = 0.09979	

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Data hasil pengulangan dalam penentuan vitamin C dengan dua metode terdistribusi normal karena nilai w nya lebih besar dari nilai alpha 0,05

2. Tidak ada perbedaan data hasil penentuan kandungan vitamin C antara metode spektrofotometri UV-Vis dan iodometri disebabkan hipotesis nol diterima (nilai p nya lebih besar dari nilai alphanya 0,05).
3. Perlu dilakukan penentuan kandungan vitamin C dalam buah-buahan dengan dua metode dan uji statistik yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

Badriyah, L; Manggara, A.B. (2015). Penetapan Kadar Vitamin C pada Cabai Merah (*Capsicum Annum L.*) Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Wiyata*, 2(1).

Cioabla, A.E. (2013). *Spectrophotometry. Principle And Applications.* www.envirobanat.ro, 10 April 2017.

Geleta, G.S & Bekele, D.A. (2015). *Iodometric Determination of the Ascorbic Acid (Vitamin C) content of some Fruits consumed in Jimma Town Community in Ethiopia.* *Research Journal of Chemical Sciences*. 5(1): 60-63.

Hacisevki, A. (2009). *An Overview Of Ascorbic Acid Biochemistry.* *J. Fac. Pharm*, 38(3): 233-255.

Handbook Spektrofotometri. (2017). www.gelifesciences.com, 19 April 2017.

Lai, E.R. (2011). *CriticalThinking: A Literature Review.*

Maniyar, S.A.; Jargar, J.G.; Das S.N.; Dhundasi S.A.; and Das K.K. (2012). *Alteration of Chemical Behavior of L-ascorbic Acid in Combination with Nickel Sulfate at Different pH Solutions in Vitro.* *Asian Pac J Trop Biomed*. 2(3): 220-222.

Pursitasari, I.D.; Permanasari, A., dan Hendayana. (2012). Efektivitas Model Perkuliahan dengan Open-Ended Experiment Bersetting Investigasi Kelompok Pada Topik Analisis Kimia Kuantitatif. *Jurnal Pendidikan Matematika, FKIP Universitas Muhammadiyah Metro*. 5(1):13-24.

Sujana, Y. (2013). Modul R. yudiantosujana.blog.uns.ac.id/files/2013/06/Modul-R.pdf, 1 November 2017.

PENGARUH DISKONTINUITAS MASSA BATUAN VOLKANIK TERHADAP STABILITAS LERENG DI DAERAH JELAPAN DAN SEKITARNYA, KECAMATAN PUNDONG, KABUPATEN BANTUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Arie Noor Rakhman¹, Nur Widi Astanto Agus Triheriyadi²

^{1,2}Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, IST AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹arie_rakhman@akprind.ac.id, ²nurwidi@akprind.ac.id

Masuk: 1 Maret 2017, Revisi masuk: 10 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

This research is intended to know the effect of discontinuity on the mass of volcanic rock for rock slope stability. The study sites are located at Jelapan area and its surrounding, Pundong District, Bantul Regency, Special Region of Yogyakarta. With stability assessments of rock slopes, it can be used to identify potential disasters of rock mass movement, direction of movement and recommendations for disaster risk minimization. Analysis of the continuity on the mass of volcanic rock using rock mass classification of rock mass rating system (RMR) (Bieniawski, 1989). The data used are physical properties, index properties, mechanical properties, orientation of joint position and rock slope. The synthesis of data is done mainly on morphological data, stratigraphy, geological structure to know the control of geological condition on the stability of volcanic rock slope in research area.

Based on the calculation of the rock mass classification of RMR, the cliff at $7^{\circ}59'20,88''$ LS $110^{\circ}19'19,09''$ BT is 28 which is considered poor. The RMR value is controlled by intensive joints that dominate with joint spacing less than 60 mm; the condition of the surface of the joint field is smooth and continuous, estrangement joint 1 - 5 mm, slightly weathered with a value RQD 43.37%. Rock mass that collapses and landslides are lava and andesite breccia. The rock fall occurs following the slope of the planar plane of the platy joint structure and the rock contact $N170^{\circ}E/32^{\circ}$. It is interpreted by the initial stress control with high anisotropic stress at the edge of the slope.

Keywords: stability, slope, rock mass, joint

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh diskontinuitas massa batuan vulkanik terhadap stabilitas lereng batuan di Daerah Jelapan dan sekitarnya, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penilaian stabilitas lereng batuan digunakan untuk mengidentifikasi potensi bencana gerakan massa batuan, arah pergerakannya serta rekomendasi untuk minimalisir resiko bencana.

Analisis pengaruh diskontinuitas massa batuan vulkanik dilakukan dengan menggunakan pendekatan model klasifikasi massa batuan *rock mass rating system* (RMR) (Bieniawski, 1989). Data yang digunakan yaitu sifat fisik, sifat indeks, sifat mekanik, orientasi kedudukan kekar dan orientasi lereng batuan. Data tersebut disintesa dengan data morfologi, stratigrafi, struktur geologi untuk mengetahui sejauh mana kondisi geologi yang mengontrol stabilitas lereng batuan vulkanik di daerah penelitian.

Penilaian klasifikasi massa batuan RMR pada tebing pada $7^{\circ}59'20,88''$ LS $110^{\circ}19'19,09''$ BT yaitu 28, termasuk kriteria jelek. Rendahnya nilai RMR ini dipengaruhi oleh RQD 43,37% dengan jarak spasi kekar kurang dari 60 mm; dan kondisi permukaan bidang kekar yang halus menerus, kerenggangan 1 - 5 mm, agak lapuk. Keberadaan longsoran runtuh batuan lava dan breksi andesit searah dengan kemiringan kedudukan bidang planar struktur *platy joint* dan kontak batuan $N170^{\circ}E/32^{\circ}$ yang diduga dipengaruhi oleh *initial stress*nya dengan tegangan anisotropik tinggi pada tepi lereng.

Kata kunci: stabilitas, lereng, massa batuan, kekar.

PENDAHULUAN

Daerah Jelapan, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, merupakan bagian daerah cakupan pengembangan pesisir Pantai Parangtritis dan sekitarnya. Pembangunan daerah tersebut terintegrasi dengan rehabilitasi sarana pendukung wisata pantai pasca gempa 2016, yaitu Goa Sunan Mas dan Goa Jepang yang berada pada perbukitan curam di utara Pantai Parangtritis. Di sekitar obyek wisata tersebut terjadi banyak kendala yang dihadapi sehingga berakibat mengganggu gerak perekonomian warga, antara lain banyaknya tebing tepi jalan yang retak-retak yang rawan longsor runtuh kalau terjadi hujan deras (Anonim, 2015A; Anonim, 2015B; Anonim, 2016A; Anonim, 2016B; Anonim, 2017A; Anonim, 2017B dan Anonim, 2017C), dan retaknya batuan juga mengancam stabilitas bangunan jembatan gantung penghubung Pundong dengan Imogiri (Anonim, 2016C).

Daerah penelitian merupakan bagian dari Pegunungan Selatan (van Bemmelen, 1949) dengan morfologi perbukitan yang curam yang disusun oleh litologi batuan vulkanik (batuan beku andesit) berupa intrusi, lava dan breksi. Batuan tersebut bagian dari Formasi Nglanggran berumur Kala Miosen (Raharjo, dkk., 1995; Setiadji, dkk., 2006; Sidarto, 2009). Struktur batuan yang terbentuk di daerah penelitian merupakan produk deformasi tektonik dan atau vulkanik, dimana aktivitas tektonik masih aktif hingga sekarang (Pulunggono dan Martodjojo, 1994 dalam Astuti, dkk., 2009; Soehaimi, dkk., 2009). Keberadaan retakan pada batuan berupa kekar, sesar ataupun pada bidang kontak batuan merupakan diskontinuitas massa batuan yang terbentuk secara alamiah (Bieniawski, 1989). Perilaku massa batuan tersebut terhadap stabilitas diskontinuitas massa batuan dapat tercermin melalui sistem klasifikasi massa batuan (*rock mass classification*) yang diperoleh melalui determinasi penggolongan data kekuatan batuan, *rock quality designation*, karakter diskontinuitas dan kondisi airtanah (Liu & Chen, 2007). Macam-macam sistem

klasifikasi massa batuan dapat diaplikasikan untuk penilaian stabilitas diskontinuitas massa batuan, diantara yaitu *rock mass rating system (RMR)*, dimana rekomendasi penggunaan penilaian tersebut tergantung dari kondisi geologi suatu suatu daerah (Djakamihardja & Soebowo, 1996; Larbi, dkk., 2012).

Beberapa penelitian geologi pernah dilakukan di daerah penelitian merupakan lingkup regional, namun dalam penggolongan data karakter sifat keteknikan batuan terutama batuan vulkanik dengan mengaplikasikan komparasi data klasifikasi massa batuan dan kontrol geologi ke ranah stabilitas diskontinuitas atas kesesuaian kondisi di lapangan daerah penelitian secara terkini belum pernah dilakukan.

Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hubungan kontrol geologi terhadap stabilitas lereng pada diskontinuitas batuan dengan mengestimasi data sistem klasifikasi massa batuan vulkanik. Data sistem klasifikasi massa batuan vulkanik berupa sifat fisik diskontinuitas massa batuan, orientasi kemiringan lereng, perilaku sifat keteknikan massa batuan. Penelitian berguna untuk mengantisipasi potensi gerakan massa (runtuhan batuan) di Daerah Jelapan dan sekitarnya, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian bermanfaat untuk mempermudah masyarakat di dalam mengenali keberadaan retakan pada batuan dan pelapukan berikut sikap tanggap akan potensi resiko runtuh akibat gangguan stabilitas pada diskontinuitas massa batuan. Sikap tanggap akan kondisi lingkungan sekitar, dapat meminimalisir gangguan terhadap kelancaran aktivitas masyarakat setempat dan sekitarnya. Pemahaman kondisi geologi menjadi masukan bagi pemerintah dalam menentukan arahan kebijakan tata ruang dan mitigasi bencana gerakan massa (runtuhan batuan). Nilai manfaat penelitian untuk pengembangan ilmu geologi khususnya struktur geologi dan geomekanika daerah penelitian sejalan dengan perkembangan kondisi terkini, melalui pembuktian hubungan peran

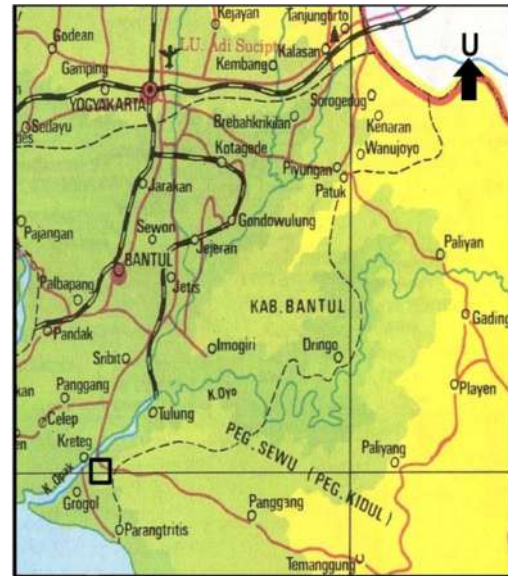
kontrol geologi terhadap stabilitas diskontinuitas batuan vulkanik yang berpotensi menjadi bencana gerakan massa (runtuhan) dengan komparasi sistem klasifikasi massa batuan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan, dimulai dari studi pustaka. Studi pustaka dilakukan untuk menambah keyakinan hipotesa atau menarik kesimpulan semestara secara induktif sebagai lanjutan atas hipotesa deduktif dari pemahaman konsep ataupun model teori yang ada. Studi pustaka dilakukan untuk menghimpun informasi dan mengumpulkan data sekunder sebagai pendukung data primer. Eksplorasi data sekunder dengan melakukan review publikasi penelitian terdahulu dan kajian teoretik, terutama tentang peranan kontrol geologi terhadap sifat keteknikan batuan mulai dari lingkup regional hingga mengerucut fokus ke permasalahan estimasi stabilitas diskontinuitas massa batuan di daerah penelitian. Dari kegiatan studi pustaka di awal penelitian ini menghasilkan hipotesa yang harus dibuktikan di akhir penelitian sebagai kesimpulan. Hipotesa dari kegiatan penelitian ini yaitu: (1) Adanya hubungan peran kontrol faktor-faktor geologi terhadap karakteristik perilaku sifat keteknikan batuan sebagai parameter stabilitas diskontinuitas massa batuan vulkanik di daerah penelitian; (2) Adanya hubungan linier antar parameter data dalam penilaian sistem klasifikasi massa batuan vulkanik yang dipengaruhi oleh faktor-faktor geologi. Pelaksanaan studi pustaka selanjutnya dilakukan selama kegiatan penelitian berlangsung hingga diperoleh kesimpulan akhir penelitian.

Lokasi penelitian berada pada jarak kurang lebih 21 km ke arah selatan dari Kota Yogyakarta. Daerah penelitian secara astronomis berada pada koordinat $7^{\circ}59'11,78''$ - $7^{\circ}59'58,75''$ LS dan $110^{\circ}18'56,35''$ - $110^{\circ}19'57,22''$ BT; secara kartografis tercatat di dalam Peta Rupabumi Indonesia sebagai Lembar Bantul (nomor peta 1408-221) serta termasuk dalam cakupan peta geologi terbitan Pusat Penelitian dan

Pengembangan Geologi, Bandung, tahun 1995 dengan nama Lembar Yogyakarta.



Gambar 1. Lokasi penelitian (tanpa skala)

Penelitian di lapangan meliputi pengambilan data kondisi geologi, meliputi populasi data geomorfologi, data litologi, data struktur geologi (diskontinuitas), data sifat keteknikan batuan. Data geomorfologi, terbagi menjadi parameter data: morfologi, morfometri, morfolitologi, morfogenesis, penggunaan lahan, dan penyebaran. Data litologi berupa batuan vulkanik yang dianalisis berdasarkan sifat fisik megaskropis tiap variasi batuan dengan pendekatan model MacDonald (1972) dan sifat keteknikan yang terdiri dari berat, bobot isi, kadar air, derajat kejenuhan, porositas, rasio pori (*void ratio*). Sifat keteknikan sampel batuan tersebut diuji dalam kondisi asli, kering dan jenuh air. Karakteristik sifat keteknikan yang berhubungan dengan sifat mekaniknya dianalisis sebagai kekuatan batuan. Nilai kekuatan batuan diketahui dengan pengujian *uniaxial compressive strength* (UCS) pada sampel batuan yang dipotong dalam bentuk bangun balok 5 cm x 5 cm x 10 cm (BSN, 2016). Data kekar yang digunakan berupa kedudukan kekar batuan berdasarkan sifat fisik *joint set*

nya, frekuensi diskontinuitas per meter panjang (RQD), jarak spasi kekar, kondisi kekar, kondisi airtanah pada kekar dan orientasi kedudukan kekar terhadap kemiringan lereng batuan. Sifat fisik *joint set* terdiri dari data *joint set* dalam kesamaan sifat fisik, kekasaran permukaan dinding rekahan kekar, derajat pelapukan (alterasi) atau keberadaan lempung pengisi celah rekahan, kondisi tekanan air yang masuk rekahan kekar, dan pengaruh tekanan pembebanan dan topografi terhadap kekuatan batuan (Barton, dkk., 1974).

Data kekar sebagai bidang diskontinuitas batuan dikelompokkan atas jenis batuan dan kesamaan fisik kekar (*joint set*), kemudian disintesa bersama sifat fisik dan mekanik menghasilkan estimasi stabilitas lereng batuan vulkanik. Stabilitas lereng batuan vulkanik diestimasi dengan menggunakan pendekatan model klasifikasi massa batuan *rock mass rating system* (RMR) (Bieniawski, 1989). Analisis sifat keteknikan batuan dilakukan di Laboratorium Geologi Teknik, Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta. Analisis data struktur kekar dilakukan di Laboratorium Geologi Dinamik, Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta. Observasi data lapangan berupa data geomorfologi, struktur kekar dan batuan dilakukan di tebing pada posisi koordinat 7°59'20,88" LS 110°19'19,09" BT.

PEMBAHASAN

Litologi penyusun lereng tebing di posisi koordinat 7°59'20,88" LS 110°19'19,09" BT berupa perselingan breksi andesit dan lava andesit yang didominasi breksi andesit terutama bagian lereng bawah. Lava andesit mempunyai ciri warna segar abu-abu kemerah-merahan, warna lapuk abu-abu kecoklat-coklatan; berstruktur *platy joint* dengan kedudukan N172°E/38°; afanitik, derajat kristalisasi hipokristalin, bentuk kristal subhedral, hubungan antar kristal inequigranular; komposisi mineral plagioklas, hornblenda, piroksen dan gelas. Kontak kedudukan lava andesit dan breksi andesit searah dengan

kedudukan struktur lembar atau *platy joint* pada lava andesit yaitu N170°E/32°. Breksi andesit berwarna abu-abu kemerah-merahan, warna lapuk kecoklatan sampai kemerahan; struktur masif dan beberapa skoria; fragmen berukuran 5 hingga 18 cm, kemas terbuka, sortasi buruk; komposisi fragmen dan matrik andesit, semen silika. Fragmen andesit berwarna abu-abu kemerah-merahan; berstruktur masif; afanitik, derajat kristalisasi hipokristalin, bentuk kristal anhedral-subhedral, hubungan antar kristal inequigranular; komposisi mineral plagioklas, hornblenda, piroksen dan gelas.

Hasil analisis *scanline* kekar batuan di tebing tersebut menunjukkan nilai RQD sebesar 43,37%, dimana kekar mempunyai frekuensi diskontinuitas per meter rata-rata yaitu 19 kekar/meter. Kekar pada breksi andesit berjarak spasi kekar 4 hingga 6 cm; permukaan bidang kekar halus, menerus, renggang 1 - 5 mm, agak lapuk (*smooth, planar*); kondisi keairan rekahan kekar kering. Keberadaan 2 *joint set* pada breksi andesit berkedudukan kekar N35°E/66° dan N188°E/65°. Kedudukan planar bidang kekar mempunyai arah jurus N202°E dengan kemiringan 26°, berimpit dengan arah orientasi lereng dengan besaran jurus dan kemiringan yaitu N210°E dan 76°.



Gambar 2. Longsoran massa batuan vulkanik berupa blok-blok lava andesit dan breksi andesit di tebing pada posisi koordinat 7°59'20,88" LS 110°19'19,09" BT.

Klasifikasi massa batuan *rock mass rating system* (RMR) menurut Bieniawski (1989) bernilai 28 pada lokasi penelitian menunjukkan tebing pada posisi koordinat 7°59'20,88" LS 110°19'19,09" BT mempunyai stabilitas lereng yang jelek. Rendahnya kestabilan lereng ini dikarenakan nilai RQD: 43,37%, dipengaruhi oleh kondisi kekar dengan frekuensi diskontinuitas per meter rata-rata yaitu 19 kekar/meter. Keberadaan beberapa longsoran berupa runtuh blok-blok batuan lava dan breksi andesit searah dengan kemiringan kedudukan bidang planar struktur *platy joint* dan kontak batuan N170°E/32° dan arah kemiringan lereng dan *initial stressnya* (*high anisotropic stresses*) (Barton, dkk., 1974; Goodman, 1976). Intensitas kekar yang rapat diduga mempengaruhi kekuatan batuan yang berdasarkan hasil pengujian UCS sebesar 369,96 kg/cm². Kekar dengan jarak renggang berkisar 1 hingga 5 mm memungkinkan air dapat masuk melalui rekahan batuan mengisi kontak antar batuan dengan *void ratio* sebesar 0,12 berporositas sebesar 10,68%. Air yang masuk mengontrol kekuatan friksi antar butir penyusun batuan (Goodman, 1976). Keberadaan air yang masuk rekahan pada kondisi kejenuhan 90,91% dengan kadar air jenuh 4,47% terestimasi melalui adanya selisih berat dalam kondisi batuan jenuh dan kering sebesar 6,60 gr dan dan bobot isinya sebesar 0,11 gr/cm³. Hasil pengujian sifat keteknikan dan estimasi penilaian stabilitas lereng dengan klasifikasi massa batuan RMR dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sifat keteknikan batuan untuk sifat indeks

No.	Parameter Sifat Indeks	Nilai
1	Berat conto asli (Wn), gr	153,60
2	Berat conto kering (Wo), gr	147,60
3	Berat conto jenuh (Ww), gr	154,20
4	Berat conto jenuh tergantung dalam air (Ws), gr	92,40
5	Bobot isi asli (natural density), gr/cm ³	2,49
6	Bobot isi kering (dry density), gr/cm ³	2,39
7	Bobot isi jenuh (saturated density), gr/cm ³	2,50
8	"Apperent specific gravity"	2,39
9	"True specific gravity"	2,67
10	Kadar air asli (natural water content), %	4,07

Tabel 1. (Lanjutan)

No.	Parameter Sifat Indeks	Nilai
11	Kadar air jenuh (absorption), %	4,47
12	Derajat kejenuhan, %	90,91
13	Porositas, %	10,68
14	Void ratio	0,12

Lokasi penelitian dekat dengan jalan raya lintas provinsi dimana jalan dapat dilalui oleh beberapa kendaraan alat berat. Terjadinya runtuh batuan dapat dipicu oleh getaran jalan yang dilalui kendaraan. Kondisi demikian menjadi rawan longsor di beberapa pemukiman di bawah tebing atau dekat tekuk lereng sekitar titik lokasi pengamatan.

Pada tabel 2 disajikan hasil pengujian sifat keteknikan batuan untuk sifat mekanik. Sedangkan pada tabel 3 disajikan hasil estimasi klasifikasi massa batuan dengan menggunakan RMR.

Tabel 2. Hasil pengujian sifat keteknikan batuan untuk sifat mekanik

No.	Parameter Sifat Mekanik	Nilai
1	Kuat Tekan Uniaxial (kg/cm ²)	369,96

Tabel 3. Hasil estimasi klasifikasi massa batuan dengan menggunakan RMR

No	Parameter	Besar	Nilai
1	Kuat tekan uniaxial (kg/cm ²)	369,96	15
2	Frekuensi diskontinuitas per meter panjang (kekar/m)	19	8
	RQD = 100(0,1λ.+1)e-0,1λ	43,37	
3	Jarak spasi diskontinuitas / kekar (cm)	4 s.d. 6	5
4	Kondisi permukaan diskontinuitas / Kekar	halus, menerus, renggang 1 - 5 mm, agak lapuk	10
5	Kondisi airtanah	Kering	15
6	Data penilaian orientasi diskontinuitas / kekar untuk kemiringan lereng batuan	Sedang	-25
		Nilai RMR	28
		Kriteria	Jelek

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan penjelasan analisis di atas dapat disimpulkan bahwa tebing di daerah penelitian mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Penilaian klasifikasi massa batuan *rock mass rating system* pada tebing di posisi koordinat 7°59'20,88" LS 110°19'19,09" BT di daerah Jelapan, Kecamatan Pundong, Kabupaten

- Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta sebesar 28 (jelek) dipengaruhi oleh kondisi permukaan kekar yang halus, menerus, agak lapuk dengan kerenggangan celah kekar 1 - 5 mm dan jarak spasi kekar kurang dari 60 mm serta intensitas kekar dengan nilai RQD sebesar 43,37%.
2. Ketidakstabilan lereng berupa runtuh blok-blok batuan lava dan breksi andesit dikontrol oleh kedudukan kontak batuan yang searah dengan kemiringan kedudukan bidang planar struktur *platy joint* dan kontak batuan N170°E/32°, terutama pada bagian tebing bagian bawah di sisi tekuk lereng dimana tegangan anisotropiknya tinggi akibat pengaruh *initial stressnya*.
 3. Untuk mengurangi resiko dampak potensi gerakan massa batuan berupa longsoran runtuh batuan, maka pengembangan lahan pemukiman di dekat tekuk lereng perlu dihindari terutama daerah dekat jalan besar yang ramai lalu lintas kendaraan alat berat untukantisipasi dampak getaran dari jalan yang dilalui kendaraan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta (LPPM IST AKPRIND Yogyakarta) yang telah memberi dukungan pendanaan melalui anggaran dana penelitian tahun 2017/2018. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Nike Dwi Ari Laksanawati dan I Gusti Ngurah Made Budayana yang membantu pengambilan data dan pengujian sampel batuan di Laboratorium Geologi Teknik IST AKPRIND Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2015A). Retakan di Tebing-tebing Pantai Selatan Yogyakarta Disebabkan Gempa 2006. Detik News 18 Juni 2015. <https://news.detik.com/berita/d-2945862/retakan-di-tebing-tebing-pantai-selatan-yogyakarta-disebabkan-gempa-2006> [10/4/2017].

- Anonim. (2015B). Tebing Retak akibat Gempa 2006. Suara Merdeka 20 Juni 2015. <http://berita.suara.merdeka.com/sm cetak/tebing-retak-akibat-gempa-2006/> [10/4/2017]
- Anonim. (2016A). Lokasi Calon Makam Sultan HB X Retak, Pertanda Apa?. Okezone 23 Februari 2016. Melalui <http://news.okezone.com/read/2016/02/23/510/1319034/lokasi-calon-makam-sultan-hb-x-retak-pertanda-apa>, [10 April 2017].
- Anonim. (2016B). *Diguyur Hujan Deras, Sejumlah Wilayah di Bantul Longsor*. Okezone. 29 November 2016. <http://news.okezone.com/read/2016/11/29/512/1554502/diguyur-hujan-deras-sejumlah-wilayah-di-bantul-longsor> [10/4/2017].
- Anonim. (2016C) Warga Minta Bupati Segera Perbaiki Jembatan. Kedaulatan Rakyat 5 Desember 2016. http://krjogja.com/web/news/read/17767/Warga_Minta_Bupati_Segera_Perbaiki_Jembatan [10/4/2017].
- Anonim. (2017A). Tanah Retak & Longsor Putus Jalan Penghubung Desa di Bantul. Kompas. 07 Februari 2017. <http://tv.kompas.com/read/2017/02/07/b08e148645919505ca5750/tanah.retak.longsor.putus.jalan.penghubung.desa.di.bantul> [10/4/2017].
- Anonim. (2017B). Hujan Deras Munculkan 11 Titik Longsor. Harian Jogja 21 Maret 2017. <http://m.harianjogja.com/baca/2017/03/21/bencana-bantul-hujan-deras-munculkan-11-titik-longsor-803162> [10/4/2017].
- Anonim (2017C). Longsor Bantul: Tebing Setinggi 20 Ambrol, 2 Rumah Rusak Berat. Harian Jogja 4 April 2017. <http://www.harianjogja.com/baca/2017/04/04/longsor-bantul-tebing-setinggi-20-ambrol-2-rumah-rusak-berat-807297> [10/4/2017].
- Astuti, B.S., Rahardjo, W., Listyani, R.A., dan Husein, S. (2009). Morfogenesis Bukit-bukit Inlier Daerah Watuadeg – Pengklik, Prambanan, DIY. *Prosiding Workshop Geologi Pegunungan Selatan 2007*. Bandung: Pusat Survey Geologi.
- Barton, N., Lien, R and Lunde, J. (1974). *Engineering Classification of Rock Masses or The Design of Tunnel*

- Support. Rock Mechanics and Rock Engineering*. Norwegia: Norges Geotekniske Institutt, Publikasjon 106.
- Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. 251 hal. New York: John Wiley & Sons.
- Bronto, S. (2009). Fosil Gunung Api di Pegunungan Selatan Jawa Tengah. *Prosiding Workshop Geologi Pegunungan Selatan 2007*. Bandung: Pusat Survey Geologi.
- BSN. (2016). *Cara uji kuat tekan batu: SNI 2825:2008*. www.sisni.bsn.go.id, tanggal 15 Maret 2016.
- Deere, D.U., and Deere, D.W. 1988. The Rock Quality Designation (RQD) Index In Practice. Dalam *Rock Classification Systems for Engineering Purposes ASTM STP 984*. Hal 91-101. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Djakamihardja, A.S. dan Soebowo, W. (1996). Studi Kemantapan Lereng Batuan Pada Jalur Jalan Raya Liwa-Krui, Lampung Barat : Suatu Pendekatan Metoda Empiris. *Seminar Kemantapan Lereng di Pertambangan Indonesia II*, Bandung: ITB.
- Goodman, R.E. (1976), *Introduction to Rock Mechanics*. 2nd ed. Singapore: John Wiley & Sons.
- Husein, S. dan Srijono. 2010. Peta Geomorfologi DIY. *Conference Paper Simposium Geologi Yogyakarta, IAGI Pengda DIY*. DOI: 10.13140/RG.2.2.10627.50726. https://www.researchgate.net/publication/308415694_Peta_Geomorfologi_Daerah_Istimewa_Yogyakarta [3/8/2017].
- Larbi, G., Abderrahmen, B., Ismail, N., dan Mohammed-Laid, B. (2012). The Classification Systems as a Tool to Estimate the Stability of Discontinuous Rock Mass-A Numerical Approach: The Iron Mine of Boukhadra (Algeria) as a Case Study. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering (EJGE) Vol. 17*. www.ejge.com/2012/Abs12.038.htm [4/10/2017].
- Liu, Y. C., and Chen, C. S. (2007). *A New Approach for Application of Rock Mass Classification on Rock Slope Stability Assessment*, *Engineering Geology*. 89: 129-143.
- MacDonald, G.A. (1972). *Volcanoes*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi. dan Rosidi H.M.D. (1995). *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*, Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Romana, M., Serón, J.B., and Montalar, E. (2003). *SMR Geomechanics Classification: Application, Experience and Validation*. International Society for Rock Mechanics (ISRM) 2003-Technology Roadmap for Rock Mechanics. South African Institute of Mining and Metallurgy.
- Selby, M.J. (1991). *Hillslope Materials and Processes*. 2nd ed, Oxford: Oxford University Press.
- Setiadji, D.I., Kaiino, S, Imai, A., dan Watanabe, K. (2006). *Cenozoic Island Arc Magmatism in Java Island (Sunda Arc. Indonesia): Clues on Relationships between Geodynamics of Volcanic Centers and Ore Mineralization*. *Journal of Resources Geology* vol 56, no 3, hal 267 – 292.
- Sidarto. (2009). Geologi Pegunungan di Daerah Gunungkidul dan Sekitarnya Ditafsir pada Citra Alos. *Prosiding Workshop Geologi Pegunungan Selatan 2007*, Publikasi Khusus No 38.
- Soehaimi, Marjiyono dan Setianegara, R. (2009). Seismotektonik dan Zonasi Potensi Resiko Gempabumi di Wilayah Pegunungan Selatan (Parangtritis-Pacitan, Jawa Tengah). *Prosiding Workshop Geologi Pegunungan Selatan 2007*. Bandung: Pusat Survey Geologi.
- Van Bemmelen, R.W. (1949). *The Geology of Indonesia*. Vol IA. Netherland: The Haque Martinus Nijhoff, Government Printing Office.

MODEL PENGUKURAN KESIAPAN IMPLEMENTASI ARSITEKTUR ENTERPRISE BERBASIS *CRITICAL SUCCESS FACTOR*

Adam Sekti Aji¹, Teduh Dirgahayu², Hanson Prihantoro Putro³

^{1,2,3} Magister Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

¹Email: 13917202@students.uii.ac.id

Masuk: 1 Maret 2017, Revisi masuk: 10 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

This paper discusses about Enterprise Architecture (EA) implementation readiness measurement model. The definition of EA is a framework or blueprint that used by organization to achieve business objectives by identifying key strategies of business, information, applications, and technology and its impact on business functions. Measuring the readiness of EA implementation on an institution is useful to reduce potential losses due to EA implementation failures. By identifying the factors supporting the successful implementation of EA, an EA implementation readiness measurement model can be formulated and can be used as a reference to know the readiness of an institution in the implementation of EA.

Keywords: Enterprise Architecture, Readiness, Critical Success Factor.

INTISARI

Makalah ini membahas tentang model pengukuran kesiapan implementasi Arsitektur Enterprise (AE). Definisi AE salah satunya adalah sebuah *framework* atau *blueprint* yang digunakan sebuah organisasi untuk mencapai tujuan bisnis dengan mengidentifikasi strategi-strategi penting yaitu bisnis, informasi, aplikasi, dan teknologi serta dampaknya terhadap fungsi bisnis. Pengukuran kesiapan implementasi AE pada sebuah institusi berguna untuk mengurangi potensi kerugian akibat kegagalan implementasi AE. Dengan mengidentifikasi faktor-faktor pendukung kesuksesan implementasi AE maka dapat dirumuskan suatu model pengukuran kesiapan implementasi AE dan dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kesiapan sebuah institusi dalam implementasi AE.

Kata Kunci : Arsitektur Enterprise, Kesiapan, *Critical Success Factor*.

PENDAHULUAN

Salah satu definisi dari Arsitektur Enterprise (AE) adalah sebuah *blueprint* yang digunakan sebuah organisasi untuk mencapai tujuan bisnis dengan menggunakan TI. AE mengidentifikasi strategi-strategi penting yaitu proses bisnis, informasi, aplikasi, dan teknologi serta dampaknya terhadap fungsi bisnis (Pereira & Sousa, 2004). AE dikembangkan untuk mengoptimalkan investasi pada bidang TI organisasi dan diterjemahkan dalam bentuk solusi teknologi untuk mencapai level bisnis yang kompetitif. Dengan demikian, implementasi AE pada organisasi adalah salah satu strategi yang menjanjikan peningkatan performa bisnis.

Implementasi AE memberikan beberapa manfaat bisnis seperti: operasional berbasis TI yang handal, pengurangan risiko operasional, proses inovasi bisnis yang lebih cepat, dan menjembatani kesenjangan antara bisnis dan TI (Meyer *et al.*, 2011; Schmidt & Buxmann, 2011).

Implementasi AE pada suatu institusi memiliki beberapa definisi. Salah satu definisinya adalah sebuah mekanisme transformasi AE dalam sebuah organisasi untuk menyelaraskan antara strategi bisnis dan TI sebagai pendukungnya. Hasil akhir dari proses transformasi ini adalah sebuah implementasi dan dokumentasi semua komponen TI pada organisasi secara detail dan terstruktur (Aier & Schelp,

2010; Hussein *et al.*, 2016; Pereira & Sousa, 2004).

Meski AE sudah banyak digunakan oleh bermacam organisasi, praktik di lapangan ternyata masih belum matang dan menemui berbagai kendala. Dengan mengikuti semua tahap dan menghasilkan berbagai artefak sesuai *framework* perencanaan dan implementasi AE, misal TOGAF dan EAP, pertanyaan mendasarnya adalah apakah AE dapat berfungsi dengan baik, berkesinambungan, dan dapat diterapkan pada organisasi manapun?

Implementasi AE merupakan aktifitas yang berkelanjutan dan melibatkan interaksi dengan berbagai dimensi organisasi. Beberapa organisasi yang telah menggunakan AE ternyata menghadapi hambatan pada saat implementasinya. Mengingat bahwa implementasi AE membutuhkan biaya yang tinggi, maka implementasi yang buruk mengakibatkan banyak kerugian bagi organisasi. Oleh sebab itu, untuk mengurangi kerugian yang mungkin ditimbulkan, maka pendefinisian *Critical Success Factor* (CSF, faktor pendukung keberhasilan) dalam implementasi AE dapat berperan signifikan untuk mengetahui tingkat keberhasilan implementasi AE pada suatu institusi (Aier & Schelp, 2010; Jahani *et al.*, 2010).

Tingkat keberhasilan implementasi AE akan meningkat apabila memperhitungkan CSF dalam proses implementasinya. CSF adalah hal-hal yang harus berjalan dengan baik untuk memastikan keberhasilan keseluruhan proyek, menyebabkan hasil dari sebuah proses memenuhi harapan, dan memastikan kinerja yang kompetitif untuk setiap individu, departemen, maupun perusahaan (Hussein *et al.*, 2016; Nikpay *et al.*, 2013; Pereira & Sousa, 2004; Schmidt & Buxmann, 2011).

Makalah ini menawarkan sebuah model pengukuran kesiapan sebuah organisasi dalam implementasi AE. Model ini bertujuan untuk mengurangi potensi kerugian dari kegagalan implementasi AE. Dengan terlebih dahulu mengidentifikasi CSF implementasi AE, organisasi dapat melakukan pengukuran

CSF implementasi AE, dan kemudian melakukan antisipasi terhadap faktor-faktor yang belum memenuhi kesiapan implementasi AE, maka diharapkan tingkat kesuksesan implementasi AE akan meningkat.

Model pengukuran ini dibangun berdasarkan berbagai CSF dari penelitian-penelitian sebelumnya pada berbagai jenis organisasi dengan proses bisnis yang beragam. Makalah ini merangkum CSF dari berbagai bidang bisnis, sehingga menghasilkan sebuah model pengukuran tingkat kesiapan implementasi AE yang komprehensif yang dapat diterapkan pada berbagai jenis organisasi dengan bidang bisnis yang berbeda.

Beberapa penelitian tentang CSF dan pengaruhnya terhadap implementasi AE telah dilakukan pada beberapa organisasi dengan bidang bisnis yang berbeda-beda. Penelitian Kamogawa & Okada (2008), dilakukan pada sebuah institusi perbankan di Jepang menunjukkan beberapa faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan implementasi AE, antara lain (1) kesadaran akan AE, (2) efektivitas tata kelola TI, dan (3) kapabilitas manajemen institusi.

Penelitian lain dilakukan oleh Aier & Schelp (2010) mengambil enam institusi dengan bidang bisnis yang beragam sebagai objek penelitiannya. Bidang-bidang bisnis tersebut adalah: penyedia layanan finansial, perusahaan farmasi global, penyedia layanan telekomunikasi global, pengembang sistem informasi finansial, penyedia layanan transportasi dan logistik, dan perusahaan asuransi. Hasil penelitian merumuskan beberapa faktor penting penunjang keberhasilan implementasi dan penerapan AE antara lain: (1) pelatihan dan pendidikan tentang AE, (2) peningkatan skill komunikasi, (3) representasi AE yang intensif, (4) tata kelola, dan (4) peralatan pendukung AE.

Penelitian tentang pengukuran kesiapan implementasi AE menggunakan CSF pernah dilakukan pada sebuah organisasi non-pemerintah (Jahani *et al.*, 2010). Penelitian ini merumuskan beberapa CSF yang diidentifikasi menjadi faktor utama kesiapan sebuah

organisasi dalam proses implementasi AE. Perumusan CSF menggunakan *framework* EAP (*Enterprise Architecture Planning*) dan beberapa model kematangan AE (EAMM, E2AMM). Selanjutnya usulan CSF ini diajukan kepada para akademisi, pakar dan praktisi AE yang hasil akhirnya berupa CSF untuk mengukur indeks kesiapan implementasi AE pada sebuah organisasi. Namun CSF pada penelitian ini tidak menyertakan faktor-faktor lain yang dibahas pada penelitian-penelitian CSF AE sebelumnya, misalkan: tata kelola (Aier & Schelp, 2010; Kamogawa & Okada, 2008; Schmidt & Buxmann, 2011; Van der Raadt *et al.*, 2010; Ylimäki, 2008) dan komunikasi (Schmidt & Buxmann, 2011; Van der Raadt *et al.*, 2010; Ylimäki, 2008).

Penelitian tentang AE di Indonesia meliputi beberapa topik, diantaranya adalah perancangan dan pengembangan AE untuk sebuah institusi (Ramadiani *et al.*, 2017; Trisminingsih & Putra, 2017; Wibawa & Putra, 2017; Wibowo *et al.*, 2017; Widodo & Suharjito, 2017; Windra, 2017). Topik tentang perancangan AE membahas bagaimana membuat *blueprint* pemanfaatan TI institusi menggunakan berbagai macam *framework* AE antara lain TOGAF, Zachmann, serta EAP. Topik lain yang diangkat adalah analisis setelah dilakukan pembuatan *blueprint* pemanfaatan TI institusi, yaitu bagaimana mendesain dan membuat prototipe sistem yang sesuai dengan *blueprint* tersebut (Liu *et al.*, 2017; Slameto *et al.*, 2017). Sejauh ini belum ada penelitian yang membahas tentang kesiapan sebuah organisasi dalam implementasi AE.

METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan model pengukuran kesiapan implementasi AE dilakukan dengan cara mempelajari secara mendalam faktor dan indikator dari keenam model CSF yaitu Jahani CSF, Kamogawa CSF, Schmidt CSF, Aier CSF, Van der Raadt CSF, dan Ylimaki CSF yang menjadi landasan literatur. Selanjutnya dilakukan pengelompokan faktor dan indikator tersebut ke dalam

komponen-komponen model pengukuran kesiapan implementasi AE sesuai dengan lingkup dan ranah pembahasan masing-masing faktor dan indikator.

Skala kesiapan implementasi AE terdiri dari skala kesiapan tiap komponen dan skala rata-rata semua komponen. Penentuan skala kesiapan implementasi AE menggunakan skala 1 sampai 5. Sebuah organisasi dikatakan siap apabila semua komponen kesiapan implementasi AE lebih dari 3 (Jahani *et al.*, 2010).

Pengukuran kesiapan imlementasi AE menggunakan faktor-faktor dan indikator-indikator yang telah dirumuskan sebelumnya yang kemudian dirangkum menjadi sebuah kuesioner penelitian. Kuesioner ini menggunakan skala *Likert* 1 sampai 5 sesuai dengan skala yang sudah ditetapkan sebelumnya.

Data rekapitulasi hasil kuesioner diolah menjadi indeks kesiapaan implementasi AE. Indeks kesiapan implementasi AE dinilai berdasarkan nilai rata-rata dari masing-masing komponen, sehingga didapatkan rumus kesiapan implementasi seperti persamaan (1).

$$I_{Kae} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{IA}} x_i}{n_{IA}} \quad (1)$$

dengan
 I_{Kae} = Indeks kesiapan implementasi AE
 n_{IA} = Jumlah komponen indeks kesiapan implementasi AE
 x_i = Skor komponen ke-i
 Indeks kesiapan implementasi AE untuk masing-masing komponen dapat dihitung menggunakan rumus perhitungan indeks komponen seperti pada persamaan (2).

$$I_A = \frac{\sum_{j=1}^{n_A} x_{ij}}{n_A \cdot n_R} \quad (2)$$

Dengan
 I_A = Indeks komponen A
 n_A = Jumlah indikator komponen A
 x_{ij} = Jumlah total skor indikator ke-i
 n_R = Jumlah responden

PEMBAHASAN

Perumusan model pengukuran kesiapan implementasi AE menggunakan CSF dari penelitian-penelitian sebelumnya dengan mempertimbangkan berbagai macam faktor dan indikator dari faktor-faktor tersebut berdasarkan topik

dan pokok permasalahannya. Indikator dari masing-masing faktor pada model penelitian CSF sebelumnya dikelompokkan berdasarkan topik tertentu sehingga hasil akhirnya berupa komponen dan indikator setiap komponen tersebut. Hasilnya adalah sebagai berikut.

1. Tata Kelola.

Komponen ini mencakup semua rangkaian proses, kebiasaan, kebijakan, aturan, dan institusi yang memberikan pengarahan, pengelolaan, serta pengontrolan pada suatu organisasi dalam hubungannya dengan AE (Aier & Schelp, 2010; Kamogawa & Okada, 2008; Schmidt & Buxmann, 2011; Van der Raadt *et al.*, 2010; Ylimäki, 2008).

2. Kognisi.

Komponen ini mencakup pemahaman seluruh anggota organisasi tentang fungsi dan manfaat AE secara umum (Aier & Schelp, 2010; Jahani *et al.*, 2010; Kamogawa & Okada, 2008; Van der Raadt *et al.*, 2010).

3. Manajemen.

Komponen ini mencakup semua proses yang dilakukan dalam sebuah organisasi yang bertujuan untuk mencapai tujuan bisnis melalui berbagai macam pengaturan dan delegasi tugas secara terstruktur (Jahani *et al.*, 2010; Kamogawa & Okada, 2008; Schmidt & Buxmann, 2011; Van der Raadt *et al.*, 2010; Ylimäki, 2008).

4. Perencanaan.

Komponen ini membahas tahap perencanaan dalam implementasi AE yang mencakup antara lain *change management* dan rencana dokumentasi (Aier & Schelp, 2010; Jahani *et al.*, 2010; Schmidt & Buxmann, 2011; Ylimäki, 2008).

5. Dokumentasi.

Komponen ini mencakup semua kegiatan dokumentasi, baik struktur organisasi, proses bisnis maupun artefak TI, yang kemudian disimpan dalam bentuk dokumen (Schmidt & Buxmann, 2011; Ylimäki, 2008).

6. Komunikasi.

Komponen ini mencakup tingkat dan kualitas komunikasi dalam sebuah organisasi, baik antar departemen maupun dalam departemen itu sendiri (Aier & Schelp, 2010; Jahani *et al.*, 2010;

Schmidt & Buxmann, 2011; Van der Raadt *et al.*, 2010; Ylimäki, 2008).

7. Partisipasi dan Komitmen.

Komponen ini mencakup partisipasi dan komitmen semua *stakeholder* yang terlibat dalam sebuah organisasi (Aier & Schelp, 2010; Jahani *et al.*, 2010; Schmidt & Buxmann, 2011; Van der Raadt *et al.*, 2010; Ylimäki, 2008).

8. Budaya Organisasi.

Komponen ini mencakup kemampuan sebuah organisasi dalam bersikap menghadapi sebuah perubahan dalam organisasi tersebut (Aier & Schelp, 2010; Jahani *et al.*, 2010; Van der Raadt *et al.*, 2010; Ylimäki, 2008).

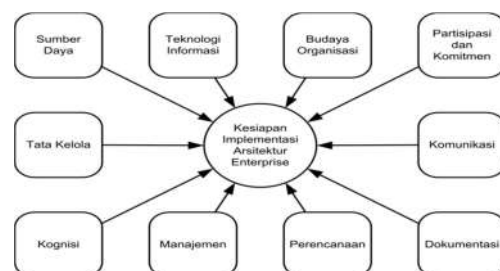
9. Teknologi Informasi.

Komponen ini mencakup pandangan organisasi terhadap TI dan kemampuan aset TI yang ada dalam sebuah organisasi (Jahani *et al.*, 2010; Ylimäki, 2008).

10. Sumber Daya.

Komponen ini mencakup kemampuan sumber daya yang ada dan langkah-langkah untuk meningkatkan kompetensi dan fungsionalitasnya (Aier & Schelp, 2010; Jahani *et al.*, 2010; Ylimäki, 2008).

Kesepuluh komponen di atas diperhitungkan untuk menunjukkan kesiapan implementasi AE pada sebuah organisasi, seperti pada Gambar 1. Kesepuluh komponen pengukuran kesiapan implementasi AE di atas kemudian dapat digunakan untuk mengukur kesiapan implementasi AE pada sebuah organisasi dengan membuat sebuah perangkat kuesioner. Data hasil kuesioner dapat diolah dengan menggunakan skala 1 sampai 5 sehingga hasil akhir berupa skala kesiapan implementasi dari masing-masing komponen dan rata-rata dari semua komponen model pengukuran.



Gambar 1. Model pengukuran kesiapan implementasi AE

KESIMPULAN

Berbagai kendala yang ditemui pada implementasi AE dalam organisasi dapat menimbulkan kerugian yang besar bagi organisasi. Perumusan CSF yang mendukung keberhasilan implementasi AE pada organisasi dibutuhkan untuk mengurangi potensi kerugian tersebut. Model pengukuran kesiapan implementasi AE ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui kesiapan sebuah institusi dalam implementasi AE. Dengan mengetahui tingkat kesiapan sebuah institusi, maka institusi dapat mengurangi kerugian akibat kegagalan implementasi AE, dengan terlebih dahulu memperbaiki komponen-komponen yang belum mencapai tingkat kesiapan tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aier, S., & Schelp, J. (2010). *A Reassessment of Enterprise Architecture Implementation*. Paper presented at the Service-Oriented Computing. ICSSOC/ServiceWave 2009 Workshops.
- Hussein, S. S., Mahrin, M. N. r., & Ismail, Z. (2016). Towards Readiness in Enterprise Architecture Establishment: A Critical Success Factors.
- Jahani, B., Reza Seyyed Javadein, S., & Abedi Jafari, H. (2010). Measurement of enterprise architecture readiness within organizations. *Business Strategy Series*, 11(3): 177-191.
- Kamogawa, T., & Okada, H. (2008). *Enterprise architecture and information systems: In japanese banking industry*. Paper presented at the Applications and the Internet, 2008. SAINT 2008. International Symposium on.
- Liu, Y. M., Basri, M. T., & Fauzi, M. (2017). Analisa Tata Kelola Arsitektur Enterprise untuk Mendukung Sistem Informasi Akademik Menggunakan Togaf (Studi Kasus STMIK Indonesia Jakarta). *Jurnal Informatika dan Komputasi*, 9(2): 30-35.
- Meyer, M., Helfert, M., & O'Brien, C. (2011). *An analysis of enterprise architecture maturity frameworks*. Paper presented at the International Conference on Business Informatics Research.
- Nikpay, F., Selamat, H., Rouhani, B. D., & Nikfard, P. (2013). *A Review of Critical Success Factors of Enterprise Architecture Implementation*. Paper presented at the Informatics and Creative Multimedia (ICICM), 2013 International Conference on.
- Pereira, C. M., & Sousa, P. (2004). *A method to define an Enterprise Architecture using the Zachman Framework*. Paper presented at the Proceedings of The 2004 ACM symposium on Applied computing.
- Ramadiani, R., Khairina, D. M., & Aziz, A. K. (2017). *Perancangan E-Government Kelurahan Sempaja Timur Menggunakan Enterprise Architecture Planning*. Paper presented at the Prosiding Seminar Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (SAKTI).
- Schmidt, C., & Buxmann, P. (2011). Outcomes and success factors of enterprise IT architecture management: empirical insight from the international financial services industry. *European Journal of Information Systems*, 20(2): 168-185.
- Slameto, A. A., Utami, E., & Pangera, A. A. (2017). Analisis dan Desain Arsitektur Enterprise Sistem Informasi Pelaporan Kerusakan Komputer dengan Zachman Framework. *Jurnal Teknologi Informasi Respati*, 7(21).
- Trisminingsih, R., & Putra, S. N. (2017). Perancangan Arsitektur Enterprise untuk Koperasi Pertanian Menggunakan Enterprise Architecture Planning. *Jurnal Sistem Informasi*, 9(1).
- Van der Raadt, B., Bonnet, M., Schouten, S., & Van Vliet, H. (2010). The relation between EA effectiveness and stakeholder satisfaction. *Journal of Systems & Software*, 83(10): 1954-1969.
- Wibawa, J. C., & Putra, Y. H. (2017). Perancangan Arsitektur Enterprise di Balai Lalu Lintas Angkutan Jalan Sungai Danau dan Penyeberangan Menggunakan EAP. *Jurnal Tata Kelola dan Kerangka Kerja Teknologi Informasi*, 1(2).

- Wibowo, A., Rijanto, E., & Sabariah, M. K. (2017). Perancangan Enterprise Architecture untuk Menerapkan Innovation Management System di LPIK-ITB Menggunakan Kerangka Kerja Zachman. *Jurnal Tata Kelola dan Kerangka Kerja Teknologi Informasi*, 3(1).
- Widodo, B., & Suharjo, S. (2017). Pengembangan Blueprint IT dengan Zachman Framework di STP Trisakti. *Jurnal Sistem Informasi*, 13(1), 49-66.
- Windra, I. Y. (2017). *Perancangan Arsitektur Enterprise Menggunakan Kerangka Kerja Togaf (Studi Kasus: Politeknik Sendawar)*. UAJY.
- Ylimäki, T. (2008). Potential critical success factors for enterprise architecture. *Tietotekniikan tutkimusinstituutin julkaisu*, 1236-1615; 18.

PENGARUH MORFOLOGI DAN SIFAT MATERIAL TERHADAP KESTABILAN LERENG DI KECAMATAN KALIBAWANG, KULON PROGO

Supandi¹, Shilvyanora AR², Isjudarto Ag³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta

¹Email: isjudarto0911@gmail.com

Masuk: 1 Maret 2017, Revisi masuk: 10 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

Mass movement is one of hazard in Indonesia that have significant impact in Indonesia. This hazard caused by Indonesia represent have wet tropik, so that chemical weathering intensive and formed thick soil. Its improve the happening of crisis to this hazard, because material strength will decrease. District of Kalibawang, Kulon Progo morphologically have a lot precipitous slope and mount intensive weathering. This condition constituing study concerning slope stability. Method which used in this analysis is slice method with approach of calculation of made moderate Bishop. This method weared many in analysis stability of slope because besides modestly, this method enough is accurate. Than analysis slope stability of some obtained chosen slope have value between 3.378 (stable) until 1.052 is (labile / critical)

Keywords: Bishop, Kalibawang Slope Stability.

INTISARI

Bencana alam tanah longsor merupakan salah satu bencana dengan dampak yang cukup besar di Indonesia. Hal ini disebabkan karena Indonesia merupakan negara yang beriklim tropik basah, sehingga pelapukan kimia berjalan intensif dan membentuk soil cukup tebal. Terbentuknya soil yang cukup tebal di beberapa daerah akan meningkatkan terjadinya kerawanan terhadap bencana ini, karena kekuatan geser material akan berkurang jauh. Kecamatan Kalibawang, Kabupaten Kulon Progo secara morfologi banyak mempunyai lereng-lereng terjal dan cukup tinggi serta tingkat pelapukan yang intensif. Kondisi kelerengan seperti inilah perlu diadakan kajian mengenai tingkat kestabilan lereng, agar masyarakat yang tinggal dapat melakukan antisipasi secukupnya dengan kondisi tingkat kerawanan longsor yang relatif tinggi. Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah metode irisan dengan pendekatan perhitungan Bishop yang disederhanakan. Metode ini banyak dipakai dalam analisis kestabilan lereng karena selain sederhana, metode ini cukup akurat. Dari analisis kestabilan lereng yang dilakukan pada beberapa lereng terpilih diperoleh lereng dengan nilai antara 3.378 (stabil) sampai 1.052 (labil/kritis)

Kata kunci: Bishop, Kestabilan Lereng, Kalibawang.

PENDAHULUAN

Bencana alam tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang banyak terjadi di Indonesia. Bencana ini sering mengakibatkan banyak kerugian berupa korban jiwa dan harta benda. Dengan iklim tropik basah seperti di Indonesia, tingkat pelapukan kimia berjalan sangat intensif membentuk soil yang cukup tebal. Soil yang terbentuk mempunyai kekuatan intrinsik jauh lebih rendah dibandingkan dengan

batuan segarnya. Hal inilah yang salah satunya memicu terjadinya longsor.

Salah satu tempat yang perlu diwaspadai terhadap adanya bahaya tanah longsor adalah daerah-daerah yang mempunyai kelerengan tinggi serta litologi yang tidak terlalu kompak akibat proses degradasi batuan. Di Kecamatan Kalibawang, Kulon Progo, beberapa kali terjadi kasus longsor dari tanah hasil pelapukan batuan yang telah terpotong-potong oleh struktur geologi dan tanah penutup. Penyebab utama terjadinya

longsor di daerah tersebut diperkirakan adanya kelerengan yang tinggi dengan sudut lereng besar, struktur sesar, kekar, dan tanah pelapukan cukup tebal serta dipicu adanya curah hujan cukup tinggi. Oleh karena itu di daerah ini penting untuk dilakukan kajian tingkat kerawanan bencana tanah longsor. Kajian atau penelitian ini dapat digunakan sebagai ukuran dalam mendeteksi kondisi bahaya terhadap bencana tanah longsor dan dapat juga digunakan sebagai panduan pengembangan untuk lokasi wilayah.

Penelitian tentang tingkat kerawanan bencana tanah longsor di Kecamatan Kalibawang, Kulon Progo dan sekitarnya diharapkan dapat mengantisipasi suatu lokasi yang mempunyai kondisi topografi terjal dan kemiringan lereng yang besar di waspadai untuk menjadi daerah potensi longsor.

Suatu longsor adalah keruntuhan dari massa tanah yang terletak pada sebuah lereng sehingga terjadi pergerakan massa tanah ke bawah dan ke luar. Longsor dapat terjadi dengan berbagai cara, secara perlahan-lahan atau mendadak serta dengan ataupun tanpa tanda-tanda yang terlihat

Daerah rawan bencana di Kecamatan Kalibawang, Kulon Progo terletak pada daerah-daerah pegunungan dengan kemiringan lereng lebih dari 30 derajat. Ditinjau secara geologis daerah rawan bencana tanah longsor terdapat pada formasi-formasi endapan batuan dari batuan beku dan breksi andesit yang telah terpotong-potong oleh struktur patahan dan kekar. Secara umum longsor yang terjadi merupakan longsor dengan bidang gelincir berbentuk lengkung memanjang. Material longsor berupa tanah lempung pasir bercampur kerakal dan bongkah andesit (Marsaid, 2002).

Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng dapat terbentuk secara alami dan dapat juga dibuat oleh manusia. Lereng yang terbentuk secara alamiah misalnya lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain yaitu galian dan

timbunan untuk membuat jalan raya dan jalan kereta api, bendungan, tanggul sungai dan kanal serta tambang terbuka.

Pada dasarnya sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan daerah perbukitan dan yang membentuk lahan miring. Lereng yang melampaui 20 derajat atau 40 % umumnya berbakat untuk bergerak atau longsor. Potensi terjadinya gerakan tanah pada lereng tergantung pada kondisi batuan dan tanah penyusun lereng, struktur geologi, curah hujan, vegetasi dan penggunaan lahan pada lereng (Karnawati, 2002).

Ada tiga jenis lereng yaitu: 1) Lereng alami, yaitu lereng yang terbentuk karena proses-proses alam, misalnya lereng suatu bukit. 2) Lereng yang dibuat dengan tanah asli, misalnya apabila tanah dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran air untuk keperluan irigasi. 3) Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan, sebagai tanggul untuk jalan atau bendungan tanah.

Pada ketiga jenis lereng ini kemungkinan untuk terjadi longsor selalu ada, karena dalam setiap kasus tanah yang tidak rata akan menyebabkan komponen gravitasi dari berat material memiliki kecenderungan untuk menggerakkan massa tanah dari elevasi lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah.

Lereng alami yang telah berada dalam kondisi yang stabil selama puluhan atau bahkan ratusan tahun dapat tiba-tiba runtuh sebagai akibat dari adanya perubahan kondisi lingkungan, antara lain seperti perubahan bentuk topografi, kondisi air tanah, adanya gempa bumi maupun pelapukan. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggiannya, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak kearah bawah.

Untuk timbunan dari material yang takberkohesi, seperti kerikil, pasir atau lanau, parameter yang mempengaruhi kestabilan timbunan yaitu: sudut gesek, berat satuan tanah, tekanan air pori dan sudut kemiringan lereng. Longsor yang terjadi pada timbunan tipe ini biasanya merupakan gelinciran translasional atau gelinciran rotasional yang dangkal.

Tekanan air pori yang diakibatkan oleh rembesan akan mengurangi kestabilan timbunan.

Disamping gaya yang mendorong ke bawah terdapat pula gaya-gaya dalam tanah yang bekerja menahan/melawan sehingga kedudukan tanah tersebut tetap stabil. Gaya-gaya pendorong berupa gaya berat, gaya tiris/muatan dan gaya-gaya inilah yang menyebabkan kelongsoran. Gaya-gaya penahan berupa gaya gesekan/geseran, lekatan (dari kohesi) dan kekuatan geser tanah. Jika gaya-gaya pendorong lebih besar dari gaya-gaya penahan, maka tanah akan mulai runtuh dan akhirnya terjadi keruntuhan tanah sepanjang bidang yang menerus dan massa tanah diatas bidang yang menerus ini akan longsor. Peristiwa ini disebut sebagai keruntuhan lereng dan bidang yang menerus ini disebut bidang gelincir. Parameter-parameter yang mempengaruhi kondisi kestabilan lereng antara lain yaitu: 1) Geometri lereng. 2) Kekuatan geser material. 3) Berat satuan materil. 4) Tekanan air pori.

Thornbury, 1958, tanah longsor merupakan gerakan massa dari rombakan batuan yang tipe gerakannya meluncur/ menggeser (sliding), atau berputar yang disebabkan oleh gaya gravitasi. Faktor-faktor penyebab tanah longsor adalah perubahan gradien lereng, kelebihan beban, getaran atau guncangan, perubahan kandungan air, pengaruh air tanah, pelapukan dan pengaruh vegetasi.

Menurut Arsyad (1989 vide Sutikno dkk, 2002) tiga faktor penyebab longsor, adalah: 1) keadaan lereng yang curam sehingga tanah akan meluncur ke bawah. 2) lapisan dibawah yang agak kedap air dan relatif lunak sebagai bidang peluncur, dan 3) terdapatnya air cukup banyak di dalam tanah sehingga lapisan tanah tepat diatas lapisan yang kedap air tadi jenuh.

Berdasarkan hal tersebut, Terzaghi (1993) membagi penyebab-penyebab terjadinya longsor menjadi dua kelompok yaitu 1) penyebab-penyebab eksternal yang menyebabkan naiknya gaya geser yang bekerja sepanjang bidang runtuh, antara lain yaitu: perubahan geometri lereng; penggalian

pada kaki lereng; pembebanan pada puncak atau permukaan lereng bagian atas; gaya vibrasi yang ditimbulkan oleh gempa bumi atau ledakan; penurunan muka air tanah secara mendadak, dan 2) penyebab-penyebab internal yang menyebabkan turunnya kekuatan geser material, antara lain yaitu: pelapukan; keruntuhan *progressive*; hilangnya sementasi material; berubahnya struktur material.

Satuan batuan di daerah Kecamatan Kalibawang, Kulon Progo dan sekitarnya didominasi oleh batuan breksi piroklastik dengan fragmen andesit yang umumnya berumur Tersier serta batuan hasil aktifitas magma baik berupa batuan intrusi maupun leleran lava. Batuan penyusun Formasi Andesit Tua atau Formasi Jampang terdiri dari breksi andesit dengan matrik tuf pasiran, dengan fragmen andesit piroksen maupun andesit horblende yang diperkirakan berumur Eosen tengah - Oligosene. Perbukitan ini merupakan suatu bentuk kubah batuan gunung berapi purba, yang telah terpotong-potong oleh sesar maupun kekar. Struktur kekar di daerah penelitian sangat mendukung intensipnya proses pelapukan breksi andesit terutama di bukit-bukit, sehingga di jumpai tanah yang tebal, bongkah-bongkah breksi maupun fragmen andesit yang lepas (Bemmelen, 1949).

Penelitian ini bertujuan selain dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan mengenai materi penelitian khususnya mengenai longsor, juga bertujuan untuk mengetahui suatu lereng yang secara morfologi cukup curam apakah mempunyai apakah rawan longsor ataukah cukup aman bagi masyarakat setempat. Karena selain dari kelerengan tingkat kerawanan longsor juga sangat ditentukan oleh sifat sifit dan mekanik material pembentuknya. Diharapkan penelitian ini bisa memberi manfaat kepada masyarakat terutama yang bertempat tinggal pada daerah-daerah dengan kelerengan besar untuk melakukan antisipasi atau pencegahan terhadap bahaya longsor agar sehingga meminimalisir korban ataupun kerugian akibat longsor.

Penelitian ini dapat diperoleh manfaat antara lain berupa manfaat teoritis, diharapkan penelitian ini dapat digunakan untuk perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya menganalisis kestabilan lereng berdasarkan data lapangan dengan menggunakan parameter yang terukur berdasarkan konsep geomekanik

Manfaat praktis, adalah sebagai tambahan informasi untuk praktisi maupun akademisi dalam mempelajari kestabilan lereng. Ada banyak studi pendekatan untuk analisis daerah rawan longsor, namun untuk satu daerah tentunya tidak mempunyai kemungkinan yang sama persis, sangat tergantung pada tingkat kelerengan serta propertis dari material penyusun lereng.

Tujuan evaluasi tingkat kerawanan bencana tanah longsor di daerah Kec Kalibawang, Kulon Progo adalah untuk dapat diantisipasi dan di upayakan pengurangan pemicu utama yang menyebabkan tingkat kerawanan tinggi dan dibandingkan daerah sekitarnya terutama pada daerah-daerah yang mempunyai kondisi alam sama. Salah satu parameter penyebab terjadinya tanah longsor dan kriteria tingkat kerawanan dari sangat rawan sampai sedang adalah adanya struktur sesar dan kekar.

Pemecahan masalah bencana tanah longsor adalah mencari penyebab terjadinya daerah menjadi daerah sangat rawan atau rawan longsor dan mengetahui secara dini untuk terjadinya suatu daerah menjadi longsor. Dengan mengetahui skor pembobotan dan analisis struktur geologi yang telah longsor ini adalah untuk menghindari bencana tanah longsor yang mungkin terjadi di daerah lain dan dapat digunakan sebagai acuan daerah yang mempunyai kondisi alam yang sama.

Tahap penelitian meliputi: 1) Studi pustaka, intepretasi citra dan penelitian geologi struktur lapangan, pengukuran data struktur & topografi, pengambilan contoh batuan dan tanah. 2) Analisa laboratoium: analisis kelerengan, struktur geologi, hidrogeologi, analisis sifat-sifat intrinsik tanah dan batuan berpengaruh

pada terjadinya tanah longsor. 3) Evaluasi hasil dan rekomendasi.

Metoda yang digunakan dalam analisis longsor pada penelitian ini adalah metode irisan. Metode telah digunakan untuk analisis kestabilan dari suatu lereng dan cukup diakui terbukti kehandalannya. Kekuatan geser material yang tersedia untuk menahan material sehingga lereng tidak longsor dinyatakan dalam kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb sebagaimana persamaan (1).

$$s = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \quad (1)$$

Karakteristik lainnya yaitu geometri dari bidang gelinciran harus ditentukan atau diasumsikan terlebih dahulu. Untuk menyederhanakan perhitungan, bidang runtuh biasanya dianggap berbentuk sebuah busur lingkaran, gabungan busur lingkaran dengan garis lurus, atau gabungan dari beberapa segmen garis lurus. Setelah geometri dari bidang runtuh ditentukan kemudian selanjutnya massa di atas bidang runtuh dibagi ke dalam sejumlah irisan tertentu. Tujuan dari pembagian tersebut adalah untuk mempertimbangkan terdapatnya variasi kekuatan geser dan tekanan air pori sepanjang bidang runtuh.

Dalam analisis kestabilan lereng metode irisan banyak variasi yang digunakan oleh beberapa ahli. Variasi dalam metode irisan didasarkan pada asumsi-asumsi yang dipergunakan dalam perhitungan. Dalam tulisan ini digunakan metode irisan dengan pendekatan Bishop yang disederhanakan. Metode ini merupakan metode yang paling populer digunakan dalam analisis kestabilan lereng. Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu besarnya gaya geser antar-irisan sama dengan nol ($X=0$) dan bidang runtuh berbentuk sebuah busur lingkaran. Kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi oleh metode ini adalah kesetimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan dan kesetimbangan momen pada pusat lingkaran runtuh untuk semua irisan.

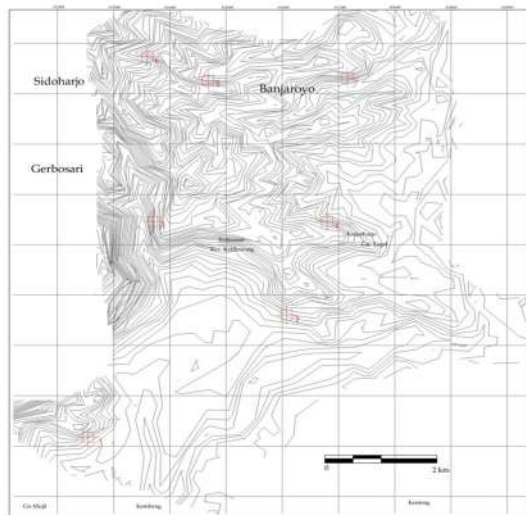
PEMBAHASAN

Secara astronomis wilayah administratif daerah di desa sepanjang jalur jalan Nanggulan-Kalibawang pada

garis lintang dan bujur daerah desa sepanjang jalur jalan Nanggulan-Kalibawang terletak antara 7°37'0" LS - 7°45'12" LS dan 110°11'02" BT - 110°16'28" BT.

Berdasarkan analisis peta topografi tersebut dapat diketahui daerah mana yang mempunyai tingkat kerawanan longsor yang tinggi. Kemudian dilakukan survey tinjau ke lapangan untuk melihat secara visual lokasi-lokasi yang diperkirakan mempunyai tingkat kerawanan longsor yang tinggi.

Dari hasil analisis peta topografi serta tinjauan lapangan ditentukan lokasi-lokasi terpilih untuk dilakukan pengukuran serta analisis lanjutan. Lokasi terpilih tersebut adalah seperti pada tabel di bawah ini. Setelah lokasi-lokasi terpilih ditentukan dilakukan kegiatan lanjutan berupa pengukuran detail kelerengan untuk menentukan sudut lereng dan tinggi lereng dimaksud. Dengan menggunakan alat ukur theodolith didapatkan morfologi dua dimensi yang akurat yang nantinya akan digunakan dalam analisis kemantapan suatu lereng. Gambar 1 menampilkan peta lokasi Kecamatan Kalibawang beserta lereng terpilih.



Gambar 1. Peta lokasi Kecamatan Kalibawang beserta lereng terpilih

Analisis longsor dilakukan pada lereng-lereng yang dianggap mempunyai resiko tinggi terjadinya longsor. Pengukuran kelerengan merupakan

salah satu hal penting yang harus dilakukan dalam analisis lereng. Ini disebabkan karena salah satu faktor internal penyebab terjadinya kelongsoran adalah beban dari lereng itu sendiri. Pengukuran dilakukan menggunakan theodolit. Hasil pengukuran lereng disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Koordinat dan geometri lereng terpilih

Lokasi Lereng	Easting	Northing	Tinggi lereng (meter)	Jarak horisontal (meter)
1	412542	9146180	110.0	280.0
2	416073	9148603	60.0	280.0
3	413704	9150464	100.0	441.0
4	416795	9150462	70.0	314.0
5	414679	9153272	60.0	201.0
6	413594	9153735	70.0	280.0
7	417156	9153317	70.0	162.1

Parameter pertama yang digunakan adalah dengan melihat secara sekilas kemiringan lereng mana yang cukup terjal, tinggi dari lereng serta material yang menyusunnya. Untuk material penyusun sangat penting diperhatikan adalah tingkat pelapukannya. Daerah penelitian terutama disusun oleh batuan beku baik berupa batuan beku masif maupun breksi dengan fragmen batuan beku. Untuk mempermudah pengamatan maka langkah pertama dalam penelitian ini dengan melakukan analisa topografi dari daerah yang akan diteliti untuk melihat kelerengan mana yang berpotensi untuk longsor.

Untuk tiap-tiap lokasi, tingkat kerawanan longsor tidak bisa disama ratakan. Hal ini karena untuk setiap lereng mempunyai faktor keamanan yang berbeda-beda. Faktor yang sangat berpengaruh adalah tinggi suatu lereng dan kemiringan lereng. Sedangkan untuk faktor lain seperti sudut geser dalam, apabila materialnya sama tentunya mempunyai sudut geser dalam yang relatif sama, demikian juga untuk kohesi dari material. Yang membedakan apakah material tersebut masih berbentuk batuan atukah sudah berupa material soil yang lepas-lepas.

Salah satu faktor yang mempunyai peran cukup penting dalam analisis

kestabilan lereng adalah ketebalan soil yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan. Pengamatan soil tanah secara detil untuk masing-masing lokasi dilakukan terutama untuk mengetahui ketebalan dari tanah yang terbentuk diatas batuan segarnya. Untuk mengetahui sifat-sifat fisik mekanik dari tanah dan batuan dilakukan pengambilan sample di lapangan untuk di analisis di laboratorium, berupa uji kuat geser langsung (direct shear) untuk material tanah dan uji kuat tekan uniaxial untuk sample batuan kompak.

Analisis laboratorium yang dilakukan terhadap soil hasil pelapukan pada masing-masing lokasi meliputi beberapa parameter berupa kohesi, berat isi, sudut geser dalam serta rasio tegangan pori yang hasilnya tertera pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Nilai sifat intrinsik material tanah penyusun lereng

Lokasi lereng	material	berat isi (KN/m ³)	c (Mpa)	Ø (..°)	tegangan pori
1	soil	13.75	2.08	22	0.51
2	soil	13.67	2.12	21	0.52
3	soil	13.57	2.09	22	0.50
4	soil	13.85	2.10	21	0.51
5	soil	13.66	2.12	23	0.52
6	soil	13.74	2.09	22	0.50
7	soil	13.85	2.10	22	0.51

Sedangkan analisis terhadap sifat fisik mekanik dari batuan penyusun lereng yang berupa batuan andesit tertera di bawah ini.

Tabel 3. Nilai sifat intrinsik material batuan penyusun lereng

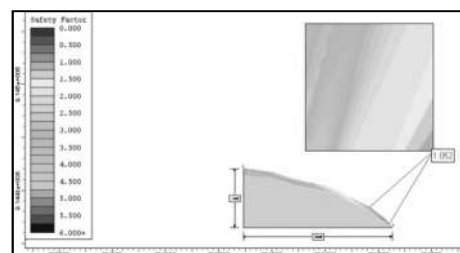
Lokasi lereng	material	berat isi (KN/m ³)	c (Mpa)	Ø (..°)
1	batuan	24.6	9.81	40.5
2	batuan	23.8	9.75	40.4
3	batuan	24.7	9.80	40.7
4	batuan	24.3	9.82	39.8
5	batuan	24.5	9.76	40.5
6	batuan	23.9	9.86	40.1
7	batuan	24.1	9.78	40.3

Berdasarkan data yang telah didapat baik data lapangan maupun data dari hasil pengujian laboratorium dilakukan

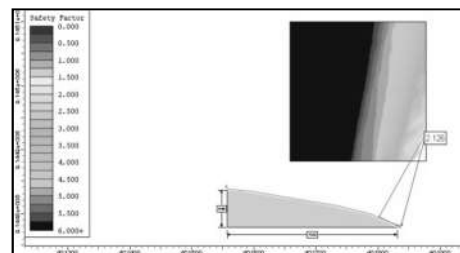
analisis untuk kestabilan lereng yang terpilih. Metode analisis kestabilan lereng yang digunakan adalah metode irisan dengan pendekatan Bishop yang disederhanakan. Metode ini digunakan dalam analisis kestabilan lereng dikarenakan perhitungannya yang sederhana, cepat dan memberikan hasil perhitungan faktor keamanan yang cukup teliti. Hasil dari analisis dapat dirangkum dalam Tabel 4 dan Gambar 2 hingga Gambar 8.

Tabel 4. Hasil analisis kestabilan lereng

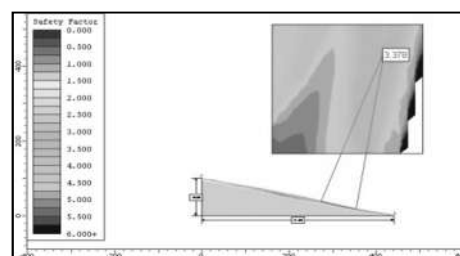
Lokasi lereng	Faktor Keamanan
1	1.052
2	2.126
3	3.378
4	1.736
5	1.857
6	2.600
7	1.778



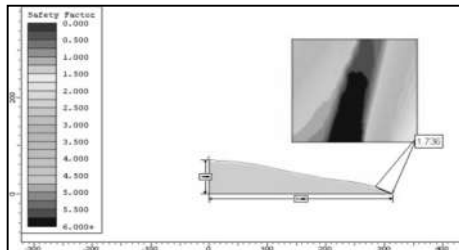
Gambar 2. Hasil analisis pada lokasi 1



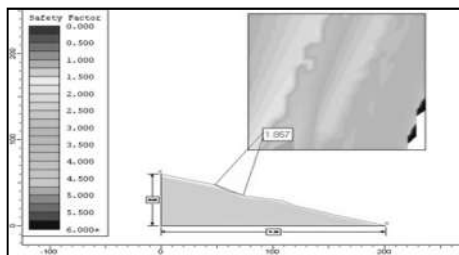
Gambar 3. Hasil analisis pada lokasi 2



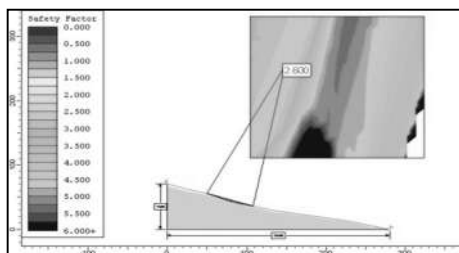
Gambar 4. Hasil analisis pada lokasi 3



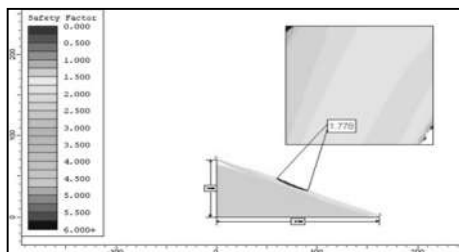
Gambar 5. Hasil analisis pada lokasi 4



Gambar 6. Hasil analisis pada lokasi 5



Gambar 7. Hasil analisis pada lokasi 6



Gambar 8. Hasil analisis pada lokasi 7

KESIMPULAN

Berdasarkan data lapangan dan analisis kestabilan lereng yang dilakukan pada beberapa lokasi lereng terpilih di Kecamatan Kalibawang, Kulon Progo dapat diketahui bahwa secara umum untuk daerah Kalibawang mempunyai tingkat kelerengan yang besar. Tingkat kelerengan ini yang menyebabkan tingkat kerawanan longsor menjadi tinggi disebabkan beban yang disangga lereng juga besar. Namun secara litologi penyusun dari lereng di daerah ini dibagian bawah di dominasi oleh batuan beku yang mengalami pelapukan di

bagian permukaan. Tingkat pelapukan yang ada menyebabkan terbentuknya soil dengan ketebalan 2-3 meter. Soil hasil dari pelapukan ini yang mempunyai kontribusi terhadap terjadinya longsor. Pada lereng yang tingkat pelapukannya tidak tebal, relatif masih aman terhadap bahaya longsor. Namun pada lereng yang tingkat pelapukan tinggi dengan terbentuknya soil yang tebal menyebabkan tingkat kerawanan longsor menjadi tinggi, dibuktikan dengan nilai faktor keamanan yang kecil.

Untuk menganalisis suatu lokasi terhadap kemungkinan terbentuknya longsor tidak bisa dilakukan dalam bentuk kewilayahan, namun lebih akurat dilakukan pada tiap individu lereng. Hal ini disebabkan karena tiap lereng mempunyai karakteristik yang berbeda baik dalam hal tinggi lerengnya, kemiringan lereng serta sifat-sifat material penyusun lereng.

Saran

Untuk mencegah terjadi tanah longsor pada lokasi-lokasi yang mempunyai tingkat kerawanan longsor tinggi dapat dilakukan salah satunya dengan membuat drainage yang bagus agar air limpasan dapat langsung mengalir turun untuk mengurangi air yang masuk ke dalam tanah sehingga membebani lereng itu sendiri. Untuk mengurangi beban lereng diusahakan tidak menanami lereng yang terjal dengan umbi-umbian, karena tanaman ini akan menambah beban dari tanah. Selain itu bisa juga dibuat tanggul-tanggul penahan berupa tumpukan batu di kaki lereng untuk memberi tambahan perkuatan terhadap lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Karnawati, D., 2002, Menyingkap Tabir Longsor Perbukitan Menoreh Serta Arah Mitigasinya, di sampaikan dalam Simposium Nasional Pencegahan Bencana Sedimen, 12-13 Maret 2002, Yogyakarta.
- Marsaid, 2002, Bencana Tanah longsor di Kabupaten Purworejo, Prosiding Simposium Nasional Pencegahan Bencana Sedimen, Makalah kunci (Bupati Purworejo), 12-13 Maret 2002, Yogyakarta.

- Sutikno, Miftahul H., Sarwondo, Triyono, 2002, Sistim Informasi Penanggulangan Bencana Tanah Longsor Kabupaten Kulonprogo, Prosiding Simposium Nasional Pencegahan Bencana Sedimen, Kode makalah L-3 Hal 379. Yogyakarta.
- Terzaghi, K., dan Peck, R.B. 1993. Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa (Terjemahan), Jilid 1, Edisi 2. Erlangga, Jakarta.
- Van Bemmelen, R. W.,1949, The Geology of Indonesia, 2nd , Vol Ia. The Hague Martinus Nijhoff.

TRAINER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Subandi¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: subandi@gmail.com

Masuk: 1 Juni 2017, Revisi masuk: 20 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

Energy consumption in Indonesia has increased, specifically in the industrial and the household sector. Based on EDSM's 2013 report, industrial sector is the largest of energy consumption 33%, the household sector 27% and the transport sector 27%. While the commercial sector for raw materials 10%. Supporting the development of renewable energy, specifically for solar energy conversion into electricity, it takes a learning tool as an observation of this energy use. For the society, to escalate practical knowledge of solar cells and panels trainer is required to test and experiment as a medium of learning in the academic theoretically to explore the potential of renewable energy. With observations and tests performed on the Solar Electricity Trainer as a medium of learning, capable to improve knowledge in theoretically and experimentally. Based on pretest with the participants called praktikan, with an increase of 47.9%. The result of solar cell test show that accuracy percentage average is 98.37% and the efficiency of the solar charger control reaches 84% for charging the battery by solar cell module.

Keywords: Learning Tool, Solar Cell, Solar Charger Control, Trainer.

INTISARI

Konsumsi energi di Indonesia mengalami peningkatan terutama dalam sektor industri dan sektor rumah tangga. Menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), tahun 2013 sektor industri merupakan sektor dengan pangsa konsumsi energi terbesar yaitu sebesar 33%, sektor rumah tangga sebesar 27% dan sektor transportasi sebesar 27%. Sedangkan pada sektor komersial untuk bahan baku sebesar 10%. Mendukung perkembangan energi terbarukan khususnya konversi energi matahari menjadi listrik, dibutuhkan wahana sebagai sarana pengamatan dari penggunaan energi ini. Bagi masyarakat umum, untuk mendapatkan pengetahuan praktis pada aplikasi sel surya dan diperlukan panel trainer untuk uji dan eksperimen sebagai media pembelajaran pada masyarakat akademik dalam mendalami potensi energi terbarukan. Dengan dilakukan pengamatan dan uji pada panel *Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya* sebagai media pembelajaran, mampu meningkatkan pengetahuan secara analisis teori dan praktis. Berdasarkan data angket berupa hasil *pretest* praktikan didapatkan peningkatan sebesar 47.9%. Hasil pengujian sel surya menunjukkan hasil persentasi ketepatan rata-rata sebesar 98.37% dan efisiensi kerja dari *solar charger control* mencapai 84% untuk pengisian baterai oleh modul sel surya.

Kata kunci: Media Pembelajaran, Sel Surya, *Solar Charger Control*, Trainer.

PENDAHULUAN

Konsumsi energi di Indonesia mengalami peningkatan terutama dalam sektor industri dan sektor rumah tangga. Berdasar data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), tahun 2013 sektor industri merupakan sektor dengan pangsa konsumsi energi final terbesar yaitu sebesar 33% diikuti oleh sektor rumah tangga sebesar 27%

dan sektor transportasi sebesar 27%. Sedangkan sektor komersial, sektor lainnya dan penggunaan untuk bahan baku 10% (ESDM, Publikasi, 2014). Begitu juga dengan potensi minyak bumi yang sudah tidak terlalu besar, dimana hanya terdapat 56.6 juta barrel dan diperkirakan akan habis 23 tahun ke depan, atau sekitar tahun 2035 (National Geographic Indonesia, 2014). Selain sisa

cadangan, pembangkitan energi listrik dan transportasi merupakan kontribusi utama emisi gas rumah kaca (GRK), mencapai 1/3 emisi global. Sesuai kesepakatan Protokol Kyoto pada tahun 1997, tiap negara secara sendiri-sendiri atau bersama-sama sepakat mereduksi konsentrasi GRK sebesar 5,2 % di bawah tingkat emisi tahun 1990. Pengurangan emisi GRK dapat dilakukan melalui implementasi teknologi pembangkit yang mengandung karbon rendah (Lubis, 2005).

Ketidakseimbangan antara peningkatan kebutuhan energi dan ketersediaan sumber energi seperti yang telah dipaparkan sebelumnya membutuhkan sebuah solusi. Salah satu yang telah dilakukan banyak negara di dunia adalah mengarahkan kebijakan energi negaranya pada sebuah spektrum baru. Salah satu contohnya adalah penggunaan energi yang signifikan, ramah lingkungan dan keberadaannya belum dimanfaatkan secara maksimal yaitu Pusat Listrik Tenaga Surya (PLTS), mengonversikan energi radiasi cahaya matahari menjadi energi listrik.

Terkait dengan energi surya, sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% (Lubis, 2007).

Industri *photovoltaic* sendiri sebagai produsen solar panel terus berusaha menjadikan pembangkitan listrik tenaga surya ini semakin terjangkau secara ekonomis dan efisien dalam penggunaan. Pemasangan PLTS dapat dilakukan hingga ke daerah yang sangat terpencil sekalipun sebagai solusi dari keterbatasan jangkauan jaringan listrik.

Namun di Indonesia, perkembangan PLTS yang pesat belum sepenuhnya didukung dengan kemampuan

pengetahuan mengoptimalkan energi yang dihasilkan oleh sel surya, khususnya pada instalasi. Pemanfaatan potensi energi surya tersebut, membutuhkan wahana sebagai peralatan media pembelajaran. Menurut Arsyad (2009), media dalam perspektif pendidikan merupakan instrumen yang sangat strategis dalam ikut menentukan keberhasilan proses belajar mengajar, sebab keberadaannya secara langsung dapat memberikan dinamika tersendiri terhadap peserta didik. Media tersebut adalah *Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, yang berfungsi sebagai sistem kecil. Fungsi sistem tersebut adalah membantu pekerjaan instalasi dalam skala kecil, serta analisis kerja pembangkit listrik tenaga surya sebelum diterapkan pada instalasi yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan dengan pengujian langsung pada panel *trainer* dengan pengambilan data sebanyak sepuluh kali setiap *test point* dan melakukan pengujian antarmuka *trainer* sebagai media pembelajaran untuk peningkatan pengalaman belajar dengan responden praktikan pada praktikum elektronika industri serta menggunakan hasil *pretest* sebagai angket. Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan untuk menunjang rancang bangun panel *Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya* dalam bentuk perangkat lunak dan perangkat keras. Alat yang digunakan pada perancangan panel *trainer* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat penelitian

No	Nama Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	Notebook DELL	Presesor i5; operating system Windows 10	Merancang menggunakan perangkat lunak, baik rancangan panel <i>trainer</i> maupun perangkat elektronis
2	Dremel Rotary Tool	220V; 50Hz; 10000-32000rpm	Bor pada panel dan perangkat elektronis
3	Solder	220V; 30W	Memasang komponen elektronis dan melapisi kabel serabut dengan timah

Tabel 1 (Lanjutan)

No	Nama Alat	Spesifikasi	Fungsi
4	Multimeter HIOKI 3200	Digital Multimeter	Kalibrator untuk alat ukur analog yang digunakan pada panel trainer
5	Oscilloscope RIGOL	Digital Oscilloscope	Pengamatan sinyal pada peralatan
6	Adaptor DC	24V; 48W	Menguji kerja purwarupa solar charger control untuk pengisian baterai sebelum memiliki modul sel surya.

Trainer akan dibangun sesuai konsep sebagai media pembelajaran baik dari segi teknis, fungsi, dan kinerja dalam penggunaan, apabila didukung dengan bahan dan komponen-komponen listrik lain. Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan *trainer* seperti tercantum di Tabel 2.

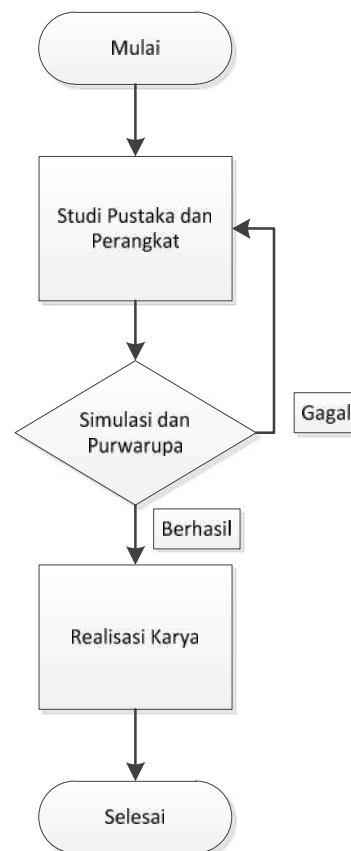
Tabel 2. Bahan penelitian

No	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
1	Modul Sel Surya	1	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
2	<i>Solar Charger Control</i>	1	Kendali pengisian baterai
3	<i>Accu-Battery</i>	1	Media penyimpanan energi listrik
4	Modul Voltmeter	2	Pengukuran tegangan listrik DC
5	Modul Amperemeter	3	Pengukuran arus listrik DC
6	Sekring	1	Pengaman arus lebih
8	<i>Inverter</i>	1	Pengubah tegangan listrik DC menjadi AC
9	Modul Voltmeter	1	Pengukuran tegangan listrik AC
10	Modul Amperemeter	1	Pengukuran arus listrik AC
11	<i>Miniature Circuit Breaker</i>	1	Pemutus sirkit
12	Lampu Neon	1	Beban AC
13	<i>Electronic Ballast</i>	1	Pengendali untuk menyalakan lampu
14	Lampu Pijar	1	Beban AC
15	Stop Kontak	1	input beban AC
16	Saklar Tunggal	4	
20	<i>Banana Plug</i>	10	Konektor penghubung antar modul (<i>male</i>)
		16	
		6	
21	<i>Binding post</i>	11	Konektor penghubung antar modul (<i>female</i>)
		6	
		1	

Tabel 2. (Lanjutan)

No	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
17	Kabel	10	Pengkabelan panel trainer dan penghubung modul pada trainer
		18	
		8	
		5	
		5	
		18	
22	<i>Frame panel</i>		Rangka trainer dan komponen panel
	Aluminium kotak	6	
	Multipleks	1	
	Cetak sticker	1	

Blok diagram jalannya penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Proses penelitian dilakukan beberapa tahap, yaitu melakukan studi pustaka dengan mengumpulkan teori dan data tentang sel surya, *DC-DC converter*, *inverter*, alat ukur, dan baterai sebagai media penyimpan energi listrik pada *Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Tahapan ini dilakukan untuk menentukan spesifikasi panel trainer dan pembuatan purwarupa *solar charger control*.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Simulasi dan purwarupa merupakan proses merancang dan menguji perangkat elektronis dengan evaluasi dari studi pustaka. Langkah ini dilakukan untuk melihat kesalahan pada sistem sebelum realisasi karya, jika masih terdapat kesalahan pada tahapan ini, maka harus kembali pada tahapan sebelumnya, yaitu studi pustaka dan perangkat sebagai koreksi silang dari kesalahan yang ditemukan. Realisasi karya adalah tahapan akhir dari jalannya penelitian yang mencakup pengujian parsial dan pengujian akhir untuk melihat keandalan unjuk kerja.

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam penelitian untuk

menentukan parameter kerja dari sel surya dan solar charger control berturut-turut adalah sebagai berikut (Markvart, 2000),

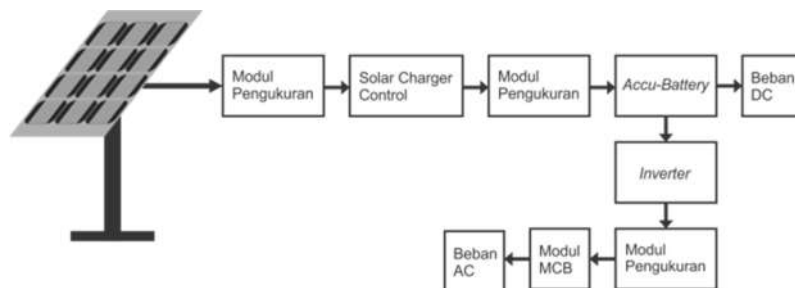
$$\frac{dV_{oc}}{dT_c} = -2.3 \times n_e mV/^{\circ}C \quad (1)$$

$$I_{sc}(G) = I_{sc}(at 1kW/m^2) \times \frac{G}{1000} \quad (2)$$

$$I_L(G) = I_{sc}(at 1kW/m^2) \times \frac{G}{1000} \times \left(1 - \frac{V}{V_{oc}}\right) \quad (3)$$

Menghitung duty cycle pada kerja solar charger control (McVeigh, 1983)

$$D = \frac{V_{oc} - V_{set}}{V_{oc} - V_{min}} \quad (4)$$



Gambar 2. Diagram blok perancangan sistem Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengukuran untuk melihat karakteristik kerja dari peralatan pada Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Dengan pengujian ini, diharapkan mendapatkan data unjuk kerja yang optimal. Blok diagram pada Gambar 2, digunakan untuk proses untuk pengujian dan pembahasan pada panel Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

Analisa pengujian modul sel surya

Energi konversi radiasi matahari menjadi listrik dapat dihitung dengan menggunakan parameter modul sel surya. Modul sel surya terdiri atas 34 sel yang dihubungkan seri, diasumsikan kondisi kerja saat pengamatan adalah $G = 700W/m^2$; $T_a = 34^{\circ}C$ dan suhu Ambient $29^{\circ}C$ dengan spesifikasi pabrik modul sel surya pada Test Condition $I_{sc} = 3A$; $V_{oc} = 22.2V$; $P_{max} = 50W$; $NOCT = 43^{\circ}C$

Arus hubung singkat $I_{sc} = 3 \times 0.7 = 2.1 A$

$$T_c = 34 + 0.7 \times (43 - 20)/0.8 = 54.12^{\circ}C$$

$$V_{oc}(T_c) = 22.2 - 20 \times 0.23 \times 34 \times (54.12 - 29) = 20.2 V$$

Daya maksimum,

$$P_{max}(G, T_c) = 2.1 \times 20.4 \times 0.75 = 32.13 W$$

Hasil perhitungan tegangan di atas digunakan sebagai data pembandingan hasil pengukuran dan perhitungan. Selisih data antara pengamatan dan perhitungan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Selisih data antara pengukuran dan perhitungan

Tegangan Pengukuran (V)	Tegangan Perhitungan (V)	ΔV_{oc} (V)
20.4	20.2	0.2

Analisa pengujian solar charger control

Menghitung besar duty cycle kerja solar charger control sebagai berikut,

$$\frac{13.3}{19} \times 100\% = 70\%$$

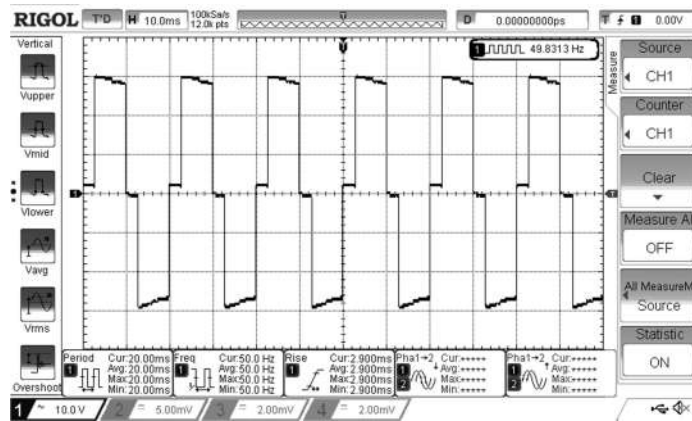
Tabel 4 menampilkan perubahan tegangan berdasarkan perubahan *duty cycle*. Efisiensi tertinggi dicapai dimulai pada *duty cycle* 80%. Saat pengambilan data, intensitas radiasi matahari sangat fluktuatif (berubah-ubah) dan karakteristik tegangan sangat tergantung pada beban. Jika nilai *duty cycle* semakin besar, maka nilai tegangan turun mengikuti nilai beban dan jika intensitas paparan radiasi untuk modul sel surya dalam kondisi maksimum, arus pengisian baterai juga akan meningkat.

Analisa pengujian inverter

Modul inverter adalah perangkat pengubah tegangan DC menjadi AC dengan prinsip kerja membalik (*invert*) sinyal *input squarewave* menjadi *sinewave* 220 VAC; 50 Hz. Contoh gelombang *output* yang dihasilkan *inverter modified sinewave* seperti pada Gambar 3. Pengujian dilakukan dengan mengamati *input inverter* yaitu catu daya dari baterai dan *output inverter* berupa tegangan dan arus listrik. Proses *inverting* tegangan DC menjadi AC pada rangkaian modul *inverter* akan terdapat *losses* yang dapat dihitung dengan data pengukuran pada Tabel 5.

Tabel 4. Efisiensi kerja *solar charger control*

No	Duty Cycle (%)	Solar Panel Output			Accu-Baterai			Efisiensi ($\frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$)
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	
1	20	20	0	0	12.5	0	0	-
2	30	19.7	0	0	12.4	0	0	-
3	40	19.5	0.1	1.95	12.4	0	0	0%
4	50	19	0.2	3.8	12.4	0.1	1.24	32%
5	60	19	0.2	3.8	12.7	0.1	1.27	33%
6	70	19	0.9	17.1	13.3	1.0	13.3	77%
7	80	13.8	1.1	15.18	12.7	1.0	12.7	83%
8	90	15.2	2.6	39.52	13.8	2.4	33.12	84%



Gambar 3. Gelombang *output inverter* jenis *modified sine wave*

Tabel 5. Pengujian kerja modul *inverter*

No	Beban	Accu-Battery			Inverter		
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	-	12.29	0.8	9.832	223	0	0
2	Lampu Neon 10 W	12.09	2	24.18	227	0.045	10.215
3	Lamp Pijar 5 W	12.16	1.45	17.632	226	0.05	11.3
4	Lamp Pijar 5 W dan Lampu Neon 10 W	12.01	2.8	33.628	235	0.1	23.5

Hasil pengamatan pengukuran tegangan dan arus dari *input* tegangan DC oleh *Accu-Battery* dan tegangan *output inverter* berupa arus bolak-balik. *Inverter* membutuhkan daya pada baterai sesuai dengan besar beban yang dicatu oleh *inverter* dan ditambahkan dengan besar *losses*. Oleh karena itu dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$\Delta P = P_{input} - P_{output} \quad (5)$$

dimana,

ΔP = selisih nilai daya *input* dan *output*

P_i = daya *input*

P_o = daya *output*

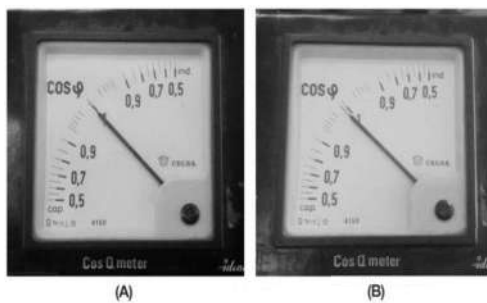
Nilai persentase *losses* adalah,

$$\text{persentase } \Delta P \text{ losses} = \frac{\Delta P}{P_i} \cdot 100\% \quad (6)$$

menggunakan persamaan (6) dan ditampilkan berturut-turut pada Tabel 6.

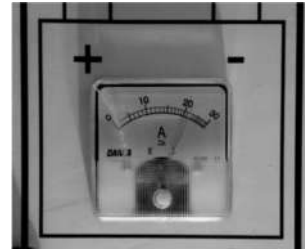
Tabel 6. Perhitungan selisih daya baterai dan *losses*

No	Beban	P_i (W)	P_o (W)	ΔP (W)	persentase ΔP losses
1	Lampu Neon 10W	17.6	11.3	6.332	35.9%
2	Lampu Pijar 5W	24.2	10.2	13.9	57.7%
3	Lampu Pijar 5W & Lampu Neon 10W	33.6	23.5	9.988	29.8%
4	Lampu Pijar 5W, Lampu Neon 10W & angkaian Lampu Pijar	242	208.95	33.05	13.65%



Gambar 4. Pengukuran faktor daya ($\cos \phi$) pada *output inverter*. (A) Nilai $\cos \phi$ sebelum dihubungkan beban; (B) Nilai $\cos \phi$ saat dihubungkan beban

Berdasar hasil pengamatan, maka ditentukan daya maksimum output *inverter* dibatasi pada nilai 208.95 W. Ini diterapkan berdasarkan spesifikasi kapasitas modul *Accu-Battery* sebesar 65 Ah dan alat ukur untuk mengamati arus yang diberikan baterai untuk catu *inverter* maksimum adalah 30 A.



Gambar 5. Pengukuran arus saat mencatu *inverter* dengan daya output 208.95 W

Analisa pengujian trainer sebagai media pembelajaran

Panel *trainer* sebagai media pembelajaran harus mampu menjadi wahana untuk meningkatkan pemahaman khususnya dalam hal ini adalah pembangkit listrik tenaga surya dengan sistem *stand-alone*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *pretest* pada praktikum elektronika industri yang telah dilaksanakan sebagai angket untuk respon dari praktikan terhadap trainer sebagai media pembelajaran. Analisis hasil data angket (lembar *pretest* dari praktikan) dilakukan secara deskriptif kuantitatif yaitu dengan menggunakan persentase gambaran dan paparan terhadap media trainer yang dikembangkan (Sofyan, 2009). Untuk keperluan menghitung persentase respon praktikan terhadap trainer adalah sebagai berikut:

respon praktika sebagai berikut:
sebagai berikut:
Persentase = $\frac{\text{Jumlah Nilai Hasil Pretest}}{\text{Jumlah Nilai Ideal}} \times 100\%$

Keterangan:

Jumlah nilai ideal = nilai tertinggi \times jumlah item \times jumlah responden

Tabel 7. Jumlah nilai praktikan

No	Nilai	Jumlah Nilai Mahasiswa		Jumlah item Praktikum
		Pretest Pertama	Pretest Kedua	
1	0	359	60	1
2	31	522	174	
3	60	85	1743	
Jumlah		966	1977	

Hasil pengamatan untuk tabel terdapat pada lampiran. Pada hasil pengamatan, masih terdapat mahasiswa dengan nilai tidak sempurna. Pengaruh lain saat dilakukan kegiatan adalah jumlah praktikan yang melakukan uji pada panel trainer tidak dalam kelompok kecil, sehingga konsentrasi saat melakukan uji tidak maksimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. Pertama, berdasarkan pengambilan data, efisiensi kerja yang dicapai pada unjuk kerja panel trainer mencapai 84% untuk pengisian baterai oleh modul sel surya. Kedua, dari hasil pretest sebagai angket respon praktikan terhadap panel *Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya* terdapat peningkatan sebesar 47.9%, ini mengisyaratkan trainer sebagai media pembelajaran mampu meningkatkan kemampuan praktikan. Ketiga, rancang dan bangun trainer sistem pembangkit listrik tenaga surya dengan susunan modular yang secara teknis layak digunakan sebagai wahana pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, A., 2009, *Media Pembelajaran*, Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Lubis, A., 2007, Energi Terbarukan dalam Pembangunan Berkelanjutan, *Jurnal Teknik Lingkungan*, 155-162.
- Lubis, E., 2005, Kontribusi Pembangkitan Energi Listrik Terhadap Efek Rumah Kaca, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolahan Limbah VI*, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN.
- Markvart, T., 2000, *Solar Electricity*. England, John Wiley & Sons.
- McVeigh, J., 1983, *Sun Power: An Introduction to the Applications of*

Solar Energy. Michigan, Pergamon Press.

Sofyan, M., 2009, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

BIODATA PENULIS

Subandi, S.T., M.T., lahir di Kudus tanggal 27 Oktober 1958, menyelesaikan pendidikan S1 tahun 1995 di Jurusan Teknik Elektro IST AKPRIND Yogyakarta dan S2 tahun 2006 di Jurusan Teknik Elektro UGM. Saat ini bertugas sebagai Dosen Tetap Jurusan Teknik Elektro IST AKPRIND Yogyakarta. Email: subandi@gmail.com.

SISTEM TELEMETRI TINGKAT KONSENTRASI GAS CO₂ SEBAGAI PENANGANAN DAMPAK GLOBAL WARMING BERBASIS MIKROKONROLER DENGAN INFORMASI SMS GATEWAY

Hadi Prasetyo Suseno¹, Muhammad Andang Novianta², Catur Iswahyudi³

¹Jurusan Teknik Lingkungan, ²Jurusan Teknik Elektro, ³Jurusan Teknik Informatika
Institut Sains AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹hp_suseno@akprind.ac.id

Masuk: 01 Juli 2017, Revisi masuk: 12 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

The average temperature of global warming on the earth's surface today has increased by $0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$, the increase was due to the increase in the average temperature of the atmosphere, ocean and land earth. Emissions of the most influential on the quality of the air is carbon emissions, especially carbon dioxide (CO₂). The CO₂ contributes to global warming is 50%. The CO₂ gases absorb and reflect radiation emitted waves of the earth, so that the heat will be stored on the surface of the earth. This study aimed to design a data logger system monitoring the level of concentration of CO₂ using the oxygen sensor (OOM202), carbon dioxide sensor (MG81), as well as temperature and humidity sensors (DHT22) with microcontroller-based SMS gateway information. The study tested are simulated in the laboratory with electronic testing and testing communication systems. The test results showed good performance with the prototype, the results of monitoring CO₂ emissions seen huge levels of carbon dioxide (ppm) is proportional to the output voltage (V_{out}) is generated. The greater the concentration levels of gas detected by the sensor, the output voltage generated will be greater, than that difference or distinction ADC output between the measured and calculated because of several errors, such as error output ADC ± 2 bits, error rounding conversion of ADC to volt. The measurement results are different, in the closed and open area refers to the measurement parameters are displayed on an alphanumeric display. Measuring system can transmit data via SMS information system with an average response time of less than 1 minute, it depends on the quality of the signal and traffic data from a provider by the user.

Keywords: Data Logger, CO₂ Concentration, Microcontroller, SMS Gateway.

INTISARI

Suhu rata-rata pemanasan global pada permukaan bumi saat ini telah meningkat $0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$, peningkatan ini karena adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Emisi yang paling berpengaruh pada kualitas udara adalah emisi karbon, terutama emisi karbondioksida (CO₂). Gas CO₂ memberikan kontribusi terbesar dalam pemanasan global yaitu 50%. Gas CO₂ ini menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan bumi, sehingga panas tersebut akan tersimpan pada permukaan bumi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem data logger pemantauan tingkat konsentrasi gas CO₂ menggunakan sensor oksigen (OOM202), sensor karbondioksida (MG81), serta sensor suhu dan kelembaban (DHT22) berbasis mikrokontroler dengan informasi SMS gateway. Penelitian diujicobakan secara simulasi di laboratorium dengan pengujian secara elektronik dan pengujian sistem komunikasi. Hasil pengujian menunjukkan kinerja prototipe dengan baik, hasil pemantauan emisi CO₂ terlihat besar tingkat kandungan gas karbondioksida (ppm) berbanding lurus dengan tegangan keluaran (V_{out}) yang dihasilkan. Semakin besar konsentrasi kadar gas yang terdeteksi oleh sensor maka tegangan keluaran yang dihasilkan akan semakin besar pula, selain itu selisih atau perbedaan keluaran ADC antara yang terukur dan yang dihitung disebabkan karena beberapa error, antara lain error output ADC ± 2 bit, error pembulatan konversi dari ADC ke volt. Hasil pengukuran yang berbeda, di area tertutup

dan terbuka mengacu pada parameter pengukuran yang ditampilkan pada tampilan *alphanumeric*. Sistem dapat mengirimkan data ukur melalui sistem informasi SMS dengan waktu respon rata-rata kurang dari 1 menit, hal ini tergantung kualitas sinyal dan *traffic* data dari suatu *provider* oleh pengguna.

Kata kunci: *Data Logger, Konsentrasi CO₂, Mikrokontroler, SMS Gateway.*

PENDAHULUAN

Pemanasan global adalah adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi (Hairiah, 2007). Suhu rata-rata global pada permukaan bumi telah meningkat $0.74 \pm 0.18^\circ\text{C}$ selama seratus tahun terakhir. Penelitian yang telah dilakukan beberapa dekade terakhir ini menunjukkan bahwa ternyata makin panasnya planet bumi terkait langsung dengan gas-gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktifitas manusia. Khusus untuk mengawasi sebab dan dampak yang dihasilkan oleh pemanasan global, Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) membentuk kelompok peneliti yang disebut dengan *International Panel on Climate Change* (IPCC), kelompok ini menyimpulkan bahwa sebagian besar peningkatan temperatur rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktifitas manusia (Muhi, 2011).

Emisi yang paling berpengaruh pada kualitas udara adalah emisi karbon, terutama emisi karbondioksida (CO₂). Perubahan iklim yang dalam beberapa tahun terakhir terjadi, merupakan dampak dari pemanasan global yang disebabkan oleh meningkatnya gas rumah kaca di atmosfer. Gas CO₂ memberikan kontribusi terbesar dalam pemanasan global yaitu 50% (Hidayati, 2001). Kandungan Gas karbondioksida yang mempunyai kala hidup 50-200 tahun di atmosfer, pada saat ini telah mencapai 360-an ppm, dan sebelum revolusi industri pada tahun 1880 konsentrasinya sebesar 280 ppm.

Sejauh ini, berbagai upaya telah mulai dilakukan oleh manusia untuk mengurangi dampak pemanasan global, seperti program penanaman kembali (reboisasi) dan pelestarian hutan (*agroforestry*), penghematan energi, penggunaan energi baru dan terbarukan,

dan pemanfaatan berbagai teknologi *carbon capture and storage* (CCS).

Pemantauan jarak jauh (telemetry) akan berkembang cukup pesat serta bervariasi untuk segala aspek kehidupan dalam waktu dekat (Bruninga, 2006). Hal ini didukung dengan semakin banyaknya jaringan komunikasi wireless seperti jaringan GSM di Indonesia dari berbagai macam provider serta tersebarnya BTS (*Base Transmitter Station*) yang mendukung komunikasi melalui SMS Gateway. Oleh karena itu dibutuhkan alat atau sistem yang dapat memantau absorpsi dari emisi gas CO₂ dan pembentukan gas O₂ pada tanaman bakau mangrove sebagai studi eksperimental untuk penanganan dampak *global warming*, informasi hasil pemantauan dapat ditransmisikan menggunakan layanan SMS menggunakan jaringan GSM.

Penelitian terkait dengan pemantauan gas rumah kaca karbondioksida (CO₂) dan dampak *global warming* sudah ada. Pengkajian tentang proses serapan karbondioksida (CO₂) pada tanaman dengan mendesain sistem pemantauan dan pengendalian konsentrasi gas rumah kaca CO₂ berbasis pada jaringan nirkabel ZigBee. Sistem ini, menggunakan mikroprosesor CC2530 sebagai *core* (inti), unit utama terdiri dari modul data akuisisi, modul kontrol, modul eksekutif, modul power supply dan modul interaktif *friendly* (mudah dioperasikan). Pemantauan secara *real-time* pada konsentrasi gas rumah kaca CO₂ dilengkapi oleh koordinasi tiap modul yang bekerja. Sistem ini menggunakan ZigBee sebagai sistem jaringan nirkabel pada unit pengumpul (*data collector*) (Haihui Zhang, 2012).

Penggunaan metode *Molten Carbonate Fuel Cells* (MCFC) pada gas alam atau pembangkit bahan bakar batu bara yang digunakan untuk menangkap

gas buang turbin bagian anoda dan katoda. Dalam hal ini, bagian katoda *Molten Carbonate Fuel Cells* (MCFC) merupakan masukan gas buang yang berasal dari turbin gas. Kemudian CO₂ dipindahkan dari katoda ke sisi anoda, kadar konsentrasi gas buang CO₂ terdapat di dalam anoda. Sebuah generator uap digunakan untuk memperoleh kembali panas dari aliran konsentrasi CO₂ kemudian dikirim ke kriogenik bagian pemindahan CO₂. Pengaturan ini pada akhirnya memperlihatkan potensi pencapaian rasio absorpsi atau penangkapan karbon yang tinggi, ketika memanfaatkan penerapan sel bahan bakar, meningkatnya keluaran daya dan pada akhirnya mengurangi emisi gas utama rumah kaca (Prashant Gour, 2014).

Penelitian tentang tingkat respirasi oksigen (RRO₂) dengan cara mengukur konsumsi oksigen per jam per kg material tanaman, dan tingkat respirasi ini sangat dipengaruhi oleh interval waktu diskrit dengan jaringan sensor nirkabel (WSN) secara kontinyu pada material tanaman (potongan kuncup brokoli segar) pada suhu 5°C, 10°C dan 20°C, dan pada komposisi gas modifikasi. Penerapan WSN tersebut tidak dapat menentukan tingkat oksigen yang kurang dari 5% dan karbondioksida juga tidak dapat ditentukan. Meskipun WSN memiliki kekurangan dalam kaitannya dengan analisis respirasi, namun WSN menawarkan kemungkinan baru untuk melakukan pengukuran kontinyu RRO₂ pada riset pasca panen, yang dengan demikian memungkinkan penyelidikan atau hipotesa terhadap hubungan yang erat antara temperatur dan RRO₂. Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah bahwa WSN berpotensi dapat digunakan sebagai pemantau RRO₂ pada material tanaman pasca panen, yaitu pada saat penyimpanan dan pengepakan, yang dengan demikian dapat mengarah kepada optimasi produk konsumsi (Løkke M.M., 2011).

Permasalahan utama pada penelitian ini adalah bagaimana mengubah fluktuasi tegangan terhadap transduser konsentrasi gas karbondioksida dan oksigen ke dalam sistem digital dan

mentransfernya menjadi suatu *database* pada komputer yang digunakan untuk mengetahui tingkat konsentrasi gas CO₂ pada suatu daerah bakau mangrove pada umumnya serta bagaimana rancangan sistem pemantauan pengukuran jarak jauh (telemetry) yang mampu menjamin kompatibilitas dan interoperabilitas.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem *data logger* pemantauan tingkat konsentrasi gas CO₂ menggunakan sensor oksigen (OOM202), sensor karbondioksida (MG81), serta sensor suhu dan kelembaban (DHT22) berbasis mikrokontroler dengan informasi SMS gateway. Dengan menerapkan sistem pemantauan emisi gas CO₂ dan pembentukan gas O₂ secara *realtime*, maka diharapkan menjadi sebuah terobosan baru tentang pengendalian dan pemantauan gas rumah kaca yang menjadi kontribusi terbesar dalam pemanasan global dapat diminimalisasikan.

Menurut Muhi (2011) pada dasarnya *global warming* merupakan fenomena peningkatan temperatur global dari tahun ke tahun karena terjadinya efek rumah kaca (*greenhouse effect*) yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas-gas seperti karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitrooksida (N₂O) dan CFC sehingga energi matahari terperangkap dalam atmosfer bumi. Temperatur rata-rata pemanasan global pada permukaan bumi telah meningkat 0,18°C selama 100 tahun terakhir. Gas CO₂ memberikan kontribusi terbesar dalam pemanasan global yaitu 50% (Hidayati, 2001). Kandungan Gas CO₂ (karbondioksida) yang mempunyai kala hidup 50-200 tahun di atmosfer, pada saat ini telah mencapai 360-an ppm, dan sebelum revolusi industri pada tahun 1880 konsentrasi 280 ppm. Karbondioksida, suatu gas yang penting, tetapi keberadaannya yang tidak seimbang akan membuat fenomena alam yang mampu merusak bumi. Mulai dari tenggelamnya beberapa pulau di dunia sampai musnahnya beberapa jenis spesies di bumi (Kusminingrum, 2008). Oleh karena itu kadar konsentrasi

karbondioksida yang sesuai harus dipertahankan dan komposisi karbondioksida dalam udara bersih seharusnya adalah 314 ppm.

Penelitian Kusmana (2010) menjelaskan bahwa tanaman bakau telah secara empiris terbukti dapat tumbuh dan mampu menyerap kadar CO₂ berlebih yang terdapat di udara, bahkan dapat menyokong kehidupannya. Selain itu tanaman bakau juga dapat tumbuh dalam kondisi kadar CO₂ tinggi, bahkan dapat menghasilkan organ reproduktif, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan CO₂ oleh tanaman bakau cukup besar ketika terjadi peningkatan konsentrasi CO₂ di udara, hal ini dilihat dari aspek adanya peningkatan laju fotosintesis, laju efisiensi penggunaan air, dan laju pertumbuhan bakau, yang artinya tanaman bakau memiliki potensi sangat strategis untuk ditanam di seluruh wilayah pantai di Indonesia sehingga dapat menjadi rumah bagi ekosistem hutan bakau yang dapat digunakan dalam usaha absorpsi gas CO₂ di udara dalam upaya mencegah terjadinya *global warming*.

Pada penelitian ini akan digunakan teknik pengukuran mengubah fluktuasi tegangan terhadap transduser konsentrasi gas karbondioksida dan oksigen ke dalam sistem digital. Peralatan sensor-sensor berupa sensor gas CO₂ dan sensor gas O₂ dengan perekaman data menggunakan keping mikrokontroler dalam bentuk penyimpanan data, sehingga apabila terjadi fluktuasi nilai konsentrasi gas CO₂ maka alat akan mencatatnya.

SMS (*Short Message Service*) bukan hal baru pada teknologi *mobile*, tetapi penggunaannya seolah sudah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan masyarakat, dan mungkin SMS termasuk kegiatan rutin yang dilakukan setiap hari. Perkembangan teknologi *mobile* seperti EMS, MMS, *ringtone*, gambar, ataupun *video conference*, cara bertukar informasi dengan SMS yang menggunakan teks sederhana masih tetap menjadi pilihan utama. SMS adalah layanan komunikasi standar dalam sistem komunikasi selular, dengan menggunakan protokol

komunikasi standar yang memungkinkan pertukaran pesan teks singkat antara perangkat telepon selular. Pada awalnya, SMS dirancang pada standar GSM, tapi sekarang sudah diterapkan pada jaringan UMTS. Sebuah pesan SMS maksimal terdiri dari 140 *bytes*, dengan kata lain sebuah pesan bisa memuat 140 karakter 8-bit, 160 karakter 7-bit atau 70 karakter 16-bit untuk bahasa Jepang, bahasa Mandarin dan bahasa Korea yang memakai Hanzi (AksaraKanji/Hanja).

SMS dapat menjadi populer karena memiliki kelebihan, dan kelebihan SMS justru terletak pada kesederhanaannya, sehingga mudah diaplikasikan. Semua ponsel memiliki fitur SMS, tidak peduli apakah ponsel tersebut mendukung 3G dengan fasilitas *touch screen* ataupun ponsel tempo dulu yang hanya memiliki 1 baris layar sederhana seperti kalkulator. SMS juga tetap dapat dikirim walaupun ponsel penerima tidak dalam keadaan aktif dalam limit waktu tertentu, karena SMS memiliki *validity period*. Penyampaian SMS umumnya juga cepat dan tidak mengganggu. Biaya yang relatif murah juga menjadi salah satu alasan mengapa SMS digunakan secara luas.

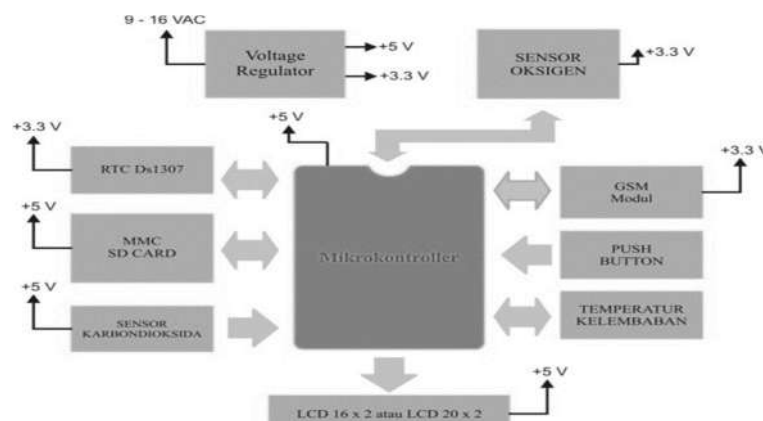
SMS *gateway* dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan, beberapa fitur yang umum dikembangkan dalam aplikasi SMS *gateway* adalah: 1) *Auto-reply*, SMS *gateway* secara otomatis akan membalas SMS yang masuk. Contohnya untuk keperluan permintaan informasi tertentu (misalnya kurs mata uang, jadwal perjalanan), dimana pengirim mengirimkan SMS dengan format tertentu yang dikenali aplikasi, kemudian aplikasi dapat melakukan *auto-reply* dengan membalas SMS tersebut, berisi informasi yang dibutuhkan. 2) Pengiriman massal, disebut juga dengan istilah SMS *broadcast*, bertujuan untuk mengirimkan SMS ke banyak tujuan sekaligus. Misalnya untuk informasi produk terbaru kepada pelanggan. 3) Pengiriman terjadwal, sebuah SMS dapat diatur untuk dikirimkan ke tujuan secara otomatis pada waktu tertentu. Contohnya untuk keperluan mengucapkan selamat ulang tahun.

Untuk membuat sebuah SMS *gateway* perlu mengenal hal-hal yang

berhubungan dengan SMS gateway itu sendiri. Salah satu hal yang memegang peranan penting dalam pengiriman SMS adalah SMSC (*Short Message Service Center*), yang merupakan jaringan telepon selular yang menangani pengiriman SMS. Adapun perancangan sistem telemetri tingkat konsentrasi gas CO₂ memiliki spesifikasi rancangan adalah sebagai berikut: 1) Menggunakan sensor karbondioksida tipe MG811, sensor ini berfungsi mendeteksi adanya gas karbondioksida menggunakan prinsip reaksi elektrokimia yang menghasilkan *electromotive force* di antara elektroda A dan elektroda B, sensor ini mampu melakukan pendeteksian gas karbon dioksida dengan *range* 350 - 10000 ppm. 2) Menggunakan sensor oksigen tipe OOM202, sensor ini pada udara ambient atau 20.9 vol % O₂, adalah sekitar 13-16mV, dengan demikian dapat dikatakan resolusi dari sensor oksigen OOM202 adalah sekitar 0,622mV. 3) Menggunakan penampil LCD 16x2. 4) Menggunakan pengendali berbasis mikrokontroler. 5) Interval penyimpanan data minimal 1 menit dan maksimal 24 jam yang bisa diatur sesuai keinginan, semakin cepat interval waktu yang dipilih

maka semakin cepat pula memori penyimpanan akan terisi penuh dan sebaliknya. 6) Menggunakan piranti RTC (*Real Time Clock*) yang akurat dengan catu daya ganda, sehingga informasi waktu akan selalu terjaga. 7) Mampu berkomunikasi *serial* tak sinkron RS-232 dengan *baudrate* 19200 bps dengan format 8ⁿ⁻¹. 8) Menggunakan metode *powersave*, sehingga akan lebih menghemat daya agar *lifetime* baterai lebih lama. 9) Menggunakan catu daya baterai DC 3 volt jenis AA.

Modem GSM yang digunakan untuk aplikasi SMS pada alat ini adalah modem SIM900A. Dalam rancangan sistem yang akan dilakukan merupakan disain *low cost* yang berorientasi pada disain sederhana tapi memiliki tingkat keakurasian tinggi yang hanya mengukur satu parameter saja yaitu pengukuran mengubah fluktuasi tegangan terhadap transduser konsentrasi gas karbondioksida dan oksigen ke dalam sistem digital kemudian data hasil pengukuran akan disimpan sebagai data logger dan dapat diinformasikan menggunakan sistem SMS Gateway. Adapun kesatuan sistem nampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram alat

PEMBAHASAN

Pengujian catu daya

Peran catu daya sangatlah penting sehingga perlu dilakukan pengukuran agar tidak terjadi tegangan yang berlebihan terhadap sistem. Setelah dilakukan pengukuran tegangan yang terukur masih dalam toleransi baik sehingga masih aman digunakan untuk sistem. Pada Tabel 1

nampak hasil pengukuran tegangan pada masing-masing bagian.

Analisa data kadar gas karbondioksida terhadap keluaran sensor gas

Pengujian sensor MG-811 sebanyak empat kali dengan diberi kadar karbondioksida dalam satuan ppm (*part per million*) yang berbeda-beda yaitu

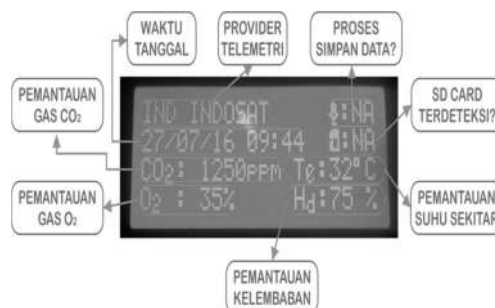
sebesar 400ppm, 1000ppm, 4000ppm, dan 8000ppm. Kemudian hasil pengukuran keluaran ADC tersebut dibandingkan dengan hasil perhitungan, dimana dari kedua hasil data pengukuran yaitu besar kadar karbondioksida (ppm) dan tegangan keluaran sensor (mV) dapat dihitung nilai ADC-nya. Tabel 2 menampilkan hasil pengukuran tegangan pada masing-masing tegangan terhadap nilai ADC.

Analisa data kadar gas oksigen terhadap keluaran sensor gas

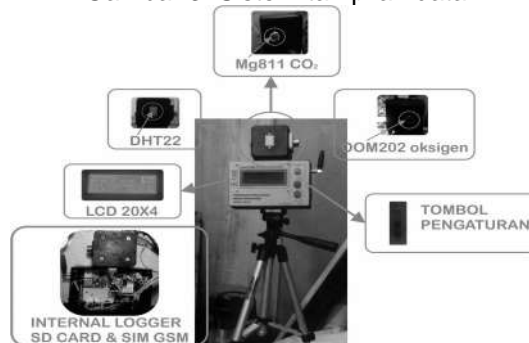
Pengujian sensor OOM202 sebanyak empat kali dengan diberi kadar oksigen dalam satuan persen (*percentage*) diletakkan pada area tertutup dan terbuka. Kemudian hasil pengukuran keluaran ADC tersebut dibandingkan dengan hasil perhitungan, dimana dari kedua hasil data pengukuran yaitu besar kadar oksigen dan tegangan keluaran sensor (mV) dapat dihitung nilai ADC-nya. Sensor ini pada udara ambient atau 20.9 vol % O₂, adalah sekitar 13-16mV, dengan demikian dapat dikatakan resolusi dari sensor oksigen OOM202 adalah sekitar 0,622mV. Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran sensor gas O₂.



Gambar 2. Alat telemetri sebagai realisasi karya



Gambar 3. Sistem tampilan data



Gambar 4. Keseluruhan alat pemantau

Analisa data sensor suhu dan kelembaban

Pengujian sensor DHT22 dilakukan di beberapa tempat yang berbeda dengan tujuan untuk mengetahui tingkat sensitivitas dan tanggapan sensor. Sebelum melakukan pengujian, sensor sudah terhubung dengan mikrokontroler yang akan membaca keluaran sensor yang sudah terkalibrasi dalam derajat Celcius (°C). Tabel 4, merupakan hasil pengujian yang dilakukan pada sensor DHT22. Komunikasi antara sensor DHT22 dengan mikrokontroler adalah 1 *wire* (1 *line data* I/O dan CLK).

Tabel 1. Hasil pengukuran tegangan pada masing-masing bagian

Bagian	Tegangan saat belum terbebani (volt)	Tegangan saat terbebani (volt)
Catu daya mikrokontroler	5	4.8
Catu daya sensor CO ₂	5	4.6
Catu daya sensor O ₂	5	4.7
Catu daya sensor DHT22	4.8	4.6
Catu daya LCD 20x4	5	4.76
Catu daya modul GSM	4.2	4.03
Catu daya sensor modul SD Card	5	4.8

Tabel 2. Hasil pengukuran gas CO₂

No	PPM Uji Coba	V _{out} Terukur (mV)	Nilai PPM Terhitung (resolusi ADC = 2.602 mV)
1	400	305	377.249
2	1000	754	966.640
3	2000	1450	1948.95
4	4000	2605	3913.59

Tabel 3. Hasil pengukuran gas O₂

No	V _{out} Terukur (mV)	Perhitungan nilai oksigen (resolusi ADC = 0.622 mV)
1	16.02	19.08 %
2	16.04	19.20 %
3	16.01	19.02 %
4	15.8	18.80 %

Tabel 4. Hasil uji sensor DHT22 dengan alat ukur

No	Unit Sensor		Alat Ukur	
	Suhu (°C)	Humidity %	Suhu (°C)	Humidity %
1	32.5	65	33.2	67
2	34.8	59	34.2	60
3	36.2	54	35.7	55

Analisa data pada LCD 20x4

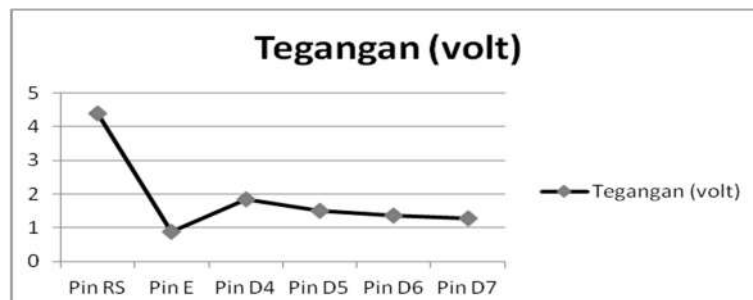
Sebagai penampil kadar kandungan gas maka digunakan LCD 20x4 sebagai penampil karakter angka dan huruf. Pemrograman pada LCD ini menggunakan mode 4-bit, karena dengan mode 4-bit sudah sangat memadai. Jadi bentuk pengukuran yang dilakukan dapat ditampilkan dengan LCD 20x4 dan menampilkan karakter-karakter tersebut. Dalam analisa data pada LCD dilakukan *test point* pada LCD 20x4 ini menggunakan osiloskop untuk melihat besar tegangan yang terdapat pada pin-pin LCD. Dari data pengukuran beberapa pin LCD dengan multimeter dapat dibuat tabel untuk melihat hasil pengukuran besar tegangan dari beberapa pin LCD yang diukur, data-data tersebut nampak pada Tabel 5. Dari Tabel 5 dapat dibuat grafik perbandingan yaitu antara pin LCD dan tegangan (volt) yang terukur, grafik tersebut nampak pada Gambar 5.

Pengujian (*test point*) pada modem GSM

Test point pada modem GSM dengan menggunakan osiloskop dilakukan di dua titik yaitu titik *transmitter* (Tx) dan titik *receiver* (Rx). Dalam melakukan pengujian pada modem ini terdapat kesulitan karena harus mengamati perubahan sinyal di osiloskop saat modem GSM ini bekerja dan itu sangat singkat, jadi pengamatan dilakukan dengan cara me-reset alat terlebih dahulu sehingga tampilan sinyal pada osiloskop dapat diamati. Dari data *test point* di atas yang didapatkan dari hasil pengukuran dengan menggunakan osiloskop dapat dibuat sebuah tabel perbandingan hasil tegangan (volt) dan frekuensi (Hz) antara titik *transmitter* (Tx) dan titik *receiver* (Rx) pada modem GSM seperti nampak pada Tabel 6. Dari Tabel 6 dapat dibuat sebuah grafik perbandingan hasil tegangan (volt) dan frekuensi (Hz) di titik *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx) pada modem GSM nampak pada Gambar 6.

Tabel 5. Hasil *test point* tegangan dan frekuensi pada Pin LCD

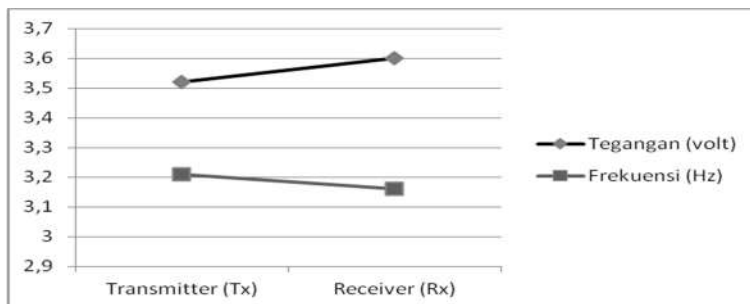
Test Point LCD 20x4	Tegangan (volt)
Pin RS	4.4
Pin E	0.88
Pin D4	1.84
Pin D5	1.52
Pin D6	1.36
Pin D7	1.28



Gambar 5. Grafik perbandingan Pin LCD terhadap tegangan

Tabel 6. Hasil *test point* pada modem GSM

Test Point Modem GSM	Tegangan (volt)	Frekuensi (KHz)
Transmitter (Tx)	3.52	3.21
Receiver (Rx)	3.6	3.16



Gambar 6. Grafik perbandingan Tx dan Rx pada modem GSM

Tabel 7. Pengujian alat pemantau

No	Area	Waktu	Pengukuran			
			Kosentrasi Gas		Tranduser	
			CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	Temperatur (°C)	Humidity (%)
1	Lab. Elka. Kota baru	09:20	463	20.6	32	68
2	Parkir Kampus 2	11:23	605	18.9	35	59
3	Halaman Kampus 1	13:42	505	19.8	34	62
4	Pos Satpam Kampus 3	16:05	525	19.2	36	55
5	Tepi Kali Code	17:21	530	20.1	36	57

Data hasil pengujian

Dari hasil pengujian unit pemantau pada area terbuka (*outdoor*) dan tertutup (*indoor*) dengan waktu yang berbeda dan tempat yang sama nampak pada Tabel 7. Hasil pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui proses kadar gas CO₂, gas O₂, temperatur dan kelembaban secara *realtime*, tepatnya diruang *indoor* dan *outdoor* dengan durasi 24 jam.

Pengujian sistem SMS ke modem GSM

Format SMS yang digunakan untuk dikirimkan ke modem GSM harus sesuai dengan format SMS yang sudah diatur pada perancangan *software* sebelumnya, sangat penting untuk diperhatikan agar alat dapat merespon dan memberi jawaban atas hasil pemantauan. Berikut format SMS pada alat pemantau yang perlu diketahui:

Hasil pengukuran logger

SMS kirim: **Level**

(tulisan besar atau kecil tidak masalah)

SMS balasan jika format SMS

Temp = 34 C

Humd = 63 %

O₂ = 20.1 %

CO₂ = 450 ppm

14:18, 13/8/2016

Cek kualitas sinyal GSM

SMS kirim: **Sinyal**

(huruf besar/kecil tidak masalah)

SMS balasan jika format SMS

n_dbm, RSSI_n

Cek pulsa

SMS kirim: **Pulsa**

(huruf besar/kecil tidak masalah)

SMS balasan jika format SMS berupa pemberitahuan hasil cek pulsa nomor GSM yang ada pada unit pemantau.

Cek kadar gas

SMS kirim: **status**

(huruf besar/kecil tidak masalah)

SMS balasan jika format SMS kirim benar

ID LOGGER: 1234

Interval simpan: 2_m

Simpan data: on/off

Nomor GSM: 085XXXXX

Pengujian respon SMS ke modem GSM

Pengujian ini bertujuan untuk mengamati rata-rata waktu dari *response* unit pemantau sebagai nilai ukur kesetabilan sistem. Nilai *response* ini

sangat penting, karena media perekam pengukuran berdasarkan interval simpan, minimal

2menit. Tabel 8 merupakan hasil pengujian sistem SMS ke modem GSM.



Gambar 7. Tampilan format SMS dan balasan dari modem GSM

Tabel 8. Hasil pengujian sistem SMS ke modem GSM

No	Proses	Kirim (<i>time</i>)	Masuk (<i>time</i>)	Selisih (menit)
1	Level	14:23	14:24	1
2	Pulsa	22:14	22:16	2
3	Sinyal	15:51	15:51	0
4	Status	18:41	18:42	1
Rata Waktu				1

Catatan: jika waktu kirim dan masuk bernilai sama, artinya selisih di bawah 1 menit atau kurang dari 47 detik.

$$\text{Rata - rata} = \frac{\sum \text{selisih waktu}}{n}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{1+2+0+1}{4}$$

$$\text{Rata - rata} = 4/4$$

$$= 1 \text{ menit}$$

Jika 1 menit = 60 detik, maka rata-rata (detik) = $0,78 * 60 = 47$ detik.

Unjuk kerja rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk proses SMS adalah 47 detik, dan estimasi waktu terlama adalah perintah "Cek Pulsa" dengan durasi *time-out* 2 menit. Prosedur yang dikerjakan adalah *dial-up* ke *provider* yang dituju, inilah yang menyebabkan proses waktu yang dibutuhkan lebih banyak. Proses waktu tercepat adalah perintah "status", karena perintah ini hanya 2 siklus pada sistem, yang artinya data sudah ada pada sistem tanpa pemanggilan *routien* yang lain.

KESIMPULAN

Dalam perancangan perangkat rekayasa sistem telemetri tingkat konsentrasi gas CO₂ sebagai penanganan dampak *global warning*

berbasis mikrokontroler dengan informasi SMS *gateway* diperoleh beberapa kesimpulan yang bisa digunakan sebagai pertimbangan pengembangan ke depan, yaitu:

1. Telah dihasilkan suatu sistem telemetri dan hasil data pengukuran dari paramater kadar gas karbondioksida, oksigen, temperatur dan kelembaban yang dapat ditransmisikan melalui jaringan GSM melalui pesan secara otomatis atau SMS.
2. Dari hasil kalibrasi sensor gas MG811 terlihat besar tingkat kandungan gas karbondioksida (ppm) berbanding lurus dengan tegangan keluaran (V_{out}) yang dihasilkan.
3. Semakin besar kosentrasi kadar gas yang terdeteksi oleh sensor maka tegangan keluaran yang dihasilkan akan semakin besar pula, selisih atau perbedaan keluaran ADC antara yang terukur dan yang terhitung disebabkan karena beberapa *error*, antara lain *error output* ADC ± 2 bit, *error* pembulatan konversi dari ADC ke volt.
4. Didapat hasil pengukuran yang berbeda di area tertutup dan terbuka. Ini mengacu pada parameter pengukuran yang ditampilkan pada tampilan *alphanumeric*.

5. Alat pemantau tidak akan bekerja jika *sim card* GSM tidak terpasang pada *slot* Modem GSM (modul SIM900A).
6. Waktu respon rata-rata SMS kurang dari 1 menit, tergantung kualitas sinyal dan *traffic* data dari *provider* oleh pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruninga B. (2006): *APRS: Automatic Position Reporting System*, Author of APRS, 2006, <http://web.usna.navy.mil/~bruninga/aprs.html>
- Haihui Zhang (2012), *A self-adaptive greenhouse CO₂ concentration monitoring system based on ZigBee*, Cloud Computing and Intelligent Systems (CCIS), 2012 IEEE 2nd International Conference, pp. 1137-1140.
- Hairiah, K. (2007), *Perubahan Iklim Global: Penyebab Terjadinya Peningkatan GRK*, Malang: Universitas Brawijaya, Fakultas Pertanian.
- Hidayati.R., (2001), *Masalah perubahan iklim di Indonesia Beberapa Contoh Kasus*, Makalah Falsafah Sains, Progam Doktor, IPB, Bogor.
- Kusmana, C., (2010), *Respon Mangrove Terhadap Perubahan Iklim Global: Aspek Biologis dan Ekologi Mangrove*, Jakarta: KKP.
- Løkke, M.M., Seefeldt, H.F., Edwards, G., Green, O. (2011), *Novel Wireless Sensor System for Monitoring Oxygen, Temperature and Respiration Rate of Horticultural Crops Post Harvest*, Sensors 11, pp. 8456-8468.
- Muhi, A. Hanapiah., (2011), *Pemanasan Global (Global Warming)*, Institut Pemerintahan Dalam Negeri (IPDN), Jatinangor, Jawa Barat.
- Nanny Kusminingrum, (2008), *Potensi Tanaman Dalam Menyerap CO₂ dan CO untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Global*, Jurnal Permukiman Vol. 3, pp. 106-114.
- Prashant Gour., et al, (2014), *Application of Fuel Cell in Power Plant to Reduce the Carbon-dioxide Emission*, International Journal Of Core Engineering & Management (IJCEM), Volume 1, Issue 5.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DRP2M) Kementerian Riset, yang telah mendanai kegiatan penelitian sesuai dengan Implementasi perjanjian Hibah Penelitian Nomor Perjanjian: 018/HB-LIT/ III/2016.

BIODATA PENULIS

Hadi Prasetyo Suseno S.T., M.Si., dilahirkan di Lampung tanggal 5 Oktober 1958. Menyelesaikan studi S1 tahun 2000 di Jurusan Teknik Kimia IST AKPRIND Yogyakarta. Menyelesaikan studi S2 tahun 2005 di Jurusan Kimia Lingkungan, MIPA UGM. Saat ini bertugas sebagai staf pengajar di Jurusan Teknik Lingkungan IST AKPRIND Yogyakarta.

Muhammad Andang Novianto, S.T., M.T., dilahirkan di Bojonegoro tanggal 20 November 1969. Menyelesaikan studi S1 tahun 1995 di Jurusan Teknik Elektro IST AKPRIND Yogyakarta. Menyelesaikan studi S2 tahun 2005 di Jurusan Teknik Elektro UGM. Saat ini bertugas sebagai staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro IST AKPRIND Yogyakarta.

Catur Iswahyudi, S.Kom., S.E., M.Cs., dilahirkan di Kudus tanggal 19 Juni 1973. Menyelesaikan studi S1 tahun 2000 di Jurusan Teknik Informatika IST AKPRIND Yogyakarta, dan S1 di Jurusan Manajemen Universitas Terbuka tahun 2004. Menyelesaikan studi S2 tahun 2005 di Jurusan Ilmu Komputer UGM. Saat ini bertugas sebagai staf pengajar di Jurusan Teknik Informatika IST AKPRIND Yogyakarta.

ENKRIPSI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN KOMBINASI ALGORITME HILL CIPHER DAN CHAOS MAP DENGAN PENERAPAN TEKNIK SELEKTIF PADA BIT MSB

Devi Ratnasari¹, Hajar Puji Sejati²

¹Magister Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
¹Email: deviratna212@gmail.com

²Program Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
²Email: hajarsejati@gmail.com

Masuk: 12 Juni 2017, Revisi masuk: 23 Juli 2017, Diterima: 28 Juli 2017

ABSTRACT

This paper represents a digital image encryption algorithm using a combination of hill cipher and chaos map algorithms. The hill cipher algorithm is one of the coding techniques by applying a square matrix as an encryption key. In this paper, the key matrix used is a 3x3 invertible matrix. While chaos map technique chosen is Logistic Map technique as a random number generator that will be used as keystream. Application of selective encryption techniques to MSB bits (Most Significant Bit) is also used to reduce computing by only performing operations on four major bits of each RGB pixel (Red, Green and Blue). To encrypt, an image is first mapped based on RGB color components (Red, Green and Blue) and then encrypted using a hill cipher key matrix. The encryption result on each RGB channel is then selected four bits MSB from each pixel and then XOR with keystream as a result from Logistic Map. Experimental results performed on multiple color images show that the image can be successfully encrypted. It can be seen from the resulting histogram is flat on each RGB channel of the encrypted image, the average value of entropy is 7.99 and the correlation value is close to 0.

Keywords: digital image, criptography, hill cipher, chaos map.

INTISARI

Makalah ini merepresentasikan algoritme enkripsi citra digital menggunakan kombinasi algoritme *hill cipher* dan *chaos map*. Algoritme *hill cipher* merupakan salah tau teknik penyandian dengan menerapkan matriks persegi sebagai kunci enkripsi. Dalam makalah ini, matriks kunci yang digunakan adalah matriks invertible berukuran 3x3. Sedangkan teknik *chaos map* yang dipilih adalah teknik *Logistic Map* sebagai pembangkit bilangan acak yang akan digunakan sebagai *keystream*. Penerapan teknik enkripsi selektif pada bit-bit MSB (*Most Significant Bit*) juga digunakan untuk mengurangi komputasi dengan hanya melakukan operasi pada empat bit utama dari setiap pixel RGB (*Red, Green* dan *Blue*). Untuk melakukan enkripsi, sebuah citra terlebih dahulu dipetakan berdasarkan komponen warna RGB (*Red, Green* dan *Blue*) kemudian dienkrpsi menggunakan matriks kunci *hill cipher*. Hasil enkripsi pada masing masing kanal RGB tersebut kemudian dipilih empat bit MSB dari setiap pixel untuk di-XOR-kan dengan *keystream* hasil dari *Logistic Map*. Hasil eksperimen yang dilakukan terhadap beberapa citra berwarna memperlihatkan bahwa citra dapat dienkrpsi dengan baik. Hal ini dapat dilihat dari histogram yang dihasilkan adalah *flat* pada setiap kanal RGB citra hasil enkripsi, nilai rata-rata entropi adalah 7,99 serta nilai korelasi yang hampir mendekati 0.

Kata kunci: citra digital, kriptografi, *hill cipher*, *chaos map*.

PENDAHULUAN

Keamanan data menjadi hal yang penting terutama dalam pertukaran informasi melalui media elektronik. Citra

(*image*) digital merupakan salah satu jenis data digital berupa gambar, foto atau informasi yang disajikan secara visual. Bagi sebagian orang, informasi

yang terkandung dalam sebuah citra bisa bersifat privat atau rahasia. Citra yang bersifat *privat* misalnya foto pribadi atau dokumen-dokumen rahasia yang akan berbahaya apabila diakses secara ilegal. Salah satu metode untuk menjaga kerahasiaan informasi adalah kriptografi.

Kriptografi merupakan seni dan ilmu teknik matematik untuk menjaga keamanan pesan (Kurniawan, 2014). Beberapa istilah kriptografi diantaranya enkripsi, dekripsi, *plaintext*, dan *ciphertext*. Enkripsi yang merupakan cara pengamanan data yang dikirimkan sehingga terjaga kerahasiaannya. Dekripsi merupakan suatu proses mengembalikan pesan yang telah dienkripsi ke bentuk asalnya. *Ciphertext* merupakan suatu pesan yang telah melalui proses enkripsi. Sedangkan *plaintext* atau *cleartext* merupakan pesan asli yang ditulis atau diketik yang memiliki makna (Ariyus, 2008).

Metode *Hill Cipher* merupakan salah satu teknik penyandian teks pada aplikasi kriptografi. Pada perkembangannya, penggunaan metode tersebut diperluas sehingga dapat digunakan pada citra digital dengan merubah perhitungan nilai pada setiap kanal RGB (*Red Green Blue*) menggunakan matriks persegi sebagai kunci enkripsi (Panduranga & SK, 2012). Pada umumnya, data citra memiliki volume yang relatif besar dibandingkan data teks sehingga membutuhkan waktu komputasi yang lebih lama. Oleh karena itu teknik enkripsi selektif diterapkan sehingga hanya sebagian komponen citra yang dienkripsi namun dapat memberikan efek enkripsi secara keseluruhan. Sedangkan fungsi *Chaos* digunakan sebagai pembangkit bilangan acak (*keystream*) serta dipilih karena memiliki sensitivitas terhadap kondisi awal, bersifat acak dan tidak memiliki periode yang berulang (Munir, 2012).

Makalah ini memberikan gambaran mengenai penerapan kriptografi dalam merahasiakan citra digital dan memberikan pembahasan mengenai analisis *plain-image* (citra asli) dan *cipher-image* (citra hasil enkripsi) berdasarkan algoritme atau metode yang diterapkan.

Hill Cipher

Salah satu teknik dalam kriptografi adalah *Hill Cipher*. *Hill cipher* termasuk kepada algoritme kriptografi klasik yang sangat sulit dipecahkan apabila hanya mengetahui berkas *ciphertext* saja, karena *hill cipher* tidak mengganti setiap abjad yang sama pada *plaintext* dengan abjad lainnya yang sama pada *ciphertext* (Munir, 2006). Dalam penerapannya, *Hill Cipher* menggunakan teknik perkalian matriks dan teknik inverse terhadap matriks. Kunci pada *Hill Cipher* adalah matriks $n \times n$ dengan n merupakan ukuran blok. Matriks K yang menjadi kunci harus merupakan matriks *invertible* yaitu memiliki inverse K^{-1} , sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan (1).

$$K \cdot K^{-1} = \mathbf{1} \quad (1)$$

dimana: K = Matriks kunci ($n \times n$)

$$K^{-1} = \text{Invers matriks kunci } (n \times n)$$

Secara matematis, proses enkripsi *Hill Cipher* ditunjukkan pada persamaan (2).

$$C = K \cdot P \quad (2)$$

dan proses dekripsi digambarkan dalam persamaan (3):

$$P = K^{-1} \cdot C \quad (3)$$

dimana:

C = Ciphertext

K = Kunci ($n \times n$)

P = Plaintext

K^{-1} = Invers matriks kunci ($N \times N$)

Logistic Map

Logistic map adalah fungsi *chaos* satu dimensi yang didefinisikan melalui persamaan (4) (Hongmei dkk., 2010):

$$x_{i+1} = r x_i (1 - x_i) \quad (4)$$

di mana:

x_i = Bilangan riil (bebas) bernilai antara 0 – 1

r = Laju pertumbuhan yang bernilai antara 0 – 4

Untuk memulai iterasi *Logistic Map* diperlukan nilai awal x_0 dengan $0 \leq x_i \leq 1$, $i = 0, 1, 2, \dots$ dan $0 \leq r \leq 4$. Di dalam sistem kriptografi simetri, nilai awal *chaos* x_0 , dan parameter r berperan sebagai kunci rahasia. Nilai-nilai acak yang dihasilkan dari iterasi *Logistic Map* sehingga disebut sebagai *pseudo random generator*.

Enkripsi Selektif

Munir (2012) menjelaskan bahwa setiap *pixel* direpresentasikan dalam sejumlah *byte*. Susunan bit pada setiap *byte* adalah $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$. Bit-bit paling kiri adalah bit paling berarti (*most significant bit* atau MSB), sedangkan bit-bit paling kanan adalah *least significant bit* atau LSB. Karena bit-bit MSB menentukan rupa objek di dalam citra, maka dengan mengubah bit-bit MSB tersebut dihasilkan citra yang sudah tidak dapat dikenali lagi.

METODOLOGI

Objek dalam penelitian ini adalah sistem enkripsi (penyandian) citra digital, hal yang menjadi fokus penelitian pada sistem enkripsi tersebut adalah mengenai algoritme yang digunakan yaitu penerapan metode *Hill Cipher*, fungsi *Chaos Map* dan teknik enkripsi selektif serta pembahasan hasil analisis terhadap *plain-image* dan *cipher-image* yang dihasilkan berupa analisis keamanan yang meliputi analisis ruang kunci, analisis histogram, analisis korelasi, analisis entropi dan sensitivitas.

Implementasi enkripsi dan dekripsi citra dilakukan dengan mempelajari secara mendalam terhadap ketiga algoritme yang digunakan. Selanjutnya dilakukan penyusunan usulan algoritme enkripsi dan dekripsi sebagai hasil dari kombinasi algoritme tersebut. Tahap selanjutnya adalah menerapkan algoritme usulan terhadap beberapa citra digital dan melakukan analisis keamanan terhadap citra asli maupun citra hasil terenkripsi.

Algoritme Enkripsi/Dekripsi Usulan

Enkripsi merupakan proses penyandian gambar asli (*plain image*) menjadi gambar yang tidak dapat dikenali (*cipher image*) menggunakan satu atau beberapa kunci. Proses enkripsi pada penelitian ini dijabarkan dalam langkah sebagai berikut:

1. Mulai
2. Membaca citra input (*plain image*) ke dalam *pixel* kanal RGB. Menghitung tinggi dan lebar *plain_image* dinyatakan dengan variabel h dan w

3. Nilai $h \bmod 3$. Jika $h \bmod 3 = 2$ maka menambahkan 2 baris *pixel* di akhir dengan nilai 0, jika $h \bmod 3 = 1$ maka menambahkan 1 baris *pixel* di akhir dengan nilai 0
4. Mengalikan setiap seriap kanal R , G dan B dengan matriks kunci 3×3 atau $k[i,j]$
5. Kanal R , G dan $B \bmod 256$
6. Membangkitkan bilangan kunci *chaosmap* menggunakan bilangan r dan x_0 dengan rumus $x_{i+1} = r \cdot x_i(1 - x_i)$, konversi ke integer dan nyatakan sebagai *chaos[h,w]*
7. *Keystream chaos[h,w] mod 256*
8. Mengekstraksi 4 bit MSB (*Most Significant Bit*) dari kanal RGB dan lakukan operasi XOR terhadap 4 bit MSB dari *keystream*
9. Hasil operasi XOR dinyatakan sebagai *bitCR[a]*, *bitCG[a]* dan *bitCB[a]*
10. Mengkonversi nilai *bitCR[a]*, *bitCG[a]* dan *bitCB[a]* ke dalam *pixel*
11. *Output* hasil enkripsi adalah *Cipher_image*
12. Selesai

Proses dekripsi *Cipher_image* menjadi *Plain_image* semula dijabarkan dalam langkah sebagai berikut:

1. Mulai
2. Mencari invers dari matriks kunci dan dinyatakan dalam variabel *invk[i,j]*. Jika terdapat nilai negatif, maka nilai negatif tersebut ditambah 256
3. Menghitung tinggi dan lebar *cipher_image* dan nyatakan dengan variabel h dan w
4. Memisahkan *cipher_image* ke dalam komponen RGB
5. Membangkitkan bilangan kunci *chaosmap* menggunakan bilangan r dan x_0 dengan rumus $x_{i+1} = r \cdot x_i(1 - x_i)$, konversi ke integer dan nyatakan sebagai *chaos[h,w]*
6. *Keystream chaos1[h,w] mod 256*
7. Mengekstraksi 4 bit MSB (*Most Significant Bit*) dari *pixel* kanal RGB
8. Melakukan operasi XOR pada 4 bit MSB *pixel* RGB dengan 4 bit MSB *Keystream* dan konstanta 1 (c)
9. Mengkonversi hasil operasi XOR dalam *pixel* sebagai RGB *hillcipher_image*

10. Menghitung tinggi dan lebar *hillcipher_image* dan nyatakan dengan variabel *h* dan *w*
11. Mengalikan RGB *hillcipher_image* dengan invers matriks kunci 3 x 3 ($invk[i,j]$)
12. *R*, *G* dan *B* modulus 256
13. Menggabungkan nilai *R*, *G*, dan *B* sebagai *PimageHasil* kemudian mod 256
14. *Output* hasil dekripsi adalah *plain_image*
15. Selesai

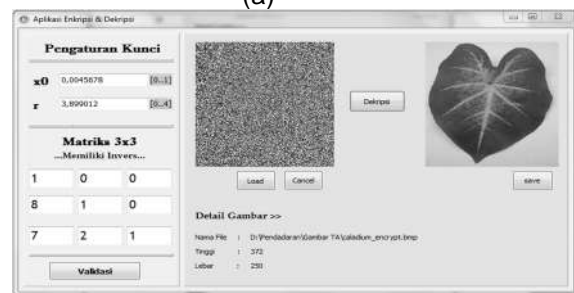
PEMBAHASAN

Eksperimen dilakukan untuk mengetahui fungsionalitas dan keamanan algoritme yang diusulkan. Untuk mendukung eksperimen tersebut, dalam penelitian ini implementasi terbagi ke dalam dua bagian, yaitu sistem aplikasi (aplikasi enkripsi dan aplikasi dekripsi) dan sistem analisis keamanan. Sistem aplikasi diimplementasikan menggunakan Embarcadero RAD XE, sedangkan sistem analisis menggunakan Matlab. Gambar 1 menunjukkan antarmuka aplikasi dengan eksperimen menggunakan citra berwarna "caladium.bmp" sebagai input (*plain image*) yang memiliki ukuran 372x250 pixel. Kunci yang digunakan untuk melakukan enkripsi tersebut adalah "x0 = 0,0045678", "r = 3,899012" dan "matriks 3x3= $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 8 & 1 & 0 \\ 7 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ " yang merupakan matriks *invertible*. Gambar 2 menampilkan antarmuka sistem aplikasi analisis

keamanan (*plain image*: *caladium.bmp*, *cipher image*: *caladium_encrypt.bmp*), sedangkan Gambar 3 menampilkan histogram korelasi *plain image* (kiri): *caladium.bmp*, *cipher image* (kanan): *caladium_encrypt.bmp*. Penelitian ini telah melakukan eksperimen aktivitas enkripsi dan dekripsi terhadap 10 citra berwarna dengan tipe file *.bmp dan *.jpeg. Dari 10 citra asli tersebut beserta citra hasil enkripsi dilakukan analisis keamanan, meliputi analisis ruang kunci, analisis sensitivitas, analisis histogram, analisis entropi dan analisis korelasi.

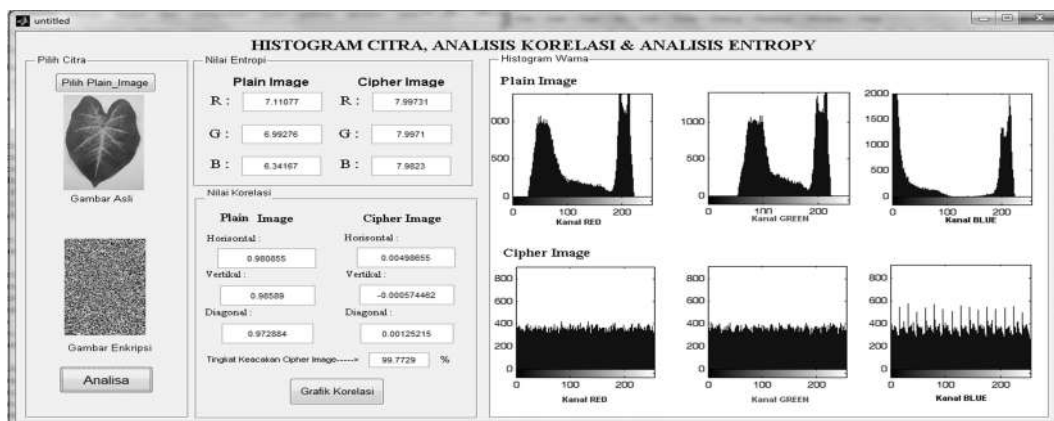


(a)

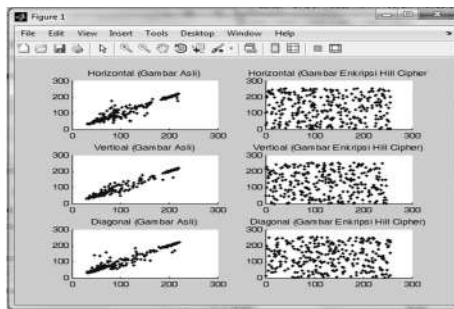


(b)

Gambar 1. (a) Sistem aplikasi enkripsi (b) Sistem aplikasi dekripsi (*plain image*: *caladium.bmp*)



Gambar 2. Sistem aplikasi analisis keamanan (*plain image*: *caladium.bmp*, *cipher image*: *caladium_encrypt.bmp*)



Gambar 3. Histogram korelasi *plain image* (kiri): *caladium.bmp*, *cipher image* (kanan): *caladium_encrypt.bmp*

1. Analisis Ruang Kunci

Algoritme yang digunakan pada penelitian ini termasuk jenis kriptografi kunci simetris. Dalam kriptografi kunci simetris, kunci yang digunakan untuk melakukan proses enkripsi dan proses dekripsi adalah identik atau sama persis, sehingga kunci yang digunakan harus bersifat rahasia. Ruang kunci menyatakan jumlah total kemungkinan kunci berbeda yang dapat digunakan untuk enkripsi/dekripsi. Terdapat metode *cracking* yang menggunakan teknik percobaan secara langsung terhadap semua kemungkinan kunci yang mungkin untuk meretas sistem keamanan komputer dalam hal ini adalah melakukan dekripsi yang disebut sebagai serangan brutal (*brute force attack*). Sistem kriptografi selain rahasia, seharusnya memiliki ruang kunci (*keyspace*) yang besar untuk mencegah dan menghalangi adanya serangan brutal (Fu dkk., 2012).

Pada penelitian ini, kunci rahasia yang digunakan lebih dari satu, yaitu matriks 3×3 yang terdiri dari 9 bilangan *integer* dan dua buah bilangan *real/double* dari kunci *chaos* yaitu r dan x_0 . Untuk bilangan *integer*, *Matlab* mendukung maksimum *Unsigned Integer* hingga 32 bit dengan nilai pilihan *integer* $2^{32} = 4,3 \times 10^9$. Menurut standar *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)* bilangan *chaos* untuk komputasi bilangan *floating point (double precision)* 64 bit adalah 10^{15} (Munir, 2012), sehingga total ruang kunci seluruhnya pada penelitian ini adalah:

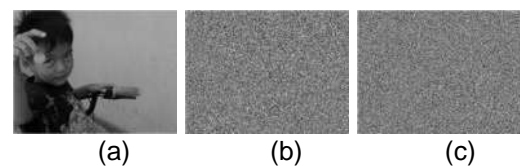
$$\begin{aligned}
 H(\text{matrik } 3 \times 3, r, x_0) & \approx (4,3 \times 10^9) \\
 & \times (4,3 \times 10^9) \\
 & \times (4,3 \times 10^9) \times \\
 & (4,3 \times 10^9) \times (4,3 \times 10^9) \\
 & \times (4,3 \times 10^9) \times \\
 & (4,3 \times 10^9) \times (4,3 \times 10^9) \\
 & \times (4,3 \times 10^9) \times \\
 & (10^{15}) \times (10^{15}) \\
 & \approx 502592,611936843 \\
 & \times 10^{121}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan ruang kunci tersebut, menunjukkan bahwa ukuran ruang kunci kombinasi algoritme *Hill-Cipher* dan *Chaosmap* cukup besar, sehingga kombinasi algoritme yang digunakan dapat bertahan terhadap serangan *brute force*.

2. Analisis Sensitivitas

Sensitivitas kunci sebuah kriptosistem dapat diamati dengan dua cara: (i) gambar *cipher* sama sekali berbeda dihasilkan saat kunci yang sedikit berbeda digunakan untuk mengenkripsi; (ii) gambar *cipher* tidak dapat didekripsi dengan benar meskipun hanya ada sedikit perbedaan kunci (Fu dkk., 2012).

Analisis sensitivitas pada penelitian ini dilakukan dengan mengubah nilai parameter kunci x_0 sebesar $x_0 + \Delta$, dimana nilai Δ adalah 10^{-10} (Munir, 2012) atau 0,0000000001. Sebagai contoh analisis sensitivitas, dilakukan percobaan dekripsi terhadap citra "bocah.jpeg" seperti Gambar 4.



Gambar 4. Analisis sensitivitas Bocah.jpeg

Gambar 4(a) merupakan citra asli (*plain image*) "bocah.jpeg", Gambar 4(b) merupakan citra hasil enkripsi menggunakan kunci dengan nilai $x_0=0,0789345$, $r = 3,899012$ dan matriks

$$3 \times 3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 8 & 1 & 0 \\ 7 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Gambar 4(c) menunjukkan citra hasil dekripsi dari Gambar 4(b) menggunakan

kunci $x0+\Delta= 0,0789345001$, $r = 3,899012$

dan matriks $3 \times 3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 8 & 1 & 0 \\ 7 & 2 & 1 \end{bmatrix}$.

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa perubahan sekecil $0,0000000001$ pada parameter kunci dekripsi $x0$ tidak dapat menghasilkan citra semula dari gambar enkripsi "bocah.jpeg".

3. Analisis Entropi

Entropi menunjukkan ukuran statistik dari tingkat keacakan *pixel* suatu gambar. Gambar yang acak idealnya memiliki entropi mendekati $H(m) = 8$, sementara gambar yang tidak acak nilai entropinya kurang dari 8. Semakin besar nilai entropi menunjukkan bahwa *cipher image* yang dihasilkan semakin baik. Nilai entropi $H(m)$ dari *plaintext* dapat dihitung dengan persamaan (5) (Fu dkk., 2012):

$$H(m) = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P(i,j) \log P(i,j) \quad (5)$$

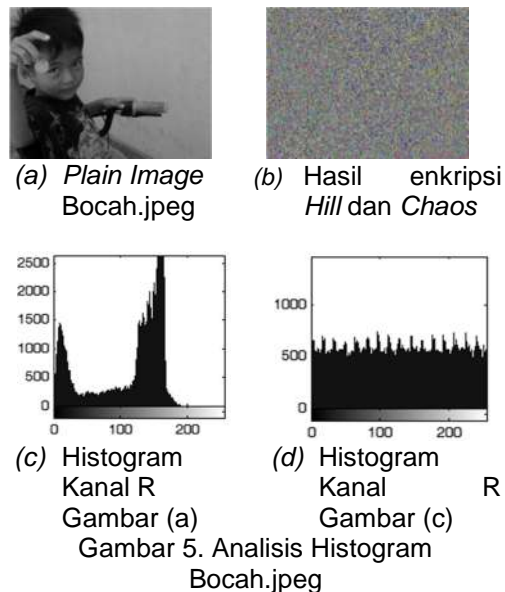
dimana: $H(m)$ = nilai entropi

$p(i, j)$ = elemen baris ke- i , kolom ke- j
 n = banyak elemen baris ke- i , kolom ke- j

4. Analisis Histogram

Histogram dalam pengolahan citra merepresentasikan penyebaran nilai intensitas warna *pixel* dari citra digital. Untuk citra berwarna, histogram ditampilkan untuk setiap kanal *red*, *green* dan *blue*. Histogram yang rata (*flat*) menunjukkan bahwa distribusi *pixel* bersifat *uniform*. Histogram dengan tipe *uniform* memberikan sedikit informasi mengenai pola hubungan antar *pixel* citra *plaintext* dan *ciphertext* (Fu dkk., 2012).

Pada Gambar 5, (a) merupakan gambar asli (*plain image*) dari file gambar "bocah.jpeg". Gambar 5(b) merupakan gambar hasil enkripsi dari "bocah.jpeg". Gambar 5(d) menunjukkan hasil histogram kanal *red* pada *cipher image* yang dikenai proses sangat berbeda dari histogram *plain image* pada Gambar 5(c). Histogram *Cipher Image* terlihat rata/*flat* dibandingkan histogram *Plain Image*. Berdasarkan analisis histogram pada Gambar 55 dapat disimpulkan bahwa penerapan kombinasi algoritme *Hill Cipher* dan *Chaosmap* memiliki tingkat keamanan yang baik untuk mencegah serangan *histogram attacker*.



5. Analisis Korelasi

Korelasi adalah besaran statistik yang menyatakan kekuatan hubungan linier antara dua peubah acak (Xiang, 2007). Koefisien korelasi (r_{xy}) dari dua buah peubah acak diskrit yang masing-masing beranggotakan n elemen dihitung dengan persamaan (6) (Hongmei dkk., 2010):

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum (x^2) - (\sum x)^2][n \sum (y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (6)$$

Keterangan:

r = Nilai korelasi

n = Jumlah pasangan *pixel* yang dipilih secara acak

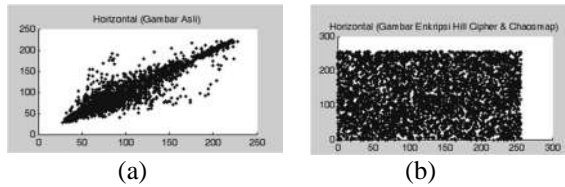
x = *Pixel* baris ke- x

y = *Pixel* baris ke- y

Korelasi citra akan mendekati 1 atau -1 apabila terdapat hubungan linier yang kuat antar *pixel* bertetangga pada citra digital. Sebaliknya korelasi yang bernilai mendekati atau sama dengan 0 menunjukkan hubungan linier yang lemah. Hubungan linier adalah kuat jika *pixel* posisi x dan *pixel* posisi y yang dibandingkan memiliki nilai yang hampir atau sama, begitu juga sebaliknya (Munir, 2012).

Sebagai contoh, nilai korelasi secara horisontal pada *plain image* citra "bocah.jpeg" adalah 0.994884, sedangkan nilai korelasi horisontal *cipher image* "bocah.jpeg" yang telah dienkripsi menggunakan kombinasi algoritme *Hill*

Cipher dan *Chaosmap* adalah 0.00381471.



Gambar 6. Grafik Korelas Horizontal (a) Plain Image "bocah.jpeg" dan (b) Cipher Image "bocah_encrypted.jpeg"

Pada Gambar 6(a) diperlihatkan grafik distribusi korelasi *pixel-pixel* yang bertetangga dari *file* citra "bocah.jpeg". Grafik korelasi *plain image* "bocah.jpeg" terlihat berkumpul dalam satu garis diagonal 45 derajat. Hal ini menunjukkan korelasi yang kuat antar *pixel-pixel* yang bertetangga. Sedangkan grafik korelasi

cipher image "bocah.jpeg" pada Gambar 6(b) terlihat rata yang mengindikasikan bahwa korelasi antar *pixel-pixel* yang bertetangga sangat rendah atau tidak ada (Munir, 2012).

Persentase tingkat keacakan menunjukkan berapa persen *pixel* citra tidak berkorelasi dan berhasil terenkripsi. Semakin tinggi persentase tingkat keacakan suatu citra, maka semakin sulit citra tersebut dibaca oleh manusia. Nilai tingkat keacakan citra diperoleh dengan persamaan (7):

$$1 - \text{Average}(\sum \text{Nilai Korelasi}) \times 100\% \quad (7)$$

Secara keseluruhan, hasil analisis terhadap sepuluh citra dengan tipe *.bmp dan *.jpeg berdasarkan histogram, nilai entropi, nilai korelasi dan persentase keacakan *plain image* dan *cipher image* ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis keamanan terhadap sepuluh citra eksperimen

Image	Dimensi	Histogram			Entropi Citra Hasil Enkripsi			Nilai Korelasi			Persentase Keacakan
		R	G	B	R	G	B	Horizontal	Vertikal	Diagonal	
Caladium.bmp	372 x 250	F	F	F	7,99731	7,9971	7,9823	-0.00182212	0.00620058	0.00223198	99,6582
Lenna.bmp	256 x 256	F	F	F	7,99647	7,99714	7,99663	-0.000665409	0.000136858	-0.00209384	99,9035
Sunflower.bmp	128 x 128	F	F	F	7,9663	7,98934	7,64879	-0.00597847	-0.00346279	0.00764403	99,430
Origami.bmp	128 x 128	F	F	F	7,87593	7,91756	7,91872	-0,000007	0.00301653	0.0151023	99,3937
Bocah.jpeg	336 x 448	F	F	F	7,99429	7,99378	7,99156	0.00381471	0.00219272	0.000700531	99,7764
Galau.jpeg	806 x 768	F	F	F	7,99829	7,99826	7,99579	0.00111144	-0.00379135	0.00534381	99,6584
Sungai.jpeg	534 x 800	F	F	F	7,99914	7,99891	7,99901	0.000236341	0.00104211	0.0026877	99,8678
Lighthouse.jpeg	768 x 1024	F	F	F	7,99865	7,99717	7,99883	0.00108469	0.00103252	-0.000564378	99,9106
Koala.jpeg	768 x 1024	F	F	F	7,99891	7,99874	7,9995	-0.000773001	-0.00139889	-0.000900926	99,8976
Lezat.jpeg	683 x 1024	F	F	F	7,99949	7,99942	7,99932	0.000611329	0.00110564	0.000388807	99,7894

KESIMPULAN

Di dalam makalah ini telah disajikan sebuah usulan algoritme enkripsi citra digital menggunakan kombinasi algoritme *hill cipher* dan *chaos map* dalam hal ini teknik *logistic map* dengan penerapan teknik selektif terhadap bit MSB. Hasil eksperimen memperlihatkan bahwa penerapan kombinasi algoritme *Hill Cipher* dan *Chaosmap* pada proses enkripsi dapat menghasilkan citra acak yang berbeda secara signifikan dari citra asli dan tidak dapat dikenali. Dengan menerapkan kombinasi algoritme *Hill Cipher* dan *Chaosmap*, sistem

menghasilkan ruang kunci yang besar yaitu $502592,611936843 \times 10^{121}$. Ruang kunci yang besar tersebut akan menyulitkan penyerang apabila melakukan serangan *brute force* yaitu dengan mencoba satu per satu semua kemungkinan kunci yang digunakan.

Saat dilakukan dekripsi menggunakan *Chaosmap*, meskipun terjadi perubahan hanya sebesar 0,0000000001 pada parameter kunci *x0* dan atau *r* yang digunakan pada saat proses enkripsi, citra yang dihasilkan oleh proses dekripsi adalah citra acak yang lain atau tidak dapat kembali

menjadi citra semula. Nilai rata-rata entropi citra hasil enkripsi menggunakan kombinasi algoritme *Hill Cipher* dan *Chaosmap* yaitu sekitar 7,99 sehingga cukup aman dari serangan entropi karena nilainya sangat dekat dengan 8.

Histogram citra hasil enkripsi menggunakan kombinasi algoritme *Hill Cipher* dan *Chaosmap* terlihat rata yang menunjukkan bahwa algoritme yang digunakan cukup aman dari serangan yang memanfaatkan *histogram attack* karena keteracakan dan intensitas warna cukup signifikan. Nilai korelasi citra hasil enkripsi menggunakan kombinasi algoritme *Hill Cipher* dan *Chaosmap* rata-rata sangat baik yaitu mendekati 0 yang mengindikasikan bahwa korelasi *pixel* sudah tidak ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyus, D., 2008, *Pengantar Ilmu Kriptografi Keamanan Teori Analisis dan Implementasi*, Yogyakarta: Andi Publishing.
- Fu, C., Chen, J. J., Zou, H., Meng, W. H., Zhan, Y. F., dan Yu, Y. W., 2012, *A Chaos-based Digital Image Encryption Scheme with An Improved Diffusion Strategy*, *Optics Express*, 20(3), 2363-2378.
- Hongmei, T., Liying, H., Yu, H., dan Xia, W., 2010, *An Improved Compound Image Encryption Scheme*, *Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering (CCTAE)*, Vol. 3, pp. 128-131, IEEE.
- Kurniawan, Y., 2004, *Kriptografi Keamanan Internet dan Jaringan Komunikasi*, Penerbit Informatika, Bandung.
- Munir, R., 2012, "Algoritma Enkripsi Citra dengan Kombinasi Dua Chaos Map dan Penerapan Teknik Selektif Terhadap Bit-bit MSB", *Prosiding Seminar Nasional dan Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Munir, R., 2006, *Kriptografi*, Penerbit Informatika, Bandung.
- Panduranga, H. T., dan SK, N. K., 2012, *Advanced Partial Image Encryption Using Two-stage Hill Cipher Technique*, *International Journal of Computer Applications*, 60(16).

ISSN 1979-8415



9 771979 841598