

Jurnal Teknologi

Volume 10, Nomor 1 Juni 2017

- SISTEM PAKAR UNTUK MENENTUKAN STATUS KESEHATAN IBU HAMIL DENGAN METODE INFERENSI FUZZY (SUGENO)
Novita Anggraini Putri, Agus Sidiq Purnomo
- RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI GEOSAINS (ILMU KEBUMIHAN) BERBASIS ANDROID
Sulaiman Sulaiman, Harmastuti Harmastuti, Dwi Setyowati
- ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA DAN KUALITAS LAYANAN ANTARA FIRMWARE DEFAULT DAN FIRMWARE OPENWRT PADA ACCESS POINT TP-LINK MR3020
Catur Iswahyudi, Dedi Setiawan
- PURWARUPA SISTEM KENDALI RUMAH TERPADU JARAK JAUH BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN RASPBERRY PI 2 MODEL B
Aditya Kusuma Nugroho, Sigit Priyambodo, Safriyudin Safriyudin
- PEMANFAATAN UMBI GANYONG (CANNA EDULIS KERR) MENJADI BIOETANOL DENGAN PROSES HIDROLISIS DAN FERMENTASI DETOKSIFIKASI
Murni Yuniwati, Fauzi Wahyu Niko Halpito, Taufiq Taufiq
- STRATEGI PROSES TRANSISI DARI METODE SIX SIGMA KE DFSS (DESIGN FOR SIX SIGMA) MENGGUNAKAN APLIKASI AHP (ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS)
Muhammad Yusuf
- KARBON AKTIF TERMODIFIKASI $ZnCl_2$ UNTUK ADSORPSI ION LOGAM $Fe(II)$ DALAM LIMBAH BATIK
Eka Sulistyaningsih
- EVALUASI KINETIKA REAKSI PEMBUATAN ALUMINIUM HIDROKSIDA DARI TAWAS DAN AMONIUM HIDROKSIDA
Ani Purwanti
- PENGARUH GAYA DORONG PROPELER PADA ENGINE FORA TERHADAP KECEPATAN PESAWAT MODEL F2D COMBAT
Bonyfasius Nopias, Khairul Muhajir, Toto Rusianto
- ANALISIS BONGKAH LAHAR DENGAN METODE PUNGGUNG KATAK DAERAH KARANGGEDE DAN SEKITARNYA KECAMATAN KARANGGEDE KABUPATEN BOYOLALI PROVINSI JAWA TENGAH
Agung Riswanto Kipudjena, Miftahussalam Miftahussalam
- ANALISIS RASIO KEUANGAN SEBAGAI PENGUKURAN KINERJA PERUSAHAAN
Petrus Wisnubroto
- PROTOTYPE AUTOMATIC TRANSFER SWITCH RUMAH TINGGAL SEDERHANA
Gatot Santoso, Slamet Hani

EDITORIAL BOARD

Editor Chief

Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.

Managing Editor

Rahayu Khasanah, S.T., M.Eng.

Associate Editors

Ir. Murni Yuniwati, M.T.

Ir. Muhammad Yusuf, M.T.

Beny Firman, S.T., M.Eng.

Andreas Emaputra, S.T., M.Sc.

Rosalia Arum Kumalasanti, S.T., M.T.

Yuli Purwanto, S.T., M.Eng.

Prita Haryani, S.Pd., M.Eng.

Dr. Anak Agung Putu Susastiawan, S.T., M.Tech.

Reviewer

Dr. Ir. Sudarsono, MT. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Dr. Ir. Amir Hamzah, MT. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Dr. Ir. Hj. Titin Isna Oesman, MM. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Ir. Ganjar Andaka, Ph.D. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Ellyawan Setyo A., ST., M.Sc., Ph.D (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Prof. Dr. Erma Utami, S.Si, M.Kom (Universitas AMIKOM).

Prof. Dr. Indarto. DEA. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Prof. Muhammad Djaeni, ST., M.Eng. (Universitas Negeri Diponegoro)

Dr. Deendarlianto, ST., M.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Muhammad Kusumawan Herliansyah, ST., MT., Ph.D. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Yuni Kusumastuti, ST., M.Eng., D.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Dr. Ir. Abdul Kadir, MT., MM. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Dr. Moh. Hardiyanto (Institut Teknologi Indonesia)

Daniel Oranova Siahaan, S.Kom, M.Sc., PDEng (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Dr. Ratna Wardani, ST., MT. (Universitas Negeri Yogyakarta)

Dr. Ir. Iswanjono, (Universitas Sanata Dharma Yogyakarta)

Dr. Eng. Azridjal Aziz, ST., MT. (Universitas Riau)

Dr. Romadoni Syahputra, ST., MT. (Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Tujuan & Ruang Lingkup

Jurnal Teknologi adalah jurnal meliputi bidang teknologi yang berkaitan dengan teknik industri, mesin, informatika, elektro, kimia, rekayasa berbantuan komputer, material, energi, lingkungan. Jurnal menerbitkan makalah asli hasil penelitian, komunikasi singkat, dan artikel review. Makalah yang diterbitkan di jurnal ini adalah makalah yang belum dan tidak akan diterbitkan di penerbit tempat lain. Tulisan merupakan karya asli bukan hasil plagiarisme. Jurnal Teknologi diterbitkan oleh Fakultas Teknologi Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Alamat Redaksi:

Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jln. Kalisahak No. 28, Komplek Balapan Yogyakarta 55222.

Telpon: 0274-563029 (ext. 112, 113) Fax: 0274-563487

Email: jurtek@akprind.ac.id

<http://ejournal.akprind.ac.id>

- SISTEM PAKAR UNTUK MENENTUKAN STATUS KESEHATAN IBU HAMIL DENGAN METODE INFERENSI FUZZY (SUGENO)
Novita Anggraini Putri, Agus Sidiq Purnomo 1-8
- RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI GEOSAINS (ILMU KEBUMIHAN) BERBASIS ANDROID
Sulaiman Sulaiman, Harmastuti Harmastuti, Dwi Setyowati 9-18
- ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA DAN KUALITAS LAYANAN ANTARA FIRMWARE DEFAULT DAN FIRMWARE OPENWRT PADA ACCESS POINT TP-LINK MR3020
Catur Iswahyudi, Dedi Setiawan 19-25
- PURWARUPA SISTEM KENDALI RUMAH TERPADU JARAK JAUH BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN RASPBERRY PI 2 MODEL B
Aditya Kusuma Nugroho, Sigit Priyambodo, Safriyudin Safriyudin 26-31
- PEMANFAATAN UMBI GANYONG (CANNA EDULIS KERR) MENJADI BIOETANOL DENGAN PROSES HIDROLISIS DAN FERMENTASI DETOKSIFIKASI
Murni Yuniwati, Fauzi Wahyu Niko Halpito, Taufiq Taufiq 32-39
- STRATEGI PROSES TRANSISI DARI METODE SIX SIGMA KE DFSS (DESIGN FOR SIX SIGMA) MENGGUNAKAN APLIKASI AHP (ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS)
Muhammad Yusuf 40-46
- KARBON AKTIF TERMODIFIKASI $ZnCl_2$ UNTUK ADSORPSI ION LOGAM $Fe(II)$ DALAM LIMBAH BATIK
Eka Sulistyarningsih 47-52
- EVALUASI KINETIKA REAKSI PEMBUATAN ALUMINIUM HIDROKSIDA DARI TAWAS DAN AMONIUM HIDROKSIDA
Ani Purwanti 53-58
- PENGARUH GAYA DORONG PROPELER PADA ENGINE FORA TERHADAP KECEPATAN PESAWAT MODEL F2D COMBAT
Bonyfasius Nopias, Khairul Muhajir, Toto Rusianto 59-64
- ANALISIS BONGKAH LAHAR DENGAN METODE PUNGGUNG KATAK DAERAH KARANGGEDE DAN SEKITARNYA KECAMATAN KARANGGEDE KABUPATEN BOYOLALI PROVINSI JAWA TENGAH
Agung Riswanto Kipudjena, Miftahussalam Miftahussalam 65-71
- ANALISIS RASIO KEUANGAN SEBAGAI PENGUKURAN KINERJA PERUSAHAAN
Petrus Wisnubroto 72-80
- PROTOTYPE AUTOMATIC TRANSFER SWITCH RUMAH TINGGAL SEDERHANA
Gatot Santoso, Slamet Hani 81-89

SISTEM PAKAR UNTUK MENENTUKAN STATUS KESEHATAN IBU HAMIL DENGAN METODE INFERENSI FUZZY (SUGENO)

Novita Anggraini Putri¹, Agus Sidiq Purnomo²

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Mercu Buana Yogyakarta
novitaanggreini194@gmail.com¹, sidiq@mercubuana-yogya.ac.id²

ABSTRACT

Computers today have become a major requirement in supporting human performance. One branch of computer science that is widely used is an expert system which is one of the sub field of artificial intelligence. One use of expert systems in the field of health or medicine. The developed expert system aims to reduce health problems to the public on clinical matters that need attention. One of the problems encountered in the field of health is in determining the health of pregnant women. For pregnant women, good health during the lesson will also be very helpful when it comes time to give birth and also breastfeeding a new baby legitimate. In determining the health status of pregnant women using fuzzy Sugeno logic method can provide convenience when determining the health of pregnant women, especially in conditions of pregnant women normal condition of pregnant women are at risk. Health status test from 23 data which can be concluded by using Sugeno fuzzy method with system and data obtained from institution have result 82,60%.

Keywords: Health Status, Pregnant Women, Fuzzy Sugeno, Expert System.

INTISARI

Komputer saat ini sudah menjadi kebutuhan utama dalam menunjang kinerja manusia. Salah satu cabang ilmu komputer yang banyak dimanfaatkan adalah sistem pakar yang merupakan salah satu sub bidang ilmu kecerdasan buatan. Salah satu pemanfaatan sistem pakar dalam bidang kesehatan atau kedokteran. Sistem pakar yang dikembangkan bertujuan mengurangi permasalahan kesehatan pada masyarakat mengenai hal-hal klinis yang sangat perlu diperhatikan. Salah satu permasalahan yang ditemui dalam bidang kesehatan adalah dalam menentukan kesehatan ibu hamil. Bagi ibu hamil, kesehatan yang baik selama masa kehamilan juga akan sangat membantu ketika tiba saatnya melahirkan dan juga menyusui bayi yang baru dilahirkan. Dalam menentukan status kesehatan ibu hamil menggunakan metode logika *fuzzy* Sugeno dapat memberikan kemudahan pada saat menentukan kesehatan pada ibu hamil khususnya dalam penentuan kondisi ibu hamil normal ataupun kondisi ibu hamil yang beresiko. Pengujian status kesehatan dari data 23 data yang diuji dapat disimpulkan bahwa menggunakan metode *fuzzy* Sugeno dengan sistem dan data yang didapat dari instansi memiliki hasil 82,60%.

Kata kunci: Status Kesehatan, Ibu Hamil, Fuzzy Sugeno, Sistem Pakar.

PENDAHULUAN

Komputer bukan merupakan hal yang baru bagi pemakainya. Komputer biasanya digunakan untuk pengolahan data, melakukan perhitungan matematika, dan sebagainya. Pemanfaatan komputer tidak hanya sebatas pengolahan data saja, tetapi juga dapat dimanfaatkan untuk memberikan solusi terhadap masalah-masalah yang dihadapi oleh manusia. Salah satu contoh yang banyak dimanfaatkan oleh manusia untuk membantu kerjanya adalah pembentukan sistem pakar yang merupakan salah satu sub bidang ilmu kecerdasan buatan (Arhami, 2005).

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) merupakan salah satu bagian ilmu komputer yang mempelajari cara membuat mesin (komputer) melakukan sesuatu seperti yang dilakukan oleh manusia (Kusumadewi, 2007).

Sistem pakar sendiri merupakan suatu model prosedur yang berkaitan dalam suatu domain tertentu, yang mana tingkat keahlian dapat dibandingkan dengan keahlian seorang pakar. Sistem pakar yang baik dirancang agar dapat menyelesaikan suatu permasalahan tertentu dengan meniru kerja para ahli. Dengan sistem pakar ini, orang awampun dapat menyelesaikan masalah yang cukup rumit, yang sebenarnya hanya dapat diselesaikan dengan bantuan oleh para ahli. Bagi para ahli, sistem pakar ini juga akan membantu aktifitasnya sebagai asisten yang sangat berpengalaman (Kusumadewi, 2007).

Salah satu pemanfaatan sistem pakar adalah dalam bidang kesehatan atau kedokteran. Implementasinya dapat berupa diagnosa penyakit, status kesehatan, konsultasi kesehatan atau pencarian solusi berdasarkan hasil diagnosa.

Kesehatan adalah suatu keadaan kedudukan orang dalam tingkatan sehat atau sakit. Konsep hidup sehat sampai saat ini masih relevan untuk diterapkan. Kondisi sehat secara holistik bukan saja kondisi sehat secara fisik melainkan juga spiritual dan sosial bermasyarakat (Sitanggang dan Nasution, 2012).

Status kesehatan ibu hamil merupakan suatu proses yang butuh perawatan khusus agar dapat berlangsung dengan baik kehamilan mengandung unsur kehidupan ibu maupun janin. Resiko kehamilan ini bersifat dinamis karena ibu hamil yang pada mulanya normal, secara tiba-tiba dapat beresiko tinggi. Jika status kesehatan ibu hamil buruk, misalnya menderita anemia maka bayi yang dilahirkan beresiko lahir dengan berat badan rendah, bayi dengan BBLR ini memiliki resiko kesakitan seperti infeksi saluran nafas bagian bawah dan kematian yang lebih tinggi dari pada bayi yang dilahirkan dengan berat badan normal. Bagi ibu sendiri anemia ini meningkatkan resiko pendarahan pada saat persalinan dan pasca persalinan, gangguan kesehatan bahkan resiko kematian (Kusmiyati, dkk, 2009).

Sistem pakar adalah salah satu cabang ilmu AI (Artificial Intelligent) yang membuat penggunaan secara luas knowledge yang khusus untuk penyelesaian masalah tingkat manusia yang pakar. Seorang pakar adalah orang yang mempunyai keahlian dalam bidang tertentu, yaitu pakar yang mempunyai knowledge atau kemampuan khusus yang orang lain tidak mengetahui atau mampu dalam bidang yang dimilikinya (Arhami, 2005).

Sistem inferensi *fuzzy* merupakan kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk IF-THEN, dan penalaran *fuzzy*. Dalam penalaran *fuzzy* metode Sugeno terdapat dua model yaitu : (1) Model Fuzzy Sugeno Orde-Nol, (2) Model Fuzzy Sugeno Orde-Satu. Tahapan dalam model *fuzzy* sugeno antara lain : (1) Pembentukan himpunan *fuzzy*, (2) Aplikasi fungsi implikasi, dan (3) Defuzzifikasi (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

Beberapa penelitian yang terkait antara lain seperti pada penelitian mengenai implementasi perancangan sistem pendukung keputusan dengan menggunakan *fuzzy*, pada tahap agregasi digunakan *fuzzy linguistic quantifier* serta pada tahap perangkingan digunakan *weighting product* berdasarkan pada gejala dan gangguan (Syaukani dan Kusnanto, 2012).

Penentuan status kecukupan angka gizi ibu hamil dilakukan berdasarkan pengalaman bidan atau dokter yang memeriksa pasien (ibu hamil), namun ada kalanya penentuan tersebut kurang optimal karena tidak didukung pakar yang ahli dibidangnya (ahli gizi) dan diharapkan penelitian yang akan dilakukan akan mampu memberikan kontribusi dalam hal peningkatan tingkat akurasi output informasi yang dihasilkan dibandingkan dengan penelitian yang sudah dilakukan. Pemodelan sistem pada penelitian ini menggunakan *fuzzy inference system* metode sugeno untuk menentukan kecukupan angka gizi ibu hamil (Rihastuti, dkk, 2015).

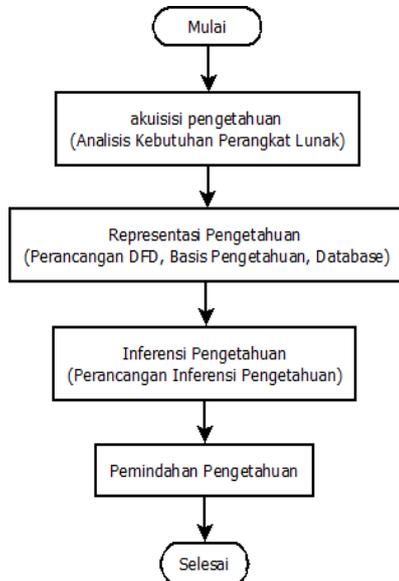
Karena pentingnya asupan gizi semasa kehamilan dan perbedaan asupan pada setiap ibu hamil, maka juga perlu dibahas mengenai apa saja yang harus dikonsumsi berdasarkan kondisi ibu hamil. Pemecahan masalah dalam penelitian ini adalah metode TOPSIS. Dengan algoritma yang digunakan dalam metode dapat menentukan jenis bahan makanan yang baik untuk kebutuhan gizi. Sistem pendukung keputusan ini dapat dijadikan untuk mendapatkan informasi mengenai jenis bahan yang sangat baik, tidak baik dikonsumsi untuk dipilih bagi ibu hamil (Ishak, dkk, 2015).

Dalam Penentuan status gizi, terdapat empat kategori yang dijadikan standar yaitu umur balita, berat balita, tinggi balita dan jenis kelamin balita. Dalam penelitian ini selain menggunakan antropometri juga digunakan metode inferensi *fuzzy* Sugeno. Berdasarkan hasil pengujian terhadap sistem pendukung keputusan (SPK) status gizi yang telah dibangun dengan menggunakan metode *fuzzy* Sugeno dan pengujian menggunakan standar baku antropometri memiliki hasil 84% dari 25 data yang diujikan terdapat 4 yang tidak sesuai (Romadhon dan Purnomo, 2016).

Penggunaan metode logika *fuzzy* Sugeno dalam menentukan status kesehatan pada ibu hamil dapat memberikan kemudahan pada saat menentukan kesehatan pada ibu hamil khususnya dalam penentuan kondisi ibu hamil normal ataupun kondisi ibu hamil yang beresiko. Tujuan dari penelitian yaitu untuk merancang aplikasi sistem pakar dan dapat mengimplementasikan metode *fuzzy* Sugeno. Perhitungan penentuan status kesehatan ibu hamil menggunakan variabel dari 4T, diantaranya Terlalu muda, Terlalu tua, Terlalu sering, dan Terlalu dekat.

METODOLOGI PENELITIAN

Jalan penelitian untuk menentukan status kesehatan ibu hamil ada empat tahap, yaitu (1) Akuisisi pengetahuan, (2) Representasi pengetahuan, (3) Inferensi pengetahuan, (4) Pemindahan pengetahuan. *Flowchart* jalannya penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



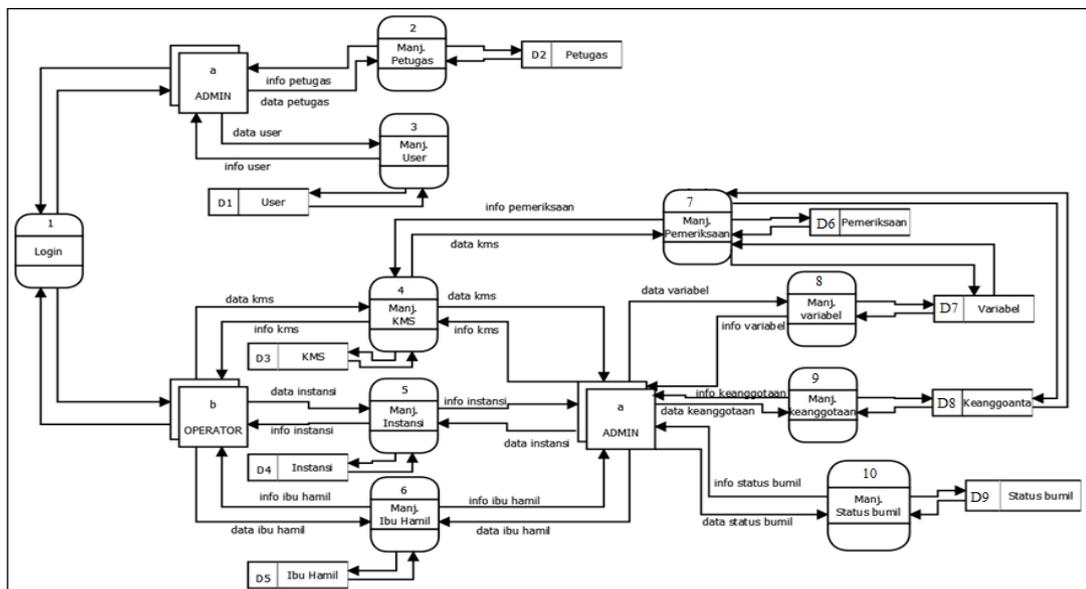
Gambar 1. Jalan Penelitian

1. Akuisi Pengetahuan

Akuisisi Pengetahuan merupakan kegiatan untuk mencari dan mengumpulkan data untuk analisis kebutuhan-kebutuhan perangkat lunak meliputi :

2. Representasi Kebutuhan

a. Perancangan Data Flow Diagram Diagram level 0 yang merupakan penjabaran dari diagram konteks. Dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. DFD Level 0

a. Analisis Kebutuhan r...
Data pokok yang dijadikan dasar acuan penentuan status kesehatan

b. Perancangan Basis Pengetahuan
Perancangan basis pengetahuan pada *fuzzy sugeno* meliputi variabel

masukan, variabel keanggotaan, variabel status gizi dilihat pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 4.

Tabel 1. Variabel Masukan

No	Nama Variabel
1	Usia Ibu Hamil
2	Spasing
3	Gravida

Tabel 2. Variabel Keanggotaan

No	Batas			Variabel	Keterangan
	Bawah	Tengah	Atas		
1	20	20	35	Usia Ibu Hamil	Muda
2	20	35	50	Usia Ibu Hamil	Produktif
3	35	60	60	Usia Ibu Hamil	Beresiko
4	18	18	70	Spasing	Risikn
5	18	70	120	Spasing	Aman
6	70	120	120	Spasing	Beresiko
7	0	1	3	Gravida	Rendah
8	1	3	5	Gravida	Normal
9	3	5	5	Gravida	Tinggi

Tabel 3. Status Kesehatan

No.	Status Kesehatan	Score
1	Normal	10
2	Beresiko Rendah	20
3	Beresiko Tinggi	60
4	Beresiko Sangat Tinggi	100

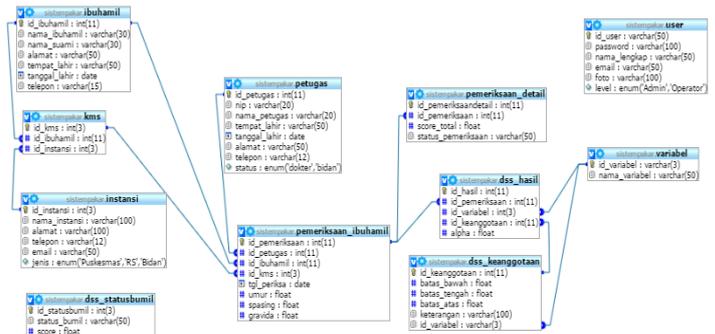
Tabel 4. Basis Aturan

No		Usia and Spasing and Gravida		Status
1	IF	Muda AND Riskan AND Rendah	THEN	Normal
2	IF	Muda AND Aman AND Rendah	THEN	Normal
3	IF	Muda AND Beresiko AND rendah	THEN	Beresiko Tinggi
4	IF	Muda AND Riskan AND Normal	THEN	Normal
5	IF	Muda AND Aman AND Normal	THEN	Normal
6	IF	Muda AND Beresiko AND Normal	THEN	Beresiko Rendah
7	IF	Muda AND Riskan AND Tinggi	THEN	Beresiko Tinggi
8	IF	Muda AND Aman AND Tinggi	THEN	Beresiko Rendah
9	IF	Muda AND Beresiko AND Tinggi	THEN	Beresiko Sangat Tinggi
10	IF	Produktif AND Riskan AND Rendah	THEN	Normal
11	IF	Produktif AND Aman AND Rendah	THEN	Normal
12	IF	Produktif AND Beresiko AND rendah	THEN	Beresiko Rendah
13	IF	Produktif AND Riskan AND Normal	THEN	Beresiko Rendah
14	IF	Produktif AND Aman AND Normal	THEN	Normal
15	IF	Produktif AND Beresiko AND Normal	THEN	Normal
16	IF	Produktif AND Riskan	THEN	Beresiko

No		Usia and Spasing and Gravida		Status
		AND Tinggi		Tinggi
17	IF	Produktif AND Aman AND Tinggi	THEN	Normal
18	IF	Produktif AND Beresiko AND Tinggi	THEN	Beresiko Rendah
19	IF	Beresiko AND Riskan AND Rendah	THEN	Beresiko Tinggi
20	IF	Beresiko AND Aman AND Rendah	THEN	Beresiko Tinggi
21	IF	Beresiko AND Beresiko AND Rendah	THEN	Beresiko Tinggi
22	IF	Beresiko AND Riskan AND Normal	THEN	Beresiko Rendah
23	IF	Beresiko AND Aman AND Normal	THEN	Beresiko Rendah
24	IF	Beresiko AND Beresiko AND Normal	THEN	Beresiko Rendah
25	IF	Beresiko AND Riskan AND Tinggi	THEN	Beresiko Sangat Tinggi
26	IF	Beresiko AND Aman AND Tinggi	THEN	Beresiko Tinggi
27	IF	Beresiko AND Beresiko AND Tinggi	THEN	Beresiko Sangat Tinggi

c. Perancangan Database

Adapun Relasi tabel pada sistem pakar untuk menentukan status kesehatan ibu hamil, ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Relasi Database

3. Inferensi Pengetahuan

Dalam perancangan sistem pakar ini menggunakan metode inferensi fuzzy Sugeno. Metode inferensi fuzzy Sugeno dimulai dari pembentukan Himpunan tiap variabel kemudian dilanjutkan menggunakan proses perhitungan inferensi dan terakhir proses defuzzifikasi dengan perhitungan z-score untuk menentukan status kesehatan ibu hamil.

4. Pemindahan Pengetahuan

flowchart jalannya sistem pakar menentukan status kesehatan ibu hamil, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Sistem

SISTEM INFERENSI FUZZY MODEL SUGENO

Model *fuzzy* Sugeno merupakan pendekatan sistematis pembangkitan aturan *fuzzy* dari himpunan data masukan-masukan yang diberikan (Widodo, 2005). Aturan *fuzzy* nya berbentuk dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ AND } y \text{ is } B \text{ THEN } z = f(y,x) \dots\dots 1$$

Dengan *A* dan *B* adalah himpunan *fuzzy* dalam antecedent dan $z=f(x,y)$ adalah fungsi tegas dalam konsekuen. Biasanya $f(x,y)$ adalah polynomial dalam variabel *x* dan *y*.

Penalaran dengan metode sugeno hampir sama dengan penalaran mamdani, hanya saja *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985, sehingga metode ini sering juga dinamakan dengan metode TSK. Menurut Cox (1994), Metode TSK terdiri dari 2 jenis, yaitu :

1. Model *Fuzzy* Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model *fuzzy* sugeno orde-nol adalah :

$$\text{IF}(x_1 \text{ is } A_1) \text{ o. } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o. } (x_3 \text{ is } A_3) \text{ o} \dots \text{o} (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z=k \dots\dots 2$$

dengan *A_i* adalah himpunan *fuzzy* ke-*i* sebagai anteseden, dan *k* adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

2. Model *Fuzzy* Sugeno Orde-Satu

Secara umum bentuk model sugeno orde-satu adalah :

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \text{ o} \dots \text{o} (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN}$$

$$z=p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q \dots\dots\dots 3$$

dengan *A_i* adalah himpunan *fuzzy* ke-*i* sebagai anteseden, dan *p_i* adalah suatu konstanta (tegas) ke-*i* dan *q* juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

Apabila komposisi aturan menggunakan metode sugeno, maka defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

Berdasarkan model *fuzzy* tersebut, ada tahapan-tahapan dalam metode Sugeno yaitu sebagai berikut:

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pada tahapan ini variabel input dari sistem *fuzzy* ditransfer ke dalam himpunan *fuzzy* untuk dapat digunakan dalam perhitungan nilai kebenaran dari premis pada setiap aturan dalam basis pengetahuan. Dengan demikian tahap ini mengambil nilai-nilai tegas dan menentukan derajat di mana nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai (2.2)

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Setiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi seperti pada Persamaan 4.

$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ THEN } y \text{ is } B \dots\dots\dots 4$$

Dengan *x* dan *y* adalah skala, dan *A* dan *B* adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut sebagai anteseden sedangkan yang mengikuti *THEN* disebut konsekuen. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy* seperti Persamaan 5.

$$\text{IF}(x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } (x_3 \text{ is } A_3) \text{ o} \dots \text{o} (x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } y \text{ is } B \dots\dots\dots 5$$

dengan *o* adalah operator (misal: *OR* atau *AND*).

Secara umum fungsi implikasi yang dapat digunakan yaitu:

- *Min* (*Minimum*)

Fungsi ini akan memotong *output* himpunan *fuzzy*.

- *Dot (Product)*

Fungsi ini akan menskala *output* himpunan *fuzzy*.

Pada Metode Sugeno, fungsi implikasi yang digunakan hanyalah fungsi min.

3. Defuzzifikasi (*Defuzzification*)

Input dari proses *defuzzifikasi* adalah himpunan *fuzzy* yang dihasilkan dari proses komposisi dan *output* adalah sebuah nilai (*crisp*). Untuk aturan if-then *fuzzy* dalam persamaan $ru(k) = \text{if } x_1 \text{ is } a_1k \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } a_nk \text{ then } y \text{ is } b_k$, dimana a_1k dan b_k berturut-turut adalah himpunan *fuzzy* dalam u dan v adalah domain fisik, $i=1,2, \dots, n$ dan $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ u dan y berturut-turut adalah variabel input dan *output* (*crisp*) dari sistem *fuzzy*. Menurut Wang, defuzzifier pada persamaan di atas didefinisikan sebagai suatu pemetaan dari himpunan *fuzzy* b_k dalam v ke titik *crisp* y^*v (arhami, 2015). Pada metode sugeno *defuzzifikasi* dilakukan dengan perhitungan *Weight Average* (WA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

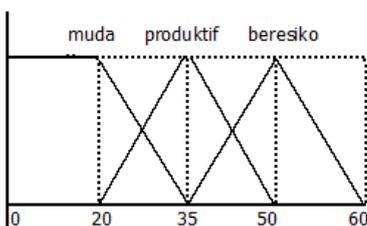
Analisis sistem dilakukan dengan metode *fuzzy* Sugeno untuk menentukan status kesehatan ibu hamil. Perhitungan menentukan status kesehatan ibu hamil menggunakan tiga variabel yaitu usia ibu hamil, *spasing*, dan *gravida*. Sebagai contoh misalkan ibu hamil bernama Kurniawati yang berumur 26 tahun, *spasing* 66 bulan, dan *gravida* 2 kali.

1. Proses Fuzzifikasi

Dalam proses *fuzzifikasi* harus membuat perancangan himpunan *fuzzy* pada sistem pakar menentukan status kesehatan ibu hamil adalah sebagai berikut :

a. Variabel umur

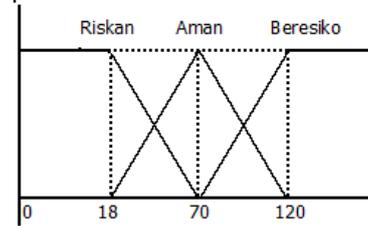
Pada variabel umur dibagi menjadi tiga kategori (tiga himpunan *fuzzy*), dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Himpunan Fuzzy Umur

b. Variabel Spasing

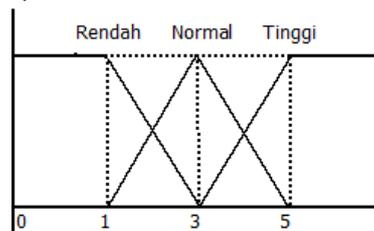
Pada variabel *spasing* dibagi menjadi tiga himpunan *fuzzy*, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Himpunan Fuzzy Spasing

c. Variabel Gravida

Pada variabel *gravida* dibagi menjadi tiga himpunan *fuzzy*, dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Himpunan Fuzzy Gravida

Perhitungan *fuzzifikasi* pada sistem penentuan status kesehatan ibu hamil kurniawati adalah sebagai berikut :

a. Umur

Umur 26 tahun berada pada usia muda dan produktif. Derajat keanggotaan umur untuk muda menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{produktif}} &= (35 - x) / 15 \\ \mu_{\text{produktif}} &= (35 - 26) / 15 \\ \mu_{\text{produktif}} &= 0,60 \end{aligned}$$

Maka nilai derajat keanggotaan umur pada produktif adalah 0,60.

Dan umur 26 tahun berada pada usia produktif. Derajat keanggotaan umur untuk muda menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{produktif}} &= (x - 20) / 15 \\ \mu_{\text{produktif}} &= (26 - 20) / 15 \\ \mu_{\text{produktif}} &= 0,40 \end{aligned}$$

Maka nilai derajat keanggotaan umur pada produktif adalah 0,40.

b. Spasing

Spasing 66 bulan berada pada keanggotaan *riskan* dan *aman*. Derajat keanggotaan *spasing* untuk *riskan* menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{spasing}} &= (70 - x) / 52 \\ \mu_{\text{spasing}} &= (70 - 66) / 52 \\ \mu_{\text{spasing}} &= 0,08 \end{aligned}$$

Maka nilai derajat keanggotaan *spasing* pada riskan adalah 0,08. Untuk *spasing* pada aman menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\mu_{spasing} &= (x - 18) / 52 \\ \mu_{spasing} &= (66 - 18) / 52 \\ \mu_{spasing} &= 0,92\end{aligned}$$

Maka nilai derajat keanggotaan *spasing* pada aman adalah 0,92.

c. Gravidita

Gravidita ibu hamil 2 kali pada keanggotaan rendah dan normal. Derajat keanggotaan *gravidita* untuk rendah menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\mu_{gravidita} &= (3 - x) / 2 \\ \mu_{gravidita} &= (3 - 2) / 2 \\ \mu_{gravidita} &= 0,50\end{aligned}$$

Maka nilai derajat keanggotaan *gravidita* pada rendah adalah 0,50. Untuk *gravidita* normal menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\mu_{gravidita} &= (x - 1) / 2 \\ \mu_{gravidita} &= (2 - 1) / 2 \\ \mu_{gravidita} &= 0,50\end{aligned}$$

Maka nilai derajat keanggotaan *gravidita* pada normal sama seperti derajat keanggotaan *gravidita* pada rendah adalah 0,50.

2. Proses Inferensi

Dari delapan data fuzzifikasi tersebut didapatkan empat aturan yang dapat diaplikasikan menggunakan aturan Conjunction dengan memilih derajat keanggotaan minimum dari nilai – nilai linguistik yang dihubungkan oleh (\cap) dan dilakukan clipping pada fungsi keanggotaan trapesium untuk penentuan status kesehatan :

1. IF Umur (0.60) AND *spasing* (0.08) AND Gravidita (0.50) THEN Status kesehatan is Normal (0.08)
2. IF Umur (0.60) AND *spasing* (0.92) AND Gravidita (0.50) THEN Status kesehatan is Beresiko Rendah (0.50)
3. IF Umur (0.60) AND *spasing* (0.08) AND Gravidita (0.50) THEN Status kesehatan is Normal (0.08)
4. IF Umur (0.60) AND *spasing* (0.92) AND Gravidita (0.50) THEN Status kesehatan is Normal (0.50)
5. IF Umur (0.40) AND *spasing* (0.08) AND Gravidita (0.50) THEN Status kesehatan is Normal (0.08)
6. IF Umur (0.40) AND *spasing* (0.92) AND Gravidita (0.50) THEN Status kesehatan is Normal (0.40)

7. IF Umur (0.40) AND *spasing* (0.08) AND Gravidita (0.50) THEN Status kesehatan is Normal (0.08)
8. IF Umur (0.40) AND *spasing* (0.92) AND Gravidita (0.50) THEN Status kesehatan is Normal (0.40)

Setelah proses Conjunction langkah selanjutnya menggunakan aturan Disjunction dengan memilih derajat dari nilai-nilai linguistik yang dihubungkan oleh (U) yaitu :

- Kesehatan is Beresiko Rendah (0.08)
 - ↳ Nilai MAX untuk Status Kesehatan **Beresiko Rendah** = 0.08
- Kesehatan is Normal (0.08) U Kesehatan is Normal (0.08) U Kesehatan is Normal (0.50) U Kesehatan is Normal (0.08) U Kesehatan is Normal (0.50) U Kesehatan is Normal (0.40) U Kesehatan is Normal (0.40)
 - ↳ Nilai MAX untuk Status Kesehatan **Normal** = 0.50

3. Proses Defuzzifikasi

Defuzzifikasi menggunakan model Sugeno yaitu mengkonversi himpunan *fuzzy* keluaran ke bentuk *crisp* dengan metode perhitungan rata – rata terbobot :

$$\text{Keluaran Crisp} = \frac{\sum(\text{Alpha}) \times (\text{konsekuen})}{\sum \text{konsekuen}}$$

$$\text{Keluaran Crisp} = \frac{1.54 + 0.00 + 0.00 + 5.00}{0.08 + 0.00 + 0.00 + 0.50}$$

$$\text{Keluaran Crisp} = 11.33$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa ibu hamil bernama Kurniawati berumur 26 tahun, *spasing* 66 bulan, dan *gravidita* 2 kali termasuk dalam kesehatan normal dengan besar nilai 11.33, seperti terlihat pada Gambar 8.

No.	Status Kesehatan	Score	Z Score
1	Beresiko Rendah	20	1.54
2	Beresiko Tinggi	60	0.00
3	Beresiko Sangat Tinggi	100	0.00
4	Normal	10	5.00

Z Score Total = (1.54 + 0.00 + 0.00 + 5.00) / (0.08 + 0.00 + 0.00 + 0.50)
Z Score Total = 11.33

Kesimpulan
Berdasarkan hasil penentuan status kesehatan pada Ibu hamil dengan menggunakan metode Inferensi Sugeno, maka Ibu hamil dengan:
• Umur = 26 Tahun
• *spasing* = 66 Bulan
• Gravidita = 2 Kali
Status Kesehatan Ibu hamil tersebut termasuk Normal dengan besar nilai Kesehatan 11.33

Gambar 8. Hasil Diagnosa Validasi hasil dengan menunjukkan perbandingan penentuan status kesehatan data dari pakar kesehatan ibu hamil dibandingkan dengan sistem menggunakan

metode *fuzzy sugeno*. Perbandingan hasil yang didapat dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Validasi Hasil

No.	Nama Ibu	Umur Ibu	Gravida	Spasing (bln)	Data Pakar	Fuzzy Sugeno		Validasi
					Status kesehatan	Status Kesehatan	Skor	
1	Siti Salamah	26	1	0	normal	normal	10.00	Sesuai
2	Dwi Handayani	26	1	0	normal	normal	10.00	Sesuai
3	Ani Lestari	24	2	24	Normal	beresiko rendah	13.48	Tidak sesuai
4	Lutfi N	24	2	12	beresiko	beresiko rendah	10.00	Sesuai
5	Seratika Lestari	21	1	0	normal	normal	10.00	Sesuai
6	Wahyu	27	1	0	normal	normal	10.00	Sesuai
7	Kurniawati	26	2	66	normal	normal	11.33	Sesuai
8	marchamah lisa	31	2	60	normal	normal	12.78	Sesuai
9	tri wahyuni	29	2	78	beresiko	beresiko tinggi	21.71	Sesuai
10	kun mazayana	20	1	0	normal	normal	10.00	Sesuai
11	Mariyatun	39	4	48	beresiko	beresiko sangat tinggi	40.62	Sesuai
12	Susiani	34	3	22	normal	beresiko rendah	19.23	Tidak sesuai
13	Meilia	32	3	84	normal	normal	12.17	Sesuai
14	Wahyuni	39	2	24	beresiko	beresiko tinggi	24.47	Sesuai
15	Nurmiati	21	1	0	normal	normal	10.00	Sesuai
16	ria maharani	28	2	60	normal	normal	12.78	Sesuai
17	amanita sandra	23	1	0	normal	normal	10.00	Sesuai
18	hati noviana	28	1	0	normal	normal	10.00	Sesuai
19	sri suwami	29	2	22	normal	beresiko rendah	15.00	Tidak sesuai
20	desti riri mahestri	26	1	0	normal	normal	10.00	Sesuai
21	Kurniawati	28	1	0	normal	normal	10.00	Sesuai
22	Sutaryanti	30	2	22	normal	beresiko rendah	15.00	Tidak sesuai
23	Febrian	25	1	0	normal	normal	10.00	Sesuai

Pengujian status kesehatan menggunakan metode *fuzzy Sugeno* dengan sistem pengujian memiliki hasil 82,60% dari 23 data yang diujikan terdapat 4 yang tidak sesuai.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Pengujian status kesehatan ibu hamil menggunakan metode *fuzzy Sugeno* dengan sistem dan data yang diperoleh dari pakar kesehatan memiliki hasil 82,60% dari 23 data ibu hamil.
2. Sistem yang dirancang dengan mengimplementasi metode *fuzzy Sugeno* dapat digunakan untuk membantu dalam menentukan status kesehatan ibu hamil.

SARAN

Berdasarkan penelitian mengenai penentuan status kesehatan ibu hamil menggunakan metode *fuzzy Sugeno* yang telah dilakukan, untuk penelitian lebih lanjut disarankan tidak hanya menggunakan variabel dari 4T, untuk dapat dikembangkan dengan menggunakan 18 variabel penapisan

sebagai alat ukur penentuan status kesehatan ibu hamil.

DAFTAR PUSTAKA

- Arhami, M. (2005). *Konsep Dasar Sistem Pakar*. Yogyakarta: Andi.
- Ishak, dkk. (2015). Penerapan Sistem Pendukung Keputusan dalam Pemilihan Gizi Ibu Hamil. *Jurnal SAINTIKOM Vol.14, No. 3, September 2015, ISSN : 1978-6603, 171-178.*
- Kusmiyati, dkk. (2009). *Perawatan Ibu Hamil (Asuhan Ibu Hamil)*. Yogyakarta: Fitramaya.
- Kusmadewi, S., (2007). Artificial Intelligence, Edisi Pertama, Cetakan Pertama, Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S., dan Purnomo, H. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rihastuti, dkk. (2015). Pemodelan Untuk Menentukan Kecukupan Angka Gizi Ibu Hamil. *Jurnal Teknologi Informasi, Vol . X Nomor 29 Juli 2015, ISSN : 1907-2430 , 27-36.*
- Romadhon, A., dan Purnomo, A. S. (2016). Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Status Gizi Balita Menggunakan Metode Fuzzy Inferensi Sugeno (Berdasarkan Metode Antropometri). *Informatics Journal, Vol. 1, No. 3, Desember 2016 ISSN : 2503-250X, 78-87.*
- Sitanggang, B., dan Nasution, S. S. (2012). Faktor-Faktor Status Kesehatan pada Ibu Hamil. *Jurnal Keperawatan Klinis, Vol 4, No 1, ISSN: 2302-4380.*
- Syaukani, M., dan Kusnanto, H. (2012). Pemodelan Sistem Pendukung Keputusan Kelompok Dengan Metode Fuzzy Weghted Product Untuk Diagnosa Penyakit Pneumonia. *Jurnal Teknologi, Volume 5, Nomor 1 Juni 2012, ISSN : 1979-3906, ISSN Online : 2338-6711, 17-23.*
- Widodo, T. S. (2005). *Sistem Neuro Fuzzy*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI GEOSAINS (ILMU KEBUMIHAN) BERBASIS ANDROID

Sulaiman¹, Harmastuti², Dwi Setyowati³,

^{1,2,3} Prodi Sistem Komputer Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

¹sulaiman67@ymail.com ²utikfst@yahoo.com, ³setyowatifst@yahoo.com_

ABSTRACT

At this time the development of mobile-based information system very rapidly, as the learning information delivered learning modules from various disciplines of science such as mathematics, physics, penggunaan software, as well as travel, shopping online and many more. Of these learning modules can also provide information about which can inform the geoscience earth science. This research is a android based mobile application aims to provide knowledge about Earth sciences (geosciences) to the entire public at large. Geoscience consists of several disciplines such as Geology, Climatology, Hydrology, and Astronomy, which can be operated on a gadget with android OS. In the system making use MIT App Inventor 2 with the support of graphic design software Corel Draw X4 and Adobe Photoshop CS6. Broadly speaking, the study was conducted at four main stages, namely the requirement analysis, design (design), production (implementation), and testing (test). But besides that, still do support or maintenance (maintenance) and the application will be updated (update) periodically for its development. The results showed that the application is capable of running in almost all versions of Android from version 4.0 to 6.0 Ice Cream Sandwich marshmallow, although the android Kitkat and Lollipop there was little trouble in the form of changing the position of the button and the text on the display application, but this does not affect system performance. For the best views recommended clearance can use the android version of the Jelly Bean and marshmallow. The final result of the application (apk file) can be downloaded through the service provider and the online application is free.

Keywords: Application, Geoscience, Android, MIT App Inventor 2.

INTISARI

Pada saat ini perkembangan sistem informasi berbasis mobile sangat pesat, seperti informasi pembelajaran yang menyampaikan modul pembelajaran dari berbagai disiplin ilmu seperti matematika, fisika, penggunaan software, juga wisata, perbelanjaan online dan masih banyak lagi. Dari modul-modul pembelajaran tersebut dapat juga memberi informasi tentang geosains yang dapat menginformasikan ilmu kebumihian. Penelitian aplikasi *mobile* berbasis android ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan tentang ilmu Kebumihian (Geosains) kepada seluruh masyarakat luas. Geosains terdiri dari beberapa disiplin ilmu seperti Geologi, Klimatologi, Hidrologi, dan Astronomi, yang dapat dioperasikan pada *gadget* dengan OS android. Dalam pembuatan sistem digunakan MIT App Inventor 2 dengan dukungan *software* desain grafis Corel Draw X4 dan Adobe Photoshop CS6. Secara garis besar penelitian ini dilakukan pada empat tahap utama, yaitu analisa kebutuhan, desain (perancangan), pembuatan (implementasi), dan pengujian (*test*). Namun disamping itu, tetap dilakukan *support* atau pemeliharaan (*maintenance*) aplikasi dan akan diperbarui (*update*) secara berkala untuk pengembangannya. Hasil yang didapatkan bahwa aplikasi mampu berjalan di hampir semua versi android dari versi 4.0 Ice Cream Sandwich hingga 6.0 Marshmallow, meskipun pada android Kitkat dan Lollipop terdapat sedikit *trouble* berupa berubahnya posisi *button* dan teks pada tampilan aplikasi, namun hal ini tidak mempengaruhi performa sistem. Untuk mendapatkan tampilan terbaik direkomendasikan menggunakan android versi Jelly Bean dan Marshmallow. Hasil akhir aplikasi (file apk) dapat diunduh melalui layanan penyedia aplikasi secara *online* dan bersifat gratis.

Kata kunci: Aplikasi, Geosains, Android, MIT App Inventor 2.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara dengan letak geografis yang strategis, baik dalam bidang politik, ekonomi, sosial budaya, bahkan ekosistem tingkat keanekaragaman hayati,

seperti laporan Eka Bahtera, Unpad 2010, tercatat keanekaragaman hayati Indonesia menduduki peringkat kedua dunia setelah Brazil.

Selain itu Indonesia juga kaya akan sumber daya alam dan mineral, baik yang di darat, laut, maupun hasil dari aktivitas vulkanologi (gunung berapi) menurut Kepala Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM, Kasbani November 2016 mengatakan aktivitas vulkanologi di Indonesia tercatat sebagai Negara dengan jumlah gunung berapi terbanyak di dunia, yaitu dengan 127 gunung berapi aktif. Sehingga membuat Indonesia dijuluki sebagai *ring of fire*, Negara cincin api di kawasan Asia-Pasifik. Seperti diketahui aktivitas vulkanologi dapat memberikan dampak positif bagi lingkungan sekitarnya [Tjasyono B. 2005], hasil aktivitas vulkanologi dapat berupa beragam jenis mineral, batuan, kualitas tanah, air, serta iklim. Dimana hasil dari aktivitas tersebut dapat dimanfaatkan bagi kelangsungn kehidupan manusia dan lingkungan. Misalnya pemanfaatan mineral dan batuan untuk pembangunan, atau pemanfaatan kualitas tanah dan iklim untuk bidang agraris (pertanian), dan masih banyak pemanfaatan lainnya. Sehingga penting bagi bangsa Indonesia mengerti dan memahami tentang aktivitas vulkanologi dan pemanfaatannya. Adapun untuk memahami hal tersebut bisa didapatkan dalam sebuah disiplin ilmu, yaitu Geosains (Ilmu Kebumian), sains tentang fenomena bumi yang menekankan interaksi manusia dengan alam, yang didalamnya terdiri dari empat ilmu yang saling terkait dan berhubungan satu sama lain, diantaranya Geologi, Klimatologi (Iklim), Hidrologi, dan Astronomi. Namun kendalanya adalah literatur atau materi Geosains tersebut hanya tersedia pada pendidikan formal atau tingkat perguruan tinggi saja. Meskipun tersedia dalam bentuk *web* atau *ebook* sekalipun, materi dan konten dinilai kurang terstruktur, sistematis, dan masif, sehingga dibutuhkan media (aplikasi) yang dapat menghimpun Geosains (Ilmu Kebumian) menjadi satu kesatuan sistem informasi yang utuh. Melihat dari tujuan pemafaatannya media atau aplikasi yang sesuai adalah yang bersifat *mobile* dan banyak digunakan masyarakat berupa ponsel pintar (*smartphone*) yang menggunakan *platform* Android

Untuk Indonesia sendiri, pada 2016 *Waiwai Marketing* (konsultan pemasaran digital) merilis data jumlah pengguna Android di kawasan Asia Tenggara dan pengguna tertinggi adalah Indonesia, dengan *market share* 94%. Kemudian lembaga riset Emarketer memperkirakan pada 2018 Indonesia akan menjadi negara dengan pengguna aktif *smartphone* terbesar keempat

di dunia setelah Cina, India, dan Amerika Serikat. Dengan melihat data tersebut maka sangat sesuai jika upaya pengenalan, identifikasi, dan pemanfaatan sumber daya alam dan mineral yang terhimpun dalam sebuah disiplin ilmu Kebumian (Geosains) dijalankan diatas *platform* yang sangat populer di masyarakat dengan pengguna terbanyak, yaitu Android.

Tulisan ini bertujuan membangun aplikasi yang dapat memberikan informasi, tentang ilmu kebumian (Geosains) kepada seluruh lapisan masyarakat yang dapat diunduh melalui layanan penyedia aplikasi berbasis android. Dengan metode yang digunakan:

a. Metode Studi Kepustakaan

Dalam pembuatan tulisan ini memperhatikan beberapa penulis seperti dalam tulisan [Solle,2015] Gunung Berapi Aktif di Indonesia Melalui Ponsel Berbasis Android bertujuan, mengenalkan beberapa gunung berapi aktif yang ada di Indonesia kepada masyarakat melalui sebuah aplikasi *smartphone* berbasis android perangkat lunak Eclipse dengan dukungan *database* MySQL aplikasi ini tidakbisa digunakan secara online. Peneliti Karya [Kholifah,2015] Aplikasi Modul Pembelajaran Corel Draw X4 pada tulisan ini bertujuan membangun sebuah aplikasi modul pembelajaran tentang Corel Draw X4 untuk mobile device berbasis Android menggunakan software pembangun yang meliputi Adobe Air, Adobe Flash CS6, serta dukungan dari Action Script 3. Adapun untuk dapat menggunakan aplikasi tersebut pengguna harus melakukan instalasi Adobe Air terlebih dahulu pada perangkat *mobile* pengguna itu sendiri. Dikarenakan hasil *compile* aplikasi tersebut berasal dari file asli flash (*.fla*) yang hanya akan terbaca melalui media flash. Keunggulan aplikasi ini dapat dijalankan pada hampir seluruh versi Android, bahkan *support* untuk iOS dan Windows Phone, dengan syarat melakukan instal Adobe Air terlebih dahulu. Sedangkan penulis [Setiawan,2012] membangun sebuah aplikasi berbasis *mobile* Android tentang panduan dan informasi kota Solo, yang meliputi sejarah kota, festival atau *event*, sistem transportasi, serta akomodasi lainnya. Aplikasi dibangun menggunakan MIT App Inventor dengan dukungan *database* Inventor (versi *online*) dan Google Maps API sebagai penyedia peta. Untuk dapat menjalankan aplikasi tersebut pengguna harus terkoneksi pada jaringan internet serta terhubung pada *Global Positioning Sistem* (GPS), dikarenakan aplikasi tersebut banyak menampilkan informasi kota berdasarkan peta kota Solo itu sendiri. Keunggulan aplikasi ini

adalah mampu menampilkan informasi posisi atau letak suatu tempat secara akurat, dikarenakan langsung terhubung pada koneksi GPS, sedangkan kekurangannya terletak pada resolusi layar yang tidak *support* pada beberapa *mobile device* tertentu. Adapun persamaan penelitian tersebut dan penelitian ini yaitu pembangunan aplikasi sama-sama menggunakan MIT APP Inventor. Namun yang berbeda adalah pada penelitian tersebut untuk dapat menjalankan aplikasi harus terhubung pada jaringan internet dan GPS, sedangkan pada penelitian ini tidak membutuhkan koneksi jaringan. Berdasarkan beberapa tinjauan pustaka diatas, maka penulis menyimpulkan bahwa penelitian tentang pembuatan aplikasi *mobile* berbasis Android sebagian masih menggunakan dukungan pihak ketiga untuk menjalankan aplikasinya, baik berupa dukungan jaringan internet, perangkat lunak, maupun koneksi digital lainnya. Selain itu sebagian besar penelitian tentang pembuatan aplikasi yang ditujukan kepada pengguna secara luas tidak mencantumkan informasi tentang dimana aplikasi akan dipublikasi atau bisa didapatkan. Pada penelitian ini penulis membangun aplikasi geosains yang ditujukan kepada masyarakat luas yang tersedia melalui layanan penyedia aplikasi *mobile device* berbasis Android dan penggunaannya dapat berjalan secara *offline*. Penelitian ini juga berusaha mengeksplorasi MIT App Inventor dalam hal pembuatan aplikasi dengan banyak *screen* dan banyak data. Sebagaimana diketahui MIT App Inventor pada dasarnya hanya menyediakan maksimal 10 *screen* dan 5 MB data (*offline*) untuk pembuatan satu aplikasi. Sehingga dibutuhkan logika pemrograman dan pengaturan *pixel* yang tepat untuk memaksimalkan hal tersebut.

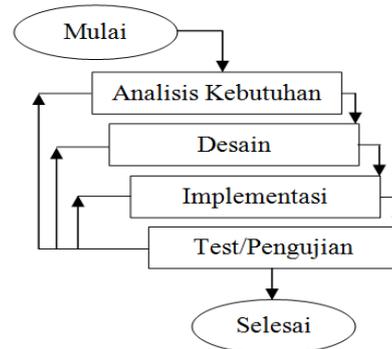
b. Metode Observasi

Mengamati dan mempelajari segala sesuatu yang berkaitan dengan perancangan aplikasi ini, seperti melakukan pengamatan terhadap penelitian sejenis maupun penelitian secara umum sebagai bahan referensi. Mempelajari dan memahami konten atau materi aplikasi, agar hasil aplikasi yang dibangun sesuai dengan tujuan penelitian.

c. Metode Perancangan

Sedangkan metode perancangan yang diterapkan dalam pembuatan aplikasi ini adalah dengan model *waterfall* [Kadir, 2003]. Tahapan dalam penelitian ini dapat digambarkan melalui *waterfall* diagram. Dalam pengembangan *waterfall*, biasanya terdapat bentuk alih fungsi antar fase. Selama

implementasi, sesuatu mungkin terjadi dan menuntut untuk kembali melihat analisis dan desain sistem [Roger, 2002]. Berikut merupakan gambaran diagram alir penelitian:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Analisis Sistem

Analisis sistem adalah penguraian dari suatu sistem informasi yang utuh ke dalam komponen-komponennya dengan maksud untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan-permasalahan yang terjadi dan kebutuhan-kebutuhan yang diharapkan sehingga diusulkan perbaikannya (Wildan, 2012).

a. Identifikasi Masalah

Mempersiapkan data-data yang diperlukan dalam pembuatan aplikasi, yaitu data berupa konten atau materi tentang Geosains secara keseluruhan yang meliputi Geologi, Klimatologi, dan Hidrologi. Selanjutnya melakukan identifikasi kesesuaian konten terhadap pengguna dan lingkungan penelitian. Karena konten pada penelitian ini berupa ilmu alam yang memiliki karakteristik pada suatu waktu dan tempat tertentu. Dengan demikian pembuatan aplikasi akan sesuai dengan tujuan penelitian.

b. Memahami Kerja Sistem

Setelah data-data berupa konten atau materi aplikasi didapatkan dan dilakukan penyesuaian, maka selanjutnya adalah memahami alur kerja dari sistem, mulai dari perancangan sistem hingga implementasi program. Seluruh data yang diperlukan akan diolah berdasarkan perancangan sistem dan menghasilkan sebuah program.

c. Analisa Kerja Sistem

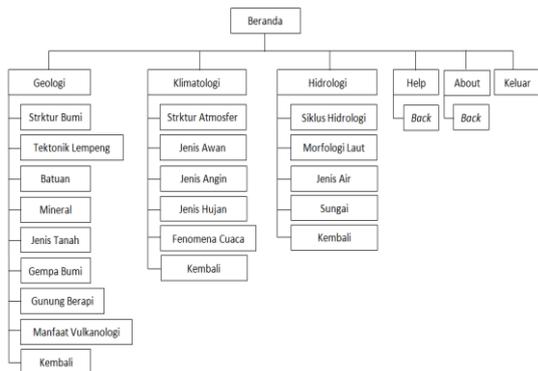
Pada tahap analisa kerja sistem, perancangan yang telah dibangun menjadi sebuah program akan dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian bertujuan untuk mengetahui kesesuaian hasil program dengan analisa kebutuhan, perancangan, dan tahap implementasi.

Dengan pengujian juga akan didapatkan kompatibilitas aplikasi serta kelebihan dan kelemahan aplikasi tersebut [Sutabri,2003]

a. Membuat Laporan

Laporan dibuat secara keseluruhan mulai dari proses awal berupa identifikasi masalah hingga pada kinerja sistem yang dijalankan dan hasil pengujiannya. Sehingga akan membentuk rangkaian-rangkaian yang saling terkait dan berhubungan dari awal hingga akhir.

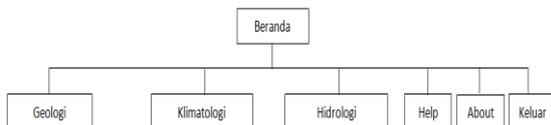
HIPO (*Hierarchy Input Proses Output*) adalah alat bantu untuk membuat urutan tingkat atau jenjang dan struktur sebuah sistem, HIPO terdiri dari dua bagian yaitu *Hierarchy Chart* (untuk menggambar struktur program) dan *IPO (Input Proses Output)* yang digunakan untuk menjelaskan data *input* dan *output*. Perancangan HIPO untuk membangun aplikasi Sistem Informasi Geosains seperti gambar berikut:



Gambar 2. HIPO (*Hierarchy Input Proses Output*)

b. HIPO Halaman Beranda

HIPO halaman beranda adalah rancangan menu-menu yang terdapat di halaman beranda yang terdiri dari *button* untuk menuju konten aplikasi. Berikut adalah HIPO pada halaman beranda:



Gambar 3. HIPO Halaman Beranda

c. HIPO Halaman Geologi

HIPO halaman Geologi merupakan tampilan yang akan menampilkan menu-menu untuk mengakses konten-konten yang tersedia pada halaman Geologi. Perancangan HIPO halaman geologi seperti ditunjukkan oleh gambar 4 berikut:



Gambar 4. HIPO Halaman Geologi

d. HIPO Halaman Klimatologi

HIPO halaman Klimatologi berisikan konten yang terdiri dari Struktur Atmosfer, Jenis Awan, Jenis Angin, Jenis Hujan, serta Fenomena Cuaca. Perancangan HIPO halaman Klimatologi sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 5 berikut:



Gambar 5. HIPO Halaman Klimatologi

e. HIPO Halaman Hidrologi

HIPO halaman Hidrologi berisikan empat konten, yaitu Siklus Hidrologi, Morfologi Laut, Jenis Air, dan Sungai. Perancangan HIPO halaman Hidrologi sebagai berikut:



Gambar 6. HIPO Halaman Hidrologi

f. Rancangan Icon Aplikasi Sistem Informasi Geosains

Rancangan *icon* aplikasi Sistem Informasi Geosains digunakan sebagai logo atau simbol

dari aplikasi yang menggambarkan karakteristik dari aplikasi tersebut. Berikut rancangan *icon* aplikasi Sistem Informasi Geosains:



Gambar 7. *Icon* Aplikasi Sistem Informasi Geosains

g. Rancangan Interface Beranda

Rancangan *interface* beranda adalah halaman utama dari aplikasi, merupakan halaman yang pertama kali muncul ketika aplikasi dijalankan. Pada rancangan *interface* beranda terdapat menu-menu yang berisikan konten-konten aplikasi. Perancangan *interface* beranda seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 berikut:



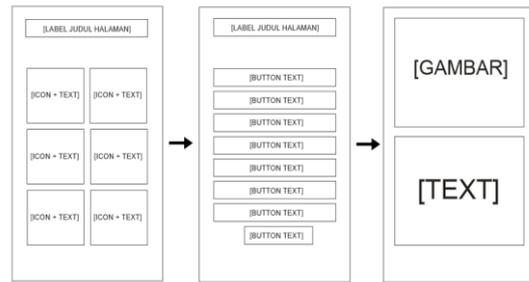
Gambar 8. Rancangan *Interface* Beranda

Pada halaman tersebut terdapat enam tombol (*button*), dimana tombol-tombol tersebut akan menuju pada halaman-halaman selanjutnya. Berikut keterangan fungsi dari masing-masing tombol tersebut:

- Geologi: Tombol untuk menuju halaman Geologi.
- Klimatologi: Tombol untuk menuju halaman Klimatologi.
- Hidrologi: Tombol untuk menuju halaman Hidrologi.
- Help: Akan menampilkan informasi tentang cara penggunaan aplikasi dan gambaran konten aplikasi.
- About: Menampilkan versi, *developer*, dan publikasi aplikasi.
- Keluar: Untuk keluar dari aplikasi.

Perancangan antarmuka sistem terdiri dari tiga buah *Screen* utama yang terdiri dari

Halaman Beranda, Konten, dan Materi. Berikut tampilan rancangan antarmuka seperti Gambar berikut:



Gambar 9. Perancangan Antarmuka SIG

Setelah melalui proses perancangan dan desain sistem langkah yang dilakukan selanjutnya adalah proses implementasi, yaitu instalasi aplikasi Sistem Informasi Geosains ke perangkat android. Proses implementasi masing-masing elemen disesuaikan dengan apa yang direncanakan pada perancangan sistem, dengan harapan memperoleh hasil akhir yang sesuai.

Hasil implementasi setiap elemen disesuaikan dengan perancangan sistem dan pembenahan alternatif untuk memperoleh hasil akhir yang sesuai. Untuk dapat menjalankan Aplikasi Sistem Informasi Geosains sebelumnya harus memiliki file APK SIGeo V1.0. File tersebut bisa didapatkan dengan cara mengunduh (*download*) di *website* <http://www.getjar.com/SIGeo>:



Gambar 10. Download Aplikasi SIG

Setelah tersedia file APK SIGeo V1.0 langkah berikutnya melakukan instalasi aplikasi, yaitu pemasangan aplikasi pada perangkat android. Melakukan pemasangan dengan mencari letak file APK SIGeo V1.0 (*one*) sebagai berikut:



Gambar 11. Letak file SIGeo V1.0

Tekan (*touch*) pada aplikasi dan tekan pilihan “instal”, tunggu hingga pemasangan selesai, maka proses instalasi berjalan seperti gambar 12 berikut:



Gambar 12. Instalasi file SIGeo V1.0

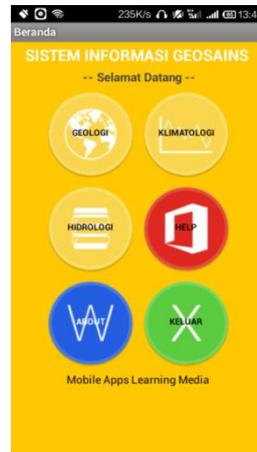
Setelah proses instalasi selesai maka akan otomatis terpasang dan langsung dapat dijalankan pada menu aplikasi perangkat android dengan memilih pilihan “buka” atau “open”. Berikut tampilan aplikasi setelah berhasil terpasang pada perangkat android:



Gambar 13. Pemasangan Aplikasi

Tampilan halaman Beranda adalah halaman utama dari aplikasi, merupakan halaman yang pertama kali muncul ketika

aplikasi dijalankan. Pada Halaman Beranda terdapat menu-menu yang berisikan konten-konten aplikasi. Halaman Beranda seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 14. Beranda

Selanjutnya adalah halaman Konten dan Materi. Pada halaman tersebut masing-masing berisikan konten dan materi tentang Ilmu Kebumihan (Geosains). Berikut tampilan halaman Konten dan Materi.

Pada halaman tersebut terdapat enam tombol (*button*), dimana tombol-tombol tersebut akan menuju pada halaman-halaman selanjutnya. Berikut keterangan fungsi dari masing-masing tombol tersebut:

Tabel 1. Fungsi Tombol Halaman Beranda

Tombol (<i>Button</i>)	Fungsi
Geologi	Menampilkan halaman Geologi
Klimatologi	Menampilkan halaman Klimatologi
Hidrologi	Menampilkan halaman Hidrologi
Help	Menampilkan halaman Help
About	Menampilkan halaman About
Keluar	Keluar dari aplikasi

Tampilan halaman konten akan menampilkan menu-menu untuk mengakses berbagai macam konten yang tersedia pada halaman konten. Tampilan halaman konten sebagaimana gambar 15 berikut:



Gambar 15. *Interface* Halaman Konten

Selanjutnya setiap *button* atau tombol pada halaman konten akan mengarahkan kepada halaman materi yang berisikan informasi dan pengetahuan dari materi Geologi, Klimatologi, maupun Hidrologi. Berikut gambaran tampilan halaman materi sebagai berikut:



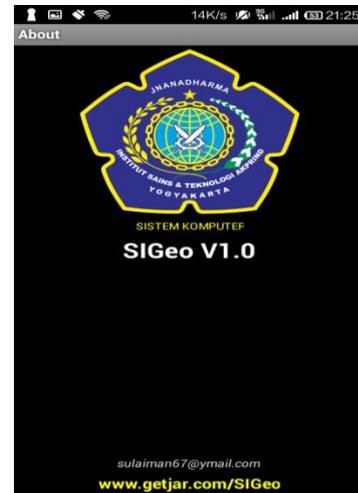
Gambar 16. *Interface* Halaman Materi

Pada tampilan halaman Help berisikan informasi mengenai cara penggunaan aplikasi, berupa penjelasan fungsi *button* dan *link* yang tersedia, beserta gambaran mengenai isi konten. Adapun tampilan halaman Help ditunjukkan gambar berikut:



Gambar 17. Tampilan halaman Help

Selanjutnya tampilan halaman About, pada *interface* ini berisikan informasi tentang aplikasi. Informasi berupa versi aplikasi, *developer* maupun publikasi aplikasi. Tampilan halaman About sebagai berikut:



Gambar 18. Tampilan Halaman About

Berikutnya *uninstall* adalah proses menghapus aplikasi yang sudah berjalan pada perangkat android. Adapun uninstalasi aplikasi Sistem Informasi Geosains seperti gambar berikut:



Gambar 19. Proses *Uninstall* aplikasi Sistem Informasi Geosains

Untuk uninstalasi aplikasi pada perangkat android dengan cara melakukan "*drag and drop*", yaitu menekan lama pada *icon* aplikasi Sistem Informasi Geosains hingga muncul *icon* atau pilihan "*delete*" yang kemudian diarahkan pada pilihan "*uninstall*" untuk menghapus aplikasi dari perangkat android secara *permanent*.

PEMBAHASAN

Penulis membangun aplikasi Sistem Informasi Geosains menggunakan MIT App Inventor 2 dengan bantuan *software* desain grafis Corel Draw X4 dan Adobe Photoshop CS6. Hasil *compile* file berekstensi ".apk" dan dapat di *install* pada perangkat android.

Uji kompatibilitas dilakukan pada android versi 4.0 Ice Cream Sandwich hingga android versi 6.0 Marshmallow, mengingat untuk android versi dibawah 4.0 sudah sangat

jarang ditemui dikarenakan perkembangan android yang begitu pesat. Dalam pengujian didapatkan bahwa aplikasi dapat berjalan di hampir seluruh versi android mulai dari versi 4.0 Ice Cream Sandwich hingga android versi 6.0 Marshmallow. Aplikasi dapat menampilkan halaman secara sempurna dan berjalan dengan baik tanpa adanya masalah seperti *force close* program atau mengalami *hang/lag*. Meskipun mampu berjalan normal pada hampir semua versi android, namun terdapat sedikit masalah jika di *install* pada beberapa *device android* yang memiliki resolusi layar tertentu misalnya pada *device* dengan *display* 5,5 inch dan 3,5 inch. Permasalahan berupa berubahnya posisi *button* atau teks dari posisi asalnya. Permasalahan ini diperkirakan karena perancangan resolusi aplikasi Sistem Informasi Geosains dibuat berdasarkan kelipatan layar 480 x 640 piksel, sehingga *device* yang tidak berdasarkan kelipatan resolusi tersebut akan mengalami permasalahan pada tampilan aplikasi. Selain itu pada beberapa perangkat android yang menggunakan *interface* tertentu seperti MIUI, juga mengalami permasalahan serupa, hal ini dikarenakan adanya perancangan antarmuka tambahan dari pengembang perangkat tersebut.

Pengujian kompatibilitas dilakukan pada versi android yang berbeda, adapun hasil dari pengujian sebagai berikut:

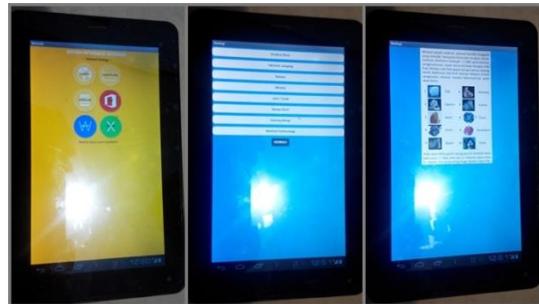
Tabel 2. Hasil Uji Kompatibilitas

Versi	Nama Android	Keterangan
4.0	Ice Cream Sandwich	Support, berjalan normal
4.1	Jelly Bean	Support, berjalan normal
4.2	Jelly Bean	Support, berjalan normal
4.3	Jelly Bean	Support, berjalan normal
4.4	Kitkat	Support, berjalan, terdapat <i>trouble</i>
5.0	Lollipop	Support, berjalan, terdapat <i>trouble</i>
6.0	Marshmallow	Support, berjalan normal

1. Ice Cream Sandwich Versi 4.0

Pengujian dilakukan pada *device* tablet Mito T660 dengan spesifikasi prosesor 1,2 GHz dual-core, RAM 512 MB, layar 7 inch, dimana aplikasi berjalan dengan normal, seluruh tampilan, menu, *link*, dan *button* bekerja dengan sangat baik dan cepat, tidak terdapat *error* atau *bug*. Meskipun tampilan

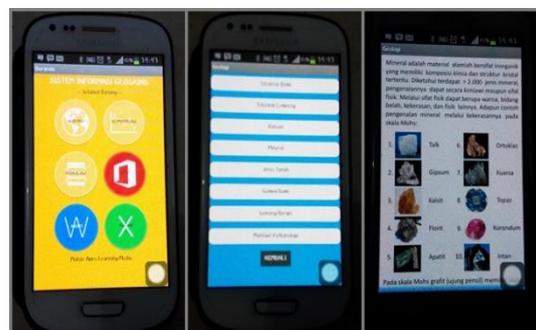
terlihat tidak memenuhi layar, namun semua halaman dapat ditampilkan secara keseluruhan. Berikut tampilan hasil pengujian pada perangkat dengan versi Ice Cream Sandwich:



Gambar 20. Pengujian Pada Android Ice Cream Sandwich

2. Jelly Bean Versi 4.1 – 4.3

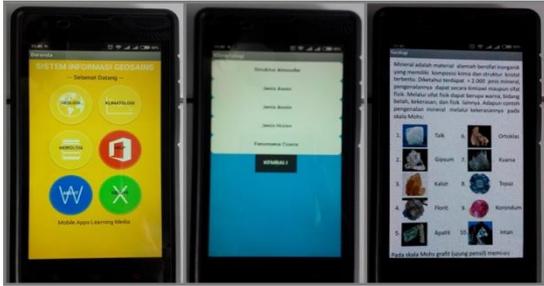
Pada *device* dengan versi android 4.1 – 4.3 (Jelly Bean) aplikasi Sistem Informasi Geosains berjalan dengan sangat normal dan baik, tidak terdapat permasalahan apapun. Adapun pengujian dilakukan pada *smartphone* Samsung Galaxy S3 Mini dengan prosesor 1 GHz dual-core, RAM 1 GB, layar 4.0 inch dan tablet Advan X7 dengan prosesor 1 GHz quad-core, RAM 1 GB, layar 7 Inch. Berikut gambar hasil pengujiannya:



Gambar 21. Pengujian Pada Android Jelly Bean

3. Kitkat Versi 4.4

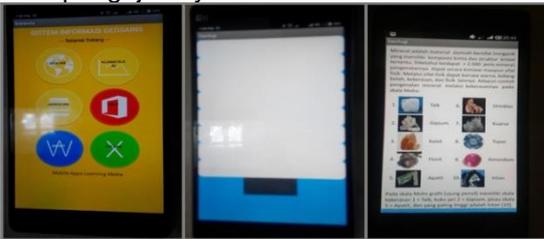
Pada android Kitkat versi 4.4 diuji menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi 1s dengan prosesor 1,6 GHz quad-core, RAM 1 GB, layar 4,7 inch. Aplikasi Sistem Informasi Geosains dapat berjalan dengan baik meskipun terdapat *trouble* pada beberapa tampilan berupa berubahnya ukuran *button* dan teks. Hal ini diperkirakan karena kurang kompatibelnya sistem aplikasi terhadap android versi Kitkat. Berikut tampilan pengujian pada android Kitkat:



Gambar 22. Pengujian Pada Android Kitkat

4. Lollipop Versi 5.0

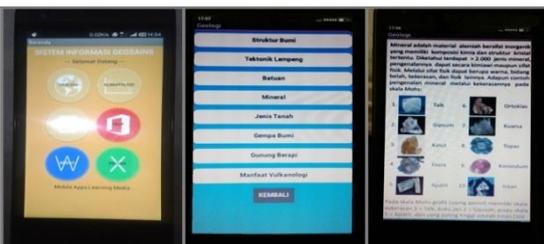
Selanjutnya pengujian pada android Lollipop versi 5.0 melalui *smartphone* Redmi Mi4C dengan prosesor 1,4 quad-core, RAM 3 GB, dan layar 5.0 inchi. Secara keseluruhan aplikasi Sistem Informasi Geosains berjalan dengan baik, akan tetapi pada beberapa halaman mengalami perubahan letak posisi *button* dan ukuran teks. Hal ini diperkirakan karena tidak sesuainya ukuran kelipatan piksel layar perangkat dengan desain yang ditetapkan dalam pembuatan aplikasi ini yaitu 480 x 640, sedangkan perangkat tersebut memiliki piksel 1080 x 1920. Berikut tampilan hasil pengujiannya:



Gambar 23. Pengujian Pada Android Lollipop

5. Marshmallow Versi 6.0

Selanjutnya pengujian pada android Marshmallow versi 6.0 melalui *smartphone* Redmi 2s dengan prosesor 1,2 GHz quad-core, RAM 1 GB, layar 4.7 inch. Aplikasi berjalan dengan normal, semua halaman dapat ditampilkan dengan baik. Meskipun terdapat permasalahan berupa mengecilnya ukuran beberapa *button* dari ukuran normalnya, namun hal ini tidak mempengaruhi kinerja dari aplikasi Sistem Informasi Geosains. Berikut tampilan hasil pengujian pada android Marshmallow:



Gambar 24. Pengujian Pada Android Marshmallow

Hasil pengembangan aplikasi Sistem Informasi Geosains didapatkan bahwa aplikasi mampu berjalan di hampir semua versi android dari versi 4.0 Ice Cream Sandwich hingga 6.0 Marshmallow, meskipun pada android Kitkat dan Lollipop terdapat sedikit *trouble* berupa berubahnya posisi *button* dan teks pada tampilan aplikasi, namun hal ini tidak mempengaruhi performa sistem. Untuk mendapatkan tampilan terbaik direkomendasikan menggunakan android versi Jelly Bean dan Marshmallow. Seperti gambar berikut:



Gambar 25. Rekomendasi Tampilan Terbaik

a. Kelebihan Sistem

Setelah dilakukan pengujian aplikasi didapatkan kelebihan-kelebihan sistem yang berjalan pada perangkat android, diantaranya:

1. Aplikasi Sistem Informasi Geosains dapat berjalan (*support*) di hampir semua versi android.
2. Aplikasi Sistem Informasi Geosains bersifat *offline*, sehingga dapat berjalan meskipun tidak terhubung pada jaringan internet.
3. File aplikasi SIGeo V1.0 tersedia dan dapat diunduh kapanpun dan dimanapun melalui layanan penyedia aplikasi secara *online*.
4. Ukuran file aplikasi yang kecil, sehingga tidak membebani memori penyimpanan serta aplikasi yang sangat ringan untuk kinerja RAM.

b. Kekurangan Sistem

Disamping beberapa kelebihannya, penulis menyadari aplikasi Sistem Informasi Geosains masih memiliki banyak kekurangan, adapun diantara kekurangan tersebut adalah:

1. Terbatasnya ukuran file media yang dapat digunakan untuk membangun aplikasi menggunakan MIT App Inventor 2, yaitu maksimal 5 MB data.
2. Kurang beragamnya media yang digunakan, seperti tidak adanya file video, *flash*, dan audio.
3. Tidak termuatnya isi konten materi tentang Geosains (Ilmu Kebumihan) secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Aplikasi Sistem Informasi Geosains dapat berjalan (*support*) di hampir semua versi android, meski pada android versi Kitkat dan Lollipop terdapat sedikit *trouble* pada *reload* tampilan, namun hal ini tidak mempengaruhi jalannya aplikasi

Untuk tampilan terbaik direkomendasikan menggunakan android Jelly Bean dan Marshmallow.

Aplikasi Sistem Informasi Geosains tersedia dan dapat diunduh melalui layanan penyedia aplikasi secara *online* dan gratis.

Isi konten materi ilmu Kebumian (Geosains) yang ditampilkan telah mencakup secara garis besar mengenai disiplin ilmu tersebut, meskipun tidak memuat secara keseluruhan.

Kurang beragamnya file media yang tersedia pada aplikasi Sistem Informasi Geosains, hal ini dikarenakan adanya batas maksimum yang diberikan oleh *software* pembangun aplikasi (MIT App Inventor 2).

DAFTAR PUSTAKA

Kadir A. 2003. *Pengenalan Sistem Informasi*. Andi: Yogyakarta.

Kholifah S. 2015. *Aplikasi Modul Pembelajaran Corel Draw X4 Pada Ponsel Berbasis Android*. Akprind: Yogyakarta.

Roger S. 2002. *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi (Buku Satu)*. ANDI: Yogyakarta.

Setiawan R. 2012. *Pembuatan Aplikasi Mobile "Panduan Kota Solo " Berbasis Android*. STMIK AMIKOM: Yogyakarta.

Solle JY. 2015. *Membangun Aplikasi Pengenalan Gunung Berapi Aktif Di Indonesia Melalui Ponsel Berbasis Android*. Akprind: Yogyakarta.

Sulaiman, 2017, Rancang Bangun Aplikasi Sistem Informasi Geosains (Ilmu Kebumian) Berbasis Android, jurusan sistem komputer, IST AKPRIND yogyakarta

Sutabri T. 2003. *Analisis Sistem Informasi*. ANDI: Yogyakarta.

Tjasyono B. 2005. *Pengantar Ilmu Kebumian*. ITB: Bandung.

Wildan. 2012. *"LKP: Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Pada SMK Negeri 11 Surabaya"* (Doctoral Dissertation, STIKOM Surabaya).

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA DAN KUALITAS LAYANAN ANTARA FIRMWARE DEFAULT DAN FIRMWARE OPENWRT PADA ACCESS POINT TP-LINK MR3020

Catur Iswahyudi¹, Dedi Setiawan²

^{1,2}Jurusan Teknik Informatika, FTI, IST AKPRIND Yogyakarta

¹catur@akprind.ac.id, ²dedisetiawan9358@gmail.com

ABSTRACT

The access point serves as a central transmitter and receiver of radio signals in wireless networks. The performance of the access point is not only determined by the specifications of the hardware but also by the firmware. Default firmware in access points TP-LINK TL-MR3020 still has many shortcomings. The most fundamental disadvantage is the process of identifying the old usb dongle modem, about 2 to 3 minutes. Another disadvantage is the unstable connection and excessive heat. One solution to overcome these shortcomings is to upgrade the original firmware with OpenWRT firmware. This study aims to compare the performance and quality of service between the original firmware and OpenWRT firmware on Access Point TP-LINK MR3020 devices. Testing is done by comparing the access points performance between default firmware and OpenWRT firmware using throughput, delay, jitter, and packet loss parameters. The test results can be given as a recommendation to upgrade the firmware of access point. The test results on throughput parameter indicates that the quality of the actual bandwidth in OpenWRT firmware has better performance than the default firmware with an average difference of 26.9%. While the delay parameter shows that the time it takes to cover the distance from point of origin to point of destination using OpenWRT firmware faster than the access point to the default firmware with an average difference of 22.9ms. Test result on the jitter parameter variations in packet arrival shows that firmware OpenWRT is lower than the default access point with an average difference of 0.31ms. And testing the parameters of packet loss shows that the number of packets lost lower in default firmware compared with OpenWRT firmware with an average difference of 1.6%. In general it can be concluded that the OpenWRT firmware is superior to the parameters of throughput, delay, and jitter, while the default firmware excels on the parameters of packet loss.

Keywords: Access Point, Firmware, OpenWRT, TP-LINK TL-MR3020, QoS.

INTISARI

Access point berfungsi sebagai pusat pemancar dan penerima sinyal radio pada jaringan nirkabel. Kinerja access point tidak hanya ditentukan oleh spesifikasi perangkat keras dalam access point tersebut, tetapi juga oleh firmware. Firmware bawaan dalam access point TP-LINK TL-MR3020 masih memiliki banyak kekurangan. Kekurangan yang paling mendasar adalah proses identifikasi usb dongle modem yang lama, sekitar 2 hingga 3 menit. Kekurangan lainnya adalah koneksi yang tidak stabil dan panas yang berlebihan. Salah satu solusi mengatasi kekurangan tersebut adalah mengupgrade firmware asli dengan firmware OpenWRT. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja dan kualitas layanan antara firmware asli dan firmware OpenWRT pada perangkat Access Point TP-LINK MR3020. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan kinerja access point antara firmware default dan firmware OpenWRT menggunakan parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss. Dengan hasil pengujian tersebut, dapat diberikan rekomendasi untuk upgrade firmware perangkat access point. Hasil pengujian pada parameter throughput menunjukkan bahwa kualitas bandwidth aktual menggunakan firmware openWRT memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan firmware default dengan selisih rata-rata 26.9%. Sedangkan pada parameter delay diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak dari titik asal ke titik tujuan menggunakan firmware openWRT lebih cepat dibandingkan AP dengan firmware default dengan rata-rata selisih 22.9ms. Pada pengujian parameter Jitter diketahui bahwa variasi kedatangan paket lebih rendah firmware openWRT dibandingkan dengan access point firmware default dengan rata-rata selisih 0.31ms. Pada pengujian parameter packet loss diketahui bahwa jumlah paket yang hilang lebih rendah pada firmware default dibandingkan firmware OpenWRT dengan rata-rata selisih 1.6%. Secara umum dapat disimpulkan bahwa firmware OpenWRT lebih unggul pada parameter throughput, delay, dan jitter, sedangkan firmware default unggul pada parameter packet loss.

Kata kunci: Access Point, Firmware, OpenWRT, TP-LINK TL-MR3020, QoS

PENDAHULUAN

Access point (AP) adalah sebuah *node* yang telah dikonfigurasi secara khusus pada sebuah *wireless Local Area Network (WLAN)*. AP bertindak sebagai pusat pemancar dan penerima sinyal radio *WLAN*. AP sering juga disebut *base station*, sehingga *client* yang terhubung dengan perangkat tersebut bisa berkomunikasi satu sama lain dengan *subnet mask* yang sama.

Kinerja AP tidak hanya ditentukan oleh spesifikasi perangkat keras yang ada di dalam AP tetapi juga ditentukan oleh *firmware* dalam AP tersebut. *Firmware* adalah sebuah perangkat lunak yang tersimpan pada ROM (*Read Only Memory*) yang berisi program atau data.

Firmware default dalam sebuah AP masih memiliki banyak kekurangan seperti, koneksi yang kurang stabil dan panas yang berlebihan pada perangkat AP. Kekurangan yang paling mendasar adalah proses identifikasi usb dongle modem yang lama, sekitar 2 hingga 3 menit. *Firmware default* juga jarang mendapatkan dukungan pengembangan dari *vendor*, sehingga *bug* yang ada di AP dapat mengganggu kinerja AP tersebut. Salah satu cara untuk mengatasi masalah pada *Firmware default* adalah dengan mengganti *Firmware default* tersebut. Perubahan tersebut akan merubah *firmware* yang semula statis menjadi *firmware* dinamis, sehingga layanan yang tidak terdapat pada AP dapat ditambahkan maupun dikurangi.

Salah satu *firmware* yang dapat digunakan untuk merubah *firmware* statis dari pabrik menjadi *firmware* dinamis tersebut adalah *OpenWRT*. *Firmware* ini memberikan kebebasan kepada penggunaannya untuk memasang berbagai layanan tanpa harus membeli *hardware* yang berbeda-beda.

Dengan adanya permasalahan tersebut, dilakukan percobaan dengan meng-*upgrade firmware default* TP-LINK TL-MR3020 dengan *firmware openWRT* dan membandingkan *Quality Of Service (QoS)* kedua *firmware* tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian untuk membandingkan kinerja AP pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, antara lain Analisis dan *Implementasi Quality Of Service (QoS)* Menggunakan DD-WRT Pada D-LINK DIR 600 oleh Nugraha (2012). Hasil dari penelitian ini *Firmware* pada *access point* D-LINK DIR-600 dapat di-*upgrade* dengan menggunakan *firmware* yang bersifat gratis yaitu DD-WRT, tanpa harus mengeluarkan biaya yang mahal dalam implementasinya. Fitur QoS pada DD-

WRT lebih mumpuni dengan banyaknya menu layanan yang tersedia di dalamnya. Berbeda dengan *firmware default* D-LINK DIR-600 (Versi 2.03) yang memiliki fitur QoS dengan berbagai keterbatasan seperti tidak adanya opsi *priority mac* dan *priority port*. *Bandwidth Management* pada QoS dapat dilakukan dengan cara *filtering mac address* dan memberikan *priority* terhadap *mac address* yang ditentukan.

Penelitian selanjutnya tentang Analisis Performansi Wifi Router Linksys Antara Firmware Original Dan Custom oleh Kurnia (2013). Penelitian ini mengenai perbandingan dan pengujian unjuk kerja antara *wireless router linksys WRT54GL firmware original* dengan *wireless router Linksys WRT54GL DD-WRT*. Parameter yang digunakan pada pengujian adalah *range IP address*, *power transmit*, *bandwidth limit*, *bandwidth monitoring*, dan *scanning* jaringan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kemampuan *wireless router linksys WRT54GL DD-WRT* memiliki unjuk kerja yang lebih bagus dibandingkan dengan *wireless router linksys WRT54GL firmware original*. Berdasarkan pengujian, kelebihan *wireless router linksys WRT54GL DD-WRT* diantaranya mempunyai pengaturan *IP address* pada kelas A, B, C, dapat diatur *power transmit* mulai dari 0-251mW, *management bandwidth* untuk *upload* dan *download*, dapat melakukan *monitoring traffic* transfer data, mempunyai autentikasi yang terintegrasi langsung pada *chillispot*, serta dapat melakukan *scanning* jaringan dan sinyal dengan *site survey* dan *wivis survey*.

Penelitian tentang Analisis Kinerja Jaringan Wireless LAN Menggunakan Metode QoS dan RMA Pada PT Pertamina EP Ubep Ramba juga pernah dilakukan oleh Romadhon (2014). Penelitian ini menekankan pada proses monitoring dan pengukuran parameter jaringan pada infrastruktur jaringan seperti kecepatan akses dan kapasitas transmisi, dari titik pengirim ke titik penerima yang menjadi tujuan. Parameter yang digunakan adalah *bandwidth*, *delay*, dan *packet loss*. Wireless LAN pada PT Pertamina EP Ubep Ramba (Persero) memiliki kehandalan yang cukup, perawatan, dan ketersediaan jaringan Wireless LAN sudah terpenuhi di area pekerja. Monitoring untuk melihat kinerja jaringannya dapat dilihat melalui *Log PRTG*, Hasil *Uptime* dan *Downtime*-nya pun tidak terlalu buruk, Ketersediaan perangkat jaringan PT Pertamina pun cukup lengkap dan terpenuhi sesuai kehandalannya dan perawatannya pun tidak terlalu sulit.

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja dan kualitas layanan antara firmware asli dan firmware OpenWRT pada perangkat Access Point TP-LINK MR3020. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan kinerja akses point antara firmware default dan firmware OpenWRT menggunakan parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss. Dengan hasil pengujian tersebut, dapat diberikan rekomendasi untuk upgrade firmware perangkat access point.

Firmware

Menurut Hidayatullah (2015), *Firmware* adalah perangkat lunak atau bisa disebut sebagai program yang bersifat tetap, yang tertanam pada unit perangkat keras seperti alat-alat elektronik, alat telekomunikasi dan komponen-komponen komputer. Tidak ada batasan yang jelas yang dapat memisahkan antara *firmware* dan software, hal ini dikarenakan keduanya merupakan istilah deskriptif yang cukup luas. Namun meskipun begitu, *firmware* pada awalnya diciptakan sebagai perangkat lunak dengan tingkat yang lebih tinggi, firmware yang teranam pada sebuah perangkat keras dapat diubah tanpa harus mengganti komponen dari perangkat keras itu sendiri.

Sifat dari *firmware* secara garis besar hampir sama dengan sistem operasi pada sebuah komputer. Seperti yang kita ketahui, apabila sebuah komputer tidak memiliki sistem operasi maka komputer tersebut tidak akan memberikan manfaat apa-apa, karena tidak mampu untuk menjalankan perintah-perintah dari penggunaannya. Namun tetap ada perbedaan antara *firmware* dengan sistem operasi. Yang paling umum perbedaan tersebut terletak pada ketidakmampuan *firmware* untuk secara otomatis berevolusi memperbaharui sendiri ketika ada permasalahan pada fungsionalitas.

Memodifikasi *firmware* pada sebuah perangkat keras bisa dilakukan, namun ada juga beberapa *firmware* yang tidak bisa diubah. Hal tersebut tergantung kepada penggunaan jenis ROM. Ada dua jenis ROM sebagai penyimpanan program *firmware*. Yaitu ROM yang bersifat *read-only*, perangkat yang menggunakan ROM jenis ini tidak bisa diubah *firmware*-nya. Dan ada juga ROM yang bersifat *read-write*, yaitu semacam EEPROM atau Flash ROM, maka perangkat yang memakai ROM jenis ini, *firmware*-nya bisa diubah seperti dilakukan pembaharuan.

QOS (Quality of Service)

Menurut Rahmad (2014), *Quality of Service* (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan *bandwidth*, mengatasi *jitter* dan *delay*. Parameter QoS adalah *latency*, *jitter*, *packet loss*, *throughput*, *MOS*, *echo cancellation* dan PDD. QoS sangat ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan. Terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan nilai QoS, seperti: Redaman, Distorsi, dan *Noise*.

Parameter QoS

Performansi mengacu ke tingkat kecepatan dan kehandalan penyampaian berbagai jenis beban data di dalam suatu komunikasi. Performansi merupakan kumpulan dari beberapa parameter besaran teknis, yaitu throughput, delay, jitter, dan packet loss.

Throughput

Throughput merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada *destination* selama *interval* waktu tertentu dibagi oleh durasi *interval* waktu tersebut. *Throughput* adalah kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data. Biasanya *throughput* selalu dikaitkan dengan *bandwidth*. *Throughput* merupakan *rate* (kecepatan) transfer data aktif, yang diukur dalam *bit per second* (*bps*). Rumus untuk menghitung nilai *throughput* menurut Rahmad (2014) adalah sebagai berikut.

$$\text{throughput} = \frac{\text{jumlah data yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}} \quad (1)$$

Dalam standar TIPHON *throughput* dihitung dalam persen, untuk mendapatkan nilai *throughput* dalam persen hasil perhitungan *throughput* kemudian dibagi dengan besarnya nilai *bandwidth* dan dikalikan dengan 100% untuk mengetahui besarnya persentase nilai *throughput* yang sebenarnya.

$$\text{Throughput \%} = \frac{\text{Bandwidth}}{\text{Throughput}} \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 1. Standarisasi Nilai *Throughput* versi TIPHON (1999)

Kategori	Throughput	Indeks
Sangat Bagus	100 %	4
Bagus	75 %	3
Sedang	50 %	2
Jelek	<25 %	1

Delay (latency)

Delay (latency), adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Rumus untuk menghitung nilai delay menurut Rahmad (2014)

$$\text{Rata Rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Yang Diterima}} \quad (3)$$

Tabel 2. Standarisasi Nilai Delay Versi TIPHON (1999)

Kategori	Delay	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	>450 ms	1

Jitter

Jitter atau variasi kedatangan paket, hal ini diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan jitter. Jitter lazimnya disebut variasi delay berhubungan erat dengan latency, yang menunjukkan banyaknya variasi delay pada taransmisi data di jaringan Delay antrian pada router dan switch dapat menyebabkan jitter. Rumus untuk menghitung jitter menurut Rahmad (2014) adalah sebagai berikut.

$$\text{jitter} = \frac{\text{total variasi delay}}{\text{total paket yang diterima} - 1} \quad (4)$$

Total variasi delay merupakan jumlah dari selisih tiap nilai delay, dengan rumus perhitungan.

$$\text{Total variasi delay} = (\text{delay } 2 - \text{delay } 1) + (\text{delay } 3 - \text{delay } 2) + \dots + (\text{delay } n - \text{delay } (n-1))$$

Tabel 3. Standarisasi Nilai Jitter Versi TIPHON (1999)

Kategori	Jitter	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 s/d 75 ms	3
Sedang	76 s/d 125 ms	2
Jelek	125 s/d 225 ms	1

Packet Loss

Packet Loss merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu

kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena collision dan congestion pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena retransmisi akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah bandwidth cukup tersedia untuk aplikasi-aplikasi tersebut. Umumnya perangkat jaringan memiliki buffer untuk menampung data yang diterima. Jika terjadi kongesti yang cukup lama, buffer akan penuh, dan data baru tidak akan diterima. Rumus untuk menghitung packet loss menurut Rahmad (2014) adalah sebagai berikut.

$$\text{Packet loss} = \frac{(\text{data yang dikirim} - \text{paket data yang di terima})}{\text{paket data yang dikirim}} \times 100\% \quad (6)$$

Tabel 4. Standarisasi Nilai Packet loss Versi TIPHON (1999)

Kategori	Packet Loss	Indeks
Sangat Bagus	0 %	4
Bagus	3 %	3
Sedang	15 %	2
Jelek	25 %	1

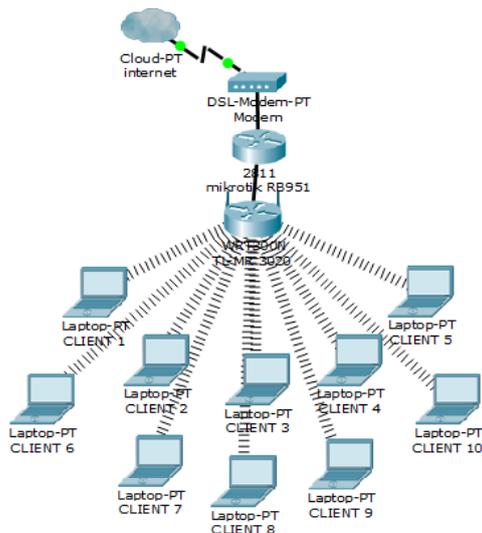
PEMBAHASAN

Untuk memperoleh data yang diperlukan dalam analisis perbandingan QoS antara firmware default dan firmware openWRT, maka dilakukan pengamatan kinerja pada AP menggunakan kedua firmware. Pengujian pertama dilakukan pada AP dengan firmware default, kemudian diamati dan dicatat parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss. Nilai-nilai parameter pengujian diperoleh dengan rumus (1) hingga (6).

Proses pengamatan dilakukan dengan perintah PING dan menggunakan software Axence netTools. Pengamatan dimulai dari kondisi 1 client hingga 10 client, dengan cara mengirim paket PING dengan beban sebesar 20000 dan 30000 bytes. Website tujuan pengiriman paket yaitu www.detik.com dengan lokasi server di Jakarta Selatan dan www.radariogja.co.id dengan lokasi server di Singapura. Pemilihan server yang berbeda lokasi, bertujuan untuk memperoleh variasi QoS. Hal yang sama juga dilakukan pada AP dengan firmware openWRT.

Selanjutnya, dilakukan analisis perbandingan kinerja hasil pengujian antara firmware default dan firmware openWRT.

Topologi Jaringan



Gambar 1. Topologi Jaringan

Gambar 1 menunjukkan topologi jaringan yang dipergunakan untuk melakukan pengujian AP, terdiri dari sepuluh client dengan koneksi ke internet melalui sebuah perangkat AP. Pengujian dilakukan pertama kali pada AP dengan firmware default kemudian diamati parameter QoS. Selanjutnya dilakukan pengujian pada AP yang telah diupgrade menggunakan firmware OpenWRT, dan diamati pula pada parameter QoS. Website tujuan pengiriman paket yang akan diamati yaitu www.detik.com yang berlokasi di Jakarta Selatan dan www.radarjogja.co.id yang berlokasi di Singapura.

Proses pengamatan dilakukan dengan menggunakan perintah PING pada Command Prompt dan Axence netTools. Pengamatan dimulai dengan kondisi 1 client sampai 10 client dengan cara mengirim paket dengan ukuran beban sebesar 20.000 bytes dan 30.000 bytes. Setiap kondisi dilakukan 3 kali proses pengamatan, dan dalam setiap proses pengamatan dilakukan pengiriman paket sebanyak 20 paket.

Analisis Parameter Quality Of Service (QoS)

Analisis *firmware* default TP-LINK MR3020 dan *firmware* openWRT pada parameter *Quality Of Service (QoS)* meliputi *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* dilakukan berdasarkan perolehan nilai rata-rata pengamatan dari kondisi 1 client sampai 10 client dengan menggunakan perintah *ping* pada *Command Prompt* dan *Axence netTools*.

Tabel 5 dan tabel 6 menunjukkan perbandingan parameter QoS menggunakan perintah PING dan utility Axence NetTools pada AP dengan firmware default. Sedangkan tabel 7 dan tabel 8 menunjukkan perbandingan parameter QoS menggunakan perintah PING dan utility Axence NetTools pada AP dengan firmware OpenWRT.

Tabel 5. Parameter QoS Firmware Default ke www.detik.com

Parameter	www.detik.com			
	Ping		Axence NetTools	
	Beban 20000	Beban 30000	Beban 20000	Beban 30000
Throughput (%)	45.7	58.5	45.7	59
Delay (ms)	68.1	78.8	66.7	77.8
Jitter (ms)	0.19	0.42	0.32	0.45
Packet loss (%)	4.36	4.53	1.9	3.97

Tabel 6. Parameter QoS Firmware Default ke www.radarjogja.co.id

Parameter	www.radarjogja.co.id			
	Ping		Axence NetTools	
	Beban 20000	Beban 30000	Beban 20000	Beban 30000
Throughput (%)	43	59	43	60
Delay (ms)	70.92	77.09	70.8	76.54
Jitter (ms)	0.39	0.54	1.10	0.45
Packet loss (%)	3.51	6.04	4.98	6.48

Berdasarkan pengujian pada AP dengan firmware default, sebagaimana diperlihatkan oleh tabel 6 dan 7, diperoleh rerata masing-masing parameter QoS yang terdiri dari throughput (51,7%), delay (73,3 ms), jitter (0,48 ms), dan packet loss (4,46%).

Tabel 7. Parameter QoS Firmware OpenWRT pengujian ke www.detik.com

Parameter	www.detik.com			
	Ping		Axence NetTools	
	Beban 20000	Beban 30000	Beban 20000	Beban 30000
Throughput (%)	78	110	81	111
Delay (ms)	39.38	42.4	37.95	41.79
Jitter (ms)	-0.06	0.36	-0.01	0.04
Packet loss (%)	4.7	3.9	5.45	5.5

Tabel 8. Parameter QoS Firmware OpenWRT Pengujian ke www.radarjogja.co.id

Parameter	www.radarjogja.co.id			
	Ping		Axence NetTools	
	Beban 20000	Beban 30000	Beban 20000	Beban 30000
Throughput (%)	54	70.8	53.1	71
Delay (ms)	56.27	64.53	57.16	64.22
Jitter (ms)	0.33	0.19	0.41	0.14
Packet loss (%)	7.15	5.95	8.35	7.5

Sedangkan berdasarkan pengujian pada AP dengan firmware openWRT, sebagaimana diperlihatkan oleh tabel 7 dan 8, diperoleh rerata masing-masing parameter QoS yang terdiri dari throughput (78,6%), delay (50,4 ms), jitter (0,17 ms), dan packet loss (6,06%).

Analisis Perbandingan Firmware Default dan Firmware OpenWRT

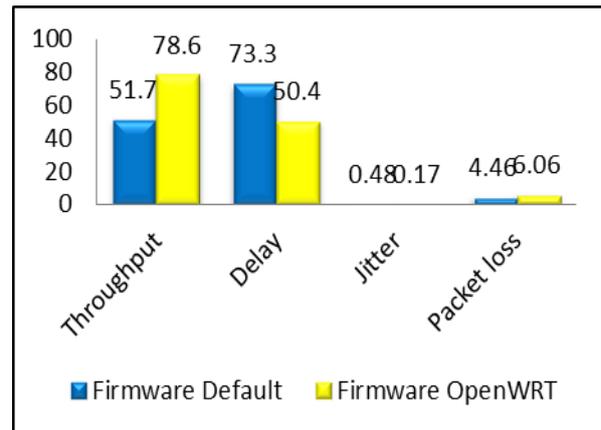
Berdasarkan perbandingan kinerja kedua AP, diperoleh hasil bahwa pada parameter throughput AP dengan firmware openWRT lebih unggul dibandingkan firmware default sebesar 26,9%. Hal ini berarti jumlah paket yang berhasil dikirimkan pada AP dengan firmware openWRT lebih banyak dibandingkan dengan firmware default. Rerata delay pada openWRT lebih kecil dibandingkan dengan firmware default, dengan selisih 22,9 ms. Hal ini menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengirimkan sebuah paket melalui AP dengan firmware openWRT lebih singkat dibandingkan dengan firmware default.

Demikian pula nilai jitter pada firmware openWRT juga lebih kecil dibandingkan firmware default dengan selisih 0,31 ms. Hal ini menunjukkan bahwa variasi delay yang diakibatkan oleh variasi dalam panjang antrian, waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket pada firmware openWRT lebih sedikit dibandingkan dengan firmware default. Satu-satunya keunggulan firmware default hanya pada parameter packet loss dengan selisih 1,6%. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah paket yang hilang pada firmware default lebih sedikit dibandingkan dengan firmware openWRT.

Rangkuman analisis perbandingan kinerja AP dengan firmware default dan Open WRT diperlihatkan pada Tabel 9 dan gambar 2.

Tabel 9. Rangkuman perbandingan QoS

Parameter QoS	Firmware Default	Firmware OpenWRT	Selisih
Throughput(%)	51.7	78.6%	26.9%
Delay(ms)	73.3	50.4	22.9ms
Jitter(ms)	0.48	0.17	0.31ms
Packet loss(%)	4.46	6.06	1.6%



Gambar 2. Grafik perbandingan QoS

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada pengujian *throughput* menunjukkan bahwa kualitas *bandwidth* aktual pada *firmware openWRT* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan *firmware default* dengan selisih rata-rata 26.9%.
2. Pada pengujian *delay* dapat diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ketujuan dengan menggunakan *firmware openWRT* lebih cepat dari *access point firmware default* yang memiliki rata-rata selisih perbedaan sebesar 22.9ms.
3. Pada pengujian *Jitter* dapat diketahui bahwa variasi kedatangan paket lebih rendah *firmware openWRT* dibandingkan dengan *access point firmware default* yang memiliki rata-rata selisih perbedaan sebesar 0.31ms.
4. Pada pengujian *packet loss* diketahui bahwa jumlah paket yang hilang lebih rendah *firmware default* dibanding *firmware OpenWRT* yang memiliki selisih perbedaan sebesar 1.6%.
5. Secara umum dapat disimpulkan bahwa *firmware OpenWRT* lebih unggul pada parameter *throughput*, *delay*, dan *jitter*, sedangkan *firmware default* unggul pada parameter *packet loss*.

DAFTAR PUSTAKA

Hidayatullah, 2015, *Analisis Perbandingan Quality Of Service (QOS) Firmware Original TL-WR841ND dengan Firmware OpenWrt Berbasis Open Source*, Naskah Publikasi, Jurusan Informatika, STIMIK AMIKOM, Yogyakarta.

- Kurnia, I., 2013, *Analisis Performasi Wifi Router Linksys Antara Firmware ORIGINAL Dan Custom*, Skripsi, Jurusan Teknik Informatika, FTI, Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Nugraha, F., 2012, *Analisis Dan Implementasi Quality Of Service (QOS) Menggunakan DD-WRT Pada D-LINK DIR 600*, Skripsi, Jurusan Teknik Informatika, STIMIK AMIKOM, Yogyakarta.
- Rahmad, S, L, 2014, *Analisis Quality Of Service (QOS) Jaringan Internet Di SMK Telkom Medan*, Naskah Publikasi, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU), Medan.
- Romadhon, P, 2014, *Analisis Kinerja Jaringan Wireless LAN Menggunakan Metode QOS dan RMA Pada PT Pertamina EP Ubeq Ramba (PERSERO)*, Skripsi, Jurusan Teknik Informatika, Universitas Bina Darma, Palembang.
- TIPHON, 1999, *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) General aspects of Quality of Service (QoS)*, DTR/TIPHON-05006 (cb0010cs.PDF).1999. STIKOM Surabaya).

PURWARUPA SISTEM KENDALI RUMAH TERPADU JARAK JAUH BERBASIS *WEBSITE* MENGGUNAKAN *RASPBERRY PI 2 MODEL B*

Aditya Kusuma Nugroho¹, Sigit Priyambodo², Safriyudin³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta
¹Email : kusumaditya@yahoo.com,

ABSTRACT

Every homeowner who love travelling needs a security system to control and monitoring home. Therefore, an intergrated control system that can be accessed remotely through the wireless media based on websites is the answer to to fulfill the homeowner needs. Monitoring system made by using a webcam, and control systems use a servo motor and relay. Everything parts integrated with a webserver which built by a micro-computer Raspberry Pi 2 Model B. By using GPIO (General Purpose Input Output) on Raspberry Pi, its possible to create an integrated control system for monitoring home as CCTV, servo motor drive, and turn on or off wireless electronic devices which safe, effective and efficient. Test results show a live streaming webcam program on the application page, controlling direction of the webcam via the web, and control of on-off control of electronic devices such as LED through the web has a 100% success rate from 10 trial.

Keywords: *Raspberry Pi 2 Model B, Webserver, Home Automation*

INTISARI

Setiap pemilik rumah yang suka *travelling* membutuhkan sebuah sistem keamanan yang dapat memantau dan mengatur keadaan rumahnya pada saat mereka pergi. Oleh karena itu, sebuah sistem kendali terpadu jarak jauh yang dapat diakses melalui media nirkabel dengan tampilan berbasis *website* sangat tepat dibuat untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Perancangan sistem pemantau dibuat menggunakan *webcam*, kemudian pada sistem kendali digunakan motor servo dan relay. Semuanya terintegrasi dengan sebuah webserver yang dibangun dengan sebuah mikro komputer Raspberry Pi 2 model B. Dengan menggunakan GPIO (*General Purpose input output*) pada Raspberry Pi, memungkinkan tercipta suatu sistem kontrol terpadu untuk memantau rumah sebagai CCTV, menggerakkan motor servo, dan menghidupkan atau mematikan perangkat elektronika secara nirkabel yang aman, efektif dan efisien. Dari hasil pengujian, didapatkan program live streaming webcam pada halaman aplikasi, pengendalian arah webcam melalui web, dan pengendalian kontrol on-off piranti elektronik berupa LED melalui web memiliki tingkat keberhasilan 100% dari 10 kali percobaan.

Kata Kunci: *Raspberry Pi 2 Model B, Webserver, Home Automation*

PENDAHULUAN

Dengan semakin meningkatnya tindak kejahatan terutama pencurian dan ditambah dengan perkembangan karakteristik masyarakat modern yang memiliki mobilitas tinggi, masyarakat cenderung mencari layanan yang fleksibel, efisien disegala aspek, serba mudah dan memuaskan. Pada akhirnya per-tambahan jumlah pemakaian komputer tidak dapat dihindarkan lagi, diantaranya untuk sistem keamanan ruangan dan pengaturan peralatan di rumah Raspberry Pi adalah komputer mikro berukuran kecil yang dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation, Inggris. Komputer *single board* ini dikembangkan dengan tujuan untuk mengajarkan dasar-dasar ilmu komputer dan pemrograman untuk siswa sekolah di seluruh dunia.

Pada salah satu jurnal dari *International Journal of Computing and Technology* yang berjudul *Android Based Home Automation Using Raspberry Pi* me-nuliskan bahwa dimungkinkan untuk membuat sebuah sistem kendali jarak jauh untuk mengontrol relay menggunakan Raspberry Pi melalui aplikasi android yang dijalankan pada *smartphone* yang memakai operasi sistem android.

Dalam Penelitian ini akan dibahas mengenai perancangan aplikasi pe-mantau ruangan dengan menggunakan *webcam* yang ter-integrasi dengan menggunakan motor servo sehingga *webcamera* dapat bergerak guna untuk mengkover seluruh sudut ruangan. Sistem ini dibangun dengan fitur dapat mengendalikan piranti elektronik yang berada di ruangan tersebut seperti lampu,

pendingin ruangan, dan lain lain yang menggunakan metode kontrol *on-off*.

Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer mikro berukuran seperti kartu kredit yang dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation, Inggris. Komputer *single board* ini dikembangkan dengan tujuan untuk mengajarkan dasar-dasar ilmu komputer dan pemrograman untuk siswa sekolah di seluruh dunia. Meskipun mikrokontroler yang memiliki fisik seperti Arduino dimana lebih dikenal untuk proyek-proyek prototyping, tidak demikian dengan Raspberry Pi yang sangat berbeda dari mikrokontroler kebanyakan, dan sebenarnya, lebih seperti komputer daripada Arduino.

Tabel 1. Spesifikasi Raspberry Pi A dan Raspberry Pi 2 Model B

Fitur Teknis	Gen 1 Model A	Gen 2 Model B
SoC (System on Chip)	Broadcom BCM2835	
CPU	700 MHz Low power ARM1176JZ-F	A 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU
GPU	Dual Core VideoCore IV multimedia Co-processor	
Memory	256MB RAM	1GB RAM
USB2.0	1	4
Video Out	Composite RCA(PAL and NTSC), HDMI	HDMI
Audio Out	3.5mm jack, HDMI	
Storage	SD/MMC/SDIO card	microSD card
Network	No Port	RJ45 Ethernet
Peripheral Connectors	8xGPIO, UART, I2C bus, SPI bus	
Power Source	8xGPIO, UART, I2C bus, SPI bus	

Raspberry Pi terdiri dari banyak bagian perangkat keras yang penting dengan beberapa fungsi yang penting. Bagian utama dari Raspberry Pi adalah processor nya. Raspberry Pi 2 model B memiliki slot kartu microSD yang bertindak sebagai media penyimpanan yang semuanya termasuk sistem operasi dan file lainnya. Port HDMI digunakan sebagai audio dan video output. Sebuah HDMI ke DVI (Digital Visual Interface) converter dapat digunakan untuk mengkonversi sinyal HDMI ke DVI yang biasanya digunakan oleh monitor. Raspberry Pi membutuhkan catu tegangan 5V DC melalui micro USB. Perangkat ini juga memiliki jack stereo 3,5 mm untuk output audio. Raspberry Pi2 model B memiliki 40 GPIO pin yang membantu untuk terhubung ke peripheral tingkat rendah dan expansion boards.



Gambar 1. Raspberry Pi Model A (kiri) dan Raspberry Pi 2 Model B (kanan)

Web Camera

Webcam adalah sebutan bagi kamera *realtime* (bermakna keadaan pada saat ini juga) yang gambarnya bisa dilihat melalui *web*, program pengolah pesan cepat, atau aplikasi pemanggilan video. Sebuah webcam sederhana terdiri dari sebuah lensa standar, dipasang di sebuah papan sirkuit untuk menangkap sinyal gambar, termasuk casing depan dan casing samping untuk menutupi lensa standar, dan memiliki sebuah lubang lensa pada casing depan yang berguna untuk mengambil gambar, kabel *support*, yang dibuat dari bahan yang fleksibel, salah satunya dihubungkan dengan papan sirkuit dan ujung satu lagi memiliki konektor. *Webcam* sangat bermanfaat dalam bidang telekomunikasi, bidang keamanan dan bidang industri. Sebagai contoh webcam digunakan untuk videocall chatting, surveillience camera, dan sebagai *video conference* oleh beberapa *user*.



Gambar 2. Web Camera Logitech C170

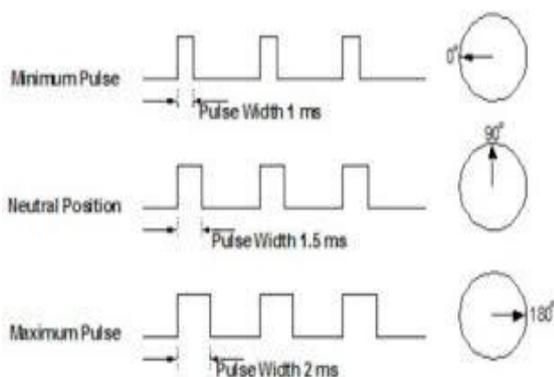
Motor Servo

Motor servo adalah motor DC yang dilengkapi dengan sistem kontrol. Sistem kontrol ini akan memberikan umpan balik posisi perputaran motor dari 0 sampai 180 derajat. Disamping itu motor ini juga memiliki torsi relatif cukup kuat. Sistem pengkabelan motor servo terdiri atas 3 bagian, yaitu Vcc, Gnd, dan Kontrol (PWM= *Pulse Width Modulation*). Pemberian PWM pada motor servo akan membuat servo bergerak pada posisi tertentu dan kemudian berhenti (kontrol posisi). Prinsip utama dari pengendalian motor servo adalah pemberian nilai PWM pada kontrolnya. Frekuensi PWM yang digunakan pada pengontrol motor servo selalu 50 Hz sehingga pulsa dihasilkan

setiap 20 ms. Lebar pulsa akan me-nentukan posisi servo yang dikehendaki. Pemberian lebar pulsa 1,5 ms akan membuat motor servo berputar ke posisi netral (90 derajat), lebar pulsa 1,75 ms akan membuat motor servo berputar I derajat mendekati posisi 180 derajat, dan dengan lebar pulsa 1,25 ms motor servo akan bergerak ke posisi 0 derajat. Gambar berikut memperlihatkan hubungan antara lebar pulsa PWM dengan arah putaran motor servo.



Gambar 3. Motor servo Tower Pro SG90



Gambar 4. Hubungan Lebar Pulsa PWM dengan Arah Putaran Motor Servo

Rangkaian Relay

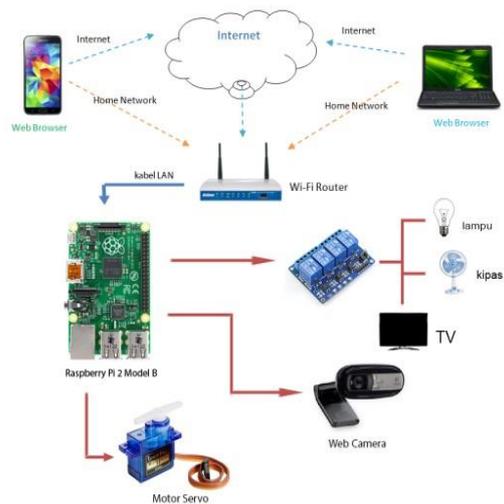
Rangkaian ini digunakan untuk menghubungkan antara GPIO milik Raspberry Pi dan beban, prinsip dari rangkaian ini apabila GPIO bernilai *High* maka GPIO relay akan aktif yang mengakibatkan beban menyala maka relay tersebut digunakan sebagai saklar untuk memutuskan dan me-nyambungkan fasa dari beban.



Gambar 5. 5v 4-Channel Relay Board

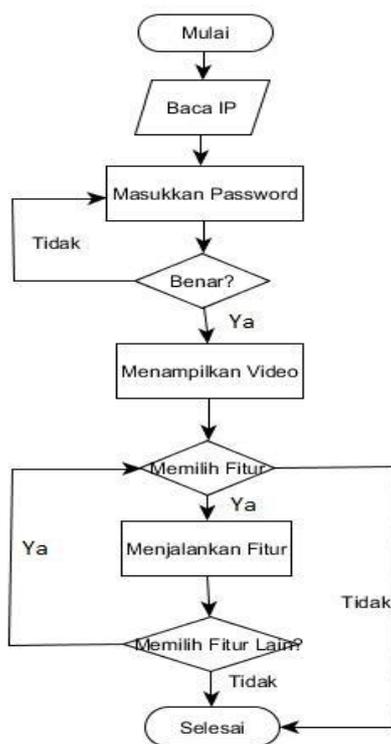
Gambaran Umum Perancangan Sistem

Pada perancangan aplikasi pemantau dan pengendali piranti elektronik pada ruangan, dimana proses monitoring atau pemantauan ruangan tersebut me-nggunakan webcam. *Webcam* me-rupakan kamera yang gambarnya bisa diakses menggunakan internet setelah terhubung dengan komputer atau *user* yang terkoneksi dengan *access point* ataupun jaringan lokal. Berikut ini adalah desain arsitektur aplikasi pemantau dan pengendali piranti elektronik pada ruangan berbasis *web* :



Gambar 6. Desain Arsitektur keseluruhan sistem

Pada dasarnya, ada tiga hal yang dikerjakan sistem ini, menerima masukan, mengolah masukan dan mengeluarkan respon hasil pengolahan. Masukan bisa diterima baik dari smartphone ataupun laptop yang terkoneksi dengan jaringan lokal. Pengolah masukan adalah Raspberry Pi. Raspberry Pi merespon inputan dari web yang telah diberi perintah oleh *user*, selanjutnya Raspberry Pi mengaktifkan atau menonaktifkan kaki GPIO (General Input Output) sesuai perintah dari *user* yang telah dihubungkan dengan rangkaian Relay pada beban sehingga bisa digunakan untuk mengontrol *On-Off* LED atau motor servo yang digunakan untuk menggerakkan webcam guna menambah variasi sudut pandang dari *webcam*. Keseluruhan pada sistem ini dapat juga dituliskan dalam bentuk *flowchart* di bawah ini.



Gambar 7. Flowchart kerja sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Fitur Live Streaming Webcam.

Pengujian *live streaming webcam* bertujuan untuk mengetahui apakah library motion yang digunakan untuk fitur *live streaming webcam* berpengaruh terhadap kualitas *live streaming* berdasarkan konfigurasi *frame per second* (fps) yang digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan mengubah konfigurasi *framerate* yang terdapat pada *library motion* yang digunakan pada proses *live streaming*. Variasi *framerate* yang digunakan adalah 5 fps, 15 fps, 25 fps, 35fps, dan 40 fps. Dari hasil percobaan diatas didapatkan data pengujian sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Variabel FPS pada webcam

Frame per Second	Delay (s)
5	2,54
15	1,95
25	1,49
35	1,42
45	1,39

Dari tabel hasil pengujian variasi *framerate* pada *webcam* menjelaskan bahwa konfigurasi *framerate* pada motion berpengaruh terhadap kualitas *live streaming*

webcam. semakin tinggi *framerate* maka akan semakin kecil *delay* pada fitur *live streaming*. Pada pengujian 35 fps dan 45 fps tidak terjadi perbedaan *delay* yang signifikan dikarenakan spesifikasi dari *webcam* yang digunakan memiliki *framerate* 30 fps sehingga penggunaan *framerate* diatas 30 fps tidak terlalu berpengaruh terhadap *delay* dari fitur *live streaming*. Adanya *delay* sendiri pada fitur *live streaming webcam* disebabkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya.

Pengujian Fitur Pengendalian Arah Webcam.

Terdapat 3 arah yang dijadikan posisi pemberhentian oleh *webcam* saat melakukan *sweeping* guna menambah variasi sudut pandang yaitu arah kiri apabila motor servo diberikan sinyal PWM dengan lebar pulsa 1000 ms, arah tengah apabila motor servo diberikan masukan sinyal PWM dengan lebar pulsa 1500 ms, dan arah kanan apabila motor servo diberikan masukan sinyal PWM dengan lebar pulsa 1850 ms.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui apakah besarnya tegangan berpengaruh terhadap pergerakan motor servo pada arah kiri, tengah dan kanan. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan yang dikeluarkan oleh pin GPIO Raspberry Pi yang digunakan untuk mengontrol motor servo

Tabel 3. Pengujian pengendalian arah webcam

Lebar Pulsa (ms)	Tegangan (V)	Arah
1000	0,2	Kiri
1500	0,2	Tengah
1850	0,3	Kanan

Tabel 3 menjelaskan bahwa pengontrolan arah motor servo tidak dipengaruhi oleh tegangan yang dikeluarkan pin GPIO dari Raspberry Pi yang menjadi masukan dari motor servo. Tegangan yang dikeluarkan pin GPIO saat memberikan perintah pengontrolan arah baik pada saat motor servo berada di posisi kiri, tengah, ataupun kanan relatif konstan. Hal ini membuktikan bahwa pengontrolan arah motor servo dipengaruhi oleh lebar pulsa dari sinyal PWM yang diberikan.

Sistem GPIO Dengan Rangkaian Relay

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana sistem GPIO pada Raspberry bekerja dalam melakukan pengendalian piranti elektronik yang dihubungkan dengan rangkaian relay. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran pada pin GPIO saat sistem memberi perintah logika *High* ataupun logika *Low* pada pin GPIO. Berikut adalah hasil pengujiannya :

Tabel 4. Pengujian sistem GPIO dengan rangkaian relay

Logika	Tegangan Keluaran GPIO (V)	Kondisi LED
<i>High</i>	3,3	Hidup
<i>Low</i>	0	Mati

Tabel 4 menjelaskan bahwa apabila pin GPIO diprogram untuk berlogika *high* maka akan mengeluarkan tegangan sebesar 3,3 V yang akan menjadi *trigger* pada relay untuk menyambungkan rangkaian sehingga arus dapat mengalir dan dapat menyalakan LED. Sedangkan apabila pin GPIO diprogram untuk berlogika *low* maka pin GPIO tidak mengeluarkan tegangan keluaran sehingga relay akan memutus rangkaian dan LED akan mati.

Pengujian Fitur Pengendalian Arah Webcam

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui apakah keseluruhan perangkat yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan akses ke halaman aplikasi menggunakan laptop dan *smartphone* pada waktu yang berbeda kemudian menjalankan program dari tiap-tiap fitur seperti mengendalikan piranti elektronik, mengendalikan arah *webcam*, serta *live streaming webcam*. dari pengujian tersebut diperoleh data seperti berikut :

Tabel 5. Pengujian sistem secara keseluruhan

Perangkat pengguna	Program		
	Menampilkan <i>live streaming webcam</i>	Menggerakkan arah <i>webcam</i>	Kontrol on-off piranti elektronik
Laptop	Berfungsi	Berfungsi	Berfungsi
Smartphone	Berfungsi	Berfungsi	Berfungsi

Tabel 6. Tingkat keberhasilan pengujian sistem secara keseluruhan

Perangkat pengguna	Program		
	Menampilkan <i>live streaming webcam</i>	Menggerakkan arah <i>webcam</i>	Kontrol on-off piranti elektronik
Laptop	100%	100%	100%
Smartphone	100%	100%	100%

Tabel 6 menjelaskan setelah pengujian sebanyak 10 kali, ketiga program yang dirancang telah berjalan dengan baik karena dapat menjalankan fungsi sesuai dengan tujuan yang diinginkan baik ketika halaman aplikasi diakses menggunakan laptop maupun menggunakan *smartphone*.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan didapatkan hal-hal penting sebagai berikut :

1. Program *live streaming webcam* pada halaman aplikasi sudah berjalan dengan baik dengan tingkat keberhasilan 100 % pada 10 kali percobaan dan dapat menayangkan gambar pada saat arah motor servo diubah- ubah sekalipun. Namun terdapat delay gambar pada saat fungsi *live streaming webcam* dijalankan. Presisi waktu pada gambar yang tampak di layar monitor lebih lambat dengan keadaan sebenarnya.
2. Pengendalian pada arah *webcam* menunjukkan hasil yang sesuai dengan algoritma yang telah dirancang, hal ini menunjukkan bahwa fitur pengontrolan melalui *web* sudah berjalan dengan baik dengan tingkat keberhasilan 100% pada 10 kali percobaan.
3. Pengendalian LED menunjukkan hasil yang sesuai dengan algoritma yang telah dirancang, hal ini menunjukkan bahwa fitur pengontrolan pada beban melalui *web* sudah berjalan dengan baik dengan tingkat keberhasilan 100 % pada 10 kali percobaan.
4. konfigurasi *framerate* pada motion berpengaruh terhadap *kualitas live streaming webcam*. Berdasarkan hasil pengujian pada penggunaan *framerate* sebesar 5 fps terjadi *delay* selama 2,54 detik, sedangkan pada penggunaan *framerate* sebesar 45 fps terjadi *delay* selama 1,39 detik.
5. Pengontrolan arah motor servo dipengaruhi oleh lebar pulsa dari sinyal PWM yang diberikan.

6. Pin GPIO pada Raspberry Pi akan mengeluarkan tegangan sebesar 3,3 V apabila berlogika *high* dan tidak menghasilkan tegangan keluaran apabila berlogika *low*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifiyanto, Farid. 2013. "Perancangan *Prototype Web-Based Online Smart Home*". *Skripsi*. Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Semarang
- Rao, P Bhaskar. 2015. "*Raspberry Pi Home Automation With Wireless Sensors Using SmartPhone*". International Journal of Computer Science and Mobile Computing. Vol.4 Issue.5, May- 2015, pg. 797-803, ISSN: 2320-088X
- Singh, Sneha *et al.* 2015. "*IP Camera Video Surveillance using Raspberry Pi*". International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. Vol. 4, Issue 2, February 2015, ISSN: 2278-1021
- Wahana Komputer. 2015. "Webmaster Series: Menguasai HTML". Penerbit ANDI. Yogyakarta
<http://www.logitech.com/en-gb/product/webcam-c170>, "Web Camera", diakses 15 Desember 2015
<http://learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruits-raspberry-pi-lesson-6-using-ssh.pdf>, "Raspberry Pi", diakses 13 Januari 2016

PEMANFAATAN UMBI GANYONG (*CANNA EDULIS KERR*) MENJADI BIOETANOL DENGAN PROSES HIDROLISIS DAN FERMENTASI DETOKSIFIKASI

Murni Yuniwati, Fauzi Wahyu Niko Halpito, Taufiq

Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
murni@akprind.ac.id

ABSTRACT

Ganyong (canna edulis kerr) is a tuber that was previously consumed by community, but it is not now. Because the ganyong have texture with hard fibrous, the ganyong is only used for animal feed now. The ganyong contain high starch. The high starch in the ganyong can be process with hydrolysis and fermentation process to produce bioethanol. The bioethanol can be used as alternative energy, thus the ganyong is resources for new renewable energy source. The bioethanol obtained, the first ganyong was processed to get starch. The starch was hydrolyzed by sulfuric acid catalyst to produce starch hydrolyzate. The starch hydrolyzate was then fermented by using saccharomyces cereviceae yeast. The focus of the research was done to obtain optimization of fermentation through detoxification process. The aim of the research was obtained optimization of fermentation process condition in order maximum ethanol yield. The variables of the research were the fermentation time and amount of yeast that was used in the fermentation process. The fermentation process used $\text{Ca}(\text{OH})_2$ as a the detoxification materials and it was compared with the fermentation process without detoxification. 100 grams of ganyong starch was hydrolyzed with 250 ml of 0.3 N sulfuric acid to produce starch hydrolyzate. The starch hydrolyzate was detoxified by addition of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ for the master base solution. After 24 hours, the samples were reactivated with addition of 0.3 N sulfuric acid until pH of 4-5. The samples were added yeast and then were added nutrient (NPK and Urea) with a certain amount. The fermentation was carried out with time varied, and then fermentation product were distilled to analysis. The results of the research showed the time optimization of fermentation condition was 5 days and the optimization of yeast fermentation condition with addition of 6 grams in to 80 ml of detoxified hydrolyzate with concentration of 7.5% wt/volume. The optimization condition of the fermentation process with and without detoxification, respectively the ethanol yield product were 35.3612% and 5,002%.

Keywords: bioethanol, ganyong, canna edulis kerr, fermentation, detoxification

INTISARI

Ganyong (*canna edulis kerr*) merupakan umbi yang dahulu dikonsumsi oleh masyarakat, namun karena tekstur ganyong yang sangat berserat, maka sekarang ganyong hanya dijadikan pakan ternak. Ganyong memiliki kadar pati yang cukup tinggi, hidrolisis dan fermentasi pati ganyong dapat menghasilkan bioetanol yang dapat dijadikan sumber energi alternatif Tahapan penelitian yang dilakukan adalah membuat pati ganyong, hidrolisis pati ganyong dengan katalisator asam sulfat dan fermentasi of hidrolisat pati ganyong menggunakan ragi *saccharomyces cereviceae*. Pengamatan dalam penelitian lebih difokuskan pada proses fermentasinya yang dilakukan dengan melalui tahapan proses detoksifikasi, untuk memperoleh kondisi proses fermentasi yang optimal supaya diperoleh hasil etanol maksimal. Variable yang dipelajari adalah waktu fermentasi dan jumlah ragi yang digunakan dalam proses fermentasi, adapun bahan untuk detoksifikasi digunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan dibandingkan juga dengan proses fermentasi tanpa detoksifikasi. 100 gram pati ganyong dihidrolisis dengan 250ml asam sulfat 0,3 N. Larutan hasil hidrolisis didetoksifikasi dengan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sampai larutan bersifat basa, setelah itu sampel didiamkan 24 jam. Setelah didiamkan 24 jam sampel diasamkan kembali dengan penambahan asam sulfat 0,3 N sampai pH 4-5 kemudian ditambahkan ragi yang jumlahnya divariasikan lalu ditambahkan nutrient (NPK & Urea) dengan jumlah tertentu. Fermentasi dilakukan selama waktu yang divariasikan. Hasil fermentasi didistilasi hingga suhu 100°C untuk keperluan analisis kualitatif maupun kuantitatif etanol yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan kondisi fermentasi yang terbaik adalah dengan waktu 5 hari dan penambahan ragi 6 gr ke dalam 80 ml hidrolisat terdetoksifikasi (7,5 % berat/volume). Dengan kondisi optimal tersebut diperoleh persentase hasil etanol adalah 35,3612%. Proses fermentasi tanpa detoksifikasi dengan kondisi yang sama diperoleh persentase hasil sebesar 5,002%.

Kata Kunci: bioetanol, umbi ganyong, fermentasi, detoksifikasi

PENDAHULUAN

Ketersediaan energi adalah syarat mutlak khususnya dalam pelaksanaan 32 Yuniwati, Pemanfaatan Umbi Gayong (*Canna Edulis Kerr*) Menjadi Biotenol Dengan proses Horolis dan Fermentasi Detoksifikasi

pembangunan nasional baik pada saat ini maupun pada masa yang akan datang, dalam menjamin pemenuhan pasokan energi

yang merupakan tantangan utama bagi bangsa Indonesia. Kebutuhan energi saat ini pada umumnya didominasi oleh energi fosil yaitu minyak bumi, gas bumi dan batubara. Cadangan energi fosil tidak akan kekal karena persediaan energi fosil lama-lama juga akan habis jika di eksploitasi berlebihan. Oleh karena itu, harus dilakukan antisipasi dengan berbagai upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil tersebut. Energi fosil saat ini harus segera digantikan dengan energi alternatif yang bersifat terbarukan dan ramah lingkungan, mengingat cadangan sumber energi fosil tersebut semakin menipis.

Bioetanol digunakan sebagai bahan bakar murni atau dicampur dengan premium dalam konsentrasi yang bervariasi. Alasan bioetanol digunakan sebagai bahan bakar selain karena sifatnya yang dapat menggantikan premium adalah bioetanol memiliki kelebihan. Kelebihan bioetanol dibandingkan dengan premium yang selama ini kita gunakan adalah ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Hal ini sangat menguntungkan bagi lingkungan hidup dan kelangsungan hidup manusia. Selain itu penggunaan bioetanol sebagai bahan aditif pada premium dapat menghemat penggunaan premium itu sendiri. *Gasohol* adalah pengganti premium merupakan campuran antara bioetanol (>99%) dengan premium.

Indonesia sangat berpotensi untuk mengembangkan bioetanol dari bahan pati. Penggunaan bahan pati yang banyak terdapat dalam umbi-umbian pertanian yang melimpah di Indonesia sebagai bahan baku untuk memproduksi etanol dapat menurunkan biaya produksi dari segi harga bahan baku, dibandingkan penggunaan gula dan jagung sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Produksi bioetanol dari bahan pati bukan tanpa kendala. Kendala pertama yang dihadapi adalah bagaimana mengubah pati menjadi gula sederhana yang siap untuk difermentasi. Masalah ini dapat diatasi dengan melakukan hidrolisis pati pada suhu dan waktu tertentu. Kendala kedua adalah pada bahan baku kami yaitu umbi ganyong, umbi ganyong sekarang susah didapatkan karena umbi-umbian jenis ini sekarang jarang untuk dikonsumsi masyarakat karena sulit didapatkan dan teksturnya berserat. Tumbuhan umbi ganyong pada saat ini hanya dapat ditemukan di pelosok desa seperti turi sleman dan gunungkidul. Pada penelitian-penelitian sebelumnya sudah

banyak pembuatan bioetanol dari bahan pati umbi-umbian, tetapi metode yang digunakan biasanya fermentasi tanpa detoksifikasi. Kami peneliti mencoba membandingkan hasil bioetanol dari bahan pati umbi ganyong dengan metode fermentasi detoksifikasi dan fermentasi tanpa detoksifikasi.

Umbi Ganyong

Tanaman ganyong, merupakan tanaman yang memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Divisio	: Spermatophyta
Sub divisio	: Angiospermae
Classis	: Monocotyledoneae
Ordo	: Zingiberales
Familia	: Cannaceae
Genus	: <i>Canna</i>
Spesies	: <i>Canna edulis</i> Ker



Gambar 1. (a) Tanaman dan (b) umbi ganyong

Tanaman ganyong bersifat merumpun dan menahun, berbatang basah (herbaceous) dengan tinggi 0,9 m 1,8 m dan berbentuk bulat agak pipih yang merupakan kumpulan pelepah daun (batang semu). Daunnya lebar berwarna hijau atau kemerah-merahan dengan tulang daun menebal dan letaknya berselang seling. Bunga ganyong termasuk bunga sempurna yang tumbuh dari ujung batang dan berbentuk seperti terompet, berwarna merah dan kuning di bagian pangkal. Buahnya berbentuk bulat kecil, tiap buah berisi 3-9 biji yang masih muda berwarna hijau, sedangkan yang tua (matang) berwarna hitam mengkilap. Akar tanaman ganyong membesar berbentuk bonggol yang disebut umbi. Umbi ganyong berwarna putih dan merah kekuning-kuningan dan tidak beraturan. (Subandi, 2003).

Karbohidrat

Menurut Warsito (1996), karbohidrat sering disebut sakarida merupakan senyawa yang dapat didefinisikan sebagai polihidroksi aldehyd atau keton yang mempunyai rumus empiris $(CH_2O)_n$, karbohidrat tersebar luas ke beberapa jaringan tumbuh-tumbuhan maupun binatang. Pada tumbuhan karbohidrat maupun fotosintesis misalnya amilum yang terdapat dalam sel-sel tumbuhan dan selulosa sebagai kerangka tumbuhan karbohidrat dibagi menjadi empat golongan besar, yaitu:

- a. Monosakarida, sering disebut gula sederhana: merupakan karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisa dalam bentuk yang lebih sederhana tanpa kehilangan 4 golongan contoh: glukosa dan fruktosa.
- b. Disakarida adalah karbohidrat yang apabila dihidrolisa dihasilkan 2 molekul yang sama atau berbeda dari monosakarida. Contoh: maltosa, sukrosa, laktosa.
- c. Oligosakarida adalah karbohidrat yang apabila dihidrolisa menghasilkan 3 sampai 10 unit monosakarida. Contoh: Trisakarida.
- d. Polisakarida adalah karbohidrat yang apabila dihidrolisis menghasilkan lebih dari 10 molekul monosakarida. Contoh: amilum, glikogen, selulosa, inulin, pentosan, kitin, dan pektin.

Disamping sebagai sumber utama biokalori dalam bahan makanan, beberapa jenis karbohidrat dan turunannya (derivatnya) memegang peranan penting dalam teknologi makanan misalnya gum (arabic, karoya, guar) sebagai bahan pengental atau CMC (Carboxy methy cellulose) sebagai bahan penstabil dan masih banyak lagi sehingga bahan pemanis (sukrosa, fruktosa, glukosa) (Sudarmaji, dkk, 1989).

Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku hayati. Etanol adalah ethyl alkohol (C_2H_5OH) yang dapat dibuat dengan cara sintesis ethylen atau dengan fermentasi glukosa. Etanol diproduksi melalui hidrasi katalitik dari etilen atau melalui proses fermentasi gula menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Beberapa bakteri seperti *Zymomonas mobilis* juga diketahui memiliki kemampuan untuk melakukan fermentasi dalam memproduksi etanol. (Prastowo, 2007)

Etanol adalah senyawa organik yang terdiri dari karbon, hidrogen, dan oksigen, sehingga dapat dilihat sebagai derivat senyawa hidrokarbon yang mempunyai gugus hidroksil dengan rumus C_2H_5OH . Etanol merupakan zat cair, tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dengan air dengan segala perbandingan.

a. Sifat-sifat fisis etanol

- Rumus molekul : C_2H_5OH
- Berat molekul : 46,07 gr/mol
- Titik didih : $78,4^\circ C$
- Titikbeku : $-112^\circ C$
- Bentuk dan warna: cair tak berwarna

Penggunaan bioetanol di antaranya adalah sebagai bahan baku industri, minuman, farmasi, kosmetika, dan bahan bakar. Keuntungan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternative pengganti minyak bumi adalah tidak memberikan tambahan netto karbondioksida pada lingkungan, karena CO_2 yang dihasilkan dari pembakaran etanol diserap kembali oleh tumbuhan dan dengan bantuan sinar matahari CO_2 digunakan dalam proses fotosintesis. Di samping itu, bahan bakar bioetanol memiliki nilai oktan tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan peningkat oktan (octane enhancer) menggantikan senyawa eter dan logam berat, seperti Pb sebagai anti-knocking agent yang memiliki dampak buruk terhadap lingkungan. Dengan nilai oktan yang tinggi, maka proses pembakaran menjadi lebih sempurna dan emisi gas buang hasil pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor lebih baik. Bioetanol bisa digunakan dalam bentuk murni atau sebagai campuran bahan bakar gasoline (bensin). Dibanding bensin, etanol lebih baik karena memiliki angka research octane 108,6 dan motor octane 89,7, angka tersebut melampaui nilai maksimum yang mungkin dicapai oleh gasolin, yaitu research octane 88. (Perry, 1999). Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku hayati. Etanol adalah ethyl alkohol (C_2H_5OH) yang dapat dibuat dengan cara sintesis *ethylen* atau dengan fermentasi glukosa. Etanol diproduksi melalui hidrasi katalitik dari *etilen* atau melalui proses fermentasi gula menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Beberapa bakteri seperti *Zymomonas mobilis* juga diketahui memiliki kemampuan untuk melakukan fermentasi

dalam memproduksi etanol. (Prastowo, 2007)

Hidrolisis

Hidrolisis asam adalah hidrolisis yang menggunakan asam yang dapat mengubah polisakarida menjadi (pati) menjadi glukosa. Hidrolisis asam biasanya menggunakan asam klorida (HCl) atau asam sulfat (H₂SO₄). Asam klorida bersifat sebagai katalisator pemecah karbohidrat menjadi gula, dan pada saat fermentasi akan diuraikan dengan menggunakan *Sacharomyces cerevisiae* (ragi) menjadi alkohol.

Reaksi hidrolisa menjadi glukosa sebagai berikut:



Faktor-faktor yang berpengaruh pada hidrolisis pati antara lain:

> Suhu

Dari kinetika reaksi, semakin tinggi suhu reaksi makin cepat pula jalannya reaksi. Tetapi apabila proses berlangsung pada suhu yang tinggi, konversi akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang.

> Waktu

Semakin lama waktu hidrolisis, konversi yang dicapai semakin besar dan pada batas waktu tertentu akan diperoleh konversi yang relatif baik dan apabila waktu tersebut diperpanjang, pertambahan konversi kecil sekali.

Pencampuran pereaksi

Karena pati tidak larut dalam air, maka pengadukan perlu diadakan agar persentuhan butir-butir pati dan air dapat berlangsung dengan baik.

> Konsentrasi katalisator

Penambahan katalisator bertujuan memperbesar kecepatan reaksi. Jadi semakin banyak jumlah katalisator yang dipakai makin cepat reaksi hidrolisis. Dalam waktu tertentu pati yang berubah menjadi glukosa juga meningkat.

Kadar suspensi pati. Perbandingan antara air dan pati yang tepat akan membuat reaksi hidrolisis berjalan cepat. (Groggins, 1992)

Detoksifikasi

Proses detoksifikasi merupakan usaha yang dilakukan untuk menekan dan mengurangi terbentuknya senyawa inhibitor, dilakukan dengan penambahan katalis atau senyawa lain dengan perlakuan tertentu pada hidrolisat asam sebelum digunakan

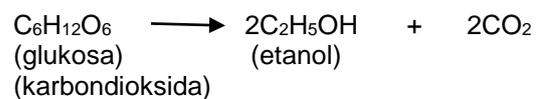
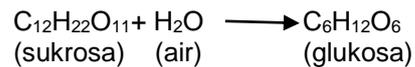
sebagai substrat fermentasi. Proses detoksifikasi dilakukan untuk meningkatkan kemampuan fermentasi dengan mengkonversikan derivative furan menjadi senyawa lain, dan mengurangi senyawa-senyawa bersifat toksik. Metode detoksifikasi hidrolisat dapat dilakukan secara biologis, fisik, dan kimiawi.

Detoksifikasi secara kimiawi dengan menambahkan senyawa alkali merupakan perlakuan yang umum dikerjakan untuk menangani masalah hidrolisat asam. Senyawa alkali yang ditambahkan (misalnya Ca(OH)₂, NaOH, dan KOH) dengan meningkatkan pH hidrolisat. (Susmiati, 2011).

Fermentasi

Fermentasi berasal dari bahasa latin *fervere* yang artinya mendidihkan. Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel pada keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerobik. Fermentasi aerobik adalah fermentasi yang memerlukan oksigen (Fardiaz, 1992).

Berikut ini merupakan reaksi sukrosa oleh ragi (yeast) *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan etanol. (Fessenden and Fessenden, 1982)



Pembuatan etanol dengan menggunakan ragi ini hanya bisa dilakukan secara langsung pada bahan yang mengandung gula. Hal ini disebabkan karena ragi *Saccharomyces cerevisiae* tidak dapat menghasilkan enzim *amilase*.

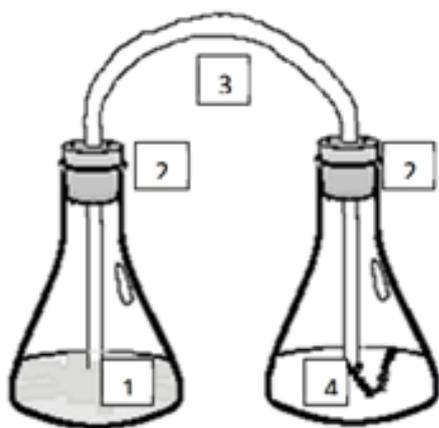
METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

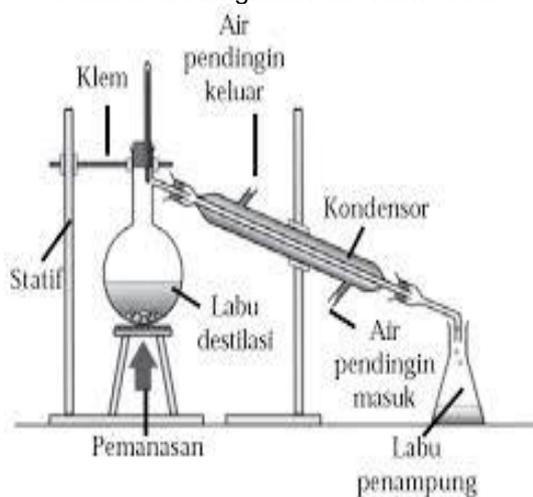
Alat yang digunakan yaitu rangkaian alat hidrolisis, rangkaian alat fermentasi, rangkaian alat distilasi. dan alat penunjang lainnya.



Gambar 2. Rangkaian alat hidrolisis



Gambar 3. Rangkaian alat fermentasi



Gambar 4. Skema rangkaian alat distilais

36 Putra, Perancangan Simulasi Pergerakan *Automatic Ceiling Suspension* untuk Alat Rontgen Stasioner.

Bahan yang digunakan umbi ganyong, ragi roti, urea, NPK, *Aquadest*, kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan asam sulfat (H_2SO_4)

Cara Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Preparasi Bahan

Bahan yang perlu dipersiapkan adalah umbi ganyong (*canna Edulis Ker.*) yang telah dikupas dan dibersihkan terlebih dahulu. Selanjutnya umbi ganyong diparut sampai halus dimasukkan dalam wadah dan ditambahkan air dengan perbandingan 1:1 (b/v). Kemudian bahan disaring dengan kain saring, lalu bahan diendapkan selama 24 jam. Setelah pati mengendap dibuang airnya, kemudian dijemur dan pati umbi ganyong dikeringkan di bawah sinar matahari.

2. Pembuatan bioetanol

a. Tahap Hidrolisis :

Diambil 100 gram pati umbi ganyong ditambahkan 50 ml *Aquades* dan 200 ml Asam Sulfat 0,3 N dimasukkan kedalam labu leher tiga, diaduk dengan pengaduk merkuri dan dipanaskan pada suhu 70°C selama 90 menit.

b. Tahap Detoksifikasi

Hidrolisat hasil hidrolisis dijadikan 8 sampel yang masing masing didetoksifikasi dengan menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang ditambahkan hingga pH mencapai 8-12 kemudian ditambahkan air hingga volume 80 ml didiamkan selama 24 jam, kemudian hidrolisat disaring dengan kertas saring dan filtratnya siap difermentasi.

c. Tahap Fermentasi

Masing masing sampel dimasukkan ke dalam labu angsa kemudian ditambah nutrisi berupa NPK dan Urea serta ragi roti (*Saccharomyces cereviceae*) yang jumlahnya divariasikan. Erlenmeyer untuk proses fermentasi ditutup rapat dengan gabus karena fermentasi dilakukan dengan kondisi anaerob dengan variasi waktu tertentu.

d. Tahap Distilasi

Sampel hasil dari fermentasi kemudian didistilasi hingga mencapai suhu 100°C untuk keperluan analisis hasil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan untuk mengetahui waktu fermentasi serta jumlah ragi yang

optimal agar diperoleh persentase hasil etanol yang maksimal.

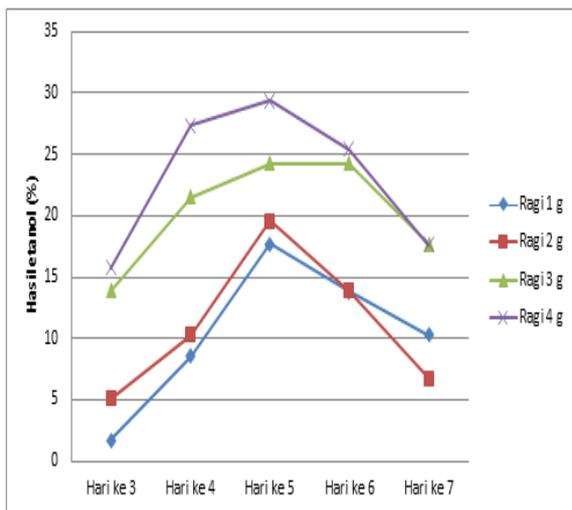
1. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Persentase Hasil Bioetanol

Untuk mengetahui waktu yang optimal, dilakukan fermentasi pada berbagai waktu, dan diamati untuk beberapa variasi jumlah ragi, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara waktu fermentasi dengan Persentase hasil etanol (%) pada berbagai jumlah ragi dengan volume larutan 80ml

		Presentase hasil etanol (%)				
Waktu (hari)	Jumlah ragi (gram)	3	4	5	6	7
		1	1,68	8,525	17,66	13,84
2	5,06	10,28	19,59	13,91	6,78	
3	13,91	21,52	24,24	24,24	17,66	
4	15,75	27,39	29,34	25,43	17,66	

Dari tabel 1, dapat disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan jumlah ragi dengan prosentase hasil pada berbagai waktu.

Berdasarkan Tabel 1. dan Gambar 5. dapat dilihat bahwa pada berbagai jumlah ragi, persentase hasil meningkat hingga hari ke 5 setelah itu menurun. Hal ini dapat dijelaskan bahwa semakin lama waktu fermentasi, maka semakin besar kesempatan bakteri untuk menguraikan glukosa menjadi etanol sehingga semakin banyak etanol yang dihasilkan hingga hari ke

5, namun pada hari ke 6 hingga hari ke 7 persentase hasil yang diperoleh semakin menurun karena ragi tidak mampu lagi untuk menguraikan glukosa menjadi etanol, hal ini disebabkan antara lain berkurangnya nutrisi yang tersedia pada sampel tersebut dan terjadinya reaksi lanjut menjadi asam. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu paling optimal untuk proses fermentasi yaitu 5 hari.

2. Pengaruh Jumlah Ragi terhadap Persentase Hasil Bioetanol.

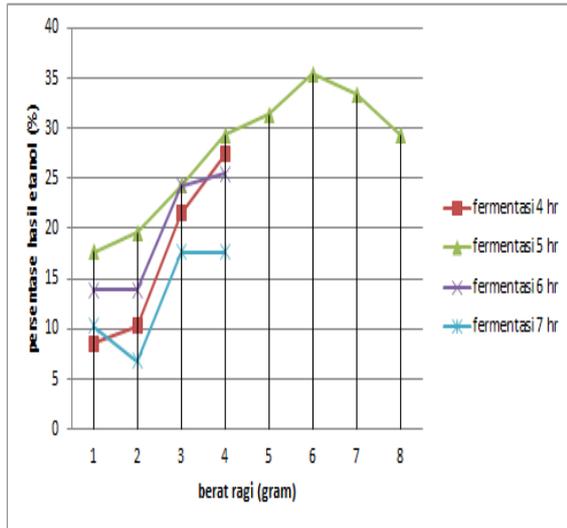
Pengaruh jumlah ragi *saccharomyces cerevisiae* yang ditambahkan terhadap persentase hasil etanol sebagian sudah dapat dilihat pada table 1 dan gambar 6, hingga penambahan 4 gr masih menunjukkan kenaikan prosentase hasil etanol, maka untuk mengetahui jumlah ragi yang optimal, penelitian dilanjutkan dengan penambahan jumlah ragi dengan menggunakan waktu optimal 5 hari, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan antara jumlah ragi dengan Persentase hasil etanol dengan waktu fermentasi 5 hari dan volume larutan 80 ml.

Jumlah ragi (gram)	Densitas	Kadar etanol	Prosentase hasil (%)
1	0,9857	5,6012	17,6678
2	0,9847	6,2187	19,5959
3	0,9827	7,7088	24,2424
4	0,9797	9,3603	29,3461
5	0,9787	10,0000	31,3200
6	0,9767	11,3133	35,3612
7	0,9777	10,6578	33,3461
8	0,7974	9,36025	29,3462

Dari tabel 1 dan table 2, dapat disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 2.

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah ragi maka semakin besar persentase hasil hingga penambahan ragi 6 gram, setelah itu persentase hasil akan menurun dengan bertambahnya jumlah ragi.



Gambar 6. Hubungan antara jumlah ragi dengan Persentase hasil etanol pada berbagai waktu.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak ragi *saccharomyces cerevisiae* yang ditambahkan, maka bakteri yang mengurai glukosa menjadi etanol pun semakin banyak. Namun, pada penggunaan ragi 7 dan 8 gram persentase hasil yang diperoleh semakin menurun. Hal ini disebabkan terlalu banyaknya jumlah ragi yang ditambahkan dalam substrat menyebabkan terjadi persaingan hidup *saccharomyces cerevisiae* yang ketat sehingga metabolisme glukosa menjadi alkohol kurang optimal karena banyaknya ragi yang mati. Jadi, pada kondisi tersebut terjadi kanibalisme sehingga jumlah *saccharomyces cerevisiae* yang hidup semakin sedikit dan aktivitas ragi untuk mengkonversi glukosa menjadi etanol semakin berkurang.

3. Efektifitas proses detoksifikasi

Efektifitas proses detoksifikasi dilakukan penelitian dengan kondisi optimal yaitu dengan jumlah ragi *saccharomyces cerevisiae* 6 gram dan waktu fermentasi 5 hari tetapi tanpa proses detoksifikasi diperoleh persentase hasil hanya sebesar 5,002%, hal ini menunjukkan bahwa proses detoksifikasi cukup efektif untuk meningkatkan persentase hasil pada proses fermentasi umbi ganyong.

Dalam hal ini juga dilakukan pengamatan terhadap fermentasi dengan detoksifikasi menggunakan larutan NaOH, dengan kondisi yang sama diperoleh persentase hasil etanol sebesar 5,72%. Hal ini menunjukkan bahwa untuk memperoleh

hasil yang maksimal pada proses fermentasi dalam pembuatan etanol dari pati ganyong perlu dipilih jenis bahan detoksifikasi yang tepat untuk reaksi tersebut. Penelitian lanjut perlu dilakukan untuk jenis bahan detoksifikasi yang mungkin lebih baik dari $\text{Ca}(\text{OH})_2$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan kajian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Umbi ganyong dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan bioetanol dengan proses hidrolisis, dilanjutkan dengan detoksifikasi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ serta fermentasi dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae*.
2. Waktu fermentasi dan jumlah ragi *saccharomyces cerevisiae* berpengaruh terhadap persentase hasil etanol. Semakin lama waktu fermentasi dan semakin banyak jumlah ragi yang ditambahkan maka persentase hasil etanol yang didapatkan semakin banyak, akan tetapi setelah tercapai kondisi optimum persentase hasil cenderung menurun.
3. Kondisi fermentasi yang terbaik adalah dengan waktu 5 hari dan penambahan ragi 6 gr ke dalam 80 ml hidrolisat terdetoksifikasi (7,5 % berat/volume).
4. Dengan menggunakan metode fermentasi detoksifikasi dengan jumlah ragi *saccharomyces cerevisiae* 6 gram dan waktu fermentasi 5 hari, diperoleh persentase hasil etanol sebesar 35,3612%.
5. Dengan metode tanpa detoksifikasi, pada kondisi yang sama (menggunakan jumlah ragi *saccharomyces cerevisiae* 6 gram dan waktu fermentasi 5) diperoleh persentase hasil sebesar 5,002%.

Saran

1. Dilakukan penelitian lanjut untuk menentukan kondisi operasi yang optimal untuk memperoleh persentase hasil etanol yang maksimal, terutama pada proses hidrolisis dan detoksifikasi.
2. Dilakukan penelitian untuk pemanfaatan sumber daya alam yang tak termanfaatkan, menjadi bioethanol.

DAFTAR PUSTAKA

- Groggins, P.H., 1992, Unit Process In Organic Synthesis, Mc Graw Hill Book Company: New York.
- Perry, R.H., 1999, Perry's Chemical Engineering Handbooks, Me, Graw Hill: New York.
- Prastowo, B., 2007, *Potensi Sektor Pertanian Sebagai Hasil dan Pengguna Energi Terbarukan*. Perspektif Vol. 6 No. 2 / Desember 2007. Hal 84 – 92.
- Prescott, S. G and C. G. Said., 1959, *Industrial Microbiology*. ed 3, McGraw-Hill Book Company: New York. (Halaman 20)
- Steenis V., 1981, *Flora Untuk Sekolah di Indonesia*, PT Pradnya Paramitha: Jakarta.
- Susmiyati, Y., 2011, Detoksifikasi Hidrolisat Asam dari Ubi Kayu untuk Produksi Bioetanol. *Agrointek* Vol 5 No 1. (halaman 9)
- Subandi, 2003, *Memfaatkan Lahan Marginal dengan Tanaman Ganyong*, PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri, Surakarta.
- Sudarmadji, S., B. Haryono dan Suhardi, 1989, *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan*, Liberty: Yogyakarta.
- Susmiyati, Y., 2011, Detoksifikasi Hidrolisat Asam dari Ubi Kayu untuk Produksi Bioetanol. *Agrointek* Vol 5 No 1.
- Warsito, A., 1996. *Biokimia*, Surakarta, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

STRATEGI PROSES TRANSISI DARI METODE *SIX SIGMA* KE DFSS (*DESIGN FOR SIX SIGMA*) MENGGUNAKAN APLIKASI AHP (*ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS*)

Muhammad Yusuf

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
yusuf@akprind.ac.id

ABSTRACT

The Six Sigma method has been believed to be a continuous quality improvement business methodology strategy, which successfully reduces process variation and minimizes product defects and increases corporate profits by applying statistical techniques. This study was conducted to determine the transition process from the selection of Six Sigma Method to Design For Six Sigma (DFSS), using multi-criteria decision-making method Analytical Hierarchy Process (AHP). This AHP application is useful for supporting decision-making about when the Six Sigma Method is decided as the preferred main method compared to DFSS, or vice versa. The chosen alternative uses the method that has the greatest priority weight, in this study selected DFSS method because the value is three times greater than the Six Sigma Method (0.7560 / 0.2440).

Keywords: *Six Sigma Method, DFSS, AHP, decision.*

INTISARI

Metode *Six Sigma* telah diyakini merupakan sebuah strategi metodologi bisnis peningkatan kualitas terus menerus, yang sukses mengurangi variasi proses dan meminimalisir cacat produk serta meningkatkan keuntungan perusahaan dengan menerapkan teknik statistik. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan proses transisi dari pemilihan *Six Sigma Method* ke *Design For Six Sigma* (DFSS), dengan menggunakan metode pembuatan keputusan multi kriteria *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Aplikasi AHP ini berguna untuk mendukung pengambilan keputusan tentang kapan *Six Sigma Method* diputuskan sebagai metode yang lebih utama dipilih dibandingkan dengan DFSS, ataupun sebaliknya. Alternatif yang terpilih menggunakan metode yang mempunyai *priority weight* terbesar, pada penelitian ini terpilih metode DFSS karena nilainya tiga kali lebih besar dari pada *Six Sigma Method* (0,7560/0,2440).

Kata Kunci: *Six Sigma Method, DFSS, AHP, keputusan.*

PENDAHULUAN

Persaingan dunia industri yang semakin ketat, perusahaan harus dapat bertahan dan bersaing dengan perusahaan sejenis. Komitmen dari perusahaan untuk terus mempertahankan kualitas dan keinginan pelanggan adalah dengan diterapkannya berbagai sistem manajemen mutu serta perubahan dalam bidang kualitas. Namun perusahaan tidak dapat berhenti begitu saja karena pada kenyataannya masih terdapat produk yang belum sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan atau produk cacat (*defect product*). Kualitas pada industri manufaktur selain menekankan pada produk yang dihasilkan, juga perlu diperhatikan kualitas pada proses produksi (Ariani, 2003).

Menurut Antony dan Banuelas (2001), *Six Sigma* adalah sebuah strategi bisnis yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas proses serta produk yang dihasilkannya dengan cara meningkatkan target keuntungan, menghilangkan proses maupun produk yang tidak mendukung produktifitas (*eliminate wastes*), menurunkan *Cost Of*

Poor Quality dan meningkatkan efektifitas serta efisiensi keseluruhan proses yang ada sehingga dapat sesuai ataupun melebihi harapan konsumen. Konsep dasar dari *Six Sigma* sebenarnya berasal dari gabungan Konsep TQM (*Total Quality Management*) dan *Statistical Process Control* (SPC), *Six Sigma* dapat menurunkan variabilitas baik proses maupun produk, menggunakan 2 metode; *Six Sigma Method* ataupun *Design For Six Sigma* (DFSS). *Six Sigma Method* mempunyai sasaran *continuous improvements* dengan tahapan DMAIC (*Define Measure Analyze Improve Control*), sedangkan sasaran DFSS ialah perancangan ulang dari perspektif proses maupun produk dengan tahapan DMADV (*Define Measure Analyze Design Verify*).

Kemampuan organisasi dalam menjaga kualitas produk baik saat produk tersebut berada di tangan konsumen, maupun kualitas pada saat *work in process* merupakan keharusan yang fundamental. Industri manufaktur dan jasa punya kewajiban yang sama dalam terus memonitor kualitas dari output mereka. Ada

delapan dimensi dari manufaktur dan empat dimensi dari industri jasa, apabila ditelusuri faktor-faktor tersebut akan mengerucut pada sebuah kata "kualitas" (Tan, 2012).

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik kedua metode tersebut (DMAIC dan DMADV) serta merumuskan kerangka kerja pemilihan metode alternative diantara keduanya, sehingga dapat ditentukan kapan salah satu metode diberikan prioritas penggunaan lebih tinggi dibanding metode lainnya.

Agar tujuan penelitian ini dapat tercapai, sebuah *systematic multiple criteria analysis* digunakan. Teknik pengambilan keputusan multi kriteria yang diadopsi dalam penelitian ini adalah AHP (*Analytic Hierarchy Process*) diharapkan mampu membantu menentukan prioritas dari kedua alternative metode *Six Sigma* tersebut di atas (Yusuf, 2012). AHP dapat digunakan untuk merangsang timbulnya gagasan untuk melaksanakan tindakan kreatif, dan untuk mengevaluasi keefektifan tindakan tersebut. Selain itu, untuk membantu para pemimpin menetapkan informasi apa yang patut dikumpulkan guna mengevaluasi pengaruh faktor-faktor relevan dalam situasi kompleks. AHP juga dapat melacak ketidakkonsistenan dalam pertimbangan dan preferensi peserta, sehingga para pemimpin mampu menilai mutu pengetahuan para pembantu mereka dan pematapan pemecahan itu (Rimantho, 2016)

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Gasperz (2002) ada 6 (enam) aspek yang perlu diperhatikan dalam penerapan konsep *Six Sigma* dibidang *manufactur*: 1) identifikasi karakteristik produk yang akan memuaskan pelanggan (sesuai kebutuhan dan ekspektasi pelanggan), 2) mengklasifikasikan karakteristik kualitas yang akan dianggap sebagai CTQ (*Critical to Quality*), 3) menentukan apakah setiap CTQ itu dapat dikendalikan melalui pengendalian material, mesin, proses-proses kerja, dan lain-lain. 4) menentukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai yang diinginkan pelanggan (menentukan nilai *Upper Specification Limit* dan *Lower Specification Limit* dari setiap CTQ), 5) menentukan maksimum variasi proses untuk setiap CTQ (menentukan nilai maksimum standart deviasi untuk setiap CTQ), 6) mengubah desain produk dan atau proses sedemikian rupa agar mampu mencapai nilai target *Six Sigma*

yang berarti memiliki indeks kemampuan proses, C_p minimum sama dengan dua ($C_p \geq 2$) atau 3,4 DPMO.

Harry dan Schroeder (2000) menekankan perbedaan mendasar pada kedua metode tersebut bahwa di dalam *Six Sigma Method* bersifat *reactive approached* karena melibatkan *process finding* dan *process fixing* pada proses produksi yang sudah ada saat itu. Sedangkan DFSS lebih bersifat *aggressive approached* karena didominasi oleh kegiatan perancangan (*design /re-design*) untuk mencapai *six-sigma quality level*.

Dengan tahapan DMAIC, *Six Sigma Method* melakukan *incremental improvements* dengan cara mencari dan menghilangkan penyebab munculnya variasi pada proses produksi yang sudah ada saat itu (Finster, 2001). Sehingga di dalam pembahasan *Six Sigma Method* selalu diambil asumsi bahwa desain proses dan produk yang ada saat ini sudah tepat dan ekonomis (Nave, 2002). Pada DFSS, tahapan DMADV diadopsi untuk merancang produk / proses baru ataupun merancang ulang produk / proses yang sudah ada saat itu. Kondisi tersebut memungkinkan dihapusnya proses yang sudah ada untuk digantikan secara radikal dengan proses baru hasil rancangan ulang. Beberapa kelebihan DFSS diantaranya adalah *resource efficient*, *robust to process variability* dan *highly linked to customer demand*, seperti yang dinyatakan oleh Harry dan Schroeder (2000).

Diantara para peneliti (Harry dan Schroeder, 2000; Chowdhury, 2001) ada yang merekomendasikan penggunaan DFSS setelah tahapan DMAIC telah mencapai *five-sigma quality level*. Namun kontroversi tentang pendapat tersebut di atas banyak terjadi di kalangan para peneliti, karena diyakini pengambilan keputusan sangat dipengaruhi oleh multi kriteria. Pendapat lain (Eckes, 2001; Pande dkk., 2000) menyebutkan bahwa dalam pengambilan keputusan untuk memilih *Six Sigma Method* ataupun DFSS dipengaruhi oleh beberapa kriteria yang berbeda seperti; keluaran proses, tingkat resiko, teknologi, dan faktor kesempatan / ancaman. Disayangkan, pendapat di atas tidak disertai dengan penjelasan secara spesifik metode pengambilan keputusan yang harus digunakan. Meskipun Banuelas dan Antony (2003) telah merekomendasikan lebih lanjut untuk dilakukannya penelitian yang mengakomodasi *multiple-criteria analysis*,

akan tetapi tidak secara konvergen menunjuk ke sebuah metode tertentu.

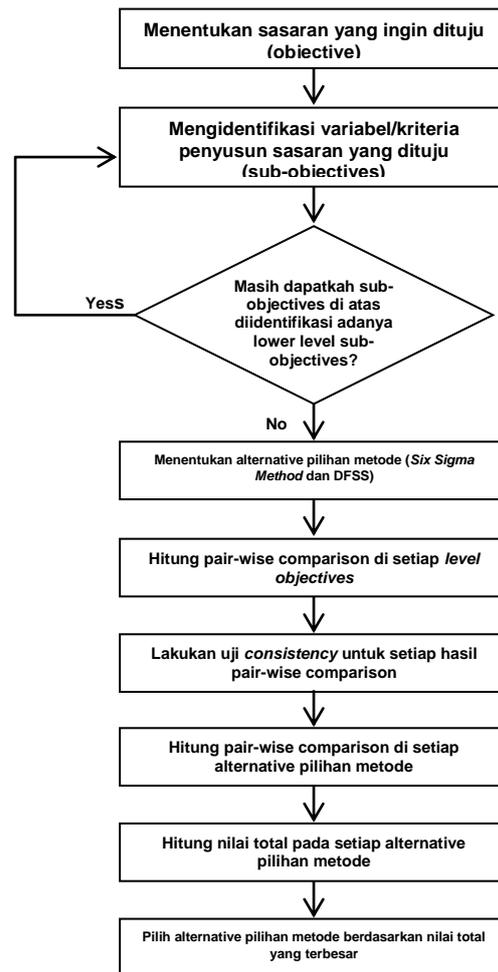
Dalam penggunaannya, AHP mengenal 3 (tiga) prinsip pokok, yaitu (Saaty, 1988): (1). Penyusunan hirarki, penyusunan realitas yang kompleks kedalam bagian yang menjadi elemen pokoknya secara hierarkis (berjenjang). (2). Penentuan prioritas, persepsi hubungan antara hal yang diamati, membandingkan hal yang serupa berdasar kriteria tertentu, dan membedakan kedua anggota pasangan itu dengan menimbang intensitas preferensi hal yang satu dibandingkan dengan yang lainnya. Hasil dari proses perbedaan ini adalah suatu vektor prioritas, atau relatif pentingnya elemen terhadap setiap sifat. Prioritas ini ditentukan berdasarkan pandangan para pakar atau pihak-pihak terkait yang berkompeten terhadap pengambilan keputusan. (3). Konsistensi logis, konsistensi berarti dua hal yaitu pemikiran atau obyek yang serupa dikelompokkan menurut homogenitas dan relevansinya dan intensitas relasi antar gagasan atau antar obyek yang didasarkan pada satu kriteria tertentu, saling membenarkan secara logis. Proses ini dengan jelas menunjukkan bahwa segi kuantitatif merupakan dasar untuk mengambil keputusan yang sehat dalam situasi kompleks, dimana kita perlu menetapkan prioritas dan melakukan perimbangan.

Sehingga dengan demikian penelitian ini akan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) agar pengambilan keputusan dalam pemilihan alternative *Six Sigma Method* ataupun *DFSS* dapat dilakukan dengan mengakomodasi terdapatnya *multi-criteria variables* secara simultan. AHP memungkinkan dilakukannya pengambilan keputusan yang melibatkan banyak variabel sebagai multi kriteria, analisa tidak hanya dilakukan satu per satu variabel namun juga menganalisa interaksi dari keseluruhan variabel yang terlibat secara simultan (Saaty, 1988). Pada akhirnya di dalam penelitian ini, metode yang dipilih (*Six Sigma Method* ataukah *DFSS*) akan didasarkan pada metode yang mempunyai nilai hasil perhitungan *pair-wise comparison* yang tertinggi dengan variabel berupa *multiple-criteria analysis* (Banuelas dan Antony, 2003).

METODOLOGI PENELITIAN

Gambar 1 menunjukkan diagram alir implementasi AHP pada proses transisi

pemilihan metode antara *Six Sigma Method* (DMAIC) dengan *DFSS* (DMADV).



Gambar 1. Diagram alir aplikasi AHP pada proses transisi DMAIC dan DMADV

1. Menentukan sasaran yang ingin dituju (objectives)

Objective-nya ialah mengevaluasi *Six Sigma Method* dan *DFSS* pada multi kriteria tertentu, agar dapat melakukan pemilihan alternative metode yang paling tepat. Apakah *DMAIC*? Ataukah *DMADV*?

2. Mengidentifikasi variabel/kriteria penyusun sasaran yang dituju (sub-objectives)

Hipotesa terhadap multi-kriteria (sub-objectives) pada penelitian ini adalah:

- Maksimal-kan keuntungan financial (FB)
- Maksimal-kan kemampuan proses produksi (PC)
- Maksimal-kan customer satisfaction (CS)
- Minimal-kan resiko kegagalan (R)

3. Masih adanya sub-objectives di atas diidentifikasi adanya lower level sub-objectives yang lainnya.

Pada kondisi tertentu, *lower level sub-objectives* masih bisa didapatkan sebagai komponen pembentuk dan sangat tingkat kompleksitas sasaran yang ingin dituju.

Pada penelitian ini hanya didapatkan dua level *objectives*: *overall objective* dan *sub-objectives*.

4. Menentukan alternative pilihan metode (Six Sigma Method dan DFSS)

Menyusun level 3 yang merupakan alternative pilihan metode *Six Sigma*

5. Hitung pair-wise comparison di setiap level objectives

AHP memberikan bobot pengukuran tingkat kepentingan berdasarkan *pair-wise comparison*. Penilaian yang dilakukan oleh banyak partisipan akan menghasilkan pendapat yang berbeda satu sama lain. AHP hanya membutuhkan satu jawaban untuk satu matriks perbandingan. Oleh karena itu, Saaty, dkk. (1993) memberikan metode perataan jawaban partisipan dengan *geometric mean*. *Geometric mean theory* menyatakan bahwa jika terdapat *n* partisipan melakukan perbandingan berpasangan, maka terdapat *n* jawaban (nilai) numerik untuk setiap pasangan. Untuk mendapatkan satu nilai tertentu dari semua nilai tersebut, masing-masing nilai harus dikalikan satu sama lain, kemudian hasil perkalian dipangkatkan dengan $1/n$. Skala bobot pengukuran didapatkan dengan *brainstorming* dengan mengacu pada *scale value* yang dirumuskan oleh Saaty (1988), seperti yang ditunjukkan di dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai skala *pair-wise comparison*

Nilai	Deskripsi
1	Tingkat kepentingan sama
3	Tingkat kepentingan yang lemah/tidak jauh beda
5	Tingkat kepentingan yang kuat
7	Tingkat kepentingan yang sangat kuat
9	Tingkat kepentingan yang mutlak/jauh beda
2,4,6,8	Tingkat kepentingan menengah/nilai antara

Pada tabel 2 menunjukkan hasil *pair-wise comparison* untuk setiap *level*

objectives, serta dinotasikan dalam matrix A. *Pair-wise comparison* yang membentuk matrix A ini mengidentifikasi tingkat kepentingan *sub-objectives* ke-i dibandingkan dengan *sub-objectives* ke-j. Sehingga untuk perbandingan *sub-objectives* ke-j dengan *sub-objectives* ke-i, nilainya menjadi $1/(pairwise\ comparison)$.

Tabel 2. Matrix A

No	Sub-objectives	FB	PC	CS	R
1	Maksimal-kan keuntungan finansial	1	3	2	4
2	Maksimal-kan kemampuan proses produksi	0,33	1	0,25	3
3	Maksimal-kan kepuasan konsumen	0,50	4,00	1	5
4	Minimal-kan resiko kegagalan	0,25	0,33	0,20	1
Total		2,08	8,33	3,45	13,00

Selanjutnya dibentuk matrix Aw (lihat tabel 3), table dibawah merupakan *normalized matrix A*, dengan cara membagi setiap nilai yang ada pada kolom ke-i di matrix A dengan total jumlah nilai di kolom ke-i tersebut.

Tabel 3. Matrix Aw

No	Sub-objectives	FB	PC	CS	R
1	Maksimal-kan keuntungan finansial	0,48	0,36	0,58	0,31
2	Maksimal-kan kemampuan proses produksi	0,16	0,12	0,07	0,23
3	Maksimal-kan kepuasan konsumen	0,24	0,48	0,29	0,38
4	Minimal-kan resiko kegagalan	0,12	0,04	0,06	0,08
Total		1,00	1,00	1,00	1,00

Pada akhirnya *priority weight* untuk setiap *level objectives* dapat dihitung dengan menentukan nilai rata-2 pada setiap baris ke-i dari matrix Aw. Hasilnya ditunjukkan sebagai vector c (Tabel 4).

Tabel 4. Matrix c

No	Sub-objectives	Priority weight
1	Maksimal-kan keuntungan finansial	0,48
2	Maksimal-kan kemampuan proses produksi	0,16
3	Maksimal-kan kepuasan konsumen	0,24
4	Minimal-kan resiko kegagalan	0,12
Total		1,00

6. Lakukan uji consistency untuk setiap hasil pair-wise comparison

Langkah uji:

- a. hitung product matrix A dengan vector c (lihat tabel 5)

Tabel 5. Consistency ratio

No	Sub-objectives	A.c	Eigen vector
1	Maksimal-kan keuntungan finansial	1,8625	4,3064
2	Maksimal-kan kemampuan proses produksi	0,6010	4,1451
3	Maksimal-kan kepuasan konsumen	1,5188	4,3705
4	Minimal-kan resiko kegagalan	0,3010	4,0128
*CI=0,0696; RI=0,9000; CI/RI=0,0773; m=4		δ	4,2087

- b. hitung δ: (Banuelas dan Antony, 2003)

$$\delta = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\text{ith entry in A C}}{\text{ith entry in C}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{x_i}{c_i}$$

- c. hitung consistency index (CI):

$$CI = \frac{\delta - m}{m - 1}$$

- d. bandingkan CI dengan RI (Tabel 6)

CI/RI < 0,10 → konsisten

CI/RI > 0,10 → tidak konsisten

Tabel 6. Random Index

M	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51

7. Hitung pair-wise comparison di setiap alternative pilihan metode

Cara yang sama dilakukan seperti pada langkah 5 di atas (Tabel 7)

Tabel 7. Pair-wise comparison untuk alternative pilihan metode

No	Sub-objectives	DMADV	DMAIC
1	Maksimal-kan keuntungan finansial	2,00	0,50
2	Maksimal-kan kemampuan proses produksi	3,00	0,33
3	Maksimal-kan kepuasan konsumen	2,00	0,50
4	Minimal-kan resiko kegagalan	0,14	7,00
Total		7,14	8,33

8. Hitung nilai total pada setiap alternative pilihan metode

Priority weight untuk masing-masing alternative pilihan:

$$c_j = \sum (w_i k_{ij})$$

Tabel 8 menunjukkan hasil perhitungan total priority weight dari kedua alternative pilihan metode untuk setiap sub-objective (Banuelas dan Antony, 2003).

Tabel 8. Total priority weight

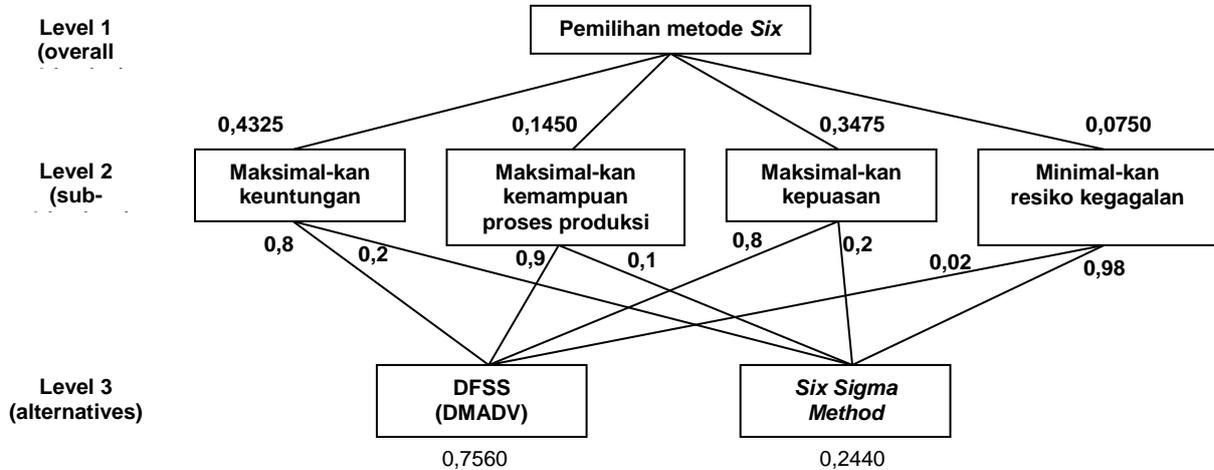
No	Sub-objectives	W _i	Paired comparison			Normalised coparison (k _i)		Priority weight (C _i)	
			A	B	C	D	E	F	G
1	Maximise benefits financial	0.4325	2	0.50	0.8	0.2	0.3460	0.0865	
2	Maximise capability process	0.1450	3.00	0.33	0.9	0.1	0.1305	0.0145	
3	Maximise satisfaction customer	0.3475	2.00	0.5	0.8	0.2	0.2780	0.0695	
4	Maximise risk	0.0750	0.14	7.00	0.02	0.98	0.0015	0.0735	
Sum			7.14	8.33	2.52	1.48	0.7560	0.2440	

Notes: A=Priority weights of sub objectives; B=Redesign for six-sigma DFSS; C, E, G= Six-sigma improvement; D, F= Redesign for six sigma

9. Pilih alternative pilihan metode berdasarkan nilai total yang terbesar

Pilih alternatif metode yang mempunyai *priority weight* terbesar. Dalam hal ini DFSS dipilih karena nilainya tiga kali lebih besar dari pada *Six Sigma Method*

(0,7560/0,2440). Gambar 2 di bawah ini menunjukkan tingkat kepentingan untuk setiap *objectives* dan *alternatives* pada AHP model.



Gambar 2. AHP model dengan hasil pembobotan *pair-wise comparison*

KESIMPULAN

Metode *Six Sigma* terbukti mampu digunakan untuk *continuous improvement* pada proses/produk yang sudah ada, sekaligus mampu pula diaplikasikan dalam perancangan produk/proses baru secara simultan.

Penentuan kapan memilih menggunakan DMAIC ataupun DMADV, itulah permasalahan yang sebenarnya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode AHP mampu menyelesaikan permasalahan tersebut dengan terakomodasinya semua variabel yang ada (*multiple-criteria analysis*).

Alternatif yang dipilih merupakan metode yang mempunyai *priority weight* terbesar, yaitu DFSS dipilih karena nilainya tiga kali lebih besar dari pada *Six Sigma Method* (0,7560/0,2440).

DAFTAR PUSTAKA

Antony, J., dan Banuelas, R, 2001, Six Sigma: a business strategy for manufacturing organizations, *Manufacturing Engineering*, Vol. 8.
 Ariani, D.W., 2003. *Manajemen Kualitas Pendekatan Sisi Kualitatif*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
 Banuelas, R., dan Antony, J., 2003, Going from six sigma to design for six sigma: an

exploratory study using analytic hierarchy process, *The TQM Magazine*, Vol. 15 No. 5.

Chowdhury, S., 2001, *The Power of Six Sigma*, FT/Prentice-Hall, London.
 Eckes, G., 2001, *The Six Sigma Revolution*, John Wiley & Sons, Chichester.
 Harry, M., dan Schroeder, R., 2000, *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionising the World's Top Corporations*, Currency/Doubleday, New York, NY.
 Finster, M., 2001, From Continuous Improvement to Continuous Innovation, *Quality Management Journal*, Vol. 8 No. 4, October.
 Gaspersz, Vincent, 2002, *Pedoman Implementasi Program SIX SIGMA terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA dan HACCP*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
 Nave, D., 2002, How to compare six sigma, lean and the theory of constraints, *Quality Progress*, Vol. 35 No. 3.
 Pande, P.S., Neuman, R., dan Cavanagh, R.R., 2000, *The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Companies Are Honing Their Performance*, McGraw-Hill, New York, NY.

- Saaty, T.L., 1988, *The Analytic Hierarchy Process*, Pergamon Press, New York, NY.
- Saaty, TL.; Vargas, L.G. (1993). *Models, Methods, Concept & Applications of The Analytic Hierarchy Process. International Series in Operations Research & Management Science*. Second Edition. New York: Springer.
- Rimantho, Dino, 2016, Aplikasi Analytical Hierarchy Process Pada Pemilihan Metode Analisis Zat Organik Dalam Air, *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* Vol. 15 (1), Universitas Pancasila, Jakarta.
- Tan, Hendy Tannady, 2012, Metode Dmaic Sebagai Solusi Pengendalian Kualitas Produksi Sepatu Tambang: Studi Kasus PT Mangul Jaya-Bekasi, *Jurnal ComTech*, Vol.3 No. 1 Juni 2012: 509-523, Universitas Bina Nusantara.
- Yusuf, Muhammad, 2012, Analisis Lokasi Cabang Terbaik Menggunakan Metode Analytic Hierarchy Process, *Proseding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*, IST AKPRIND Yogyakarta.

Karbon Aktif Termodifikasi $ZnCl_2$ untuk Adsorpsi Ion Logam $Fe(II)$ dalam Limbah Batik

Eka Sulistyaningsih

Jurusan Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: sulistyaningsih@akprind.ac.id

ABSTRACT

Increased batik industry make increased waste. One of the batik waste that pollute the environment is liquid waste containing iron ion. According to KEPMENKES RI No.492 / MENKES / PER / IV / 2010 dated April 19, 2010 regarding drinking water quality requirements, Fe content in drinking water is allowed only 0.3 mg / L in drinking water that has been contaminated by exceeding metal content contained that threshold of the predetermined. One way of processing liquid waste is by the adsorption process. This study aims to determine the effectiveness of modified activated carbon from bagasse (bagasse) as adsorbent. Modification was done by impregnating of $ZnCl_2$ to adsorb liquid waste containing $Fe(II)$ ion in batik waste. The variation of $ZnCl_2$ composition on impregnation with ratio (KAT): $ZnCl_2$ 1 : 0.5 and 1 : 0.75 with different activation time were 60 and 120 minutes. KAT was measured the water and the ash content before used in the adsorption process. The adsorption process was done with variations of time 1, 2, 3, 4 and 5 hours. The results showed that the water content of the activated carbon with longer activation had higher water content and higher ash content than the modified activated carbon with a shorter activation. In addition the percent value of adsorption using modified activated carbon (KAT): $ZnCl_2$ with a ratio of 1: 0.75 has a higher value than KAT: $ZnCl_2$ with a ratio of 1: 0.5. This is due to the addition of $ZnCl_2$ which makes open activated carbon cavity so that its adsorption ability increases. Overall, this study provides new insight into the production of $ZnCl_2$ modified activated carbon.

Keyword: adsorption, baggase, $Fe(II)$ ion, modified activated carbon, $ZnCl_2$

INTISARI

Meningkatnya industri batik mengakibatkan meningkatnya limbah yang dihasilkan. Menurut KEPMENKES RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 tanggal 19 April 2010 tentang persyaratan kualitas air minum, kadar Fe dalam air minum yang diperbolehkan hanya 0,3 mg/L pada air minum yang telah tercemar oleh limbah cair tentu kadar logam yang terkandung melebihi ambang batas dari yang telah ditentukan. Salah satu cara pengolahan limbah cair adalah dengan proses adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas karbon aktif termodifikasi sebagai adsorben dari bagasse (ampas tebu). Modifikasi dilakukan dengan impregnasi $ZnCl_2$ untuk mengadsorpsi limbah cair yang mengandung ion $Fe(II)$ pada limbah batik. Variasi komposisi $ZnCl_2$ pada impregnasi adalah karbon aktif termodifikasi dengan rasio (KAT) : $ZnCl_2$ 1:0,5 dan 1:0,75 dengan waktu aktivasi yang berbeda yakni 60 dan 120 menit. KAT yang dibuat kemudian diukur kadar air dan abunya sebelum digunakan proses adsorpsi. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air karbon aktif termodifikasi dengan aktivasi lebih lama memiliki kadar air yang lebih tinggi dan kadar abu yang lebih tinggi dibanding karbon aktif termodifikasi dengan aktivasi lebih singkat. Selain itu nilai persen adsorpsi menggunakan karbon aktif termodifikasi (KAT): $ZnCl_2$ dengan rasio 1:0,75 memiliki nilai lebih tinggi dibanding yang KAT: $ZnCl_2$ dengan rasio 1:0,5. Hal ini disebabkan penambahan $ZnCl_2$ yang lebih banyak membuat rongga karbon aktif terbuka sehingga kemampuan adsorpsinya meningkat. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan baru tentang pembuatan karbon aktif termodifikasi $ZnCl_2$.

Kata kunci: adsorpsi, baggase (ampas tebu), ion besi(II), karbon aktif termodifikasi, $ZnCl_2$

PENDAHULUAN

Meningkatnya industri batik mengakibatkan meningkatnya limbah yang dihasilkan. Salah satu limbah batik yang mencemari lingkungan adalah limbah cair yang mengandung besi (Putra, D, Puji, & Suharyadi, 2014). Menurut KEPMENKES RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 tanggal 19 April 2010 tentang persyaratan kualitas air

minum, kadar Fe dalam air minum yang diperbolehkan hanya 0,3 mg/L pada air minum yang telah tercemar oleh limbah cair tentu kadar logam yang terkandung melebihi ambang batas dari yang telah ditentukan (Menteri Kesehatan, 2010) . Salah satu cara pengolahan limbah cair adalah dengan proses adsorpsi. Proses adsorpsi dapat menurunkan kadar logam yang terlarut pada

limbah cair dengan cara menyerap logam-logam tersebut ke dalam permukaan adsorbennya (Sugita dan Wukirsari, 2009). Penurunan kadar logam besi (Fe) pada limbah batik menggunakan adsorben telah dilakukan oleh Putra, Puji dan Suharyadi (2014) bahwa penurunan kadar logam Fe menggunakan adsorben nanopartikel Fe_3O_4 terbesar terjadi akibat adanya pengaruh pH yang semakin tinggi dan pengadukan yang semakin lama. Penggunaan adsorben telah lama dilakukan, namun selama ini adsorben masih impor, sedangkan Indonesia memiliki kekayaan alam yang dapat digunakan untuk pembuatan adsorben. Adsorben dapat dibuat dari berbagai macam material, salah satunya adalah *bagasse* (ampas tebu) yang merupakan biomaterial. Keuntungan menggunakan biomaterial sebagai adsorben adalah mudah diregenerasi dan dapat digunakan kembali. Ampas tebu adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Selama ini pemanfaatan ampas tebu (*sugar cane bagasse*) yang dihasilkan masih terbatas untuk makanan ternak, bahan baku pembuatan pupuk (kompos), *pulp*, *particle board* dan untuk bahan bakar *boiler* di pabrik gula (Andaka, 2007).

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti bermaksud meningkatkan nilai manfaat *bagasse* (ampas tebu) yakni untuk pembuatan adsorben untuk penurunan logam berat dalam limbah cair. Penggunaan adsorben dari *bagasse* selain dapat diregenerasi, juga ramah lingkungan karena tidak meninggalkan residu yang membahayakan. Pemanfaatan adsorben dapat memberikan efisiensi yang maksimal apabila dilakukan modifikasi terhadap adsorben. Modifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menambahkan $ZnCl_2$ dengan tujuan untuk meningkatkan luas permukaan adsorben sehingga kapasitas adsorpsinya meningkat. Salah satu faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi adalah lama waktu aktivasi, sehingga dalam penelitian ini dilakukan variasi lama waktu aktivasi.

Bagasse (Ampas Tebu) sebagai karbon aktif

Bagasse (ampas tebu) merupakan limbah berserat yang diperoleh dari hasil samping proses penggilingan tanaman tebu (*Saccharum officinarum*). Ampas ini sebagian besar mengandung bahan-bahan *lignoselulosa*. Berdasarkan data dari Pusat

Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Namun, sebanyak 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur, dan lain-lain. Oleh karena itu diperkirakan sebanyak 45% dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan (Husin, 2007). Besarnya jumlah *bagasse* yang belum dimanfaatkan mendorong para peneliti untuk mengembangkan potensi *bagasse* agar memiliki nilai ekonomi, salah satunya dimanfaatkan sebagai adsorben. Penggunaan sebagai adsorben ini dilakukan dengan mengubah *bagasse* menjadi karbon aktif. Karbon aktif adalah bahan berupa karbon bebas yang masing-masing berikatan secara kovalen atau arang yang telah dibuat dan diolah secara khusus melalui proses aktivasi, sehingga pori-porinya terbuka dan dengan demikian mempunyai daya serap yang besar terhadap zat-zat lainnya, baik dalam fase cair maupun dalam fase gas. Dengan demikian, permukaan karbon aktif bersifat non-polar. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, dimana semakin kecil pori-pori karbon aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah.

Karbon aktif dibuat melalui proses pembakaran secara karbonisasi (aktifasi) dari semua bahan yang mengandung unsur karbon dalam tempat tertutup dan dioksidasi/diaktifasi dengan udara atau uap untuk menghilangkan hidrokarbon yang akan menghalangi/ mengganggu penyerapan zat organik. Aktifasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi.

Adsorpsi

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya. Adsorpsi adalah penggumpalan dari adsorbat di atas permukaan adsorben, sedang absorpsi adalah penyerapan dari adsorbat ke dalam adsorben dimana disebut dengan fenomena sorption. Materi atau

partikel yang diadsorpsi disebut adsorbat, sedang bahan yang berfungsi sebagai pengadsorpsi disebut adsorben. Oscik (1982) secara umum mengklasifikasikan adsorpsi ke dalam dua kategori, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika terjadi jika reaksi antara adsorben dan adsorbat melibatkan gaya-gaya antar molekul seperti ikatan hidrogen atau van der Waals. Pada proses ini molekul yang teradsorpsi mudah dilepas kembali dengan menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut. Zat yang teradsorpsi dapat membentuk beberapa lapisan tunggal dan kondisi kesetimbangan akan tercapai segera setelah adsorben bersentuhan dengan adsorbat. Panas adsorpsi yang menyertai adsorpsi fisika lebih rendah bila dibandingkan dengan panas adsorpsi yang terjadi pada adsorpsi kimia.

Pembuatan Karbon Aktif Termodifikasi

Bagasse yang diperoleh dicuci dengan akuades kemudian dikeringkan dan dihaluskan. *Bagasse* yang sudah dihaluskan, diayak menggunakan ayakan 100 mesh lalu ditimbang dan direndam dalam larutan $ZnCl_2$ selama 1 jam dengan perbandingan impregnasi 1:1. Perbandingan impregnasi adalah berat *bagasse* dalam berat $ZnCl_2$. *Bagasse* yang telah diimpregnasi ditempatkan ke dalam *muffle furnace* dalam suhu $500^\circ C$ selama 60 menit. Setelah itu, dilakukan pencucian dengan asam, yaitu dengan larutan 3 M HCl untuk menghilangkan residu Zn dalam karbon aktif termodifikasi. Karbon aktif termodifikasi yang diperoleh, kembali dicuci dengan air panas, kemudian dicuci dengan air dingin. Terakhir, karbon aktif termodifikasi dikeringkan dalam oven pada suhu $120^\circ C$ (Fabon, Legaspi, Leyesa, dan Macawile, 2013).

Proses Adsorpsi

Larutan sampel limbah batik 50 mL ditempatkan ke dalam erlenmeyer. Kemudian menambahkan karbon aktif termodifikasi dengan waktu aktivasi 60 menit dan perbandingan $ZnCl_2$ 1:1 g sebanyak 1 g. Mengaduk campuran tersebut dengan *shaker* dengan variasi waktu: 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Mengambil sampel yang telakukan proses adsorpsi kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Analisis sampel menggunakan reagen 1,10-ortofenantroline dan hidrosilamin-HCl. Mengulangi langkah tersebut dengan memvariasikan karbon aktif dengan waktu

aktivasi 60 menit pada rasio impregnasi 1:0,75 dan waktu aktivasi 120 menit dengan rasio impregnasi 1:1 dan 1: 0,75.

Efisiensi penghilangan kadar ion besi dalam sampel dihitung melalui Persamaan 1 (Kundari, Susanto, dan Prihatiningsih, 2010) dan (Bahadur dan Paramatma, 2014).

$$\% \text{ Efisiensi penghilangan Fe(II)} = \frac{c_i - c_e}{c_i} \times 100\% \quad (1)$$

Jumlah adsorbat yang terserap dalam mg/g pada kesetimbangan dihitung dengan Persamaan 2.

$$q = \frac{(c_i - c_e)}{W} \times V \text{ (mg / g)} \quad (2)$$

dengan:

V = volum adsorbat dalam air (L)

W = berat adsorben (g)

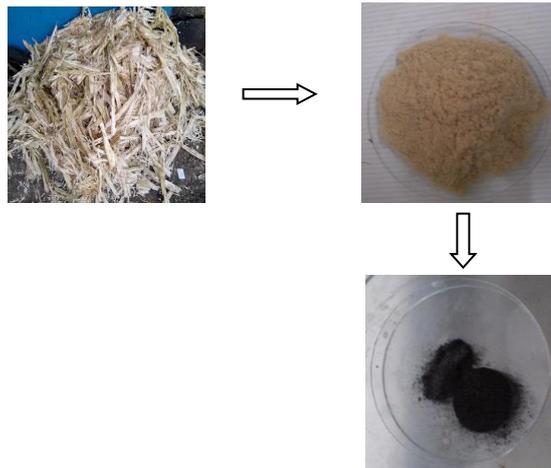
c_i = konsentrasi awal besi mg/L

c_e = konsentrasi akhir/setimbang besi mg/L

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Karbon Aktif Termodifikasi sebagai Adsorben

Pembuatan karbon aktif termodifikasi dilakukan dengan impregnasi (pengembangan) $ZnCl_2$ ke dalam *bagasse*. Penggunaan $ZnCl_2$ sebagai agen yang mencegah pengaktifan pembentukan karbon aktif yang menghambat pori-pori karbon aktif, sehingga diharapkan kemampuan adsorpsi bertambah. Penghilangan sisa Zn dilakukan dengan mencuci karbon aktif menggunakan HCl 3 M, kemudian dilanjutkan pencucian menggunakan air panas dan dingin. Aktivasi dilakukan secara fisika yakni aktivasi pada suhu $500^\circ C$. Aktivasi dilakukan selama 60 menit dan 120 menit. Perbedaan waktu aktivasi memberikan perbedaan rendemen (persentase karbon aktif yang dihasilkan). Semakin lama waktu aktivasi, semakin kecil rendemen yang dihasilkan. Perbedaan waktu aktivasi menghasilkan adsorben dengan kadar air serta kadar abu yang berbeda, semakin lama aktivasi maka kadar air yang dihasilkan semakin kecil. Pembuatan adsorben ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Pembuatan karbon aktif termodifikasi

Tabel 1. Sifat karbon aktif termodifikasi $ZnCl_2$

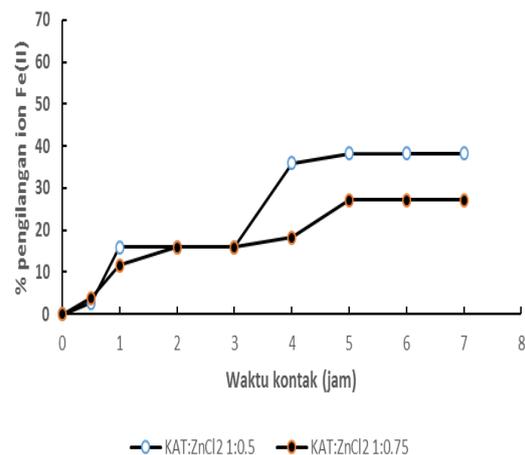
Karbon Aktif Termodifikasi dengan variasi waktu aktivasi	Perbandingan $ZnCl_2$	Kadar Air	Kadar Abu
60 menit	1:0,5	35%	55,25%
	1:0,75	39%	53,33%
120 menit	1:0,5	25%	84,87%
	1:0,075	27%	82,43%

Berdasarkan penelitian, karbon aktif dengan waktu aktivasi yang lebih lama menghasilkan karbon aktif dengan kadar air yang lebih rendah namun memiliki kadar abu yang lebih tinggi. Semakin lama waktu aktivasi, penurunan rendemen sejalan dengan penurunan kadar karbon. Penurunan rendemen dan kadar karbon dengan meningkatnya waktu aktivasi dikonfirmasi oleh meningkatnya kadar abu. Secara fisik, tidak terdapat perbedaan antara karbon aktif termodifikasi dengan waktu aktivasi 60 menit dan 120 menit.

Adsorpsi Besi dalam Sampel

Proses adsorpsi dilakukan dengan mengkontakkan 0,5 g adsorben karbon aktif termodifikasi (KAT) dengan limbah batik yang telah terukur kadar besinya yakni 50,41 ppm. Pada tahap penelitian ini mempelajari pengaruh waktu interaksi larutan logam $Fe(II)$ dengan adsorben karbon aktif termodifikasi terhadap jumlah ion $Fe(II)$ yang teradsorpsi pada karbon aktif dan menentukan laju adsorpsinya. Waktu interaksi yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi digunakan sebagai ukuran kecepatan laju reaksi. Semakin singkat waktu yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi, semakin tinggi laju reaksinya.

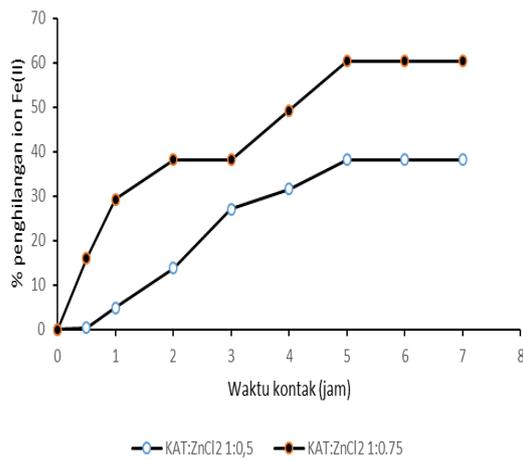
Hubungan waktu kontak dengan efisiensi penghilangan ion $Fe(II)$ menggunakan karbon aktif dengan lama aktivasi 60 menit dan 120 menit masing-masing ditunjukkan oleh Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Efisiensi penghilangan besi (II) menggunakan karbon aktif termodifikasi dengan waktu aktivasi 60 menit.

Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa karbon aktif dengan waktu aktivasi 60 menit dengan modifikasi rasio impregnasi 1:0,75 menghasilkan efisiensi penghilangan lebih rendah dibandingkan yang dengan modifikasi rasio impregnasi 1:0,5. Hal ini berbeda dengan karbon aktif dengan waktu aktivasi 120 menit, disebabkan karena waktu aktivasi 60 menit tidak mampu membuka pori karbon

aktif sepenuhnya sehingga $ZnCl_2$ yang diimbangkan untuk membantu membuka pori hanya menempel saja dan menyumbat pori. Sisa $ZnCl_2$ yang tidak terlepas seluruhnya saat pencucian mengakibatkan banyak pori karbon aktif yang tersumbat. Dengan demikian menghalangi proses adsorpsi dan menghasilkan efisiensi yang rendah. Pada menit-menit mendekati waktu kesetimbangan yaitu waktu kontak 4 jam, kondisi sudah mulai jenuh sehingga laju adsorpsi logam besi pada karbon aktif mulai menurun dan akhirnya relatif tidak mengalami partambahan.



Gambar 3. Efisiensi penghilangan besi (II) menggunakan karbon aktif dengan waktu aktivasi 120 menit

Gambar 3 memperlihatkan bahwa efisiensi penghilangan logam $Fe(II)$ dengan waktu aktivasi 120 menit berbeda dengan waktu aktivasi 60 menit. Karbon aktif dengan aktivasi 120 menit dan modifikasi $ZnCl_2$ mampu membuka pori-pori karbon aktif lebih banyak sehingga efisiensi penghilangannya lebih besar. Untuk waktu kontak 2 jam dan 3 jam, pemisahan menggunakan karbon aktif termodifikasi dengan rasio $ZnCl_2$ 1:0,75 tidak terjadi perubahan, karena banyaknya partikel besi yang menumpuk di permukaan pori tetapi setelah ada yang masuk ke dalam pori, kenaikan efisiensinya meningkat tajam.

Kinetika Adsorpsi $Fe(II)$

Penelitian ini mempelajari pengaruh waktu interaksi larutan logam $Fe(II)$ dengan adsorben karbon aktif termodifikasi (KAT) dengan variasi $ZnCl_2$ terhadap jumlah logam yang teradsorpsi pada KAT dan menentukan laju adsorpsinya. Adsorpsi dilakukan secara isotermis yaitu adsorpsi pada temperatur konstan $25\text{ }^{\circ}C$. Waktu interaksi yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi digunakan sebagai ukuran kecepatan laju reaksi. Semakin singkat waktu yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan adsorpsi, semakin tinggi laju reaksi.

Kajian kinetika adsorpsi mengacu pada model kinetika adsorpsi ion tunggal dari Santosa. Rumusan model kinetika yang digunakan oleh Santosa didasarkan pada konsentrasi adsorbat dalam larutan dengan asumsi bahwa adsorpsi tersebut merupakan adsorpsi order satu yang mencapai kesetimbangan (Santosa, Narsito, dan Lesbani, 2003). Kinetika Santosa dirumuskan dengan Persamaan 3.

$$\ln\left(\frac{C_i}{C_e}\right) = k \frac{t}{C_e} + K \quad (3)$$

Hasil perhitungan kinetika dengan menggunakan perhitungan kinetika Santosa, orde 1, orde 2 dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan nilai regresi yang mendekati nilai 1 pada Tabel 2 diketahui bahwa pada proses adsorpsi logam $Fe(II)$ menggunakan KAT: $ZnCl_2$ 1:0,5 dengan aktivasi 60 menit mengikuti kinetika orde 2 sedangkan menggunakan KAT: $ZnCl_2$ 1:0,5 dengan aktivasi 120 menit mengikuti kinetika orde 1. Proses adsorpsi logam $Fe(II)$ menggunakan KAT: $ZnCl_2$ 1:0,75 dengan aktivasi 60 menit mengikuti kinetika orde 1 sedangkan menggunakan KAT: $ZnCl_2$ 1:0,75 dengan aktivasi 120 menit mengikuti kinetika orde 1.

Tabel 2. Parameter kinetika adsorpsi logam $Fe(II)$ dihitung menggunakan kinetika adsorpsi santosa.

Metode Perhitungan	Parameter	KAT:ZnCl ₂ 1:0,5		KAT:ZnCl ₂ 1:0,75	
		Aktivasi 60 menit	Aktivasi 120 menit	Aktivasi 60 menit	Aktivasi 120 menit
Santosa	R ²	0,8802	0,8495	0,9243	0,9800
	k(menit ⁻¹)(10 ⁻³)	256,735	0,0050	0,003	649.643
	K (mol/L) ⁻¹	1.2400	4,2082	4,876	-4.915
Orde 1	R ²	0,7760	0,9495	0,823	0,9042
	k mM ⁻¹ min ⁻¹ (10 ⁻³)	0,0015	0,0017	0,7	0,23
Orde 2	R ²	0,7791	0,9432	0,8068	0,8658
	k mM ⁻¹ min ⁻¹	0,3398	2.514	0,961	0,1797

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan kadar air karbon aktif dengan aktivasi lebih lama memiliki kadar air yang lebih tinggi dan kadar abu yang lebih tinggi dibanding karbon aktif dengan aktivasi lebih singkat. Selain itu nilai persen adsorpsi menggunakan karbon aktif termodifikasi (KAT) : ZnCl₂ 1:0,75 lebih tinggi dibanding yang KAT:ZnCl₂ 1:0,5. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan baru tentang pembuatan karbon aktif termodifikasi ZnCl₂.

DAFTAR PUSTAKA

- Andaka, G., Kimia, J. T., & Industri, F. T. (2007). Hidrolisis ampas tebu menjadi furfural dengan katalisator asam sulfat.
- Bahadur, K. D., & Paramatma, M. (2014). Adsorptive Removal of Cr (VI) from Aqueous Solution by Sugarcane Biomass. *Research Journal of Chemical Sciences*, 4(5), 32–40.
- Fabon, M. B., Legaspi, G. J., Leyesa, K., & Macawile, M. C. (2013). Removal of Basic Dye in Water Matrix Using Activated Carbon from Sugarcane Bagasse (pp. 8–11). Bangkok: International Conference on Innovations in Engineering and Technology.
- Husin, 2007, Analisis Serat Bagas, (<http://www.free.vlsm.org/>, diakses Tanggal 7 Mei 2017)
- Kundari, N. A., Susanto, A., & Prihatiningsih, M. C. (2010). Adsorpsi Fe dan Mn dalam Limbah Cair dengan Zeolit Alam (pp. 705–710). Yogyakarta: SEMINAR NASIONAL VI SDM TEKNOLOGI NUKLIR.
- Menteri Kesehatan, P. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Jakarta: Kementerian Kesehatan.
- Putra, D. E., Puji, F., & Suharyadi, E. (2014). Studi Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) pada Limbah Batik dengan Sistem Purifikasi Menggunakan Absorben Nanopartikel Magnetic. *Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia Sekip Utara PO BOX BLS.21 Yogyakarta 55281, Indonesia*, (April), 250–252.
- Rukaesih, A. 2004. *Kimia Lingkungan*. ANDI. Yogyakarta.
- Santosa, S. J., Narsito, & Lesbani, A. (2003). The Determination of Active Site, Capacity, Energy and Rate Constant on the Adsorption of Zn(II) and Cd(II) on Chitin. *Journal of Ion Exchange*, 14(Supplement), 89–92. https://doi.org/10.5182/jaie.14.Supplement_89
- Sugita, P., & Wukirsari, T. (2009). *Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan*. Bogor: IPB Press.

Evaluasi Kinetika Reaksi Pembuatan Aluminium Hidroksida dari Tawas dan Amonium Hidroksida

Ani Purwanti
Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
e-mail: ani4wanti@gmail.com

ABSTRACT

Aluminium hydroxide has much benefit at industrial such as ceramics industry, cosmetic industry, and other industries that use aluminium hydroxide. Aluminium hydroxide is formed from the reaction between alum and ammonium hydroxide at the flask with which were completed with stirrer, condensor, heater and thermometer. Once in certain time sample of reacting liquid was taken out from the flask to be analyzed. The results of the research shows that the reaction of aluminium hydroxide formation is second order, first order to $Al_2(SO_4)_3$ and first order to ammonium hydroxide. By using an optimum reactant ratio, stirrer velocity 600 rpm, and solution temperature at 55°C, it can be obtained the good relative condition. In that condition the constant value of reaction rate (k) is $2.31 \times 10^{-4} \text{ mL}^{-1}/\text{minute}$.

Keywords: aluminium hydroxide, ammonium hydroxide, kinetics

INTISARI

Aluminium hidroksida mempunyai banyak kegunaan dalam bidang industri, misalnya di industri keramik, industri kosmetik dan lain-lain, yang dalam prosesnya menggunakan bahan – bahan tersebut. Aluminium hidroksida merupakan hasil reaksi antara tawas dengan NH_4OH dalam labu leher tiga dengan suhu tertentu, sambil dilakukan pengadukan konstan, setelah waktu yang diinginkan tercapai, endapan diambil lalu disaring untuk memisahkan filtratnya, kemudian endapan tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C sampai beratnya konstan. Endapan yang telah dikeringkan diambil, sebagian untuk dianalisis kadar aluminiumnya untuk dapat mengetahui konversinya. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah 25 g tawas yang telah dihaluskan dan 75 mL NH_4OH 21 % dengan kecepatan pengadukan 600 rpm, pada suhu 55 °C (suhu tertinggi pada penelitian ini), sehingga diperoleh nilai konstanta kecepatan reaksi $2,31 \times 10^{-4} \text{ mL}^{-1}/\text{menit}$ dan merupakan reaksi orde dua (orde satu terhadap $Al_2(SO_4)_3$ dan orde satu terhadap NH_4OH).

Kata kunci: aluminium hidroksida, ammonium hidroksida, tawas, kinetika

Pendahuluan

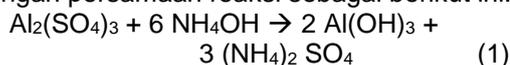
Industri-industri yang dalam prosesnya menggunakan bahan baku aluminium hidroksida antara lain industri keramik maupun industri kosmetik. Industri tersebut semakin berkembang sehingga kebutuhan aluminium hidroksida setiap waktu selalu mengalami peningkatan. Sampai saat ini untuk memenuhi kebutuhan aluminium hidroksida dalam negeri sebagian masih impor.

Untuk memenuhi kebutuhan aluminium hidroksida, perlu dilakukan penelitian tentang pembuatan aluminium hidroksida dengan menggunakan tawas yang bertujuan untuk menunjang produksi aluminium hidroksida dalam negeri agar tidak tergantung dengan impor. Dalam hal ini peneliti mencoba melakukan penelitian mengenai kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dengan penambahan NH_4OH , mengingat kedua bahan tersebut cukup tersedia dengan harga relatif murah. Dari segi proses, penelitian ini perlu dilakukan untuk memperoleh data kinetika reaksi yaitu agar

diperoleh nilai konstanta kecepatan reaksi yang dapat digunakan dalam perancangan reaktor.

Tawas banyak dipakai dalam berbagai industri sebagai bahan baku utama atau sebagai bahan baku pembantu. Industri pemakai tawas terbesar adalah industri kertas yaitu sebagai bahan untuk mengentalkan bubur kayu dalam proses pembuatan kertas (Chang, 1980) & (Kirk & Othmer, 1964), selain itu tawas juga banyak dipakai sebagai bahan koagulan dalam teknologi penjernihan air (Raharja, 1985). Aluminium hidroksida juga digunakan dalam industri kaca, keramik, kosmetik, dan sebagainya.

Dalam proses pengolahan tawas untuk mendapatkan aluminium hidroksida diperoleh endapan putih yang berbentuk butiran halus yang mempunyai tingkat keputihan atau kecerahan tinggi (Chang, 1980). Reaksi yang terjadi antara tawas dan NH_4OH akan menghasilkan endapan aluminium hidroksida, dengan persamaan reaksi sebagai berikut ini:



Apabila dinotasikan, maka persamaan reaksi dari pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dan amonium hidroksida secara umum dapat dituliskan sebagai berikut ini:



dengan:

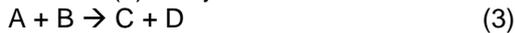
A = tawas

B = amonium hidroksida (berlebihan)

C = aluminium hidroksida

D = amonium sulfat

Apabila dinyatakan dalam ekuivalen, persamaan (2) menjadi:



Persamaan kecepatan reaksi (3) menjadi

$$r = -\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A^\alpha \cdot C_B^\beta \quad (4)$$

Apabila dijabarkan dari persamaan di atas, dimana :

$$C_B = \{C_{B0} - (C_{A0} - C_A)\}$$

$$C_B = (C_{B0} - C_{A0}) + C_A$$

$$M = C_{B0} - C_{A0}$$

$$C_B = M + C_A$$

Sehingga diperoleh hasil persamaan sebagai berikut ini:

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A \cdot C_B$$

$$-\frac{dC_A}{C_A \cdot C_B} = k \cdot dt$$

$$-\frac{\int dC_A}{C_A(M + C_A)} = \int k \cdot dt$$

$$\int \frac{A}{C_A} dC_A + \int \frac{B}{(M + C_A)} dC_A = k \cdot t$$

$$\frac{1}{C_A(M + C_A)} = \frac{A}{C_A} + \frac{B}{M + C_A} = k \cdot t$$

Apabila persamaan di atas dibuat menjadi :

$$1 = A(M + C_A) + B \cdot C_A$$

Misal : $C_A = 0$, maka

$$1 = A(M + 0)$$

$$A = \frac{1}{M}$$

Misal : $C_A = -M$

$$1 = B \cdot C_A$$

$$B = -\frac{1}{M}$$

Penjabaran untuk persamaan di atas dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{1}{(C_{B0} - C_{A0})} \ln \frac{1}{C_A} \{C_{B0} - (C_{A0} - C_A)\} - \ln \frac{C_{B0}}{C_{A0}} = kt$$

Bila $C_A = C_{A0} (1 - X_A)$, maka persamaan diatas disederhanakan menjadi :

$$\frac{1}{(C_{B0} - C_{A0})} \ln \frac{(C_{B0} - C_{A0}) - [C_{A0}(1 - X_A)]}{C_{B0}(1 - X_A)} = kt \quad (\text{Smith, 1981})$$

Jika

$$y = \frac{1}{(C_{B0} - C_{A0})} \ln \frac{(C_{B0} - C_{A0}) - [C_{A0}(1 - X_A)]}{C_{B0}(1 - X_A)}$$

,dari persamaan diatas, dibuat grafik hubungan antara

$$\frac{1}{(C_{B0} - C_{A0})} \ln \frac{(C_{B0} - C_{A0}) - [C_{A0}(1 - X_A)]}{C_{B0}(1 - X_A)}$$

dengan t (waktu). Persamaan ini merupakan persamaan hubungan antara y dengan t, apabila berupa garis lurus hal ini menunjukkan bahwa reaksi diatas mengikuti orde reaksi dua ($n = 2$) sehingga harga k dapat dicari dengan cara *least square*.

Di dalam pembuatan aluminium hidroksida ada beberapa yang mempengaruhi dalam hal kecepatan reaksinya (Levenspiel, 1971), misalnya :

1. Luas permukaan zat

Suatu zat yang berbentuk serbuk mempunyai permukaan yang lebih luas jika dibandingkan zat tersebut dalam bentuk kepingan atau gumpalan yang besar. Jika zat itu di reaksikan dengan zat lain, maka bentuk serbuk akan memiliki bidang sentuhan yang luas untuk bertumbukan dengan zat lain untuk memungkinkan beraksi. Akibatnya reaksi serbuk akan lebih cepat daripada reaksi kepingan yang besar.

2. Konsentrasi

Suatu larutan yang pekat atau mempunyai konsentrasi yang tinggi mengandung molekul-molekul yang lebih rapat daripada larutan encer atau mempunyai konsentrasi rendah. Molekul yang rapat yang letaknya berdekatan tentu lebih mudah dan lebih sering bertabrakan daripada molekul yang agak berjauhan, sehingga menyebabkan makin tinggi konsentrasi larutan reaktan, maka makin besar pula kecepatan reaksinya (berbanding lurus dengan konsentrasi).

3. Suhu

Kecepatan reaksi dipengaruhi oleh suhu reaksi. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius (Smith, 1981) & (Perry & Green, 1970) $k = A \cdot e^{-E/RT}$. Dengan

bertambahnya suhu reaksi maka energi kinetik molekul – molekul akan menjadi lebih besar. Akibatnya molekul-molekul yang bereaksi menjadi lebih aktif bertabrakan hal ini berarti bahwa memperbesar suhu akan mengakibatkan reaksi berlangsung dengan lebih cepat.

4. Penambahan katalis

Katalis merupakan zat yang dapat mempercepat suatu reaksi tetapi tidak ikut bereaksi dalam suatu reaksi. Penambahan katalisator memperkecil energi aktivasi, sehingga k menjadi lebih besar sehingga mengakibatkan zat bereaksi berlangsung cepat. Semakin banyak jumlah katalisator yang digunakan semakin banyak pula zat pereaksi yang dapat diaktifkan.

5. Kecepatan pengadukan

Faktor tumbukan antara molekul yang menyebabkan terjadinya reaksi dapat dipengaruhi kecepatan pengadukan. Pengadukan yang semakin cepat akan menimbulkan tumbukan antar molekul yang semakin cepat sehingga kecepatan reaksi semakin cepat pula.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dan NH_4OH . Adapun variabel yang dipelajari adalah suhu operasi dan kecepatan pengadukan selama reaksi. Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh data kinetika reaksi pembentukan aluminium hidroksida dari tawas dan NH_4OH dengan memperhatikan beberapa variabel yang berpengaruh terhadap reaksi tersebut dengan cara melakukan percobaan yang dilakukan di laboratorium yang kemudian data dilakukan pengolahan untuk mendapatkan konstanta kinetika reaksinya. Data yang diperoleh dimanfaatkan untuk perancangan alat atau perancangan reaktor untuk pembentukan aluminium hidroksida.

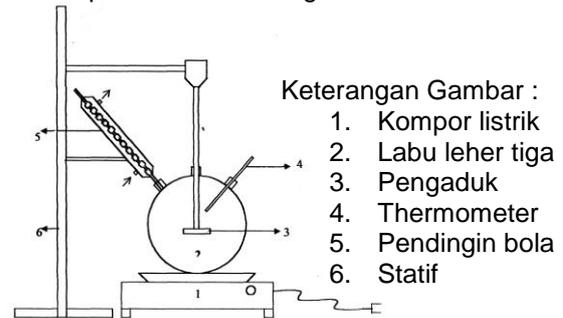
Hipotesa dalam penelitian ini adalah bahwa aluminium hidroksida dapat dibuat dengan mereaksikan tawas dan NH_4OH . Semakin besar suhu maka nilai konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar.

Dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi kepentingan pembangunan negara antara lain kemajuan industri-industri yang menggunakan bahan aluminium hidroksida sehingga akan menambah devisa negara juga bagi ilmu pengetahuan. Penelitian ini diharapkan dapat sebagai bahan acuan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Penelitian dilakukan di laboratorium Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta dengan waktu penelitian ± 4

bulan. Waktu yang diperlukan dalam penelitian meliputi waktu untuk persiapan bahan baku, peralatan, dan studi pustaka, melakukan percobaan pendahuluan, pengumpulan data percobaan, analisis data, serta waktu untuk penyusunan laporan penelitian.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tawas dengan kadar $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 58 %, NH_4OH dengan kadar 21%, dan aquades. Rangkaian peralatan proses yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

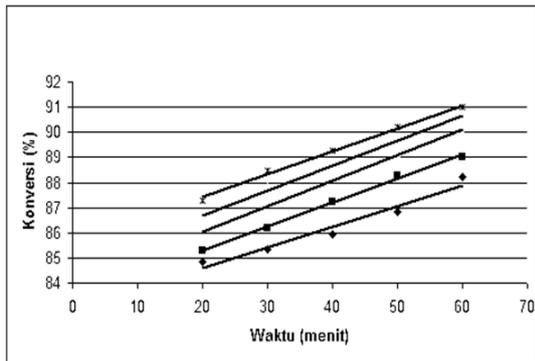


Gambar 1. Rangkaian Alat Percobaan

Sebelum penelitian, peralatan dirangkai seperti Gambar 1. Bahan baku tawas dianalisa kandungan aluminiumnya menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Penelitian dilakukan dengan mereaksikan tawas dan amonium hidroksida dalam sebuah labu leher tiga dengan kecepatan pengadukan, waktu, dan suhu reaksi yang tertentu. Campuran kemudian disaring yang bertujuan untuk memisahkan endapan dari filtratnya. Endapan tersebut diambil sebagai hasil setelah itu di panaskan dalam oven pada suhu tertentu sampai beratnya konstan. Kemudian dilakukan analisa hasil penelitian untuk mengetahui kadar aluminium yang terkandung dengan alat AAS. Selanjutnya dilakukan analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dari hasil percobaan untuk mendapatkan konversi reaksi, kondisi operasi yang optimum, dan konstanta kecepatan reaksi.

Hasil dan Pembahasan

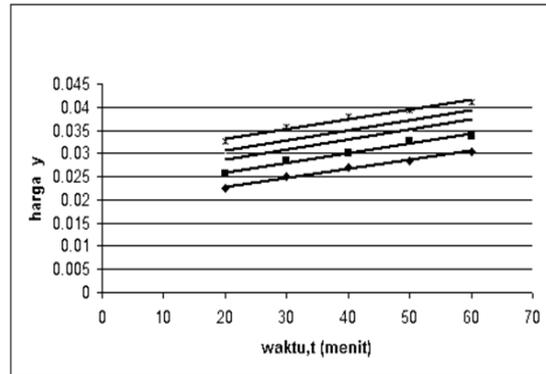
Hasil analisa penelitian dari kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dengan variabel suhu yang menggunakan 25 gram tawas, 75 ml NH_4OH dan kecepatan pengadukan 600 rpm, dapat ditunjukkan pada grafik berikut :



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Waktu Reaksi (t, menit) dan Konversi Reaksi (%)

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi dan semakin tinggi suhu reaksi, maka konversi akan semakin tinggi, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu reaksi, maka kesempatan bereaksi antara tawas dengan NH_4OH semakin besar, demikian juga dengan semakin tingginya suhu proses maka konversi yang diperoleh akan semakin tinggi karena konstanta kecepatan reaksi semakin besar pula.

Dari Tabel 2 dibuat grafik hubungan waktu (t, menit) dengan harga y (ml^{-1}), yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Waktu Reaksi (t, menit) dengan y (ml^{-1})

Dari Gambar 3 dapat dilihat grafik hubungan antara waktu dengan y merupakan garis lurus, sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi antara tawas dengan NH_4OH dengan variabel suhu merupakan reaksi orde dua (orde satu terhadap $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan orde satu terhadap NH_4OH).

Untuk mengetahui orde reaksi dan konstanta kecepatan reaksi dapat dicari dengan membuat Tabel 3 dan grafik hubungan antara waktu (t, menit) dengan y (ml^{-1}).

Nilai konstanta kecepatan reaksi bisa dihitung dengan metode *least square* dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Hubungan antara Waktu (t, menit) dengan y (ml^{-1}).

No	t, menit	$y = \frac{1}{(C_{Bo} - C_{Ao})} \ln \frac{(C_{Bo} - C_{Ao}) - [C_{Ao}(1 - XA)]}{C_{Bo}(1 - XA)}$				
		35	40	45	50	55
1	20	0,02250	0,02550	0,02831	0,03103	0,03257
2	30	0,02510	0,03100	0,03256	0,03275	0,03356
3	40	0,02700	0,03251	0,03420	0,03598	0,03801
4	50	0,02850	0,03406	0,03541	0,03699	0,03940
5	60	0,03050	0,0338	0,03697	0,03899	0,04120

Tabel 3. Hubungan antara Suhu (T, °C) dengan Konstanta Kecepatan Reaksi ($\text{ml}^{-1}/\text{menit}$)

Suhu (T, °C)	Konstanta Kecepatan reaksi ($\text{mL}^{-1}/\text{menit}$)
35	0,0001940
40	0,0001440
45	0,0002016
50	0,0002019
55	0,0002310

Dari Tabel 3 dapat dibuat Gambar 4 yaitu grafik hubungan antara suhu reaksi (T, °C) dengan harga konstanta kecepatan reaksi (k) dalam satuan $\text{mL}^{-1}/\text{menit}$. Data yang diperoleh pada Gambar 4 menunjukkan

bahwa suhu reaksi semakin tinggi maka harga konstanta kecepatan reaksi semakin besar, hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius (Smith, 1981) $k = A \cdot e^{-E/RT}$, yaitu apabila suhu semakin tinggi maka harga konstanta kecepatan reaksi akan bertambah besar.

Hasil analisa penelitian dari kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dan amonium hidroksida dengan variabel kecepatan pengadukan yang menggunakan tawas (Al_2SO_4) 25 gram, amonium hidroksida (NH_4OH) 75 ml dan suhu 55°C , dapat ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4. Daftar Hubungan antara Waktu Reaksi (t, menit) terhadap Konversi (x, %)

No	t, men	Konversi (%)				
		200 rpm	300 rpm	400 rpm	500 rpm	600 rpm
1	20	82,69	83,20	84,75	85,97	87,29
2	30	83,48	83,86	85,60	86,81	88,46
3	40	84,07	84,90	86,51	87,92	89,29
4	50	84,76	85,34	87,29	88,76	90,19
5	60	85,50	86,30	88,04	89,90	91,00

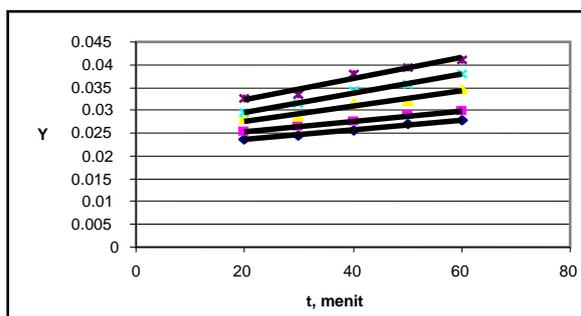
Tabel 4 diatas menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi dan semakin cepat pengadukan, maka konversi akan semakin tinggi, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu reaksi, maka kesempatan bereaksi antara Tawas dengan Amonium hidroksida semakin besar, demikian juga dengan semakin cepat pengadukan maka konversi yang diperoleh akan semakin tinggi dan konstanta kecepatan reaksi semakin besar pula.

Untuk mengetahui konstanta kecepatan reaksi dapat dicari dengan membuat Tabel 5 dan Gambar 6 yaitu grafik hubungan antara waktu reaksi (t, menit) dan

$$Y = \frac{1}{(C_{Bo} - C_{Ao})} \ln \frac{(C_{Bo} - C_{Ao}) - [C_{Ao}(1 - XA)]}{C_{Bo}(1 - XA)}$$

Tabel 5. Hubungan antara Waktu Reaksi (t, menit) dengan Y

No	t, menit	Y				
		$= \frac{1}{(C_{Bo} - C_{Ao})} \ln \frac{(C_{Bo} - C_{Ao}) - [C_{Ao}(1 - XA)]}{C_{Bo}(1 - XA)}$				
		35	40	45	50	55
1	20	0,0236	0,0253	0,0280	0,0295	0,0325
2	30	0,0246	0,0264	0,0287	0,0315	0,0335
3	40	0,0256	0,0277	0,0314	0,0344	0,0380
4	50	0,0270	0,0290	0,0320	0,0356	0,0394
5	60	0,0279	0,0297	0,0347	0,0380	0,0412



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Waktu Reaksi (t, menit) dan Y

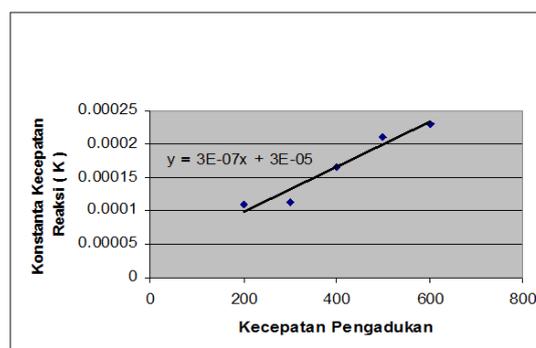
Dari Gambar 4 dapat dilihat grafik hubungan antara waktu terhadap Y merupakan garis lurus sehingga dapat di simpulkan bahwa reaksi antara tawas dan amonium hidroksida dengan variabel kecepatan pengadukan merupakan reaksi orde dua (satu terhadap

tawas dan satu terhadap amonium hidroksida).

Tabel 6. Tabel Hubungan antara Kecepatan Pengadukan dengan Harga Konstanta Kecepatan Reaksi.

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Harga konstanta Kecepatan reaksi
200	0,000110
300	0,000114
400	0,000166
500	0,000211
600	0,000231

Nilai konstanta kecepatan reaksi dapat dihitung dengan metoda *least square* dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6 dan dari tabel tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara kecepatan pengadukan terhadap harga konstanta kecepatan reaksi. Pada Tabel 6 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin cepat pengadukan maka harga konstanta kecepatan reaksi semakin besar.



Gambar 5 . Grafik Hubungan antara Kecepatan Pengadukan (rpm) dengan Harga Konstanta Kecepatan Reaksi (ml⁻¹/menit)

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Aluminium hidroksida dapat dibuat dengan mereaksikan tawas dan NH₄OH.
2. Reaksi antara tawas dengan NH₄OH merupakan reaksi orde dua (orde satu

terhadap $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan orde satu terhadap NH_4OH).

3. Pada kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dengan penambahan NH_4OH , semakin besar suhu maka harga konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar.
4. Pada kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dan amonium hidroksida, semakin cepat pengadukan maka harga konstanta kecepatan reaksi yang diperoleh akan semakin besar.
5. Dalam penelitian ini digunakan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) sebanyak 25 gram, NH_4OH sebanyak 75 ml, pada kecepatan pengadukan 600 rpm pada suhu 55°C (suhu tertinggi dalam penelitian ini), diperoleh konstanta kecepatan reaksi $2,31 \times 10^{-4}$ ($\text{mL}^{-1}/\text{menit}$).

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, R. (1980). *Industrial Chemicals 4 ed.* Los Angeles: Departement of Chemical, Williams College.
- Kirk, R. E., & Othmer, D. F. (1964). *Encyclopedia of Chemical Technology.* New York: The International Publisher of John Willey and Sons Inc.
- Levenspiel, O. (1971). *Chemical Reaction Engineering, 2 ed.* Departement of Chemical Engineering, Oregon State University: New York.
- Perry, R. H., & Green. (1970). *Chemical Reaction Hand Book.* New York: Mc Graw – Hill International Edition.
- Raharja, A. (1985). *Teknologi Penjernihan Air dan Perkembangan Teknik Koagulasi, Ed I.* Jakarta: P.T. Perintis Anugrah Water Treatment Chemical.
- Smith, J. M. (1981). *Chemical Engineering Kinetics.* US: McGraw-Hill Inc.

PENGARUH GAYA DORONG PROPELER PADA ENGINE FORA TERHADAP KECEPATAN PESAWAT MODEL F2D COMBAT

Bonyfasius Nopias, Khairul Muhajir, dan Toto Rusianto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Jl. Kalisahak No. 28 Balapan Yogyakarta, Indonesia, 54222
email: yastalika@gmail.com

ABSTRACT

Propeller is an important component in an aircraft. The propeller is a type of fan that transmits rotational motion energy into thrust. The propeller acts as a thrust generator by creating a pressure difference between the forward and rear of the blade. The resulting thrust helps the aircraft to move forward and with the help of a wing, it can fly. If the thrust is low, it causes the aircraft to have a low speed too, so the aircraft will get difficult to takeoff or maneuver. There are various types of propellers for an aircraft model, therefore it is necessary to know the performance of the propeller. In this paper, three types of propellers were tested on F2D Combat aircraft model. They were A, C1 and NN models propeller. The performance of propellers was tested by static measurement without using the aircraft. The static tests were performed by measuring the thrust and wind speed generated by the variations of engine rotation at 19,000, 20,000, 22,000, 24,000, and 27,000 rpm. Dynamic testing was determined by measuring aircraft flying speed and propeller flying capability through one lap of the track. The results of the research showed the NN propeller produced the highest thrust of 1.12 kg at 27,000 rpm with wind speed of 30.05 m/s and with efficiency of 67%. The flying speed test of the flight results of 2.48 seconds for one round on the NN propeller of F2D model aircraft.

Keywords: aircraft model, propeller, thrust, rpm

INTISARI

Propeler merupakan komponen penting pada sebuah pesawat. Propeler berperan sebagai penghasil gaya dorong (thrust) yaitu dengan menciptakan perbedaan tekanan antara bagian depan dan belakang bilah. Gaya dorong yang dihasilkan tersebut membantu pesawat untuk melaju. Apabila gaya dorong yang dihasilkan rendah, maka pesawat memiliki laju yang rendah pula sehingga pesawat akan kesulitan untuk lepas landas maupun bermanuver. Ada berbagai macam propeler untuk sebuah pesawat model, untuk itu perlu diketahui performanya dari propeler tersebut. Dalam makalah dilaporkan hasil uji coba terhadap 3 buah propeler yang diujikan pada pesawat model jenis F2D Combat yaitu propeler A, propeler C1 dan propeler NN. Pengujian dilakukan dengan cara pengukuran statis tanpa menggunakan pesawat. Pengujian statis dilakukan dengan mengukur gaya dorong dan kecepatan angin yang dihasilkan dengan variasi putaran mesin yaitu, 19.000, 20.000, 22.000, 24.000, dan 27.000 rpm. Pengujian dinamis dengan mengukur kecepatan terbang pesawat dan kemampuan propeler terbang menempuh satu putaran lintasan. Hasil pengujian menunjukkan propeler NN menghasilkan thrust tertinggi yaitu 1,12 kg pada putaran 27.000 rpm dengan kecepatan angin sebesar 30,05 m/det dan efisiensi 67%. Hasil uji kecepatan terbang untuk satu putaran pada pesawat model F2D propeler NN menempuh waktu 2,48 detik.

Kata kunci: Pesawat model, Propeler, Thrust, Rpm

PENDAHULUAN

Olahraga Aeromodelling merupakan salah satu cabang olahraga dirgantara yang tergabung dalam Persatuan Olah Raga Dirgantara Aeromodelling (PORDIRGA) di bawah naungan Federasi Aero Sport Indonesia (FASI) (Atmoko, 1993). Olahraga dirgantara Aeromodelling (aeromodel) yang pada dasarnya didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang merupakan perencanaan, pembuatan, pengujian serta penerbangan pesawat terbang model yang memiliki ukuran-ukuran terbatas. Pesawat model tidak selamanya berukuran kecil, biasanya dibuat mendekati ukuran

pesawat terbang sesungguhnya. Pesawat model biasanya dibuat untuk menguji pesawat terbang jenis baru yang akan diproduksi.

Kecepatan dari suatu pesawat yang digunakan akan sangat mempengaruhi hasil yang dicapai. Untuk mencapai performa yang baik, ada beberapa komponen pesawat yang mempengaruhinya. Salah satunya adalah propeler, propeler berperan sebagai penghasil gaya dorong (*thrust*), dengan menciptakan perbedaan tekanan antara permukaan depan dan belakang bilah. *Thrust* yang tercipta tersebut akan membantu pesawat untuk

terbang. Apabila *thrust* yang dihasilkan tidak maksimal akibat salah dalam pemilihan propeler, maka pesawat akan sulit untuk *take-off* dan bermanuver.

TINJAUAN PUSTAKA

Priyanto (2009), telah melakukan penelitian dengan pengujian 3 (tiga) jenis propeler APC 7x4, APC 7x5, dan HF 7x4 telah terlaksana dengan baik, benar, dan keakuratan datapengukuran cukup memuaskan, sekitar 10%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada 3(tiga) variable yang berpengaruh, yaitu rpm, Geometri *propeler* (*pitch*) dan kualitas bahan (ekspor) atau lokal. Murwanto (2009), dari hasil penelitian terhadap jenis propeler APC, hasil penelitiannya menunjukkan propeler APC 10 x 7 memiliki *thrust* optimum yaitu 1.32 kg (12.85 N), hal ini disebabkan oleh *pitch* yang lebih lebar dan dipengaruhi oleh koefisien *thrust* sebesar 0,0960 dibandingkan dengan propeler APC 10 x 5 yang hanya mempunyai koefisien *thrust* sebesar 0,0145 dan propeler APC 10 x 6 yang hanya mempunyai koefisien *thrust* sebesar 0,0119. Kecepatan putaran propeler optimum sebesar 19743 rpm yang dihasilkan oleh propeler APC 6,5 x 5,5. Disebabkan oleh diameter yang lebih pendek dan posisi angel tip propeler yang lebih kecil dari APC 7 x 3 dan APC 7 x 5. Kecepatan hembusan angin maksimal juga dihasilkan oleh propeler APC 6,5 x 5,5 dan untuk hasil uji kecepatan terbangnya di dapat 2,68 detik untuk satu putaran pada pesawat model F2C telah dilaporkan oleh Ardiansyah (2012). Sutadi (2012), yang melakukan pengujian terhadap besar sudut *pitch* melaporkan bahwa semakin besar sudut *pitch* (*blade angle*) yaitu mulai 0° s.d. 55° maka semakin besar pula *thrust* yang dihasilkan sehingga dapat menggerakkan maju mekanisme pengontrol CPP tersebut. Pada pengaturan sudut *pitch* lebih besar 35°, *thrust* yang dihasilkan cenderung menurun hingga pada pengaturan sudut *pitch* tertentu, propeler tidak menghasilkan *thrust*. Jadi *thrust* maksimum yang dihasilkan sebesar 10 kg pada pengaturan sudut *pitch* 35°. Abidin, dkk (2012), dalam penelitiannya menyatakan bahwa *thrust* terbesar terdapat pada *mesh unstructured* pada putaran 1,8 rps dengan nilai 695,45 kN, sedangkan *thrust* terendah terdapat pada *mesh structure* pada putaran 3 rps dengan nilai 231,18 kN. Torque terbesar terdapat pada *mesh unstructure* pada putaran 1,8 rps dengan nilai 191,574kN, sedangkan torque terendah terdapat pada *mesh structure* pada putaran 3 rps dengan nilai 66,568 kN. Dan efisiensi terbesar terdapat pada *mesh unstructure* pada putaran 1.8 rps dengan nilai 0,726,

sedangkan efisiensi terendah terdapat pada *mesh structure* pada putaran 3 rps dengan nilai 0,417.

1. Konsep Dasar Propeler

Tugas utama propeler adalah mengubah daya *engine* menjadi gaya dorong seefisien mungkin. Dengan begitu tingginya kecepatan putar dan besarnya daya yang harus diserap secara umum oleh propeler. Mesin *propeler* pada umumnya digunakan bagi pesawat-pesawat berkecepatan sedang (*turboprop*) dan rendah (propeler saja). Hal ini disebabkan sesuai eksperimen bahwa untuk kecepatan sedang dan rendah dan juga untuk ketinggian sedang dan rendah, di bawah 15.000 kaki, terbukti bahwa pesawat bermesin propeler lebih efisien ketimbang pesawat jet yang propelernya berupa kompressor dimana terjadi pemampatan udara yang mengakibatkan perubahan masa jenis udara.

Sudut pisau juga merupakan metode yang sangat baik untuk menyesuaikan sudut serangan baling-baling. Pada baling-baling kecepatan konstan, sudut sudu harus disesuaikan untuk memberikan sudut serangan paling efisien pada semua kecepatan mesin dan pesawat terbang. Kurva angkat versus hambatan, yang ditarik untuk baling-baling dan sayap, menunjukkan bahwa sudut serangan yang paling efisien adalah yang kecil yang bervariasi dari 2° sampai 4° positif. Sudut pisau yang sebenarnya diperlukan untuk mempertahankan sudut serangan kecil ini bervariasi dengan kecepatan maju pesawat terbang.

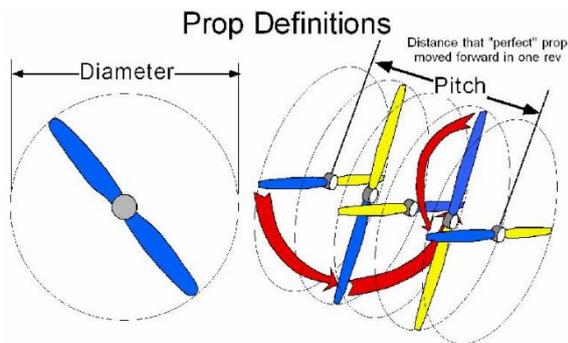
Baling-baling fixed-pitch dan ground-adjustable dirancang untuk efisiensi terbaik pada satu putaran dan kecepatan maju. Mereka dirancang untuk kombinasi pesawat terbang dan mesin tertentu. Baling-baling dapat digunakan yang memberikan efisiensi baling-baling maksimum untuk takeoff, climb, cruise, atau high-speed flight. etiap perubahan dalam kondisi ini menghasilkan penurunan efisiensi baling-baling dan mesin. Karena efisiensi mesin apapun adalah rasio dari keluaran daya yang berguna terhadap input daya aktual, efisiensi baling-baling adalah rasio tenaga kuda dorong untuk tenaga kuda rem (FIU-NASA, 2008). Efisiensi propeller bervariasi dari 50 sampai 87

persen, tergantung pada seberapa banyak baling-baling "tergelincir". Potongan baling-baling adalah perbedaan antara pitch geometrik baling-baling dan pitch efektifnya. Potongan baling-baling adalah perbedaan antara pitch geometrik baling-baling dan pitch efektifnya. Bola geometri adalah jarak teoritis yang harus diputuskan oleh baling-baling dalam satu revolusi; Pitch yang efektif adalah jarak yang sebenarnya dimajukan. Jadi, nada geometris atau teoritis tidak didasarkan pada tidak ada selip, tapi pitch sebenarnya atau efektif mencakup selip baling-baling di udara.

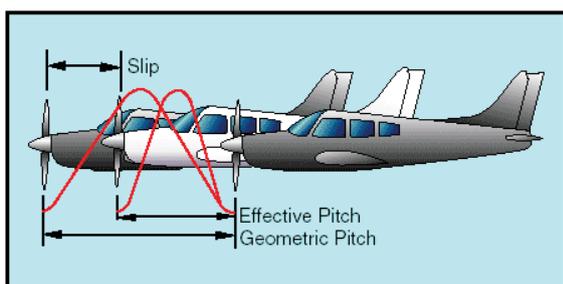
Mesin pesawat berpropeler merupakan mesin yang dirancang khusus untuk membuat putaran mekanik, yang dalam hal ini memutar bilah-bilah propeler (*propeller blades*). Untuk pesawat-pesawat kecepatan rendah seperti pesawat model (*aeromodelling*) rata-rata menggunakan *propeler* 2 bilah (2 *blades*) (Rakiman, 2003).

2. Geometri Propeler

Suatu propeler sering dinyatakan dengan satuan misalnya 10×5 , 10×6 , atau yang lain. Hal ini menyatakan bahwa *propeler* tersebut memiliki diameter 10 inchi dan *pitch* 5 inchi. *Pitch* sendiri diartikan sebagai seberapa jauh *propeler* bergerak ke depan dalam satu kali putaran tanpa *slip*. lihat Gambar 1 dan 2.



Gambar 1 profil diameter properel dan *Pitch*. (<http://dle-tech.info/tag/pitch/>)



Gambar 2 gerak maju pesawat *Geometric, slip dan effective pitch*

Propeler slip (Ralph, 2000) adalah perbedaan antara *geometric pitch* dari *propeler* dan *effective pitch*-nya. *Geometric pitch* adalah jarak yang seharusnya ditempuh oleh propeler dalam satu kali putaran, sedangkan *effective pitch* adalah jarak yang ditempuh sebenarnya.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

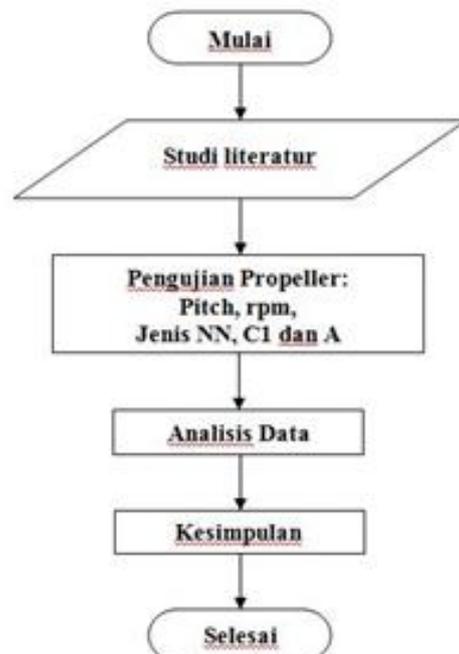
Adapun diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3,

Alat dan bahan

Bahan bakar pesawat model yang digunakan adalah *Fuel Nitromethane*.

Alat yang digunakan antara lain:

1. *Engine Fora*
2. 3 Jenis *Propeler*
3. *Thacometer*
4. Timbangan Digital
5. *Wind Meter*
6. *Fuel Tank*
7. *Glow plug*
8. *Engine Stand*



Gambar 3 diagram alir sistem pengujian

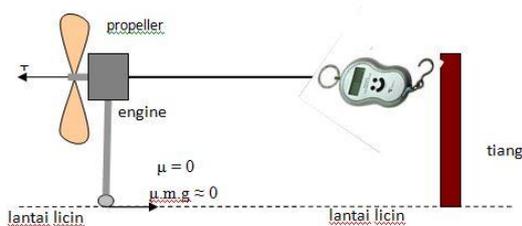
Spesifikasi dari jenis masing-masing propeler dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data spesifik Propeler

data	A	C1	NN
Diameter Prop (mm)	158	162	160
Pitch (mm)	94	95	100
Daya Mesin (watt) padpada putaran 27 000 rpm,	451,8	454,6	493,9

Dalam pengujian ini *engine* terpasang pada *engine stand*, atau dengan kata lain tidak menggunakan sayap pesawat guna menghindari terjadinya gaya angkat akibat gaya dorong dari putaran propeler. Satu-satunya cara gerak perpindahannya adalah sebagai hasil gaya dorong kedepan dengan pengaturan klep bahan bakar. *Engine stand* dibuat sedemikian rupa agar tidak berputar, dan di jaga agar roda rodanya tetap menyentuh lantai. Ujung stand diikat dengan kawat yang berhubungan dengan timbangan digital. Untuk timbangan digitalnya ini, juga akan diikat kuat ke tiang penyangga agar timbangan tidak ikut tertarik mengikuti gaya dorong yang di hasilkan.

Propeler yang di uji dengan *engine* diatur kecepatannya dengan cara mengatur suplai bahan bakar yang masuk, sehingga *engine stand* maju kedepan dan kawat (tali) semakin kuat menegang dan menarik timbangan digital. Proses ini berlangsung bertahap dari rpm rendah ke tinggi tergantung besaran rpm yang akan di uji. Besarnya gaya tarik pada timbangan digital yang didapat, adalah merupakan kemampuan *thrust* yang dihasilkan dari propeler tersebut.



Gambar 4. Pengujian Pengukuran *Thrust*

HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data Propeler Uji

Dari hasil pengujian tiga jenis propeler yang dilakukan pada satu jenis *engine* maka didapatkan hasil yang merupakan perbandingan dari ketiga propeler tersebut. Hasil uji yang dibandingkan antara lain kemampuan mensilkan udara, *thrust* dan efisiensi propeler. untuk

hasilnya tersebut dapat dilihat pada diagram di bawah ini.

Tabel 2 data perhitungan analitis propeler A

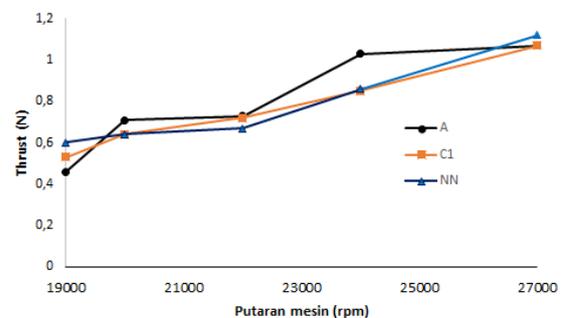
Putaran rpm,	N		P (Watt)	T	
	(m/det)	(km/jam)		(N)	(kg)
19,000	29.77	107.16	223.73	7.52	0.77
20,000	31.33	112.80	247.90	7.91	0.81
22,000	34.47	124.08	299.96	8.70	0.89
24,000	37.60	135.36	356.98	9.49	0.97
27,000	42.30	152.28	451.80	10.6 8	1.09

Tabel 3 data perhitungan analitis propeler C1

Putaran rpm,	N		P (Watt)	T	
	(m/det)	(km/jam)		(N)	(kg)
19,000	30.08	108.30	225.07	7.48	0.76
20,000	31.67	114.00	249.38	7.88	0.80
22,000	34.83	125.40	301.75	8.66	0.88
24,000	38.00	136.80	359.11	9.45	0.96
27,000	42.75	153.90	454.50	10.6 3	1.08

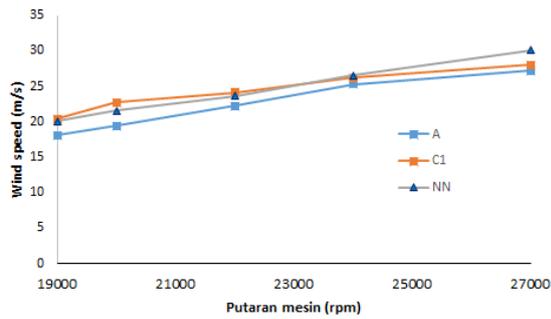
Tabel 4 data perhitungan analitis propeler NN

Putaran rpm,	N		P (Watt)	T	
	(m/det)	(km/jam)		(N)	(kg)
19,000	31.67	114.00	244.58	7.72	0.79
20,000	33.33	120.00	271.00	8.13	0.83
22,000	36.67	132.00	327.91	8.94	0.91
24,000	40.00	144.00	390.24	9.76	0.99
27,000	45.00	162.00	493.90	10.98	1.12



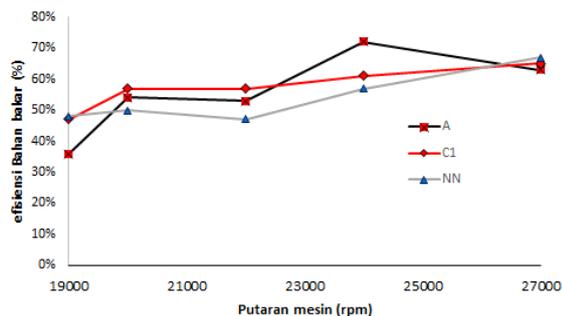
Gambar 5 pengaruh putaran mesin terhadap *Thrust Propeller*

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa *thrust* yang dimiliki propeler NN, lebih tinggi dibanding dengan propeler C1 dan A. hal ini disebabkan oleh perbedaan *pitch* propeler . Propeler NN memiliki *thrust* tertinggi pada 27000 rpm, yaitu sebesar 1,12 kg sedangkan untuk *propeler* C1 dan A sama-sama sebesar 1,07 kg.



Gambar 6 Pengaruh putaran mesin terhadap kecepatan angin yang dihasilkan

Pada gambar 6 dapat dijelaskan bahwa kecepatan angin ketiga propeler dari tersebut meningkat lebih stabil mengikuti perubahan besar rpm,. Dari grafik tersebut untuk 27000 rpm, dapat dilihat bahwa propeler NN memiliki kecepatan angin yang sangat tinggi dibanding dua propeler lain. Propeler NN menghasilkan kecepatan angin sebesar 30,1 m/s sedangkan untuk propeler C1 sebesar 20,8 m/s dan 27,2 m/s untuk propeler A.



Gambar 7. Pengaruh putaran terhadap Efisiensi bahan bakar

Secara garis besar *thrust* kecepatan angin mengalami pertambahan nilai dengan bertambahnya putaran *propeler* dari 19.000rpm, hingga 27.000 rpm. Berdasarkan perbandingan efisiensi pada gambar 7 dapat di ketahui bahwa efisiensi pada rpm, 27000 rpm, yang tertinggi dihasilkan oleh propeler NN yaitu 67%. Sedangkan untuk *propeler* C1 dan A pada putaran 27.000 rpm, adalah 65% untuk C1 dan 63% untuk *propeler* A.

Dari bererapa pengujian yang dilakukan maka hasil akhir dari pembahasan memberatkan ke pada propeler NN dengan hasil yang sangat memuaskan. Untuk perbandingan dari ketiga propeler ter sebut di tampilkan pada tabel 5.

Tabel 5 performance propeler C1, A dan NN pada puyatan 27.000 rpm

Propeller	D (meter)	Pitch (meter)	T (kg)	V _m (m/det)	η	t Pesawat (s/putaran)
A	0,158	0,094	1,07	27,20	63%	2,58
C1	0,162	0,095	1,07	27,99	65%	2,51
NN	0,160	0,100	1,12	30,05	67%	2,48

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ditinjau dari putaran propeler sebesar 27000 rpm,, maka *thrust* terbesar dihasilkan oleh propeler NN sebesar 1,12 kg lebih besar dari pada propeler C1 dan *propeler* A yang sama sama memiliki *thrust* sebesar 1,07 kg. hal ini disebabkan oleh *pitch* yang dimiliki propeler NN lebih besar.
2. Untuk kecepatan angin yang di hasil masing masing propeler pada rpm, 27.000, propeler NN menghasikan kecepatan angin terbesar yaitu 30,05 m/detik, sedangkan propeler C1 dan propeler A masing-masing sebesar 27,99 m/detik dan 27,20 m/det. Hal ini disebabkan perbedaan *pitch*
3. Efisiensi tertinggi pada 27.000 rpm, di hasilkan oleh propeler NN yaitu sebesar 67% dikarenakan *pitch* yang lebih besar dibanding Propeler C1 dan A.
4. Propeler NN merupakan Propeler terbaik dibanding propeler C1 dan A. dan berdasarkan kemampuan terbang yang dilakukan, propeler NN memiliki waktu tempuh tercepat untuk 1 kali putaran yaitu 2,48 detik.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, M.J., Adji, S W., dan Arief, I S., "Analisa Performance Propeller B-Series Dengan Pendekatan Structure dan Unstructure Meshing", Teknik Sistem Perkapalan, ITS, Surabaya.

Ardiansyah, F., 2012, "Pengaruh Gaya Dorong Propeller Berpenggerak Motor OS LA-15 Terhadap Unjuk Kerja Pesawat model F2C", Tugas Akhir Tknik Mesin, IST Akprind, Yogyakarta

Atmoko, B., 1993, "Merancang, Membuat dan Menerbangkan Pesawat Layang Model". Gramedia, Jakarta.

Basic Flight Aerodynamics <http://dle-tech.info/tag/pitch/>, diakses 20 januari 2016.

FIU-NASA, 2008, Propeler , Aeronautics Learning Lab for Science, Technologi & Research,
<http://www.allstar.fiu.edu/aero/flight63.htm>

Murwanto, A, D., 2009, "Pengaruh jenis – jenis propeler (APC 10x5, APC 10x6, APC 10x7) Terhadap Gaya Dorong Engine OS LA-40", Tugas Akhir Teknik Mesin, IST Akprind, Yogyakarta

Priyanto, B., 2009, Optimasi Gaya Dorong Engine Type OS-15 Dengan Pengujian Super Imposed untuk type Propeler APC 7x4, APC 7x5, HY 7x4, Tugas Akhir Tknik Mesin, IST Akprind, Yogyakarta

Propeller aerodynamics, <http://www.free-online-private-pilot-ground-school.com/propeller-aerodynamics.html>

Rakiman MB. Ronald, 2003, "Membuat Baling-baling", Jakarta.

Sutadi, Lorensius Yosef, 2012, "Pengaruh Sudut Pitch Propeler Terhadap Gaya Dorong Pada Controllable Pitch Propeler ", Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang.

ANALISIS BONGKAH LAHAR DENGAN METODE PUNGGUNG KATAK DAERAH KARANGGEDE DAN SEKITARNYA KECAMATAN KARANGGEDE KABUPATEN BOYOLALI PROVINSI JAWA TENGAH

Agung Riswanto Kipudjena¹ & Miftahussalam²

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral IST AKPRIND

Jln. Kalisahak No. 28 Yogyakarta, Indonesia

¹agungkipudjena@gmail.com, ²miftah@akprind.ac.id

ABSTRACT

This research is important because the source of hot cloud material in western Volcano Merbabu has been known. The purpose of this research is to find out the model of lahar material deposition with frog back method, so that the flow direction can be discovered, and also the (key) data that can be used to better understand the dynamics of sedimentation. Analysis of lahar boulder by frog method is the method of measuring the direction of imbrication or the direction of of lahar material flow with the geometry approach resembling the frog's back when it stops, wherein the front of the boulder fragment that resembles the frog's back geometry can indicate the direction of the imbrication axis from the lahar material itself. The direction of the imbrication is interpreted as the direction of flow as the material settles. The analysis includes the direction of imbrication or direction of flow, grain shape and grain size, Lahar surface in the research area is produced from the material degradation of high density volcano material. Precipitation occurs when the energy (stress) flow of each grain has been exhausted From the analysis of lahar boulder, with the method of frog's back obtained the direction of dominant imbrication in the 1st quadrant in the range of N 65 ° - 83 ° E and the source of lahar material derived from the eruption of Mount Merbabu located in the west of the research area.

Keywords: Lahar, back, frog, direction, flow, distribution, structure, sorting, shape, fragment and shingle (orientation)

INTISARI

Penelitian ini penting dilakukan karena sumber material awan panas di barat Gunungapi Merbabu telah diketahui. Tujuan penelitian untuk mengetahui model pengendapan material lahar dengan metode punggung katak, sehingga dapat diketahui arah aliran, serta data petunjuk (kunci) yang dapat digunakan untuk mengetahui dinamika pengendapannya. Analisis bongkah lahar dengan metode punggung katak yaitu metode pengukuran arah penyirapan atau arah aliran material lahar dengan metode pendekatan geometri menyerupai punggung katak saat berhenti, dimana bagian depan dari fragmen bongkah yang menyerupai geometri punggung katak dapat menunjukkan arah sumbu penyirapan dari material lahar itu sendiri. Arah penyirapan diinterpretasikan sebagai arah aliran saat material mengendap. Analisis meliputi arah penyirapan atau arah aliran, bentuk butir dan ukuran butir, lahar permukaan di daerah penelitian dihasilkan dari bahan rombakan material gunung api berdensitas tinggi. Pengendapan terjadi saat energi (stress) aliran masing-masing butir (granular) telah habis. Dari hasil analisis bongkah lahar dengan metode punggung katak didapatkan arah penyirapan dominan berada pada kuadran 1 berkisar antara N 65°-83° E dan sumber material lahar berasal dari hasil letusan Gunung Merbabu yang berada pada barat daerah penelitian.

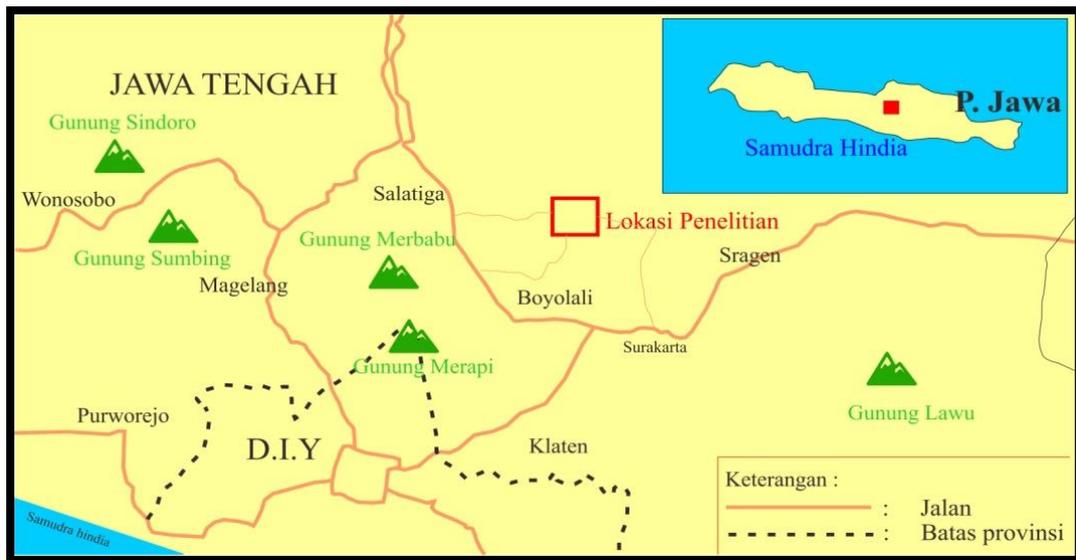
Kata kunci: Lahar, punggung, katak, arah, aliran, distribusi, struktur, sortasi, bentuk, fragmen dan sirapan (orientasi).

PENDAHULUAN

Zona Kendeng mempunyai kondisi geologi yang cukup kompleks, sehingga sangat menarik untuk dilakukan penelitian.

Zone Kendeng merupakan suatu zone yang membentang dari Provinsi Jawa Tengah bagian timur hingga Provinsi Jawa Timur (Sukardi dan Budhitrisna, 1992). Secara

administratif, daerah penelitian terletak ± 84 km ke arah timur laut dari Kota Yogyakarta, di Kecamatan Karanggede, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. Secara astronomi terletak pada posisi 07°17'30" LS – 07°22'30" LS dan 110°37'30" BT–110°42'30" BT (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

Dataran sisi selatan sebagian besar tersusun atas daerah aliran bahan klastika gunungapi yang berupa lahar. Daerah penelitian terletak di bagian barat dataran kaki Gunungapi Merbabu. Penelitian ini dilakukan di Zone Kendeng karena sumber material awan panas di barat Gunungapi Merbabu telah diketahui. Daerah penelitian banyak dijumpai fragmen breksi lahar/breksi andesit yang memperlihatkan geometri yang menyerupai punggung katak saat berhenti dan bentuk fragmen yang menyerupai geometri punggung katak ini dapat digunakan untuk mengetahui arah aliran dan sumber dari mana asal breksi andesit itu sendiri.

Tujuan penelitian untuk mengetahui model pengendapan material lahar, sehingga dapat diketahui arah aliran, serta data petunjuk (kunci) yang dapat digunakan untuk mengetahui dinamika pengendapannya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai model untuk menentukan arah aliran material (sedimen) rombakan dengan fragmen bongkah yang belum diketahui sumbernya, misalnya pada gunungapi tua dan batuan gunungapi berumur Tersier dan Kuartar yang telah tererosi lanjut.

Geologi Umum

Secara fisiografi, kesamaan morfo logi dan tektonik daerah penelitian berada di Zone Kendeng yang dibagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian barat terletak di antara Gunung Ungaran dan Solo (utara Ngawi), bagian tengah

membentang hingga Jombang dan bagian timur mulai dari timur Jombang hingga Delta Sungai Brantas, menerus sampai ke Teluk Madura. Daerah penelitian termasuk dalam Zone Kendeng bagian barat.

Mengacu pada konsep Zuidam, 1983 dalam Sriyono, 2015, maka geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi 3 yaitu: (1) satuan geomorfologi asal fluvial (F) dengan subsatuan geomorfik tubuh sungai (F1), subsatuan geomorfik waduk (F2), dan subsatuan geomorfik dataran aluvial (F3). (2) Satuan geomorfologi asal vulkanik (V) dengan subsatuan geomorfik perbukitan bergelombang lemah-sedang tuf (V10) dan subsatuan geomorfik perbukitan bergelombang lemah-sedang lahar (V11). (3) Satuan geomorfologi asal struktural (S) dengan subsatuan geomorfik struktural terdenudasi (S8).

Dalam geologi Lembar Salatiga, Jawa (Sukardi dan Budhitrinsa, 1992) daerah penelitian masuk dalam Zone Kendeng bagian barat yang ditempati oleh Formasi Kerek, Formasi Kabuh, Formasi Notopuro Batuan Gunungapi dan aluvium. Berikut ini adalah urutan stratigrafi daerah penelitian dari yang paling tua ke yang paling muda adalah:

1. Satuan Napal kerek

Satuan Napal Kerek berumur Miosen Tengah-Miosen Atas yang terendapkan pada lingkungan laut terbuka. Satuan ini merupakan satuan batuan tertua yang tersingkap di daerah penelitian, disusun oleh perselingan napal, batupasir karbonatan dan sisipan batulempung.

Satuan Napal Kerek tertindih tidak selaras oleh Satuan Batupasir Silisik Kabuh.

1. Satuan Batupasir Silisik Kabuh

Satuan Satupasir Silisik Kabuh berumur Pleistosen Tengah dan terendapkan pada lingkungan darat, tersusun oleh litologi dominan batupasir silisik, tuf dan konglomerat. Satuan ini tertindih selaras oleh Satuan Tuf Notopuro yang berumur Miosen Atas.

2. Satuan Tuf Notopuro

Satuan Tuf Notopuro berumur Pleistosen Atas, terendapkan pada lingkungan darat. Satuan ini tertindih secara tidak selaras oleh Satuan Breksi Andesit Batuan Gunungapi.

3. Satuan Breksi Andesit Batuan Gunungapi

Satuan Breksi Andesit Batuan Gunungapi tersusun atas breksi andesit batupasir silisik dengan lensa konglomerat di dalamnya. Satuan ini berumur Holosen dengan lingkungan pengendapan darat. Satuan ini tertindih tidak selaras oleh endapan campuran.

4. Endapan campuran

Endapan campuran terdiri dari material lepas hasil rombakan dari batuan yang lebih tua dengan ukuran lempung-bongkah. Material penyusunnya berupa sedimen lepas yang berukuran lempung-bongkah, yang berasal dari endapan gunungapi muda maupun dari hasil rombakan batuan lain yang lebih tua di sekitarnya dan terbawa oleh aliran sungai maupun aliran air permukaan.

Dasar Teori

Menurut Martini (1997) dalam Mulyaningsih, 2015 lahar adalah aliran lumpur pekat yang terbentuk dari campuran air, partikel dan lumpur. Regangan aliran dihasilkan dari interaksi partikel-partikel berkonsentrasi tinggi. Pada konsentrasi kurang dari 20% atau 30%, partikel mengambang dalam campuran padatan-air sebagai turbulen, dan pada konsentrasi hingga 60% interaksi partikelnya termodifikasi sebagai kombinasi turbulen dan interaksi partikel. Konsentrasi partikel yang lebih tinggi lagi, didominasi oleh interaksi partikel hingga dapat menjadi aliran plastis.

Menurut Lowe (1982) dalam Mulyaningsih, dkk 2006 ada 2 gaya pembentuk ketahanan aliran, yaitu: (1) gaya-gaya elektrostatis yang dibentuk oleh campuran lumpur-air, yang menyebabkan resistensi

kohesif aliran (cohesive resistance to flow) atau (2) tegangan friksi oleh interaksi inersia antar fragmen besar (lebih besar dari lanau), menyebabkan inertial resistance to flow atau resistensi friksional (tak kohesif atau aliran densiti termodifikasi).

Kedua gaya tersebut dapat terbentuk bergantung pada limpahan material halus (lempungan). Pada limpahan yang kecil atau ~5% dapat menyebabkan perubahan perilaku aliran secara besar-besaran. Dalam aliran rombakan, butiran digerakkan oleh efek konsentrasi tinggi aliran massa oleh turbulensi, dan pengosongan paksa fluida dari rongga antar butir yang terdiri atas: (1) fase menerus (fase matrik atau fluida) tersusun oleh campuran air dan partikel dengan diameter <2 mm, dan (2) fase butiran kasar berdiameter >2 mm (Fisher, 1991 dan 1983; Scott, 1988 dalam Mulyaningsih, dkk 2006). Aliran rombakan yang berpartikel besar dikenali dari parameter ukuran butir fase matriknya, dan dari ukuran fragmen yang besar, maka keberadaan matrik tersebut lebih mudah dikenali.

Aliran rombakan saat bergerak menuruni lereng pada media yang berair (sungai), maka lahar tersebut akan segera bercampur dengan air, menyerap regangan, kohesi lahar sehingga menyebabkan aliran menjadi hiperkonsentrasi, saat aliran tersebut membawa sedimen dalam jumlah besar. Fragmen-fragmen yang ada berperan sebagai penggerak turbulensi, akibat adanya interaksi antar partikel. Dari besarnya regangan dan beban yang dimiliki, maka lahar akan mempengaruhi sistem sungai, pada morfologi (seperti ketinggian, lebar dan kedalaman suatu lembah), tatanan (seperti pembentukan alur sungai, dataran limpah banjir, tanggul, dan teras sungai baru) dan serta adanya arah aliran sungai secara lokal (Fisher, 1984 dan Scott, 1988 dalam Mulyaningsih, dkk 2006).

Metode Analisis Bongkah Lahar

Analisis bongkah lahar dengan metode punggung katak adalah metode pengukuran arah penyirapan atau arah aliran material lahar dengan metode pendekatan geometri yang menyerupai punggung katak saat berhenti, di mana bagian depan dari fragmen bongkah yang menyerupai geometri punggung katak menunjukkan arah sumbu penyirapan dari material lahar itu sendiri (Mulyaningsih, dkk, 2006). Arah penyirapan tersebut diinterpretasikan sebagai fase akhir dari arah aliran material saat material mengendap. Data dari hasil analisis arah penyirapan, dapat dijadikan sebagai petunjuk untuk mengetahui sumber dari material lahar tersebut (Gambar 2).



Gambar 2. Morfologi punggung katak dan susunan tumpang-tindih fragmen bongkah pada bagian atas endapan lahar, kurang lebih 14 km dari puncak gunungapi (kiri) dan model katak air (kanan) (Mulyaningsih dkk, 2006).

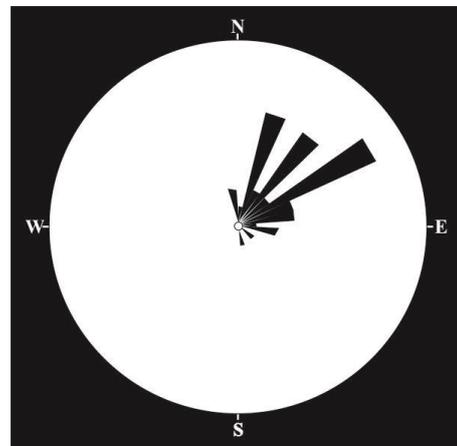
Metode penelitian diawali dengan pengambilan data primer di lapangan, yaitu pengukuran fragmen bongkah breksi andesit dengan ukuran yang bisa dijumpai di lapangan 60-200 cm meliputi ukuran butir, arah sumbu penyirapan, dan bentuk butir. Pengukuran bongkah yang dijumpai di lapangan memperlihatkan morfologi “punggung katak saat berhenti” tersebut, di bagian depan dari fragmen bongkah tersebut dapat menunjukkan arah sumbu penyirapan.

Pengukuran arah penyirapan menggunakan alat Kompas Brunton dengan cara membaca arah azimuth pada kompas. Setelah diketahui bagian depan dari fragmen bongkah, kompas kemudian disejajarkan dan diseimbangkan, kemudian *sighting arm* diarahkan se arah dengan bagian depan dari fragmen bongkah, usahakan kompas dalam keadaan level (masukkan gelembung air ke *bull's eye*) lalu dibaca nilai azimuthnya pada lingkaran pembagian derajat sesuai dengan yang ditunjukkan oleh jarum utara kompas (Gambar 3)



Gambar 3. Cara pengukuran arah penyirapan pada fragmen bongkah yang memperlihatkan morfologi punggung katak di daerah penelitian

Data primer tersebut selanjutnya dianalisis secara statistika, meliputi pemilahan fragmen berdasarkan bentuk dan besar butir, serta arah penyirapan. Data arah penyirapan yang telah diukur di lapangan pada masing-masing lokasi penelitian, kemudian diolah dengan menggunakan *Software Dips* sehingga data yang disajikan berupa diagram rose (Gambar 4).



Gambar 4. Analisis diagram rose arah penyirapan di lapangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lahar permukaan di berada daerah penelitian dihasilkan dari bahan rombakan material gunungapi yang berdensitas tinggi. Mekanisme transportasi dan pengendapan material tersebut dikategorikan berkecepatan tinggi, sehingga menghasilkan aliran turbulen, dengan daya alir dihasilkan dari dominasi interaksi antar partikel (granular). Pada saat material mendekati fase akhir pengendapan, secara perlahan aliran turbulen berubah menjadi aliran laminar yang menyerupai proses fluvial. Pengendapan tersebut terjadi pada

saat energi (stress) aliran masing-masing butir (granular) telah habis. Oleh gaya gravitasi bumi, fragmen-fragmen yang berukuran besar mengalami proses penyesuaian posisi, bagian yang lebih berat berada di depan, sedangkan bagian yang lebih ringan tetap berada pada posisinya, sehingga fragmen-fragmen tersebut memperlihatkan geometri menyerupai punggung katak. Dalam analisis bongkah lahar, dibuat 3 analisis arah aliran/arah penyirapan bongkah lahar pada LP 1, LP 2, LP 3 yang disajikan dalam bentuk diagram *rose*, sehingga akan dapat diketahui arah aliran dari lahar tersebut. Penjelasan mengenai arah aliran lahar dari masing-masing lokasi pengamatan dapat dijelaskan sebagai berikut.

Analisis arah penyirapan bongkah lahar pada LP 1

Lokasi pengamatan 1 terletak di Desa Sraten yang berada pada bagian selatan daerah penelitian, dengan koordinat S 7° 22' 19.71", E 110° 39' 22" elevasi 277 Mdpl. Morfologi daerah penelitian berupa dataran rendah vegetasi sedang. Litologi penyusun berupa breksi lahar dengan fragmen batuan beku andesit, berukuran berang-kal-bongkah (Gambar 5 dan Tabel 2).



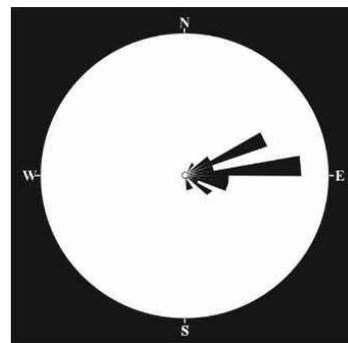
Gambar 5. Fragmen bongkah lahar di daerah Sraten LP 1. Anak panah adalah arah penyirapan

Tabel 1. Hasil Pengukuran Fragmen Bongkah Lahar pada LP 1

No	Dia-meter (cm)	Arah penyirapan (°)	Bentuk butir
1	65	110°	Membulat tanggung
2	130	210°	Menyudut tanggung
3	110	85°	Menyudut tanggung
4	75	105°	Membulat tanggung
5	75	70°	Membulat tanggung
6	80	95°	Membulat tanggung
7	75	85°	Membulat tanggung
8	120	85°	Menyudut tanggung
9	60	125°	Membulat tanggung
10	100	90°	Membulat tanggung

11	130	100°	Menyudut tanggung
12	110	80°	Menyudut tanggung
13	70	86°	Menyudut tanggung
14	95	85°	Membulat tanggung
15	150	65°	Menyudut tanggung
16	90	330°	Membulat tanggung
17	140	55°	Membulat tanggung
18	140	65°	Menyudut tanggung
19	100	340°	Membulat tanggung
20	100	300°	Membulat tanggung
21	98	65°	Menyudut tanggung
22	180	105°	Menyudut tanggung
23	132	80°	Membulat tanggung
24	130	72°	Membulat tanggung
25	66	51°	Menyudut tanggung
26	120	65°	Menyudut tanggung
27	160	80°	Menyudut tanggung
28	104	95°	Membulat tanggung
29	98	65°	Menyudut tanggung
30	110	65°	Menyudut tanggung

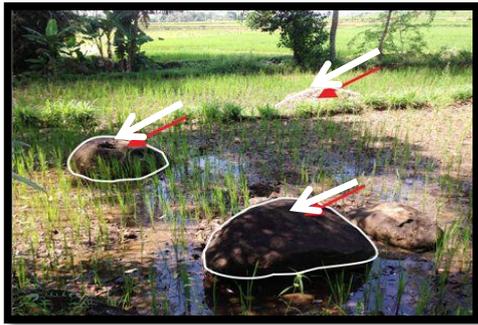
Dari hasil pengukuran tersebut data arah penyirapan dari fragmen bongkah tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk diagram *rose*, didapatkan arah penyirapan dominan pada lokasi ini N83°E (Gambar 6).



Gambar 6. Hasil pengukuran arah penyirapan fragmen bongkah lahar di daerah Sraten LP 1 (diagram *rose* arah aliran menggunakan program *dips*)

Analisis arah penyirapan bongkah lahar di LP 2

Lokasi pengamatan 2 terletak di Desa Pengkol di bagian selatan daerah penelitian, dengan koordinat S 7°22' 07,66" dan E 110°39'56,58" pada elevasi 259 Mdpl. Morfologi daerah penelitian berupa dataran rendah bervegetasi sedang. Litologi penyusun berupa breksi lahar dengan fragmen batuan beku andesit, berukuran fragmen berangkal-bongkah. (Gambar 7 dan Tabel 2).



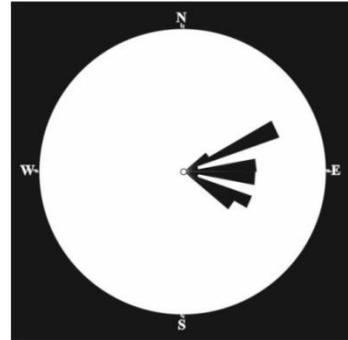
Gambar 7. Fragmen bongkah lahar di daerah Pengkol LP 2. Anak panah adalah arah penyirapan

Tabel 2. Hasil pengukuran fragmen bongkah lahar pada LP 2

No	Diameter (cm)	Arah penyirapan (°)	Bentuk butir
1	66	55°	Membulat tanggung
2	65	95°	Membulat tanggung
3	68	85°	Membulat tanggung
4	70	85°	Menyudut tanggung
5	80	65°	Menyudut tanggung
6	90	110°	Menyudut tanggung
7	64	95°	Membulat tanggung
8	90	90°	Menyudut tanggung
9	65	110°	Menyudut tanggung
10	160	125°	Membulat tanggung
11	70	110°	Menyudut tanggung
12	80	115°	Membulat tanggung
13	67	65°	Membulat tanggung
14	65	50°	Menyudut tanggung
15	65	120°	Membulat tanggung
16	70	125°	Menyudut tanggung
17	68	120°	Menyudut tanggung
18	75	60°	Menyudut tanggung
19	180	80°	Membulat tanggung
20	110	95°	Membulat tanggung
21	100	80°	Menyudut tanggung
22	120	65°	Membulat tanggung
23	67	85°	Membulat tanggung
24	80	90°	Membulat tanggung
25	80	70°	Menyudut tanggung
26	110	65°	Membulat tanggung
27	110	105°	Membulat tanggung
28	65	60°	Menyudut tanggung
29	80	110°	Menyudut tanggung
30	100	65°	Membulat tanggung

Dari hasil pengukuran tersebut data arah penyirapan dari fragmen bongkah tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk diagram *rose*, didapatkan arah

penyirapan dominan pada lokasi ini N 65°E (Gambar 8).



Gambar 8. Hasil pengukuran arah penyirapan fragmen bongkah lahar di daerah Grogolan LP 2 (diagram *rose* arah aliran menggunakan program *dips*)

Analisis arah penyirapan bongkah lahar di LP 3

Lokasi pengamatan 3 terletak di Desa Karangkepo, berada pada bagian selatan daerah penelitian, mempunyai koordinat S 7°21'11.60", E 110° 40'25.09" dengan elevasi 221 Mdpl. Morfologi yang berada pada daerah penelitian berupa dataran rendah dan bervegetasi sedang. Litologi penyusun pada lokasi pengamatan 3 berupa breksi lahar dengan fragmen batuan beku andesit, berukuran berangkal-bongkah (Tabel 3 dan Gambar 9)



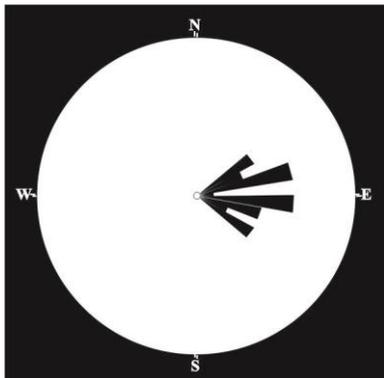
Gambar 9. Fragmen bongkah lahar di daerah Karangkepo LP 3. Anak panah adalah arah penyirapan

Tabel 3. Hasil Pengukuran fragmen bongkah lahar pada LP 3

No	Diameter (cm)	Arah penyirapan (°)	Bentuk butir
1	98	65°	Menyudut tanggung
2	158	90°	Menyudut tanggung
3	175	115°	Membulat tanggung
4	175	76°	Menyudut tanggung
5	104	75°	Menyudut tanggung
6	86	95°	Membulat tanggung
7	142	70°	Menyudut tanggung

8	110	120°	Menyudut tanggung
9	73	105°	Membulat tanggung
10	64	51°	Membulat tanggung
11	94	70°	Menyudut tanggung
12	90	95°	Membulat tanggung
13	67	125°	Menyudut tanggung
14	110	100°	Menyudut tanggung
15	95	125°	Menyudut tanggung
16	130	120°	Menyudut tanggung
17	160	95°	Menyudut tanggung
18	130	50°	Membulat tanggung
19	150	65°	Membulat tanggung
20	100	75°	Menyudut tanggung
21	150	95°	Menyudut tanggung
22	90	55°	Membulat tanggung
23	110	100°	Menyudut tanggung
24	160	90°	Membulat tanggung
25	85	80°	Membulat tanggung
26	95	60°	Menyudut tanggung
27	80	75°	Membulat tanggung
28	65	100°	Membulat tanggung
29	80	50°	Menyudut tanggung
30	120	115°	Membulat tanggung

Dari hasil pengukuran tersebut data arah penyirapan dari fragmen bongkah tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk diagram *rose*, didapatkan arah penyirapan dominan pada lokasi ini N75°E (Gambar 10)



Gambar 10. Hasil pengukuran arah penyirapan fragmen bongkah lahar di daerah Tegalsari LP 3 (diagram *rose* arah aliran menggunakan program *dips*)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian di lapangan serta analisis di laboratorium, maka dapat disimpulkan analisis bongkah lahar dengan metode punggung katak di daerah Karanggede dan sekitarnya Kabupaten Boyolali Propinsi Jawa Tengah sebagai berikut.

Arah penyirapan atau aliran dari fragmen breksi lahar dapat diidentifikasi dari permukaan sedimen, dengan melihat geometri yang menyerupai "punggung katak".

Berdasarkan analisis bongkah lahar pada breksi andesit dengan metode punggung

katak, yang telah disajikan dalam bentuk diagram *rose* pada setiap lokasi pengamatan, didapatkan arah aliran atau penyirapan dominan berada pada kuadran antara N65-83°E. Pada LP 1 didapatkan arah penyirapan dominan N83°E, pada LP 2 didapatkan arah penyirapan dominan N65°E dan pada LP 3 didapatkan arah penyirapan dominan N75°E. Arah aliran atau penyirapan tersebut diinterpretasikan sebagai fase akhir saat material mengendap. Dengan menggunakan arah aliran atau penyirapan dapat disimpulkan bahwa breksi andesit pada daerah penelitian berasal dari hasil letusan Gunung Merbabu yang berada di barat daerah penelitian yang telah tertransport. Endapan lahar tersebut terbentuk dari hasil longsoran endapan awas panas yang dipicu oleh curah hujan yang sangat tinggi, kemudian material suspensi tersebut turun menuruni lereng dengan kecepatan yang sangat tinggi dan akan terendapkan ketika energi masing-masing butir telah habis.

DAFTAR PUSTAKA

Mulyaningsih, S., Sampurno, Yahdi Zaim, Deny Juanda Puradimaja, dan Sutikno Bronto. 2006. Dinamika pengendapan lahar permukaan pada alur-alur Lembah di Bagian Selatan Gunung Api Merapi, Yogyakarta. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 1 No. 3 September 2006: 129-142.

Muyaningsih, S., 2015, *Vulkanologi*, Penerbit Ombak, Yogyakarta

Sriyono, 2015, *Geologi dan Geomorfo-logi Indonesia*, Penerbit Ombak, Yogyakarta

Sukardi, dan Budhitrisna, T., 1992, *Peta Geologi Lembar Salatiga Skala 1 : 100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung

ANALISIS RASIO KEUANGAN SEBAGAI PENGUKURAN KINERJA PERUSAHAAN

Petrus Wisnubroto

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
wisnurinibobok@gmail.com

ABSTRACT

This study aimed to analyze the financial ratios as a measure the financial performance of the company is intended as one of the business (activity), to make the information in a complex financial statements into elements that are simpler and easier to understand (Harnanto, 2001). Ratio analysis is to conduct an assessment of the potential or financial performance and progress of a company, by analyzing the various items in a financial statement is the basis to determine the financial condition and results of operations company, The model was tested on a printing company Wibowo Yogyakarta using data from the financial statements in 2012, 2013, 2014 testing was conducted with 7 steps, ie the ratio of smooth, quick ratio, the billing period average, Gross Profit Margin, turnover of accounts receivable, net profit margin, Return On Investment. The results showed that that the ratio lancer in 2012 amounted to 123.98%; in 2013 amounted to 127.05% and in 2014 amounted to 160.96%. From the above calculation Wibowo Offset Printing companies have an average current ratio of 137.33% means quite comply with the principle of prudent financial management, so companies are liquid enough to pay short-term debt to current assets. Quick ratio was 97.82%, while in 2013 amounted to 99.15% beraarti No increase in the ability of 1.33%. Where as in 2014, quick ratio of 1.28, 08% means there is an increase 28.93%. In covering the activity ratio Receivables turnover (Accounts Receivable Turnover) in respect of financial reporting data obtained, the printing company Offset Wibowo not conduct credit sales, it's the average turnover of receivables can not be analyzed. Thus, to analyze the average of collecting receivables. The calculation of Gross Profit Margin in 2012, 2013, 2014 companies in rupiah gross profit in generating sales increased in 2012 to 2013 by 2.04%, but in 2013 to 2014 decreased by 2% as gross profit slightly increased but sales Increase sharply, so that when inserted the formula decreases. The calculation of Return on Investment in 2012 to 2013 increased by 2.39%, but in 2013 to 2014 decreased by 1.29% because operating costs have narrowed or decreased, resulting in net profit increased slightly but The asset increases sharply, resulting in the declining formula being dropped.

Keywords: Financial Statements, Liquidity Ratio, Activity Ratio, Ratio Profitability, Return on Investment.

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis rasio keuangan sebagai ukuran kinerja keuangan perusahaan ini dimaksudkan sebagai salah satu usaha (aktivitas) untuk membuat informasi dalam laporan keuangan yang kompleks menjadi elemen yang lebih sederhana dan mudah dipahami (Harnanto, 2001). Analisis rasio adalah melakukan penilaian terhadap potensi atau kinerja keuangan dan kemajuan suatu perusahaan, dengan menganalisa berbagai item dalam laporan keuangan merupakan dasar untuk mengetahui kondisi keuangan dan hasil usaha perusahaan. Model penelitian ini mengacu pada pendahulunya peneliti Model tersebut diujicobakan pada perusahaan percetakan Wibowo Yogyakarta dengan menggunakan data dari laporan keuangan tahun 2012, 2013, 2014 pengujian dilakukan dengan 7 langkah, yaitu rasio lancar, rasio cepat, rata-rata periode penagihan, Marjin Laba Kotor, omset piutang, marjin laba bersih, *Return On Investment*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio lancar pada tahun 2012 sebesar 123,98%; pada 2013 sebesar 127,05% dan pada 2014 sebesar 160,96%. Dari perhitungan di atas, perusahaan Wibowo Offset Printing memiliki rasio lancar rata-rata 137,33% yang berarti cukup sesuai dengan prinsip pengelolaan keuangan yang hati-hati, sehingga perusahaan cukup likuid untuk membayar hutang jangka pendek terhadap aset lancar. Rasio cepatnya adalah 97,82%, sedangkan pada 2013 sebesar 99,15% beraarti Tidak ada peningkatan kemampuan sebesar 1,33%. Sedangkan pada 2014, rasio cepat 1,28, 08% berarti ada kenaikan 28,93%. Dalam meliputi rasio aktivitas Perputaran piutang (Perputaran Piutang Usaha) sehubungan dengan data laporan keuangan yang diperoleh, perusahaan percetakan Offset Wibowo tidak melakukan penjualan kredit, maka rata-rata omset piutang tidak dapat dianalisis. Jadi, untuk menganalisis rata-rata penagihan piutang. Hasil perhitungan Marjin Laba Kotor pada 2012, 2013, 2014 perusahaan dalam laba kotor rupiah dalam menghasilkan penjualan

meningkat pada 2012 menjadi 2013 sebesar 2,04%, namun tahun 2013 sampai 2014 mengalami penurunan sebesar 2% karena laba kotor sedikit meningkat namun penjualan Kenaikan tajam, sehingga pada saat dimasukkan formula menurun. Hasil perhitungan Return on Investment pada tahun 2012 sampai 2013 naik sebesar 2,39%, namun tahun 2013 sampai 2014 mengalami penurunan sebesar 1,29% karena biaya operasional telah menyempit atau berkurang, sehingga laba bersih meningkat sedikit namun Aktiva meningkat tajam, berakibat pada saat formula yang dimasukkan menurun.

Kata kunci: Laporan Keuangan, Rasio Likuiditas, Rasio Aktivitas, Rasio Profitabilitas, Return on Investment

PENDAHULUAN

Setiap perusahaan pada umumnya bertujuan untuk mendapatkan keuntungan sebesar besarnya, dapat terwujud apabila semua unsur dalam perusahaan bersinergi dengan baik berupa sumberdaya modal maupun sumberdaya manusianya, kinerja yang baik dari sumberdaya manusia yang mengelola modal sangat penting, untuk menilai kinerja perusahaan dapat dilihat dari laporan keuangan yang disajikan oleh pihak manajemen perusahaan. Neraca dapat dilihat apakah jumlah harta, hutang dan modal perusahaan bertambah atau berkurang semuanya tergambar di dalam laporan keuangan tersebut, untuk melihat apakah operasional perusahaan selama periode tertentu mengalami kerugian atau tidak, dapat dilihat dalam Laporan Laba Rugi perusahaan.

Untuk menjaga efektifitas dan efisiensi kinerja keuangan dari perusahaan dibutuhkan suatu alat komunikasi yaitu Laporan keuangan yang merupakan salah satu sumber informasi penting, di dalam laporan keuangan suatu perusahaan dapat diketahui perkembangan perusahaan serta kondisi keuangan perusahaan tersebut (Munawir, 2007).

Laporan keuangan dapat dianalisis dengan alat perhitungan berupa rasio rasio keuangan, salah satu metode analisis adalah dengan menggunakan menganalisis hubungan antara unsur unsur dalam laporan keuangan, sehingga angka dari hasil analisis rasio laporan keuangan dapat menunjukkan aktivitas perusahaan dalam keadaan menguntungkan atau tidak. Analisis terhadap laporan keuangan dimaksudkan sebagai salah satu usaha (aktivitas) untuk membuat informasi dalam suatu laporan keuangan yang kompleks kedalam elemen elemen yang lebih sederhana dan mudah dipahami (Harnanto, 2001).

Dengan mengadakan analisis terhadap pos pos Neraca akan dapat diketahui atau akan diperoleh gambaran tentang posisi keuangan sedangkan analisis terhadap Laporan Laba Rugi akan memberikan

gambaran tentang hasil atau perkembangan usaha perusahaan tersebut (Munawir, 2007). Pada prinsipnya analisis rasio adalah untuk mengadakan penilaian terhadap kinerja keuangan dan potensi atau kemajuan suatu perusahaan, dengan menganalisis berbagai pos dalam suatu laporan keuangan merupakan dasar untuk mengetahui kondisi keuangan dan hasil operasi perusahaan.

Kerangka konseptual *current ratio* adalah menunjukkan tingkat keamanan (*margin of safety*) kreditor jangka pendek atau kemampuan perusahaan untuk membayar hutang hutang tersebut. *Quick Ratio* adalah perbandingan antara *assets* lancar dikurangi persediaan dengan hutang lancar. Rasio aktivitas adalah rasio yang mengukur seberapa efektif perusahaan menggunakan *assets*nya, rasio perputaran piutang menunjukkan berapa kali piutang perusahaan berputar dalam satu tahun untuk mengukur kemampuan perusahaan menagih piutang pelanggan sehubungan dengan volume penjualan kredit.

Gross Profit Margin yaitu perbandingan antara laba kotor dengan tingkat penjualan yang dicapai oleh perusahaan pada periode yang sama. Rasio ini mencerminkan laba kotor yang dapat dicapai setiap rupiah penjualan yang terjadi. *Net Profit Margin* yaitu perbandingan antara laba bersih dengan penjualan, artinya berapa persen keuntungan yang diperoleh oleh perusahaan selama periode tertentu dari setiap penjualan. Tingkat pengembalian *Assets (Return On Investment)* merupakan kemampuan perusahaan mengoperasikan harta untuk mencari keuntungan.

Laporan Keuangan menurut Baridwan (2004) adalah Laporan Keuangan merupakan ringkasan dari suatu proses pencatatan, dari transaksi transaksi keuangan yang terjadi selama tahun buku yang bersangkutan. Menurut Standar Akuntansi Keuangan no. 1 (IAI, 2010) yaitu Laporan Keuangan merupakan bagian dari pelaporan keuangan, laporan keuangan yang lengkap biasanya meliputi Neraca, Laporan Laba Rugi, Laporan perubahan posisi

keuangan (yang dapat disajikan dalam berbagai cara misalnya sebagai laporan arus kas, atau laporan arus dana), catatan dan laporan lain serta materi penjelasan yang merupakan bagian integral dari laporan keuangan. Sedangkan Menurut Harahap (2004). Laporan Keuangan adalah merupakan *output* dan hasil akhir dari proses akuntansi, laporan keuangan inilah yang menjadi bahan informasi bagi para pemakainya sebagai salah satu bahan dalam proses pengambilan keputusan. Disamping sebagai informasi, laporan keuangan juga sebagai pertanggung jawaban atau *accountability* sekaligus menggambarkan indikator kesuksesan dalam mencapai tujuan.

Menurut Munawir (2007) adalah laporan keuangan yang sistematis tentang *asset*, hutang serta modal dari suatu perusahaan pada suatu saat tertentu. Tujuannya adalah untuk menunjukkan posisi keuangan suatu perusahaan pada suatu tanggal tertentu, biasanya pada waktu dimana buku buku ditutup dan ditentukan sisanya pada suatu akhir tahun fiskal atau tahun kalender, sehingga neraca sering disebut *Balance Sheet*. Neraca terdiri dari tiga unsur laporan keuangan yaitu *Assets*, Hutang/ kewajiban (*Liabilities*) dan modal (*ekuitas*). Dalam Jumingan (2009) merupakan bentuk dari penambahan modal perusahaan, bentuknya berupa harta kekayaan atau jasa yang dimiliki oleh perusahaan yang bersangkutan. Harta kekayaan tersebut harus dinyatakan dengan jelas, dikukur dalam satuan uang. *Assets* terdiri dari *Assets Lancar (Current Asset)* yaitu harta yang dimiliki perusahaan yang dapat ditukarkan menjadi uang dalam waktu tidak lebih dari satu tahun. Menurut Munawir (2007) *assets* lancar adalah uang kas dan *asset* lainnya yang dapat diharapkan untuk dicairkan atau ditukarkan menjadi uang tunai, dijual atau dikonsumsi dalam periode berikutnya. Yang termasuk *assets* lancar adalah : kas, investasi jangka pendek seperti surat berharga berwujud saham, obligasi dan surat hipotek serta surat berharga lainnya, piutang wesel, piutang dagang, persediaan, piutang penghasilan, persekot/ biaya yang dibayar dimuka.

Assets tidak lancar antara lain investasi jangka panjang, *assets* tetap, *assets* tetap tidak berwujud, beban yang ditangguhkan, *assets* lain lain. Hutang / kewajiban (*Liabilities*) dalam Jumingan (2009) memberikan pengertian bahwa utang / *Liabilities* menunjukkan sumber modal yang berasal dari kreditur. Dalam jangka waktu

tertentu pihak perusahaan wajib membayar kembali atau memenuhi tagihan yang berasal dari pihak luar tersebut. Yang termasuk Hutang / kewajiban antara lain : hutang lancar (*current Liabilities*), Hutang dagang adalah hutang yang timbul karena adanya pembelian barang dagangan secara kredit, Hutang wesel adalah hutang yang disertai dengan janji tertulis (yang diatur dengan undang undang) untuk melakukan pembayaran sejumlah tertentu pada waktu tertentu dimasa yang akan datang, Hutang pajak baik pajak untuk perusahaan yang bersangkutan maupun pajak pendapatan karyawan yang belum disetorkan ke kas Negara, Biaya yang masih harus dibayar adalah biaya biaya yang sudah terjadi tetapi belum dilakukan pembayarannya, Hutang jangka panjang yang secara jatuh tempo adalah sebagian hutang jangka panjang yang sudah menjadi hutang jangka pendek karena harus segera dilakukan pembayarannya, Penghasilan yang diterima dimuka (*deferred Revenue*) adalah penerimaan uang untuk penjualan barang/ jasa yang belum direalisasi, Hutang tidak lancar (*Non Current Liabilities*) merupakan *liabilities* perusahaan kepada pihak lain yang harus dipenuhi dalam jangka waktu melebihi satu tahun sejak tanggal neraca atau siklus operasi tergantung mana yang lebih lama.

Modal (*Owner's Equity*) merupakan sumber modal yang berasal dari pemilik perusahaan, bersama sama dengan modal yang berasal dari kreditur kemudian ditanamkan dalam berbagai bentuk *assets* perusahaan. Modal disajikan dalam neraca berdasarkan sifat kekalannya artinya dimulai dari modal yang paling kekal (modal saham) menuju yang paling tidak kekal (Laba ditahan). Laporan Laba Rugi merupakan suatu laporan yang sistematis tentang penghasilan, biaya, rugi laba yang diperoleh oleh suatu perusahaan selama periode tertentu (Munawir, 2007). Menurut Wild (2008) laporan laba rugi mengukur kinerja keuangan perusahaan antara tanggal neraca. Laporan ini mencerminkan aktivitas operasi perusahaan, laporan Laba Rugi menyediakan rincian pendapatan, beban, untung dan rugi menyediakan rincian pendapatan, beban, untung dan rugi perusahaan untuk suatu periode waktu.

Menurut Baridwan (2004) Laporan Laba Rugi adalah suatu laporan yang menunjukkan pendapatan dan biaya-biaya dari suatu unit usaha untuk periode tertentu. Laporan Laba Yang Ditahan (*Statement of Retained Earnings*) Menurut Jumingan (2009) Laba yang ditahan adalah

bagian laba yang ditanamkan kembali dalam perusahaan. Laba yang diperoleh perusahaan tidak semuanya dibagikan kepada para pemilik (pemegang saham) sebagai dividen tetapi sebagian akan ditahan dan ditanamkan kembali dalam perusahaan untuk berbagai keperluan. Laporan Laba ditahan digunakan dalam perusahaan perseroan untuk menunjukkan suatu analisis perubahan besarnya bagian laba yang ditahan selama jangka waktu tertentu.

Pemakai Laporan Keuangan menurut Hery (2012) para pengguna informasi akuntansi ini dikelompokkan ke dalam dua kategori, yaitu : Pemakai Internal (*internal users*) terdiri dari Direktur dan Manager Keuangan, Direktur operasional dan Manager Pemasaran, Manager dan Supervisor Produksi, dan pemakai internal lainnya, *Eksternal Users* terdiri dari Investor (penanam modal), Kreditor, Pemerintah, Badan pengawas pasar modal, ekonom, praktisi dan analis, analisa Laporan Keuangan menurut Harahap (2004) analisis laporan keuangan adalah menguraikan pos pos dan hubungannya yang bersifat signifikan atau mempunyai makna antara satu dengan yang lain antara data kuantitatif maupun data non kuantitatif dengan tujuan untuk mengetahui kondisi keuangan lebih dalam yang sangat penting dalam proses menghasilkan keputusan yang tepat.

Performance atau kinerja adalah hasil kerja yang dapat dicapai seseorang atau kelompok orang dalam suatu organisasi sesuai dengan wewenang dan tanggung jawab masing masing dalam rangka upaya mencapai tujuan organisasi bersangkutan secara legal, tidak melanggar hukum dan sesuai dengan norma maupun etika (Prawirosentono, 2002). Jika dikaitkan dengan keuangan, maka kinerja merupakan hasil yang dicapai dari *input* finansial yang telah digunakan menghasilkan *output*.

Pengertian efisiensi menurut Robert and Deardeon (2004) dalam terjemahan manajer kontrol mengemukakan bahwa Efisiensi menggambarkan beberapa masukan (*input*) yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit keluaran (*output*). Unit organisasi yang paling efisien adalah unit yang dapat memproduksi jumlah keluaran dari penggunaan masukan yang minimal untuk menghasilkan pengeluaran terbanyak dari masukan yang tersedia. Pendapat Mubyarto (2000) efisiensi diartikan sebagai keadaan manfaat sebesar-besarnya dicapai dengan pengorbanan tertentu atau dimana untuk memperoleh suatu manfaat

tertentu diperlukan pengorbanan sekecil mungkin.

Dari pendapat diatas, pengertian efisiensi tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa efisiensi berkaitan dengan kemampuan suatu *input* dalam menghasilkan *output*. Tingkat efisiensi dapat diukur dengan membandingkan antara *output* yang dihasilkan dengan *input* yang digunakan. Semakin besar *output* yang dihasilkan oleh suatu unit *input* semakin tinggi pula efisiensinya. Dari pengertian diatas dikaitkan dengan keuangan perusahaan maka modal merupakan masukan dan diharapkan dapat menghasilkan keluaran yang berupa produk perusahaan. Produk perusahaan itu nantinya diharapkan dapat dijual dengan optimal oleh perusahaan sehingga dapat menghasilkan laba yang optimal. Semakin tinggi tingkat laba yang diperoleh oleh perusahaan dari modal yang ada, semakin tinggi pula tingkat efisiensi penggunaan keuangan suatu perusahaan.

Kinerja perusahaan keberhasilan sebuah perusahaan dalam mencapai tujuannya dan memenuhi kebutuhan masyarakat sangat bergantung dari kinerja perusahaan dan manajer perusahaan didalam melaksanakan tugas tanggung jawabnya. Menurut Halim (2009) system pengukuran kinerja memiliki sasaran implementasi strategi, dalam menetapkan system pengukuran kinerja, manajemen puncak memilih serangkaian ukuran-ukuran yang menunjukkan strategi perusahaan. Ukuran-ukuran ini dapat dilihat sebagai faktor kesuksesan kritis saat ini dan masa depan. Penilaian kinerja menurut Mulyadi (2007) adalah penentuan secara periodik efektivitas operasional suatu organisasi, bagian organisasi dan personelnnya berdasarkan sasaran, standar dan kinerja yang telah ditetapkan sebelumnya, pengukuran kinerja tersebut dilakukan untuk mengukur keberhasilan setiap tim dan karyawan dalam mencapai sasaran yang telah ditetapkan.

Analisis Rasio Keuangan dalam Ardiyos (2008) Rasio adalah perbandingan matematis yang menunjukkan hubungan antara pos-pos laporan keuangan, bersifat informative untuk memberikan gambaran kepada penganalisa tentang baik buruknya keadaan atau posisi keuangan suatu perusahaan terutama apabila angka rasio tersebut dibandingkan dengan angka rasio pembanding yang digunakan sebagai standar, dengan menganalisa rasio dapat menentukan tingkat likuiditas dari perusahaan. Dalam Hery (2012) rasio harus diinterpretasikan dengan hati hati karena

faktor-faktor yang mempengaruhi pembilang dapat berkorelasi dengan faktor-faktor yang mempengaruhi penyebut.

Rasio Likuiditas adalah rasio yang mengukur kemampuan jangka pendek perusahaan untuk membayar kewajiban yang jatuh tempo, menurut Donald (2002). Adapun yang termasuk rasio likuiditas adalah :

a. Rasio Lancar (*Current Ratio*)

Menurut Munawir (2007) *current ratio* adalah menunjukkan tingkat keamanan (*margin of safety*) kreditor jangka pendek atau kemampuan perusahaan untuk membayar hutang hutang tersebut.

$$\text{Current Ratio} = \frac{\text{Current Asset}}{\text{Current Liabilities}} \times 100\% \dots\dots(1)$$

b. *Quick Ratio / Acid Test Ratio* (rasio uji cepat)

Menurut Munawir (2007) *Quick Ratio* adalah perbandingan antara asset lancar dikurangi persediaan dengan hutang lancar, rasio ini memberikan ukuran yang lebih mendalam tentang likuiditas dari pada rasio lancar.

$$\text{Quick ratio} = \frac{\text{Current asset} - \text{inventory}}{\text{Total Current Liabilities}} \times 100\% \dots(2)$$

Rasio Aktivitas

Menurut Donald (2002) memberikan pengertian rasio aktivitas adalah rasio yang mengukur seberapa efektif perusahaan menggunakan asetnya, yang termasuk dalam rasio aktivitas :

Perputaran piutang (*Account Receivable Turnover*)

Rasio ini menunjukkan berapa kali piutang perusahaan berputar dalam satu tahun untuk mengukur kemampuan perusahaan menagih piutang pelanggan sehubungan dengan volume penjualan kredit.

$$\text{Account Receivable Turnover} = \frac{\text{NetCreditSales}}{\text{AverageNetAccount Receivable}} \dots(3)$$

Collection Period (periode pengumpulan piutang)

Adalah perputaran piutang dagang dalam bentuk jumlah hari.

$$\text{Collection Period} = \frac{\text{AverageNetAccounts Receivable}}{\text{NetCreditSales}} \times 360 \text{hari} \dots(4)$$

Rasio Profitabilitas

Gross Profit Margin yaitu perbandingan antara laba kotor dengan tingkat penjualan yang dicapai oleh perusahaan pada periode yang sama, rasio ini mencerminkan laba kotor yang dapat dicapai setiap rupiah yang terjadi.

$$\text{Gross Profit Margin} = \frac{\text{Laba}_Kotor}{\text{Penjualan}} \times 100\% \dots(5)$$

Net Profit Margin yaitu perbandingan antara laba bersih dengan penjualan, artinya berapa persen keuntungan yang diperoleh perusahaan selama periode tertentu dari setiap penjualan.

$$\text{Net Profit Margin} = \frac{\text{Laba}_Bersih}{\text{Penjualan}} \times 100\% \dots(6)$$

Return on Investment (tingkat pengembalian asset) merupakan kemampuan perusahaan mengoperasikan harta untuk mencari keuntungan

$$\text{Return on Investment} = \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Total Aset}} \times 100\% \dots(7)$$

Rasio yang dihasilkan dapat mengungkapkan kondisi perusahaan dengan jelas, maka rasio tersebut harus dibandingkan dengan suatu standar ukuran (tolok ukur). Adapun tolok ukur tersebut menurut Munawir (2007) antara lain :

- a. Standar ratio atau rasio rata-rata dari seluruh industri semacam perusahaan yang data keuangannya sedang dianalisis menjadi anggotanya.
- b. Rasio yang telah ditentukan dalam *budget* perusahaan yang bersangkutan
- c. Rasio-rasio yang semacam di waktu-waktu yang lalu (rasio historis) dari perusahaan yang bersangkutan
- d. Rasio keuangan dari perusahaan lain yang sejenis yang merupakan pesaing perusahaan yang dinilai cukup baik / berhasil dalam usahanya.

Tabel 1. Rata – Rata Rasio Keuangan Industri

Rasio Laporan Keuangan	Rata-rata Industri
Rasio Lancar	1,80
Rasio Cepat	0,70
Periode penagihan rata-rata	37 hari
<i>Gross Profit Margin</i>	38%
Perputaran piutang dagang	4,87 kali/ tahun
<i>Net Profit Margin</i>	10%
<i>Return on Investment</i>	11,4 %

Sumber : Keown (2008)

Sesuai dengan latar belakang dan perumusan masalah, maka tujuan penelitiannya sebagai berikut menganalisis efisiensi keuangan pada perusahaan Percetakan Wibowo Offset, cenderung naik atau turun dan menganalisis kinerja keuangan pada perusahaan percetakan Wibowo Offset selama tiga tahun terakhir ditinjau dari analisis laporan keuangan. Sedangkan manfaat penelitian diharapkan dari hasil penelitian ini antara lain bagi pihak perusahaan percetakan Wibowo Offset, penelitian ini diharapkan dapat dipakai sebagai dasar pertimbangan dalam menetapkan kebijaksanaan pengelolaan dana keuangannya perusahaan dan penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai acuan bagi peneliti dan pihak lain untuk mengadakan penelitian lanjutan di masa yang akan datang .

Objek Penelitian ini adalah perusahaan percetakan Wibowo Offset Yogyakarta, penelitian dilakukan dengan mencari data dan informasi yang berhubungan dengan laporan keuangan perusahaan selama tiga tahun terakhir, yaitu tahun 2012, 2013 dan 2014 dengan pertimbangan dapat memberikan informasi dan data yang diperlukan demi tercapainya tujuan penelitian.

Model penelitian setiap satu periode tertentu manajemen mengeluarkan laporan keuangan sebagai wujud tanggung jawab penggunaan dana, laporan tersebut berupa laporan Neraca dan laporan Rugi Laba, laporan keuangan merupakan hasil akhir dari poses akuntansi.

Setelah menganalisis laporan keuangan dapat diketahui perubahan dari masing masing pos tersebut bila dibandingkan dengan alat pembanding yang lain. Untuk mengetahui efisiensi kinerja keuangan suatu perusahaan maka diperlukan alat analisis, lain yaitu analisis rasio yang meliputi : (1)

Analisis rasio likuiditas, untuk menganalisis dan menginterpretasikan posisi keuangan jangka pendek serta mengecek efisiensi modal kerja yang digunakan dalam perusahaan; (2) Analisis rasio *leverage*, untuk menganalisis kualitas kewajiban perusahaan serta perbandingan kewajiban perusahaan dengan aktiva perusahaan tersebut; (3) Analisis rasio profitabilitas, untuk menganalisis kemampuan perusahaan dalam memperoleh laba serta efisien penggunaan modal dalam perusahaan.

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah metode dokumentasi, metode ini adalah teknik pengambilan data dengan mencatat data dari dokumen yang berkaitan dengan objek penelitian, hal ini akan berhubungan arsip yang telah didokumentasikan perusahaan. Untuk memperoleh gambaran mengenai jenis dan teknik pengumpulan data maka metode yang digunakan adalah data Primer, merupakan data yang diperoleh secara langsung melalui pencatatan secara langsung pengukuran langsung di lapangan . Data primer diperoleh dari perusahaan percetakan Wibowo Offset Yogyakarta . Teknik yang digunakan dalam pengumpulan data primer adalah kuesioner merupakan cara pengumpulan data melalui pemberian angket atau daftar pertanyaan .

Dalam penelitian ini, kuesioner dibagikan kepada Manajer dan staf bagian keuangan perusahaan percetakan Wibowo Offset Yogyakarta dan Direktur utama. Wawancara atau *interview* dalam penelitian ini, wawancara hanya digunakan untuk melengkapi data kuesioner, dan bersifat terbuka tanpa menggunakan instrumen seperti pedoman wawancara. observasi (pengamatan) merupakan cara pengumpulan data dengan pengamatan secara langsung. Dalam penelitian ini, observasi juga hanya bertujuan untuk melengkapi data kuesioner, serta dilakukan tanpa menggunakan instrumen seperti lembar pengamatan. Data Sekunder merupakan data penunjang yang diperlukan demi tercapainya tujuan penelitian dan tidak diperoleh secara langsung dari responden (Nazir, 1988). Dalam penelitian ini, data sekunder berupa gambaran umum lokasi penelitian yang diperoleh ke perusahaan , serta literatur dan pustaka yang berkaitan dengan penelitian yang bersumber dari buku-buku. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang merupakan data yang diperoleh melalui hasil pengolahan pihak Percetakan Wibowo Offset dan juga data hasil penelitian lapangan baik kualitatif

maupun kuantitatif, studi pustaka dan hasil penelitian sebelumnya.

Variabel Penelitian yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah *Current Ratio*, *Acid Test Ratio / Quick ratio*, perputaran piutang (*Account Receivables Turn Over*), periode pengumpulan piutang (*Collection Period*), *Gross Profit Margin*, *Net Profit Margin*, *Return on Investment*.

Data diharapkan dapat diperoleh dari perusahaan percetakan Wibowo Offset yang berupa laporan keuangan selama 3 tahun terakhir mulai tahun 2012, 2013, 2014, kemudian dianalisis berdasarkan unsur-unsur yang terdapat laporan keuangan rasio Likuiditas, rasio Aktivitas dan rasio Profitabilitas.

PEMBAHASAN

Dalam usaha mencapai kesejahteraan para anggota pegawai dan manajemen percetakan Wibowo Offset, pihak perusahaan mengusahakan adanya peningkatan kegiatan operasionalnya. Kegiatan operasional ini harus dikelola secara efektif dan efisien, diantaranya adalah pemanfaatan aktiva secara optimal untuk kegiatan operasi yang beresinambungan menunjukkan indikasi pengelolaan aktiva secara efektif. Sedang laba dari hasil kegiatan atau operasi menunjukkan efisiensinya. Sebagai evaluasi untuk pengambilan keputusan keuangan dimasa mendatang, maka manajemen percetakan Wibowo Offset perlu mengetahui hasil yang telah dicapai selama ini.

Alat analisis tersebut adalah rasio Likuiditas, rasio *Leverage* dan rasio Profitabilitas, data yang dibutuhkan untuk kepentingan analisis tersebut diambil data Laporan keuangan dari Percetakan Wibowo Offset tahun 2012, 2013 dn 2014 yang berupa Neraca dan Laporan Rugi Laba beserta hasil analisis data yang menggunakan rasio Likuiditas, rasio *Leverage* dan rasio Profitabilitas Laporan penelitian ini.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Rasio Lancar Per 31 Desember 2012 – 2014

Tahun	Aktiva Lancar (Rp)	Hutang Lancar (Rp)	Rasio Lancar (%)	Perubahan Naik (+); turun (-)
2012	228.125.000	184.000.000	123,98%	-
2013	224.880.000	177.000.000	127,05%	Naik 3,07%
2014	260.760.000	162.000.000	160,96%	Naik 33,91%

Sumber : data primer diolah

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 2. diatas, terlihat bahwa rasio lancar atau kemampuan perusahaan dalam membayar hutang jangka pendek pada tahun 2012 sebesar 123,98%; tahun 2013 sebesar 127,05% dan tahun 2014 sebesar 160,96%. Dari perhitungan diatas perusahaan Percetakan Wibowo Offset memiliki rasio lancar rata rata 137,33% berarti cukup memenuhi ketentuan prinsip hati hati dalam manajemen keuangan, sehingga perusahaan percetakan Wibowo Offset cukup likuid dalam membayar hutang jangka pendeknya dengan aktiva lancar. Dibandingkan dengan rata rata industri rasio lancar sebesar 180%, maka masih dibawah kemampuan rata rata industri, meskipun secara periodik dari tahun ke tahun likuiditas perusahaan percetakan Wibowo Offset mengalami kenaikan.

Hasil perhitungan rasio cepat tahun 2012, 2013, 2014 dari tabel 3. dapat diketahui kemampuan perusahaan percetakan Wibowo Offset dalam membayar hutang jangka pendek tanpa menggunakan persediaan mengalami peningkatan dari kemampuan aktiva lancar, peningkatan ini disebabkan oleh berkurangnya kewajiban lancar dan kenaikan aktiva lancar, kewajiban lancar turun disebabkan berkurangnya jumlah hutang bank.

Tahun 2012 rasio cepatnya adalah 97,82 % sedangkan pada tahun 2013 sebesar 99,15% beraarti ada kenaikan kemampuan sebesar 1,33 %. Sedangkan pada tahun 2014 rasio cepatnya sebesar 128, 08 % berarti ada kenaikan 28,93 %. Kenaikan tersebut menunjukkan pihak perusahaan berusaha sungguh mengurangi kewajiban hutang lancarnya, dan ada kenaikan kas di aktiva lancar yang meningkat.

Sehubungan data laporan keuangan yang diperoleh, pihak perusahaan percetakan Wibowo Offset tidak melakukan penjualan kredit, maka untuk rata rata perputaran piutang tidak dapat dianalisis. Demikian pula untuk menganalisis hari rata rata pengumpulan piutang, juga belum dapat dianalisis, dikarenakan data yang diperoleh perusahaan Percetakan Wibowo Offset tidak melakukan penjualan secara kredit. Ditinjau dari rasio likuiditas yaitu pada rasio lancar dan rasio cepat kinerja keuangan percetakan Wibowo Offset.

Hasil perhitungan *Gross Profit Margin* tahun 2012, 2013, 2014 dari tabel 4. dapat diketahui kemampuan perusahaan percetakan Wibowo Offset dalam rupiah laba kotor dalam menghasilkan penjualan mengalami peningkatan tahun 2012 ke 2013

sebesar 2,04%, tetapi tahun 2013 ke 2014 mengalami penurunan sebesar 2% disebabkan laba kotor naik sedikit tetapi penjualan meningkat tajam, sehingga pada saat dimasukkan rumus mengalami penurunan.

Hasil perhitungan *Net Profit Margin* tahun 2012, 2013, 2014 dari tabel 5. dapat diketahui kemampuan perusahaan percetakan Wibowo Offset dalam rupiah laba

bersih menghasilkan penjualan mengalami penurunan tahun 2012 ke 2013 sebesar 1,62%, tetapi tahun 2013 ke 2014 mengalami penurunan sebesar 0,98% disebabkan karena biaya operasional yang semakin mengecil atau berkurang, sehingga laba bersih naik sedikit tetapi penjualan meningkat tajam, sehingga pada saat dimasukkan rumus mengalami penurunan.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Rasio Cepat Percetakan Wibowo Offset
Per 31 Desember 2012 – 2014

Tahun	Aktiva Lancar (Rp)	Persediaan (Rp)	Kewajiban Lancar (Rp)	Quick Ratio (%)	Perubahan Naik (+) turun (-)
2012	228.125.000	48.125.000	184.000.000	97,82 %	-
2013	224.880.000	49.380.000	177.000.000	99,15 %	Naik 1,33%
2014	260.760.000	53.260.000	162.000.000	128,08%	Naik 28,93%

Sumber : data primer diolah

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Gross Profit Margin*

Per 31 Desember 2012 – 2014

Tahun	Laba Kotor	Penjualan	Gross Profit Margin	Perubahan Naik (+) turun (-)
2012	470.000.000	750.000.000	62,67%	-
2013	550.000.000	850.000.000	64,71%	Naik 2,04%
2014	572.000.000	912.000.000	62,71%	Turun 2%

Sumber : data primer diolah

Tabel 5.

Hasil Perhitungan *Net Profit Margin*

Per 31 Desember 2012 – 2014

Tahun	Laba bersih (Rp)	Penjualan (Rp)	Net Profit Margin (%)	Perubahan Naik (+) turun (-)
2012	350.000.000	750.000.000	46,67%	-
2013	383.000.000	850.000.000	45,05%	Turun 1,62%
2014	402.000.000	912.000.000	44,07%	Turun 0,98%

Sumber : Data Primer diolah

Tabel 6.

Hasil Perhitungan Return on Investment

Per 31 Desember 2012 – 2014

Tahun	Laba bersih (Rp)	Total Assets (Rp)	Net Profit Margin (%)	Perubahan Naik (+) turun (-)
2012	350.000.000	1.417.625.000	24,68%	-
2013	383.000.000	1.414.380.000	27,07%	Naik 2,39%
2014	402.000.000	1.558.760.000	25,78%	Turun 1,29%

Sumber : data primer diolah

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis rasio yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ditinjau dari rasio likuiditas yaitu pada rasio lancar dan rasio cepat kinerja keuangan percetakan Wibowo Offset dari tahun 2012,2013, 2014 menunjukkan cukup baiknya kondisi keuangan, khususnya dalam memenuhi kewajiban hutang jangka pendeknya dengan menggunakan aktiva lancar cukup likuid. Tahun 2012 rasio cepatnya adalah 97,82 % sedangkan pada tahun 2013 sebesar 99,15% berarti ada kenaikan kemampuan sebesar 1,33 %. Sedangkan pada tahun 2014 rasio cepatnya sebesar 128,08 % berarti ada kenaikan 28,93 %. Kenaikan tersebut menunjukkan pihak perusahaan berusaha sungguh mengurangi kewajiban hutang lancarnya, dan ada kenaikan kas di aktiva lancar yang meningkat.
2. Pada rasio aktivitas yang meliputi Perputaran piutang (*Account Receivable Turnover*) sehubungan data laporan keuangan yang diperoleh, pihak perusahaan percetakan Wibowo Offset tidak melakukan penjualan kredit, maka untuk rata rata perputaran piutang tidak dapat dianalisis.
3. Hasil perhitungan *Gross Profit Margin* tahun 2012, 2013, 2014 dapat diketahui kemampuan perusahaan percetakan Wibowo Offset dalam rupiah laba kotor dalam menghasilkan penjualan mengalami peningkatan tahun 2012 ke 2013 sebesar 2,04%, tetapi tahun 2013 ke 2014 mengalami penurunan sebesar 2% disebabkan laba kotor naik sedikit tetapi penjualan meningkat tajam, sehingga pada saat dimasukkan rumus mengalami penurunan.
4. Hasil perhitungan *Net Profit Margin* tahun 2012, 2013, 2014 dari table 4.6. dapat diketahui kemampuan perusahaan

percetakan Wibowo Offset dalam rupiah laba bersih dalam menghasilkan penjualan mengalami penurunan tahun 2012 ke 2013 sebesar 1,62%, tetapi tahun 2013 ke 2014 mengalami penurunan sebesar 0,98% disebabkan karena biaya operasional yang semakin mengecil atau berkurang, sehingga laba bersih naik sedikit tetapi penjualan meningkat tajam, sehingga pada saat dimasukkan rumus mengalami penurunan.

5. Hasil perhitungan *Return on Investment* tahun 2012, 2013, 2014 dapat diketahui kemampuan perusahaan percetakan Wibowo Offset dalam rupiah laba bersih mengoperasikan harta kekayaan perusahaan dalam menghasilkan keuntungan mengalami kenaikan dan penurunan, tahun 2012 ke 2013 naik sebesar 2,39%, tetapi tahun 2013 ke 2014 mengalami penurunan sebesar 1,29% disebabkan karena biaya operasional yang semakin mengecil atau berkurang, sehingga laba bersih naik sedikit tetapi Assets meningkat tajam, sehingga pada saat dimasukkan rumus mengalami penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyos, 2008, *Kamus Besar Akuntansi*, Jakarta : Citra Harta Prima
- Baridwan, Z., 2004, *Intermediate Accounting*, Edisi VIII, Yogyakarta : BPFE UGM.
- Donald, E., Kieso, Jerry.J.Weygandt, Terry D., Warfield, 2002, *Akuntansi Intermediate*, Jilid 3, Edisi Kesepuluh, Jakarta : Erlangga.
- Halim, A., Achmad Tjahyono, Muhammad Fakhri Husein, 2009, *Sistem Pengendalian Manajemen*, Yogyakarta : UPP STIM YKPN.
- Harnanto, 2001, *Analisis Laporan Keuangan*, Yogyakarta : UUP AMP YKPN.
- Harahap, Sofyan Syafri, 2004, *Analisis Kritis Atas Laporan Keuangan*, Buku Satu, Jakarta : Salemba Empat.
- Hery, 2012, *Analisis Laporan Keuangan*, Jakarta : PT. Bumi Aksara.
- Ikatan Akuntan Indonesia, 2010, *Standar Akuntansi Keuangan*, Buku Satu, Jakarta : Salemba Empat.
- Jumingan, 2009, *Analisis Laporan Keuangan*, Buku Ketiga, Jakarta : PT. Bumi Aksara.
- Keown, Arthur J., Scott David F., Martin John D., Petty Jay W., 2008, *Manajemen Keuangan : Prinsip Penerapan*, Jilid 1, Jakarta : PT. Indeks.

Mubyarto, 2000, *Meningkatkan Efisiensi Nasional*, Edisi IV, Yogyakarta : BPFE UGM.

Mulyadi, 2007, *Sistem Perencanaan dan Pengendalian Manajemen*, Jakarta : Salemba Empat.

Munawir, S., 2007, *Analisis Laporan Keuangan*, Yogyakarta : Liberty.

Prawirosentono, Budi, 2002, *Kinerja dan Produktivitas*, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.

Robert and Deardeon, 2004, *Efficiency and Effectivity*, 3 nd edition, New York : Prentice Hall.

Wild, John J., K.R., dan Robert F. Halsey, 2008, *Analisis Laporan Keuangan*, Jakarta : Salemba Empat.

PROTOTYPE AUTOMATIC TRANSFER SWITCH RUMAH TINGGAL SEDERHANA

Gatot Santoso¹, Slamet Hani²

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
gatsan@akprind.ac.id¹

ABSTRACT

Making this research project is based on a desire to facilitate human needs in providing energy availability at all times, especially in a simple house or the upper middle. The main source of power supply voltage of PLN will not always continuous in distribution, one point would occur outages that may be caused by natural disturbances or interruptions in the distribution system. To anticipate the extinction then made a prototype automatic transfer switch (ATS) in residences simple actually good shape on the circuit dick, electrical installation in the load and the control circuit as well as the form of the house which was designed in real circumstances. ATS circuits in the form of a control circuit automatically load displacement of PLN and batteries through power inverter a DC voltage to AC modifiers that work interchangeably when one source extinguished. The battery will be recharged through the charger circuit when the main source of PLN alive again. Setting the delay time in the circuit ATS can be set as needed to obtain the value of the load switching time is effective and efficient. ATS is also equipped with a surge protector overload and short circuit that serves as a safety on the circuit of the electrical system disturbances.

Keywords: *automatic transfer switch, battery, inverter, control*

INTISARI

Pembuatan penelitian ini didasarkan pada keinginan untuk mempermudah kebutuhan manusia dalam memberikan ketersediaan energi listrik setiap saat terutama pada rumah tinggal yang sederhana maupun menengah ke atas. Sumber tegangan listrik utama dari PLN tidak akan selamanya kontinyu dalam penyalurannya, suatu saat pasti akan terjadi pemadaman yang kemungkinan dapat disebabkan oleh gangguan alam maupun gangguan pada sistem distribusi. Untuk mengantisipasi pemadaman tersebut maka dibuatlah sebuah *prototype automatic transfer switch* (ATS) pada rumah tinggal sederhana dengan bentuk sebenarnya baik pada rangkaian kontrol, instalasi kelistrikan pada beban maupun rangkaian kontrol serta bentuk rumah yang didesain sesuai keadaan nyata. Rangkaian ATS ini berupa sebuah rangkaian kontrol perpindahan beban otomatis dari sumber PLN dan aki melalui *power inverter* sebagai perubah tegangan DC ke AC yang bekerja secara bergantian ketika salah satu sumber padam. Aki akan terisi kembali melalui rangkaian *charger* ketika sumber utama PLN hidup kembali. Pengaturan waktu tunda pada rangkaian ATS ini dapat disetting sesuai kebutuhan beban sehingga didapatkan nilai waktu perpindahan yang efektif dan efisien. ATS ini juga dilengkapi pengaman arus beban lebih dan hubung singkat yang berfungsi sebagai pengaman pada rangkaian dari gangguan sistem kelistrikan.

Kata Kunci: *automatic transfer switch, aki, power inverter, kontrol*

PENDAHULUAN

Dewasa ini, seiring dengan perkembangan teknologi dan ekonomi yang sangat pesat serta dengan kemajuan teknologi di segala bidang, maka kebutuhan akan sumber energi listrik menjadi meningkat. Maka catu daya utama PLN sangat berpengaruh terhadap penyediaan energi listrik bagi layanan publik baik itu daya besar maupun daya kecil. Hal ini menuntut PLN agar suplai listrik dilakukan kontinyu tanpa mengalami pemadaman listrik. Akan tetapi suplai daya utama yang berasal dari PLN tidak selamanya kontinyu dalam penyalurannya. Suatu saat pasti terjadi pemadaman total yang disebabkan

oleh gangguan pada sistem pembangkit, atau gangguan pada sistem transmisi dan sistem distribusi. Sedangkan suplai energi listrik sangat diperlukan pada pusat perdagangan, perbankan, industri maupun rumah tinggal. Sehingga jika PLN padam, maka suplai energi listrik pun berhenti dan akibatnya mengganggu seluruh aktifitas yang ada.

Berdasarkan hal di atas agar tidak terjadi pemadaman total pada penerangan ruangan maupun daerah penting yang harus mendapat suplai energi listrik secara terus-menerus, maka dibutuhkan suplai cadangan sebagai *back-up* suplai utama PLN (Suryatmo, 1995). Sebagai contoh kapan suplai cadangan

mengambil alih suplai tenaga listrik ke beban ataupun sebaliknya, maka diperlukan sistem *control switching* yang dapat bekerja secara otomatis untuk menjalankan suplai cadangan saat terjadi pemadaman dari PLN yang biasanya disebut *Automatic Transfer Switch (ATS)* (Susanto, 2013).

Adapun penelitian yang berkenaan dengan sistem ATS sebelumnya telah dilakukan oleh Enggar tentang Rancangan Dasar Sistem *Automatic Main Failure* dan *Automatic Transfer Switch* untuk Ruang Pertemuan Gedung 71, dan juga oleh Indrawan berupa Perancangan Panel Ats/AMF Berbasis Mikrokontroler dimana penelitian ini mengatur pengalihan suplai energi antara suplai listrik PLN dan genset.

Magnetic Contactor (MC) adalah sebuah *relay* dengan kapasitas yang besar maupun kecil dengan menggunakan daya minimal. Umumnya MC terdiri dari 3 *pole* kontak utama dan kontak bantu (*aux. contact*). Untuk menghubungkan kontak utama hanya dengan cara memberikan tegangan pada koil MC sesuai spesifikasinya.

Komponen utama sebuah *Magnetic Contactor* adalah koil dan kontak utama. Koil dipergunakan untuk menghasilkan medan magnet yang akan menarik kontak utama sehingga terhubung pada masing masing *pole*.

Secara luas MC dapat diaplikasikan dalam rangkaian pengendalian, terutama mengendalikan motor atau perangkat listrik lainnya serta dapat digunakan dalam kontrol otomatis.

Pada kontaktor, selain terdapat kontak NO dan NC juga terdapat 3 buah kontak NO utama yang dapat menghubungkan arus listrik sesuai ukuran yang telah ditetapkan pada kontaktor tersebut. Misalnya 10A, 15A, 20A, 30A, 50 Amper dan seterusnya. Seperti pada Gambar 1 (BSN, 2000).



Gambar 1. Gambar Kontak MC

Timer merupakan alat yang digunakan untuk menunda waktu kerja (*delay*) pada suatu rangkaian dengan menggunakan settingan pewaktu sebagai pengontrolannya. Sebuah *timer* terdiri dari kontak-kontak *relay Normally Open (NO)* maupun *Normally Close (NC)* dan

sebuah kumparan (*coil*) untuk menggerakkan *relay-relay* tersebut. Ketika settingan waktunya telah habis maka kumparan pada *timer* akan bekerja dan akan menggerakkan *relay-relay* yang ada pada *timer* tersebut (BSN, 2000).



Gambar 2. Timerdelay relay

Miniatur Circuit Breaker (MCB) merupakan rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen *thermis (bimetal)* untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi *relay* elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. Kerugian dari semua sekering adalah bila sekering telah beroperasi, maka sekering harus diganti. MCB mengatasi permasalahan ini karena MCB adalah saklar otomatis yang dapat terbuka ketika ada arus berlebih mengalir dalam rangkaian dan dapat tertutup kembali ketika rangkaian kembali normal (BSN, 2000).

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara *thermis* dan elektromagnetis, pengaman *thermis* berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat.

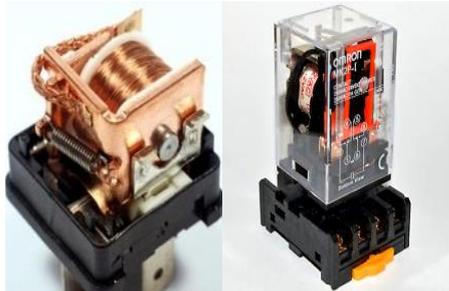


Gambar 3 Miniatur Circuit Breaker (MCB)

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*). *Relay* menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi (BSN, 2000). Berdasarkan tegangan

pada *coil*, *relay* terdiri dari 2 macam, yaitu: *Relay DC* dan *Relay AC*.

Gambar 4 menunjukkan bentuk *relay AC/DC* dan simbol *relay*.



Gambar 4. *Relay AC dan DC*

Akumulator atau aki merupakan suatu alat untuk menyimpan tenaga listrik dalam jangka waktu tertentu. Aki diberi arus searah (DC) selanjutnya tenaga listrik melakukan proses kimia yang diubah menjadi tenaga kimia untuk disimpan dalam aki, dan bila aki digunakan tinggal menghubungkan pada kutubnya (+ dan -) yang kemudian dapat mengalirkan arus listrik kembali.

Menurut PUIL baterai harus mempunyai kapasitas untuk dapat mempertahankan tingkat penerangan ketika penerangan utama padam dalam waktu sekurang-kurangnya 1 jam dalam rumah sakit dan untuk waktu sekurang-kurangnya 0,5 jam dan untuk waktu sekurang-kurangnya 0,5 jam untuk tempat lainnya seperti halnya pada rumah tinggal.



Gambar 5. Baterai *Wet Cells* 12 Volt 45 Ah

Kapasitas *inverter* yang dibutuhkan berhubungan dengan daya maksimal yang dibutuhkan beban dalam beroperasi. Penggunaan *inverter* yang tepat harus lebih besar dari kebutuhan daya maksimal beban dengan mempertimbangkan nilai efisiensi *inverter*. Selain itu pada *inverter* ini terdapat juga rangkaian *charging* yang dapat mengisi kembali aki setelah digunakan untuk mensuplai beban. Rangkaian *inverter* dan *charger* tidak bisa beroperasi dalam waktu yang bersamaan, tetapi dengan cara bergantian (Petruzella, 1996).



Gambar 6. Inverter SUOER 1000 watt

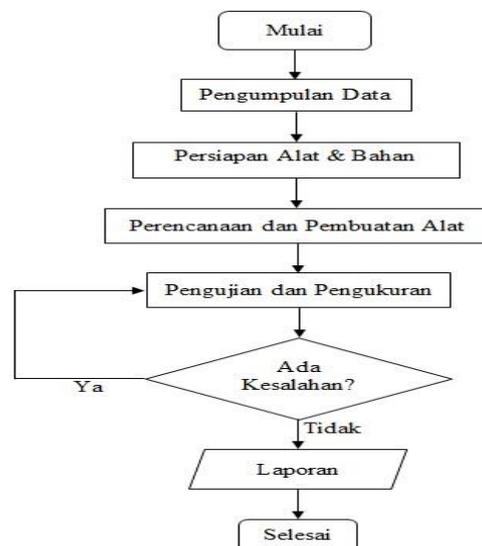
Dalam perancangan *prototype automatic transfer switch* rumah tinggal sederhana, hal yang perlu untuk diperhatikan adalah desain dan perencanaan yang matang dan terstruktur. Proses rekayasa desain maupun perencanaan adalah serangkaian metodologi/langkah metodis yang digunakan dalam membuat *prototype automatic transfer switch* rumah tinggal sederhana ini (Olatomiwa, 2014).

Metode yang digunakan dalam proses pembuatan alat ini adalah:

Mengkaji dan menggali lebih dalam mengenai masalah sistem *automatic transfer switch* yang mempunyai macam-macam variasi bentuk dan cara pengendalian kontrolnya.

Studi *literature* ini merupakan langkah untuk mengetahui lebih dalam tentang *automatic transfer switch* yang dikaji (Paul, 2013). Beberapa sumber sebagai media studi, diantaranya buku, jurnal nasional maupun internasional, internet, dan penelitian sebelumnya.

Tahap pelaksanaan ini harus disusun secara terstruktur dan sistematis agar terorganisir dengan baik, hal ini akan mempermudah dalam memahami proses secara berurutan seperti di bawah ini.

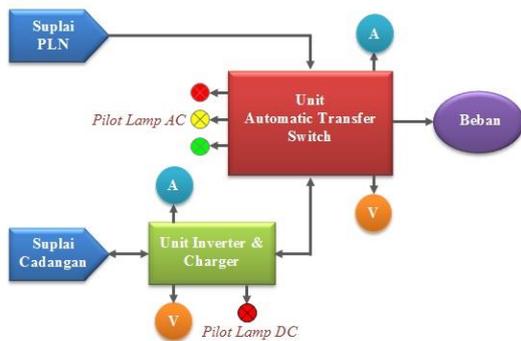


Gambar 7. Diagram Pelaksanaan

Desain

Desain merupakan tahap yang paling menentukan karena menggambarkan bagaimana suatu sistem dibentuk dengan menyatukan beberapa elemen terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh agar sistem lebih terperinci, jelas dan lengkap.

Diagram blok sangat diperlukan agar dalam proses pembuatan alat tidak terjadi kesalahan analisa alur kerja dan peletakan komponen yang tidak sesuai tempatnya sehingga akan mengganggu sistem atau membuat sistem tersebut dapat rusak atau *error*.

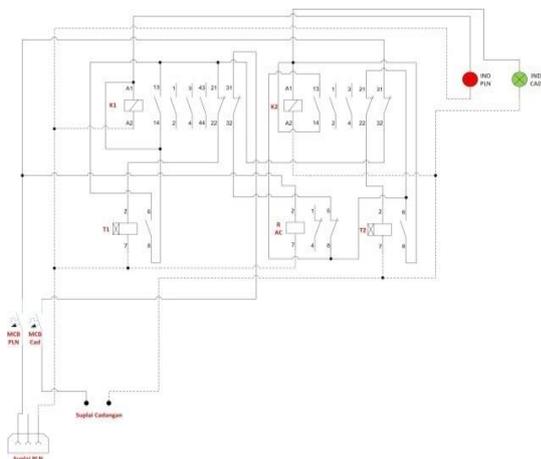


Gambar 8. Blok Diagram Sistem ATS

Perancangan alat

Setelah melakukan beberapa tahapan maka selanjutnya akan dilakukan proses perancangan dan perakitan perangkat. Dalam proses ini *prototype* rumah tinggal sederhana dirancang sedemikian rupa agar tata letaknya tidak berbenturan dengan komponen maupun perangkat lainnya. Rangkaian yang digunakan dalam perancangan alat adalah sebagai berikut:

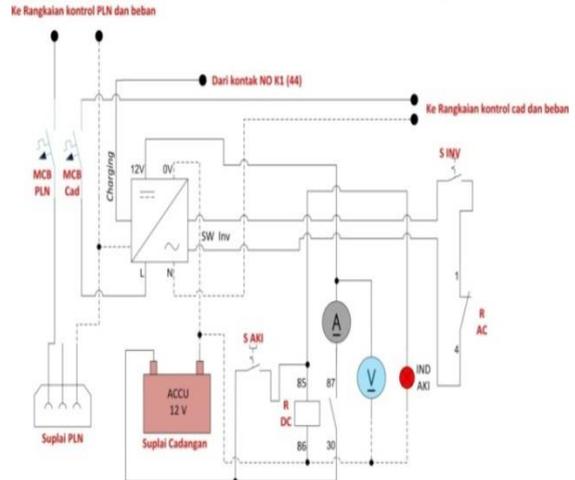
Rangkaian gabungan kontrol PLN dan cadangan



Gambar 9. Rangkaian Gabungan Kontrol PLN dan Cadangan

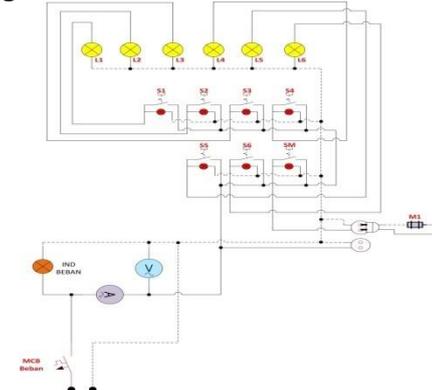
Rangkaian pada Gambar 9 merupakan rangkaian dari kontrol PLN dan kontrol cadangan dimana rangkaian ini merupakan rangkaian gabungan yang saling berhubungan erat dan terintegrasi antara kontak satu dengan kontak yang lainnya yang pada tiap-tiap kontakannya mempunyai peranan tugas masing-masing membentuk sistem kontrol ATS (Oritselaju, 2015).

Rangkaian kontrol sumber cadangan aki



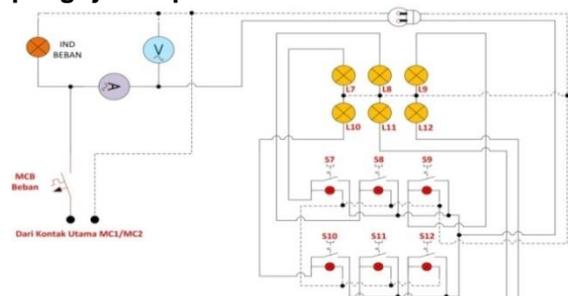
Gambar 10. Rangkaian Kontrol Sumber Cadangan Aki

Rangkaian beban utama

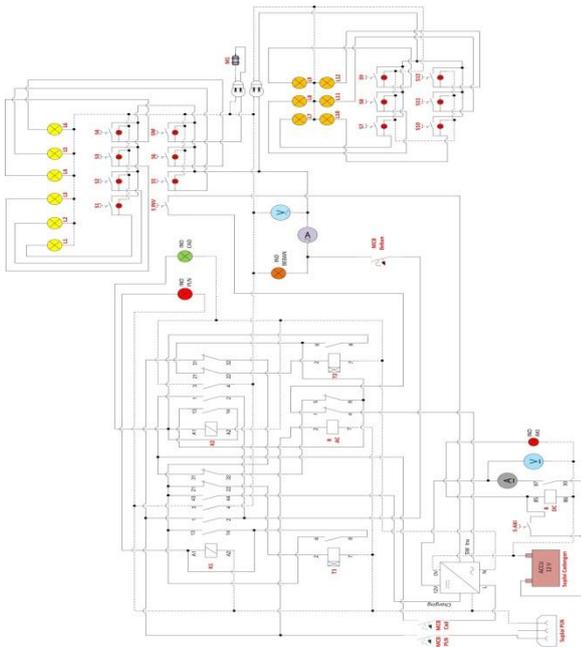


Gambar 11. Rangkaian Beban Utama

Rangkaian tambahan beban untuk pengujian trip MCB



Gambar 12. Rangkaian Beban Penguji MCB



Gambar 13. Rangkaian Keseluruhan Sistem ATS

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *test switching* suplai PLN dan suplai cadangan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keberhasilan alat dalam melakukan perpindahan (*switching*) dari kedua sumber. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian kontrol bekerja secara normal atau tidak sebagai langkah awal sebelum rangkaian kontrol bekerja dengan beban secara bersamaan. Pengaturan waktu tunda 0 – 5 detik untuk mengetahui kerja dari *timer delay relay*.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Test Switching* dari Kedua Sumber

No	Set Timer (s)	Kondisi		Rangkaian Kontrol		Keterangan
		MCB S PLN	MCB S Cad	S_PLN	S_Cad	
1	0-5	Off	Off	Off	Off	<i>Switching</i> tidak bekerja
2	0-5	On	Off	On	Off	<i>Switching</i> berjalan normal
3	0-5	Off	On	Off	On	<i>Switching</i> berjalan normal
4	0-5	On	On	On	Off	<i>Switching</i> berjalan normal

Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa pengujian tes *switching* dari kedua sumber dengan penunda waktu 0 sampai 5 detik secara bergantian tidak ada satupun kegagalan yang terjadi dalam proses tersebut. Dengan demikian rangkaian kontrol pada *switching* ini berjalan dengan baik dan normal.

Pengujian *switching open circuit* dan *close circuit* pada suplai PLN

Tabel 2 Hasil Pengujian *Switching* pada Suplai PLN

Pengujian	Set Timer (s)	Arus (mA)			Tegangan (V)			Keterangan
		Tanpa Beban	Beban Charger	Beban Charger dan Lampu	Tanpa Beban	Beban Charger	Beban Charger dan Lampu	
1	0	57	451	679	217	218	216	<i>Switching</i> berjalan normal
2	1	63	438	683	217	216	216	<i>Switching</i> berjalan normal
3	2	62	441	687	218	217	217	<i>Switching</i> berjalan normal
4	3	62	448	681	217	218	216	<i>Switching</i> berjalan normal
5	4	62	443	688	218	217	218	<i>Switching</i> berjalan normal

Setting waktu tunda antara 0-4 detik dengan pengujian tanpa beban, berbeban *charger*, beban *charger* dan lampu led. Nilai rata rata arus dan tegangan dari 3 kondisi tersebut adalah 217,4 V / 61,2 mA, 217,2 V / 444,2 mA, 216,6 V / 683,6 mA.

Tegangan dari suplai PLN yang terukur mengalami *drop* dikarenakan waktu pengukuran dilakukan sore hari waktu beban puncak PLN. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bahwa rangkaian kontrol pada tegangan terukur masih dapat bekerja secara normal. Berdasarkan pada PUIL nilai *drop* tegangan yang diperbolehkan pada jaringan tegangan rendah (JTR) sebesar $\pm 10\%$ dari tegangan standar 220 V.

Pengujian *switching open circuit* dan *close circuit* pada suplai cadangan

Tabel 3. Hasil Pengujian *Switching* pada Suplai Cadangan

Pengujian	Set Timer (s)	Arus (mA)		Tegangan (V)		Keterangan
		Tanpa Beban	Beban Lampu	Tanpa Beban	Beban Lampu	
1	0	38	73	219	220	<i>Switching</i> berjalan normal
2	1	36	76	220	218	<i>Switching</i> berjalan normal
3	2	39	78	220	218	<i>Switching</i> berjalan normal
4	3	38	76	219	217	<i>Switching</i> berjalan normal
5	4	38	75	220	218	<i>Switching</i> berjalan normal

Dari Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian *switching* pada suplai cadangan jika dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan suplai PLN maka nilai arus kontrol pada suplai cadangan ini lebih kecil dikarenakan pada rangkaian kontrol suplai cadangan tidak

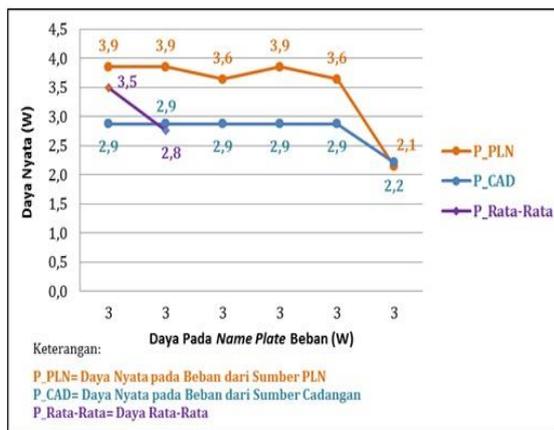
ada rangkaian *relay* dan rangkaian *charging aki* sehingga arus yang mengalir ke sistem lebih kecil.

Daya yang dihitung dari nilai arus dan tegangan rata-rata yang terserap pada saat *open circuit* dan *close circuit* didapatkan hasil 8,3 W daya terserap pada rangkaian kontrol tanpa beban, dan 16,5 W daya terserap pada rangkaian kontrol dan beban.

Pengujian efisiensi lampu led dan lampu pijar Lampu LED

Tabel 4. Hasil Pengujian Efisiensi Lampu Led dari Suplai PLN dan Suplai Cadangan

No	Pengujian	Suplai PLN		Suplai Cadangan	
		I (mA)	V	I (mA)	V
1	1	18	214	13	221
2	2	18	214	13	221
3	3	17	214	13	221
4	4	18	214	13	221
5	5	17	214	13	221
6	6	10	214	10	221



Gambar 14. Grafik Perbandingan Daya pada Beban Lampu Led dari Suplai PLN dan Suplai Cadangan

Pengujian ini dilakukan untuk melakukan perbandingan nilai efektivitas antara beban lampu led dengan lampu pijar. Beban pada pengujian ini menggunakan lampu led 3 watt. Dari 6 buah lampu dengan *name plate* nilai daya sama terlihat pada grafik bahwa besarnya daya nyata yang dihasilkan dari setiap lampu berbeda-beda.

Hal ini dipengaruhi oleh nilai arus dan tegangan yang menyuplai ke beban, jika tegangan suplai *drop* maka arus akan meningkat, begitu juga sebaliknya. Pada suplai PLN dengan rata-rata nilai arus dan tegangan

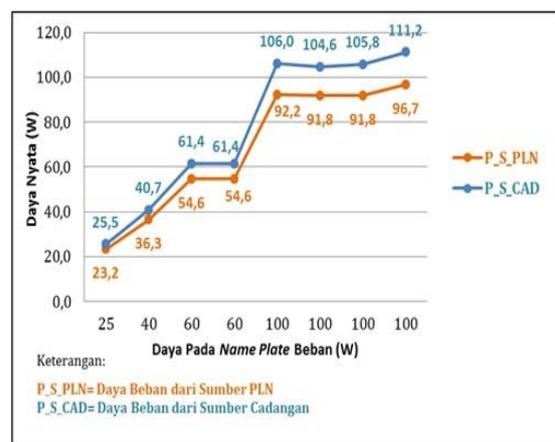
sebesar 16,3 mA dan tegangan 214 V jika dibandingkan pada suplai cadangan terlihat tegangan lebih tinggi dari pada suplai PLN dengan nilai 221 V sehingga arusnya akan lebih kecil dengan rata-rata 12,5 mA. Dengan perbandingan arus dan tegangan antara 2 suplai didapatkan hasil bahwa daya yang terserap akan lebih kecil jika tegangan mencapai nilai nominal, jika tegangan menurun maka arus akan lebih besar dan daya yang terserap akan lebih besar. Terlihat dari perbandingan tersebut pada suplai PLN dengan tegangan 214 V untuk menghidupkan lampu menyerap daya rata-rata sebesar 3,5 W sedangkan pada suplai cadangan dengan tegangan 221 V untuk menghidupkan lampu menyerap daya rata-rata sebesar 2,8 W.

Perbandingan nilai daya terserap dan daya pancar antara lampu pijar dan led sebesar 5:1, seperti pada lampu pijar pada daya nominal 40 W dengan nilai lumenitas sebesar 450 lm maka pada lampu led hanya membutuhkan daya sebesar 8 W. Terlihat jelas bahwa lampu led lebih hemat energi dan mempunyai daya pancar yang lebih merata sehingga pada sistem ATS ini lampu yang digunakan adalah lampu led.

Lampu pijar

Tabel 5. Hasil Pengujian Efisiensi Lampu Pijar dari Suplai PLN dan Suplai Cadangan

No	Pengujian	Daya Lampu (W)	Suplai PLN		Suplai Cadangan	
			I (mA)	V	I (mA)	V
1	1	25	0,108	215	0,111	230
2	2	40	0,169	215	0,176	231
3	3	60	0,254	215	0,266	231
4	4	60	0,254	215	0,266	231
5	5	100	0,431	214	0,455	233
6	6	100	0,429	214	0,451	232
7	7	100	0,429	214	0,456	232
8	8	100	0,452	214	0,475	234



Gambar 15. Grafik Perbandingan Daya pada Beban Lampu Pijar dari Suplai PLN dan Suplai Cadangan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perubahan karakteristik dari beban lampu pijar dengan nilai beban yang sama. Dari hasil pengujian dengan beban lampu 100 W didapatkan hasil arus yang berbeda beda, begitu juga dengan beban lampu 60 W maupun lampu pijar lainnya.

Pada pengujian lampu pijar ini jika dibandingkan dengan lampu led arus yang dihasilkan akan lebih besar dari pada lampu led karena pada lampu pijar untuk menghidupkan *filamen* membutuhkan arus yang besar. Selain hal itu perbedaannya juga bisa disebabkan oleh nilai tegangan suplai yang tidak stabil atau berubah-ubah sehingga akan mempengaruhi nilai arus yang mengalir.

Pada beban lampu pijar 25 W arus yang mengalir mencapai 111 mA, dengan nilai lumenitas yang sama pada lampu led hanya menyerap daya 12,5 mA, perbedaan yang sangat jauh sehingga lampu pijar merupakan beban yang tidak efektif. Setiap kenaikan beban secara signifikan arus yang mengalir semakin besar terlihat pada beban lampu 100 W nilai arus tertinggi mencapai 475 mA.

Lampu pijar bekerja berdasarkan prinsip pemanasan dan pembakaran suatu elemen penghantar yang berupa *filamen* yang disebabkan oleh arus listrik yang mengalir pada filamen tersebut. *Filamen* yang digunakan pada umumnya berupa *filamen wolfram* yang pada dasarnya juga adalah sebuah resistor. Dengan demikian lampu pijar merupakan jenis beban *linier* dalam artian setiap kenaikan suplai tegangan yang diberikan juga akan diikuti dengan kenaikan arus listriknya, sehingga lampu ini termasuk lampu yang tidak hemat energi.

Pada pengujian ini lampu pijar hanya digunakan untuk menguji karakteristik MCB karena nilai arus yang diserap pada lampu besar sehingga memudahkan dalam menggunakan beban untuk memberikan arus di atas nilai arus nominal pada pengaman. Sehingga dapat mengetahui nilai karakteristik dari MCB dalam memutuskan rangkaian beban ketika arus yang mengalir pada pengaman melebihi arus nominal pengaman.

Pengujian karakteristik MCB Hasil pengujian MCB pada suplai cadangan

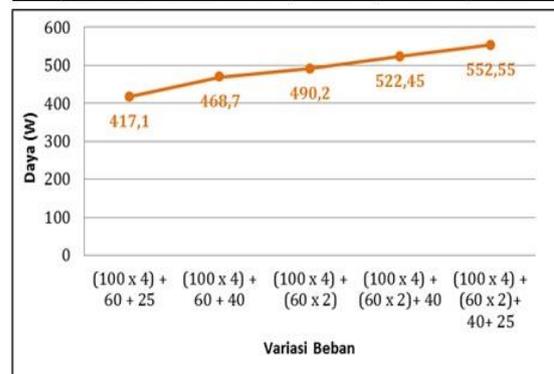
Pada pengujian ini nilai arus yang terukur adalah arus dari beban lampu pijar serta arus kontrol dan beban *charging* pada rangkaian sistem *switching* pada sisi PLN.

Tegangan terukur dari 5 kali pengujian MCB didapatkan nilai yang sama yaitu sebesar 215 V dengan nilai arus yang bervariasi dari beban lampu. Dari pengujian ini dapat disimpulkan

bahwa semakin besar nilai arus yang dialirkan oleh beban dari nilai arus nominal pada pengaman MCB maka waktu pemutusan pada pengaman akan semakin cepat. Dapat dilihat pada gambar ketika arus yang mengalir pada rangkaian sistem 1,94 A maka waktu pemutusannya adalah 268 detik atau 4,28 menit. Selanjutnya ketika arus terukur 2,18 A waktu pemutusannya akan semakin menurun dengan waktu terukur 145 detik atau 2,25 menit. Dan ketika arus terukur 2,57 A waktu pemutusannya adalah 39 detik atau setara dengan 0,65 menit.

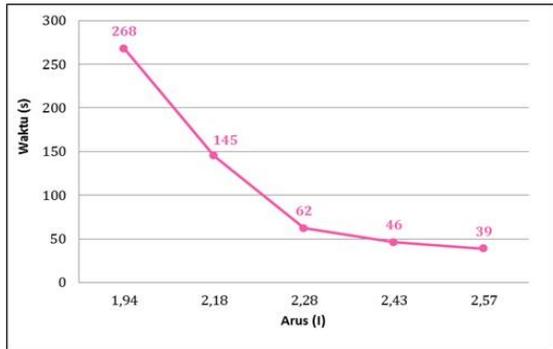
Tabel 6. Hasil Pengujian MCB dengan Beban Lampu Pijar dari Suplai PLN

No	Beban (W)	Suplai PLN		Trip (s)
		I (mA)	V	
1	$(100 \times 4) + 60 + 25$	1,94	215	268
2	$(100 \times 4) + 60 + 40$	2,18	215	145
3	$(100 \times 4) + (60 \times 2)$	2,28	215	62
4	$(100 \times 4) + (60 \times 2) + 40$	2,43	215	46
5	$(100 \times 4) + (60 \times 2) + 40 + 25$	2,57	215	39



Gambar 16. Perbandingan Daya Variabel Beban dengan Daya Nyata pada Pengujian MCB dari Suplai PLN Menggunakan Beban Lampu Pijar

Dengan demikian waktu pemutusan pengaman pada MCB pada beban yang sama belum tentu memiliki nilai waktu pemutusan (*trip*) yang sama. Hal ini dipengaruhi oleh nilai tegangan terukur, semakin kecil tegangan kerja maka nilai daya yang terserap pada beban akan semakin kecil dan mempengaruhi nilai arus pada beban tersebut.

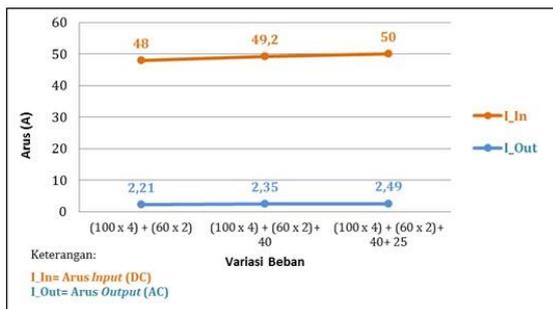


Gambar 17. Perbandingan Arus dengan Waktu Pemutusan (*Trip*) MCB dari Suplai PLN Menggunakan Beban Lampu Pijar

Hasil pengujian MCB pada suplai cadangan

Tabel 7. Hasil Pengujian MCB Menggunakan Sumber Cadangan

No	Beban (W)	Suplai Cad				Trip (s)
		In Inv		Out Inv		
		I (A)	V	I (A)	V	
1	$(100 \times 4) + (60 \times 2)$	48	11	2,21	205	227
2	$(100 \times 4) + (60 \times 2) + 40$	49,2	10,9	2,35	203	216
3	$(100 \times 4) + (60 \times 2) + 40 + 25$	50	10,8	2,49	198	211

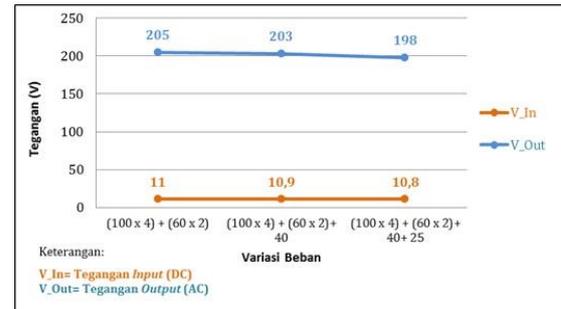


Gambar 18. Grafik Perbandingan Arus *Input* dan *Output Inverter* pada Pengujian MCB dari Suplai Cadangan Menggunakan Beban Lampu Pijar

Gambar 18 merupakan grafik perbandingan arus *input* dan *output inverter* pada pengujian MCB dari suplai cadangan menggunakan beban lampu pijar. Terlihat jelas nilai arus masukan pada *inverter* mencapai 48 A pada sisi tegangan DC dan nilai arus keluaran AC dari *inverter* jauh lebih kecil dari pada arus masukan dengan nilai 2,21 A.

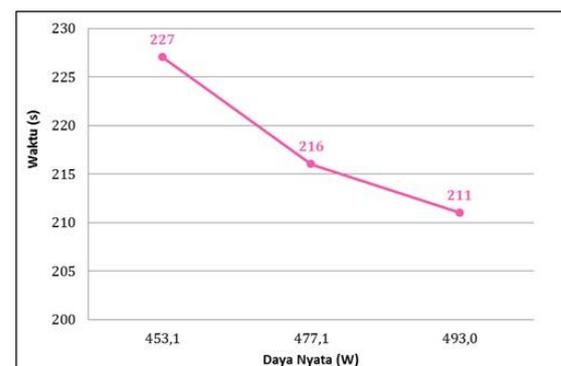
Gambar 18 merupakan grafik perbandingan tegangan *input* dan *output inverter* pada pengujian MCB dari suplai cadangan menggunakan beban lampu pijar. Pada perbandingan ini terlihat jelas nilai tegangan sumber DC menggunakan 12 V DC dan keluaran dari *inverter* berupa tegangan AC

220V dalam keadaan ketika dalam keadaan standar. Nilai tegangan terukur mengalami penurunan ketika beban dinaikkan karena dipengaruhi pada nilai arus yang mengalir pada beban.



Gambar 19. Grafik Perbandingan Tegangan *Input* dan *Output Inverter* pada Pengujian MCB dari Suplai Cadangan Menggunakan Beban Lampu Pijar

Dari Gambar 17 dan Gambar 18 dapat disimpulkan bahwa daya *input* dan daya *output* akan berbanding lurus dengan nilai arus dan tegangan. Pada daya *output* terlihat jelas dengan nilai tegangan AC 205 V dan arus 2,21 A didapatkan nilai daya sebesar 453,1 W dan akan berbanding lurus dengan daya *input* DC dengan arus sebesar 48 A dan tegangan 11 V didapatkan nilai daya sebesar 528 W. Perbedaan daya *input* dan *output* sebesar 74,9 W lebih besar dari daya *output* disebabkan karena daya tersebut yang dialirkan ke beban juga terserap pada rangkaian *inverter* dan juga karena distorsi harmonisa yang muncul pada beban *non linier* sehingga nilai daya *input* lebih besar. Arus distorsi harmonisa ini lebih suka mengalir pada impedansi rendah, misalkan pada kapasitor, karena kapasitor memiliki impedansi rendah untuk frekuensi tinggi yang mempunyai efek yang sangat berbahaya bagi pengguna. Akan tetapi pada *inverter* yang digunakan sudah terpasang filter pasif pada rangkaian dalam sehingga distorsi harmonisa pada *inverter* tidak terlalu besar.



Gambar 20. Grafik Perbandingan Arus dengan Waktu Pemutusan (*Trip*) MCB dari Suplai Cadangan Menggunakan Beban Lampu Pijar

Jika dibandingkan dengan pengujian menggunakan suplai PLN maka pada pengujian ini waktu pemutusannya lebih lama dibanding dengan pengujian sebelumnya dikarenakan tegangan dari *inverter drop* mencapai 198 V pada beban paling tinggi 493 W sehingga mempengaruhi daya pada beban dan mengakibatkan nilai arus menurun. Dengan penurunan arus tersebut maka daya akan semakin berkurang dan menyebabkan pemutusan MCB lebih lama. Dengan demikian waktu pemutusan pengaman pada MCB pada beban yang sama belum tentu memiliki nilai waktu pemutusan (*trip*) yang sama. Hal ini dipengaruhi oleh nilai tegangan terukur, semakin kecil tegangan kerja maka nilai daya yang terserap pada beban akan semakin kecil dan mempengaruhi nilai arus pada beban tersebut.

Dapat dilihat pada Gambar 20 beban tertulis pada lampu pada pengujian ke 3 sebesar 585 W, tetapi daya nyata yang terukur sebesar 493 W. Jelas sekali pada pengujian ini terbukti sama dengan karakteristik lampu pijar, yang mempunyai sifat beban linier dimana setiap kenaikan tegangan maka nilai arus juga akan meningkat, begitu juga sebaliknya jika tegangan mengalami penurunan maka nilai arus juga akan menurun. Dengan demikian dari penurunan tersebut maka nilai arus yang menurun akan mempengaruhi nilai waktu pemutusan dari pengaman MCB.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan didapatkan hal-hal penting sebagai berikut:

1. Sistem *automatic transfer switch* pada rumah tinggal sederhana ini sudah berjalan dengan baik dengan tingkat keberhasilan 100 % pada 5 kali percobaan tanpa ada kendala pada rangkaian kontrol maupun beban.
2. MCB yang digunakan dalam rangkaian ini bekerja dengan baik sesuai karakteristiknya yang mampu memutuskan beban ketika terjadi hubung singkat maupun arus beban lebih.
3. Penggunaan beban lampu led lebih efisien dibandingkan dengan lampu pijar karena konsumsi arus yang kecil dan tingkat pencahayaannya lebih merata.
4. Jenis *inverter* dengan *gelombang sine wave modified* sangat berpengaruh terhadap beban *non linier* karena menghasilkan rugi-rugi daya yang sangat besar dan berpengaruh terhadap kuat arus yang semakin meningkat sehingga suplai daya semakin boros.

5. Daya *input* pada *inverter* yang disuplai dari sumber cadangan DC (aki) akan berbanding lurus dengan daya yang dikeluarkan oleh *inverter* untuk menyuplai beban AC .

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2000, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, Jakarta.
- Enggar T., Santoso, Maradu S., Suropto, 2011, *Perancangan Dasar Sistem Automatic Main Failure dan Automatic Transfer Switch untuk Ruang Pertemuan Gedung 71*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Rekayasa Perangkat Nuklir PRPN-BATAN.
- Indrawan, AW., Hamma, 2012, *Perancangan Panel ATS/AMF Berbasis Mikrokontroler*, ELEKTRIKA, Vol 2, hal 166-176.
- Olatomiwa, L., and Olufadi, R., 2014, *Design and Development of a Low Cost Automatic Transfer Switch (ATS) with an over-voltage Protection*, diakses tanggal 17 Mei 2016.
- Oritselaju M.O., and Oladipo, F., 2015, *Automatic Transfer Switch With Three Phase Selector*, diakses tanggal 17 Mei 2016.
- Petruzella, F.D., 1996, *Industrial Electronics*, Edisi ke 2, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Suhana, N., 2002, *Seri Teknik Rangkaian Kontrol Panel*, Penerbit ITB Bandung.
- Suryatmo, F., 1995, *Teknik Listrik Arus Searah*, Edisi ke-3, Bumi Aksara, Jakarta.
- Paul, D., et al, 2013, *Performance Evaluation and Operation of Auto Load Transfer Switch*, diakses tanggal 17 Mei 2016.
- Susanto, Eko, 2013. *Automatic Transfer Switch*, diakses tanggal 17 Mei 2016.

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

Bahasa

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang baku.

Susunan Naskah

Susunan naskah memuat judul, abstract, intisari, pendahuluan, metode, pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka dan ditulis tanpa menggunakan nomor sub judul. Judul singkat dan jelas menunjukkan isinya, ditulis bold dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Di bawah dicantumkan nama penulis (tanpa gelar) dan instansi, serta alamat email.

ABSTRACT dalam bahasa Inggris dan ditulis italic, dilengkapi dengan intisari berbahasa Indonesia yang memuat permasalahan, metodologi dan hasil. *Abstrac* dan Intisari memuat maksimal 300 kata dan dilengkapi dengan *keywords* atau kata kunci sebanyak 3-5 kata.

PENDAHULUAN berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metodologi (jika ada) serta tinjauan pustaka dan landasan teori yang relevan, tanpa menggunakan sub judul. Sumber rujukan ditunjuk dengan menuliskan di dalam kurung: nama akhir penulis dan tahun penerbitan.

PEMBAHASAN menguraikan hasil analisis kualitatif dan/atau kuantitatif dengan penekanan pada jawaban atas permasalahan.

KESIMPULAN berisi pernyataan singkat tentang hasil yang disarikan dari pembahasan. Saran dapat dituliskan pada bagian paling akhir.

DAFTAR PUSTAKA hanya memuat pustaka yang relevan dengan naskah dan disusun menurut abjad.

Buku:

Buschow, K. H. J. dan F. R. De Boer, (2004), *Physics Of Magnetism And Magnetic Materials*, Kluwer Academic Publisher, New York.

Artikel online:

Clay, R. (2008, June). Science vs. ideology: Psychologists fight back about the misuse of research. *Monitor on Psychology*, diunduh dari: <http://www.apa.org/monitor/> tanggal 10 Agustus 2012

Jurnal:

Kahani, S.A., dan M.Jafari, (2009), A New Method For Preparation of Magnetite From Iron Oxyhydroxide or Iron Oxide and Ferrous Salt in Aqueous Solution, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Volume 321 no.3, hlm.1951–1954.

Teknik Penulisan

Naskah diketik dengan jarak 1 spasi, pada format ukuran A4 (210 x 297 mm), halaman. Jenis huruf Arial 10 point, margin atas 2,5 cm, bawah 2.5 cm, kiri 3 cm, dan kanan 2.5 cm, Jumlah halaman 7-10 tanpa footnote. Gambar/Foto merupakan gambar digital (hasil scanner) yang menyatu dalam teks, menggunakan warna *greyscale*. Penomoran tabel (di atas tabel), gambar (di bawah gambar) dengan nomor urut. Gunakan angka arab (1,2, 3 dst) untuk penomoran gambar,. Persamaan dituliskan dengan angka arab pada tepi kanan diantara tanda kurung.

PENDAHULUAN, PEMBAHASAN, KESIMPULAN dan DAFTAR PUSTAKA dibuat dengan 2 kolom dengan jarak antar kolom 1 cm.

Pengiriman Naskah

Naskah dikirim ke Redaksi melalui laman journal.akprind.ac.id/index.php/jurtek secara *online*. Melakukan registrasi (di menu daftar) terlebih dahulu kemudian mengunggah makalah dan Surat Pernyataan tertulis belum pernah dimuat dalam penerbitan lain.

Redaksi berhak menolak naskah yang tidak memenuhi kriteria/persyaratan teknis, mengadakan perubahan susunan naskah, memperbaiki bahasa dan berkonsultasi dengan penulis sebelum naskah dimuat.

