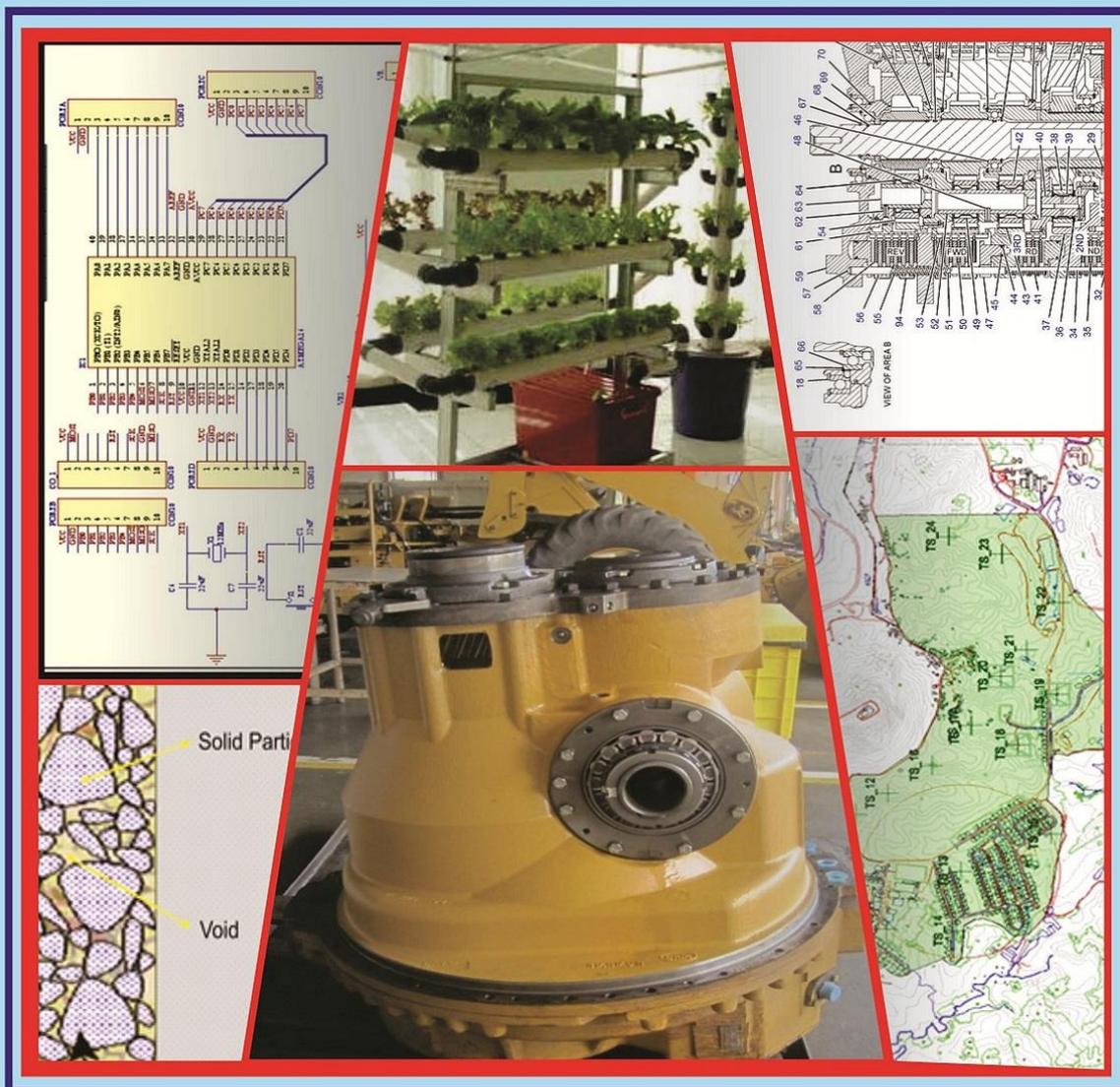


# Jurnal Teknologi **TECHNOSCIENTIA**

Vol. 8 No.1 Agustus 2015



**DAFTAR ISI**

Pengendalian Kecepatan Motor <i>Brushless Dc</i> (BLDC) Menggunakan Metode Logika <i>Fuzzy</i> <i>Agung Dwi Yulianta, Sasongko Pramono Hadi, Suharyanto</i>	001 - 009
Perancangan <i>Repository</i> Pengetahuan Tumbuhan Obat Berbasis <i>Ontology</i> Menggunakan Protégé 4.3.0 <i>Ariana Azima , Heni Jusuf</i>	010 - 015
Analisis Pengaruh Peningkatan Interferensi <i>Ms User</i> Layanan Suara, Data dan <i>Video</i> Pada Sistem Multisel Terhadap Besarnya Kapasitas <i>Home Cell</i> Dengan Arah <i>Reverse Link</i> Pada Sistem CDMA <i>Gatot Santoso</i>	016 - 025
Perancangan Model Alat Bantu Terapi Stroke Non Farmakologis Dengan Gangguan Penurunan Kekuatan Otot <i>Rr. Hajar Puji Sejati , Izzati Muhimmah</i>	026 - 031
Alat Bantu Analisis Kerusakan Anti-Friction Bearing Pada Unit Alat Berat <i>Jarot Wijayanto</i>	032 – 038
Pengembangan Sistem Kendali Otomatis Proses <i>RECHARGING</i> Tinta Spidol <i>WHITEBOARD</i> <i>M. Khairudin, R.N. Ridho</i>	039 - 046
Pengaruh Dimensi <i>Trust</i> , Keamanan Dan Privasi Terhadap Kepercayaan Pengguna Untuk Layanan <i>Cloud Computing</i> Berbasis <i>Software As Service</i> <i>Prita Haryani, Eko Nugroho, Dani Adhipta</i>	047 - 055
Reliability-Centered Maintenance (Rcm) Evaluation Method In The Industry Application, Case Study: Fertilizer Company, Indonesia <i>Rahayu Khasanah, SitiZawiah Md. Dawal, Jamasri</i>	056 - 060
Pengujian Kualitas Air Asam Tambang Pada Tambang Batubara PT. Bukit Asam Tbk – Tanjung Enim <i>Rina Rembah</i>	061 -068
<i>Quality Control</i> Kepadatan Optimum Timbunan Berdasarkan Faktor Densitas Dalam Pembentukan Jalan Pengangkutan Batubara <i>Supandi</i>	069 - 076
Pengendali Waktu Penyiraman Pada Tanaman Hidroponik Menggunakan IC 555 <i>Tri Watiningsih, Kholistianingsih, Dodi Wahjudi</i>	077 - 086
Studi Pengendalian Kualitas Pintu Kayu Dengan Menggunakan Metode <i>LEAN SIX SIGMA</i> <i>Tuti Sarma Sinaga</i>	087 - 092
Estimasi Penyesuaian Likuiditas Terhadap Value At Risk Dari Data Historis <i>Noviana Pratiwi</i>	093 - 099



## PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR *BRUSHLESS DC* (BLDC) MENGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY

Agung Dwi Yulianta<sup>1</sup>, Sasongko Pramono Hadi<sup>2</sup>, Suharyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada

Masuk: 13 April 2015, revisi masuk : 12 Mei 2015, diterima: 2 Agustus 2015

### ABSTRACT

*BLDC motors were operated in many industrial environments, especially flammable industry. Besides, it possessed higher efficiency than induction motors, and smaller dimensions than a conventional direct current motors. Moreover, the absence of brush allowed its treatment became easy and showed almost no noise. Fuzzy logic was used as one of the motor speed controlling methods. The design of fuzzy controllers was done by simulating the output speed based on fuzzy controlling reference in order to obtain optimal control results. Several types of defuzzification used were COA / centroid, bisector, MOM, LOM, and SOM. Transient and calculation methods were used to analyze the ISE design optimization of control. The result showed that defuzzification method was able to follow the speed setting that was provided by COA method. The testing on changes of the speed setting from 1000 rpm to 2000 rpm showed the response characteristics of conventional PID control system with an average value of the rise time (tr) 0.29 second, steady time (ts) 0.9 second, overshoot 8.63%, and the percentage of ISE 98.19%. While results generated on fuzzy control system were average value of rise time (tr) 0.25 second, steady time (ts) 0.27 second, overshoot 0.15% and the percentage of ISE 99.36%. The fuzzy control system which was implemented to set the BLDC motor could improve the performance of conventional PID.*

**Keywords** :control, BLDC, motor, fuzzy, defuzzification, response.

### INTISARI

Motor BLDC banyak dioperasikan di lingkungan industri, terutama industri yang mudah terbakar. Selain itu, Motor BLDC efisiensinya lebih tinggi daripada motor induksi, dan berdimensi lebih kecil daripada motor arus searah konvensional. Dengan tidak adanya sikat, maka perawatan menjadi mudah dan hampir tidak ada derau. Logika fuzzy digunakan sebagai salah satu metode pengendalian kecepatan motor. Perancangan pengendali fuzzy dilakukan dengan simulasi kecepatan keluaran berdasar referensi pengendalian fuzzy sehingga diperoleh hasil pengendalian yang optimal. Beberapa jenis defuzzifikasi yang digunakan adalah COA/centroid, bisektor, MOM, LOM, dan SOM. Metode transien dan perhitungan ISE digunakan untuk menganalisis optimalisasi perancangan pengendalian. Pada penelitian, dihasilkan bahwa metode defuzzifikasi yang mampu mengikuti setting kecepatan yang diberikan adalah metode COA. Pengujian perubahan kecepatan dari 1000 rpm sampai 2000 rpm menghasilkan karakteristik tanggapan sistem kendali PID konvensional dengan rata-rata waktu kenaikan (tr) 0.29 sekon, rata-rata waktu tunak (ts) 0.9 sekon, rata-rata overshoot sebesar 8.63 %, dan persentase ISE sebesar 98.19%, sedangkan pada fuzzy dihasilkan rata-rata waktu kenaikan (tr) 0.25 sekon, rata-rata waktu tunak (ts) 0.27 sekon, rata-rata overshoot sebesar 0.15 % dan persentase ISE sebesar 99.36%. Sistem pengendalian fuzzy yang diimplementasikan untuk mengatur motor BLDC dapat memperbaiki kinerja PID konvensional.

**Kata kunci** : kontrol, BLDC, motor, fuzzy, defuzzifikasi, tanggapan.

---

E-mail: <sup>1</sup>agungdy@gmail.com,

<sup>2</sup>[sasongko@te.ugm.ac.id](mailto:sasongko@te.ugm.ac.id),

<sup>3</sup>[suharyanto@ugm.ac.id](mailto:suharyanto@ugm.ac.id)

## PENDAHULUAN

Kini telah berkembang mesin arus searah, terutama untuk mesin yang kecil, di antaranya sebagai motor kendali, ataupun motor servo. Mesin penggerak bertenaga elektrik yang populer adalah motor arus searah tanpa sikat (motor BLDC), karena memiliki kelebihan dibandingkan jenis mesin penggerak bertenaga elektrik lainnya. Kelebihan motor BLDC adalah efisiensi lebih tinggi daripada motor induksi, dimensi lebih kecil daripada motor arus searah konvensional. Selain itu, dengan tidak adanya sikat, maka perawatan menjadi ringan, hampir tidak ada derau/noise, dan bisa dioperasikan pada lingkungan yang mudah terbakar. Kelebihan lain dibanding mesin induksi adalah tanggapannya lebih cepat, umur pakai lebih lama, dan mempunyai rentang kecepatan yang lebar (Hidayat, 2014).

Sistem motor BLDC mengacu pada konsep rangkaian elektromekanik sistem penggerak yang tanggap dan hemat energi. Sistem tersebut dibangun melalui perpaduan elektromekanik, rangkaian elektronika, sistem sensor dan rangkaian logika atau algoritma kendali mikro. Pada bagian elektromekanik menonjolkan konsep keunggulan motor DC konvensional dalam hal pengendalian, dan keunggulan motor sinkron 3 fasa dalam hal efisiensi. Pada bagian elektronika terdiri dari saklar statik dengan memanfaatkan komponen transistor untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik (*inverter*). Pengaturan tegangan keluaran inverter dilakukan dengan mengatur lebar pulsa pensaklaran inverter disesuaikan dengan kebutuhan kecepatan atau torsi beban (Sutikno, 2005)

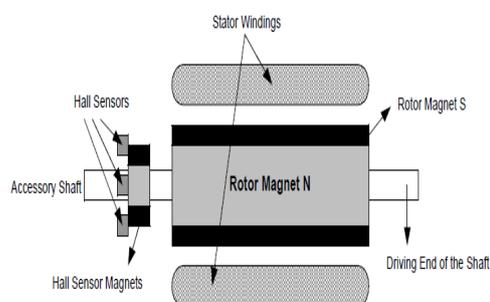
Motor BLDC sudah banyak digunakan di industri seperti industri otomotif, konsumsi, kesehatan, otomasi industri dan instrumentasi. Dengan adanya keperluan pemakaian motor BLDC di berbagai bidang tersebut, maka perlu diatur kecepatannya agar sesuai dengan tanggapan kecepatan yang diharapkan. Rumusan Masalah, berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya dapat dirumuskan permasalahannya yaitu bagaimana

merancang sebuah pengendali kecepatan motor BLDC dengan logika fuzzy dengan struktur yang optimal.

Tujuan penelitian ini untuk melakukan perancangan kendali kecepatan motor BLDC dengan logika fuzzy dan mengetahui parameter-parameter yang digunakan untuk pengendalian kecepatan motor BLDC agar sesuai dengan yang diharapkan.

Tinjauan pustaka, pada perancangan sistem kontrol dengan menggunakan logika fuzzy terdapat tiga proses, yaitu fuzzifikasi, logika pengambilan keputusan/evaluasi rule dan defuzzifikasi. Masing-masing proses tersebut akan mempengaruhi respon sistem yang dikendalikan. Defuzzifikasi merupakan langkah terakhir dalam suatu sistem logika fuzzy dengan bertujuan mengkonversi setiap hasil dari inference engine yang diekspresikan dalam bentuk fuzzy set ke suatu bilangan real. Hasil konversi tersebut merupakan aksi yang diambil oleh sistem kendali logika fuzzy. Karena itu, pemilihan metode defuzzifikasi yang sesuai juga turut mempengaruhi sistem kendali logika fuzzy dalam menghasilkan respon yang optimum. Dalam penelitian ini menggunakan metode Mamdani dan diperoleh hasil bahwa metode defuzzifikasi yang terbaik sangat tergantung pada perancangan fungsi keanggotaan dan basis aturan fuzzy yang digunakan (Sutikno, 2005).

Pada Gambar 1 menunjukkan bagian melintang dari motor BLDC dengan rotor yang memiliki N dan S magnet permanen. Sensor hall terletak di bagian stasioner motor.



Gambar 1 Kontruksimotor BLDC (NXP,2010)

Untuk menyederhana-kan proses pemasangan sensor Hall kestator, beberapa motor memiliki magnet sensor Hall padarotor, selain magnet rotor utama. Oleh karena itu, setiap kalirotor berputar, magnet sensor Hall memberikan efek yang samaseperti magnet utama. Sensor Hall biasanya dipasangi board dan sifatnya tetap untuk penutup di ujung blok mesin. Hal ini memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan perakitan lengkap sensor Hall, menyelaraskan dengan magnet rotor, dan untuk mencapaikinerja terbaik.

Motor BLDC tidak menggunakan sikat-sikat untuk komutasinya dan memiliki kecepatan yang sinkron antara medan putar stator dan rotornya. Rotor motor BLDC adalah magnet permanen sehingga tidak diperlukan kumparan penguat dan tidak ada arus beban yang mengalirinya. Metode pengaturan kecepatan pada motor BLDC ada 2 macam, yaitu pengaturan tegangan catu dan pengaturan percepatan sudut fasa (*phase advance angle*). Pada pengaturan percepatan sudut fasa, kecepatan optimal dapat diperoleh ketika arus dan ggl bersamaan dalam waktu atau dengan kata lain sefase (Munawar dkk, 2005).

## METODE

Dalam pengendalian motor BLDC, terdapat parameter yang dapat sebagai dasar dari optimalisasi kinerjanya. Parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut (Suratno, 2002).

Waktu tunda ( $t_d$ ) adalah waktu yang diperlukan tanggapan untuk mencapai setengah nilai akhir yang pertama kali. Waktu naik ( $t_r$ ) adalah waktu yang diperlukan tanggapan untuk naik dari 10 sampai 90%, 5 sampai 95%, atau 0 sampai 100% dari nilai akhirnya. Untuk sistem orde kedua redaman kurang, biasanya digunakan waktu 0 – 100%. Untuk sistem redaman lebih, biasanya digunakan waktu naik 10 – 90%. Waktu puncak ( $t_p$ ) adalah waktu yang diperlukan tanggapan untuk mencapai puncak lewatan yang pertama kali.

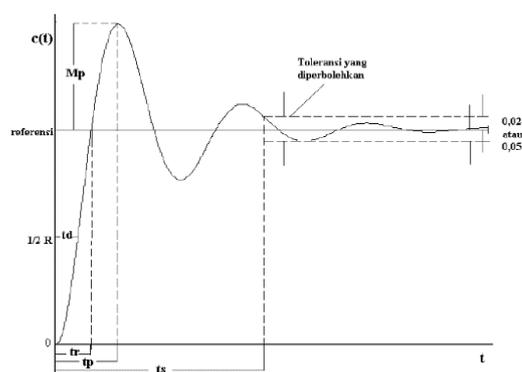
Persen lewatan maksimum ( $M_p$ ) adalah nilai relatif yang menunjukkan nilai perbandingan antara nilai maksi-

imum tanggapan yang melewati nilai *steady state*/keadaan tunak dengan keadaan mantap. Parameter  $M_p$  menunjukkan kestabilan relatif sistem. Parameter ini didefinisikan seperti persamaan (1).

$$\text{Persen } M_p = \frac{e(t_p) - e(\infty)}{e(\infty)} \times 100\% \quad (1)$$

Waktu keadaan tunak, *steady state* ( $t_s$ ) adalah waktu yang diperlukan kurva tanggapan untuk mencapai keadaan mantap dan menetap dalam daerah sekitar harga akhir yang ukurannya ditentukan dengan presentase mutlak dari harga akhir (biasanya 5% atau 2%).

Apabila diilustrasikan, parameter-parameter tersebut dapat dibuat seperti Gambar 2.



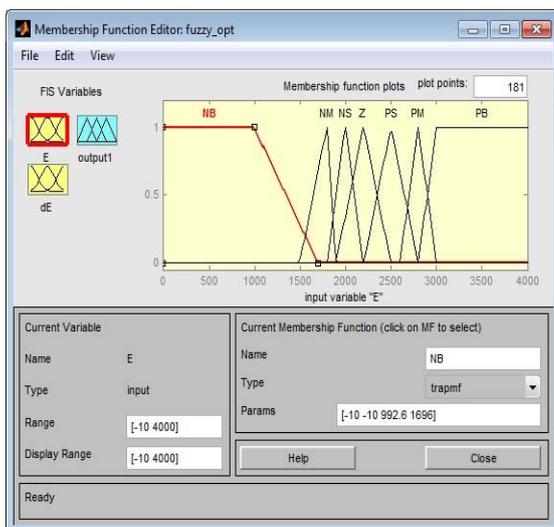
Gambar 2 Grafik ilustrasi karakteristik control

Perancangan program PID pada *Matlab Simulink*, dilakukan dengan metode *auto-tune* yang ada pada *matlab* sehingga diperoleh nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  dengan nilai yang optimal.

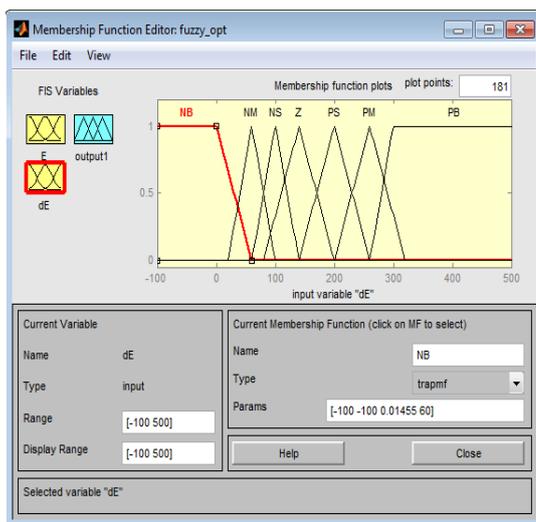
Perancangan struktur *fuzzy* pada *Matlab Simulink* dilakukan dengan melakukan perubahan nilai rentang dan bentuk dari fungsi keanggotaan yang digunakan, baik masukan maupun keluaran. Karakteristik yang umum dipergunakan dalam suatu pengendalian sistem adalah stabilitas, sensitivitas, kecepatan tanggapan, dan akurasi (Diepenbrock, 1998).

Prosedur logika *fuzzy* yang digunakan meliputi proses *fuzzyfikasi*, *evaluasi rule* dengan metode Mamdani dan proses *defuzzyfikasi*. Data diambil

berdasarkan perubahan dari variasi *setting point* dan jenis fuzzyfikasinya. Untuk memperoleh tanggapan kecepatan yang sesuai, dilakukan dengan perubahan fungsi keanggotaan dengan rentang nilai tertentu. Data kecepatan dimasukkan ke dalam sistem pengendali agar diperoleh data koreksi kecepatan (*error*) dan selisih koreksi kecepatan (*derror*), sedangkan output berupa error yang semakin kecil (Mathworks, 1996).



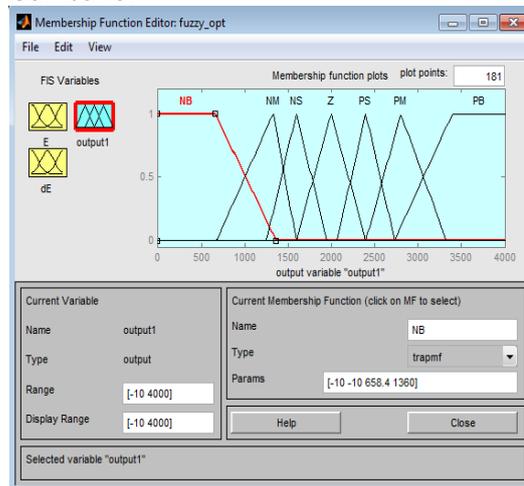
Gambar 3 Perancangan masukan error



Gambar 4 Perancangan input derror

Rentang masukan *error* dirancang dengan nilai (-10 – 4000), rentang input *derror* dengan nilai (-100 – 500),

dan rentang output dirancang dengan nilai (-10 – 4000). Bentuk fungsi keanggotaan masukan error ditunjukkan pada Gambar 3 dan masukan *derror* pada Gambar 4, sedangkan keluaran pada Gambar 5.



Gambar 5 Perancangan output

Evaluasi aturan adalah proses mengevaluasi derajat keanggotaan setiap fungsi keanggotaan masukan ke dalam basis aturan yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini menggunakan 7 (tujuh) variasi masukan, sehingga akan diperoleh 49 (empat puluh sembilan) aturan pengendalian *fuzzy* dan dapat dibuat seperti Tabel 1.

Tabel 1 Basis Aturan Pengendalian dengan Logika *Fuzzy*

Error \ dError	NB	N	NS	Z	PS	P	PB
NB	NB	NB	NB	NB	N	NS	Z
N	NB	NB	NB	N	NS	Z	PS
NS	NB	NB	N	NS	Z	PS	P
Z	NB	N	NS	Z	PS	P	PB
PS	N	NS	Z	PS	P	PB	PB
P	NS	Z	PS	P	PB	PB	PB
PB	Z	PS	P	PB	PB	PB	PB

Perancangan pengendali *fuzzy* dilakukan dengan simulasi kecepatan keluaran berdasar kecepatan referensi pengendalian *fuzzy* sehingga diperoleh

hasil pengendalian yang optimal. Kendali fuzzy ini menggunakan beberapa jenis defuzzifikasi, yaitu untuk COA/centroid, bisector, MOM, LOM, dan SOM (Kusumadewi, 2002).

Metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI, antara lain:

Metode Centroid (*Composite Moment*) Metode ini paling konsisten dan memiliki tinggi serta lebar total daerah fuzzy yang sensitif. Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z) daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan persamaan (1) dan persamaan (2) sebagai berikut.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)} \quad (1)$$

$$z = \frac{\int_{a_i}^b \mu(x) x dx}{\int_{a_i}^b \mu(x) dx} \quad (2)$$

#### Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum dituliskan seperti persamaan (3).

$$z_p \leftrightarrow \int_{a_1}^F \mu(x) dx = \int_p^{a_n} \mu(x) dx \quad (3)$$

#### Metode Mean of Maximum (MOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum. Secara umum dituliskan seperti persamaan (4).

$$z = \text{mean}\{z_i | \mu(z_i) = m\} \quad (4)$$

#### Metode Largest of Maximum (LOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum. Secara umum LOM dituliskan seperti persamaan (5).

$$z = \max\{z_i | \mu(z_i) = m\} \quad (5)$$

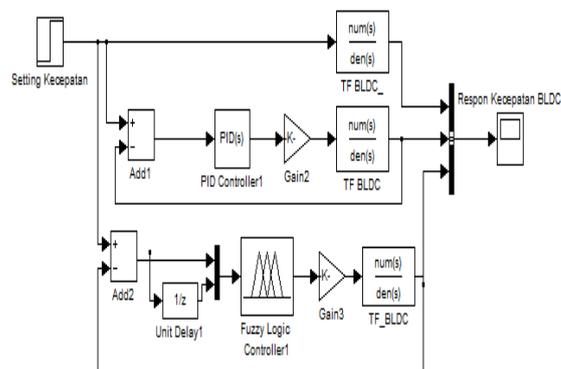
#### Metode Smallest of Maximum (SOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai

keanggotaan maksimum. Secara umum dituliskan seperti persamaan (6).

$$z = \min\{z_i | \mu(z_i) = m\} \quad (6)$$

Perancangan pengendali fuzzy dirancang seperti Gambar 6.



Gambar 6 Perancangan pengendali fuzzy

Rancangan yang dibuat menggunakan program *Matlab Simulink*. Eksperimen ini membutuhkan pemodelan motor BLDC yang telah diteliti oleh peneliti sebelumnya yang menggunakan metode identifikasi model ARX (*autoregressive exogenous*) dan kriteria pemilihan persamaannya menggunakan kriteria FPE (*final prediction error*) (Hidayat, 2014). Dari penelitian tersebut, diperoleh persamaan fungsi transfer (TF) seperti persamaan (7).

$$TF = \frac{0.05264}{z^2 - 0.5243z - 0.4271} \quad (7)$$

Untuk analisis sistem kendali kecepatan motor BLDC, lebih mudah apabila dilakukan pada sistem kontinu, sehingga persamaan (7) perlu diubah menjadi fungsi kontinu. Untuk mengubah persamaan tersebut diperlukan penentuan waktu pencuplikan yang mengacu pada persamaan (8).

$$T \leq 0.1\tau \text{ (sekon)} \quad (8)$$

Dengan konstanta waktu motor BLDC adalah  $\tau=0.6$ , maka diperoleh  $T \leq 0.06$  sekon. Jika motor BLDC dioperasikan pada kecepatan maksimum sebesar 3000 rpm, maka kecepatan sudut ( $\omega$ ) motor BLDC dapat dihitung  $\omega =$

$2\pi \cdot n / 60 = 2\pi \cdot 3000 / 60 = 100\pi$  dengan pembatasan waktu cuplikan  $(2\pi/T) \geq 2\omega$ , maka diperoleh  $T \leq 0.01$  dan waktu sampling 0.01 sekon.

Dari parameter-parameter tersebut diperoleh fungsi transfer dalam bentuk fungsi kontinu seperti persamaan (9).

$$TF = \frac{-212s + 39125}{17s^2 + 10592s + 36123} \quad (9)$$

Integral Square Error (ISE), Salah satu indikator analisis kinerja sistem pengendali adalah dengan kriteria integral galat minimum (ISE). Sistem kendali yang memiliki umpan balik dapat mengurangi galat suatu sistem pada setiap variabel dan akan mencapai nilai nol dengan cepat, sehingga kriteria yang digunakan untuk mengukur kualitas tanggapan sistem akan memperhitungkan variasi galat selama rentang waktu tertentu. ISE merupakan integrasi kuadrat dari kesalahan dari waktu ke waktu. Dengan galat-galat yang kecil saja dapat menghasilkan ISE yang besar. Sistem kendali yang ditentukan untuk meminimalkan ISE akan cenderung menghilangkan kesalahan besar dengan cepat, tapi akan mentolerir kesalahan kecil yang bertahan untuk jangka waktu yang lama (Kealy, 2003).

Analisis ISE menggunakan persamaan fungsi sistem kontinu (10) atau sistem diskret (11).

$$ISE = \int e(t)^2 dt \quad (10)$$

$$ISE = \sum_{t=0}^n e_t^2 ; t=0,1,2,3,\dots,n \quad (11)$$

dengan  $e_t$  adalah error kecepatan pada saat  $t$ , yang merupakan selisih antara *setting* kecepatan dengan kecepatan aktual pada saat  $t$ . Metode Analisis, analisis data hasil pengujian dilakukan dengan cara melakukan simulasi algoritma fuzzy yang optimal dengan fungsi keanggotan tertentu yang menghasilkan fungsi respon yang optimal.

Analisis pengujian kinerja sistem tersebut berdasar parameter respon *transient* kecepatan motor BLDC, dan *integral square error* (ISE). Analisis

respon *transient* dilakukan dengan menampilkan grafik hubungan kecepatan terhadap waktu. Analisis ISE untuk menilai kinerja pengendali berdasarkan error, yang dimulai dari kondisi peralihan (*transient*) sampai kondisi tunak (Kealy, 2003). Persamaan ISE yang digunakan adalah persamaan (10) atau (11).

Untuk mempermudah dalam analisis, parameter transient dan nilai ISE pada setiap struktur pengendali ditampilkan dalam Tabel 2.

## PEMBAHASAN

Pengujian perbedaan defuzzifikasi, dari penelitian diperoleh perbedaan nilai parameter transien pada setiap jenis defuzzifikasi yang digunakan. Data yang diperoleh dibuat tabel untuk setiap jenis parameter yang dianalisis.

Tabel 2. Parameter Transien Dengan Perbedaan Penggunaan Metode Defuzzifikasi

Metode		Referensi (rpm)					Rata-rata
		1000	1200	1500	1800	2000	
COA	td	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
	tr	0.400	0.400	0.240	0.092	0.094	0.245
	ts	0.400	0.400	0.500	0.990	0.800	0.266
Bisektor	td	0.046	0.046	0.046	0.046	0.048	0.046
	tr	0.300	0.300	0.145	0.910	0.940	0.186
	ts	0.372	0.365	0.171	0.130	0.145	0.237
MOM	td	0.033	0.038	0.042	0.046	0.048	0.041
	tr	0.061	0.071	0.080	0.089	0.092	0.079
	ts	0.111	0.108	0.120	0.144	0.119	0.140
LOM	td	0.065	0.062	0.059	0.063	0.070	0.064
	tr	0.290	0.226	0.153	0.163	0.224	0.211
	ts	0.300	0.253	0.232	0.204	0.252	0.248
SOM	td	0.030	0.034	0.040	0.044	0.051	0.039
	tr	0.051	0.061	0.072	0.083	0.090	0.073
	ts	0.200	0.145	0.165	0.152	0.145	0.161

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata waktu keadaan tunak yang paling kecil adalah metode

defuzzifikasi dengan MOM dengan waktu 0.14 sekon, sedangkan yang paling besar adalah dengan COA, yaitu 0.266 sekon, sedangkan waktu tunda rata-rata dan waktu naik rata-rata terkecil diperoleh dengan metode SOM dengan waktu 0.04 sekon dan 0.073 sekon.

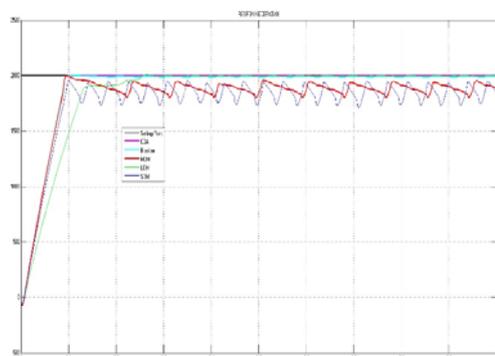
Perbandingan kelima metode defuzzifikasi yang digunakan untuk pengendalian BLDC pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3 dan tabel 4, dan diperoleh hasil bahwa metode defuzzifikasi COA dapat mengendalikan sistem dengan persentase error dan overshoot paling kecil, yaitu persentase error 0% untuk semua kecepatan yang diberikan dan overshoot rata-rata 0.15% pada rentang kecepatan 1000 rpm – 2000 rpm.

Tabel 3 Persentase Error (dalam %)

Kecepatan	COA	Bisector	MOM	LOM	SOM
1000	0.00	0.00	-0.02	-0.32	-13.91
1200	0.00	0.00	0.00	-0.42	-5.25
1500	0.00	0.11	-1.53	-0.20	-7.00
1800	0.00	0.44	-1.67	-0.06	-3.50
2000	0.00	0.84	-4.20	-0.10	-2.60
Rata-rata	0.00	0.28	-1.48	-0.22	-6.45

Tabel 4 Persentase Overshoot (dalam %)

Kecepatan	COA	Bisector	MOM	LOM	SOM
1000	0.05	0.00	0.65	0.00	1.00
1200	0.00	0.00	0.52	0.16	0.83
1500	0.00	0.11	0.67	0.63	0.67
1800	0.46	0.44	0.56	0.53	0.56
2000	0.25	0.84	0.92	0.31	0.50
Rata-rata	0.15	0.28	0.66	0.33	0.71



Gambar 7 Grafik tanggapan defuzzifikasi

Secara grafik kecepatan terhadap waktu, bisa dibandingkan kelima bentuk tanggapan pada kecepatan 2000 rpm sesuai Gambar 7 bahwa metode defuzzifikasi COA lebih mampu mengikuti setting kecepatan yang diberikan pada BLDC yang diuji meskipun secara rata-rata waktu tunda dan waktu naik lebih besar dari metode defuzzifikasi SOM.

Tabel 5 Parameter Reponse Transien Transien

Kontrol		Setting point				
		1000	1200	1500	1800	2000
Open Loop	Tp (s)	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	Td (s)	0.19	0.187	0.187	0.187	0.187
	Tr (s)	0.75	0.755	0.755	0.755	0.755
	Ts (s)	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	Mp	0%	0%	0%	0%	0%
	Error	8.4%	8.4%	8.4%	8.4%	8.3%
	PID	Tp (s)	0.41	0.411	0.411	0.411
Td (s)		0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
Tr (s)		0.3	0.291	0.291	0.291	0.292
Ts (s)		0.902	0.901	0.901	0.901	0.902
Mp		8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%
Error		0%	0%	0%	0%	0%
Fuzzy		Tp (s)	0.4	0.24	0.099	0.097
	Td (s)	0.047	0.048	0.047	0.047	0.047
	Tr (s)	0.4	0.24	0.092	0.094	0.094
	Ts (s)	0.4	0.25	0.099	0.18	0.18
	Mp	0.05%	0%	0%	0.46%	0.25%
	Error	0%	0%	0%	0%	0%

Pemilihan metode defuzzifikasi pada aturan Mamdani dalam penggunaan struktur pengendali fuzzy tergantung pada perancangan fungsi keanggotaan dan basis aturan fuzzy yang digunakan untuk mengendalikan BLDC.

Pengujian Struktur Pengendali Fuzzy, pengujian simulasi sistem menggunakan struktur pengendali fuzzy, PID, dan open loop secara bersamaan. Parameter PID yang digunakan yaitu hasil dari autotune dengan simulasi matlab dan diperoleh nilai  $K_p = 1.95$ ,  $K_i = 7.18$ ,  $K_d = -0.19$ , dengan koefisien filter  $N$

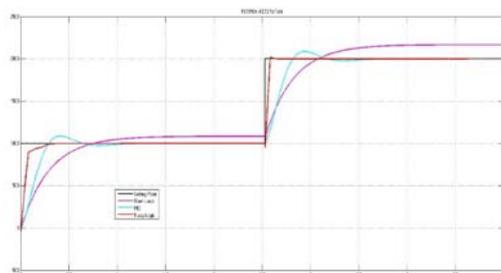
= 7.08, sedangkan untuk struktur fuzzy, defuzzifikasi menggunakan COA.

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dibuat tabel 5 yang berisi parameter *transient*. Analisis menggunakan ISE diperoleh nilai yang lebih terlihat, yaitu untuk pengendali fuzzy lebih rendah dibanding dengan pengendali PID. Pengurangan ISE untuk PID dan fuzzy, dengan struktur pengendali fuzzy sudah bisa mencapai 99% sedangkan pada struktur PID sekitar 98%, seperti pada tabel 6. Analisis ini sesuai dengan tujuan pengendalian yaitu mendapatkan nilai kecepatan sesuai dengan yang diharapkan dan tetap menjaga kondisi kecepatan dapat tetap dipertahankan sampai waktu tertentu.

Tabel 6 Pengurangan ISE

Kecepatan	PID	Fuzzy
1000	98.19%	99.35%
1200	98.19%	99.36%
1500	98.19%	99.37%
1800	98.19%	99.36%
2000	98.19%	99.35%
Rata-rata	98.19%	99.36%

Pada pengujian perubahan kecepatan, diperoleh hasil bahwa struktur fuzzy dapat menyesuaikan kecepatan yang diberikan namun masih tertunda. Hasil tanggapan perubahan kecepatan dari 1000 rpm menjadi 2000 rpm dihasilkan grafik kecepatan terhadap waktu seperti pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik tanggapan perubahan kecepatan

## KESIMPULAN

Dari analisis dapat disimpulkan bahwa proses kendali dengan sistem pengendalian fuzzy yang diimplementasikan untuk mengatur motor BLDC dapat memperbaiki kinerja PID konvensional. Pada penelitian, dihasilkan bahwa metode fuzzyfikasi yang mampu mengikuti *setting* kecepatan yang diberikan adalah metode COA (*center of area*) karena metode ini paling konsisten dan memiliki tinggi serta lebar total daerah fuzzy. Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy.

Pengujian perubahan *setting* kecepatan dihasilkan karakteristik tanggapan sistem kendali PID konvensional dengan rata-rata waktu kenaikan (*tr*) 0.29 sekon, rata-rata waktu tunak (*ts*) 0.9 sekon, rata-rata *overshoot* sebesar 8.63 %, dan rata-rata persentase ISE sebesar 98.19%, sedangkan fuzzy dihasilkan rata-rata waktu kenaikan (*tr*) 0.25 sekon, rata-rata waktu tunak (*ts*) 0.27 sekon, rata-rata *overshoot* sebesar 0.15 % dan rata-rata persentase ISE sebesar 99.36%.

Dengan demikian, proses kendali dengan sistem pengendalian fuzzy yang diimplementasikan menggunakan defuzzifikasi COA mampu meningkatkan kinerja sistem dari pada pengendali PID konvensional.

## Saran

Penelitian tentang pengendalian motor BLDC dengan menggunakan logika fuzzy masih memerlukan penelitian lebih lanjut, yaitu.

Penerapan struktur pengendali fuzzy dengan tuning output atau adaptif pada pengendalian motor BLDC.

Penggunaan tipe fungsi keanggotaan yang berbeda pada struktur pengendali logika fuzzy untuk motor BLDC

## DAFTAR PUSTAKA

- Diepenbrock, J., 1998. *On Power Electronics* 3,pp 420, IEEE Trans, North Carolina
- Hidayat, *Pengembangan Hybrid PID-ANFIS (Proportional Integral*

- Derivative-Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems) sebagai Pengendali Kecepatan Mesin Arus Searah Tanpa Sikat (MASTS)*, 2014. Desertasi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Kealy, T. and O'Dwyer, A., 2003. *Analytical ISE Calculation and Optimum Control System Design*. Proceeding of 2003 The Irish Signals and System Conference, pp. 418-423. Irelandia.
- Kusumadewi, Sri, 2002. *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy menggunakan Toolbox Matlab*, Graha Ilmu : Yogyakarta
- Mathworks, 1996. *Applications of Fuzzy Logic in Control Design*, The Mathworks Inc : USA.
- Munawar, I. and Yahuarsyah, H., *Pemodelan dan Analisis Sistem Pensaklaran Motor Arus Searah Tanpa Sikat*, 2005. Desertasi S3 Jurusan Teknik Elektro ITB. Bandung
- NXP, 2010. *AN10898 BLDC motor control with LPC1700*. Rev. 01. NXP Semiconductors. Hongkong
- Suratno, *Pengaruh Perbedaan Tipe Fungsi Keanggotaan pada Pengendali Logika Fuzzy terhadap Tanggapan Waktu Sistem Orde Dua secara umum*, 2002. Tugas akhir Universitas Diponegoro, Semarang
- Sutikno, *Perbandingan Metode Defuzzifikasi Aturan Mamdani Pada Sistem Kendali Logika Fuzzy*, 2005. Tugas akhir, Universitas Diponegoro. Semarang

## PERANCANGAN REPOSITORY PENGETAHUAN TUMBUHAN OBAT BERBASIS ONTOLOGY MENGGUNAKAN PROTÉGÉ 4.3.0

Ariana Azimah<sup>1</sup>, Heni Jusuf<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika, Universitas Nasional

<sup>2</sup>Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional

Masuk: 21 Mei 2015, revisi masuk : 14 Juni 2015, diterima: 1 Agustus 2015

### ABSTRACT

*Indonesia is a country that has biodiversity many benefits for human survival. One is the herbs that can be used as an herbal medicine. In the modern era of herbal medicine is still often taken as a first aid when someone is having health problems. Herbal medicine can be obtained by utilizing the natural surroundings of this .repository can usage information medicinal plants for health. In This paper discussed about the design of which will be carried out based ontology using protégé tools.generate a repository of medicinal plants that are useful to society*

**Keywords:** Repository tumbuhan obat. Ontology, protégé

### INTISARI

Indonesia adalah negara yang mempunyai keragaman hayati yang memiliki banyak manfaat bagi kelangsungan hidup manusia. Salah satunya adalah tumbuhan obat yang dapat digunakan sebagai obat herbal. Di era modern sekarang ini obat herbal masih sering dikonsumsi sebagai pertolongan pertama ketika seseorang mengalami masalah kesehatan. Obat herbal dapat diperoleh dengan memanfaatkan alam sekitar kita. Repository ini bertujuan menjadi media informasi penggunaan tumbuhan obat untuk kesehatan. Pada penulisan ini dibahas tentang perancangan yang akan dilakukan berbasis ontology dengan menggunakan tools protégé. menghasilkan sebuah repository tumbuhan obat yang berguna bagi masyarakat.

**Kata kunci:** Repository tumbuhan obat. Ontology, protégé

### PENDAHULUAN

Latar Belakang, wilayah Nusantara yang terdiri dari 17.504 pulau dengan 7.870 pulau yang memiliki nama dan 9.634 pulau yang belum memiliki nama. Negara kepulauan terbesar didunia, Negara yang memiliki begitu banyak keanekaragaman hayati termasuk juga keanekaragaman tumbuhan obat. Namun dalam kenyataannya sekarang, walaupun tumbuhan obat sudah ada sejak ribuan tahun yang lalu, namun hanya sedikit dari masyarakat yang dapat mengidentifikasi tumbuhan obat. Berdasarkan data pada tanaman obat Indonesia kementerian RI 22 Juli 2010, Indonesia memiliki 75% kekayaan tumbuhan dunia yaitu 30.000 jenis tumbuhan (masyud, 2010). Untuk keanekaragaman tumbuhan, Indonesia memiliki lebih dari

38.000 spesies tumbuhan, 2.039 spesies tumbuhan obat. (Bappenas, 2003).

Menurut hasil penelitian, dari sekian banyak jenis tumbuhan obat baru, 20-22% yang dibudidayakan, sedangkan sekitar 78% diperoleh melalui pengambilan langsung dari hutan. Potensi tumbuhan obat di Indonesia, termasuk tumbuhan obat kehutanan, apabila dikelola dengan baik akan sangat bermanfaat dari segi ekonomi, sosial, budaya maupun lingkungan (masyud, 2010).

Keberadaan jenis tumbuhan obat yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia, serta semakin bertambahnya keanekaragaman tumbuhan obat menyebabkan proses identifikasi semakin sulit dilakukan karena umumnya tumbuhan obat dilapangan tidak lengkap bagian-bagian tumbuhannya dengan

<sup>1</sup>[ariana@civitas.unas.ac.id](mailto:ariana@civitas.unas.ac.id),  
<sup>2</sup>[henijusuf@yahoo.com](mailto:henijusuf@yahoo.com)

demikian pemanfaatan sumber daya tumbuhan obat menjadi tidak maksimal. (Elvira, 2011)

Keragaman Informasi tentang tumbuhan obat, menyebabkan kendala, karena selama ini informasi tumbuhan obat masih terpencar-pencar, repository yang akan dibangun berusaha untuk merangkum semua informasi. Salah satu pendekatan yang memungkinkan untuk merangkum informasi tentang tumbuhan obat adalah memanfaatkan teknologi *Ontology*.

Permasalahan, perlu dibuat suatu aplikasi yang dapat mengidentifikasi tumbuhan obat dengan cara membuat *repository* pengetahuan tumbuhan obat sehingga dapat disebarkan kepada masyarakat luas untuk dikembangkan dan digunakan.

Tujuan Penelitian, berdasarkan permasalahan penelitian yang telah dirumuskan sebagaimana di atas, maka penelitian Perancangan dan pengembangan *repository* pengetahuan berbasis *ontology* bertujuan sebagai berikut :  
Menghasilkan Repository tumbuhan obat sehingga memudahkan mengidentifikasi suatu jenis tumbuhan obat.

Manajemen pengetahuan adalah proses merencanakan, mengumpulkan, mengorganisir, memimpin dan pengendalian data dan informasi yang telah terintegrasi dari berbagai bentuk pemikiran, analisis dan macam-macam sumber yang kompeten. Dari sudut pandang pengintegrasian pengetahuan, manajemen pengetahuan pada dasarnya merupakan proses yang bertujuan untuk pengeneralisasian dari konseptual yang menghubungkan informasi satu dengan lainnya secara konseptual dan formalisasi dari representasi yang meletakkan informasi dalam bentuk yang lebih formal sehingga mekanisme komputasi dapat mengakses dan menginterpretasi serta mengolahnya (Abinaya, 2015).

Sebuah sistem manajemen pengetahuan memiliki perspektif yang berbeda dari sisi pemanfaatannya dan akuisisi pengetahuan jika dibandingkan dengan sistem konvensional. Pada sistem tradisional hanya para ahli saja yang dapat melakukan kreasi pengetahuan, sedangkan pada model berbasis

penggunaan pengetahuan bersama oleh satu komunitas, pengetahuan dapat dihasilkan oleh siapa saja. Karena terjadi proses kolaborasi dan interaksi

*Ontology* merupakan definisi dari pengertian dasar dan relasi *vocabulary* dari sebuah area sebagaimana aturan dari kombinasi istilah dan relasi untuk mendefinisikan *vocabulary*. Kemudian mendefinisikan *Ontology* sebagai sebuah spesifikasi eksplisit dari istilah dalam *domain* dan hubungan diantara istilah-istilah tersebut.

Barnaras pada proyek KACTUS memberikan definisi *Ontology* yang berdasarkan pada pengembangan *ontology* yaitu sebuah *ontology* memberikan pengertian untuk menjelaskan secara eksplisit dari konsep terhadap representasi pengetahuan pada sebuah *repository* pengetahuan. Definisi *ontology* yaitu deskripsi formal yang eksplisit dari konsep dalam domain wacana (kadang disebut konsep), sifat dari masing-masing konsep yang menjelaskan berbagai fitur dan atribut dari konsep (kadang disebut *property*) dan aspek (kadang disebut peran).

Dari berbagai pandangan tentang *ontology*, dapat diberikan pengertian *ontology* dalam lingkungan *Semantic* sebagai kumpulan istilah dan beberapa spesifikasi dari arti yang bersangkutan, termasuk definisi dan konsep hubungan struktur pada sebuah *domain* dan batasan yang mungkin dalam interpretasi suatu istilah (I Made Wiryana, 2002).

Komponen *ontology* terdiri dari: Konsep (Concept), juga dikenal sebagai *class*, *object* dan *categories* menjelaskan konsep-konsep suatu *domain*. Sebuah konsep terdiri dari objek-objek yang merupakan penjelasan dari tugas, fungsi, aksi, strategis. Sebuah kelas juga bisa memiliki subkelas yang akan merepresentasikan konsep yang lebih spesifik dari pada super kelasnya

Relasi (Relation), relasi merupakan representasi sebuah tipe dari interaksi antara konsep dari sebuah *domain*. Secara formal dapat didefinisikan sebagai *subset* dari sebuah produk dari  $n$  set,  $R: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$ . Relasi harus

mampu mendefinisikan hubungan dari entitas yang ada.

Fungsi (*Fuctions*), adalah sebuah relasi khusus dimana elemen ke  $n$  dari relasi adalah unik untuk elemen ke  $n-1$ .  $F: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_{n-1} \rightarrow C_n$

Aksiom (Axioms), digunakan untuk memodelkan sebuah *sentence* yang selalu benar.

*Instances* adalah komponen dasar dari suatu *ontology*. *Intances* atau individual menyatakan objek-objek dalam suatu *domain* yang diteliti yang digunakan untuk merepresentasikan elemen nyata seperti hewan, tanaman dan manusia, maupun elemen abstrak seperti bilangan dan huruf.

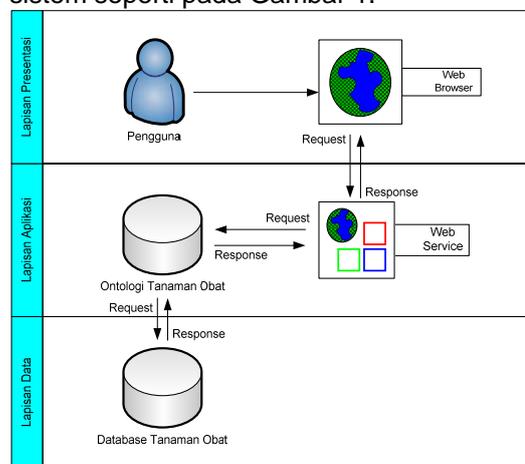
Perangkat Lunak Protégé, merupakan sebuah perangkat lunak pengolahan pengetahuan berbasis ontology. Merupakan Tools yang dapat digunakan oleh seorang ahli pengetahuan dengan tujuan untuk merancang dan membangun ontology, memodelkan tampilan pengetahuan. Protégé mampu memvisualisasikan hubungan subkelas dalam tree, mendukung membangun berbagai penurunan dan root pada hirarki kelas yang terbentuk adalah THING.

Perangkat lunak Protégé dapat menyediakan prosesi dari konsepsi dasar pengetahuan secara terintegrasi, serta dapat mengubah tampilan visual lingkungan dengan memperluas arsitektur system untuk membuat pemodelan dasar pengetahuan secara lebih sederhana dan mudah.

Perancangan sistem ini dilakukan untuk menggambarkan suatu model aplikasi yang akan digunakan dalam pengembangan sistem. Pada perancangan sistem ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu arsitektur sistem, pemodelan ontology dan implementasi model:

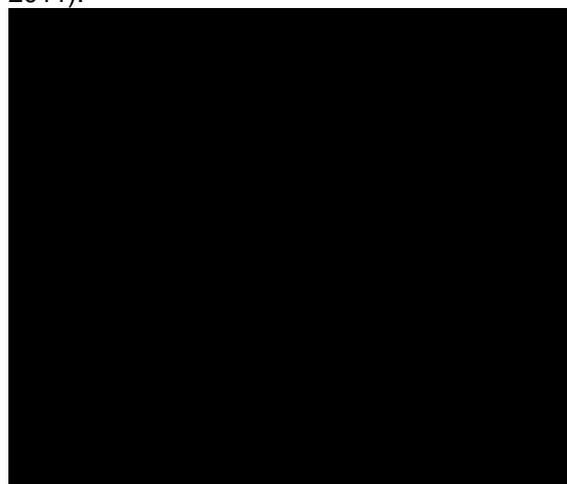
Arsitektur sistem dirancang dengan mengimplementasikan 3 lapisan arsitektur yaitu Lapisan Presentasi, Lapisan Aplikasi dan Lapisan Data. Ketiga lapisan tersebut mempunyai beberapa fungsi diantaranya visualisasi data, mengelola domain pengetahuan berbasis ontology dan penyimpanan data. Lapisan Presentasi merupakan lapisan yang berinteraksi langsung dengan pengguna

atau sisi visual dimana pengguna melihat semua informasi dalam bentuk teks dan grafis. Pada lapisan ini digunakan elemen-elemen web. Lapisan Aplikasi merupakan lapisan yang bertugas mengolah data untuk ditampilkan pada lapisan presentasi. Pada lapisan ini terdapat domain pengetahuan berbasis ontology. Sedangkan Lapisan data merupakan lapisan penyimpanan data yang nantinya diolah oleh lapisan aplikasi untuk ditampilkan pada lapisan presentasi. Berdasarkan informasi diatas dikembangkan rancangan arsitektur sistem seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Arsitektur Sistem

Pemodelan ontology diawali dengan pemodelan konseptual terlebih dahulu. Pemodelan konseptual dibangun berdasarkan domain pengetahuan dan ruang lingkup yang sudah ditetapkan (Matthew, 2011).

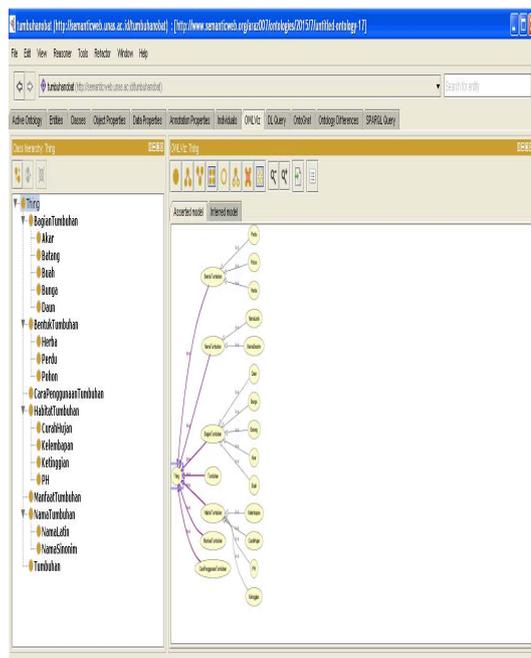


Gambar 2. Pemodelan konseptual ontology tumbuhan obat

Pada penelitian ini domain pengetahuan yang akan dikembangkan adalah ontology tumbuhan obat. Berdasarkan sub domain yang sudah didefinisikan diatas, maka ditentukan hubungan antar sub domain Berdasarkan hubungan antar sub domain maka secara keseluruhan hubungan tersebut menghasilkan aturan yang menjadi model konseptual ontology tumbuhan obat seperti Gambar 2.

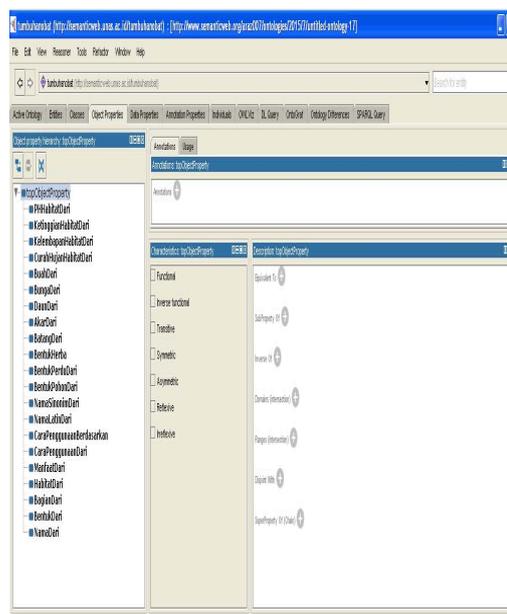
Implementasi Model, tahap selanjutnya adalah pembuatan model ontology berdasarkan model konseptual yang sudah dibuat sebelumnya. Perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan model ontology ini adalah Protégé 4.3.0 ( Build 304 ). Protégé merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat domain ontology, menyesuaikan form untuk entry data, dan memasukkan data. Format penyimpanan Protégé dalam bentuk OWL, RDF, XML dan HTML

Pendefinisian kelas merupakan tahap pertama dalam pembuatan model ontology. Kelas dibuat berdasarkan model konseptual yang sudah didefinisikan sebelumnya. Hasil pendefinisian kelas dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hirarki Kelas

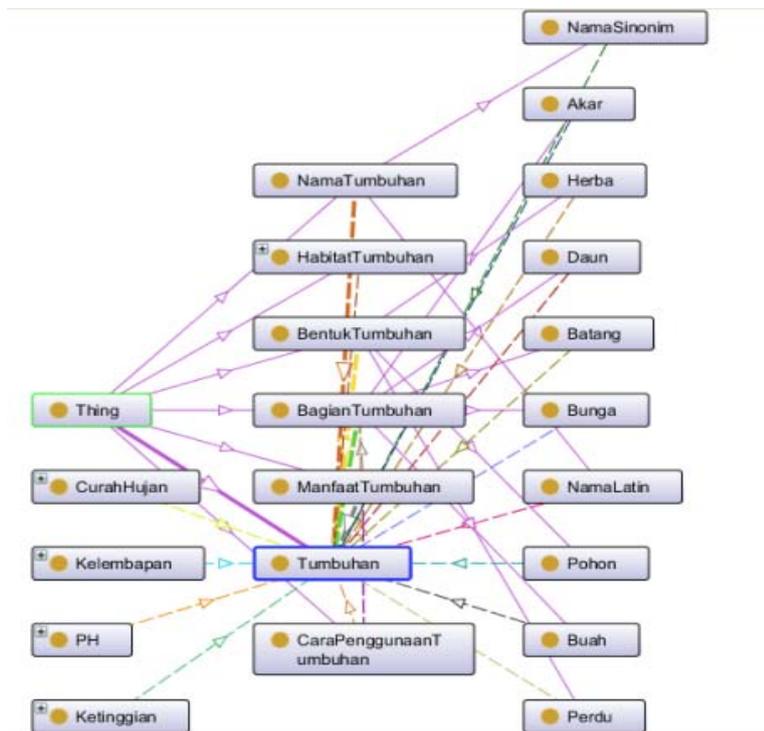
Pendefinisian Properti, setelah kelas-kelas berhasil didefinisikan maka tahap selanjutnya adalah pendefinisian properti. Properti disini ada dua jenis yaitu properti objek dan properti data. Properti objek merupakan hubungan antara suatu objek dengan objek yang lain. Pada Gambar 3. dijelaskan implementasi properti objek yang dibuat berdasarkan kelas-kelas yang ada.



Gambar 4. Hirarki Properti objek

Pengembangan Prototipe, berdasarkan model ontology yang sudah dikembangkan selanjutnya model tersebut diaplikasikan kedalam sistem yang akan dibangun. Tahap selanjutnya adalah membuat rancangan *interface* pengguna yang terdiri dari kolom input data pencarian dan hasil pencarian.

Untuk melihat detail dari hasil pencarian dibuat tampilan baru yang berisi semua informasi tentang tanaman obat yaitu antara lain nama, bentuk, bagian, habitat, manfaat, cara penggunaan, gambar tumbuhan dan gambar setiap bagian dari tumbuhan. Tampilan detail dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Visualisasi Hirarkhi Properti Data

**ASAM JAWA**

Nama Latin : *Tamarindus indica L.*  
 Nama Sinonim : *Tamarindus occidentalis Gaertn.* *Tamarindus officinalis Hook*

Bentuk Tumbuhan : Pohon  
 Akar : Tunggang

Batang  
 Diameter : 2 meter  
 Permukaan : Kasar dan pecah-pecah

Daun  
 Macam : Majemuk menyirip genap  
 Bentuk : Pita Meruncing dan miring membulat

Bunga  
 Bentuk : bentuk kupu-kupu, tersusun dalam tandan yang renggang di ketiak daun atau di ujung ranting  
 Warna : kuning pucat atau kemerahan

Manfaat :

- [+] 1. Mengobati Disentri
- [+] 2. Mengobati Bisul  
 Cara Penggunaan :  
 Siapkan 5 gram asam jawa, 10 gram daun kangkung, 10 gram daun bayam dur, dan garam secukupnya. Semua bahan di tumbuk hingga halus. Tempelkan ramuan tersebut di bisul sampai merata. Saat mengering ganti dengan ramuan baru, begitu seterusnya sampai bisul hilang.
- [+] 3. Mengatasi Demam Setelah Nifas
- [+] 4. Mengobati Eksim
- [+] 5. Mengobati Sariawan  
 Cara Penggunaan :  
 Siapkan satu gengam asam jawa muda, dan 5 cm kunyit rimpang, iris kunyit tipis-tipis dan rebus dengan 4 gelas air hingga tersisa setengahnya. Minum saat pagi dan sore masing-masing segelas.
- [+] 6. Mengobati Ambeien

Gambar 6. Tampilan Detail Rancangan *Interface*

## KESIMPULAN

Perancangan dan pengembangan *repository* pengetahuan berbasis on-

*tology* untuk mengidentifikasi tumbuhan obat menggunakan kunci determinasi ini, telah selesai dilakukan berupa pembuat-

an desain rancangan system, Arsitektur system, pemodelan ontology, implementasi model, pendefinisian kelas dan pendefinisian property. Terbukti dapat membantu mempermudah proses pengidentifikasi tumbuhan obat, dapat diakses dari mana saja dan kapan saja dengan perangkat teknologi komunikasi

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abinaya, Vinoth Kumar, Swathika, 2015 Ontology based public healthcare system in internet of thing, *Procedia computer Science* 50 (2015) 99 – 102
- Bappenas, 2003. *Indonesia Biodiversity Strategy and Action Plan 2003-2020*. Jakarta :Bappenas.
- Dan Wu, Anne Hakansson, 2014, A method of identifying ontology domain, *Procedia computer Science* 35 (2014) 504 – 513.
- Elvira Nurfadhilah, 2011, Identifikasi Tumbuhan Obat Menggunakan *Fitur Citra Morfologi*, Tekstur dan Bentuk dengan Klasifikasi Probabilistic Neural Network, Departemen Ilmu Komputer, FMIPA, IPB.
- I Made Wiryana dan ErniantiHasibuan, 2002, Menuju Ontologi Pendukung Pengembangan Kelautan Indonesia, Workshop Kelautan, Hamburg
- Masyud. 2010. *Lokakarya Nasional Tumbuhan Obat Indonesia 2010*. <http://www.dephut.go.id/index.php?q=id/node/6603>
- Matthew Horridge, 2011, A Practical guide to building OWL Ontologies using protégé 4 and CO-ODE tools edition 1.3, the university of Manchester

**ANALISIS PENGARUH PENINGKATAN INTERFERENSI MS USER LAYANAN SUARA, DATA DAN VIDEO PADA SISTEM MULTISEL TERHADAP BESARNYA KAPASITAS HOME CELL DENGAN ARAH REVERSE LINK PADA SISTEM CDMA**

**Gatot Santoso<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Institut Sains& Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 11 April 2015, revisi masuk : 16 Mei 2015, diterima: 29 Juli 2015

**ABSTRACT**

*The future technology of the technology of wireless communication system must be able to serve a multimedia application, included voice, data, and high speed video information. CDMA is one of the communication technology which can be used and have been proved as a technique of multiple access that capable of provide this service requirement. In this system the multicell is analyzed until two tier and the system of multiclass is divided into three classes of traffic which are class 1 for voice, class 2 for data, and class 3 for video services. The analysis of capacity is done according to the effect of variable quality of services, chip rate, bit rate and activity factor. The result show that higher chip rates can maintain the required BER of each information and achieve the user capacity in high traffic condition. However, larger bit rate will decrease total capacity. Furthermore larger activity factor will decrease total capacity of system. So the effect of interference in multi cell system can decrease home cell capacity of offered information traffics.*

**Keywords** : *interference, multicell, home cell, CDMA*

**INTISARI**

Teknologi komunikasi tanpa kabel masa depan dituntut untuk mampu melayani aplikasi multimedia termasuk informasi suara, data dan video berkecepatan tinggi. CDMA adalah salah satu teknologi yang dapat diaplikasikan dan telah dibuktikan sebagai teknik akses jamak yang mampu untuk menyediakan berbagai macam kebutuhan layanan tersebut. Pada sistem multisel ini dianalisis persoalan sampai dengan dua *tier* sedangkan sistem multikelas di bagi menjadi 3 trafik yaitu kelas-1 untuk layanan suara, kelas-2 untuk layanan data, dan kelas-3 untuk layanan *video*. Analisis kapasitas didasarkan pada pengaruh variasi kualitas layanan, kecepatan *chip*, kecepatan bit, dan faktor aktivitas. Hasil analisis menunjukkan kecepatan *chip* yang lebih tinggi dapat memperbaiki BER yang dibutuhkan oleh tiap layanan informasi serta dapat meningkatkan kapasitas *user* pada saat kondisi trafik padat. Namun, kecepatan bit yang lebih tinggi akan menurunkan kapasitas total sistem. Semakin besar faktor aktivitas akan menurunkan kapasitas total sistem. Pengaruh interferensi pada sistem multisel dapat menurunkan kapasitas *home cell* dari trafik informasi yang ditawarkan.

**Kata kunci** : *interferensi, multisel, home cell, CDMA*

**PENDAHULUAN**

Perkembangan layanan suatu sistem komunikasi *wireless* dimasa depan ini dimungkinkan dapat mengintegrasikan berbagai jenis layanan antara suara, data,

dan gambar tanpa penundaan (*video*) dalam sistem pengoperasian yang sama dengan kecepatan yang berbeda-beda. Penelitian yang dilakukan ini untuk dapat mendefinisikan generasi sistem komunika-

---

<sup>1</sup>[gatsan@akprind.ac.id](mailto:gatsan@akprind.ac.id)

si baru yang memiliki kapasitas yang tinggi dengan mempertimbangkan efisiensi lebarpita (*bandwidth*) (Wang, 2008).

Salah satu cara yang efektif untuk pengiriman data dengan kecepatan tinggi dengan menggunakan teknologi CDMA, merupakan teknologi komunikasi *wireless* generasi ketiga yang mempunyai beberapa keunggulan antara lain: mempunyai kapasitas yang besar dibandingkan dengan teknologi yang lainnya. Kapasitas sistem CDMA dibatasi oleh besarnya *interferensi* yang terjadi, setiap penguangan *interferensi* akan berpengaruh terhadap peningkatan kapasitas dan probabilitas kesalahan sistem multi makrosel dengan pengendalian daya sempurna telah diterangkan pada (Michel, 2008).

*Spreading gain* adalah salah satu cara yang dipakai pada sistem CDMA yang dapat mendukung transmisi multi *rate*. *Sperading gain* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan mengubah-ubah *chip rate* dan dengan menjaga *chip rate* tetap, dengan menjaga *chip rate* tetap nilai *spreading gain* akan bervariasi sesuai dengan bervariasinya *rate* sinyal informasi (*input*), dengan besar kecilnya nilai *spreading gain* akan berbanding terbalik dengan *rate* sinyal informasi semakin kecil *rate* sinyal informasi maka semakin besar *spreading gain* begitu sebaliknya (Wang, 2008). Bervariasinya nilai *spreading gain* ini menyebabkan kinerja yang berbeda antara *mobile station* (MS) kelas-1 (suara), kelas-2 (data) dan kelas-3 (*video*) karena masing-masing kelas memiliki persyaratan kualitas yang berbeda.

Sistem *wireless* selular dengan menggunakan sistem CDMA mampu menyediakan layanan dengan kecepatan dan kualitas layanan yang berbeda pada *bandwidth* tetap, telah diteliti pada *single cell* (Michel, 2008). Penelitian kapasitas sistem CDMA dengan dua kelas layanan dengan pendekatan *outage probability* dengan adanya *interferensi* sel pada ring (*tier*) ke 2 tersebut memenuhi kualitas layanan suara dengan *bit error rate* (BER)  $\leq 10^{-3}$  (Wu, 2009). Sistem multi *rate*

CDMA ini masih pada multi sel makrosel dengan dua kelas belum menganalisa tiga kelas dan pada dua *tier* sel. Pada penelitian ini dianalisis kapasitas dari MS aktif kelas suara dan data serta *video* pada *home cell* (*tier* ke 0) dengan adanya *interferensi* terhadap besarnya kapasitas sistem multi sel CDMA untuk layanan terpadu suara dan data serta *video* dengan sistem multi *rate* pada arah *reverse link*.

Kapasitas di dalam sistem CDMA dibatasi dengan adanya *interferensi* baik dari dalam sel itu sendiri maupun dari sel tetangga dan *performa* akan menurun untuk semua *user* dengan *user* yang baru dengan berbeda kelas pelayanan. Oleh karena itu diperlukan suatu analisis terhadap faktor perubahan penambahan kelas *user* dan *interferensi user* dari sel tetangga pada *tier* ke 2 (Michel, 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh peningkatan *interferensi MS user* layanan *voice*, data, *video* pada sistem *multi* sel (dua *tier*) terhadap besarnya kapasitas sistem *home cell* (*tier* 0) dengan arah *reverse link* pada sistem CDMA.

Metode CDMA adalah metode akses untuk mengidentifikasi setiap pemakai MS dengan kode *pseudo noise* (PN) yang unik. Metode ini menggunakan teknik *spread spectrum* dengan *bandwidth* sinyal transmisi yang jauh lebih lebar daripada sinyal informasi dimana *bandwidth* sistem tidak bergantung pada sinyal informasi. Kelebihan *spread spectrum* antara lain dapat mengurangi *interferensi multiuser*, sehingga dapat meningkatkan kapasitas sistem.

Teori C.E. Shannon untuk kapasitas kanal dapat diterapkan untuk menentukan kapasitas sistem CDMA, yaitu pada persamaan (1):

$$C = W \cdot \log(1 + S/N) \dots\dots (1)$$

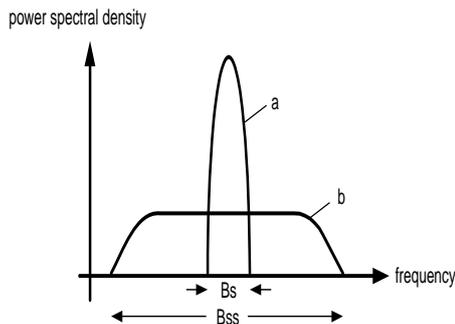
dimana C adalah kapasitas kanal transmisi (bit/detik), W adalah *bandwidth* transmisi (Hz), S adalah daya sinyal informasi (watt) dan N adalah daya *noise* (watt). Terlihat

bahwa kapasitas sistem CDMA dapat dinaikkan terutama dengan menaikkan W.

Ide yang mendasari *spread spectrum* adalah menyebar sinyal informasi dengan *bandwidth*  $B_s$  menjadi sinyal *pseudo noise* dengan *bandwidth*  $B_{ss}$  yang sangat lebar, namun dengan daya transmisi yang tetap sama dengan daya sinyal informasi. Akibatnya, *power spectral density* sinyal *spread spectrum* menjadi rendah daripada sinyal aslinya, yaitu seperti dinyatakan persamaan (2).

$$S_{ss} = P_s \cdot \left( \frac{B_s}{B_{ss}} \right) \dots\dots\dots (2)$$

dimana  $P_s$  adalah daya sinyal informasi,  $B_{ss}/B_s$  adalah *processing gain* dan dapat bernilai 10-10.000 kali *bandwidth* sinyal informasi. Gambar 1 memperlihatkan spektrum daya sinyal informasi sebelum dan sesudah penyebaran. *Power spectral density* sinyal *spread spectrum* yang rendah menyebabkan pengaruh interferensinya terhadap sinyal *narrow band* menjadi sangat kecil. Sifat ini dapat diterapkan pada sistem *overlay* antara sistem CDMA dan sistem *narrow band* yang sudah ada. Dua skema *spread spectrum* yang populer yaitu *direct sequence* dan *frequency hopping*.



Gambar 1. Spektrum sinyal sebelum (a) dan sesudah (b) penyebaran dengan luas di bawah kurva sama

Pada pengirim, sinyal informasi langsung dikalikan dengan urutan kode PN yang mempunyai karakteristik sinyal seperti *noise* yang unik dan sinyal yang

dihasilkan memodulasi sinyal *wideband carrier*. Pembangkit urutan kode PN yang populer adalah *maximum length (ML) feedback shift register (FSR)* dengan  $r$  elemen penyimpanan dan menghasilkan panjang urutan kode PN satu periode yang ditentukan oleh persamaan (3).

$$L = 2^{r-1} \text{ bit} \dots\dots\dots (3)$$

Periode urutan kode dinyatakan oleh persamaan (4).

$$T = L.T_c \dots\dots\dots (4)$$

dimana  $T_c$  adalah durasi *chip*,  $T_b$  adalah durasi bit dan  $T_c/T_b$  adalah *processing gain*. Nilai dari urutan kode PN bergantung pada nilai awal FSR dan beberapa keluaran elemen FSR yang difeedback melalui penambah *modulo-2* dengan dikendalikan oleh pulsa *clock*. Kelebihan dari urutan kode ini menghasilkan *auto correlation* yang tajam dan *cross correlation* yang rendah.

Pada penerima, sinyal *spread spectrum* dikorelasi dengan urutan kode PN yang sama dan sinkron dengan urutan kode PN dari sinyal *spread spectrum* lalu di *despread*. Keluarannya didemodulasi untuk mendapatkan kembali sinyal informasi.

Besarnya energi bit yang diperlukan untuk dapat mengirimkan sebuah sinyal informasi dengan bit *rate* tertentu dituliskan dengan persamaan (5).

$$E_b = P_s.T_b = S.R.\frac{1}{R} = S \dots\dots\dots (5)$$

dimana  $S$  adalah besarnya daya yang dikirimkan oleh *user kelas-b* dan  $R$  adalah *bit rate* sinyal informasi *user kelas-c* yang dinyatakan dalam satuan bit/detik.  $E_b$  adalah besarnya energi per bit dari *user kelas-b*. Lalu perbandingan energi bit dengan *noise power spectral density* untuk suatu panggilan *voice* yang dijaga tetap konstan dengan *power control* yang sama

membutuhkan  $(\frac{E_b}{I_o})$  untuk mencapai layanan yang baik dapat diekspresikan dengan (Kim, 2010):

$$\frac{S_v/R_v}{(P_t - S_v)/W} = \frac{S_v}{(P_t - S_v)} \cdot P.G_v = \frac{E_b}{I_o} \dots (6)$$

dimana  $P_t$ ,  $S_v$ ,  $P.G_v$ ,  $R_v$  adalah total power yang diterima pada suatu sel, daya yang diterima dari layanan voice, processing gain dari layanan voice dan bit rate dari layanan voice serta bandwidth yang tersedia, sedangkan daya untuk layanan voice diambil dari persamaan (6):

$$S_v = P_t \left( \frac{E_b}{I_o} \right) / \left( P.G_v + \left( \frac{E_b}{I_o} \right)_v \right) \dots (7)$$

dan daya yang digunakan untuk layanan data dan video dapat diekspresikan sebagai berikut:

$$S_d = P_t \left( \frac{E_b}{I_o} \right) / \left( P.G_d + \left( \frac{E_b}{I_o} \right)_d \right) \dots (8)$$

$$S_{vi} = P_t \left( \frac{E_b}{I_o} \right) / \left( P.G_{vi} + \left( \frac{E_b}{I_o} \right)_{vi} \right) \dots (9)$$

maka perbandingan daya layanan data terhadap voice direpresentasikan sebagai berikut:

$$\frac{S_d}{S_v} = \frac{\left( \frac{E_b}{I_o} \right) / \left( P.G_d + \left( \frac{E_b}{I_o} \right)_d \right)}{\left( \frac{E_b}{I_o} \right) / \left( P.G_v + \left( \frac{E_b}{I_o} \right)_v \right)} \dots (10)$$

dan perbandingan daya yang diterima oleh layanan video dengan voice:

$$\frac{S_{vi}}{S_v} = \frac{\left( \frac{E_b}{I_o} \right) / \left( P.G_{vi} + \left( \frac{E_b}{I_o} \right)_{vi} \right)}{\left( \frac{E_b}{I_o} \right) / \left( P.G_v + \left( \frac{E_b}{I_o} \right)_v \right)} \dots (11)$$

sedangkan perbandingan daya yang diterima oleh layanan video dengan data sebagai berikut:

$$\frac{S_{vi}}{S_d} = \frac{\left( \frac{E_b}{I_o} \right) / \left( P.G_{vi} + \left( \frac{E_b}{I_o} \right)_{vi} \right)}{\left( \frac{E_b}{I_o} \right) / \left( P.G_d + \left( \frac{E_b}{I_o} \right)_d \right)} \dots (12)$$

Untuk sebuah sistem yang berisi  $M$  user, sebuah sel menerima sinyal dari gabungan dari kelas lain yang mempunyai daya  $P_s = S.R$  dan  $(M-1)$  sinyal interferensi, sehingga dengan mengasumsikan sebuah sel dengan power control sempurna maka total noise adalah jumlah dari background noise dan noise yang berasal dari interferensi user sebagai berikut:

$$N_o^1 = N_o + \frac{S}{W} \cdot (M - 1) \dots (13)$$

$W$  = bandwidth yang digunakan dan  $N_o$  adalah Background noise yang berisi thermal noise di dalam spread bandwidth, sedangkan besarnya energi bit adalah sama dengan  $S$  dimana  $T_b$  adalah periode

bit ( $T_b = \frac{1}{R}$ ) jadi perbandingan energi bit

per noise  $(\frac{E_b}{N_o})$  adalah:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{N_o + \frac{S \cdot R}{W} \cdot (M - 1)} \dots\dots (14)$$

$$= \frac{G_p}{G_p \left( \frac{E_b}{N_o} \right)^{-1} + M - 1} \geq \gamma$$

dimana  $\gamma$  adalah  $\frac{E_b}{N_o}$  yang dibutuhkan

dan  $G_p$  adalah *processing gain* yang dapat didefinisikan sebagai perbandingan *bandwidth* dengan *bit rate*. Lalu jumlah maksimum *user* CDMA diambil dari persamaan (14) menjadi:

$$M = 1 + G_p \left( \frac{1}{\gamma} - \frac{1}{\frac{E_b}{N_o}} \right) \quad (15)$$

Dengan *bandwidth* yang tetap, kapasitas dapat meningkat dengan mengurangi interferensi dari *user* yang lainnya, memonitor faktor aktivitas dan jumlah *user* per sel bergantung pada *interferensi user* dari sel yang lainnya juga sebuah peningkatan faktor peningkatan *interferensi* ( $\lambda_i$ ) yang dihitung dalam penghitungan *interferensi user* persel, jadi jumlah *user* per sel:

$$N_c = \frac{M}{1 + \lambda_i} \dots\dots (16)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (15) dengan (16) menjadi:

$$N_c = \frac{1}{1 + \lambda_i} \left[ 1 + \frac{G_p}{p} \left( \frac{1}{\gamma} - \frac{1}{\frac{E_b}{N_o}} \right) \right] \dots\dots (17)$$

persamaan diatas menjadi dasar untuk menghitung kapasitas *user* lebih dari satu kelas.

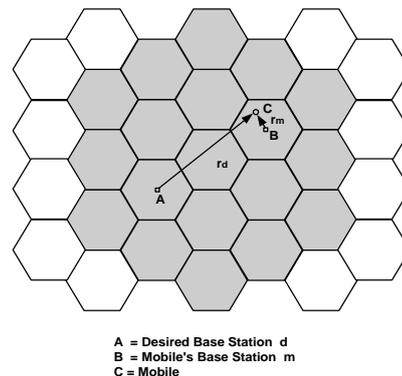
Model selular dari arah *reverse link* yang mana masing-masing BS diasumsikan berada di pusat sebuah sel, disebabkan peyebaran *bandwidth* (*spread bandwidth*) yang merata digunakan pada

masing-masing sel. Kita dapat memilih satu sel sebagai sel referensi dan *interferensi* yang dibangkitkan oleh user didalam sel referensi disebut *intracellular interference* dan interferensi yang dibangkitkan oleh *user* di dalam sel tetangga di sebut *intercellular interferensi*.

Total interferensi  $I_{tot}$  yang di terima ole BS dengan asumsi *power control* sempurna diberikan sebagai jumlah dari *intracellular* dan *intercellular interference* yang mana didefinisikan sebagai rata-rata dari perbandingan total interference  $I_{tot}$  dengan daya yang diterima S sebagai berikut:  $I_{tot} = I_{Intra} + I_{Inter}$ .

**METODE**

Model selular yang akan dianalisis digunakan sel makrosel dua tier dengan bentuk hexagonal dengan diasumsikan berupa suatu lingkaran (Vannithamby, 2010). Di dalam Gambar 2 digambarkan MS di titik C sedang berkomunikasi dengan MS di titik B dan menimbulkan interferensi ke A. Diasumsikan bahwa pada titik C terdapat beberapa MS disekitar BS (titik A dan B). Titik A adalah BS utama dan B adalah BS dimana C sedang berkomunikasi, MS menggunakan antena *omnidirectional* dan BS menggunakan tiga antena terarah (*directional*), jadi tiap sel memiliki tiga sektor dan sektorisasi dan *power control* diasumsikan sempurna.



Gambar 2. Model sistem selular (Vannithamby, 2010)

Kapasitas Sistem CDMA, pada sistem CDMA untuk mengetahui kualitas *link* bergantung pada besarnya total interferensi di dalam sistem. Lalu jumlah dan tipe dari inter-ferensi adalah parameter sistem yang krusial. Kecepatan data yang tinggi membutuhkan BER yang besar, syarat tersebut dapat dicapai dengan daya yang tinggi. Besarnya kapasitas MS pada makrocel acuan dipengaruhi oleh interferensi dari MS aktif kelas satu, dua dan tiga pada makrocel acuan  $I_H$  dan dari MS aktif kelas satu, dua dan tiga pada makrocel tetangga  $I_O$  sehingga interferensi total ke BS makrocel acuan adalah (Gilhousen, 2011):

$$I_{tot} = I_{int} + I_{ext} \dots\dots\dots (18)$$

Kapasitas sistem CDMA pada arah *reverse link* merupakan MS kelas satu, dua dan tiga yang aktif secara serempak. Kapasitas makrocel acuan merupakan jumlah MS yang aktif kelas satu ( $N_1$ ) dan kelas dua ( $N_2$ ) serta kelas tiga ( $N_3$ ) yang bergantung pada pada jumlah MS aktif kelas satu ( $M_1$ ) dan kelas dua ( $M_2$ ) serta kelas tiga ( $M_3$ ) pada makro sel tetangga *tier* ke 2 begitu juga energi tiap bit per daya interferensi untuk kelas c (*noise* diabaikan) (Gilhousen, 2011):

$$\left(\frac{E_b}{I_O}\right)_{3,\min} = \gamma_3 \dots\dots\dots (19)$$

$$E\left(\frac{I_{Inter}}{S_3}\right) = E\left(\frac{I_1}{S_3}\right) + E\left(\frac{I_2}{S_3}\right) + E\left(\frac{I_3}{S_3}\right) = \alpha_1 N_1 \frac{S_1}{S_3} + \alpha_2 N_2 \frac{S_2}{S_3} + \alpha_3 (N_2 - 1) \dots\dots\dots (20)$$

dan  $E\left(\frac{I_{Inter}}{S_3}\right)$  atau  $E\left(\frac{I_O(r_m, r_d)}{S_3}\right)$  adalah makrocel tetangga kelas tiga

sebagai acuan, persamaan (2) dapat ditulis menjadi (Kim, 2010):

$$= \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot N_2 \cdot S_2 + \alpha_3 (N_3 - 1) S_3 \quad (21)$$

dan  $E\left(\frac{I_{Inter}}{S_2}\right)$  atau  $E\left(\frac{I_O(r_m, r_d)}{S_2}\right)$  adalah makrocel tetangga kelas tiga sebagai acuan:

$$E\left(\frac{I_O(r_m, r_d)}{S_3}\right) = E\left(\frac{I_1(r_m, r_d)}{S_3}\right)_O + E\left(\frac{I_2(r_m, r_d)}{S_3}\right)_O \dots\dots\dots (22)$$

$$+ E\left(\frac{I_3(r_m, r_d)}{S_3}\right)_O$$

$$= \alpha_1 \cdot M_1 \cdot m_{13}(r_m, r_d) + \alpha_2 \cdot M_2 \cdot m_{23}(r_m, r_d) + \alpha_3 \cdot M_3 \cdot m_{33}(r_m, r_d) = mean_3(r_m, r_d) \quad (23)$$

untuk kelas satu sebagai acuan, jadi jumlah *user*  $N_1$  di *home cell* menjadi:

$$N_1 = 1 + \frac{G_1}{EbI_{O1}} - \left(\frac{\alpha_2 \cdot S_2}{\alpha_{21} \cdot S_1}\right) \cdot N_{2i} \dots\dots\dots (24)$$

$$- \left(\frac{\alpha_3 \cdot S_3}{\alpha_1 \cdot S_2}\right) \cdot N_3$$

$$\alpha_1 (N_1 - 1) \cdot S_1 + \alpha_2 N_2 S_2 + \alpha_3 N_3 S_3 + mean_1(r_m, r_d) \leq \frac{G_1}{\gamma_1} \dots\dots\dots (25)$$

jadi jumlah *user*  $N_1$  di *home cell* dan interferensi dari satu sel *tier* ke dua menjadi:

$$N_1 + \frac{\alpha_2 S_2}{\alpha_1 \cdot S_1} N_2 + \frac{\alpha_3 S_3}{\alpha_1 \cdot S_1} N_3 + \frac{1}{\alpha_1 S_1} \dots\dots\dots (26)$$

$$(mean_1(r_m, r_d)) \leq 1 + \frac{G_1}{\gamma_1}$$

$$N_1 = 1 + \frac{G_1}{\alpha_1 \gamma_1} - \frac{\alpha_2 S_2}{\alpha_1 S_1} N_2 + \frac{\alpha_3 S_3}{\alpha_1 S_1} \dots\dots\dots (27)$$

$$N_3 + \frac{1}{\alpha_1} mean_1(r_m, r_d)$$

dimana nilai  $\frac{S_2}{S_1}$  dan  $\frac{S_3}{S_1}$  (Wu, 2009):

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{\alpha_1 + \frac{G_1}{EbI\alpha_1}}{\alpha_2 + \frac{G_2}{EbI\alpha_2}} \quad \frac{S_3}{S_1} = \frac{\alpha_1 + \frac{G_1}{EbI\alpha_1}}{\alpha_2 + \frac{G_3}{EbI\alpha_3}} \dots \quad (28)$$

untuk kelas dua sebagai acuan, jadi jumlah user  $N_2$  di *home cell* menjadi:

$$N_2 = 1 + \frac{G_2}{EbI\alpha_2} - \left( \frac{\alpha_1 \cdot S_1}{\alpha_2 \cdot S_2} \right) \cdot N_1 - \left( \frac{\alpha_3 \cdot S_3}{\alpha_2 \cdot S_2} \right) \cdot N_3 \quad (29)$$

$$\alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 (N_2 - 1) \cdot S_2 + \alpha_3 N_3 S_3 + mean_2 \quad (30)$$

$$(r_m, r_d) \leq \frac{G_2}{\gamma_2}$$

jadi jumlah user  $N_2$  di *home cell* dan interferensi dari satu sel *tier* ke dua menjadi:

$$N_2 + \frac{\alpha_1 S_1}{\alpha_2 S_2} N_1 + \frac{\alpha_3 S_3}{\alpha_2 S_2} N_3 + mean_2 \quad (31)$$

$$(r_m, r_d) \leq 1 + \frac{G_2}{\gamma_2}$$

$$N_2 = 1 + \frac{G_2}{\alpha_2 \gamma_2} - \frac{\alpha_1 S_1}{\alpha_2 S_2} N_1 + \frac{\alpha_3 S_3}{\alpha_2 S_2} N_3 \quad (32)$$

$$+ \frac{1}{\alpha_2} mean_2(r_m, r_d)$$

dimana nilai  $\frac{S_1}{S_2}$  dan  $\frac{S_3}{S_2}$ :

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{\alpha_2 + \frac{G_2}{EbI\alpha_2}}{\alpha_1 + \frac{G_1}{EbI\alpha_1}} \quad \frac{S_3}{S_2} = \frac{\alpha_2 + \frac{G_2}{EbI\alpha_2}}{\alpha_3 + \frac{G_3}{EbI\alpha_3}} \dots \quad (33)$$

untuk kelas tiga sebagai acuan, jadi jumlah user  $N_3$  di *home cell* menjadi:

$$N_3 = 1 + \frac{G_3}{EbI\alpha_3} - \left( \frac{\alpha_1 \cdot S_1}{\alpha_3 \cdot S_3} \right) \cdot N_1 \dots \dots \quad (34)$$

$$- \left( \frac{\alpha_2 \cdot S_2}{\alpha_3 \cdot S_3} \right) \cdot N_2$$

$$\alpha_1 \cdot N_1 \frac{S_1}{S_3} + \alpha_2 \cdot N_2 \frac{S_2}{S_3} + \alpha_3 (N_3 - 1) + \dots \dots \quad (35)$$

$$mean_3(r_m, r_d) \leq \frac{G_3}{\gamma_3}$$

jadi jumlah user  $N_3$  di *home cell* dan interferensi dari satu sel *tier* ke dua menjadi:

$$N_3 + \frac{\alpha_1 S_1}{\alpha_3 S_3} N_1 + \frac{\alpha_2 S_2}{\alpha_3 S_3} N_2 + mean_3 \quad (36)$$

$$(r_m, r_d) \leq 1 + \frac{G_2}{\gamma_2}$$

## PEMBAHASAN

Sebelumnya telah dibahas performansi mengenai kapasitas *voice*, data dan *video* pada sistem multi sel CDMA dengan arah *reverse link*. Analisa kapasitas menghitung jumlah kapasitas *user voice*, data dan *video* yang dapat dilayani sistem berdasarkan ambang batas (*threshold*) Eb/lo dari masing-masing *user home cell* maupun yang berada sel tetangga pada *tier* ke dua dengan menggunakan program komputer MATHCAD. Kapasitas sistem didasarkan pada kebutuhan minimum dari perbandingan sinyal yang diperlukan *user voice* dengan adanya *user data* dan *video* untuk mendapatkan nilai Eb/lo yang diperlukan untuk dapat terlayani oleh sistem.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam analisa pada penelitian ini adalah perubahan variable kecepatan bit, *power control* diasumsikan sempurna, kecepatan bit R=(8,64,96,128 Kbps) dan faktor aktivitas  $\alpha=(2/8,3/8,5/8,7/8)$  yang menunjukkan efektivitas penggunaan kanal oleh tipe trafik agar informasi dapat diterima untuk masing-masing *user*, perbandingan

daya transmisi, *bandwidth* yang digunakan sebesar 15 MHz.

Analisa performansi kapasitas didasarkan pada besarnya interferensi dalam sistem CDMA dapat diakibatkan dari tiga faktor antara lain:

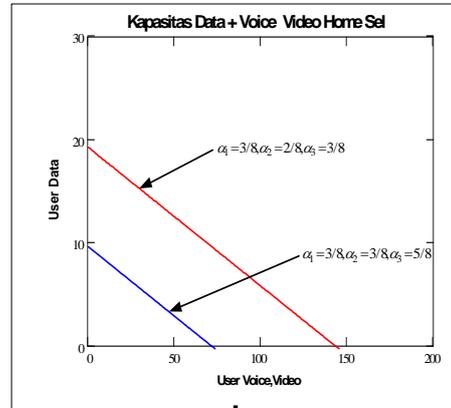
- Kelas *user* yang sama dalam satu sel.
- Kelas *user* yang berbeda dalam satu sel.
- Kelas *user* yang berbeda dari sel yang berbeda.

Interferensi *user voice*, data dan *video* pada *home cell* serta *user voice*, data dan *video* pada sel *tier* ke 2 dengan pengaruh *chip rate* (*processing gain*) dengan faktor aktivitas, yang berdampak pada perubahan kapasitas (Sandouk, 2012). Untuk menghitung jumlah dari kapasitas masing-masing kelas *user* yang sama pada *home cell* seperti pada rumus (6),(10),(15), dan jumlah kapasitas masing-masing kelas *user* yang sama pada *home cell* dengan adanya interferensi dari sel *tier* ke 2 seperti pada rumus (8),(13),(19).

Berikut ini merupakan hasil dan analisa perhitungan kapasitas *user voice*, data dan *video* pada *home cell* maupun dengan interferensi dari sel *tier* ke 2.

Analisa Kapasitas pada *Single Cell*,Kapasitas pada *single cell* dipengaruhi oleh adanya interferensi dari *user* kelas yang sama maupun kelas yang berbeda, pada perhitungan sistem kelas tunggal, pengaruh dari kelas lain tidak terjadi karena trafik hanya melayani satu trafik saja.

Pada Gambar 3 diperlihatkan besarnya kapasitas data terhadap *user voice* dan *user video* dan kualitas layanan yang tetap dengan membuat variasi kecepatan dari *user data* dan *video* seperti pada rumus (8), dan perbandingan daya pada rumus (12).

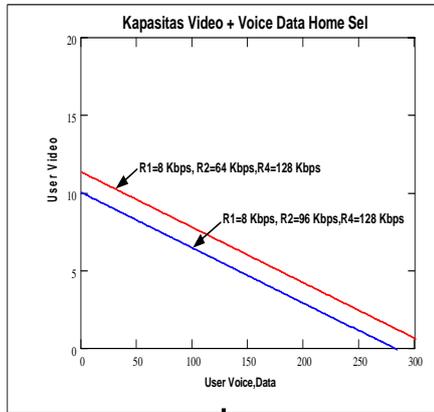


Gambar 3. Hubungan kapasitas *user data* dengan *user voice* ditambah *user video* dengan mengubah faktor aktivitas

Dari hasil tersebut maka terlihat dengan mengubah faktor aktifitas *user data* dan *video* akan didapatkan perbandingan daya yang cukup besar dikarenakan dengan besarnya aktivitas dari *user voice* dan *video* yang menyebabkan interferensi kepada *user data* dan mengalami penurunan jumlah *user* yang cukup besar dikarenakan penggunaan kanal dari *user video* yang cukup besar akan meningkatkan kapasitas *user video* dan akan mengeser alokasi *user data* dari kanal.

Pada Gambar 4 diperlihatkan besarnya kapasitas *user video* terhadap *user voice* dan *user data* dan kualitas layanan yang tetap dengan membuat variasi kecepatan dari *user data* seperti pada rumus (13), dan perbandingan daya pada rumus (18).

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dengan menambah kecepatan *user data*, maka akan merubah *processing gain* yang mengurangi pemakaian *bandwidth* sistem CDMA ditambah akan menaikkan perbandingan daya antara *user video* dengan *user voice* dan *user video* dengan *user data* yang menghasilkan interferensi kepada *user video* yang menurunkan jumlah *user video* seraya bertambahnya *user voice* dan *user data*.

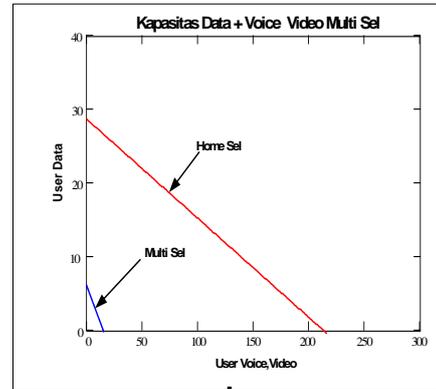


Gambar 4. Hubungan kapasitas *user video* dengan *user voice* ditambah *user data* dengan mengubah kecepatan dari *user data*

Analisa Kapasitas Multi Sel, Jumlah kapasitas pada *home cell* dipengaruhi oleh kelas *user* itu sendiri maupun dari kelas *user* yang lainnya, selain itu kapasitas *user* di *home cell* dipengaruhi oleh adanya interferensi dari *user* di *tier* yang lain yang kita asumsi dari sel *tier* ke 2. Pengaruh interferensi ini berasal dari dari satu sel tetangga sesuai dengan tingkatan 2 *tier* dengan mencari nilai rata-rata dari interferensi dari masing kelas *user* karena interferensi *user* dari *tier* ke 2 bersifat variable. Pengaruh interferensi ini dapat menurunkan kapasitas sistem layanan. Berikut akan digambarkan beberapa kelas *user* di *home cell* dipengaruhi oleh interferensi dari *tier* ke 2.

Disini kita melihat dari hasil perhitungan di atas bahwa jumlah *user voice* pada *home cell* dan dengan adanya interferensi dari satu sel ditier kedua akan mengakibatkan penurunan jumlah maksimum *user data* dan *video* dikarenakan kualitas layanan *user voice* berkurang bersama bertambahnya perbandingan daya yang besar dari *user data* dan *video* di *home cell* ditambah *user voice*, data dan *video* dari satu sel ditier ke 2, yang

menghasilkan interferensi ke *user voice* di *home cell*.



Gambar 5. Perbandingan dari *user data* di *home cell* (dipengaruhi *user voice* dan *video*) dengan *user data* di *home cell* ditambah adanya interferensi rata-rata (*mean*) pada sel *tier* ke 2

Pada Gambar 5 digambarkan perbandingan kapasitas *user voice*, ditambah *user data* dan *video* pada *home cell* dengan kapasitas *user voice*, ditambah *user data* dan *video* dengan adanya interferensi *user* yang sama dari satu sel *tier* ke 2 seperti pada persamaan (11) dan perbandingan daya (12).

Disini kita melihat dari hasil perhitungan di atas bahwa jumlah *user data* pada *home cell* dan dengan adanya interferensi dari satu sel ditier 2 akan mengakibatkan penurunan jumlah maksimum *user data* dan penurunan jumlah maksimum *user voice* dan *video* dikarenakan kualitas layanan *user data* berkurang bersama bertambahnya perbandingan daya yang besar dari *user voice* dan *video* di *home cell* ditambah *user voice*, data dan *video* dari satu sel ditier ke 2, yang menghasilkan interferensi ke *user data* di *home cell*.

## KESIMPULAN

Perhitungan dari kapasitas untuk masing-masing *user* yang berada pada sisi *home sel* mempunyai batas kualitas (*threshold*) (*Eb/lo*) yang harus dipenuhi,

dimana *user* satu dengan yang lainnya dapat memberikan sinyal interferensi. Sinyal interferensi itu dihasilkan dengan membandingkan daya antara sinyal *user* yang satu dengan yang lainnya.

Selain perbandingan daya, penggunaan faktor aktivitas yang berbeda-beda memberikan efek interferensi dengan *user* yang lain. Efek interferensi tersebut dikarenakan semakin besar faktor aktivitas, yang mengakibatkan meningkatnya kualitas layanan dari *user* tersebut, tetapi dapat menurunkan kapasitas kelas *user* yang lainnya dikarenakan penggunaan kanal yang besar pada besar *bandwidth* yang tetap.

Dengan bertambahnya kecepatan *chip* dari nilai *processing gain* dapat meningkatkan kapasitas suatu *user*, tetapi dapat mengakibatkan penurunan jumlah kapasitas *user* kelas yang lainnya (dapat menginterferensi) sehingga dapat mengurangi kapasitas total dari sistem CDMA.

Besarnya interferensi pada sel tetangga di *tier* ke 2 terhadap *user* yang berada di *home cell* bersifat variabel, oleh karena itu dihitung nilai interferensi rata-rata, mengakibatkan penurunan yang cukup besar jumlah *user* yang besar di *home cell*, sesuai dengan nilai ambang batas (*threshold*) dari masing-masing *user*.

#### DAFTAR PUSTAKA

Gilhausen K.S., et al., 2011, *On the Capacity of a cellular CDMA System*, IEEE Trans. On Veh. Tech. Vol. 40, No.2.

Kim D.H., Sun W., 2010, *The Effect of Multirate data Transmission on Spectral Efficiency in DS/CDMA Cellular Systems*, IEEE Trans. Commun, Vol. E83-B, No.5.

Michel G., Hansen, Prasad R., 2008, *Capacity, Throughput and Delay Analysis of a Cellular DS CDMA System With Imperfect Power Control and Imperfect Sectorization*, IEEE Trans. On Veh. Tech. Vol. 44 No.1.

Sandouk A., Yamazato T., Katamaya M., 2012, *An Integrated Voice/Data/Video CDMA Packet Communication with Multi-Code CDMA Scheme*, IEICE Trans. Fundamental, Vol. E-82-A, No. 10.

Vannithamby R., Sousa E.S., 2010, *Performance of Multirate Data Traffic Using Variable Spreading Gain in the Reverse Link Under Wideband CDMA*, IEEE Vehicular Technology Conference.

Wang M., Kohno R., 2008, *A Novel Wireless Multimedia CDMA System Based on Adaptive Chip/Bit Rate Control*, IEICE Trans. Fundamentals Vol. E81-A, No. 11, pp. 76-85.

Wu J., Kohno R., 2009, *A Wireless Multimedia CDMA System Based on Transmission Power Control*, IEEE J. Select. Areas Comm., pp. 683-692.

## PERANCANGAN MODEL ALAT BANTU TERAPI STROKE NON FARMAKOLOGIS DENGAN GANGGUAN PENURUNAN KEKUATAN OTOT

Rr. Hajar Puji Sejati<sup>1</sup>, Izzati Muhimmah<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Magister Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Masuk: 26 Mei 2015, revisi masuk : 18 Juni 2015, diterima: 14 Juli 2015

### ABSTRACT

*This paper discusses the design tool to model non-pharmacological treatment of stroke patients based on multimedia. Definition of stroke according to the World Health Organization (WHO) is a clinical sign of either focal or global form of brain dysfunction that develops quickly, with symptoms lasting 24 hours or longer and can lead to death, with no apparent cause other than vascular. Therapeutic exercises strengthening muscle strength in case of a decrease in muscle strength in this study is part of a post-stroke rehabilitation. The design model of this tool is expected to help the families of stroke patients to perform self-therapy. Stroke patients who will be treated in this study is limited to disorders with decreased muscle strength. This multimedia-based designs used to simplify the user to see a visual example with multimedia. The result of this study is an example of exercise in form of animation.*

**Key words:** stroke, therapy, design, multimedia

### INTISARI

Makalah ini membahas perancangan untuk membuat model alat bantu terapi stroke non farmakologis berbasis multimedia. Definisi stroke menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) adalah tanda klinis baik fokal atau global berupa gangguan fungsi otak yang berkembang cepat, dengan gejala berlangsung 24 jam atau lebih dan dapat menyebabkan kematian, tanpa sebab yang jelas selain dari vascular. Latihan terapi penguatan kekuatan otot pada kasus penurunan kekuatan otot pada penelitian ini merupakan bagian dari rehabilitasi pasca stroke. Perancangan model alat bantu ini diharapkan dapat membantu keluarga pasien stroke untuk melakukan terapi mandiri. Penderita stroke yang akan diterapi pada penelitian ini terbatas pada gangguan penurunan kekuatan otot. Perancangan ini di desain berbasis multimedia untuk mempermudah user melihat contoh visualisasi dengan multimedia. Hasil pada penelitian ini berupa contoh gerakan terapi dalam bentuk animasi.

**Kata Kunci:** stroke, terapi, perancangan, multimedia

### PENDAHULUAN

Perancangan model alat bantu ini dirancang hanya membantu keluarga pasien untuk melakukan terapi mandiri bukan untuk menggantikan peran dokter maupun fisioterapis atau paramedis lainnya. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh jumlah penderita stroke yang menyerang usia masih produktif membuat penulis tertarik dengan kasus stroke, dengan cara merancang pembuatan model alat bantu terapi stroke dengan tujuan membantu keluarga pasien stroke untuk memberikan contoh/visualisasi gerakan terapi stroke secara

mandiri di rumah. Rumusan masalah bagaimana merancang sistem pakar untuk terapi stroke dan bagaimana merancang antarmuka yang *user friendly* bagi penderita stroke. Tujuan dapat merancang sistem pakar alat bantu terapi stroke untuk meningkatkan kekuatan otot pasien stroke dan merancang model alat bantu terapi stroke yang dapat digunakan oleh user dengan mudah.

Pemulihan pasca perawatan dan prevensi faktor-faktor resiko stroke akan mengurangi angka kematian dan peningkatan disabilitas pasca stroke. Secara umum, ada bukti yang menun-

---

<sup>1</sup>hajarsejati@gmail.com

jukkan bahwa outcome klinis yang lebih baik akan di capai ketika pasien stroke pasca fase akut mendapatkan evaluasi dan intervensi multidisipliner yang terkoordinasi. Tim multi disipliner terdiri dari dokter, perawat, ahli terapi fisik, ahli terapi okupasional, ahli kinesioterapi, ahli patologi bicara dan bahasa, psikolog, ahli terapi rekreasional, pasien dan anggota keluarga/pengasuh (Gofir, 2009).Berikut ini tabel skala kekuatan otot (Miller, 1996) :

Tabel 1 Skala Kekuatan Otot

Findings	Grade
normal motor power	5
able to overcome gravity and significant resistance but strength not quite normal	4++
able to overcome gravity and moderate resistance	4+
able to overcome gravity and mild resistance	4
able to overcome gravity but not resistance	3
unable to overcome the force of gravity but able to move in the plane of the supported extremity	2
flicker movements only	1
Total paralysis	0

Skala yang ditemukan dalam data rekam medis yang dipakai pada penelitian ini menggunakan skala kekuatan otot (0, 1, 2, 3, 4 dan 5) seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 2 Skala kekuatan otot.

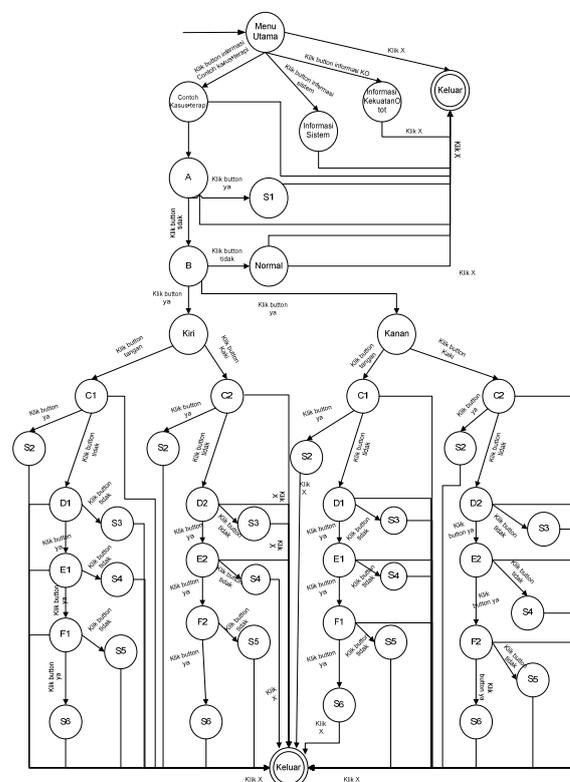
Tingkat	Keterangan
0	Kelumpuhan total
1	Adanya kontraksi otot
2	Dapat bergerak geser ke kanan & kiri tanpa melawan gravitasi
3	Dapat melakukan gerakan melawan gravitasi
4	Dapat bergerak melawan gravitasi dengan diberikan tahanan (beban) ringan
5	Kekuatan otot normal

Penulisan skala di atas telah memperoleh persetujuan dari dokter spesialis rehabilitasi medik yang beerperan sebagai nara sumber pada tahap awal penelitian ini.

Sistem pakar adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer, agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli (Kusumadewi, 2003). Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini antara lain: Perancangan alat bantu interaktifpenunjang aktivitas pendamping-insan pasca stroke (Hariandja dan Maitimo, 2014) Kembali aktif pasca stroke (Lutfie, 2012) Perancangan alat permainan untuk pasien pasca stroke(Rosyada, 2010) Beberapa video yang di unggah oleh rumah sakit di Singapura pada youtube.

**METODE**

Metode penelitian yang dilak-ukan ada dua cara yaitu studi pustaka dan pengumpulan data sekunder.



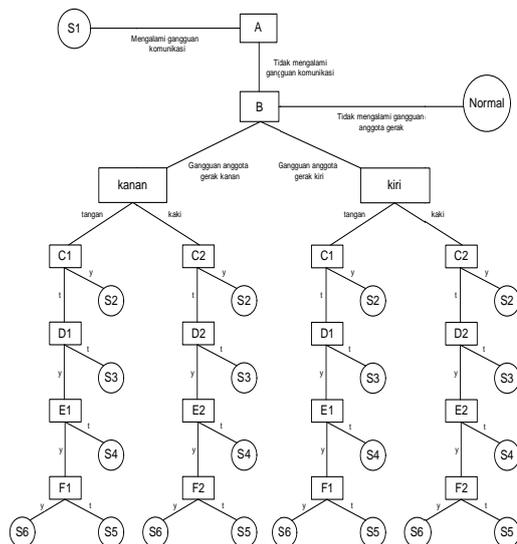
Gambar 1. Finite state machine.

Studi pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan dan mempelajari informasi-informasi dari buku, jurnal, serta sumber bacaan lain yang memiliki keterkaitan dengan permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini. Pengumpulan data sekunder diperoleh dari data rekam medis penyakit syaraf

Rumah Sakit Daerah Umum (RSUD). Metode perancangan sistem pakar dilakukan untuk membangun dasar dari sistem pakar yang akan dibuat. Perancangan pada model alat bantu menggunakan FSM untuk menggambarkan alur aksi-aksi pada sistem, *finite state machine* dapat dilihat pada Gambar 1.

**PEMBAHASAN**

Metode perancangan sistem pakar pada penelitian ini diawali dengan mengkodekan data rekam medis menjadi sebuah tabel keputusan, dari tabel keputusan diolah menghasilkan sebuah aturan *if then* lalu dari aturan dan tabel tersebut dapat dibentuk suatu model menggunakan pohon keputusan. Pohon keputusan pada rancangan sistem pakar ini dapat dilihat pada Gambar 2:



Gambar 2. Pohon keputusan.

Keterangan Pohon keputusan:

A = Apakah pasien mengalami gangguan komunikasi ?

B = Apakah pasien mengalami gangguan anggota gerak?

C1, C2 = Apakah pasien mengalami kelumpuhan otot total ?

D1, D2 = Apakah pasien bisa melakukan gerakan tanpa melawan gravitasi?

E1, E2 = Apakah Pasien bisa melakukan gerakan melawan gravitasi?

F1, F2 = Apakah pasien bisa melakukan gerakan melawan gravitasi dengan tahanan (beban) ringan

S1 = Tidak bisa diterapi dengan aplikasi ini karena butuh penanganan khusus dalam hal komunikasi

N = Normal tidak perlu diterapi

S2 = Tidak bisa diterapi dengan aplikasi ini karena kekuatan otot lumpuh (K.O 0)

S3 = Tidak bisa diterapi dengan aplikasi ini karena kekuatan otot hanya berkontraksi saja.

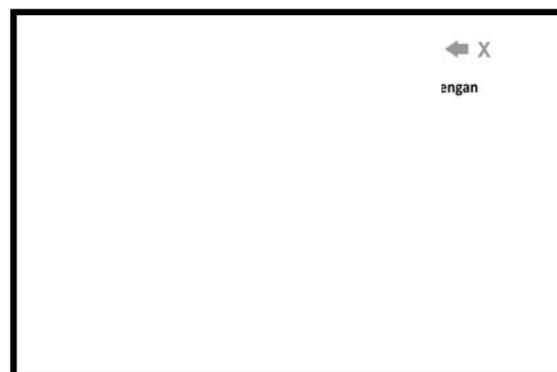
S4 = Solusi terapi dengan gerakan tanpa melawan (K.O 2)

S5 = Solusi terapi dengan gerakan melawan gravitasi tanpa beban (K.O 3)

S6 = Solusi terapi dengan gerakan melawan gravitasi dengan tahanan ringan (K.O 4)

K.O = Kekuatan Otot

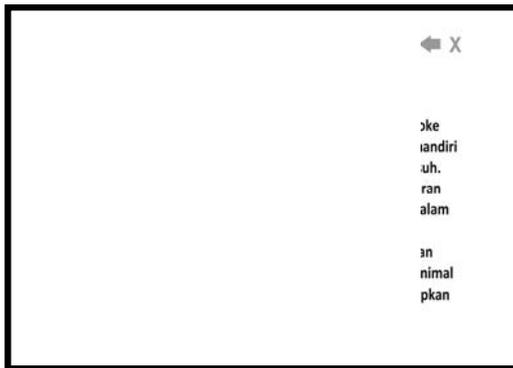
Storyboard antar muka alur perancangan model alat bantu terapi stroke non farmakologis berbasis multimedia, dapat dilihat pada beberapa Gambar -gambar di bawah ini:



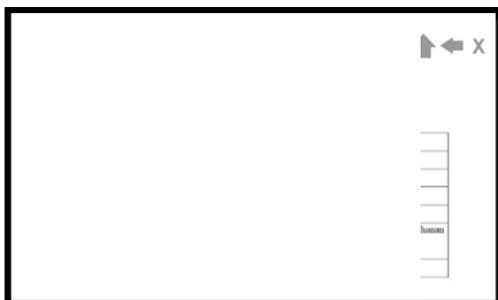
Gambar 3 Halaman utama

Pada gambar 3 Halaman utama berisi tentang menu yang dirancang pada model alat bantu terapi stroke non farmakologis berbasis multimedia, ada 3 menu utama. Informasi Sistem jika di klik maka akan

muncul penjelasan sistem yang dapat di lihat pada gambar 4 berupa deskripsi tentang model alat bantu ini, bahwa perancangan model ini tidak dirancang untuk menggantikan peran dokter maupun fisioterapis. Model ini hanya dirancang untuk membantu pasien melakukan terapi secara mandiri dengan bantuan keluarga.



Gambar 4 Penjelasan sistem



Gambar 5 Informasi Kekuatan Otot



Gambar 6 Pertanyaan Terstruktur Pertama

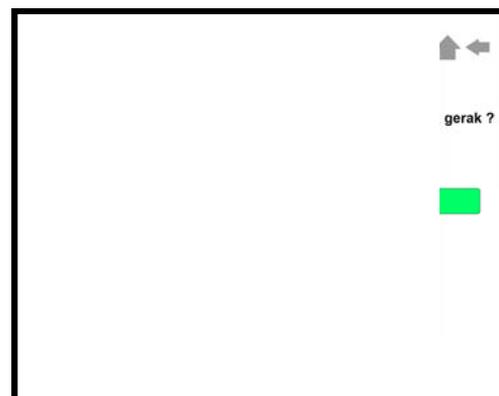
Pada gambar 5 menu informasi kekuatan otot berisi tentang tabel skala

kekuatan otot beserta keterangannya. Kekuatan otot ada pada data rekam medis pada penelitian ini menggunakan skala 0, 1, 2, 3, 4, dan 5. Kekuatan otot 5 merupakan kekuatan otot Normal.

Untuk menu Contoh kasus & terapi berisi tentang beberapa pertanyaan terstruktur yang digunakan untuk mendiagnosa kekuatan otot yang dimiliki oleh pasien. Pertama kali pertanyaan terstruktur yang muncul adalah tentang gangguan komunikasi yang dapat di lihat pada gambar 6, jika pasien mengalami gangguan komunikasi (pilih ya) maka akan muncul keterangan tidak bisa di terapi dengan model alat bantu ini dapat dilihat pada gambar 7. Pada pertanyaan terstruktur pertama tersebut jika pasien pilih "tidak" maka sistem akan menuju ke pertanyaan selanjutnya yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7 contoh hasil jawaban dari sistem



Gambar 8 Pertanyaan Terstruktur Kedua

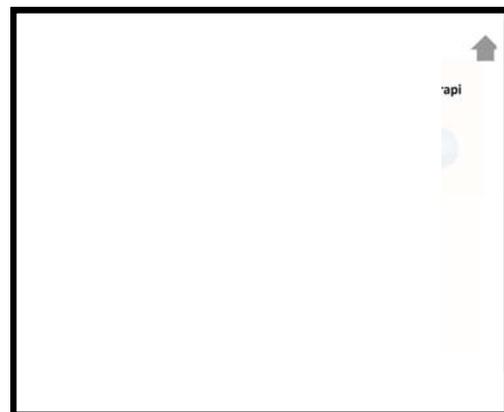
Pertanyaan terstruktur kedua "Apakah pasien mengalami gangguan anggota gerak?"

Pertanyaan berikutnya selain mengarah pada bagian tubuh kanan atau kiri jika dipilih salah satu maka akan ada pertanyaan selanjutnya tentang bagian tubuh tangan saja atau kaki saja yang mengalami gangguan anggota gerak. Jika sudah dipilih bagian anggota tubuh yang mengalami gangguan maka sistem akan memproses ke pertanyaan terstruktur berikutnya "Apakah pasien mengalami kelumpuhan otot total?" jika "ya" maka kekuatan otot pasien di diagnosa memiliki kekuatan otot 0 dan tidak bisa di terapi dengan rancangan model alat bantu ini. Jika dipilih "tidak" maka akan dilanjutkan ke pertanyaan terstruktur berikutnya "apakah pasien bisa melakukan gerakan tanpa melawan gravitasi?" jika di pilih "tidak" maka akan muncul informasi bahwa pasien di diagnosa memiliki kekuatan otot 1, sehingga tidak bisa di terapi dengan rancangan model alat bantu ini. Jika di pilih "ya" maka sistem akan mengarah ke pertanyaan terstruktur berikutnya "Apakah pasien bisa melakukan gerakan melawan gravitasi tanpa membawa tahanan?" jika di pilih "tidak" maka pasien di diagnosa memiliki kekuatan otot 2 (dan muncul diagnosa kekuatan otot serta saran terapi). Jika di pilih "ya" maka sistem akan mengarah ke pertanyaan terstruktur berikutnya "Apakah pasien bisa melakukan gerakan melawan gravitasi dengan membawa tahanan ringan?" Jika di pilih "tidak" maka pasien di diagnosa memiliki kekuatan otot 3, namun jika di pilih "ya" maka pasien di diagnosa memiliki kekuatan otot 4 seperti pada Gambar 9.



Gambar 9 Diagnosa Kekuatan otot 4.

Secara keseluruhan pada model alat bantu ini apabila pasien tidak mengalami gangguan komunikasi dan memiliki kekuatan otot minimal 2 maka dirancang pada akhir menu ada ringkasan diagnosis dan muncul menu button saran. Jika di klik button saran terapi maka akan muncul gambar animasi seperti pada Gambar 10 dan jika di klik bagian tubuh tangan atau kaki maka akan muncul contoh gerakan terapi. Misal klik pada bagian pergelangan tangan kanan maka akan muncul contoh gerakan terapi berupa animasi contoh gerakan terapi seperti pada gambar 11, disertai keterangan tentang durasi terapi.



Gambar 10 Pilihan Anggota tubuh



Gambar 11 Contoh Gerakan Terapi

## KESIMPULAN

Data rekam medis yang di kodekan menggunakan tabel keputusan dan diperoleh sebuah aturan *Rule Base*

*Reasoning* berbentuk *if - then* telah membantu sebagai data pendukung untuk perancangan aplikasi sistem pakar ini. Dari data rekam medis tersebut lalu diolah sehingga dapat di bentuk suatu model menggunakan pohon keputusan untuk membuat rancangan aplikasi sistem pakar model alat bantu terapi stroke non farmakologis berbasis multimedia. FSM (*finite state machine*) dan *story board* dapat mempermudah perancangan alur sistem pakar yang akan di bangun. Perancangan ini diharapkan dapat dikembangkan menjadi model alat bantu terapi stroke non farmakologis dengan gangguan kekuatan otot berbasis multimedia yang dapat membantu pasien atau keluarga pasien stroke untuk melakukan gerakan terapi stroke secara mandiri di rumah. Model alat bantu ini dirancang hanya membantu bukan menggantikan peran paramedis jadi sebelum menggunakan model alat bantu ini keluarga pasien stroke harus berkonsultasi dengan paramedis. Pengujian pada penelitian ini akan dilakukan dengan cara *focus group discussion* dengan fisioterapis.

#### DAFTAR PUSTAKA

Gofir, A., 2009, *Manajemen Stroke*, Pustaka Cendekia Press, Yogyakarta.

- Hariandja dan Maitimo,R., 2014, Perancangan Alat Bantu Interaktif Penunjang Aktivitas Pendamping Insan Pasca Stroke,*Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.
- Kusumadewi, S., 2003,*Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Lutfie, S.H., 2012, *Kembali Aktif Pasca Stroke*, Tiga Serangkai, Solo.
- Miller DW Hahn JF. Chapter 1: General methods of clinical examination. pags 31-32. IN: Youmans JR. Neurological Surgery 4 edition. W.B. Saunders Company. 1996.
- Rosyada, et al, Perancangan alat permainan untuk pasien pasca stroke,*Jurnal Teknik Industri*, Universitas Diponegoro: Vol V, No 3,2010.
- [http://www.who.int/healthinfo/statistics/bod\\_cerebrovascular\\_diseases/stroke.pdf](http://www.who.int/healthinfo/statistics/bod_cerebrovascular_diseases/stroke.pdf)
- <http://www.youtube.com/watch?v=3GbpbuwcWDk>

## ALAT BANTU ANALISIS KERUSAKAN ANTI-FRICTION BEARING PADA UNIT ALAT BERAT

Jarot Wijayanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banjarmasin

Masuk: 24 Maret 2015, revisi masuk : 20 April 2015, diterima: 12 Juni 2015

### ABSTRACT

*Damage to engine part from unit of heavy equipment that often happens will interfere the activity of production because the unit of heavy equipment automatically will experience improvement. With the anticipation of anti-friction bearing damage will reduce the repair of any units of heavy equipment caused by damage to the anti-friction bearing. The purpose of creation of this tool is to help examine and analyze the damage often occurs on anti-friction bearing in unit of heavy equipment. Method of making a tool anti-friction bearing damage analysis, on unit of heavy equipment with operating conditions approach happens i.e. aspect of the workload and working temperature. Simulation as a media tool anti-friction bearing damage can be done. The result of manufacture of tool breakage analysis of anti-friction bearing this could make it easier to know the working conditions and the variable load and speed rounds so the data parameter causes damage taken (annihilation due to the influence of vibration and heat which occurs). Components anti-friction bearing damage analysis tool i.e. dynamo 3 phase 1500rpm, inverter, coupling flens Ø6', shaft Ø70mmx600mm, pillow bearing Ø70mm, Housing bearing and punch, inner pack capacity 10ton, ball bearing, frame.*

**Key word :** tools, anti-friction bearing, damage, working condition

### INTISARI

Kerusakan bagian mesin dari unit alat berat yang sering terjadi akan mengganggu aktivitas produksi karena secara otomatis unit alat berat akan mengalami perbaikan. Dengan langkah antisipasi kerusakan anti-friction bearing akan mengurangi perbaikan dari setiap unit alat berat yang disebabkan oleh kerusakan pada anti-friction bearing. Tujuan dari pembuatan alat bantu ini adalah membantu mengkaji dan menganalisis kerusakan yang sering terjadi pada anti-friction bearing di unit alat berat. Metode pembuatan alat bantu analisis kerusakan anti-friction bearing pada unit alat berat dengan pendekatan pada kondisi operasi yang terjadi yaitu aspek beban kerja dan temperatur kerja. Alat bantu sebagai media simulasi kerusakan anti-friction bearing dapat dilakukan. Hasil dari pembuatan alat bantu analisis kerusakan anti-friction bearing ini bisa memudahkan mengetahui kondisi kerja dan variabel beban dan kecepatan putaran sehingga diambil parameter data penyebab kerusakan (pengikisan karena pengaruh getaran dan panas yang terjadi). Komponen alat bantu analisis kerusakan anti-friction bearing yaitu ; dinamo 3phase 1500rpm, inverter, coupling flens Ø6', poros Ø70mmx600mm, pillow bearing Ø70mm, Housing bearing dan punch, inner pack kapasitas 10ton, ball bearing, frame.

**Kata kunci :** alat bantu, anti-friction bearing, kerusakan, kondisi kerja.

### PENDAHULUAN

Sesuai program pemerintah melalui master plan percepatan pembangunan Indonesia (MP3EI), Area Kalimantan masuk dalam koridor ekonomi sebagai pusat produksi dan pengolahan hasil tambang dan lumbung

energi nasional. Kegiatan ekonomi utamanya adalah; minyak dan gas, kelapa sawit, batu bara, besi baja, bauksit dan perikanan. Propinsi Kalimantan Selatan merupakan salah satu provinsi yang memiliki kekayaan alam yang berlimpah. Kekayaan alam

---

<sup>1</sup> jarot@akprind.ac.id.

utama yang dihasilkan adalah batubara dengan produksi pertahun lebih dari 100 juta ton (2012) dengan tren produksi yang terus meningkat seiring peningkatan permintaan energi dunia. (Ayuningrum H.,2013)

Dengan produksi tambang batubara yang besar maka tentunya Propinsi Kalimantan Selatan memerlukan kesiapan sumberdaya manusia dan sarana (unit alat berat). Dalam hal ini tentunya alat berat yang awet sehingga mampu bekerja keras untuk menyelesaikan pekerjaan secara maksimal sehingga mendukung tercapainya kapasitas produksi yang tinggi. Unit alat berat yang digunakan dalam proses produksi tambang batubara antara lain compactor, dozer, excavator, backhoe loader, wheel loader, wheel dozer, wheel excavator dan off highway truck. Dari semua jenis alat berat tersebut diatas tentunya terdiri sistem elektrical dan engine serta tool lainnya (bagian-bagian mesin : roda gigi, bantalan, kopling, pasak, poros, mur dan baut dan lain-lain). Akan tetapi kapasitas beban operasi yang tinggi dari unit alat berat dan faktor kesalahan pengoperasian akan menyebabkan kerusakan (*failure*) dari bagian-bagian mesin walaupun perawatan sudah cukup memadai. Kerusakan (*failure*) tersebut 80% karena *fatigue/kelelahan (thermal fatigue, low-cycle fatigue, simple fatigue/high cycle)* dan sisanya 20% disebabkan oleh *corrosion mechanisme, creep* dan *principle stress (static) fracture* (Matthews, 1998).

Aherwar M, 2012.,melakukan analisis kerusakan dari rolling element bearing Hasil analisis menunjukkan komponen yang prosentasenya rusak adalah *inner ring* sebesar 90% dan yang terendah pada rolling element sebesar 30%. Sedangkan prosentase kerusakan pada bearing masing-masing : *overloading (axial loading)* beban sebesar 10%, *improper mounting* 60%, *inadequate lubricant* 30%, *contamination* 0%, *moisture/chemical action* 30%, *failure cause due to high temperature* 40%, *poor handling* 50%, *misalignment* 20%, *improper lubrication* 50%.

Gegner J, 2011., meneliti aspek dari tribologi terhadap kerusakan *rolling bearing*. Dalam hal ini disampaikan

pentingnya aspek dari tribologi yang bersinggungan langsung pada putaran terhadap kerusakan bantalan (*bearing*).

Timken, 2011.,menyampaikan pengikisan element bearing pemakaian bisa disebabkan oleh material yang berasal dari luar bearing. Pasir, logam bekas pengikisan grinding atau proses permesinan dan material karbid dari gears. Pada tapered bearing, tingkatan pengikisan pemakaian roller dan cone rib lebih besar daripada race. Pengikisan ini akan terjadi dengan penambahan ruang gerak atau jarak ruang ijin. Hal ini dapat menurunkan umur lelah dan ketidak lurusan pada bearing. Pengikisan pemakaian juga dapat dipengaruhi oleh komponen lain dari mesin pada bearing yang digunakan. Partikel dari luar bisa masuk karena seals yang tidak efektif. Korosi sering terjadi disebabkan oleh air kondensasi (uap air atau air ) pada rumah bearing oleh perbedaan temperatur.

Ray D, 2009.,menganalisa *journal bearing*. *Journal bearing* dibuat nomor dari perbedaan hidrodinamis jenis *bearing* yang mencakup *plain sleeve, fixed lobe* dan *tilting pad*. Secara umum kegagalan model dari *journal bearing* salah satunya dari kurangnya pelumasan dan pembebanan lebih. Bilamana salah satu bisa terjadi, kegagalan akan mendadak dan dapat merupakan menimbulkan bencana besar. Memberikan kontrol saat *safe shutdown* dari amplitudo tinggi seperti yang disampaikan pada standar API atau pada journals yang lain.

Catterpillar, 2005.,menyampaikan cacat pada antifriction bearing terutama sekali datang dari material, pembentukan, permesinan, perilaku panas, gerinding dan kesulitan pemasangan. Kelebihan beban adalah hal yang biasa sebagai faktor penyebab kegagalan bearing lebih awal. Kelebihan beban menyebabkan panas yang berpengaruh pada kekentalan oli. Panas akan menyebabkan kekentalan oli menurun dan membuat lapisan film tipis, membiarkan kontak antara komponen rolling dan raceway.

Kerusakan bagian-bagian mesin dari peralatan alat berat tentunya akan

berakibat adanya perbaikan (maintenance) yang memerlukan waktu dan biaya yang banyak sehingga akan berdampak dari produksi tambang batubara yang dihasilkan per hari. Dari uraian diatas yang selanjutnya digunakan untuk menganalisa dari kondisi operasi kerja yang meliputi temperatur kerja, beban kerja dan kondisi lingkungan kerja/korosi dari bearing.

Cappelino, 2000., menganalisis panas pada bearing pompa sentrifugal, menggunakan prinsip perpindahan panas dan termodinamika. Dalam analisa dimungkinkan untuk memperkirakan temperatur pelumasan bearing antara lebar pemakaian dan kondisi saat beroperasi. Hasilnya menunjukkan prinsip dan prosedur secara umum dapat dengan mudah diterapkan dengan akurasi pada model lain untuk mengamati kemiripan kemampuan bearing.

sehingga dilakukan alternatif penyelesaian yang tepat untuk menjaga efisiensi dan efektivitas tinggi dari peralatan alat berat sehingga meningkatkan kinerja dengan umur pakai yang relatif lama. Tujuan pembuatan alat bantu analisis kerusakan bearing pada unit alat berat adalah merancang alat uji perlu kiranya dilakukan penelitian untuk mencari informasi bagian-bagian mesin yang prosentasenya tinggi mengalami kerusakan dan mencari akar permasalahan dari kerusakan.

## METODE

Metode yang dilakukan untuk membantu pelaksanaan pembuatan alat bantu ini adalah :

Studi Literatur, penulis menggunakan ini untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan macam-macam kerusakan pada bearing. Studi literatur ini mengacu pada buku/modul, data sheet dari berbagai macam komponen yang dipergunakan data yang didapat dari internet, SIS PT.TU Cabang Banjarmasin dan makalah-makalah.

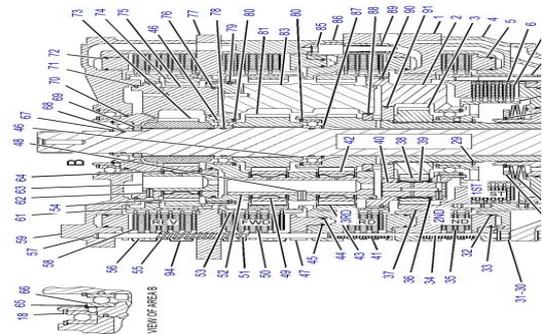
Pembuatan Alat, berisi tentang proses perencanaan alat berupa variasi pembebanan dan kecepatan putar pada anti-friction bearing

Uji alat, dari alat yang sudah dibuat maka dilakukan pengujian terhadap masing-masing bagian dengan

tujuan untuk mengetahui fungsi agar sesuai yang diharapkan dan bisa melakukan pengambilan data.

Perancangan, ball bearing yang berada dalam konstruksi transmission group unit D10R (Gambar 1) akan kesulitan jika dilakukan pengambilan data dan simulasi secara langsung dalam sistem transmisi, untuk itu perlu dilakukan pembuatan alat bantu untuk menganalisa kerusakannya.

Gambar 4. Menunjukkan lay out rancangan alat bantu kerusakan anti-friction bearing. Kegagalan (kerusakan) dari bearing pada suatu unit alat berat dapat disebabkan oleh beberapa faktor potensial yang berpengaruh. Faktor potensial antara lain : pengikisan (overloading, heat treated, electrical current, distorsy dan vibration damage),. Dengan adanya alat bantu tersebut bisa dijadikan media untuk mengukur parameter yang menyebabkan kerusakan pada anti-friction bearing.



Gambar 1. Transmission Group Unit D10R (SIS, PT.TU, 2015)



Gambar 2. Component Transmission Condition When Received at Workshop PTTU Banjarmasin

Perhitungan Beban Ekuivalen Statis (Po) radial, (Sularso, 2004)

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \dots\dots\dots(1)$$

X<sub>o</sub>; Y<sub>o</sub> adalah Faktor Pembebanan



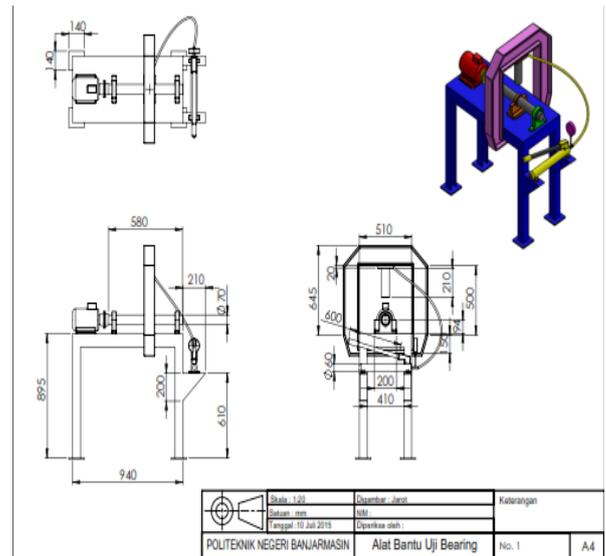
Gambar 3. After dismantle component found Ball Bearing P/N. 2D-5658 was broken and many material piece of Ball Bearing at housing. Recommended to replace Ball Bearing.

Ball bearing dan roller bearing memiliki masa pakai yang lama asalkan tidak kelebihan beban (overload), salah pemasangan, dipasang dengan tidak benar atau dibiarkan kekurangan pelumas. Berikut ini adalah sebab-sebab kerusakan bearing dan bagaimana mengenalinya.

Satu, abrasi / Abrasion. Masuknya kotoran dan pasir ke dalam bearing dapat menyebabkan keausan dini dengan menggilas permukaan yang menimbulkan permukaan kasar dan menghilangkan kehalusan permukaan.

Dua, kekurangan Pelumasan / Lack of Lubrication. Timbulnya panas merupakan akibat kekurangan pelumasan. Panas menyebabkan perubahan warna pada permukaan bearing, roller dan ball. Pada plain bearing, kekurangan pelumasan akan mengakibatkan goresan dan keausan berlebih dan akhirnya

akan menyebabkan bearing rusak secara menyeluruh. Sangatlah penting melakukan pelumasan pada pin dan bearing yang sedikit bergerak satu sama lain untuk meyakinkan tidak terjadi keausan.



Gambar 4. Lay out rancangan alat uji kerusakan bearing

Spesifikasi komponen-komponen yang diperlukan antara lain ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. List komponen alat bantu

No	Nama	Jml	Satuan
1	Ball bearing, Ø 70mm	2	buah
2	Koupling flens, Ø 6"	1	set
3	Dinamo, 3phase 1500rpm	1	buah
4	Inventer	1	buah
5	Poros, Ø 70mm x 600mm	1	buah
6	Pillow bearing, , Ø 70mm	2	buah
7	Housing bearing dan punch	1	set
8	Inner pack, 10T	1	set
9	frame	1	set

Tiga, korosi / Corrosion. Air dan uap akan menyebabkan korosi. Ini terlihat seperti bekas lubang-luang atau daerah berkarat. Penanganan yang ceroboh atau penyimpanan bearing yang tidak benar setelah pencucian dapat menyebabkan korosi permukaan.

Empat, pemasangan yang salah /Faulty Fitting. Ball dan roller bearing biasanya mempunyai toleransi kesesuaian pemasangan antara bearing dengan shaft. Ini tidak boleh berlebihan, jika tidak inner race akan dipaksa mengembang dan akan terjadi pembengkokan bearing, yang akan mengakibatkan kerusakan. Setiap cacat atau kerusakan pada shaft akan menyebabkan distorsi secara lokal pada race. Area yang terdistorsi ini akan kelebihan beban dan kerusakan akan bermula dari sana. Shaft harus bersih dan halus agar bearing dapat terpasang dengan tepat pada shaft. Pemasangan outer race bearing ke dalam housing juga harus diperhatikan. Shaft dan housing harus diperiksa terlebih dahulu sebelum pemasangan bearing.

Lima, penyetelan yang salah / Faulty Adjustment. Ada tiga jenis penyetelan: terlalu longgar, terlalu kencang dan benar. Referensi harus sesuai dengan spesifikasi pabrik pembuat, apakah bearing itu harus diberi beban awalan atau tidak. Umumnya, bearing disetel agar tidak terlalu longgar atau terlalu kencang; kedua kondisi tersebut dapat menyebabkan ball atau roller pecah dan permukaan bearing menjadi tergores. Penyetelan yang terlalu kencang akan menyebabkan panas berlebihan pada awalnya, dan berakibat kemungkinan hilangnya pelumas.

## PEMBAHASAN

Alat bantu kerusakan anti-friction bearing berfungsi untuk membantu dalam pengambilan data-data penyebab kerusakan anti-friction bearing. Dengan variasi beban statis (radial) pada bearing dan kecepatan putaran dari poros bisa diambil parameter data yang menyebabkan pengikisan (getaran maupun panas yang terjadi). Ada sejumlah cacat yang dapat terjadi dalam antifriction bearing. saat menginspeksi bearing (Catterpillar, 2003).

Galling merupakan keausan pada permukaan bearing dengan beberapa lubang kecil. Hal ini disebabkan oleh pelumasan yang buruk atau kurang pelumasan.

Spalling adalah permukaan yang berlubang-lubang di raceway dalam dan

luar dan mungkin pada ball atau roller. Ini disebabkan karena logam terlalu tertekan dan ini disebut sebagai kelelahan logam. Ini bisa disebabkan oleh penyetelan yang terlalu longgar, yang membuat dampak atau beban kejutan pada permukaan bearing. kelebihan beban pada bearing adalah kemungkinan penyebab lainnya.

Corosion yaitu karat membuat bekas pada permukaan, atau bagian lain dari bearing. Ini disebabkan oleh adanya air atau kelembaban.

Pitting merupakan tanda-tanda lubang dalam permukaan bearing. Ini bisa merupakan korosi lanjutan yang disebabkan oleh air atau kelembaban.

Discoloration adalah permukaan bearing berubah warna karena panas. Mungkin terjadi karena kurangnya pelumasan. Operasi yang terus menerus dapat menyebabkan lecet dan rontok. Perubahan warna dapat juga disebabkan bearing disetel terlalu kencang. Hal ini bisa mengakibatkan overheating.

Fretting merupakan tanda pengikisan yang disebabkan oleh pergerakan. Umumnya terjadi ketika bearing terlalu longgar padaudukannya atau shaft.

Crack Race, Inner race dapat mengalami keretakan jika terlalu kencang pada shaftnya dan outer race dapat retak jika terlalu kencang dalam housingnya.

Brinelling dapat terjadi ketika bearing kelebihan beban atau salah dalam pemasangan, timbulnya lekukan-lekukan lubang pada raceway. Gambar 5. Menunjukkan alat bantu kerusakan bearing dan bagian-bagiannya.

Pembuatan alat bantu kerusakan anti-friction bearing menggunakan frame besi tuang profil I dengan ketebalan 3mm (Gambar 3 dan 4). Frame dirangkai menggunakan proses pengelasan listrik. Spesimen anti-fiction bearing ditempatkan ditengah poros  $\varnothing$  70mm x 600mm menggunakan bushing yang disuport oleh 2 buah pillow bearing. Poros dihubungkan dengan motor listrik melalui koupling flens  $\varnothing$  6". Punch hidroulik secara radial tepat diatas housing bearing bagian atas.



Gambar 5. Alat bantu kerusakan anti-friction bearing

Mekanisme kerja dari alat ini adalah sebagai berikut : Satu, menentukan pembebanan radial (konversi dari tekanan) dengan cara memompakan aktuator power hidroulik yang sudah ada pressure gauge. Gerakkan punch hidrolik sampai menyentuh housing atas bearing sampai mendapatkan *pressure* yang diinginkan. Kunci pembebanan radial dengan menggerakkan valve hidroulik. Dua, menentukan kecepatan putaran poros pada inverter. Tiga, tekan panel on pada motor listrik. Empat, jalankan untuk berapa lama menurut jumlah rpm yang diinginkan atau berapa jam operasi Lima, lakukan pengambilan data panas dan getaran yang terjadi pada bearing (iner ataupun outer bearing). Gambar 6. Menunjukkan suasana uji coba alat kerusakan anti-friction bearing setelah selesai dibuat.



Gambar 6. Suasana uji coba alat bantu kerusakan anti-friction bearing

## KESIMPULAN

Alat bantu sebagai media simulasi kerusakan anti-friction bearing dapat dilakukan dengan variasi beban dan kecepatan putaran poros sehingga dapat diketahui pada pembebanan dan kecepatan putaran berapa serta berapa lama anti-friction akan mengalami kerusakan. Data yang bisa diambil secara langsung adalah getaran dan panas yang terjadi.

Komponen alat bantu tersebut yaitu ; dinamo 3phase 1500rpm, inverter, coupling flesns  $\varnothing 6'$ , poros  $\varnothing 70\text{mm} \times 600\text{mm}$ , pillow bearing  $\varnothing 70\text{mm}$ , Housing bearing dan punch, inner pack kapasitas 10ton, ball bearing, frame.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M), Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (Dikti), Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui Unit P2M Politeknik Negeri Banjarmasin yang telah membiayai Skim Penelitian Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2015.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aherwar A., Bajpai R., Khalid S., 2012, *Investigation to Failure Analysis of Rolling Element With Various Defect*, International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)
- Ayuningrum H., 2013, Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia - Kalimantan, [www.scribd.com/doc/120436314/MP3EI-Kalimantan](http://www.scribd.com/doc/120436314/MP3EI-Kalimantan), diakses April 2014
- Caterpillar., 2005, *Bearing Maintenance PEGJ0037.*, [www.cat.com](http://www.cat.com) diakses 10 April 2014.
- Caterpillar Drive., 2003, *Bearing, Seal Dan Gasket*, Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar of Australia Pty Ltd Melbourne, Australia.
- Cappelino Charles A., Osberno James C., 2000, *The Prediction of Bearing Lubricant Temperatures and Cooling Requirrements for Acentrifugal Pump*, Proceeding of The Second International Pump Symposium.

- Gegner, J.,2011, *Tribological Aspects of Rolling Bearing Failure*, SKF GmbH, Departement of Material Physics Institute of Material Science, University of Siegen German.
- Matthew, C.,1998, *A Practical Guide to Engineering Failure Investigation*, Profesional Engineering Publishing Limited London and Bury St Edmunds, UK
- Timken.,2011, *Timken Bearing Analysis With Lubrication Reference Guide*, The Timken Company
- Ray D.,2010, *Journal Bearing Analysis*, Kelm Engineering Danbury, TX
- Sularso.,Sugi Kiyokatsu.,1994, *Dasar-Dasar dan Perencanaan Elemen Mesin*, Paradya Paramita, Jakarta.

## PENGEMBANGAN SISTEM KENDALI OTOMATIS PROSES RECHARGING TINTA SPIDOL WHITEBOARD

M. Khairudin<sup>1</sup>, R.N. Ridho<sup>2</sup>

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, FT, Universitas Negeri Yogyakarta

Masuk: 9 Juni 2015, revisi masuk : 2 Juli 2015, diterima: 10 Agustus 2015

### ABSTRACT

*Control system on the recycle process of markers ink aims to control charging ink on the recycle process of whiteboard markers ink. The process of opening the lid will automatically proceed with the charging process of whiteboard ink. The objectives of this tool are to control the time of ink charging using the solenoid. Solenoid control using the minimum system of microcontroller. The hardware consists of a circuit of microcontroller of ATmega16, driver of solenoid valve using L298 IC, push button, power supply and mechanics for opening and closing markers. It is expected this system can help the process of ink recharging automatically on the whiteboard markers. The performances of lever cap on the recycle process of markers ink show proper performance. The system can fill ink to the markers accordance with the planning. The volume of the markers ink with capacities of up to 25% with the ink discharge of 0,003 liters / second. The system has an average of percentage error of less than 2% of the measured voltage.*

**Keywords:** *automatically, markers ink, recharging.*

### INTISARI

Sistem kendali pada proses *recycle* tinta spidol whiteboard bertujuan untuk melakukan kendali pengisian tinta pada proses *recycle* tinta spidol whiteboard. Proses pembukaan tutup secara otomatis dilanjutkan dengan proses pengisian ulang (*recycle*) tinta spidol whiteboard. Tujuan alat ini untuk mengendalikan waktu pengisian tinta menggunakan solenoid. Pengendalian solenoid menggunakan rangkaian mikrokontroler. Perangkat keras sistem terdiri atas rangkaian mikrokontroler ATmega16, driver solenoid valve menggunakan IC L298, dan push button, catu daya dan mekanik untuk pembuka dan penutup spidol. Dengan demikian diharapkan sistem ini dapat membantu proses pengisian spidol secara otomatis. Hasil unjuk kerja sistem pengungkit tutup pada proses *recycle* tinta spidol whiteboard menunjukkan kinerja yang tepat. Sistem mengisi tinta ke spidol sesuai dengan perencanaan. Isi tinta pada spidol dengan kapasitas mencapai 25% dengan debit tinta sebesar 0,003 liter/detik. Alat ini memiliki rata-rata presentase error kurang dari 2% untuk tegangan yang diukur.

**Kata kunci:** otomatis, pengisian, tinta spidol.

### PENDAHULUAN

Proses kegiatan belajar mengajar (KBM) tingkat sekolah dasar hingga universitas sudah mengalami perkembangan pesat. Media pendidikan yang digunakan sudah memanfaatkan kemajuan teknologi, mulai menggunakan papan tulis hitam dengan alat tulis kapur hingga layar proyektor. PBM yang dilakukan menggunakan proyektor dengan cara presentasi cukup efektif untuk diterima oleh murid, namun

Kebanyakan pada sekolah - sekolah masih juga digunakan media *white board* dengan alat tulis spidol untuk menerangkan materi - materi tambahan.

Perkembangan teknologi telah terjadi dengan pesat pada Proses belajar mengajar (PBM) tingkat Sekolah Dasar hingga Universitas. Media pendidikan sudah memanfaatkan kemajuan teknologi, dari mulai papan tulis hitam dengan alat tulis kapur hingga *panaboard* untuk menunjang

---

<sup>1</sup>moh\_khairudin@yahoo.com

multimedia [1]. Kontribusi media belajar sangat besar dalam kesuksesan belajar siswa, Piran Wiroatmojo dan Sasonohardjo [2] memaparkan peran penggunaan indera mata dalam belajar mencapai 82%, pendengaran 11%, peraba 3,5%, perasa 2,5% dan penciuman 1%. Oleh karena itu untuk meningkatkan kompetensi siswa diperlukan media *whiteboard* dengan alat tulis spidol untuk memaparkan materi pelajaran. Sunaryo, dkk [3] menyebutkan fungsi media pembelajaran dalam PBM adalah untuk : (1) memperjelas penyajian pesan agar tidak bersifat verbalistik, (2) mengatasi keterbatasan ruang, waktu, dan daya indera, (3) menghilangkan sikap pasif pada subjek belajar, (4) membangkitkan motivasi pada subjek belajar.

Media pembelajaran berupa papan tulis mengalami perkembangan mulai dari papan tulis hitam putih kemudian muncul *whiteboard* dan yang terkini adalah *panaboard* [1]. Dengan media *whiteboard* para pengajar lebih dimudahkan dalam menuliskan materi serta lebih sehat secara ergonomi dibandingkan papan tulis hitam dengan alat tulis kapur yang banyak menghasilkan polusi. Tentunya dengan media *whiteboard* PBM di kelas akan berlangsung jika terdapat alat tulis spidol. Namun alat tulis spidol ini masih memiliki kelemahan yang sampai saat ini menjadikan PBM terganggu, contohnya jika isi tinta dari spidol habis maka spidol harus diganti dengan yang baru atau mengisi ulang tinta secara manual yang memakan waktu. Untuk itu perlu dibuat alat yang dapat mengisi tinta spidol secara otomatis. Dengan begitu pengajar tidak perlu membawa spidol dengan jumlah banyak atau pengajar harus repot menukarkan spidol dengan yang baru.

Berdasarkan masalah tersebut maka pada makalah ini menyajikan desain sistem kendali pengungkit tutup pada proses *recycle* tinta spidol *whiteboard*. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ATmega 16 sebagai pengolah data [4]. ATmega 16 juga sebagai kendali utama dalam melakukan proses pengisian ulang tinta

spidol. Dengan sistem ini diharapkan PBM akan berjalan lebih lancar karena proses *recycle* tinta spidol *whiteboard* dilakukan secara otomatis di ruang kelas.

Proses *Recycle* Tinta Spidol, Pada awal munculnya spidol, proses pengisian ulang tinta belum dapat dilakukan karena desain mekanik spidol dengan tutup belakang masih sulit untuk dibuka kembali. Seiring berkembangnya perekonomian sekarang ini proses *recycle* isi ulang tinta spidol dapat dilakukan. Pada awalnya pengisian ulang tinta dilakukan cara manual. Proses manual ini dengan cara membuka tutup dan menuangkan tinta dengan tangan ke dalam batang spidol. Hal ini tentunya memiliki banyak kesulitan seperti pengisian tinta berlebih melebihi kapasitas yang menyebabkan meluapnya tinta dan membuat kotor. Halangan lain adalah sulitnya memberikan beberapa tetes tinta yang ideal agar tinta tepat penuh.

Proses pengembangan pengisian tinta spidol secara otomatis berbasis dengan mikrokontroler ATmega8535 yang dilengkapi fotodiode sebagai inputan kemudian LCD sebagai penampil jalannya proses pengisian [5]. Namun sistem tersebut belum dilengkapi dengan alat pembuka dan penutup tutup belakang spidol sehingga prosesnya memakan waktu yang cukup lama jika dilakukan secara manual [6].

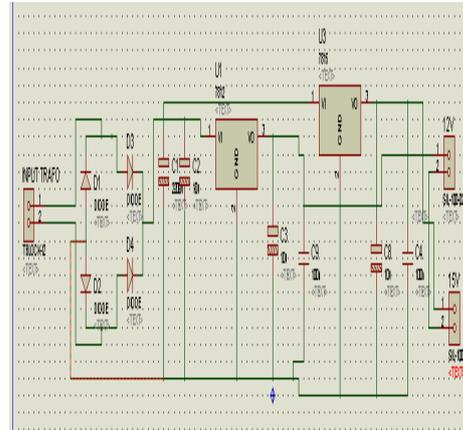
Pada makalah ini telah dirancang sistem kendali pengungkit tutup pada proses *recycle* tinta spidol *whiteboard*. Sistem ini terdiri dari catudaya, penggerak motor DC, driver motor DC, pengolah data mikrokontroler ATmega16, rangkaian saklar dan sistem mekanik. Pada bagian catudaya digunakan untuk mensuplai tegangan DC 12 volt dan 15 volt dengan menggunakan IC regulator IC LM7812 sebagai penyuplai mikrokontroler dan LM7815 sebagai penyuplai driver motor DC. Catudaya teregulasi dapat menghasilkan tegangan keluaran yang nilai tegangannya senantiasa selalu tetap setiap saat sesuai dengan yang diharapkan (Sunomo, 1996) [7].

Bagian penggerak pengungkit tutup pada sistem ini menggunakan motor DC. Motor yang digunakan dengan tegangan kerja 12 volt. Motor DC ini digunakan sebagai aktuator atau penggerak ulir yang membuat besi penjepit maju-mundur. Proses kerja motor DC pada rancangan ini adalah memutar ulir yang terpasang satu poros untuk menggerakkan maju-mundur penjepit dengan selang waktu yang telah di-*setting*. Untuk menghubungkan motor DC dengan sistem pengolah data maka diperlukan driver. Driver motor DC pada sistem ini menggunakan sistem *H-Bridge*. Sistem *H-Bridge* yang dikemas dalam bentuk IC mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid valve, motor DC, dan motor stepper. Dua rangkaian *H-Bridge* di dalam IC dapat digunakan untuk mengatur arah putaran dan kecepatan pada motor (Data sheet L298, 2004) [8]. Pada sistem ini menggunakan driver motor DC dengan *driver* L298. Driver motor DC dengan IC L298 ini digunakan sebagai pengendali arah putaran dan pengendali kecepatan motor DC. Dengan menggunakan rangkaian ini, putaran motor DC dapat diatur arah putarannya, sehingga dapat dijadikan sebagai penggerak maju-mundur besi penjepit tutup spidol dengan media ulir.

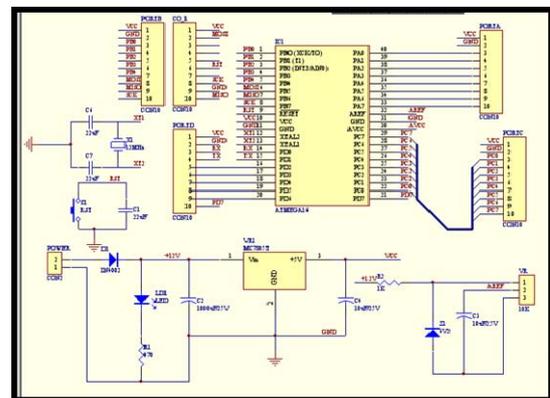
Secara khusus sistem pengisian *recycle* tinta spidol *white board* (bagian pengisian tinta) dibutuhkan peralatan dan bahan yaitu (1) Rangkaian catu daya, (2) Rangkaian sistem minimum ATmega16, (3) Rangkaian *Push Button*, (4) Rangkaian *driver* solenoid valve dengan IC L298, (5) Rangkaian mekanik pengisi tinta. Adapun rangkaian catudaya yang digunakan dapat dilihat seperti pada Gambar 1.

Proses perubahan tegangan 220 menjadi tegangan DC 12 volt untuk mencatu mikrokontroler, dan tegangan keluaran mikrokontroler digunakan bersama dengan tegangan 15 volt untuk mencatu *driver* solenoid valve.

Sedangkan rangkaian sistem minimum yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.



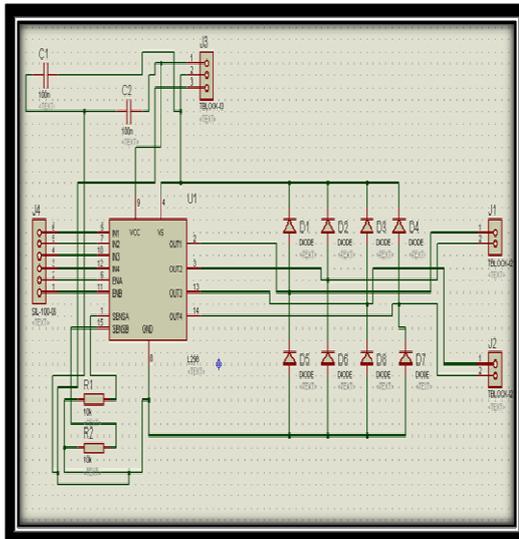
Gambar 1. Rangkaian Catu Daya



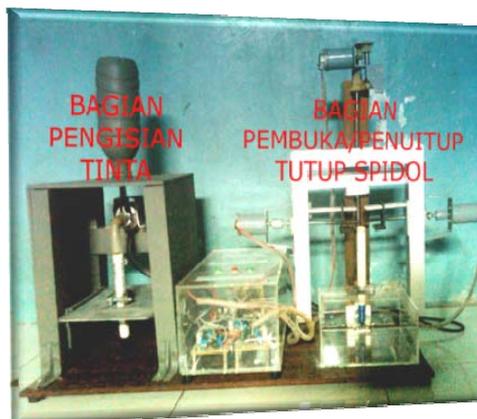
Gambar 2. Rangkaian Sistem Minimum ATmega16

Adapun *driver* solenoid valve menggunakan IC L298 yang mampu menangani beban hingga 4A dengan kondisi paralel outputnya. Rangkaian *driver* seperti terlihat pada Gambar 4 ini karena keterbatasan tegangan *output* mikrokontroler yang tidak mampu mengontrol langsung solenoid valve. *Driver* ini berfungsi untuk mengontrol lama waktu ON solenoid valve.

Mekanik dari bagian pengisi tinta terbuat dari bahan aluminium dan akrilik 5ml serta botol minuman. Bentuk mekanik dirancang dengan panjang 20cm, lebar 20cm dan tinggi 25cm. Terdapat 3 bagian utama yaitu bagian penyangga solenoid valve dengan aluminium, bagian tempat spidol dengan akrilik, dan bagian tanki tinta dengan botol minuman.



Gambar 4. Skema Driver solenoid Valve



Gambar 5. Bentuk Fisik Recycle Tinta

### PEMBAHASAN

Alat pengisian *recycle* tinta spidol *white board* (bagian pengisian tinta) dirancang untuk mempermudah dalam pengisian ulang tinta spidol, menghemat biaya, menjaga kebersihan, dan menghemat waktu. Dengan dibuatnya alat ini diharapkan dapat lebih efektif dan efisien serta cepat dalam melakukan pengisian tinta spidol. Alat ini bekerja dikendalikan menggunakan mikrokontroler ATmega16. Adapun input berasal dari *push button* dan output

akan mengatur solenoid valve untuk mengalirkan tinta.

Alat pengisian *recycle* tinta spidol *white board* yang berbasis mikrokontroler ini terdiri dari dua bagian yaitu bagian pembuka/penutup tutup tinta spidol dan bagian pengisian tinta spidol. Adapun makalah ini fokus pada bagian pengisian tinta spidol, alat ini bekerja dengan dikendalikan oleh ATmega16. Pada bagian pengisian tinta bekerja untuk mengisi tinta ke dalam spidol dengan waktu yang cepat. Pengisian berjalan jika *push button* isi ditekan yang kemudian diproses oleh ATmega16 dan *driver* solenoid yang kemudian menjalankan solenoid valve untuk mengisi tinta.

Pengamatan yang dilakukan pada sistem catu daya menggunakan multimeter digital untuk mengetahui tegangan keluaran dari masing-masing komponen catu daya. Tabel 1 menunjukkan data catu daya 12V dan 15 V DC.

Tabel 1. Spesifikasi Catudaya.

No.	Bagian yang Diukur	Hasil Pengukuran	Presentase Kesalahan
1	Tegangan <i>Input</i> Trafo	224VAC	1.7%
2	Tegangan <i>Output</i> Trafo	17.1VAC	0.58%
3	Tegangan <i>Output</i> Diode ( <i>input</i> regulator)	22.8VDC	0.7%
4	Teg. <i>Output</i> 12 V	11.8VDC	1.6%
5	Teg. <i>Output</i> 12 V	14.9VDC	0.6%

Proses perubahan tegangan AC menjadi tegangan DC menggunakan *diode bridge* sebagai penyearah gelombang penuh. Namun jika menggunakan *diode* saja maka tegangan yang dihasilkan masih berkerut. Sehingga perlu ditambahkan kapasitor sebagai filter dan IC regulator untuk menyetabilkan tegangan. Pengambilan data dilakukan saat catu daya dalam kondisi tidak berbeban. Berdasarkan spesifikasi tegangan *input* trafo yaitu 220V dan tegangan sekunder trafo yang diambil 17V dengan persamaan tegangan keluaran DC adalah

$$V_{dc} = (2/\pi) * (V_{mtrafo} - 2 * V_{dioda}) \quad (1)$$

Secara perhitungan didapatkan  $V_{dc} = 14,42$  V.

Tegangan tersebut adalah tegangan DC dari penyearahan dioda *bridge*, dan tegangan tersebut sebenarnya sudah cukup untuk masukan IC LM 7812. Namun tegangan yang dihasilkan tidaklah rata sehingga perlu ditambahkan kapasitor untuk meratakan tegangan. Penambahan kapasitor juga akan mempengaruhi nilai tegangan keluaran karena proses pengisian dan pengosongan kapasitor. Pengosongan kapasitor yang lambat akan mempertahankan tegangan puncak  $17\sqrt{2}$  V sehingga riak tegangan berkurang. Dikarenakan saat mengambil data kondisi catu daya tidak ada beban maka tegangan riak menjadi 0. Hal ini disebabkan kapasitor tidak membuang muatan (tidak ada arus yang mengalir ke beban).

Tegangan tersebut adalah tegangan *input* untuk IC regulator. Nilai tegangan keluaran tersebut tidak akan menyebabkan rusaknya IC regulator karena berdasarkan tabel pada bab 2 nilai tegangan minimum masukan LM 7812 14.5V dan LM 7815 17.5V. Adapun tegangan maksimum masukan LM 7812 27V dan LM7815 30V. Karena catu daya menggunakan IC LM 7812 dan LM 7815 untuk menyetabilkan tegangan keluaran dari proses penyearahan *diode bridge* ditambah kapasitor yang berarti akan menghasilkan tegangan keluaran sebesar 12V dan 15V karena secara perhitungan tegangan keluaran IC seri 78 dinyatakan dengan dua angka terakhir dari serinya, maka tegangan keluaran dari catu daya adalah 12VDC dan 15VDC.

Catu daya pada alat ini terdapat 2 keluaran tegangan yaitu 12V dan 15V DC. Tegangan ini akan menyuplai sismin mikrokontroler ATmega16 dan *Driver* solenoid valve, catu daya 12V akan menyuplai sismin ATmega16 dimana pada sismin sudah terdapat IC LM7805 yang akan mengubah tegangan 12V menjadi 5V. Hal ini dikarenakan tegangan minimal masukan LM7805 adalah 7,5V sehingga catu daya 12V

dapat menyuplai sismin dengan aman. *Driver* solenoid valve juga membutuhkan tegangan 5V maka tegangan keluaran dari mikrokontroler akan menyuplai *vcc driver*. Sedangkan catu daya 15V digunakan untuk menyuplai tegangan *vs driver* dimana tegangan *vs* nantinya untuk menyuplai solenoid valve.

Berdasarkan hasil pengujian terdapat penyimpangan tegangan DC yang terjadi secara teori dengan tegangan DC pada alat mempunyai nilai rata-rata *error* sebesar -2% sehingga disimpulkan alat dapat berjalan sesuai kerjanya. Tegangan keluaran catu daya adalah sama dengan tegangan keluaran IC regulator bukan tegangan keluaran setelah dioda *bridge*.

Adapun Rangkaian *push button* disambung dengan *ground* dan port A.0, serta dalam program *inputnya* diatur *pull up* (*pull up internal* diaktifkan) sehingga akan aktif jika diberi logika 0 dan akan tidak aktif jika diberi logika 1. Tegangan *push button* akan sama dengan tegangan *output* mikrokontroler yaitu 5V DC sesuai dengan spesifikasi ATmega 16.

Hasil pengamatan rangkaian *push button* didapat data yang sesuai karena *push button* dapat bekerja sesuai dengan program yang ditanamkan. Pada tegangan *push button* terdapat nilai *error* rata-rata sebesar -2%, hal ini masih dapat diabaikan dan dirasa aman karena selisihnya hanya 2%.

Tabel 2. Pengujian *Driver* Solenoid Valve

Bagian yang Diukur	Teg	Spek	Kondisi Katup	Presentase Kesalahan
<i>Input</i> IC L298 <i>Vcc</i>	4.9VDC	5VDC	—	2%
<i>Input</i> IC L298 <i>Vs</i>	14.9VDC	15VDC	—	0.6%
<i>Output</i> saat ON	14VDC	14.3VDC	Membuka	2%
<i>Output</i> saat OFF	0VDC	0VDC	Menutup	0%

*Driver* solenoid valve adalah perangkat yang akan mengontrol jalannya proses pengisian tinta. *Driver* ini menggunakan IC L298 yang mampu menangani arus hingga 2A dan membutuhkan tegangan *input* untuk mengaktifkan IC (VCC) 5V serta untuk menyuplai solenoid valve dengan tegangan (VS) 15 V. Berikut hasil pengujian tegangan *driver* terdapat pada Tabel 2, dan Tabel 3 adalah pengujian pada kaki IC L298.

Tabel 3. Pengujian Kaki Pin IC L298

IN 1A	IN 1B	ENB 1	IN 2A	IN 2B	ENB 2	Kondisi Tinta
1	0	1	1	0	1	Mengalir
0	1	1	0	1	1	Mengalir
0	0	1	0	0	1	Tidak mengalir

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan hasilnya sesuai dengan ketentuan, karena data hampir semuanya sesuai dengan perhitungan. Pada Tabel 1 adalah data tegangan dari *driver*, tegangan ini diperoleh dari catu daya 15V dan tegangan *output* mikrokontroler sebesar 5V. Saat melakukan pengamatan catu daya 15V tegangan keluarannya 14.9V dan tegangan *output* pada mikrokontroler 4.9V. sehingga terdapat *error* sebesar 2% untuk catu 5 Vdc dan 0,6% untuk catu 15 Vdc.

Pada tegangan *output driver* seharusnya tegangan saat ON adalah 14.3V karena terpotong tegangan 1 dioda yaitu 0.7V. dan saat pengamatan diperoleh hasil 14V sehingga terdapat *error* 2%.

Untuk Tabel 3 dilakukan uji coba dengan memberi logika *high* atau *low* pada kaki-kaki IC. Pin *enable* berfungsi mengaktifkan *output* sehingga harus diberi logika 1 terus. Karena IC L298 dapat untuk melayani 2 solenoid valve sehingga apabila salah satu *input* diberi logika 1 serta *enable* juga diberi logika 1 maka solenoid akan ON dan akan mengalirkan tinta.

Pada alat ini terdapat 2 bagian yaitu pembuka/penutup tutup belakang spidol dan bagian pengisian tinta, dimana pada bagian pembuka/penutup digunakan 3 motor dc untuk membuka tutup belakang spidol dan pada bagian pengisian tinta digunakan 1 solenoid valve. Untuk itu kami menggunakan *driver* dari IC L298 yang mempunyai 2 *output* sehingga digunakan 2 *driver* IC L298 untuk menangani 3 motor dc dan 1 solenoid valve agar lebih menghemat biaya.

Sesuai pada Tabel 17 *driver* ini memiliki 2 kaki *input* dan 1 kaki *enable* untuk 1 *output*, 2 kaki *input* ini untuk mengubah polaritas sehingga jika disambung ke motor dc dapat mengubah arah putaran motor dan *enable* untuk mengeluarkan PWM (*Pulse Width Modulation*) jika motor ingin diatur kecepatannya. Dari hasil data pada pengujian *driver* dapat dijelaskan bahwa *driver* akan aktif jika salah satu kaki *input* diberi logika 1 atau *high*, karena pada bagian pengisian tinta hanya menggunakan 1 solenoid valve maka hanya diperlukan 1 *ouput driver* untuk mengontrolnya tanpa perlu mengeluarkan PWM (*Pulse Width Modulation*). Namun walau tidak mengatur PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk mengontrol solenoid valve kaki *enable* harus tetap diberi logika 1 atau *high*.

Penyimpangan tegangan DC terjadi secara teori dengan tegangan pada *driver* sebesar 2% hal tersebut masih dalam taraf wajar karena selisihnya hanya 2%, dan *driver* akan tetap berfungsi. Dapat disimpulkan bahwa untuk mengaktifkan *driver* maka salah satu *input* dan *enable* harus diberi logika 1 agar *driver* dapat digunakan untuk mengontrol solenoid valve.

Adapun pengujian sistem secara keseluruhan difungsikan untuk mengetahui debit rata-rata tinta dan waktu ideal untuk pengisian tinta. Dalam pengujian, alat ditanami program yang berbeda dengan program utama. Program dibuat agar solenoid valve ON dengan waktu 0 detik sampai 4,5 detik dan solenoid valve OFF dengan waktu

10 detik. Berikut data hasil eksperimen pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sistem Alat

Kondisi Solenoid Valve	Lama Waktu (detik)	Volume Tinta (Liter)	Debit Tinta (Liter/detik)
	0	0	0
	0,5	0.0015	0.003
	1	0.003	0.003
	1,5	0.0045	0.003
solenoid valve on	2	0.0062	0.0031
	2,5	0.008	0.0032
	3	0.0089	0.0029
	3,5	0.0102	0.0029
	4	0.012	0.003
	4,5	0.0134	0.00297

Pada hasil eksperimen, terdapat 3 variabel yaitu lama waktu, volume tinta, dan debit tinta. Dengan diketahui lama waktu dan volume tinta maka dapat dicari debit tinta dengan formula

$$\text{Debit} = \text{Volume tinta} / \text{lama waktu} \\ = 0,003 \text{ liter/detik}$$

Spidol akan terisi penuh pada detik ke 4 yaitu isi tinta spidol penuh adalah 12mL. Apabila melebihi 4 detik maka tinta akan meluap atau *over*. Untuk mempermudah pembacaan isi tinta maka volume tinta dibuat dalam persen. Jika dikonversikan kedalam persen maka dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Volume Tinta Spidol

Kondisi Solenoid Valve	Lama Waktu (detik)	Volume Tinta (Liter)
	0	0%
	500	12.5%
	1000	25%
	1500	37.5%
solenoid valve on	2000	51.6%
	2500	66.7%
	3000	74.12%
	3500	85%
	4000	100%
	0	0%

Pada Tabel 5 dapat dijelaskan bahwa dengan waktu 0,5 detik spidol akan terisi sebanyak 12,5%, dan pada waktu 2,5 detik spidol akan terisi tinta sebanyak 66,7% serta akan mencapai 100% dengan waktu 4 detik.

Dari hasil eksperimen untuk unjuk kerja sistem alat diperoleh kesimpulan bahwa isi volume tinta

spidol penuh sebesar 12mL dengan waktu 4 detik. Namun perlu diingat dalam spidol terdapat busa untuk menyimpan tinta yang akan mempengaruhi volume, dan apabila spidol diisi tinta penuh akan membuat spidol tidak dapat langsung digunakan karena jika busa sudah penuh dengan tinta maka sisa tinta yang tidak masuk busa masih banyak dan akan keluar melalui ujung spidol. Untuk itu dalam pengujian sistem alat dilakukan eksperimen sebanyak 10x agar bisa dicari kondisi ideal isi spidol untuk bisa dipakai kembali. Eksperimen dimulai dari detik ke 0 hingga 4,5 detik dengan selisih 0.5 detik.

Pada eksperimen didapat debit rata-rata dari solenoid valve adalah 0.003 Liter/detik. Dan spidol seharusnya diisi tinta (volume ideal) dengan volume 3 - 4,5 miliLiter sehingga setelah spidol diisi ulang tinta dapat digunakan kembali. Untuk mendapatkan volume ideal tersebut dibutuhkan waktu 1 - 1,5 detik, dengan waktu tersebut diharapkan dapat mempercepat proses pengisian tinta spidol *white board*. Hal ini berarti dengan waktu 1,5 detik spidol akan terisi tinta sebesar 37,5%. Jadi kondisi ideal volume tinta isi ulang spidol *white board* pada kisaran 25% - 37,5%.

## KESIMPULAN

Unjuk kinerja sistem kendali pada proses pengisian tinta pada alat recycle tinta spidol whiteboard telah menunjukkan performance sesuai dengan rancangan. Hasil pengukuran tegangan pada masing-masing komponen terdapat nilai *error* rata-rata kurang dari 2%. Unjuk kerja alat pengisian *recycle* tinta spidol *white board* menghasilkan pengisian tinta spidol dengan waktu cepat. Keberhasilan alat ini mampu mengisi tinta hanya dengan waktu pada kisaran 1 - 1,5 detik, dan mengisi tinta penuh dengan waktu 4 detik. Kecepatan solenoid valve mengalirkan tinta sebesar 0,003 liter/detik. Volume tinta isi ulang spidol yang ideal pada rentang isian tinta sebanyak 25% (3mL) atau 37,5% (4,5mL) agar tinta tidak keluar melalui ujung spidol.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Dhany Iswara, (2013), "Perkembangan Papan Tulis," Kompasiana, Edisi 08 Oktober 2013.
- Piran Wiroatmojo dan Sasonohardjo, (2002), "Media Pembelajaran," Jakarta, LAN RI.
- Sunaryo S, Suyanto, Noto W, Suparman, Prapti K, Bada H, (2012), "Media Pembelajaran Teknologi dan Kejuruan," Fakultas Teknik, UNY.
- Andrianto, Heri. (2008). *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA 16 menggunakan Bahasa C (CodeVision AVR)*. Bandung: Informatika.
- Utomo Budi Prasetyo, (2012), "Alat Pengisi Spidol Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535," Proyek Akhir. Universitas Gunadarma.
- M. Khairudin dan R. A. Widakdo. (2014). Sistem Kendali Pengungkit Tutup Pada Proses *Recycle* Tinta Spidol *Whiteboard*. Proceeding Seminar Nasional RAPI UMS, November 2014.
- Sunomo, (1996), "Elektronika II," Yogyakarta : IKIP Yogyakarta Datasheet L298. (2004). IC L298.
- <http://www.tech.dmu.ac.uk/..L298N.pdf>

## PENGARUH DIMENSI *TRUST*, KEAMANAN DAN PRIVASI TERHADAP KEPERCAYAAN PENGGUNA UNTUK LAYANAN *CLOUD COMPUTING* BERBASIS *SOFTWARE AS SERVICE*

Prita Haryani<sup>1</sup>, Eko Nugroho<sup>2</sup>, Dani Adhipta<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

<sup>2,3</sup>Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Masuk: 2 Juni 2015, revisi masuk: 11 Juli 2015, diterima: 3 Agustus 2015

### ABSTRACT

Cloud computing is one of latest innovation in the development of Internet-based computing technology. Cloud computing uses virtualization concepts that can be accessed via Internet, so can reduce the cost of Information Technology (IT) and facilitate IT service management. Service provided is multi-tenant so computing resources can be used together and adjusted to user needs (elasticity). Software as a Service (SaaS) is cloud computing services frequently used. Security is a major problem in the development of cloud computing technology. Guarantee of security and privacy user data, it will raise trust of users to vendor. The study aims to analyze the factors can be effected trust of cloud computing user based on Software as a Service (SaaS). Samples that used are users who have been using cloud computing services based on Software as a Service (SaaS) more than three months. Instrument used is questionnaire and measured by scale Likert. There were 50 respondent in this study. The data analysis method used is Partial Least Square. Results of the study found that factors significantly affect user trust are ability, security and privacy of vendor.

**Keywords:** *Cloud computing, trust, integrity, benevolence, ability, security, privacy*

### INTISARI

*Cloud computing* merupakan salah satu inovasi terbaru dalam perkembangan teknologi komputasi berbasis Internet. *Cloud computing* menggunakan konsep virtualisasi yang semuanya dapat diakses melalui Internet sehingga dapat mengurangi biaya Teknologi Informasi (TI) dan menyederhanakan pengelolaan layanan TI. Layanan *cloud computing* yang diberikan bersifat *multi-tenant* sehingga sumber daya komputasi dapat digunakan secara bersama-sama dan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna (*elasticity*). *Software as a Service* (SaaS) merupakan salah satu jenis layanan *cloud computing* yang sering digunakan. Keamanan merupakan masalah utama dalam pengembangan teknologi *cloud computing*. Adanya jaminan keamanan dan privasi data pengguna, maka akan menumbuhkan kepercayaan (*trust*) pengguna terhadap penyedia layanan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi kepercayaan pengguna layanan *cloud computing* berbasis *Software as a Service* (SaaS). Sampel yang digunakan adalah pengguna yang telah menggunakan layanan *cloud computing* berbasis *Software as a Service* (SaaS) lebih dari tiga bulan. Instrumen yang digunakan adalah kuesioner dan diukur dengan skala *likert*. Jumlah responden dalam penelitian ini adalah 50 responden. Metode analisis data yang digunakan adalah *Partial Least Square*. Hasil dari penelitian ini menemukan bahwa faktor yang secara signifikan mempengaruhi kepercayaan pengguna adalah faktor *ability*, *security* dan *privacy* dari penyedia layanan.

**Kata kunci:** *Cloud computing, kepercayaan, integrity, benevolence, ability, security, privacy*

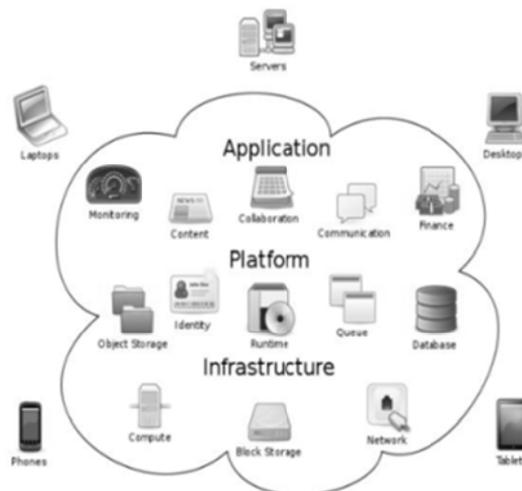
## PENDAHULUAN

Dewasa ini penggunaan teknologi Internet di Indonesia tumbuh secara signifikan. Hal ini sesuai dengan data yang dipaparkan oleh APJII (Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia) bahwa pengguna Internet tumbuh secara signifikan dalam tiga tahun terakhir yaitu 82 juta pengguna di tahun 2013, 107 juta pengguna di tahun 2014, dan diperkirakan mencapai 139 juta pengguna di tahun 2015 ([www.apjii.or.id](http://www.apjii.or.id), 2015). Selain itu APJII dalam publikasi risetnya merangkum lanskap pengguna teknologi Internet di tahun 2014 mengatakan bahwa 84 persen dari responden setiap hari mengakses Internet, dan kebanyakan darinya mengakses Internet antara 3 hingga 5 jam perhari. Adanya peningkatan jumlah pengguna teknologi Internet mendorong penggunaan sumber daya dengan jumlah biaya yang murah. Solusi untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah dengan penggunaan teknologi *cloud computing*.

*Cloud computing* merupakan sebuah model komputasi dengan skalabilitas yang tinggi dan memungkinkan penggunanya untuk menggunakan sumber daya (*networks, servers, storage, applications, dan services*) yang ada dalam jaringan *cloud* (Internet) sehingga dapat dibagi dan digunakan bersama (Hayes, 2008). *Cloud computing* menggunakan konsep virtualisasi yang semuanya dapat diakses melalui Internet sehingga dapat mengurangi biaya Teknologi Informasi (TI) dan menyederhanakan pengelolaan layanan TI. Selain itu, layanan yang diberikan bersifat *multi-tenant* sehingga sumber daya komputasi dapat digunakan secara bersama-sama dan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna (*elasticity*).

Ada tiga jenis model layanan *cloud computing* yaitu (NIST, 2009): 1) *Cloud Software as a Services* (SaaS). Kemampuan yang diberikan kepada konsumen untuk menggunakan aplikasi penyedia sehingga dapat beroperasi pada infrastruktur awan. Aplikasi dapat diakses dari berbagai perangkat klien melalui antarmuka seperti web browser

(misal email berbasis web). Konsumen tidak mengelola atau mengendalikan infrastruktur awan yang mendasari termasuk jaringan, server, sistem operasi, penyimpanan, atau bahkan aplikasi individu yang disediakan.



Gambar 1. Konsep *cloud computing* (id.wikipedia.org, 2015)

2). *Cloud Platform as a Services* (PaaS) Kemampuan yang diberikan kepada pelanggan untuk menyebarkan aplikasi yang dibuat konsumen atau diperoleh dari infrastruktur komputasi awan menggunakan bahasa pemrograman dan peralatan yang didukung oleh provider. Pelanggan tidak mengelola atau mengendalikan infrastruktur awan yang mendasari termasuk jaringan, server, sistem operasi, atau penyimpanan, tetapi memiliki kontrol atas aplikasi yang disebarkan dan memungkinkan aplikasi melakukan hosting konfigurasi. 3). *Cloud Infrastructure as a Services* (IaaS) Kemampuan yang diberikan kepada konsumen dalam hal pengolahan, penyimpanan, jaringan dan sumber daya komputasi lainnya, termasuk sistem operasi dan aplikasi yang bisa dikelola. Konsumen tetap tidak mengelola atau mengendalikan infrastruktur cloud yang mendasarinya, tetap memiliki kendali atas sistem operasi, penyimpanan, aplikasi yang disebarkan, dan memungkinkan pengawasan terhadap beberapa

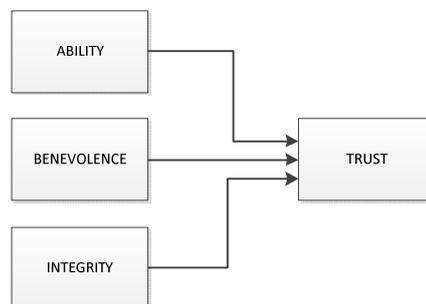
komponen jaringan tertentu seperti *firewall host* masing-masing konsumen.

*Software as a Service* merupakan salah satu jenis layanan *cloud computing* yang sering digunakan. Aplikasi *cloud storage* merupakan layanan penyimpanan data pada *cloud computing* berbasis *Software as a Service*. Contoh aplikasi penyimpanan data (*cloud storage*) yaitu Google Drive, Dropbox, Sugarsync, InSync, LogMeIn Cubby, Apple iCloud,

SkyDrive, Mozy Stash, SpiderOak, AVG LiveKive, Box dan Syncplicity. Dalam penggunaan aplikasi berbasis *cloud computing*, terdapat kelemahan yang harus dihadapi oleh pengguna yaitu dalam hal keamanan data. *Security* atau keamanan menjadi masalah utama dalam pengembangan teknologi berbasis *cloud computing* (Waluyo, 2011). Pada saat ini, isu keamanan dalam layanan *cloud computing* tersebut erat kaitannya dengan *prism project* yang dibuat oleh *National Security Agency* (NSA). *Prism project* digunakan untuk mengakses secara langsung data pribadi pengguna dari sembilan layanan Internet yang paling populer. Layanan Internet yang menjadi sasaran *prism project* dari *National Security Agency* (NSA) adalah Microsoft, Yahoo, Google, Facebook, PalTalk, YouTube, Skype, AOL dan Apple. Pengaksesan langsung data pengguna yang dilakukan oleh *National Security Agency* (NSA) menyebabkan hak privasi pengguna terganggu. Oleh karena itu, penyedia layanan Internet harus mampu menjamin privasi dan keamanan data pengguna. Dengan adanya perlindungan privasi dan keamanan data, maka akan membangun kepercayaan antara penyedia layanan dan pengguna (Pearson dan Benameur, 2010)

Kepercayaan dibangun atas tiga dimensi yaitu kemampuan (*ability*), kebaikan hati (*benevolence*), dan integritas (*integrity*) penyedia layanan (Mayer et al, 1995). Tiga dimensi ini menjadi dasar penting untuk membangun kepercayaan seseorang

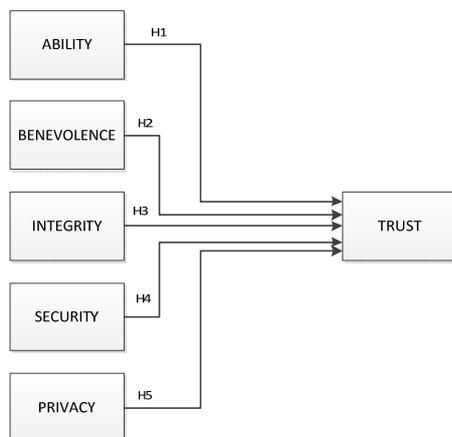
agar dapat mempercayai suatu media, transaksi, atau komitmen tertentu.



Gambar 2. Model *trust* Mayer et al.

Ketiga faktor tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut: 1) Kemampuan (*Ability*), Kemampuan mengacu pada kompetensi dan karakteristik penyedia layanan *cloud computing* dalam menyediakan, melayani, dan mengamankan penyimpanan data dari gangguan pihak lain. Pengguna memperoleh jaminan kepuasan dan keamanan dari penyedia layanan dalam melakukan penyimpanan data. 2). Kebaikan hati (*Benevolence*), Kebaikan hati merupakan kemauan penyedia layanan *cloud computing* dalam memberikan kepuasan yang saling menguntungkan antara dirinya dengan pengguna. Penyedia layanan selain mengejar keuntungan juga berusaha memberikan layanan yang maksimal kepada penggunanya, sehingga pemenuhan kebutuhan terhadap kepuasan pengguna dapat tercapai dengan baik. 3) Integritas (*Integrity*), Integritas berkaitan dengan bagaimana perilaku atau kebiasaan penyedia layanan dalam menjalankan bisnisnya. Informasi yang diberikan kepada pengguna apakah benar sesuai dengan fakta atau tidak. Aspek keamanan dalam hal penyimpanan data pengguna apakah dapat dipercaya atau tidak.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka pada penelitian akan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi kepercayaan pengguna. Kerangka konsep penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka konsep penelitian

Hipotesis	Pernyataan
H1	Kemampuan ( <i>ability</i> ) penyedia layanan <i>cloud computing</i> berpengaruh secara signifikan terhadap kepercayaan ( <i>trust</i> ) pengguna <i>cloud computing</i>
H2	Kebaikan hati ( <i>benevolence</i> ) penyedia layanan <i>cloud computing</i> berpengaruh secara signifikan terhadap kepercayaan ( <i>trust</i> ) pengguna <i>cloud computing</i>
H3	Integritas ( <i>integrity</i> ) penyedia layanan <i>cloud computing</i> berpengaruh secara signifikan terhadap kepercayaan ( <i>trust</i> ) pengguna <i>cloud computing</i>
H4	Keamanan ( <i>security</i> ) penyedia layanan <i>cloud computing</i> berpengaruh secara signifikan terhadap kepercayaan ( <i>trust</i> ) pengguna <i>cloud computing</i>
H5	Privasi ( <i>privacy</i> ) penyedia layanan <i>cloud computing</i> berpengaruh secara signifikan terhadap kepercayaan ( <i>trust</i> ) pengguna <i>cloud computing</i>

1). Hubungan kemampuan (*ability*) terhadap kepercayaan (*trust*), hubungan kemampuan (*ability*) terhadap kepercayaan (*trust*) didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Rofiq (2007) yang menyatakan bahwa kemampuan (*ability*) mempunyai pengaruh yang positif dan tidak signifikan terhadap kepercayaan (*trust*) pelanggan *e-commerce*. Selain itu

Aubert dan Kelsey (2000) juga menyatakan bahwa variabel kemampuan (*ability*) mempunyai pengaruh yang positif dan signifikan terhadap kepercayaan (*trust*). 2). Hubungan kebaikan hati (*benevolence*) terhadap kepercayaan (*trust*). Hubungan kebaikan hati (*benevolence*) terhadap kepercayaan (*trust*) didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Rofiq (2007) yang menyatakan bahwa kebaikan hati (*benevolence*) mempunyai pengaruh yang positif tetapi tidak signifikan terhadap kepercayaan (*trust*) pelanggan *e-commerce*. Sedangkan Aubert dan Kelsey (2000) menyatakan bahwa variabel kebaikan hati (*benevolence*) mempunyai pengaruh yang negatif dan tidak signifikan terhadap kepercayaan (*trust*). 3). Hubungan integritas (*integrity*) terhadap kepercayaan (*trust*), hubungan integritas (*integrity*) terhadap kepercayaan (*trust*) didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Rofiq (2007) yang menyatakan bahwa integritas (*integrity*) mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kepercayaan (*trust*) pelanggan *e-commerce*. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Aubert dan Kelsey (2000) juga menyatakan bahwa variabel integritas merupakan penggerak utama bagi tumbuhnya kepercayaan (*trust*). 4). Hubungan keamanan (*security*) terhadap kepercayaan (*trust*), hubungan keamanan (*security*) terhadap kepercayaan (*trust*) didasarkan pada penelitian Pramika (2012) yang menyatakan bahwa keamanan (*security*) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kepercayaan (*trust*) pencari kerja untuk menggunakan *online job market*. Pikkarainen et al. (2002) meneliti tentang faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan *online banking* di Finlandia. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa kepastian atas keamanan dan privasi data nasabah dapat menimbulkan kepercayaan nasabah terhadap fasilitas *Internet banking*. 5). Hubungan privasi (*privacy*) terhadap kepercayaan (*trust*). Hubungan privasi (*privacy*) terhadap kepercayaan (*trust*) didasarkan pada

penelitian Pramika (2012) yang menyatakan bahwa privasi (*privacy*) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kepercayaan (*trust*) pencari kerja untuk menggunakan *online job market*.

Berdasarkan kesimpulan-kesimpulan teoritis yang diperoleh dari studi pustaka, maka disusunlah hipotesis pada penelitian ini sebagai jawaban sementara dari rumusan masalah yang dapat dilihat pada Tabel 1.

## METODE

Populasi penelitian ini adalah mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada. Karakteristik sampel yang dipilih adalah mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada yang sudah menggunakan layanan *cloud computing* minimal selama tiga bulan. Ukuran minimal sampel untuk setiap jalur adalah 10 sampel (Jogiyanto, 2011). Jadi jumlah sampel yang digunakan adalah 50 responden.

Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini yaitu menggunakan teknik *non probability sampling* karena setiap elemen populasi tidak mempunyai kemungkinan yang sama untuk dijadikan sampel (Jogiyanto, 2008). Berdasarkan karakteristik sampel tertentu yang dibutuhkan, yaitu mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada yang telah menggunakan aplikasi berbasis *cloud computing* minimal selama tiga bulan, maka pengambilan sampel non-probabilitas yang dipilih adalah teknik *judgemental (purposive)* (Jogiyanto, 2008). Instrumen utama dalam penelitian adalah kuesioner. Pengukuran variabel dilakukan dengan menggunakan skala Likert.

Tabel 2. Bobot nilai jawaban responden

Jawaban	Nilai
Sangat Setuju	5
Setuju	4
Tidak Berpendapat	3
Tidak Setuju	2
Sangat Tidak Setuju	1

Metode analisis yang akan digunakan yaitu *Structural Equation Model* berbasis varian (PLS). Evaluasi model PLS dilakukan dengan mengevaluasi *outer model* dan *inner model*. *Outer model* digunakan untuk menilai validitas dan reliabilitas model sedangkan *inner model* digunakan untuk memprediksi hubungan kausalitas antarvariabel laten (Jogiyanto, 2011).

Evaluasi Model Pengukuran (Outer Model), Kriteria penilaian untuk uji validitas dan reliabilitas dapat dilihat pada Tabel 3. Evaluasi Model Struktural (Inner Model), Inner model digunakan untuk memprediksi hubungan kausalitas antar variabel laten dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 3. Kriteria Penelitian Uji Validitas dan Reliabilitas

Pengujian	Parameter	Rekomendasi Nilai
Validitas	<i>Loading factor</i>	Lebih dari 0,70 (Chin, 1995)
Reliabilitas	<i>Composite Reliability</i>	Lebih dari 0,70 (Hair et al, 2008)

Tabel 4. Kriteria Penilaian untuk Koefisien Determinasi dan Signifikansi

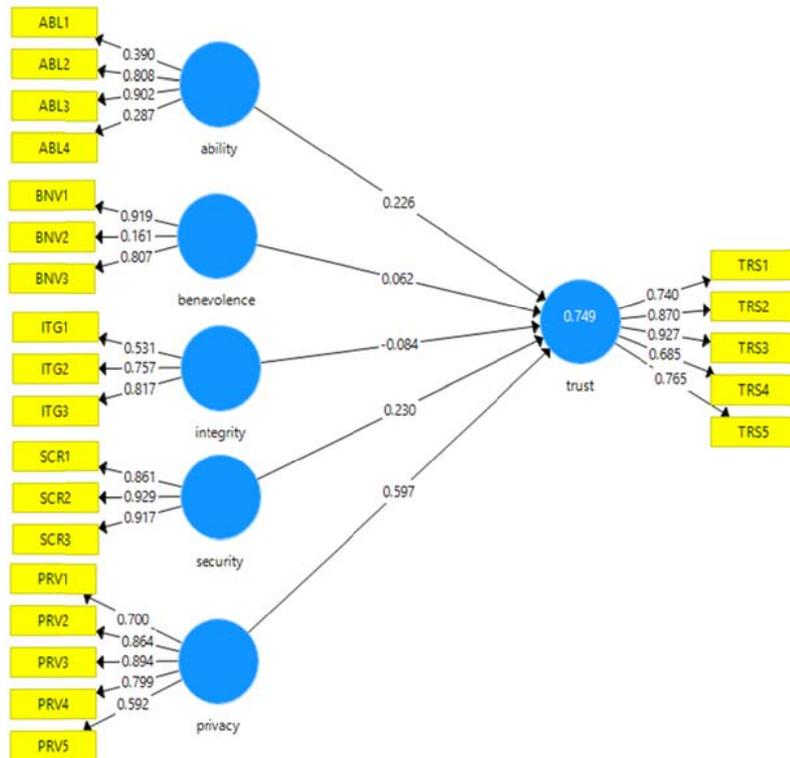
Parameter	Rekomendasi Nilai
Koefisien determinasi ( $R^2$ )	Semakin tinggi nilai $R^2$ berarti semakin baik model prediksi dari model penelitian yang digunakan (Jogiyanto, 2011)
Signifikansi	hipotesis dengan <i>two-tailed</i> adalah 1,96 (tingkat signifikansi 5%) (Jogiyanto, 2008)

## PEMBAHASAN

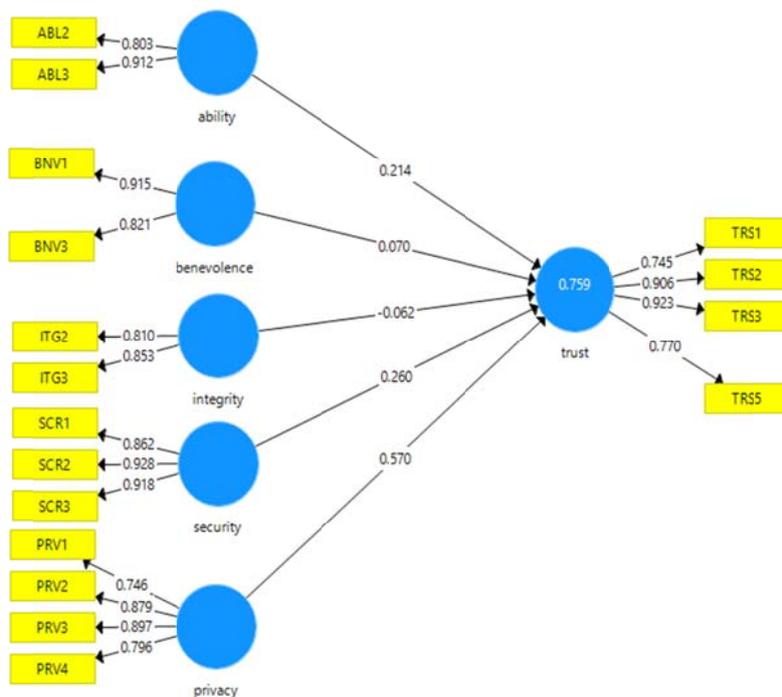
Hasil Evaluasi Model Pengukuran (*Outer Model*) untuk uji validitas. Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa indikator yang tidak memenuhi nilai lebih dari 0,7 adalah indikator ABL1, ABL4, BNV2, ITG1, PRV5 dan TRS4. Indikator yang tidak memenuhi kriteria penilaian tersebut dihapus dari konstruksinya. Setelah dilakukan pengujian ulang, diperoleh nilai indikator setiap konstruk seperti pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa seluruh indikator sudah memenuhi kriteria penilaian yaitu nilai

lebih dari 0,7, sehingga semua indikator dinyatakan valid.

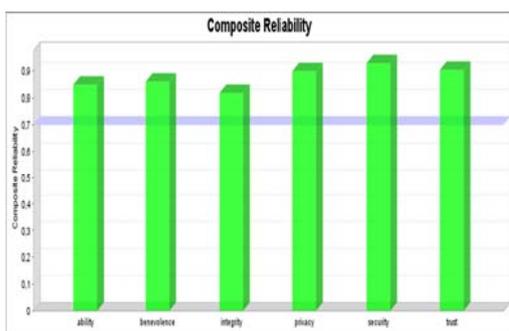


Gambar 4. Hasil uji validitas awal



Gambar 5. Hasil uji validitas akhir

Pada Uji Reliabilitas Hasil uji reliabilitas dapat dilihat pada Gambar 6. Dari data di atas, dapat diketahui bahwa semua konstruk sudah memenuhi nilai *composite reliability* >0,7, maka semua konstruk dapat digunakan dalam model.

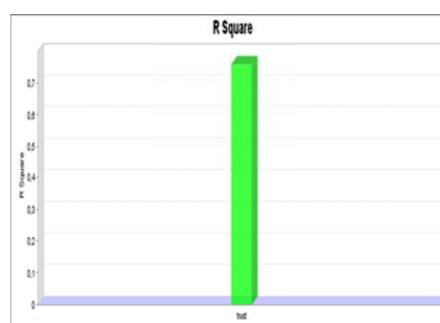


Gambar 6. Hasil nilai *composite reliability*

**Evaluasi Model Struktural (Inner Model)**, Nilai *R-square* dari variabel *trust* dapat dilihat pada Gambar 7 yaitu sebesar 0,759 dapat diinterpretasikan bahwa konstruk *trust* yang dapat dijelaskan oleh keenam variabel dalam model sebesar 75,9%, sedangkan 24,1% dijelaskan oleh variabel lain yang tidak diteliti di dalam model ini. Uji hipotesis dua ekor dilakukan dengan *alpha* 5%, jadi hipotesis diterima jika *t-values* >1,96. Setelah uji hipotesis dilakukan, diperoleh data seperti pada Tabel 5.

**Hubungan kemampuan (ability) terhadap kepercayaan (trust)**, Pada penelitian ini ditemukan bahwa kemampuan (*ability*) penyedia layanan berpengaruh secara signifikan terhadap kepercayaan pengguna *cloud computing*. Hasil penelitian ini tidak sama dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rofiq (2007) menyatakan bahwa kemampuan (*ability*) mempunyai pengaruh yang positif tetapi tidak signifikan terhadap kepercayaan (*trust*). Akan tetapi, penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aubert dan Kelsey (2000) juga menyatakan bahwa variabel kemampuan (*ability*) mempunyai pengaruh yang positif dan signifikan

terhadap kepercayaan (*trust*). Dari hasil analisis deskriptif variabel kemampuan (*ability*), penyedia layanan *cloud computing* dinilai memiliki kemampuan untuk memberikan layanan yang berkualitas, memiliki pengalaman yang baik dalam mengelola informasi pribadi pengguna, memiliki kemampuan yang baik dalam mengamankan informasi pribadi pengguna dan penyedia layanan *cloud computing* telah diakui eksistensinya oleh pihak-pihak lain.



Gambar 7. Nilai R Square

Tabel 5. Hasil uji hipotesis

Hipotesis	Jalur		T-Values
	Dari	Ke	
H1	Ability	Trust	2,339
H2	Benevolence	Trust	0,742
H3	Integrity	Trust	0,636
H4	Security	Trust	5,071
H5	Privacy	Trust	2,118

**Hubungan kebaikan hati (benevolence) terhadap kepercayaan (trust)** Penelitian ini menunjukkan bahwa kebaikan hati (*benevolence*) penyedia layanan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kepercayaan pengguna *cloud computing*. Hasil penelitian ini sama dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Aubert dan Kelsey (2000) yang menyatakan bahwa variabel kebaikan hati (*benevolence*) mempunyai pengaruh yang negatif dan tidak signifikan terhadap kepercayaan (*trust*). Hasil penelitian ini juga sejalan dengan hasil penelitian Rofiq (2007) yang menyatakan bahwa kebaikan hati (*benevolence*) mempunyai pengaruh yang positif tetapi tidak signifikan terhadap kepercayaan (*trust*). Kebaikan

hati (*benevolence*) penyedia layanan bukan menjadi faktor penting yang dipertimbangkan pengguna dalam menumbuhkan kepercayaan pengguna terhadap penyedia layanan. Untuk membangun kepercayaan pengguna, penyedia layanan *cloud computing* dapat meningkatkan interaksi dengan pengguna melalui halaman utama pada aplikasi *cloud computing*. Halaman utama harus menciptakan persepsi bahwa penyedia layanan memiliki kesediaan untuk membantu pengguna dalam menyimpan atau berbagi informasi pribadinya (Papadopoulou dan Martakos, 2008).

**Hubungan integritas (*integrity*) terhadap kepercayaan (*trust*),** Pada penelitian ini ditemukan bahwa integritas penyedia layanan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kepercayaan pengguna *cloud computing*. Temuan ini tidak sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rofiq (2007) yang menyatakan bahwa integritas (*integrity*) mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kepercayaan (*trust*) dan juga tidak mendukung penelitian yang dilakukan oleh Aubert dan Kelsey (2000) yang menyatakan bahwa variabel integritas merupakan penggerak utama bagi tumbuhnya kepercayaan (*trust*). Dari hasil analisis deskriptif variabel *integrity*, penyedia layanan *cloud computing* harus meningkatkan pelayanannya sehingga dapat memenuhi apa yang diharapkan oleh pengguna. Penyedia layanan *cloud computing* harus lebih jujur dalam memberikan informasi kepada pengguna dan menjaga reputasinya kepada semua pihak yang berhubungan dengan layanan tersebut.

**Hubungan keamanan (*security*) terhadap kepercayaan (*trust*),** Hasil penelitian menunjukkan bahwa keamanan (*security*) penyedia layanan berpengaruh secara signifikan terhadap kepercayaan pengguna *cloud computing*. Hasil penelitian tersebut sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pramika (2012) yang menyatakan bahwa keamanan (*security*) memiliki pengaruh yang signifikan

terhadap kepercayaan (*trust*). Selain itu Pikkarainen et al. (2002) dalam penelitiannya menyatakan bahwa keamanan dan privasi dapat menimbulkan kepercayaan pengguna. Dari hasil analisis deskriptif variabel keamanan (*security*), responden merasa aman menyimpan data pribadi di *cloud computing*. Penyedia layanan *cloud computing* dinilai memiliki kapasitas teknis yang cukup untuk menjamin bahwa informasi yang disimpan tidak akan diubah oleh pihak ketiga. Pada penelitian ini, keamanan merupakan faktor penting yang menjadi pertimbangan pengguna dalam menumbuhkan kepercayaan terhadap penyedia layanan.

**Hubungan privasi (*privacy*) terhadap kepercayaan (*trust*),** Hasil penelitian menunjukkan bahwa privasi (*privacy*) penyedia layanan berpengaruh secara signifikan terhadap kepercayaan pengguna *cloud computing*. Hasil penelitian tersebut sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pramika (2012) yang menyatakan bahwa privasi (*privacy*) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kepercayaan (*trust*). Dari hasil analisis deskriptif variabel privasi (*privacy*), diketahui bahwa penyedia layanan *cloud computing* tidak akan memberikan informasi pribadi pengguna tanpa sepengetahuan pemiliknya. Penyedia layanan *cloud computing* sudah menjelaskan bagaimana informasi pribadi tersebut dikelola dan memberikan pilihan yang jelas kepada pengguna sebelum memberikan informasi pribadi kepada pihak ketiga. Selain itu penyedia layanan *cloud computing* dinilai bertanggung jawab terhadap informasi pribadi penggunaannya sehingga tidak dapat diakses oleh pihak yang tidak berkepentingan. Pada penelitian ini, privasi merupakan faktor penting yang menjadi pertimbangan pengguna dalam menumbuhkan kepercayaan terhadap penyedia layanan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kepercayaan pengguna

*cloud computing* untuk layanan *Software as a Service* (SaaS), maka dapat disimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi *trust* adalah kemampuan (*ability*), keamanan (*security*) dan privasi (*privacy*) dari penyedia layanan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. "Pengguna Internet Indonesia" 2015. [Online]. Available: <http://www.apjii.or.id>. [Accessed: 26-October-2015].
- B. Hayes, "Cloud Computing". 2008. *Communications of the ACM*, 51 (7), 9-11.
- "Komputasi Awan." [Online]. Available: <http://id.wikipedia.org>. Accessed: 26-October-2015].
- NIST-Peter Mell and Tim Grance, 2009. Cloud computing Definition version 15.
- H. B. Waluyo, "Trust dalam Cloud Computing," 2011, *STEI ITB*.
- S. Pearson and A. Benameur, "Privacy, Security and Trust Issues Arising from Cloud Computing," 2010, Bristol, UK.
- R. C. Mayer, J. H. Davis, and F. D. Schoorman, 1995. "An Integratif Model of Organizational Trust", *Academy of Management Review*, 30 (3): 709-734.
- B. A. Aubert and B. L. Kelsey, 2000. "The Illusion of Trust and Performance", *Scientific Series of Cirano*, 3: 1-13,
- A. G. Pramika, , 2012 "Pengaruh Privasi, Keamanan dan Kepercayaan terhadap Niat Menggunakan Online Job Market", Universitas Gadjah Mada.
- T. Pikkarainen, K. Pikkarainen, Karjaluoto, Heikki and S. Pahnla, 2002 "Consumer Acceptance Model of Online Banking: An Extension of the Technology Acceptance Model", *Internet Research*, vol 14, pp. 224-235.
- Jogiyanto, 2011, *Konsep dan Aplikasi Structural Equation Modeling (SEM)*. Yogyakarta: Unit Penerbit dan Percetakan STIM YKPN Yogyakarta.
- Jogiyanto, 2008, *Metodologi Penelitian Sistem Informasi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- W. W. Chin, 1995, "Partial least square is to LISREAL as principal components analysis is to common factor analysis", *Technology Studies*, vol 2, pp. 315-319.
- J. F. J. Hair, W. C. Lack, B.. J. Babin, R. E. Anderson, and R. L. Tatham, *Multivariate Data Analisis*. 2008, New York: Pearson Prentice Hall.
- P. Papadopoulou, and D. Martakos, 2008, "Designing online stores for a trust-building interaction", *Communications of the IBIMA*, vol 4, pp. 80-87.

## **RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE (RCM) EVALUATION METHOD IN THE INDUSTRY APPLICATION, CASE STUDY: FERTILIZER COMPANY, INDONESIA**

Rahayu Khasanah<sup>1</sup>, Siti Zawiah Md. Dawal<sup>2</sup>, Jamasri<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Science and Technology AKPRIND Yogyakarta

<sup>2</sup>Department of Engineering Design and Manufacture University of Malaya

<sup>3</sup>Department of Mechanical Engineering Gadjah mada University

Masuk: 6 Oktober 2014, revisi masuk: 14 Januari 2015, diterima: 30 Januari 2015

### **ABSTRACT**

Nowadays, Reliability-centered Maintenance (RCM) has become the solution to determine the type of maintenance tasks and inspections needs to be performed to the assets in achieving effective and efficient maintenance. However, implementing RCM is not enough to achieve optimization of maintenance planning. The evaluation, as one of the important point should be done to prove the benefits of RCM and to continuously improve the maintenance planning. In this study, the effects of RCM implementation in the industry application were evaluated, as a step for continuous improvement in RCM application. The case study is an Ammonia plant in a fertilizer company in Indonesia. This research evaluates the RCM effects by investigating and analyzing Downtime Loss and Mean Time between Failures (MTBF). The problems in RCM implementation in the case study also investigate as a basic for giving the recommendation to the company as a way to improve the RCM implementation. In general, the findings from the investigation of case study affirm that RCM implementation do improve the plant performance which are showed by decreasing of Downtime Loss and Mean Time between Failures. The significant problems that become pitfalls in RCM implementation process are about the worker's culture and understanding on the RCM process. Overall, the study shows that RCM implementation brings many benefits to the company by decreasing the Downtime Loss and Mean Time between Failures which can be resulted as the higher profit for the company.

*Keywords*—RCM Evaluation, Downtime Loss, MTBF

### **INTISARI**

Saat ini Reliability-Centered Maintenance (RCM) telah menjadi solusi untuk menentukan tipe kegiatan perawatan dan inspeksi yang dibutuhkan untuk diterapkan kepada aset agar tercapai perawatan yang efektif dan efisien. Meskipun begitu, mengimplementasikan RCM saja tidak cukup untuk mendapatkan rencana perawatan yang optimal. Evaluasi merupakan poin penting lain yang harus dilakukan untuk menunjukkan keuntungan penerapan RCM dan mengembangkan rencana perawatan secara berkelanjutan. Dalam studi ini efek dan implementasi RCM di dunia industri dievaluasi, sebagai langkah awal untuk pengembangan penerapan RCM yang berkelanjutan. Studi kasus yang dipilih adalah sebuah pabrik amonia di perusahaan pupuk di Indonesia. Penelitian ini mengevaluasi efek dari penerapan RCM dengan menganalisis nilai RCM juga dibahas sebagai dasar pemberian rekomendasi untuk meningkatkan penerapan RCM di perusahaan tersebut. Secara umum, hasil dari penelitian menunjukkan bahwa implementasi RCM dapat meningkatkan performansi(kinerja) pabrik, yang ditunjukkan dengan menurunkan nilai Downtime Loss dan MTBF. Masalah yang menjadi halangan dalam implementasi RCM adalah mengenai budaya kerja dan rendahnya pemahaman mengenai proses RCM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan RCM memberikan banyak keuntungan bagi perusahaan, karena dengan turunnya nilai downtime loss dan MTBF akan memeberikan profit yang lebih besar bagi perusahaan.

Kata kunci : Evaluasi RCM, Downtime Loss, MTBF

## INTRODUCTION

Reliability-Centered Maintenance (RCM) is a maintenance method for decision making of maintenance tasks which includes reactive, proactive and preventive maintenance practices to ensure that the assets can operate well based on the operation context (Moubray, J, 1997).

The development of RCM started in 1975. It was developed in the Civil Aviation Industry. Then, the company Aladon, under the leadership of John Moubray, developed RCM for industrial application in 1986. Aladon established a Global Network, with RCM training materials translated into 13 languages. Nowadays, RCM has been implemented at over 1200 sites worldwide (Lobley, R. A, 2011).

RCM can reduce the maintenance expense on equipment or plant without reducing its reliability. In addition to reducing maintenance costs, RCM also can reduce business risks by improving the reliability of the maintained equipments. The business risks consist of safety, environmental and operational parts (Johnston, D.C, 2002).

Some industries are not applying RCM effectively because of some pitfalls which hinder the RCM implementation (M. Young, 1989). In order to prevent ineffective RCM implementation, optimization of maintenance planning needs to be achieved and be improved continuously. RCM implementation has to be evaluated by comparing value of some variable before and after RCM has been applied as a measurement of the effectiveness of RCM implementation in the company. It is also affirmed that the measurement of maintenance performance has become an essential requirement for industry of today, since maintenance is considered as an integral part of business process (Nabhan, M.B,2010). Agreed with that, Pourjavad (Parida, A,2006) stated that it is a challenge for leading managements to reevaluate their maintenance strategies for better maintenance of assets because maintenance is generally identified as a single largest controllable cost and status quo in the production process.

Based on the importance of evaluation in RCM implementation, a case study in Kaltim Fertilizer Company (PKT), Indonesia, was conducted. This company

started to implement RCM in 2003. In 2006, RCM is applied in Ammonia K-3 Plant. In 2007, Reliability Department was incorporated in the company. Even though RCM has been implemented in PKT since 2006, there is no evaluation that can give explanation to the company about how far RCM is implemented in the company and how are the effects of implementing RCM to the company. Since in 2013, PKT plan to fully implement RCM in all assets and plants, the result of evaluation of the current RCM implementation is expected as the picture of positive achievements by implementing RCM in the company plants.

## RESEARCH METHODOLOGY

As mentioned above, RCM Evaluation is essential measurement of the effectiveness of RCM implementation in the company. In the previous researches, certain parameters are used to evaluate RCM. Unexpected failures rate, plant availability and maintenance cost are typical global measurement of RCM program constructed (M. Young, 1989).

Fore and Mudavanhu evaluate RCM using gaps of production output, total downtime, and availability and machine utilization. Despite total downtime, other related parameters should be considered are mean time between failures (MTBF) and mean time to repair (MTTR) (Williamson, R.M, 2006).

In this research, some indicators is used to evaluate RCM more precisely. Those indicators are Downtime Cost and Mean Time between Failures (MTBF). Data needed to evaluate RCM implementation in Kaltim Fertilizer Company are production record and failures record. Each data are analyzed individually or linked to each other to calculate the parameters of RCM evaluation. Downtime Loss, Downtime loss is determined as the production loss resulted from downtime (any event that stops planned production for a period of time). It is apparent that maintenance-related downtime is the biggest contributor to low production performance that results in the huge discrepancy between target values and actual production values [9]. The gap between target values and actual production values shows the downtime loss. Downtime loss can be defined in currency, unit of product, or time. The variables used to calculate it are annual

Actual Production (AP), Operation Time and Downtime.

$$\text{Operation Time [hour]} = \text{Base Production Time [hour]} - \text{Planned Downtime [hour]}$$

$$\text{Production Rate [ton/hour]} = \text{AP [ton]} / \text{OperationTime [hour]} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Downtime Loss [ton]} = \text{Total Downtime [hour]} \times \text{Production Rate [ton/hour]} \dots\dots\dots(3)$$

Mean Time between Failures (MTBF) is the predicted elapsed time between failures of a system. MTBF is the indicator the success of RCM, since RCM used to decrease system failure frequency and hence increase the MTBF. MTBF is considered as the arithmetic mean (average) time between failures of a system. MTBF computed by dividing total time in available with total number of failures [8]. The formula is:

$$MTBF = \frac{T}{N} \dots\dots\dots (4)$$

Which, T is Total time in available and N is total number of failures.

In this research, MTBF is calculated by equations:

$$MTTF = \frac{\text{Operation time} - \text{Downtime Lost Time}}{\text{Number of failures}}$$

$$MTTR = \frac{\text{Total Downtime Lost Time}}{\text{Number of Failures}}$$

$$MTBF = \text{Operation Time} / \text{Number of Failures} \\ = MTTF + MTTR$$

In order to evaluate RCM, data needed to evaluate RCM are production record and failures record. There are some documents used as the source of the data to be analyzed. Those are: 1) Monthly Assets Utilization Report of the company, 2) Annual Work Report of the company

The tools needed to collect some data and calculate the variables to be analyzed are: 1).1 PC, 2).1 interface PC to the database of the company, 3).1 Avantis (CMMS Software), as a database of all maintenance management system of the company. 3).SPSS program, 4).Microsoft Office 2007

**RESULTS AND DISCUSSION**

Analysis of Downtime Loss, Downtime Loss is extracted from Annual Work Report of the company. Based on the equation (1) to (3), the downtime loss is calculated in ton. It is because of preventing the error from the inflation when it is calculated in the currency. Downtime loss in ton also represents the production loss from downtime clearly. The calculation is presented in Table I. The trend of production loss because of downtime can be seen graphically in Figure 1.

Table I. Production Loss Per Year

Year	AP (ton)	Operation Time (hour)	Downtime Loss (hour)	Production Rate (ton/hour)	Downtime Loss (ton)
2001	308624.00	8136.00	1038.96	43.34	45028.25
2002	372873.00	8736.00	302.40	44.09	13332.01
2003	344930.00	7762.32	122.61	45.01	5518.33
2004	397103.00	8760.00	396.24	47.34	18759.38
2005	405936.00	8736.00	0.00	46.34	0.00
2006	337848.00	7897.68	272.88	44.17	12053.13
2007	372652.00	8736.00	194.08	43.50	8443.22
2008	357107.00	8349.60	228.24	43.84	10006.45
2009	384795.00	8736.00	7.44	43.96	327.09
2010	358527.00	8280.00	157.20	44.20	6947.79
2011	396899.00	8736.00	0.00	45.31	0.00

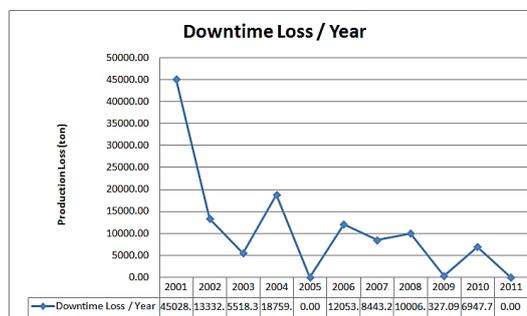


Figure 1. Trend of Production Loss per year in Ammonia K-3 Plant

Figure 1. visualize the trend of Downtime Loss per year which tends to be lower from time to time. The lower downtime value shows the lower production loss because of downtime or failure. So, when the performance of the plant is improved, the downtime losses suppose to be decreased.

The more clearly RCM implementation effect can be seen by comparing production loss before and after RCM implemented in Ammonia K-3 Plant. Statistically, mean and variance are compared between 2 groups.

Table 2. Statistical Comparison Before And After Rcm Is Implemented

Statistical Parameter	RCM Implementation	
	Before	After
Mean	15781.85	5144.91
Standard Deviation	15738.68	4675.61

As presented in Table II, the mean of downtime loss after RCM is implemented is much lower than before RCM implemented. The downtime loss dispersion after RCM implemented is also lower than before, which means the trend of downtime loss is stabilized (Williamson, R.M.,2006).

Mean Time Between Failures (MTBF), The MTBF is calculated for every 2 years, since the number of failures for year 2005 and 2011 are zero, which make MTBF value is infinite if it is calculated. The result is shown in Table 3. The improvement is indicated if the MTBF value is higher, since it means the period of failures happen is more seldom.

Table 3. Mean Time Between Failures Per 2 Years

Year	Operati on Time (hour)	Number of Failures	MTBF	
			hour	day
2001-2002	16872.0	12	1406.0	58.58
2003-2004	16522.3	9	1835.8	76.49
2005-2006	16633.6	3	5544.5	231.02
2007-2008	17085.6	9	1898.4	79.10
2009-2010	17016.0	6	2836.0	118.17
2011-2012	11640.0	1	11640.0	485.00

Since MTBF is really related with period of time, to see the MTBF value before and after RCM implemented, cannot be done easily by calculating the mean value of the years before and after RCM implemented. To be more accurate, the calculation is done by calculating total period of time and number of failures before and after RCM is implemented, and calculates MTBF from it, like shown in Table 4.

Table 4. Mean Time Between Failures Before And After Rcm Implementation

Year	Operation Time (hour)	Number of Failures	MTBF	
			hour	day
2001-2006	50028.00	24	2084.	86.85
2007-2012	45741.60	16	2858.	119.12

The comparative Table 4. represents more obviously the improvement of MTBF before and after RCM is applied. The MTBF value is increase from 86.85 days to 119.12 days after RCM is implemented to the plant. It is supported by Pourjavad [6], who stated that MTBF is the indicator the success of RCM, since RCM used to decrease system failure frequency and hence increase the MTBF.

## CONCLUSION

This research was conducted to evaluate the RCM implementation effects in the industry application, as a step for continuous improvement in RCM application. The case study is conducted on an Ammonia plant in a fertilizer company in Indonesia. This research evaluates the RCM effects by investigating and analyzing Downtime Loss and Mean Time Between Failures (MTBF).

In general, the findings from the investigation of case study affirm that RCM implementation do improve the plant performance. Specifically, the findings prove that there is an improvement of effectiveness and performance of the plant from the MTBF analysis. The MTBF value is increase from 86.85 days to 119.12 days after RCM is implemented to the plant.

When the effectiveness and performance of the plant increase, the production loss of the downtime is decrease, and it is presented by the result of downtime loss analysis. This result also shows that RCM effects are including cost saving and increase profit. That showed by the decreasing of MTBF value and production loss.

Overall, the study shows that RCM implementation brings many benefits to the company by improving the plant performance and reduced downtime loss which can be culminate as the higher profit for the company. By this research, the

importance of applying RCM as maintenance management to make sure the production assets works sustainably is proved.

#### ACKNOWLEDGMENT

Author would like to thank you to AUNSeed/Net JICA scholarship and staffs on Kaltim Fertilizer Company in Indonesia who helped this research conducted.

#### REFERENCES

- Afey, I.H., Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study. *SciRes Engineering*, 2/2010, 863-873.
- Johnston, D.C., Measuring RCM Implementation, *Proceedings Reliability And Maintainability Symposium*, 2002.
- Lobley, R. A., Is Reliability Centered Maintenance (RCM) making a comeback and if so will it prove to be a worthwhile investment?, *IET Conference Publications*, 2011, 37.
- Moubray, J, 1997, "*Reliability-centered Maintenance (2nd ed.)*". Industrial Press.
- M. Young, *The Technical Writer's Handbook*, 1989, Mill Valley, CA: University Science.
- Nabhan , M. B., Effective implementation of reliability centered maintenance. *Power Control and Optimization, 3<sup>rd</sup> Global Conference, American Institute of Physics*, 2010.
- Parida, A. & Kumar, U., Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(3)/2006, 239-251.
- Pourjavad , E., Shirouyehzad,H., Shahin, A., Analyzing RCM Indicators in Continuous Production Lines, A Case Study. *International Business Research*, 4(4)/2011.
- Smith, A.M. & Hinchcliffe, G.R., *RCM-Gateway to world class maintenance*, 2004, Oxford, UK: Elsevier Inc.
- Williamson, R.M., *Using Overall Equipment Effectiveness: the Metric and the Measure*, 2006, Columbus, NC: Strategic Work System, Inc.

**PENGUJIAN KUALITAS AIR ASAM TAMBANG PADA TAMBANG BATUBARA  
PT. Bukit Asam Tbk – Tanjung Enim**

**Rina Rembah<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Pertambangan Umum Universitas Sembilanbelas Nopember Kolaka

Masuk: 6 Oktober 2014, revisi masuk: 14 Januari 2015, diterima: 30 Januari 2015

**ABSTRACT**

Mine drainage was problem in mining activity at active period and mine closure. And will be environment issue from mine drainage is water quality, what is Potentially Acid Forming or Non Acid Forming. For to know water quality will be forming, as the first step is understanding about stone geochemical characteristic. Stone of behavior can be known based on geochemical characteristic by step testing are static test with testing sulfure total, pH paste, pH NAG, ABA method and verification with kinetic test by Free Draining Column Leach Test with physical and chemical testing, also mineralogy testing with X-RD for to know mineral composition in stone. Based on characteristic result can be get stone type potentially acid forming/ PAF and non acid forming/NAF. Then water quality test as leachate stone PAF/NAF by kinetic quality test. From this research, result of type the stone are PAF and NAF, where PAF is high capacity with NAPP value 88,64 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton and pH NAG 2,42 with kinetic test result shown pH 2,18 in acid zone. And for NAF with NAPP value -0,78 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton and pH NAG 6,81 with kinetic test result shown pH 7,53 in neutral zone.

**Keyword** : Mine Drainage, Stone Geochemical Characteristic, PAF and NAF and Kinetic Test.

**INTISARI**

Air tambang adalah masalah yang dihadapi oleh kegiatan pertambangan baik pada masa aktif maupun pascatambang. Dan yang akan menjadi isu lingkungan dari air tambang ini adalah kualitas air tambang, apakah berpotensi membentuk asam atau tidak berpotensi membentuk asam. Untuk mengetahui kualitas air yang akan terbentuk, sebagai langkah awal adalah dengan pemahaman tentang karakteristik geokimia batuan. Sifat batuan dapat diketahui berdasarkan karakteristik geokimia batuan melalui serangkaian pengujian yaitu uji statik dengan pengukuran Total sulfur, pH pasta, pH NAG, metode ABA, dan akan diverifikasi dengan uji kinetik melalui *Free Draining Column Leach Test* (FDCLT) melalui pengukuran parameter fisik dan kimia, serta uji mineralogi dengan X-RD untuk mengetahui komposisi mineral yang terkandung dalam batuan tersebut. Berdasarkan hasil karakterisasi tersebut akan diperoleh tipe batuan yang berpotensi membentuk asam (*Potentially Acid Forming*/PAF) dan batuan yang tidak berpotensi membentuk asam (*Non Acid Forming*/NAF). Kemudian pengujian kualitas air tambang sebagai hasil lindi batuan PAF/NAF melalui hasil uji kinetik. Dari penelitian ini, dihasilkan batuan tipe batuan yaitu PAF dan NAF, dimana PAF adalah kapasitas tinggi berdasarkan nilai NAPP 88,64 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton dan pH NAG 2,42 dengan hasil uji kinetik menunjukkan pH 2,18 yang berarti dalam zona asam. Sedangkan untuk NAF berdasarkan nilai NAPP -0,78 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton dan pH NAG 6,81 dengan hasil uji kinetik menunjukkan pH 7,53 yang berarti dalam zona netral.

**Kata kunci** : Air Tambang, Karakterisasi Geokimia Batuan, PAF dan NAF, Kualitas Uji Kinetik.

**PENDAHULUAN**

Air tambang adalah masalah yang akan dihadapi oleh semua kegiatan

pertambangan baik batubara maupun bijih baik pada masa operasional maupun pascatambang. Dan yang menjadi isu lingkungan yaitu kualitas air

yang akan terbentuk yaitu apakah berpotensi membentuk air asam tambang atau tidak berpotensi membentuk air asam tambang.

Air asam tambang (AAT) merupakan air yang terbentuk akibat dari adanya kegiatan penambangan yang dicirikan dengan kondisi kualitas airnya menurun dari ambang batas dipersyaratkan aman bagi kehidupan manusia, tanaman, maupun biota air lainnya dengan salah satu indikasi digunakan yaitu  $\text{pH} < 6$  (Gautama, 2008). AAT ini terbentuk sebagai akibat dari terdahnya mineral sulfida oleh air, udara dan bantuan bakteri, yang dipicu oleh pembukaan lahan baik untuk pertanian maupun pertambangan. Oleh karena itu, air asam tambang adalah salah satu dampak penting dari kegiatan pertambangan dan menjadi isu lingkungan yang hangat dalam industri pertambangan khususnya industri pertambangan batubara. Penambangan dan pascatambang termasuk didalamnya adalah prosedur penimbunan material penutup yang diatur berdasarkan potensi timbulnya air asam tambang yang disebabkan oleh mineral yang terkandung didalamnya (Gautama, 2008).

Langkah awal yang dapat dilakukan yaitu dengan mengetahui karakteristik geokimia batuan yang merupakan bagian dari upaya prediksi pembentukan air asam tambang. Karakteristik geokimia batuan ini dapat diketahui dengan melakukan berbagai uji geokimia di laboratorium salah satunya dengan uji kinetik (Bowell, R.J, dkk, 2006). Sedangkan kualitas air tambang yang akan terbentuk perlu mendapat perhatian yang serius karena merupakan produk akhir dari proses pelindian (*leaching*) dari material PAF yang akan menghasilkan air asam tambang (AAT). Dengan demikian, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air tambang yang akan terbentuk apakah berpotensi membentuk asam (*Potentially Acid Forming/PAF*) atau tidak berpotensi membentuk air asam tambang (*Non Acid Forming/NAF*). Penelitian ini

dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas air asam tambang berdasarkan hasil uji statik dan uji kinetik.

## METODE

**Lokasi** penelitian dilakukan di PT. Bukit Asam Tbk, yang terletak di Tanjung Enim Kecamatan Lawang Kidul Kabupaten Muara Enim, Propinsi Sumatera Selatan.

Secara geografis lokasi PT. Bukit Asam Tbk Unit Pertambangan Tanjung Enim (PTBA – UPTA) terletak pada posisi  $3^{\circ}42'30''$  LS –  $4^{\circ}47'30''$  LS dan  $103^{\circ}45'00''$ BT –  $103^{\circ}50'10''$ BT dengan daerah Izin Usaha Pertambangan (IUP) PTBA-UPTA seluas  $\pm 15.500$  Ha yang meliputi wilayah Tanjung Enim dan sekitarnya yang terdiri dari Tambang Air Laya (TAL) dan Non air Laya (NAL).

Batubara Unit Pertambangan Tanjung Enim diendapkan dalam cekungan Sumatera Selatan, khususnya dalam Formasi Muara Enim yang berumur Miosen-Pliosen. Orogenesa plio-plistosen mengakhiri pengendapan dalam cekungan ini, yang di ikuti oleh adanya terobosan-terobosan (intrusi) andesit yang mempengaruhi naiknya peringkat batubara di daerah tersebut. Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Dalam penelitian ini pedoman untuk kualitas air lingkungan untuk penambangan batubara, mengacu pada KepMen LH No. 113 tahun 2003 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan atau kegiatan pertambangan batubara (Tabel 1).

Tabel 1 Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara

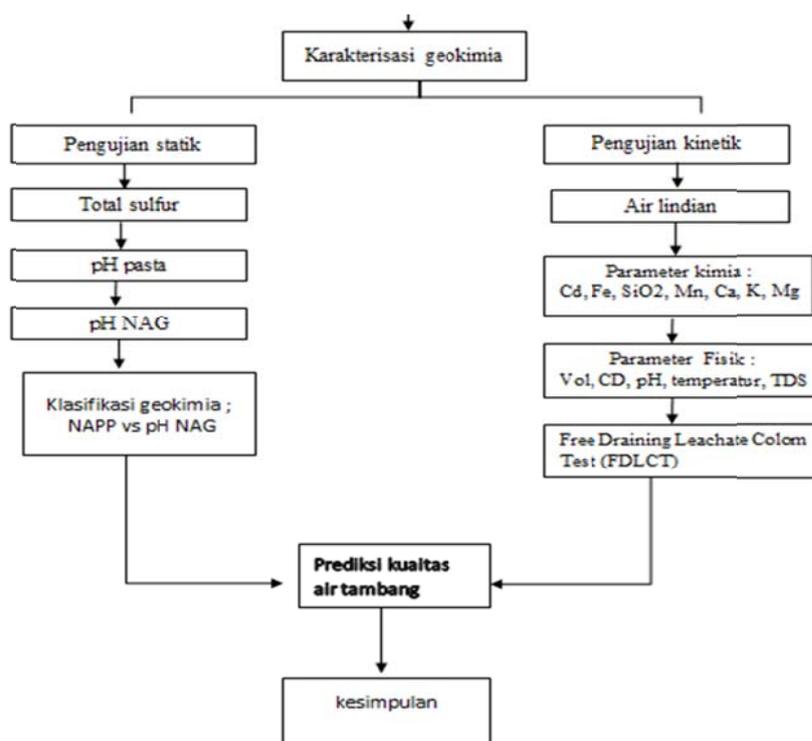
Parameter	Satuan	Kadar maksimum
pH		6-9
Residu tersuspensi	mg/L	400
Besi (Fe) total	mg/L	7
Mangan (Mn) Total	mg/L	4

Klasifikasi Geokimia Batuan, Klasifikasi Geokimia (Perry, 1998) Klasifikasi ini didasarkan pada hasil perhitungan pH NAG (*Net Acid Generation*) dan NAPP (*Net Acid Producing Potential*). Batuan dengan nilai NAPP > 0 serta pH NAG < 4,5 dikategorikan sebagai PAF atau batuan yang berpotensi membentuk asam, batuan dengan nilai NAPP < 0 serta pH NAG > 4,5 diklasifikasikan sebagai NAF atau batuan yang tidak berpotensi membentuk asam, sedangkan batuan yang nilainya tidak memenuhi syarat PAF ataupun NAF dikategorikan sebagai UC (*Uncertain*) atau batuan yang belum jelas potensi keberadaannya dalam membentuk asam. Klasifikasi Geokimia material PAF dan NAF berdasarkan nilai NAPP dan pH NAG dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi Geokimia Berdasarkan Nilai NAPP dan pH NAG

Parameter	Potentially Acid	Non Acid Formin	Uncertainty (UC)	
NAPP	> 0	< 0	> 0	< 0
pH NAG	< 4,5	> 4,5	> 4,5	< 4,5

Pada Gambar 2 adalah format plot klasifikasi yang biasanya digunakan untuk presentasi geokimia potensi batuan dalam pembentukan asam. Grafik ini terbagi menjadi 4 kuadran yang mewakili klasifikasi PAF (*Potentially Acid Forming*), NAF (*Non Acid Forming*) maupun UC (*Uncertain*)



Gambar 1. Bagan Alir penelitian

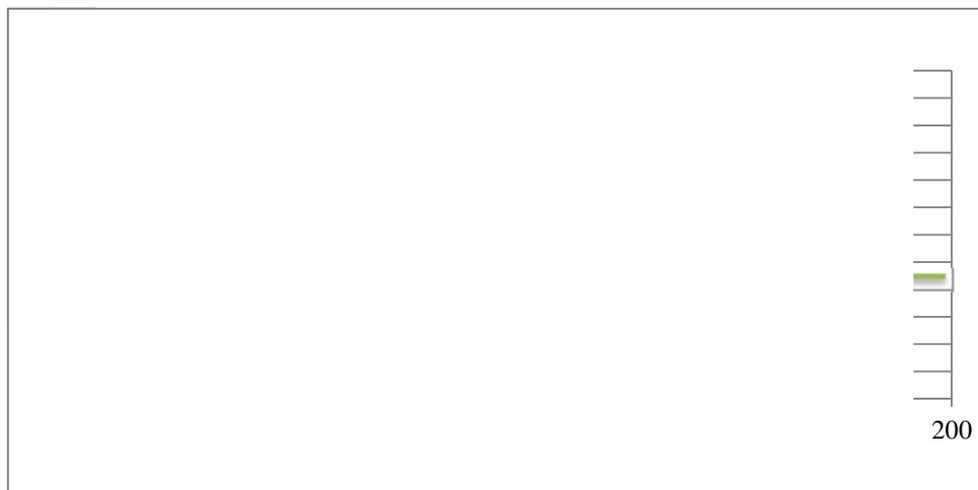
Melalui pengujian kinetik dapat diketahui laju pelapukan material yang tidak diperoleh melalui uji statik. Selain itu juga akan diperoleh laju oksidasi material sehingga dapat ditentukan

periode pembentukan asam dan keefektifan pencampuran ataupun pelapisan pada material PAF. Uji ini juga dapat memberikan data-data jumlah logam, semi logam dan unsur lain yang

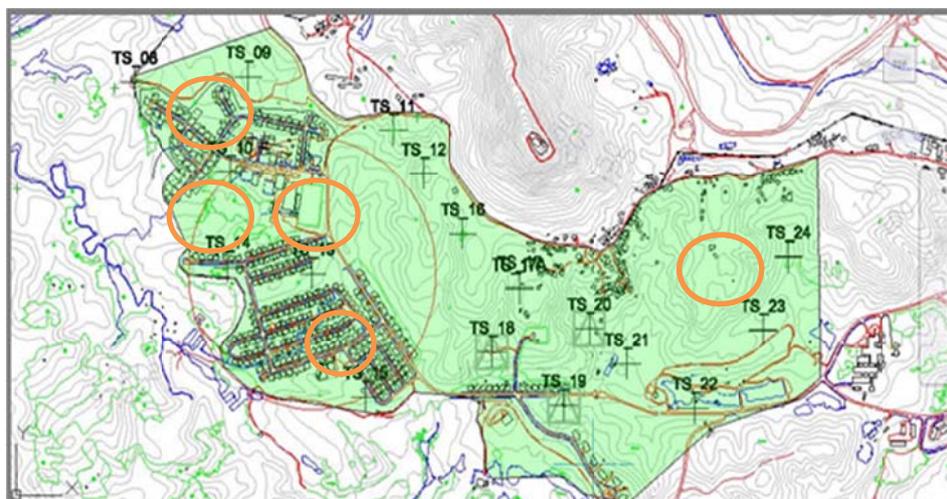
terlarut dalam *leachate* (Lottermoser, 2010). Uji kinetik adalah simulasi proses oksidasi (pelapukan) yang dilakukan untuk menegaskan hasil dari uji statik, memberikan gambaran mengenai laju reaksi dan kualitas air lindi yang terjadi untuk jangka panjang dan memperkirakan potensi geologi material untuk menghasilkan penyaliran yang dapat berdampak terhadap lingkungan. Ada 2 jenis uji kinetik yang dikenal secara umum yaitu *Humidity Cell Test* dan *Free Draining Column Leach Test*. Akan tetapi pada penelitian ini, uji kinetik yang dilakukan adalah *Free Draining Column Leach Test* (FDCLT).

Data Titik pengambilan dan Deskripsi sampel, data yang digunakan berasal dari wilayah penambangan PT. Bukit Asam Tbk pada Area Townsite. Titik pengambilan sampel dapat dilihat ada gambar 1 dan deskripsi sampel yang digunakan dalam dapat dilihat dalam Gambar 3.

Pada area penelitian ini, terdapat 4 sampel yang digunakan yang masing-masing merupakan perwakilan dari titik pengambilan sampel dan posisi lapisan, dan pada sampel ini semua dalam litologi yang sama yaitu *claystone*. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2 Grafik Klasifikasi Geokimia (Smart, Roger : AMIRA, 2002)



Gambar 3 Titik pengambilan sampel area Townsite

Tabel 2 Deskripsi Sampel daerah Townsite

Kode Bor	Posisi	Litologi	Kode Sampel	X	Y	From- To
TS 10	IB A2-B	Claystone	AAT 387	364326,946	9584459,819	95,0 - 97,00
TS 10	IB A2-B	Claystone	AAT 389	364326,946	9584459,819	105,0 - 110,
TS 13	IB B-C	Carbonaceous	AAT 349	364326,946	9584459,819	172,80 -
TS 13	OB A1	Claystone	AAT 356	363088,120	9584160,029	7,30 - 10,00
TS 13	IB A1-A2	Tuffaceous Sandstone	AAT 305	363088,120	9584160,029	44,4- 46,55
TS 14	OB A1	Claystone	AAT 211	362813,861	9584178,799	70,0- 73,15
TS 15	OB A1	Siltstone	AAT 217	363260,346	9583796,303	93,5 - 101,5
TS 15	OB A1	Siltstone	AAT 202	363260,346	9583796,303	120 - 125,0
TS 15	OB A1	Claystone	AAT 222	363260,346	9583796,303	51,9 - 55,00
TS 15	IB A2-B	Carbonaceous Claystone	AAT 231	363260,346	9583796,303	153,7 - 154,4
TS 15	IB B-C	Sandstone	AAT 236	363260,346	9583796,303	193, - 195,
TS 15	IB B-C	Claystone	AAT 192	363260,346	9583796,303	215,0- 218
TS 23	IB A2-B	Claystone	AAT 192	364549,149	9583994,292	15,0– 22,65

## PEMBAHASAN

Karakteristik geokimia batuan adalah langkah awal dalam pengklasifikasian batuan. Dan berdasarkan data-data digunakan dalam pengelompokan sampel berdasarkan parameter pengujian hasil uji statik dan uji kinetik dengan hasil yang konsistensi. Pada kelompok sampel ini terdapat 2 hasil yaitu sampel yang konsistensi dalam klasifikasi PAF dan konsistensi dalam klasifikasi NAF.

Kelompok sampel NAF, Kelompok sampel ini diklasifikasikan berdasarkan hasil uji geokimia bahwa hasil menunjukkan konsistensi parameter pengukuran adalah tidak berpotensi menghasilkan dan membentuk air asam tambang. Serangkaian uji ini dapat dilihat dalam Tabel 3

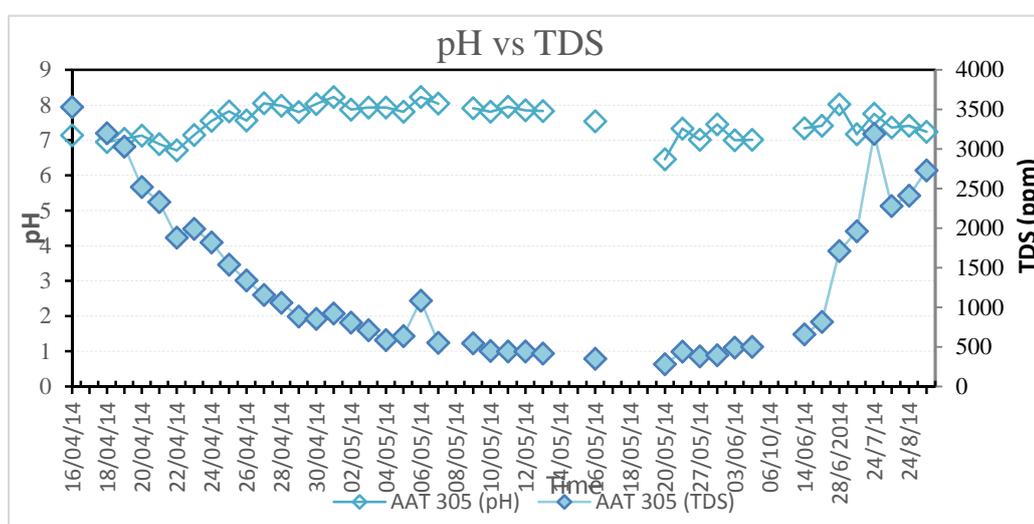
Berdasarkan tabel 3, sampel dikelompokkan dalam NAF, dengan

melihat nilai pH pasta yang menunjukkan pH basa meskipun nilai TS sampel cukup tinggi yang dalam kondisi ini diasumsikan bahwa semua sulfur yang terbentuk yaitu sulfur organik, dan juga dengan nilai kapasitas kemampuan menetralkan asam yang cukup tinggi tinggi, serta pH NAG juga yang basa. Dan hasil uji kinetik inipun dapat ditunjukkan hubungan anatar pH dengan TDS, bahwa dengan pH yang tinggi akan melarutkan logam yang rendah. Hubungan ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Kelompok sampel PA, pada kelompok sampel ini, diklasifikasikan sebagai sampel yang berpotensi membangkitkan asam berdasarkan hasil uji geokimia. Serangkaian uji dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3 Hasil Uji Geokimia Kelompok Sampel NAF

NO	Kode Sampel	TS (%)	pH Pasta	ANC*	MPA*	NA PP*	pH NAG	Pirit (%)	pH Uji kinetik	Kriteria
1	TS-13/AAT 356	0,08	9,30	67,6	2,44	-65,1	9,83	0,1	7,74	NAF
2	TS13/AAT 349	1,05	6,80	28,2	32,13	3,3	6,28	1,0	6,74	UC
3	TS-14/AAT 305	1,03	1,03	32,3	31,51	-0,78	6,81	1,1	7,53	NAF



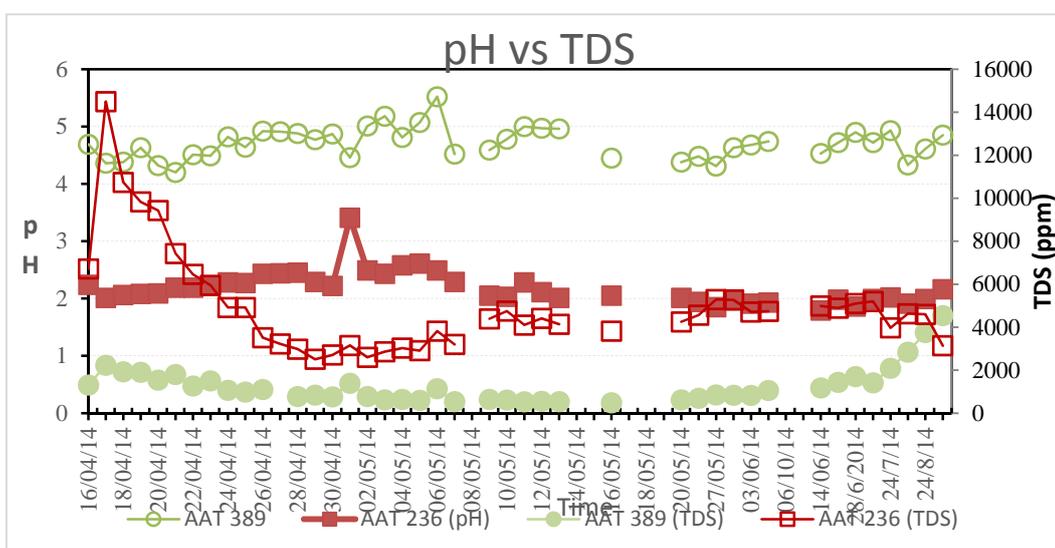
Gambar 4 Grafik hubungan pH dengan TDS

Tabel 4 Hasil Uji Geokimia Kelompok Sampel PAF

NO	Kode Sampel	TS (%)	pH Pasta	ANC*	MPA*	NAPP*	pH NAG	Pirit (%)	pH Uji kinetik	Kriteria
1	TS-10/AAT 339	1,43	1,43	5,5	43,75	38,25	3,16	1,0	3,89	PAF
2	TS-10/AAT 389	0,97	0,97	14,8	29,68	14,88	5,04	0,6	4,60	PAF
3	TS-10/AAT 399	2,55	2,55	11,1	78,03	66,93	2,82	2,6	3,57	PAF
4	TS-13/AAT 356	0,08	9,30	67,6	2,44	-65,15	9,83	0,1	7,74	NAF
7	TS-15/AAT 202	0,76	5,97	12,7	23,28	10,55	4,31	0,9	6,26	PAF
8	TS-15/AAT 211	1,80	6,36	12,2	55,08	42,88	3,16	0,9	4,75	PAF
9	TS-15/ AAT 217	1,33	6,94	11,9	40,69	28,79	3,31	1,7	6,56	PAF
10	TS-15/AAT 231	1,15	5,77	10,2	35,19	24,99	3,31	0,9	5,74	PAF
11	TS-15/AAT 236	2,90	2,90	0,1	88,74	88,64	2,42	1,8	2,18	PAF
12	TS-23/AAT 192	0,67	6,10	12,2	20,50	8,32	3,71	0,5	6,32	PAF

Berdasarkan Tabel 3, bahwa sampel dalam kelompok PAF ini semuanya mengandung Total Sulfur yang cukup tinggi yang diasumsikan semua sulfur yang terdapat dalam sampel adalah sulfur yang reaktif dalam membentuk asam, sebagai keberadaan adanya sulfur, yang dikemudian diverifikasi dengan uji mineralogi yang menunjukkan adanya mineral pirit dan didukung dengan nilai pH pasta yang asam, dan

pH NAG yang juga menunjukkan nilai dalam rentang asam, sehingga berdasarkan hasil uji statik ini, maka sampel ini dalam kelompok PAF yang kemudian diperkuat dengan hasil pengukuran uji kinetik dengan pH 1,79 – 4,2 yang masih dalam kelas asam. Dan berdasarkan uji kinetik juga bahwa dengan pH yang rendah (asam) logam akan terlarut dalam jumlah yang besar dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4 Grafik hubungan pH dengan TDS

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh Management dan Staf PT. Bukit Asam Tbk, atas kerjasamanya dalam penelitian ini.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan serangkaian pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu berdasarkan hasil uji geomikimia batuan Area Townsite diklasifikasikan dalam kelompok dalam kelompok PAF sebesar 73 %, dan NAF sebesar 27 %. Hasil penelitian menunjukkan pH hasil uji kinetik untuk batuan dengan tipe PAF berkisar antara 1,79 – 4,2 sedangkan batuan dengan tipe NAF pH uji kinetik berkisar 6,74 – 7,53.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Gautama, R.S., (2008). *Air Asam Tambang, modul 1 (pengertian, proses, pembentukan dan uji geokimia)*. Bandung : Seminar air Asam Tambang Indonesia ke-3 dan Reklamasi Lahan Bekas Tambang.
- Lottemoser, B.G., (2010). *Mine Waste : Characterization, Treatment and Enviromental Impact*. Springer, Berlin Heidelberg.
- Bowell, R.J., Sapsford, D. J., Dey, M., Williams, K.P., (2006). *Protocols affecting the reactivity of mine waste during laboratory-based kinectic tests*. Proceeding of 7<sup>th</sup> International Confrence on acid Rock Drainage, St Louis, MA.

Smart, Roger., (2002). *ARD Test Handbook : Project P387A Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage*. Melbourne, Australia : AMIRA International Limited.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup  
Nomor : 113 tahun 2003 Tentang  
Baku Mutu Air Limbah Bagi  
Usaha Dan Atau Kegiatan  
Pertambangan Batubara.

**QUALITY CONTROL KEPADATAN OPTIMUM TIMBUNAN BERDASARKAN FAKTOR  
DENSITAS DALAM PEMBENTUKAN JALAN PENGANGKUTAN BATUBARA**

**SUPANDI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STTNAS) Yogyakarta

Masuk: 19 Juni 2015, revisi masuk: 21 Juli 2015, diterima: 2 Agustus 2015

**ABSTRACT**

*Construction hauling road at the swampy area is very difficult due to weak materials and soft material for the basement. The problem can be determinate with approaching density of material during to reach optimum compaction. To determination optimum compaction can be use wet and dry density method and optimum water content. Laboratory testing at the laboratory is conducted on 95% of compaction include moisture content (ASTM D 2216-80), Specific Gravity (ASTM D 854-23), Attenberg Limit (ASTM D 422-63), Liquid Limit (ASTM D 427), compaction (ASTM D 1557). Field testing is required to compare actual value of basic properties of material and laboratory test and also to get correlation number of compaction with thick of layering material. The result of the study is increasing dry density will be give impact reducing void ratio and porosity. Highest density values have been found at the laterite material (coarse) with density number up to 2.18gr/cm<sup>3</sup> during wet condition and during dry condition 1.98 gr/cm<sup>3</sup>. Highest number of wet density fine material about 2.12gr/cm<sup>3</sup> and 1.87gr/cm<sup>3</sup> for dry density. Lowest number of density for coarse material about 1.82gr/cm<sup>3</sup> (wet) and 1.46gr/cm<sup>3</sup> (dry) while for fine material about 1.83gr/cm<sup>3</sup> (wet) and 1.55gr/cm<sup>3</sup>. Construction hauling road at the soft material can be conducted using selective material and keep optimum water content and applying compaction layer by layer to reach optimum compaction.*

**Kata kunci** : Quality control, kepadatan optimum, densitas, jalan batubara

**INTISARI**

Masalah yang sering timbul pada jalan yang dibangun di atas tanah lunak dan rawa adalah kehilangan tanah urugan pada proses pembuatan jalan dan timbulnya deformasi yang tidak seragam. Kendala-kendala tersebut dapat diatasi apabila dilakukan penelitian pembangunan jalan dengan metode cut and fill menggunakan parameter nilai densitas tercapai dan persyaratan kepadatan juga harus terpenuhi. Pihak kontraktor, sebagai pelaksana lapangan, ingin mengetahui secara cepat dan mudah pada saat pengerjaan lapangan yaitu dengan hanya melakukan test kepadatan dengan menggunakan kepadatan tanah antara lain dry density, wet density, moisture content. Pengujian di laboratorium compaction dilakukan dengan 95% meliputi pengujian kadar air (ASTM D 2216-80), Berat jenis (ASTM D 854-23), Batas cair dan batas plastis (ASTM D 422-63), batas susut (ASTM D 427), pemadatan (ASTM D 1557). Pengujian lapangan untuk mengetahui perbandingan tebal lapisan sebagai timbunan yang optimal serta banyaknya jumlah *compaction* yang disesuaikan dengan pencapaian nilai densitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar nilai *dry density*, semakin kecil angka pori (*e*) dan porositas (*n*), dan sebaliknya. Nilai densitas terbesar di lapangan terbesar pada material laterit kasar yaitu nilai *wet density* adalah 2.18 gr/cm<sup>3</sup> dan *dry density* mendapatkan 1.98 gr/cm<sup>3</sup>, pada material halus nilai terbesar yang dicapai adalah 2.12 gr/cm<sup>3</sup> pada wet density dan untuk *dry density* mencapai 1.87 gr/cm<sup>3</sup>, dan hasil terendah dilapangan untuk material kasar adalah 1.82 gr/cm<sup>3</sup> untuk *wet density* dan *dry density* 1.46 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan untuk material halus untuk nilai terendah adalah 1.83 gr/cm<sup>3</sup> *wet density* dan *dry density* 1.55 gr/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan studi ini pembuatan jalan hauling pada tanah lunak dapat dilakukan dengan menjaga kadar air dan melakukan pemadatan layer by layer untuk memperoleh kepadatan optimum.

**Kata kunci** : Quality control, kepadatan optimum, densitas, jalan batubara

## PENDAHULUAN

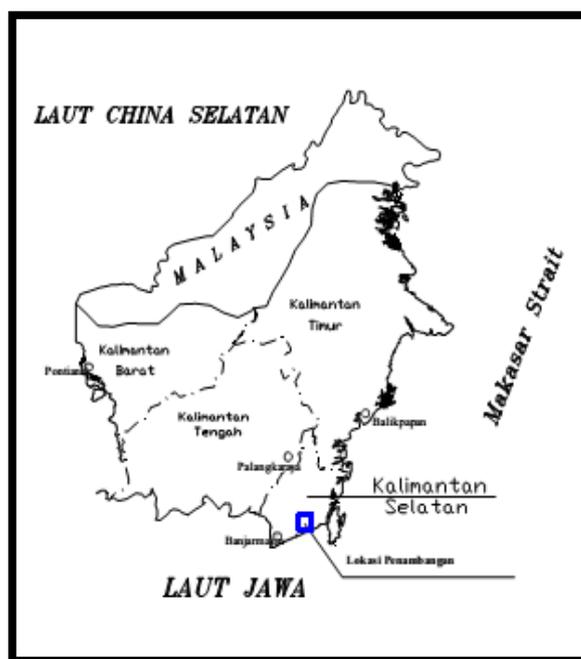
Masalah yang sering dihadapi dalam melaksanakan pembangunan jalan hauling batubara adalah masalah kualitas timbunan yang relatif buruk dan harus dibangun pada lokasi rawa. Pembangunan pada lokasi ini banyak dijumpai adanya amblesan dan gerakan massa. Pembangunan jalan di atas tanah lunak (rawa) menyebabkan berbagai kesulitan saat pelaksanaan, diantaranya kehilangan tanah urugan yang meresap ke dalam tanah, kuat geser tanah tidak cukup untuk memikul tanah timbunan. Bahkan setelah pembangunan selesai masih dijumpai adanya kondisi jalan yang bergelombang, resapan partikel halus ke dalam badan jalan yang dibuat dari material yang *porous* menyebabkan fungsi pengaliran terhambat dan jalan menjadi cepat rusak. Untuk mengatasi kesulitan tersebut diperlukan sebuah nilai dari material yang akan digunakan untuk dapat menahan gaya tarik agar meningkatkan stabilitas tanah dan mencegah perbedaan penurunan yang terlalu besar dan menekan pembatas antara material urugan (*fill*) dengan material tanah asli (*insitu/cut*). Material yang digunakan tersebut harus mampu mengalirkan air tanpa membawa partikel halus.

Sesuai dengan latar belakang dan permasalahan yang dihadapi maka tujuan dari penelitian ini adalah mengupayakan kepadatan optimum tanah urugan berdasarkan faktor densitas dan moisture content dalam pembentukan jalan hauling. Melalui penelitian ini akan dilihat kinerja yang dapat dicapai apakah sesuai dengan parameter pengujian dari laboratorium atau belum.

Penelitian ini dilakukan dengan konsep *cut and fill* yaitu usaha

pemadatan untuk memperoleh stabilitas tanah dan memperbaiki sifat-sifat teknisnya meliputi memperbaiki kuat geser tanah dengan menaikkan nilai kohesi (C) dan sudut geser dalam ( $\theta$ ), mengurangi penurunan oleh beban (kompreibilitas) yang akan menurunkan permeabilitas (k), Hal tersebut mengurangi perubahan volume tanah akibat adanya perubahan nilai kadar air dan mengurangi sifat kembang susut tanah.

Lokasi penelitian secara administratif terletak di wilayah PKP2B PT Borneo Indobara, Bunati – Kusan desa Sebamban, Kecamatan Sungai Loban, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan.

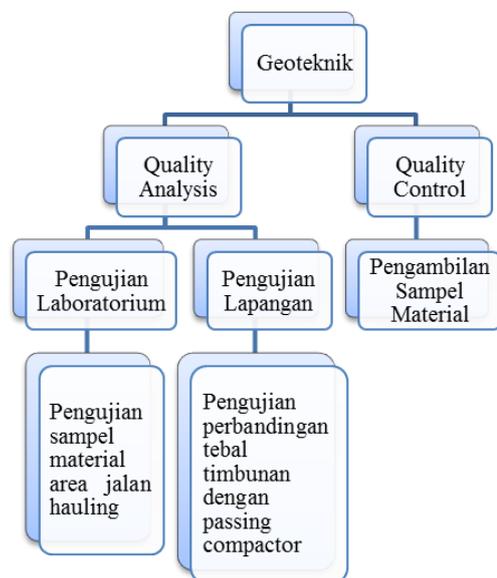


Gambar 1. Lokasi Penelitian

## METODOLOGI PENELITIAN

Metoda penelitian dilakukan dengan melakukan studi pustaka untuk material timbunan jalan dan pengurangan pada daerah rawa. Tahap awal dari studi geoteknik dengan melakukan studi lapangan dan melakukan analysis geoteknik untuk membuat desain.

Quality analysis dilakukan dengan membuat pengujian laboratorium terhadap basic properties dan sifat mekanik material. Pada saat konstruksi jalan juga dilakukan pengujian lapangan sehingga diperoleh kondisi aktual. Membandingkan antara hasil laboratorium dan kondisi aktual dipergunakan dalam melakukan *quality control* terhadap proses konstruksi jalan. Pada *quality control* konstruksi jalan dengan pendekatan densitas material timbunan (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Tanah lunak adalah lapisan residu tanah yang berukuran lanau – lempung mengandung organik dengan konsistensi sangat lunak dan jenuh air. Lapisan tanah lunak ini memiliki sifat gaya gesernya kecil, kemampatannya (kompresibilitas) besar dan koefisien permeabilitas kecil, sehingga saat dikenai pembebanan melampaui daya dukungnya maka akan terjadi kerusakan pada konstruksinya. Daya dukung tanah dapat dinaikan dengan nilai densitas dengan melakukan pemadatan layer by layer dan mengontrol kadar air material.

Untuk mengetahui nilai dari sifat fisik material (tanah) yang akan dipergunakan sebagai material konstruksi badan jalan maka di lakukan pengujian laboratorium. Adapun pengujian laboratorium yang diperlukan untuk konstruksi jalan pada tanah lunak mengacu Taylor 1948 adalah :

Berat volume ( $\gamma$ )

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

W : berat tanah

V: volume tanah

Berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ )

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{sat}}{(1+w)}$$

$W_s$  = berat tanah kering

$V_s$  = volume tanah kering

Berat volume tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ )

$$\gamma_{sat} = \frac{W_w}{V}$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_d (1+W)$$

$W_w$  : berat air

Kadar air

$$\Omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \%$$

Specific gravity ( $G_s$ )

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

Angka Pori

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

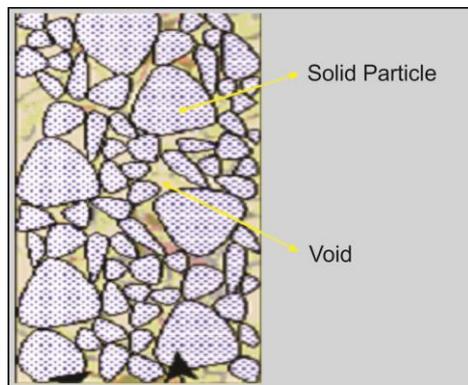
$$e = \frac{G_s}{(1+wc)\gamma_1}$$

Porositas

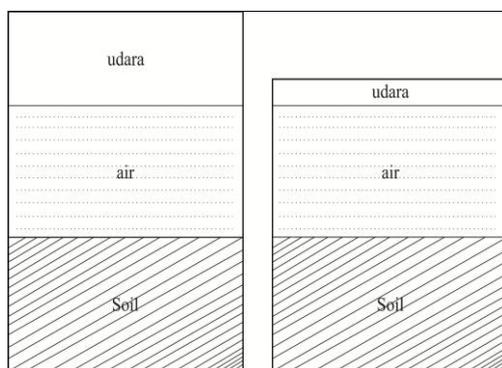
$$n = \frac{V_v}{V_s}$$

$$n = \frac{e}{1+e}$$

Untuk meningkatkan sifat-sifat teknis tanah diperlukan pemadatan. Tanah dipadatkan dengan mesin peralatan *rolling* atau *vibrating*. Test kepadatan laboratorium yaitu dengan *standard compaction* dan *modified compaction*. Dengan adanya pemadatan akan mengurangi volume pori sehingga densitas akan naik sehingga daya dukung tanah dapat semakin besar (Gambar 3.a dan Gambar 3b)



Gambar 3.a Komposisi bagian tanah

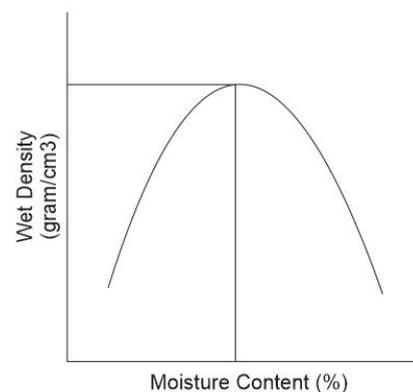


Gambar 3.b. gambar sebelum di padatkan dan c. gambar setelah mengalami pemadatan

Pemadatan tanah terdiri dari kumpulan partikel-partikel tanah yang dipadatkan oleh mesin sehingga terjadi peningkatan volume kering tanah. Sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3 a dan b, tanah terdiri dari butiran-butiran solid dengan void yang terisi air dan udara. Komposisi dari solid, air, udara terlihat dari gambar 3a, 3b. Sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 3c pemadatan untuk mengurangi fraksi udara, yang akan merubah kadar air dan tidak punya pengaruh pada volume solid. Pada teori, proses pemadatan paling efektif melepaskan udara secara lengkap. Tetapi pada prakteknya pemadatan tidak bisa menghilangkan udara sama

sekali, tetapi hanya mengurangi udara menjadi minimum.

Day (1997) dalam diskusinya mengatakan bahwa faktor-faktor yang diperlukan untuk memperkecil void ratio pada saat proses pemadatan adalah distribusi ukuran butiran bergradasi baik (well graded), rasio antara ukuran diameter butiran terbesar dan terkecil tinggi untuk pengisian ruang pori yang terkecil dan proses seperti pemadatan, untuk menekan partikel tanah menjadi susunan lebih padat (Gambar 4)



Gambar 4. Kurva hubungan wet density dengan kadar air

Nilai puncak dari berat isi kering disebut kerapatan kering maksimum dan kadar air pada kerapatan kering maksimum disebut kadar air optimum. Hubungan antara kadar air ( $\omega$ ) dan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dapat dirumuskan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1 + \omega}$$

$$V_a 0, S_r = 100 \% \longrightarrow \frac{\gamma_w \cdot G_s}{1 + G_s \cdot \omega}$$

$\gamma_s$  : berat volume tanah basah (g/cc)

$V_a$  : volume udara (cc)

$S_r$  : derajat kejenuhan (%)

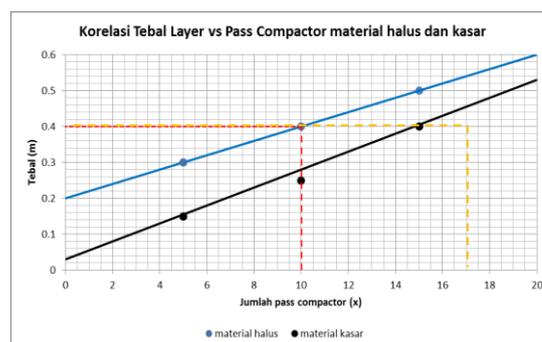
$G_s$  : berat spesifik tanah

Tabel 1. Hasil pengujian Laboratorium

No	Pengujian Sifat Fisik Material	Satuan	Jenis material		
			Laterit Halus	Laterit Kasar	
1	Basic Properties	Natural Water Content	%	26.3	4.72
		Specific Gravity of Soil	Gs	2.706	2.792
		Wet Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.789	2.086
		Dry Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.397	1.818
		Void Ratio	e	0.937	0.535
		Saturated Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.881	2.167
2	Size Analysis	Gravel	%	0	28.7
		Sand	%	7.19	31.79
		Silt	%	27.24	22.08
		Clay	%	65.57	17.43
3	Atterberg Limit	Liquid Limit	%	82.75	28.52
		Plastic Limit	%	33.57	21.05
		Plasticity Index	%	49.18	7.47
		Flow Index		17.37	9.9
		Unified Classification		CH	CL
4	Compa ction	Opt. Moisture Content	%	28.1	14.7
		Max. Dry Density	gr/cm <sup>3</sup>	14.47	1.914

Conto batuan yang dipergunakan sebagai material urugan diambil contohnya untuk dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan gambaran sifat fisik dan sifat mekanik material urugan. Dari hasil uji laboratorium dipergunakan sebagai dasar perhitungan dalam analisa kepadatan optimum untuk setiap tipe urugan yang ada. Hasil pengujian dari laboratorium untuk sifat fisik material (laterit) didapatkan hasil seperti Tabel 1. Pengujian lapangan dilakukan untuk memperoleh kondisi aktual dan membandingkan antara desain. Hasil pengujian lapangan yaitu dengan menentukan tebal layer dan *compaction* yang dibutuhkan disertai dengan koefisien biaya. Semakin tebal layering maka akan semakin banyak jumlah pass *compaction* yang dampaknya akan menambah biaya pemadatan. Adapun korelasi jumlah pass *compaction* dan tebal lapisan dapat dilihat pada Gambar 5. Pengujian juga dilakukan terhadap

kedalaman dari permukaan sehingga dapat diperoleh perubahan nilai densitas terhadap kedalaman dimana hal ini dapat menginformasikan dengan jumlah pemdatan tertentu berapa kenaikan densitas dapat diterima. Dari hasil pengujian dapat dilihat hasil seperti Table 2.



Gambar 5. Korelasi tebal layer timbunan dengan *pass compaction*

Tabel 2. Korelasi tebal timbunan dengan jumlah passing optimum

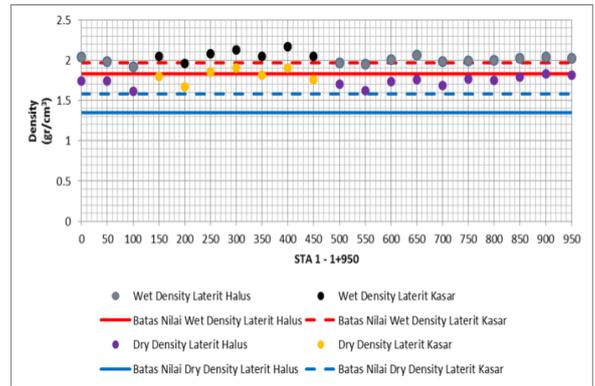
Passing (x)	Depth (m)	Density Jenis Material (gram/cm <sup>3</sup> )	
		Halus	Kasar
5	0.2	1.9	1.85
	0.4	1.75	1.62
	0.6	1.5	1.37
10	0.2	1.95	1.945
	0.4	1.83	1.75
	0.6	1.6	1.57
15	0.2	2.1	2.02
	0.4	1.64	1.914
	0.6	1.42	1.73

## PEMBAHASAN

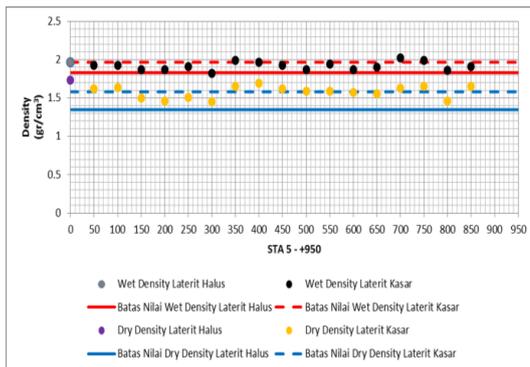
Untuk melihat kualitas timbunan jalan telah sesuai dengan acuan maka dilakukan sampling setiap jarak 50 meter agar hasil yang dikehendaki sesuai. Batas bawah adalah nilai ndesnitas minimum untuk tipe material yang dipergunakan sebagai urugan (garis biru gambar 6) sedangkan batas atas adatah nilai maximum densitas material urugan (warna merah) pada kondisi optimum kadar air. Dari hasil

pengujian lapangan diperoleh bahwa material telah mengalami pemadatan optimum dengan nilai densitas (warna titik kuning dan hitam). Warna kuning dan hitam menunjukkan nilai densitas pada kondisi *wet density* dan pada kondisi *dry density*. Pada *wet density* masih belum di koreksi terhadap kadar dan pada *dry density* sudah terkoreksi dengan kadar air.

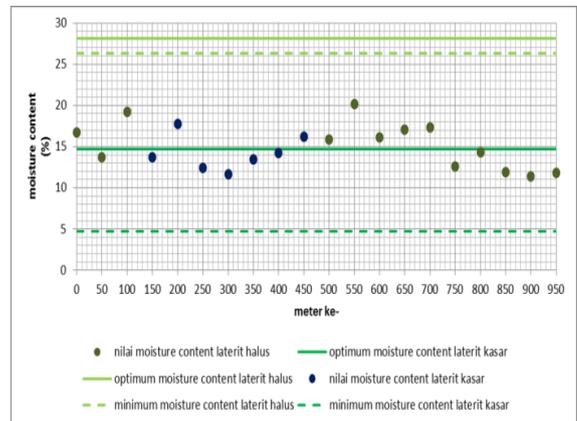
Pada setiap material yang dipadatkan memerlukan kadar optimum dimana kadar air optimum ini harus dicapai ketika melakukan pemadatan. Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa nilai kadar air optimum telah sesuai dengan rencana (Gambar 7)



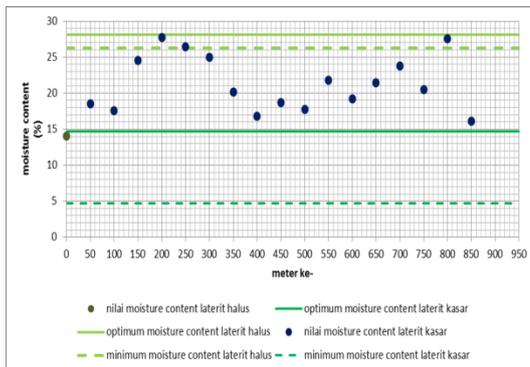
Gambar 8. Hasil nilai wet and dry density STA 1



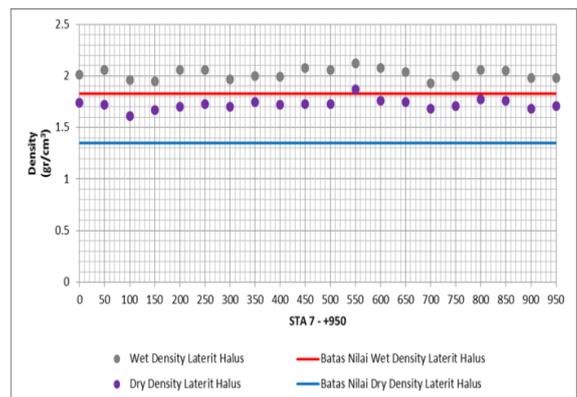
Gambar 6. Hasil nilai wet and dry density STA 5



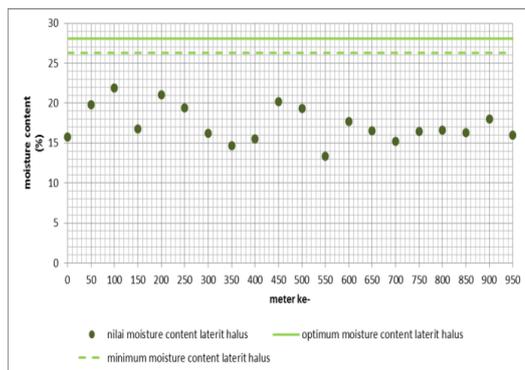
Gambar 9. Hasil nilai moisture content STA 1



Gambar 7. Hasil nilai moisture content STA 5



Gambar 10. Hasil nilai moisture content STA 7



Gambar 11. Hasil nilai moisture content STA 7

Pada Gambar 6,7,8,9 terlihat bahwa hasil pengujian *compaction* untuk nilai *wet density* dan *dry density* dengan komposisi material laterit halus dan laterit kasar menunjukkan di bawah hasil optimum dan minimum dari hasil nilai pengujian laboratorium dan dilihat dari nilai *moisture content* terdapat kadar air yang optimum hal ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar air maka akan menurunkan nilai densitas sedangkan jika terdapat kadar air yang kurang maka pada saat melakukan *compaction* di lapangan mengalami kesulitan karena material sulit di bentuk dan masih keterdapatannya rongga-rongga dalam material.

Pada Gambar 10 dan 11 menunjukkan bahwa hasil pengujian pada lapangan memiliki nilai di atas dari nilai pengujian laboratorium, hal ini menunjukkan bahwa pada saat pengujian laboratorium menggunakan *compaction* sebesar 95% sehingga hasil pengujian di lapangan dimungkinkan akan diperoleh hasil lebih besar sehingga rongga-rongga pada material telah terisi oleh material yang lebih halus sehingga partikel-partikel tanah tersebut saling *interlocking* dan faktor yang mempengaruhi berikutnya adalah faktor material yang ada pada area pembentukan jalan *hauling* yaitu dengan adanya material dengan ukuran halus (lempung).

## KESIMPULAN

Permasalahan pembuatan jalan *hauling* pada tanah lunak dan pada daerah rawa dapat di atas dengan memperhatikan material urugan dengan melakukan pemadatan sampai pemadatan optimum dan kadar air material urugan. Pemadatan tanah urugan harus mencapai 95% dari uji laboratorium dan material dengan densitas di atas 1.8gram/cm<sup>3</sup> dapat dipergunakan sebagai material urugan.

Pemadatan bertujuan untuk memperbaiki kuat geser tanah yaitu dengan menaikkan nilai kohesi (C) dan sudut geser dalam ( $\theta$ ), mengurangi kompresibilitas yaitu mengurangi penurunan oleh beban, menurunkan permeabilitas dan mengurangi perubahan volume tanah akibat perubahan kadar air.

Dengan dilakukannya pengujian *compaction* dilaboratorium sebesar 95 % maka diharapkan hasil pengujian di lapangan terdapat nilai densitas yang melebihi dari nilai pengujian laboratorium.

Untuk jumlah *passing compactor* didapat dengan jumlah 10 kali *passing* untuk material halus dan 15 kali untuk material kasar dengan tebal layer 40 cm karena dengan pencapaian jumlah *passing* tersebut didapatkan nilai densitas yang optimal pada pengujian lapangan secara vertikal dan dengan pencapaian tersebut pula dapat menghemat bahan bakar *compactor* yang artinya bahwa dengan melakukan 10 kali atau 15 kali *passing* sudah mencapai nilai yang optimum untuk densitas sehingga biaya dapat dikontrol.

Semakin besar nilai *dry density* dilapangan dan semakin kecil nilai angka pori (e), porositas (n) maka semakin besar kepadatan  $\gamma_d$  berarti tanahnya semakin padat maka daya dukung tanahnya semakin besar.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Day Robert W. (1997) Discussions  
Grain Size Distribution for  
Smallest Possible Void Ratio,  
Journal of Geotechnical and  
Geoenvironmental Engineering,  
ASDE, Vol. 123 No.1, 78 Pages
- Soil Mechanics – Design Manual 7.1  
dated May 1982 (Publication No.  
NAVFAC DM-7.1). Departemnt of  
the Navy, Naval Facilities  
Engineering Command,  
Alexandria, Virginia.
- Taylor D.W. Fundamentals of Soil  
Mechanics, John Wiley and Sons,  
USA 1948
- GeoGuides-Road Embankment on Soft  
Soils- 2001

## PENGENDALI WAKTU PENYIRAMAN PADA TANAMAN HIDROPONIK MENGUNAKAN IC 555

Tri Watiningsih<sup>1</sup>, Kholistianingsih<sup>2</sup>, DodiWahjudi<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Fakultas Teknik, Universitas Wijayakusuma Purwokerto

Masuk: 17 April 2015, revisi masuk : 14 Mei 2015, diterima: 11 Juni 2015

### ABSTRACT

*Availability of cropland is the reason why they do not want to plant crops, especially vegetables such as eggplant, cabbage, chilli, as academics eager to implement and introduce hydroponic plants so that the need for hygienic vegetables that can be realized. Along with the question, it is necessary to increase public participation for the introduction in fulfilling the need for vegetables dilahan own more hygienic through Research Lecturer Beginners "Controlling Time Watering On Plant Hidroponik Using IC 555" and utilizes cans or buckets former as cropping media so that it can implement the 3R principles in handling garbage everyday life squad in the smallest scope, Reduce minimize goods, Reuse avoid the use of disposable items, Recycle as much as possible, recycle items that are not useful anymore and converted into other goods. Technology is one of a growing breakthrough developed by the designers of automated tools as a substitute for the operation of a manual system to an automated system, all work will work automatically with an error rate that can be as small as possible. Besides, the technology is expected to automated tools human function as objects or actors on each machine. Average trying to take advantage of the narrow land yard of his house for growing plants that are useful, such as tabulapot plants, to overcome the problem of land is narrow and the provision of water, which is the working principle of the water basin is pumped into the pot plants automatically using IC 555, with the automatic watering tabulapot is expected to overcome the above problems from manual to automatic watering*

**Keywords:** *Swimming, hydroponics, water pump, IC 555, Seven segmen*

### INTISARI

Ketersediaan lahan tanaman menjadi alasan kenapa mereka tidak mau menanam tanaman terutama sayur-sayuran seperti terong, kobis, cabe, sebagai akademisi berkeinginan untuk menerapkan dan mengenalkan tanaman hidroponik akan kebutuhan sayuran yang higienis dapat terwujud. Sejalan dengan peningkatan partisipasi masyarakat akan kebutuhan sayur-sayuran dilahan sendiri yang lebih higienis melalui Penelitian Dosen Pemula "Pengendali Waktu Penyiraman Pada Tanaman Hidroponik Menggunakan IC 555" dan memanfaatkan bekas kaleng atau ember bekas sebagai media tanamnya sehingga dapat menerapkan prinsip 3R dalam menangani sampah dikehidupan keseharian di lingkup terkecil, mengurangi barang/material yang digunakan. Memakai kembali barang sekali pakai, mendaur ulang barang yang tidak berguna. Semakin banyak dikembangkan teknologi perancang alat otomatis, maka semua tingkat kesalahan yang dapat ditekan sekecil mungkin. Disamping itu teknologi alat otomatis diharapkan dapat menggantikan fungsi manusia sebagai obyek atau pelaku pada setiap mesin. Diperumahan rata-rata berusaha memanfaatkan lahan yang sempit dihalaman rumahnya untuk ditanami tumbuhan yang bermanfaat, diantaranya tanaman Tabulapot, untuk mengatasi masalah lahan yang sempit dan pemberian air, yang pada prinsip kerja dari air bak dipompa ke pot tanaman secara otomatis dengan menggunakan IC 555, dengan adanya penyiram tanaman tabulapot otomatis diharapkan mampu mengatasi masalah penyiraman manual menjadi otomatis.

**Kata Kunci :** Kolam, hidroponik, Pompa air, IC 555, Sevensegmen

---

<sup>1</sup>[tri\\_cadipa@yahoo.com](mailto:tri_cadipa@yahoo.com);

<sup>2</sup>[kholostia@gmail.com](mailto:kholostia@gmail.com)

<sup>3</sup>[dodiwiki2001@yahoo.com](mailto:dodiwiki2001@yahoo.com)

## PENDAHULUAN

Tanaman Hidroponik biasa dise-but tanaman tanpa media tanah. Hidroponik membutuhkan tempat yang tidak terlalu besar dan juga hanya sedikit berbeda cara perawatannya dengan tanaman sayur yang ditanam di tanah pada umumnya.

Hidroponik selain dapat digunakan untuk menghasilkan keuntungan juga dapat digunakan sebagai *hiasan rumah*. Karena ukuran hidroponik biasanya tidak melebihi ukuran rumah maka dapat ditaruh di depan atau halaman rumah yang kecil sekalipun. Teknik NFT (*Nutrient Film Technic*), merupakan salah satu teknik yang paling berhasil dan banyak digunakan karena memiliki efisiensi tinggi pada saat digunakan pada penanaman, hidroponik . Selain itu lahan tanam untuk teknik NFT tidak mudah rusak, mudah dibersihkan (terbuat dari plastik PVC) dan dapat dikonfigurasi sebagai sistem penyiraman yang tidak memungut kembali kelebihan larutan hara (*drain to wash*) maupun sistem penyiraman yang mensirkulasikan kembali kelebihan larutan hara (*aquaponic*). Berdasar pengujian yang telah dilakukan, kondisi ini lebih banyak disebabkan spesifikasi teknik talang PVC khusus untuk NFT tidak dipublikasikan secara luas dan tidak dijual secara bebas. (M. Sutarman, 2001). Selain itu, hal penting yang mempengaruhi hasil teknik ini adalah penggunaan *timer standarst* (sebagai pengatur metode penyiraman otomatis), sehingga proses penyiraman tanaman tidak dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanaman itu sendiri (terjadi pemborosan air dan nutrisi).

Sistem penyiraman tanaman secara otomatis pada dasarnya merupakan salah satu bentuk aplikasi rangkaian elektronik ke dalam sistem penyiraman tanaman untuk lahan terbuka maupun tertutup dan tidak ditentukan berdasar jenis tanaman yang dibudidayakan. Sistem ini menerapkan pengamatan secara terus menerus (24 jam per hari) terhadap status kelembaban media tanam yang dipakai. Adapun data perubahan

kelembaban media tanam akibat proses fotosintesis tanaman dan penguapan dikonversi ke bentuk sinyal listrik menggunakan sensor kelembaban yang digunakan juga sebagai data eksekusi pengaturan pompa sirkulasi penyiraman. Sebagai bentuk uji coba sistem secara lengkap, desain alat digunakan bersama teknik Tabulapot NFT yang telah dimodifikasi dan disesuaikan sehingga kemampuan dan efisiensi teknik tersebut dapat ditingkatkan secara signifikan.

Sistem ini menerapkan pengamatan secara terus menerus (24 jam per hari) terhadap status kelembaban media tanam yang dipakai. Data perubahan kelembaban media tanam akibat proses fotosintesis tanaman dan penguapan yang telah dikonversi ke bentuk sinyal digunakan sebagai data eksekusi pengaturan pompa sirkulasi penyiraman. Sebagai bentuk uji coba sistem secara lengkap, desain alat menjalani reset yang telah dimodifikasi dan disesuaikan agar kemampuan dan efisiensi teknik tersebut dapat ditingkatkan secara signifikan.



Gambar . 1 Bentuk motor DC (Innovative Electronics)

## METODE

Metode *Pulsa with modulation* atau PWM dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor dan untuk menghindarkan rangkaian mengkonsumsi daya berlebih. PWM dapat mengatur kecepatan motor karena tegangan yang diberikan dalam selang waktu tertentu saja. PWM ini dapat dibangkitkan melalui *software*. Lebar pulsa PWM dinyatakan dalam Duty Cycle. Misalnya duty cycle 10 %, berarti lebar pulsa adalah 1/10 bagian dari satu periode penuh (Frank D Petruzella, 2001). Berikut adalah rumusan frekuensi sinyal keluaran pin *output compare*

OC1A/OC1B dengan menggunakan timer/counter1:  
Mode Phase Correct PWM

$$f_{OC1A\_PCP} = \frac{f_{OSC}}{2 * N * (1+TOP)} \dots\dots\dots(1)$$

$$f_{OC1B\_PCP} = \frac{f_{OSC}}{2 * N * (1+TOP)} \dots\dots\dots(2)$$

$$D = \frac{OCR1A + OCR1B}{TOP} * 100 \% \dots\dots\dots (3)$$

dimana

$f_{OC1A\_PCP}$  = frekuensi output OC1A mode PCP

$f_{OC1B\_PCP}$  = frekuensi output OC1B mode PCP

$f_{OSC}$  = frekuensi kristal/ osilator

D = *duty cycle*

N = skala clock (Tabel 2.1)

TOP = nilai maksimum counter (TCNT1)

Mode CTC

$$f_{OC1A\_CTC} = \frac{f_{OSC}}{2 * N * (1 + OCR1A)} \dots\dots\dots(4)$$

$$f_{OC1B\_CTC} = \frac{f_{OSC}}{2 * N * (1 + OCR1B)} \dots\dots\dots(5)$$

dimana

$f_{OC1A\_CTC}$  = frekuensi output OC1A mode CTC

$f_{OC1B\_CTC}$  = frekuensi output OC1B mode CTC

$f_{OSC}$  = frekuensi Kristal/ osilator

N = skala clock (Tabel 2.1)

OCR1A = isi register OCR1A

OCR1B = isi register OCR1B

Mode Fast PWM

$$f_{OC1A\_FastPWM} = \frac{f_{OS}}{N * (1 + TOP)} \dots\dots\dots(6)$$

$$f_{OC1B\_FastPWM} = \frac{f_{OSC}}{N * (1 + TOP)} \dots\dots\dots(7)$$

dimana

$f_{OC1A\_PCP}$  = frekuensi output OC1A mode PCP

$f_{OC1B\_PCP}$  = frekuensi output OC1B mode PCP

$f_{OSC}$  = frekuensi kristal/ osilator

D = *duty cycle*

N = skala clock (Tabel 2.1)

TOP = nilai maksimum counter

(TCNT1)

IC L298 sudah mencukupi digunakan sebagai rangkain *driver*. Cukup dihubungkan ke mikrokontroler dan diberi tegangan

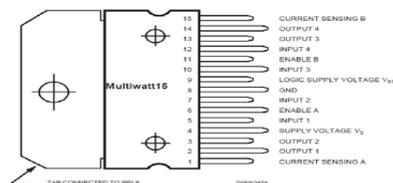
sebesar 7 volt dengan arus minimal 2 ampere rangkaian *driver* berbasis L298 sudah dapat digunakan.

Tabel 1. Skala Clock Timer/Counter

CS	CS1	CS	Deskripsi
12	1	10	
0	0	0	Tidak ada clock, timer/counter berhenti.
0	0	1	Skala clock = 1, (clock timer = clock osilator)
0	1	0	Skala clock = 8, (clock timer = 1/8 clock osilator)
0	1	1	Skala clock = 64, (clock timer = 1/64 clock osilator)
1	0	0	Skala clock = 256, (clock timer = 1/256 clock osilator)
1	0	1	Skala clock = 1024, (clock timer = 1/1024 clock osilator)
1	1	0	Sumber clock eksternal pada pin T0, clock pada transisi turun.
1	1	1	Sumber clock eksternal pada pin T0, clock pada transisi naik.

sumber : Data sheet ATmega8535

Selain itu, *supply* IC L298 dapat diberi tegangan sampai 50 Volt (Data Sheet L298).



Gambar 2. Konfigurasi pin IC L298 (Data sheet L298)

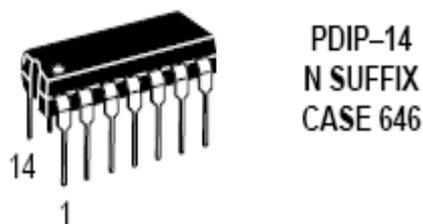
Untuk menjalankan motor, pin *enable A* dan *enable B* pada IC L298 harus diberi logika 1. Current sensing A dan current sensing B dihubungkan ke *ground*. Input 1 dan input 2 masing-

masing berlogika 1 dan 0, output 1 dan output 2 dihubungkan ke motor.

Led super bright merah dan photo dioda dapat digunakan sebagai sensor halangan. Photo dioda bekerja jika mendapat cahaya. Prinsip kerjanya yaitu led super bright memancarkan cahaya ke photo dioda sehingga photo dioda menjadi aktif. Jika mendeteksi adanya halangan, maka photo dioda akan berlogika low dan jika tidak ada halangan maka photo dioda akan berlogika high. Logika high dan low inilah yang harus dibaca mikrokontroler untuk mengambil keputusan. Disamping itu, digunakan rangkaian op-amp IC LM 324 sebagai penguat keluaran photo dioda.

Rangkaian Sensor dan Komparator berfungsi untuk membandingkan *input* yang diterima dari sensor dengan tegangan *referensi*. Jika *input* dari sensor lebih besar dari input tegangan *referensi*, maka *output* akan berlogika *high*. Sebaliknya, jika tegangan *referensi* lebih besar dari *input* sensor, maka *output* akan berlogika *low*. Komparator konvensional umumnya dapat menggunakan IC LM 324 atau LM 339 yang merupakan sebuah penguat operasional (*op-amp*) (Malvino, 2003).

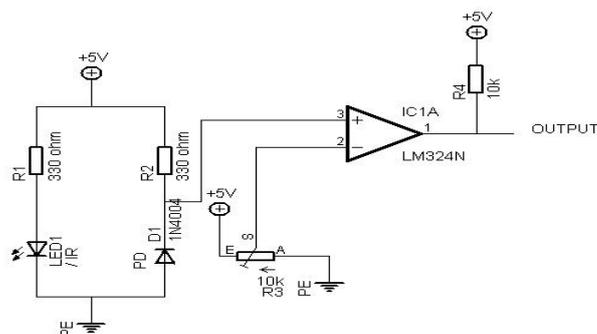
Perbedaan *input* positif dan *input* negatif menyebabkan keluaran pada pin *output*. Perbedaan ini diatur menggunakan potensiometer dimana pada penerapan pada robot dipasang sensor Led super bright dan Photo dioda.



Gambar 3. IC LM 324 (Data sheet LM324)

Sensor *analog* dalam aplikasi selalu berhadapan dengan berbagai macam gangguan. Selain itu sensor memiliki impedansi dan jangkauan tegangan *output* yang tidak selalu

kompatibel dengan perangkat data yang digunakan. Sensor garis yang *output*-nya *analog* perlu dikuatkan agar jangkauannya maksimal. Untuk itu diperlukan perlakuan penyalarsan sinyal antara sensor dengan IC 555 (Frank D Petruzella, 2001).



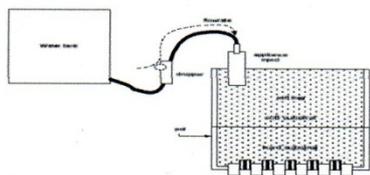
Gambar 4. Rangkaian sensor garis menggunakan IC LM 324

Hal-hal yang merugikan dalam bercocok tanam seperti kekeringan media tanam, terhambatnya proses pertumbuhan tanaman karena pupuk tidak merata, pemborosan pupuk dan air, serta pemakaian listrik yang berlebihan akibat pompa sirkulasi yang hidup terus-menerus ditiadakan. Tabulapot sendiri terdiri dari beberapa teknik yang mana setiap teknik memiliki keunggulan masing-masing, adapun teknik Tabulapot itu diantaranya adalah : Tabulapot substrat dan tabulapot NFT.

Teknik substrat merupakan teknik dasar sistem bercocoktanam secara hidroponik. Teknik ini tidak menggunakan air sebagai media, tetapi menggunakan media padat selain tanah (batu apung, pasir, serbuk gergaji atau gambut) untuk menyerap, menyediakan nutrisi air dan oksigen, serta untuk mendukung akar tanaman (sumber : Jean Baussingault, Budidaya Tanaman Dengan Pasir Dan Arang, Perancis). Hal penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan sistem ini adalah :

- Ukuran partikel dan jenis substrat harus disesuaikan dengan jenis tanaman yang akan dibudidayakan.
- Sterilisasi substrat yang akan digunakan.
- Sistem irigasi yang mendukung substrat (*ebb and flow* atau *dropper*)

dan harus memiliki saluran *drainase* yang baik.



Gambar 5. Teknik Tabulapot Substrat

Hidroponik substrat juga dapat digunakan untuk penyemaian tahap 2 (dari kecambah sepanjang 2 cm sampai ke tunas sepanjang 5cm). Perhatikan Gambar 5. Sumber : Imai, Non Circulating Hydroponic System, Tainan, TAIWAN AVRDC, 1986

Dalam pengujian ini disebutkan keuntungan yang didapat dalam penggunaan teknik ini meliputi :

Ideal digunakan untuk lahan tidak rata Tanaman dapat memperoleh air sesuai kebutuhan. Daun tanaman tidak basah sehingga mengurangi serangan cendawan. Biaya operasional dan pemeliharaan relatif rendah karena otomatisasi penuh. Pengelolaan lahan atau tanaman dapat terus berlangsung, karena sistem irigasi yang digunakan terfokus pada setiap tanaman. Distribusi nutrisi dan air berlangsung disekitar zona tanaman, sehingga penggunaannya sangat efisien. Tidak terjadi kehilangan air akibat aliran permukaan maupun pengaruh angin.

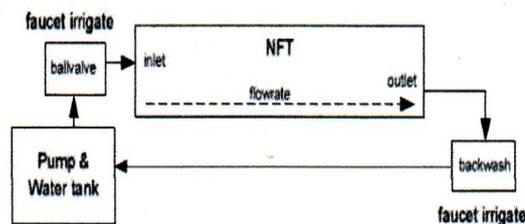
Teknik NFT (*Nutrient Film Technique*) merupakan budidaya tanaman secara tabulapot yang meletakkan akar tanaman pada lapisan air yang dangkal, tersirkulasi (*drain to wash* atau *aquaponic*) dan mengandung nutrisi sesuai kebutuhan tanaman. Dengan demikian akar tanaman dapat berkembang dalam larutan nutrisi tersebut. Mengingat bahwa kelebihan air dan nutrisi dalam talang NFT dapat mengurangi jumlah oksigen diselingi akar tanaman, maka lapisan nutrisi dalam sistem NFT ditentukan maksimal setinggi 3-4 mm . (Soeseno, 2000). Hal penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan sistem ini adalah :

Kemiringan talang NFT disemua lajur tanam harus seragam (sumber acuan : 1-50).

Kecepatan aliran air dan nutrisi yang masuk melalui saluran *inlet* tidak boleh terlalu cepat karena harus disesuaikan dengan kemiringan talang (sumber acuan : *emmitter* dalam *faucet irrigate* dapat diganti dengan kran tipe *ballvalve* untuk *inlet* dan kran tipe *backwash* untuk *outlet*)

Styrofoam tempat tanaman cukup tebal dan harus mudah dibersihkan.

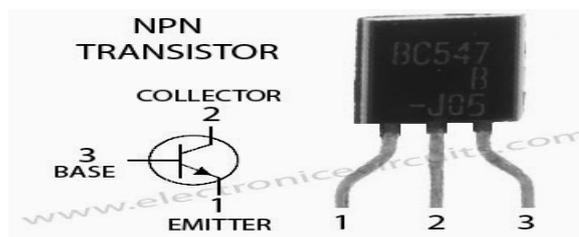
Adapun gambar teknik tabulapot dengan menggunakan NFT dan Aquaponik seperti Gambar 3



Gambar 6. Teknik Tabulapot NFT Dan Aquaponik

## PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, program yang digunakan adalah program yang dibuat dengan program aplikasi preteus dengan menggunakan bahasa pemrograman C. Bahasa C merupakan bahasa yang mendukung IC 555.



Gambar 7. Skema Timer

Setting Waktu Pada tabulapot selama 2 menit, skema rangkaian IC 555 terdiri dari :

Rangkaian Minimum Sistem, dimana pada rangkaian ini berfungsi untuk membangkitkan tegangan dan menjalankan sebuah IC 555.

IC 555 berfungsi sebagai pengendali Output rangkaian pasang

surut tiga tingkat dengan pengatur waktu pada tanaman hidroponik, dimana pada bagian output ini sebagai indikator hasil dari program yang telah di input ke IC 555.

Analisis rangkaian pasang surut tiga tingkat dengan pengatur waktu pada tanaman hidroponik pada dasarnya adalah sistem penyiraman tanaman secara otomatis, apabila alat dihidupkan maka akan bekerja sesuai dengan proses. Input dari tombol untuk memilih seting waktu dan kerja manual diproses oleh IC dengan menampilkan angka pada seven segmen, selanjutnya akan bekerja sesuai dengan waktu yang dipilih untuk menggerakkan relay yang dihubungkan ke motor AC (pompa air).

Tujuan pengujian yaitu :

Untuk mengetahui pemahaman mengenai alat yang dibuat. Untuk menambah pengetahuan tentang sistem dengan aplikasi IC TTL. Untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan sistem dari alat yang dibuat.

Pengukuran Power Supply merupakan faktor terpenting dalam suatu sistem baik yang bersifat analog maupun digital. Suatu sistem tidak akan berfungsi atau berjalan dengan baik tanpa adanya power supply atau sumber tegangan. Daya yang disediakan power supply harus mencukupi kebutuhan, berikut ini adalah tabel hasil pengukuran power supply menggunakan avometer.

Tegangan yang dipakai oleh sistem 5V digunakan sebagai operasi dari IC. Tegangan 12 V digunakan sebagai penggerak relay dan motor.

Analisis power supply, data yang diperoleh adalah beban rangkaian:

$$I = 285 \times 10^{-3} \text{ A}, V = 4,8 \text{ Volt}$$

Jadi R tahanan yaitu :

$$R = V / I = 4,8 \text{ volt} / 285 \cdot 10^{-3} \text{ A} \\ = 1,68 \times 10^{-5}$$

$$P (\text{daya rangkaian}) = 285 \cdot 10^{-3} \times 4,8 \\ \text{Volt} = 1,368 \text{ Volt}$$

Timer, dalam rangkaian mesin pasang surut tiga tingkat dengan pengatur waktu pada tanaman hidroponik menggunakan dua timer, yaitu timer dengan setting waktu 3,4 dan 5

jam yang digunakan untuk mengoperasikan pompa penyiram.

Bentuk rangkaian Timer yang digunakan untuk lamanya proses bekerja dan berhenti pasang surut tiga tingkat dengan pengatur waktu pada tanaman hidroponik.

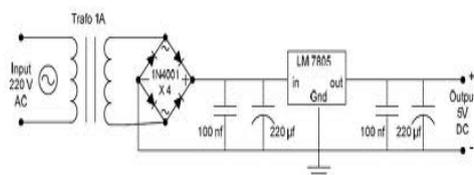
Tabel 2. Perhitungan timer IC NE555 dengan seting waktu 3,4 dan 5 jam

No	C ( $\mu\text{F}$ )	Ra Hasil Perhitungan	Th Hasil Perhitungan (dt)	Th Hasil Pengujian (jam)
1	3 x 1000	518.480, 52 $\Omega$	10800	6,39. 4,57
				5,04. 4,59
				5,31. 4,35
				5,21. 4,43
				5,04. 4,42
2	4 x 1000	518.480, 52 $\Omega$	14400	4,21. 3,40
				4,13. 3,36
				3,49. 3,34
				3,49. 3,20
				3,41. 3,26
3	5 x 1000	518.480, 52 $\Omega$	18000	4,47. 4,12
				4,31. 4,09
				4,46. 4,14
				4,32. 4,12
				4,29. 3,47

Untuk mendapatkan timer dengan hasil yang sesuai dengan keinginan kita harus bisa memasang nilai Ra dan kapasitor yang sesuai dengan perhitungan waktu yang diinginkan. Pasang surut tiga tingkat dengan pengatur waktu pada tanaman hidroponik memakai nilai kapasitor sebesar 1000 $\mu\text{F}$ /6 Volt yang dihubungkan seri yang sesuai dengan kebutuhan waktu, kemudian menentukan nilai Rb1 K $\Omega$ , maka besar Ra yang harus dipasang dapat dihitung menggunakan rumus pada per-samaan yang sudah dijelaskan di bab dua.

Dari hasil perhitungan dan hasil pengukuran di tampilkan pada Tabel 2. dapat disimpulkan bahwa nilai kapasitor semakin besar maka Th yang didapat akan semakin besar. Timer dengan setting waktu di atas dibuat rangkap dua untuk timer kerja dan timer berhenti. Capacitor yang digunakan dengan nilai 1000 $\mu\text{F}$  yang digabung untuk mendapatkan nilai yang diinginkan, pemasangan Ra dengan nilai 518.480,52  $\Omega$  untuk resistor dengan nilai tersebut tidak

ada di pasaran maka diganti dengan resistor dengan nilai 1 Mega  $\Omega$  4 buah yang digabung seri.



Gambar 8. Rangkaiann Catu daya

*Transformator* yang digunakan dalam pembuatan catudaya alat merupakan transformator tanpa tap tengah dengan tegangan keluaran 12Vac. Nilai ini disebut sebagai VM yang merupakan tegangan pada lilitan sekunder, oleh sebab itu tegangan *reverse* pada dioda yang tidak konduksi (tidak menghantar) adalah 2VM.

Hasil penelitian yang dilakukan pada tanaman tabulapot yang diberi timer penyiraman secara otomatis lebih efektif terutama bagi masyarakat yang sibuk dan tidak ada waktu untuk bercocok tanam, buah-buahan sistem tabulapot sangat cocok terutama untuk daerah perumahan yang lahannya sangat sempit tetapi menginginkan menanam buah-buahan untuk kepentingan sendiri, sehingga disekitar halaman rumah terciptalahgo *green*,  
Gambar 9



Gambar. 9. Irigasi penyiraman Tabulapot

## PEMBAHASAN

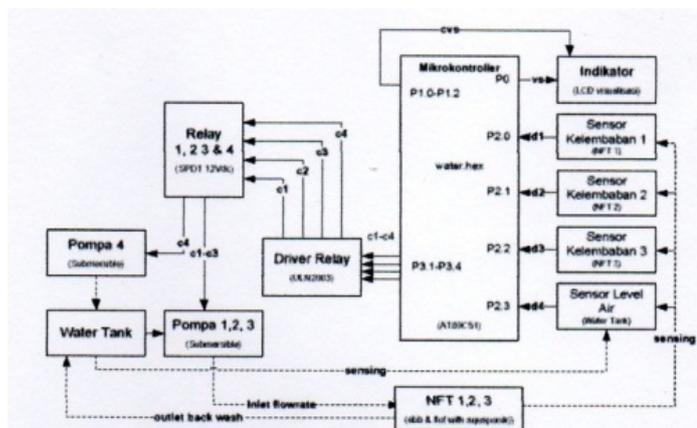
Pada pembahasan berisi perancangan-perancangan, baik software

maupun Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*).

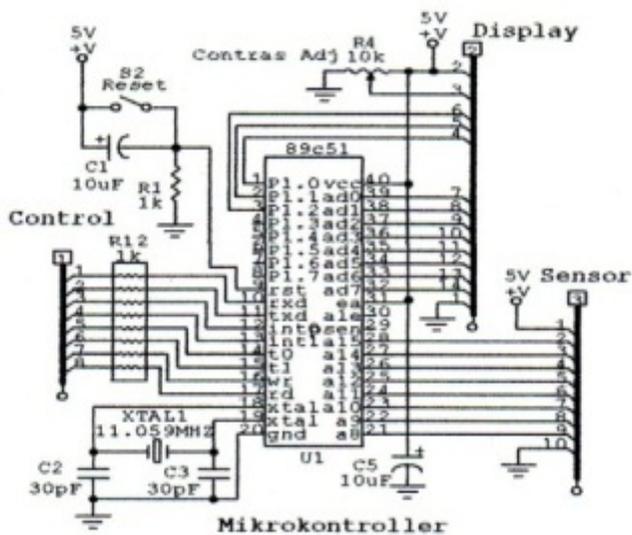
Minimum sistem IC 555 merupakan rangkaian dalam konfigurasi paling sederhana. Sistem ini hanya memerlukan osilator eksternal yang disusun menggunakan ristol11, 059Mhz, kapasitor C2 dan C3. Sedangkan untuk rangkaian reset hanya memerlukan saklar S2, kondensator C1 dan resistor R1. Dalam perancangan alat, sistem ini digunakan untuk mengendalikan 1 buah pompa dan 1 *display* LCD berdasarkan data masukan dari 1 buah sensor kelembaban dan 1 sensor di *water tank*. Dengan adanya kebutuhan bentuk inisialisasi port yang digunakan.

Kondensator C5 digunakan untuk pemfilteran tegangan catuan yang masuk ke pin 40 (Vcc) dan pin 31 (EA). Sedangkan variabel resistor R4 digunakan untuk pengaturan level kontras tampilan LCD. Display LCD, alat menggunakan LCD TM162ABC tipe 2 x 16 baris sebagai tampilan utamanya. Konfigurasi yang diperlukan dalam pengaturan LCD tersebut terdiri dari 8 jalur data (DB0-DB7), 1 jalur RS (*register select*), 1 jalur R/W (*read/ write*), dan 1 jalur E (*enable*). Dengan demikian diperlukan 11 saluran untuk berhubungan dengan mikrokontroler.

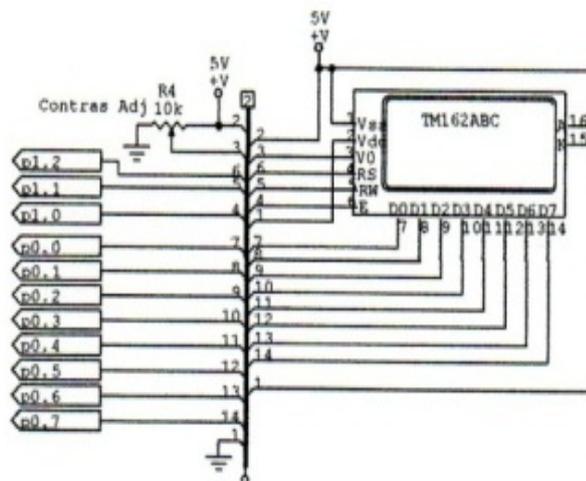
Perhatikan konfigurasi pemasangan LCD TM162ABC, dengan mikrokontrol-ler. Lihat Gambar 7 Sensor kelembaban dan sensor *water tank* digunakan sebagai rangkaian penghasil pulsa kendali untuk port P2.0, P2.1, P2.2 dan P2.3. Karena secara prinsip keempat rangkaian identik, maka pembahasan langkah kerja sensor cukup satu bagian saja. Perhatikan konfigurasi pemasangan LCD TM162ABC, dengan mikrokontrol-ler. Lihat Gambar 7 Sensor kelembaban dan sensor *water tank* digunakan sebagai rangkaian penghasil pulsa kendali untuk port P2.0, P2.1, P2.2 dan P2.3. Karena secara prinsip keempat rangkaian identik, maka pembahasan langkah kerja sensor cukup satu bagian saja.



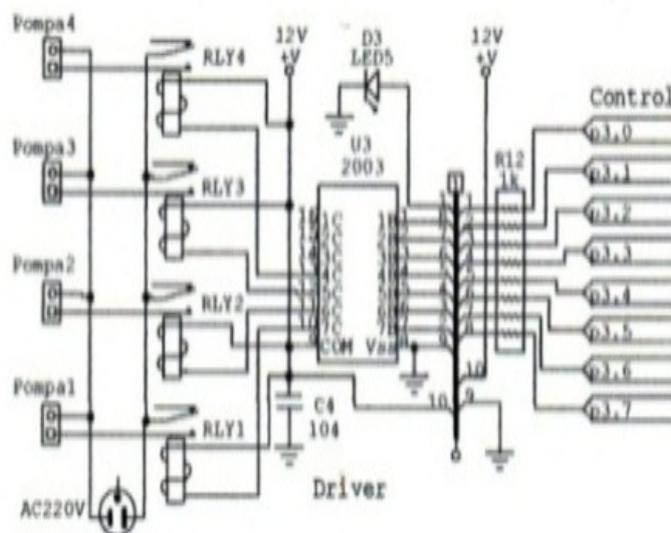
Gambar 10. Blok Diagram Automatic Watering Plant



Gambar 11. Rangkaian Sistem Minimum IC 555



Gambar 12. Rangkaian Koneksi Display LCD



Gambar 13. Rangkaian *Driver Relay*

Pada saat *probe* sensor mendeteksi keberadaan air di media tanam dan *watertank*, kondisi ini akan mengakibatkan probe sensor terhubung singkat secara listrik (memanfaatkan sifat menghantar air), sehingga pin 2 U4 akan mendapat tegangan +. Perubahan status tegangan ini akan dibaca oleh rangkaian *komparator* U4 sebagai bentuk trigger di pin 2 (kaki *inverting*) dan dibandingkan dengan tegangan  $V_{ref}$  di pin 3 (kaki non *inverting*). Dengan menggunakan data tabel hasil pengujian free running LM741 dibawah, maka tegangan disalurkan keluaran U4 dapat digunakan untuk mengendalikan transistor Q1 dan Q2.

Hal penting yang harus diperhatikan dalam rangkaian ini adalah variabel resistor R1 yang berfungsi sebagai pengatur kepekaan sensor dan nilai resistor R5 yang berfungsi sebagai resistor basis Rangkaian *driver relay* menggunakan U3 ULN2003 sebagai komponen intinya. Komponen ini merupakan penggabungan 7 buah transistor dalam satu substrat dan dilengkapi dengan 2 buah diode pengaman untuk setiap transistor internalnya (proteksi CE dan C ke Com/V<sub>dd</sub>). Dengan demikian saluran keluaran IC ini dapat ditambati beban

yang bersifat induktif maupun resistif secara langsung. Dalam perancangan alat, U3 digunakan untuk mengendalikan relay 1 sampai dengan relay 4 berdasar tegangan kontrol keluaran port P3.1, P3.2, P3.3 dan P3.4.

Pada saat port kontrol berstatus clear (logika low), tegangan VOL sebesar 0,45v dengan arus IOL sebesar 1,6mA disalurkan tersebut tidak akan mencukupi untuk mengendalikan basis transistor *internal* U4. Kondisi ini akan menyebabkan transistor kehilangan tegangan acuan basis dan berada dalam kondisi cutoff. Dengan demikian tegangan tembus kumparan relay yang terdapat disalurkan keluaran U4 akan tetap berada dalam level tinggi atau sesuai V<sub>cc</sub>, sehingga relay terkontrol diposisi tersebut berada dalam keadaan mati (status saklar NC=*Normaly Close*). Berdasarkan proses ini, pompa tidak akan mendapatkan hubungan ke saluran tegangan 220VAC (pompa mati).

Pada saat port kontrol berstatus set (logika *high*), tegangan VOH sebesar 2,4V disalurkan tersebut akan disalurkan ke basis transistor *internal* U4 melalui R12. Tegangan tersebut akan mengakibatkan transistor internal berada dalam keadaan saturasi, sehingga tegangan tembus *relay* yang terdapat disalurkan keluaran U4 disalurkan

sempurnanya ke saluran Vss. Kondisi ini mengakibatkan relay terkontrol berada dalam keadaan hidup (status saklar NO=*Normaly Open*). Berdasarkan proses ini, pompa akan mendapatkan hubungan ke saluran tegangan 220VAC (pompa hidup).

#### **KESIMPULAN**

Berdasar hasil pengujian dan analisis alat secara parsial maupun secara lengkap, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Teknik Tabulapot NFT terbukti dapat digabung dengan teknik Ebb and Flow sehingga dapat ditanami anak semai mulai umur 2 minggu keatas meskipun harus dilengkapi dengan teknik aquaponik untuk penyempurnaan sirku-lasi penyiramannya.

Teknik hidroponik NFT model baru yang merupakan modifikasi penuh, terbukti dapat diintegrasikan kedalam sistem penyiraman IC555.

Metode pengaturan penyiraman otomatis yang diatur berdasar kebutuhan tanaman, terbukti lebih efektif dan hemat (listrik maupun pupuk) dibandingkan metode penyiraman lainnya.

Berdasarkan desain rangkaian, alat dapat digunakan dalam sistem penyiraman otomatis non hidroponik (media tanah) maupun hidroponik (media air) yang memerlukan penggunaan pompa air standart.

Untuk mencapai kesempurnaan desain sisten penyiraman otomatis, langkah pengembangan alat dapat dilakukan pada: Keakuratan sensor kelembaban media tanam dapat ditingkatkan dengan mengganti jenis sensor yang telah digunakan dengan piranti khusus pengukur kelembaban (tensiometer).

Untuk membentuk sistem hidroponik terpadu yang lebih lengkap, variable pemrograman sistem penyiraman otomatis dapat ditambah dengan sensor suhu air di water tank, sensor peka cahaya

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- M. Sutarman, 2001, Kamus elektronik, CV. PuttakaGrafika, Bandung
- Frank D Petruzella, 2001, Elektronika Industri. Andi Offset, Jakarta
- Malvino, Albert Paul, 2003. Prinsip-prinsip Elektronika, Buku satu. Salemba Teknika, Jakarta.
- Soeseno, Slamet, 2000 "Hydrophoniks" intisari, Untuk, onny, hidroponik sayuran sistem NFT( nutrient film technique) (Jakarta : penebar swadaya)

## STUDI PENGENDALIAN KUALITAS PINTU KAYU DENGAN MENGUNAKAN METODE *LEAN SIX SIGMA*

Tuti Sarma Sinaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara Medan

Masuk: 6 Juni 2015, revisi masuk: 4 Juli 2015, diterima: 25 Juli 2015

### ABSTRACT

*This study is about the industry that produces wooden doors for export needs. The problems is the occurrence of defects in the production process and non value-added process. Type of defect commonly found on the wooden door is the assembly, gluing and coloring. This study aims to improve the quality of doors produced by reducing the number of defect products and reduce waste in the production floor. Lean Six Sigma is used to focus on reducing lead time and failure in the production process. Result shows that the main cause of defect products is low skill operators and machine during operation so that the product does not comply with the specified quality, The proposed improvement is to provide job training for operators, machine maintenance plan and make the procedure of operation activity on the Laminating, Glazing and assembly.*

**Kata Kunci :** Quality Control, Lean Six Sigma, DMAIC

### INTISARI

*Perusahaan yang diteliti ini adalah sebuah industri yang menghasilkan pintu kayu untuk memenuhi kebutuhan ekspor. Problem yang dihadapi perusahaan adalah terjadinya kecacatan pada proses produksi pintu kayu serta ditemukannya beberapa aktivitas yang tidak bernilai tambah. Bentuk kecacatan yang umum ditemukan pada pintu kayu adalah ketidaksempurnaan proses perakitan, pengeleman, dan pewarnaan. Penelitian ini bertujuan melakukan perbaikan kualitas pintu kayu yang dihasilkan dengan cara menekan jumlah produk yang mengalami kecacatan serta mengurangi pemborosan di lantai produksi. Metode yang digunakan adalah Lean Six Sigma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama kecacatan produk pintu kayu adalah operator yang memiliki keterampilan yang rendah dan gangguan pada mesin saat dioperasikan sehingga hasil produk tidak sesuai dengan kualitas yang ditetapkan. Perbaikan yang diusulkan adalah memberikan pelatihan kerja bagi operator, menyusun rencana perawatan mesin dan membuat prosedur aktifitas produksi pada bagian pengeleman, pewarnaan dan bagian perakitan.*

**Kata Kunci:** pengendalian kualitas, Lean Six Sigma, DMAIC

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini menuntut perusahaan bereaksi dengan cepat dalam pemenuhan kebutuhan konsumen dalam pemenuhan produk yang berkualitas melalui sistem pendistribusian yang baik sehingga produk dapat sampai kepada konsumen dengan kualitas, kuantitas dan waktu yang sesuai. Dengan demikian perusahaan diyakini akan dapat memenangkan persaingan. Sebagai salah satu cara peningkatan daya saing

di perusahaan, pengendalian kualitas merupakan suatu aktifitas keteknikan dan manajemen yang dapat mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila terdapat perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan standar (Gaspersz, 2007).

Berdasarkan pengamatan di lapangan terkait pengendalian mutu produk pintu kayu yang dihasilkan di lantai produksi, ada beberapa bentuk

kecacatan yang umum ditemukan pada produk pintu kayu seperti hasil perakitan yang kurang kuat (longgar), tindakan perekatan tidak sempurna (mudah lepas), dan pewarnaan yang tidak seragam (terjadi degradasi warna). Berdasarkan data perusahaan, kecacatan produk yang ditemukan mencapai 12% untuk tahun 2012 dan mencapai 9,2% pada tahun 2013 dari jumlah produk yang dihasilkan ditahun yang sama. Kecacatan yang terdapat pada produk pintu kayu sering dikomplain oleh pelanggan, sehingga perlu diambil tindakan perbaikan. Sementara itu setiap perbaikan ulang terhadap kecacatan memerlukan tambahan biaya produk dan beresiko kepada terlambat pengiriman ke pelanggan.

Ada beberapa penelitian yang mencoba menyelesaikan permasalahan kualitas produk di perusahaan dengan metode lean six sigma. Salah satunya adalah penerapan konsep *lean* untuk mengurangi *waste* pada produksi plastik PE, yang mampu menganalisa sumber-sumber pemborosan yang terjadi di lantai produksi plastik PE dan memberikan usulan perbaikan terhadap masalah tersebut (Dewi, 2014). Selain itu penelitian pada industri benang dengan pendekatan metode *six sigma* diperoleh hasil bahwa telah terjadi peningkatan nilai sigma perusahaan dari 3,148 menjadi 3,436. Pada penelitian ini, metode *six sigma* mampu memberikan perbaikan yang relatif besar pada system pengendalian kualitas perusahaan (Nurullah, 2014). Sementara itu penelitian yang menggabungkan metode *lean* dan *six sigma*, mampu mereduksi pemborosan yang terjadi lantai produksi dengan nilai sigma perusahaan dari 3,55 menjadi 3,6 (Hassan, 2013).

Metode *lean six sigma* merupakan metode yang menggabungkan antara *Six Sigma* dan prinsip *Lean*, yang dapat mengeliminasi *waste* pada setiap tahapan proses dengan menggunakan *Lean Tools*, sehingga selain proses menjadi lebih ringkas, metode ini diyakini yang mana dapat meningkatkan

implementasi nilai sigma melalui identifikasi dan eliminasi *non value added* pada tahapan proses (Saini dan Sujata, 2013). Penerapan lean six sigma di perusahaan furniture ternyata dapat menekan nilai defect produk sebesar 2% (Harisuprianto, 2013). Dengan menggabungkan kedua metode ini, analisa terhadap pemborosan dan kecacatan yang terjadi di perusahaan dapat memberikan hasil yang lebih baik daripada hanya menggunakan metode *lean* atau *six sigma* saja.

## METODE

Pada penelitian ini digunakan jenis penelitian tindakan (*action research*), dengan tujuan untuk mendapatkan usulan tindakan perbaikan terhadap kualitas produksi pintu kayu yang mengalami kecacatan.

Penelitian dimulai dengan melakukan pengamatan terhadap urutan aktifitas produksi, mencatat waktu pengerjaan produk, mengamati kemampuan operator dan menentukan faktor kelonggaran serta tipe produk yang mempengaruhi urutan penjadwalan produksi. Metode pengolahan data yang dilakukan adalah menggunakan pendekatan *Lean Six Sigma* dengan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Ada 17 (tujuhbelas) aktivitas yang diamati pada proses produksi pembuatan pintu.

Data penelitian ini diperoleh dengan beberapa cara, yaitu: 1).Observasi, untuk mempelajari alur proses pembelian bahan baku, fasilitas-fasilitas terdapat di bagian pembelian, cara pembongkaran dan penyimpanan barang. 2).Wawancara, metode ini dilakukan dengan mewawancarai Administrasi Pembelian. 3).Studi Pustaka, untuk mengumpulkan berbagai dokumentasi, hasil-hasil penelitian terdahulu, dan teori-teori yang diarahkan untuk mendapatkan konsep-konsep penelitian terkait dengan permasalahan yang ada. Landasan teori diperoleh dari beberapa literatur yang merupakan pedoman awal untuk menentukan variabel-variabel penelitian serta memberikan batasan terhadap arah penelitian secara keseluruhan.

4).Kuisisioner, untuk mendapatkan data primer dan sekunder.

### PEMBAHASAN

Tahapan Pengolahan Data terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi tahapan Define, Measure, analyze, Improve dan Control

Tahap *Define* dikerjakan setelah melakukan pengamatan terhadap 17 (tujuh belas) aktivitas dalam produksi, selanjutnya dilakukan penentuan *project statement* (pernyataan proyek). Pernyataan proyek pada penelitian ini adalah bahwa kepuasan konsumen terhadap produk pintu kayu merupakan faktor yang sangat penting untuk keberlangsungan suatu perusahaan. Oleh karena itu, perusahaan harus secara terus-menerus memperbaiki baik sistem manajemen maupun sistem produksinya untuk dapat memenuhi kepuasan konsumen sehingga tetap unggul dan mampu bersaing di pasaran.

Kegiatan selanjutnya adalah melakukan penggambaran diagram SIPOC yang menunjukkan informasi mengenai *Supplier, Input, Process*, dan dilanjutkan dengan membuat value stream mapping.

Pada tahap pembentukan SIPOC, diperoleh 2 elemen 2 (dua) supplier, 6 (enam) elemen input, 11 (sebelas) elemen process, 1 (satu) elem output dan 1(satu) elemen customer. Pada pembuatan Value stream mapping diperoleh penggambaran proses produksi perusahaan secara menyeluruh dimana setiap proses yang terdapat di dalamnya dinilai apakah memberikan nilai tambah terhadap pelanggan atau tidak. Data yang digunakan dalam pembuatan value stream adalah data yang berkaitan dengan proses produksi beserta dengan waktunya yang diperoleh dari peta aliran proses. Selain itu juga dilakukan pengamatan mengenai kegiatan perusahaan secara menyeluruh mulai dari pemesanan produk hingga produk siap dikirimkan kepada pelanggan.

Pada Gambar 1 diberikan contoh *process box* untuk tahap penyortiran material inti pada proses pembuatan

pintu kayu.

Penyortiran	
☺	
Op	: 1
C/T	: 2,005
C/O	: -
Defect	: 0%
1 shift	

**Gambar 1. Process Box untuk Tahap Penyortiran Material Inti**

Tahap *Measure*, pada langkah pertama pada tahap *measure* dilakukan perhitungan waktu standar proses pembuatan pintu kayu dengan mempertimbangkan faktor kelonggaran dan rating factor. Kemudian dilakukan analisis terhadap aktifitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah pada proses pembuatan pintu kayu. Total waktu untuk aktifitas bernilai tambah adalah 261,49 menit dan aktifitas yang tidak bernilai tambah sebesar 216,71 menit. Berikut ini adalah perhitungan *process cycle efficiency (PCE)* dengan rumus sebagai berikut :

$$PCE = \frac{\text{Value-AddedTime}}{\text{Total Lead Time}} = \frac{216,71}{478,20} \times 100\% = 45,3 \%$$

Pada tahap *measure* juga dilakukan perhitungan tingkat sigma untuk stasiun yang paling banyak ditemukan kecacatan. Perhitungan tingkat sigma pada inspeksi III dapat dilihat seperti berikut.

Produk dihasilkan = 285 unit  
 Produk yang alami kecacatan = 26 unit  
 Perhitungan Defect per unit adalah :  
 DPU = total cacat/total unit produksi  
 = 26/285 = 0,09123

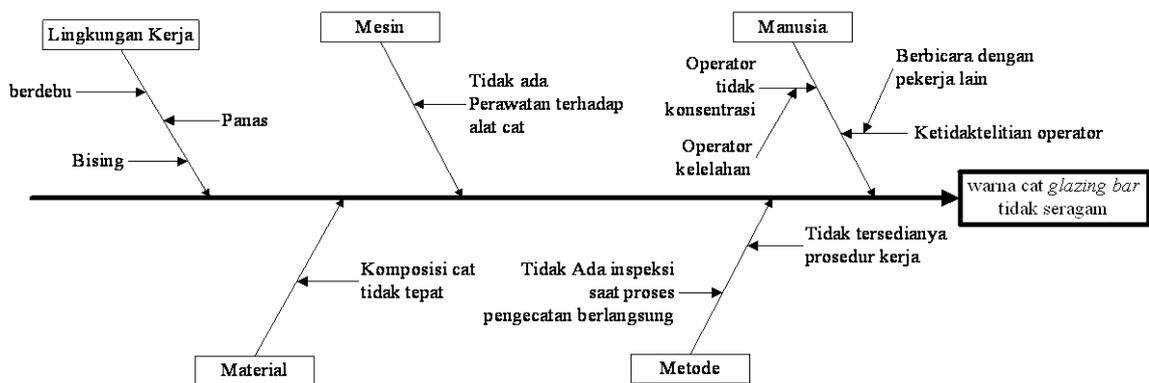
Defect opportunities (CTQ) = 2  
 Sehingga DPMO (Defects Per Million Opportunities):  
 = (DPU/ CTQ) x 1.000.000  
 = (0,09123/2) x 1.000.000  
 = 45.615

Level Sigma = 1,69  
 Level Sigma 1,5 shift = 1,5 + 1,69 = 3,19

Tahap *Analyze*, pada tahap *analyze* dilakukan perhitungan *time trap* untuk melihat waktu menunggu pergantian produk yang paling besar. Dari perhitungan diketahui *time trap* diketahui bahwa *WTT* terbesar adalah pada proses perakitan pintu yakni sebesar 4.373,64 menit

Setelah dilakukan perhitungan *time trap*, maka dilakukan analisis akar

penyebab permasalahan dengan menggunakan diagram sebab akibat dan diagram *fish bone* untuk kelima faktor produksi seperti pada Gambar 2 Setelah diagram *fishbone* untuk tahap inspeksi, selanjutnya dilakukan analisa dengan menggunakan *five why*, seperti Tabel 1



Gambar 2. Diagram fishbone pada Tahap Inspeksi III untuk Proses Pengecatan

Tabel 1. Diagram *Five Why* Atribut Hasil Rakitan Longgar pada Tahap Inspeksi III

Masalah	Why	Why	Why	Why	Why
Hasil rakitan longgar	Mengapa rakitan longgar?	Mengapa proses perakitan tidak benar?	Mengapa operator tidak terampil saat merakit komponen pintu?	Mengapa operator tidak diberikan pelatihan?	Mengapa perusahaan tidak memiliki waktu untuk melaksanakan program pelatihan?
	Proses perakitan tidak benar	Operator tidak terampil saat merakit komponen pintu	Operator tidak diberikan pelatihan	Perusahaan tidak memiliki waktu untuk melaksanakan program pelatihan	Perusahaan lebih fokus untuk memproduksi pintu guna mencapai target permintaan

Tahap *Improve*, pada pendekatan 5S digunakan pada tahapan ini, yaitu suatu metode yang bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan tempat kerja, proses dan produk dengan melibatkan operator selama proses produksi berlangsung. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode tersebut

dihasilkan suatu usulan program pelatihan kerja dan program perawatan mesin.

Tahap *Control*, pada tahap ini dibuat suatu prosedur kerja sederhana untuk menjamin dilaksanakannya tindakan perbaikan pada proses produksi yang paling banyak mengalami

kegagalan kualitas.

**Tabel 1. Ringkasan Hasil Estimasi Usulan Perbaikan**

Metrik		Nilai Estimasi
Jumlah Kegiatan dalam Proses Produksi		45 proses
<i>Manufacturing Lead Time</i>		455,930 menit
<i>Value-Added Time</i>		218,184 menit
<i>Non Value-Added Time</i>		237,746 menit
<i>Process Cycle Efficiency</i>		47,85%
Karakteristik ( <i>Critical-To-Quality</i> )	CTQ	2
<i>DPMO</i>		24.560
Tingkat <i>shift</i>	Sigma 1,5	3,47
Karakteristik ( <i>Critical-To-Quality</i> )	CTQ	2
<i>DPMO</i>		26.315
Tingkat <i>shift</i>	Sigma 1,5	3,44
Karakteristik ( <i>Critical-To-Quality</i> )	CTQ	2
<i>DPMO</i>		28.070
Tingkat <i>shift</i>	Sigma 1,5	3,41

Pada proses pengolahan ditemukan kegiatan-kegiatan *value-added* dan *non-value-added* untuk kondisi sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan. Salah satu kegiatan yang tergolong *non value added* adalah kegiatan menunggu, yang menjadi penyebab utama rendahnya pengurangan *Manufacturing Lead Time* di bagian produksi. Rendahnya pengurangan *manufacturing lead time* itu sendiri dipengaruhi lemahnya keterampilan operator sehingga terjadi *menyebabkan produk menunggu dalam waktu yang lama untuk dikerjakan*. Setelah diperbaiki *manufacturing lead time* dapat dikurangi menjadi 22,275 Menit. Sementara itu, Tingkat persentase *process cycle efficiency* diperoleh dari hasil perbandingan *value-added-time* dan *total lead time*. Persentasi *process cycle efficiency* sebelum dilakukan perbaikan meningkat sekitar 2% menjadi 47,85%. Selain itu metode ini diyakini dapat mereduksi kecacatan produk mencapai

10% hingga 90% dari masing-masing jenis kecacatan pada tiap tahap inspeksi pada proses produksi. Perbaikan ini juga diyakini dapat meningkatkan level sigma pada setiap tahapan inspeksi meski kecil. Pada tahap inspeksi I level sigma berubah dari 3,23 menjadi 3,47, pada tahap inspeksi II level sigma dari 3,27 menjadi 3,44, sedangkan pada tahap inspeksi III level sigma berubah dari 3,19 menjadi 3,41. Hasil estimasi perhitungan dengan metode Lean Six Sigma untuk pengendalian kualitas produk pintu kayu setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 1

### KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan pengolahan data dan analisis pemecahan masalah adalah adanya peningkatan nilai *process cycle efficiency* sebelum estimasi sebesar 2,5% dari sebelumnya. Level sigma yang dicapai perusahaan juga diestimasi mengalami peningkatan setelah dilakukan perbaikan prosedur produksi. Peningkatan nilai sigma pada tahap inspeksi meningkat 7,4%, tingkat sigma tahap inspeksi II meningkat 5,2%, dan tingkat nilai sigma tahap inspeksi III 6,9% dari level sigma sebelumnya. Hasil penerapan metode 5S berhasil mengelompokkan 45 proses kegiatan baru yang bernilai tambah dan pengurangan 10 kegiatan yang tak bernilai tambah (*non value added*). Pengurangan kegiatan yang tergolong kegiatan *non value added* ternyata mampu menekan waktu *Manufacturing Lead Time* menjadi 22,28 menit.

### DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, Shanty Kusuma. 2014. *Pendekatan Lean Thinking Untuk Pengurangan Waste pada Proses Produksi Plastik P*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Gaspersz, Vincent. 2007. "Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries". Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

- Harisupriyanto, H. 2013. *Aplikasi Lean Six-Sigma untuk Peningkatan Kualitas Produk*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Hassan, Mohamed K. 2013. *Applying Lean Six Sigma for Waste Reduction in a Manufacturing Environment*. The University of Akron Research Foundation.
- Nurullah, Amalia. 2014. *Perbaikan Kualitas Benang 20S Dengan Menggunakan Penerapan Metode Six Sigma-DMAIC Di PT. Supratex*. Bandung: Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung.
- Saini, Udita; Sujata. 2013. *Lean Six Sigma-Process Improvement Techniques*. India: ITM University.

## ESTIMASI PENYESUAIAN LIKUIDITAS TERHADAP VALUE AT RISK DARI DATA HISTORIS

Noviana Pratiwi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Statistika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 27 Maret 2015, revisi masuk : 1 Mei 2015, diterima: 9 Juni 2015

### ABSTRACT

*Risk is often associated with volatility or deviation of investment return, investor required measure of risk to managing risk. Value at Risk (VaR) is a risk measurement techniques and considered the standard method of measuring risk. In portfolio, VaR is defined as the estimated of maximum loss will be experienced by a portfolio at a spesific time period with a certain confidence level. There are three main methods to calculate the VaR i.e. variance-covariance , historical simulation and monte carlo simulation method. Capital market are not perfected liquid, but VaR model is usually asumsed to be liquid market. Whereas liquidity of market should be considered in capital market due to be optimally role in supporting economic growth, the market must be liquid. Incorporation of liquidity risk into VaR model is called Liquidity adjuated Value at Risk (LVaR). In our work, LVaR is estimated for highly liquid and less liquid portfolio.*

**Keywords:** market risk, Value at Risk(VaR), Liquidity adjusted Value at Risk (LVaR)

### INTISARI

Risiko sering dihubungkan dengan volatilitas atau penyimpangan dari hasil investasi yang akan diterima. *Value at Risk (VaR)* merupakan salah satu teknik pengukuran risiko dan dianggap sebagai metode standar dalam mengukur risiko. Investor menggunakan nilai *VaR* sebagai salah satu tolak ukur menetapkan seberapa besar target risiko. Pada portofolio, *VaR* diartikan sebagai estimasi kerugian maksimum yang akan dialami suatu portofolio pada periode waktu tertentu dengan tingkat kepercayaan tertentu. Ada tiga metode utama untuk menghitung *VaR* yaitu metode parametrik (disebut juga metode varian-kovarian), simulasi Monte Carlo dan simulasi historis. Perhitungan *VaR* biasanya pasar diasumsikan likuid. Disisi lain, likuiditas pasar harus diperhatikan dalam pasar modal karena untuk dapat berperan secara optimal dalam dalam menunjang pertumbuhan ekonomi maka pasar modal haruslah likuid. Jika tingkat risiko tersebut digabungkan dalam pencarian nilai *VaR* maka nilai *VaR* akan menjadi lebih besar. Nilai *VaR* yang disesuaikan dengan risiko likuiditas ini disebut dengan *Liquidity adjusted Value at Risk (LVaR)*. Pada bagian akhir akan diberikan analisis empiris perhitungan *VaR* dan *LVaR* pada dua portofolio yang dibedakan menurut tingkat likuiditasnya untuk membandingkan tingkat risiko dari portofolio dengan tingkat likuiditas rendah dan portofolio dengan tingkat likuiditas tinggi.

**Kata kunci :** risiko pasar, *Value at Risk (VaR)*, *Liquidity Value at Risk (LVaR)*

### PENDAHULUAN

Risiko ada di mana-mana dan bisa datang kapan saja serta sulit dihindari. Salah satu risiko yang tidak boleh diabaikan adalah risiko likuiditas. Likuiditas menjadi salah satu sumber risiko yg dihadapi investor jika asset tidak dapat secara cepat diperjualbelikan.

Risiko sering dihubungkan dengan volatilitas atau penyimpangan/ deviasi

dari hasil investasi yang akan diterima dengan keuntungan yang diharapkan. Volatilitas merupakan besarnya harga fluktuasi dari sebuah aset. *Value at Risk (VaR)* merupakan salah satu alat untuk mengukur risiko pasar yang ada. *VaR* pada saat ini banyak diterima pengaplikasiannya dan dianggap sebagai metode standar dalam mengukur risiko. Secara sederhana, *VaR* ingin menjawab

<sup>1</sup> [novianapratiwi@akprind.ac.id](mailto:novianapratiwi@akprind.ac.id)

pertanyaan “seberapa besar investor dapat merugi selama waktu investasi dengan tingkat kepercayaan  $(1 - \alpha)$ ” (Rosadi, 2009). Pada portofolio, VaR diartikan sebagai estimasi kerugian maksimum yang akan dialami suatu portofolio. Investor dapat menggunakan nilai VaR sebagai salah satu tolok ukur dan dapat menetapkan seberapa besar target risiko sehingga investor bisa mengelola risiko tersebut.

Ada tiga metode utama untuk menghitung VaR yaitu metode parametrik (disebut juga metode varian-kovarian), metode simulasi Monte Carlo dan simulasi historis. Perhitungan nilai VaR diasumsikan bahwa pasar modal itu sifatnya likuid, padahal pasar tidak seratus persen likuid. Risiko likuiditas tidak boleh diabaikan dalam perhitungan risiko (Chordia, 2001). Jika tingkat likuiditas digabungkan dalam perhitungan VaR maka tingkat risiko menjadi lebih tinggi. Tingkat risiko yang disesuaikan dengan tingkat likuiditas ini dinamakan *Liquidity adjusted Value at Risk (LVaR)*. LVaR merupakan penggabungan atau penambahan ukuran tingkat risiko likuiditas ke dalam model VaR (Orlova, 2008). Ukuran risiko likuiditas terbagi menjadi dua macam yaitu likuiditas eksogen dan likuiditas endogen. Dalam tulisan ini akan difokuskan pada pencarian ukuran risiko likuiditas eksogen. Ukuran risiko disini dicari dengan menggunakan bid-ask spread. Bid-ask spread merupakan alat pencari tingkat likuiditas yang banyak digunakan oleh peneliti.

## METODE

Dirumuskan beberapa permasalahan yang menjadi kajian dalam tulisan ini, pertama mempelajari perhitungan tingkat risiko (Value at Risk) dengan beberapa metode yang berbeda. Selanjutnya mempelajari perhitungan tingkat likuiditas berdasarkan bid-ask spread yang diketahui. Kemudian mempelajari bagaimana menggabungkan tingkat risiko dan tingkat likuiditas menjadi LVaR. Dalam tulisan ini akan diasumsikan bahwa data yang digunakan yaitu data saham berdistribusi normal. Sehingga return dan portofolionya juga berdistribusi

normal. Sedangkan Uji yang digunakan untuk menguji keakuratan metode adalah uji kupiec. Dalam tulisan ini, kita akan membandingkan antara VaR biasa dengan L-VaR dalam dua kasus. Data yang dianalisis diambil dari [www.finance.yahoo.com](http://www.finance.yahoo.com) dan [www.idx.com](http://www.idx.com) untuk data harian periode 04 januari 2010 sampai dengan 18 agustus 2011. Langkah pertama adalah mencari tahu apakah data dari tiap-tiap saham normal, data disajikan dalam bentuk histogram dari tiap-tiap return saham. Software yang digunakan untuk menyajikan histogram adalah Eviews.

Dua portofolio akan disusun untuk mengetahui pengaruh dari penggabungan likuiditas terhadap tingkat kerugian terburuk. Portofolio tersebut dibedakan menjadi portofolio dengan tingkat likuiditas yang tinggi dan rendah. Portofolio pertama disusun dari tiga saham yang tergabung dalam LQ45, Portofolio yang kedua disusun dari saham-saham yang bukan anggota daari LQ45.

Portofolio yang pertama terdiri dari tiga saham yang likuiditasnya tinggi yaitu saham-saham dari perusahaan PT Bank Central Asia Tbk (BBCA.JK), PT Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk (BBNI.JK) dan PT Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI.JK). Sedangkan portofolio yang kedua terdiri dari saham yang tingkat likuiditasnya rendah yaitu saham-saham dari perusahaan PT Bank Cimb Niaga Tbk (BNGA.JK), PT Bank Permata Tbk (BNLI.JK) dan PT Bank Himpunan Saudara 1906 Tbk (SDRA.JK). Return dari masing-masing saham pembentuk portofolio tidak independen karena portofolio diambil dari saham-saham yang masih ada korelasinya.

Volatilitas, dalam dunia finansial, volatilitas merupakan ukuran untuk variasi harga dari instrumen finansial dari waktu ke waktu. Nilai volatilitas secara historis berasal dari time series harga pasar di masa lalu. Volatilitas bisa diartikan penyimpangan atau deviasi standar, karena deviasi standar mengukur bagaimana nilai menyebar. Volatilitas merupakan besarnya harga fluktuasi dari sebuah aset. Dengan kata

lain volatilitas merupakan ketidakpastian atau risiko mengenai ukuran dari perubahan nilai asset (Gujarati, 2006). Volatilitas yang tinggi berarti nilai aset berpotensi melebar melebihi kisaran harga. Volatilitas yang rendah berarti harga aset tidak berfluktuatif dan perubahannya stabil dalam suatu periode waktu.

Konsep bid-ask spread, salah satu komponen penting biaya transaksi adalah quoted bid-ask spread atau spread antara bid price dan ask price dimana dealer bersedia memenuhi permintaan penjual dan pembeli untuk mengeksekusi transaksi mereka dengan segera (Ahumud, 1986). Seorang penjual yang ingin menjual asetnya dengan tingkat harga yang penuh harus menunggu ada pembeli yang mau membeli dengan harga tersebut, ia bisa menghindari waktu tunggu dengan menjual asetnya ke daler pada tingkat harga quoted bid price yang mencerminkan adanya potongan likuiditas. Hal ini sama halnya dengan pembeli yang menghindari adanya waktu tundaan untuk membeli asset, ia bisa memilih membeli asset pada tingkat ask price dealer yang lebih tinggi dari nilai jual kembali asset tersebut. Bid-ask spread adalah selisih harga tertinggi yang ditawarkan oleh perantara untuk membeli saham dengan harga terendah yang diberikan perantara untuk menjual asset.

Pendekatan Metode *Risk Metrics*, berdasarkan RiskMetrics, nilai  $\lambda$  yang optimal didapatkan dengan meminimalisasikan selisih rata-rata kuadrat antara estimasi variansinya dengan return kuadrat untuk setiap harinya. Pada RiskMetrics Technical dokumen diusulkan bahwa rata-rata  $\lambda = 0,94$  menghasilkan peramalan yang sangat baik (Morgan, 1995).

**PEMBAHASAN**

Value at Risk(VaR) merupakan kerugian maksimum yang bisa saja terjadi pada periode waktu tertentu dengan kemungkinan yang pasti. VaR dihitung pada waktu yang tidak akan melebihi periode waktu yang ditentukan. Untuk perhitungan VaR dasar, akan

digunakan Profit/Loss (P/L) dari aset. Profit/Loss (P/L) ini diasumsikan berdistribusi normal dengan mean  $\mu_{P/L}$  dan varian  $\sigma_{P/L}^2$ . Jika digunakan tingkat kepercayaan  $(1-\alpha)$  dengan  $q_\alpha$  merupakan kuantil  $\alpha$  dari Profit/Loss (P/L) portofolio selama periode waktu tertentu, maka VaR portofolio pada tingkat kepercayaan dan periode waktu tertentu adalah

$$VaR = -q_p \dots\dots\dots (1)$$

Ada tiga metode utama yang biasanya digunakan untuk mengukur estimasi VaR yaitu metode varian-kovariansi, metode simulasi historis dan metode monte carlo.

Metode varian kovarian, dalam pendekatan ini diasumsikan return berdistribusi normal dan menggunakan matriks yang berisi elemen-elemen volatilitas, korelasi dan bobot aset. Karena return diasumsikan berdistribusi normal, maka return dari portofolio juga berdistribusi normal. Varian dalam metode ini duhitung menggunakan matrik kovarian dari return. Varian tersebut kemudian digunakan untuk menghitung VaR

$$VaR = Z_\alpha \sqrt{x' \Sigma x} \dots\dots\dots(2)$$

dengan tingkat kepercayaan  $(1-\alpha)$ ,  $x$  merupakan vektor proporsi dari portofolio pada masing-masing aset. Dan  $\Sigma$  – matrik varian-kovarian dari return.

Equall weight volatility, dalam metode ini volatilitas akan memberikan nilai pembobotan yang sama untuk semua observasi sampai observasi ke  $T$  dan tidak ada bobot yang lain. Estimator untuk perhitungan volatilitas secara historis adalah

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T r_{t-i}^2} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana  $T$  merupakan periode waktu.

**exponentially weight moving average (EWMA)**

Model EWMA merupakan salah satu model yang digunakan dalam mengestimasi besarnya volatilitas dalam

satu periode waktu tertentu baik harian, bulanan maupun tahunan. Metode ini didasarkan pada bobot yang berbeda, pada return yang terdahulu diberikan bobot yang lebih kecil sesuai dengan posisi masing-masing return dalam satu set data. Estimasi volatilitas dari EWMA adalah

$$\sigma_t = \sqrt{(1-\lambda) \sum_{i=1}^T \lambda^{i-1} r_{t-i}^2} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan  $\lambda$  adalah decay factor atau faktor perusak yang bernilai konstan besarnya antara 0 dan 1

Metode simulasi historis dengan bobot yang tetap, pencarian VaR dengan metode ini diasumsikan bobot masing-masing periode tidak berubah menyesuaikan aset portofolio saat ini. Dalam metode ini diperlukan data Profit/Loss (P/L) dari return portofolionya. Profit/Loss dari return portofolio ini dicari dengan menggunakan persamaan (5).

$$P/L_t = \sum_{i=1}^T w_i R_{i,t} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan  $P/L_t$  adalah Profit/Loss pada periode ke t,  $w_i$  adalah bobot aset ke-i dari portofolio,  $R_{i,t}$  adalah return aset ke-i pada periode ke-t. VaR terletak pada persentil ke  $\alpha$ .

Metode simulasi historis dengan pendekatan hybrid, dalam metode hybrid digabungkan dua metode estimasi VaR yaitu simulasi historis dan model RiskMetrics. Metode pendekatan hybrid hampir sama dengan metode EWMA yang menggunakan metodologi Risk Metrics yaitu observasi yang terbaru menggunakan pembobotan yang lebih besar dibandingkan dengan observasi sebelumnya. nilai VaR terdapat sebagai persentil ke  $\alpha$  dari return yang telah diurutkan tersebut.

Metode Simulasi Monte Carlo, seringkali digunakan untuk memprediksi value tertentu berdasarkan sekumpulan data historis. Algoritma sederhana perhitungan VaR menggunakan simulasi Monte Carlo pada portofolio adalah:

Menentukan nilai parameter untuk variabel-variabel (misalnya return) serta kolerasi antar variabel.

Mensimulasikan nilai return dengan membangkitkan secara random return aset-aset yang berdistribusi normal dengan parameter dari langkah langkah (1) sebanyak n buah.

Nilai return dari masing-masing aset ke-i pada waktu t  $R_{i,t}$  digunakan untuk menghitung return portofolio pada waktu t dengan rumus

$$Rp_t = w_1 R_{1,t} + w_2 R_{2,t} + \dots + w_k R_{k,t} \quad (6)$$

Dengan  $Rp_t$  = return portofolio waktu t

$w_k$  = bobot aset ke k

Mencari estimasi kerugian maksimum pada tingkat kepercayaan  $(1-\alpha)$  yaitu sebagai nilai kuantil ke  $\alpha$  dari distribusi empiris return portofolio dari langkah (3) dan dinotasikan  $R^*$

Menghitung nilai VaR pada tingkat kepercayaan  $(1-\alpha)$  dengan persamaan (7).

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = W_0 R^* \sqrt{t} \dots\dots\dots(7)$$

Mengulangi langkah (2) sampai langkah (5) sebanyak m kali sehingga diperoleh berbagai kemungkinan portofolio yaitu  $VaR_1, VaR_2, \dots, VaR_m$

Menghitung rata-rata dari  $VaR_1, VaR_2, \dots, VaR_m$  untuk menstabilkan nilai karena nilai VaR dari tiap-tiap simulasi berbeda.

Estimasi Risiko Likuiditas, dalam perhitungan VaR diasumsikan bahwa pasar biasanya likuid, sehingga biaya likuiditas bisa diabaikan, maka dari itu perlu diestimasi risiko pasar yang dipengaruhi likuiditas. Likuiditas saham merupakan jumlah transaksi saham di pasar modal dalam periode tertentu. Semakin tinggi frekuensi transaksi maka semakin tinggi likuiditas saham.

Likuiditas eksogen merupakan hal yang biasa untuk semua pelaku pasar dan tidak terpengaruh oleh tindakan masing-masing pelaku pasar. Pasar untuk sekuritas yang likuid biasanya ditandai dengan besarnya volume perdagangan, *spread* dari *bid-ask* yang stabil dan kecil, *quote depth* pada tingkat yang tinggi dan stabil. Penggabungan risiko likuiditas ke dalam model VaR dibagi menjadi dua kelas yaitu pengembangan model dari penggabungan risiko likuiditas endogen dan eksogen, dimana dalam penggabungan risiko likuiditas endogen dibahas risiko likuiditas untuk para agen dan menyajikan efek kuantitas likuidasi pada harga aset. Pengembangan metode penggabungan risiko likuiditas eksogen disesuaikan dengan *spread* yang ada pada pasar (Bungia, 1999). Karena yang dibahas risiko pasar, maka pembahasan akan difokuskan pada perhitungan VaR dengan penggabungan risiko likuiditas eksogen.

Nilai penyebaran (*spread*) tersebut digunakan untuk mencari nilai likuiditas dari risiko eksogen, nilai likuiditas (*COL*) tersebut dicari dengan persamaan (8).

$$COL = \frac{1}{2} \left[ P_t (\bar{S} + a\tilde{\sigma}) \right] \dots\dots\dots(8)$$

Dengan  $\bar{S}$  merupakan tingkat penyebaran atau rata-rata *spread* relatif dan  $S = \frac{high - low}{mid}$ ,  $P_t$  adalah mid price dari aset  $\tilde{\sigma}$  adalah volatilitas relatif dari *spread* dan  $a$  adalah faktor skala dengan tingkat kepercayaan 95%.  $a$  merupakan parameter yang nilainya dapat ditentukan, banyak ahli yang menggunakan nilai  $a = 3$ , nilai tersebut bisa diterima karena secara empiris *spread* mempunyai kurtosis yang berlebihan.

Setelah nilai likuiditas eksogen diketahui, selanjutnya dicari Value at Risk dengan penggabungan likuiditas (LVaR) dengan persamaan :

$$LVaR = VaR + COL \dots\dots\dots(9)$$

*Backtesting* adalah istilah untuk pengecekan apakah model yang kita gunakan sudah sesuai dengan realitas

yang ada. Metode *Backtesting* yang akan digunakan adalah uji kupiec. Hipotesis dari uji kupiec adalah

$$H_0 : P(x) \leq P^*$$

$$H_1 : P(x) > P^*$$

Probabilitas dari banyaknya data yang melebihi nilai VaR akan kurang dari  $P^*$  yang merupakan batas toleransi besarnya penyimpangan dari VaR yang nilainya ditentukan atau sebesar 1 dikurangi interval konfidensi. Jumlah  $x$  merupakan jumlah data observasi return yang melebihi nilai VaR mengikuti distribusi binomial. Dengan  $n$  jumlah observasi statistik hitung adalah

$$\hat{\alpha} = P(X \geq x | P = P^*) = 1 - P(T \leq t | P = P^*) \dots\dots(10)$$

Mengingat

$$P(X \leq x | P = P^*) = \sum_{i=0}^x \binom{n}{i} (P^*)^i (1 - P^*)^{n-i}$$

adalah probabilitas komulatif distribusi binomial, maka

$$P(X \leq x | P = P^*) = \sum_{i=0}^x \binom{n}{i} (P^*)^i (1 - P^*)^{n-i}$$

$$= 1 - \hat{\alpha}$$

$$\hat{\alpha} = 1 - \sum_{i=0}^x \binom{n}{i} (P^*)^i (1 - P^*)^{n-i} \dots\dots(11)$$

$H_0$  ditolak jika  $\hat{\alpha}$  kurang dari tingkat signifikan  $\alpha$ . Jika  $\alpha$  lebih dari tingkat signifikan maka  $H_0$  diterima dan dapat dikatakan bahwa model Value at Risk baik digunakan.

Aplikasi Numerik, analisis secara empiris akan dibahas. Dua portofolio akan disusun untuk mengetahui pengaruh dari penggabungan likuiditas terhadap tingkat kerugian terburuk. Portofolio tersebut dibedakan menjadi portofolio dengan tingkat likuiditas yang tinggi dan rendah. Portofolio pertama disusun dari tiga saham yang tergabung dalam LQ45, portofolio selanjutnya diambil diluar LQ45.

Dari uji Jaque bera diperoleh kesimpulan bahwa semua sekuritas berdistribusi tidak normal, hal itu diketahui dari nilai dari Jaque Bera yang semuanya lebih besar dari 2 sehingga tidak signifikan, maka return tidak

berdistribusi normal, maka dari itu diharapkan metode Varian-Covarian dengan bobot yang sama akan menghasilkan hasil yang signifikan karena dalam metode ini diasumsikan jika return dari portofolio berdistribusi normal. Selain metode varian kovarian, Metode simulasi historis dan pendekatan monte carlo akan digunakan dalam estimasi. Estimasi dengan metode yang berbeda memungkinkan untuk memilih metode yang terbaik dengan menggunakan prosedur backtesting. Nilai VaR dan LVaR sesuai dengan metode pengerjaannya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Portofolio dengan tingkat likuiditas tinggi

Metode	VaR	LVaR
VCV ew	2,65%	6,21%
VCV ewma	6,47%	17,52%
simulasi hist	2,63%	5,28%
Hybrid	1,71%	3,54%
monte carlo	2,73%	5,22%

Tabel 2. Portofolio dengan tingkat likuiditas rendah.

Metode	VaR	LVaR
VCV ew	3,30%	20,00%
VCV ewma	8,82%	24,25%
simulasi hist	2,62%	6,07%
Hybrid	1,88%	6,07%
monte carlo	3,11%	6,42%

Tabel 3. Hasil dari uji kupiec adalah sebagai berikut Portofolio dengan likuiditas tinggi

Metode	VaR	LVaR
VCV ew	diterima	Diterima
VCV ewma	diterima	Diterima
simulasi hist	diterima	Diterima
Hybrid	ditolak	Diterima
monte carlo	diterima	diterima

Terlihat bahwa hanya ada satu metode yang menolak Ho yaitu pencarian nilai VaR dengan simulasi historis dengan pendekatan hybrid.

Karena tidak memenuhi uji kupiec maka metode ini kurang akurat dalam pencarian nilai VaR. Maka metode pencarian tingkat risiko yang akurat beserta nilai risikonya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Nilai VaR dan LVaR tetinggi

metode	VaR	LvaR
VCV ew	2,65%	6,21%
VCV ewma	6,47%	17,52%
simulasi hist	2,63%	5,28%
hybrid	-	3,54%
monte carlo	2,73%	5,22%

Nilai VaR dan LVaR tetinggi diperoleh dari metode VCV dengan pendekatan EWMA. Dan terendah dari metode simulasi historis untuk VaR dan metode simulasi historis dengan pendekatan hybrid untuk LVaR.

Tabel 5. Portofolio dengan likuiditas rendah

metode	VaR	LvaR
VCV ew	diterima	Ditolak
VCV ewma	diterima	Diterima
simulasi hist	diterima	Diterima
hybrid	ditolak	Diterima
monte carlo	diterima	Diterima

Terlihat bahwa ada dua metode yang menolak Ho yaitu pencarian nilai VaR dengan simulasi historis dengan pendekatan hybrid dan pencarian LVaR dengan metode VCV equal weight. Karena tidak memenuhi uji kupiec maka metode ini kurang akurat dalam pencarian nilai VaR.

Tabel 6. Pencarian tingkat risiko yang akurat beserta nilai risikonya.

metode	VaR	LvaR
VCV ew	3,30%	-
VCV ewma	8,82%	24,25%
simulasi hist	2,62%	6,07%
hybrid	-	6,07%
monte carlo	3,11%	6,42%

Nilai VaR dan LVaR tetinggi diperoleh dari metode VCV dengan pendekatan EWMA. Dan terendah dari metode simulasi historis untuk VaR dan metode simulasi historis dengan pendekatan hybrid untuk LVaR. Hasil ini sama persis dengan portofolio dengan tingkat likuiditas tinggi.

#### KESIMPULAN

Akhir akhir ini banyak peneliti, pengamat pasar ataupun manajer risiko menggunakan *Value at Risk* (VaR) sebagai alat ukur untuk menghitung risiko pasar. Ada hal yang tidak kalah penting dibanding VaR dalam perhitungan risiko yaitu tingkat risiko likuiditas pasar. Risiko likuiditas digabungkan ke dalam perhitungan VaR menjadi *Liquidity adjusted Value at Risk* (LVaR) yang akan menghasilkan pengurangan penyimpangan. Ada tiga metode utama dalam perhitungan VaR yaitu metode varian covarian dengan pembobotan yang sama dan dengan pendekatan EWMA, simulasi historis dengan pembobotan yang sama dan dengan pendekatan hybrid, dan metode yang terakhir adalah pendekatan monte carlo. Analisis yang diaplikasikan adalah portofolio dengan tingkat likuiditas yang tinggi dan portofolio dengan likuiditas yang rendah untuk membandingkan tingkat risiko likuiditas dari dua portofolio tersebut. Dari hasil menyebutkan portofolio dengan risiko likuiditas yang rendah mempunyai tingkat risiko yang lebih tinggi daripada portofolio dengan tingkat likuiditas tinggi.

Terdapat dua tipe risiko likuiditas yang bisa digunakan untuk perhitungan LVaR yaitu likuiditas endogen dan risiko likuiditas exogen. Yang dibahas dalam tesis ini adalah penggabungan risiko likuiditas eksogen kedalam model Value at Risk. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggabungkan risiko likuiditas endogen kedalam Value at Risk.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahumud, Y., and Mendelson, H., *Asset Pricing and the Bid-Ask Spread*, Journal Financial Economic, December 1986, 17: 223-249,
- Bungia, A., Diebold, F.X., Schuermann, T, and Stroughair, J.D., *Modeling Liquidity risk with implication for traditional market risk measurement and management Working paper*, The Wharton Financial Institutions Center, 1999
- Chordia, T., Roll, Richard and Subrahmanyam, A., *Market Liquidity and Trading Activity*, J. Financial Economic, April 2001 56: 501-530
- Gujarati, D., 2006, *Dasar-Dasar Ekonometrika*, Edisi 3, ERLANGGA, Jakarta.
- Morgan, J.P., and Reuters, 1995, *"RiskMetrics Technical Document"*, Morgan Guaranty Trust Company, New York
- Orlova, E. (september 2008), *Estimation liquidity Adjusted VaR from Historical Data*, Thesis, Master of Economic and Management Science, Humboldt-University Berlin
- Rosadi, D., 2009, *Manajemen Risiko Kuantitatif*, UGM Yogyakarta