

# Jurnal Teknologi

# TECHNOSCIENTIA

Vol. 5 No.2 Februari 2013



## DAFTAR ISI

Optimasi Kondisi Proses Pengambilan Asam Alginat Dari Alga Coklat <i>Ani Purwanti</i>	125 - 133
Critical Region - Semaphore Mutex Dalam CPU OS Simulator V.7.2.27. <i>Sp. Hariningsih</i>	134 - 141
Optimasi Algoritma Super Enkripsi Untuk Meningkatkan Pengamanan Data Citra Digital dalam Pengiriman MMS Pada Piranti Cerdas <i>Emy Setyaningsih, Catur Iswahyudi, Naniek Widyastuti</i>	142 - 151
Optimasi Konsentrasi Asam Sulfat Dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural <i>Ganjar Andaka</i>	152 - 161
Manajemen Portofolio Sebagai Strategi Keberhasilan Proyek Teknologi Informasi <i>Herri Setiawan, Ashari SN</i>	162 - 172
Pembuatan Sentrifug Geoteknis Di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) Untuk Kajian Lingkungan <i>Muchlis, Sukandarrumidi, Wan Zuhairi Wan Yaacob, M. Mukhlisin</i>	173 - 181
Pengambilan Zat Warna Alami Anthosianin Dari Ekstraksi Kulit Manggis ( <i>Garcinia Mangostana L</i> ) <i>Murni Yuniwati, Fransiska Ovitasaki, Dewi Wulandari</i>	182 - 189
Analisis Karakteristik Pompa Sentrifugal Dengan Sistem Seri Dan Paralel <i>Rachmat Subagyo, Muchsin, Rezky Aulia</i>	190 - 199
Proses Pembuatan Batu Bata Berpori Dari Tanah Liat Dan Kaca <i>Sri Hastutiningrum</i>	200 - 206
<i>Monitoring</i> Dan Pengendalian Suhu Menggunakan Media GPRS Pada Ponsel GSM <i>Subandi</i>	207 - 210
Sistem Pendukung Keputusan Evaluasi Kinerja Karyawan Untuk Promosi Jabatan Struktural Pada Bimbingan Belajar Sciencemaster Menggunakan Metode GAP Kompetensi ( <i>Profile Matching</i> ) <i>Arif Lukman Hidayat, Tito Pinandita</i>	211 - 220
Logika Fuzzy <i>Swarm Intelligence Bee Colony</i> Untuk Meminimalisasi Kemacetan Transportasi <i>Widyastuti Andriyani, Retantyo Wardoyo</i>	221 - 228
Strategi <i>Supply Chain</i> Usaha Kecil Dan Menengah Dengan Pendekatan Analisis Swot Guna Menentukan Strategi Pengembangan Usaha Dan Persaingan Pasar <i>Sidarto</i>	229 - 234

## OPTIMASI KONDISI PROSES PENGAMBILAN ASAM ALGINAT DARI ALGA COKLAT

Ani Purwanti<sup>1</sup>

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

Masuk: 11 September 2012, revisi masuk: 24 Desember 2012, diterima: 17 Januari 2013

### ABSTRACT

*Seaweed is a marine product that has been widely used as a food ingredient. In addition, seaweed can also produces carrageenan and alginate which is an important compound in the industry. It is important to know the influential factors and the optimum process conditions to get the maximum alginate yield. In this study, it is to be obtained the optimum process conditions of taking alginate from brown algae (*Sargassum cymosum*). The seaweed powder was analyzed the water content and the ash content. To get alginate, this material is soaking in acid and to be extracted. It is continued with the process of gel formation and the process of conversion of alginic acid to sodium alginate to obtain dry Na-alginate. The variabel of the experiments are variation of the concentration and immersion time in hydrochloric acid solution, the variation of temperature, time, and concentration of sodium carbonate solution that used in the extraction process, the influence of the degree of acidity of the deposition process of alginic acid into alginic acid gel. The optimum conditions that obtained are the immersion time in 0.5M of hydrochloric acid is 90 minutes, the extraction process conditions are 40°C for 90 minutes with the sodium carbonate concentration 0.5 M. The solution acidity of the deposition rate is 3.*

**Keywords:** *alginate, brown algae, extraction*

### INTISARI

Rumput laut merupakan salah satu hasil laut yang telah lama dikenal sebagai bahan makanan. Selain itu rumput laut dapat juga menghasilkan carrageenan, dan alginat yang merupakan senyawa yang penting dalam industri. Sampai saat ini carrageenan dan alginat belum banyak diolah di dalam negeri. Untuk mendapatkan hasil alginat maksimum perlu diketahui faktor-faktor yang berpengaruh serta kondisi proses yang optimum pada pengambilan alginat. Dalam penelitian ini ingin didapatkan kondisi proses yang optimum pada beberapa tahapan utama proses pengambilan alginat dari alga coklat (*Sargassum cymosum*). Serbuk rumput laut yang sudah dianalisa kadar air dan kadar abunya dilakukan proses perendaman dalam asam, proses ekstraksi, dan dilanjutkan dengan proses pembentukan gel asam alginat serta proses pengubahan asam alginat menjadi sodium alginat maka diperoleh Na-alginat kering. Percobaan dilakukan pada berbagai variasi yaitu variasi konsentrasi dan waktu perendaman menggunakan HCl, variasi suhu, waktu, dan konsentrasi larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pada proses ekstraksi, dan variasi pH pada proses pengendapan asam alginat menjadi gel asam alginat. Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh beberapa kondisi yang mendekati optimum untuk proses pengambilan Na-alginat dari rumput laut jenis alga coklat (*Sargassum cymosum*) yaitu konsentrasi HCl untuk perendaman sebesar 0,5 M, waktu perendaman menggunakan HCl selama 90 menit, suhu proses ekstraksi 40°C, dan waktu ekstraksi selama 90 menit. Konsentrasi pelarut (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 0,5 M, pH larutan pada proses pengendapan sebesar 3.

**Kata kunci:** alginat, alga coklat, ekstraksi

### PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan salah satu hasil laut yang merupakan sumber

pendapatan bagi masyarakat pantai. Rumput laut atau *see weeds* secara ilmiah dikenal dengan istilah ganggang

---

<sup>1</sup>ani4wanti@gmail.com

atau alga. Selain sebagai bahan makanan, rumput laut dapat juga menghasilkan agar-agar, *carrageenan*, dan alginat dalam industri. Alginat diekstrak dari alga coklat (*Phaeophyceae*) seperti *Laminaria* dan *Sargassum* (Poncomulyo, dkk 2006). Selain mengeksplor rumput laut, Indonesia juga mengimpor hasil-hasil olahan rumput laut yang dari tahun ke tahun meningkat jumlahnya. Sampai saat ini industri pengolahan di Indonesia yaitu agar-agar masih semi industri, sedangkan untuk *carrageenan* dan alginat belum diolah di dalam negeri.

Asam alginat merupakan komponen utama dalam alga coklat yang banyak digunakan dalam industri kosmetik untuk membuat sabun, cream, lotion, dan shampoo. Industri farmasi memerlukan alginat untuk pembuatan emulsifier, stabilizer, tablet, salep, dan kapsul. Alginat banyak juga digunakan dalam industri makanan dan minuman, tekstil, kertas, keramik, fotografi, dan lain-lain. Alginat berfungsi sebagai pemelihara bentuk jaringan pada makanan yang dibekukan, pensuspensi dalam sirup, pengemulsi pada *salad dressing*, serta penambah busa pada industri bir. Di bidang farmasi dan kosmetik, alginat dimanfaatkan dalam bentuk asam alginat atau garam sodium alginat dan kalsium alginat (Anggadiredja, dkk., 2006).

Beberapa tahapan dalam pengolahan alginat dari alga coklat antara lain persiapan bahan baku, proses perendaman dengan asam klorida untuk merubah garam alginat menjadi asam alginat, proses ekstraksi untuk mengambil asam alginat, proses pembentukan dan pemisahan gel asam alginat dari larutannya, serta proses pengubahan asam alginat menjadi sodium alginat (Anggadiredja, dkk., 2006).

Alga coklat jenis *Sargassum cymosum* banyak terdapat di pantai selatan Yogyakarta dan sangat berpotensi untuk menghasilkan alginat. Sementara ini belum banyak dimanfaatkan untuk pembuatan alginat. Kondisi proses yang optimal dari tahap awal bahan baku sampai didapatkan alginat yang dikeringkan sangat diperlukan untuk menunjang pemanfaatan rumput laut jenis alga coklat. Kondisi proses yang optimal tersebut

selanjutnya dapat digunakan untuk mencari data-data untuk perancangan alat yang digunakan dalam proses pengubahan garam-garam alginat dalam alga coklat menjadi asam alginat dan perancangan alat pada proses ekstraksi alginat.

Untuk mendapatkan hasil alginat yang maksimum perlu diketahui faktor-faktor yang berpengaruh serta kondisi proses yang optimum pada pengambilan alginat dari alga coklat. Sementara ini penelitian yang sudah ada belum dapat mencakup untuk semua kondisi proses yang berpengaruh untuk pengambilan alginat dari suatu jenis alga coklat tertentu. Misalnya kondisi proses pengambilan alginat dari alga coklat jenis *Sargassum cymosum* masih terbatas pada data operasi pada proses ekstraksi dan belum dapat terintegrasi dikarenakan penelitian yang tidak berkesinambungan.

Dengan penelitian ini diharapkan didapatkan kondisi proses yang optimum pada beberapa tahapan utama proses pengambilan alginat yaitu proses perendaman dalam asam, proses ekstraksi, dan proses pembentukan gel asam alginat dari alga coklat (*Sargassum cymosum*). Sebagai penelitian kelanjutan, setelah diketahui kondisi prosesnya dapat dicari data-data perancangan alat untuk proses pengambilan alginat dari alga coklat jenis *Sargassum cymosum*.

Alginat dalam alga coklat diakui sebagai komponen pembentuk struktur yang memberikan kekuatan dan fleksibilitas. Komposisi maupun kuantitas alginat dapat berbeda pada alga yang berbeda atau antara jaringan yang berbeda pada jenis alga yang sama. Pada penelitian ini digunakan alga coklat jenis *Sargassum cymosum*, tetapi semua bagian pada alga tersebut dipakai untuk proses. Dengan pencampuran bahan baku yang merata, diharapkan perbedaan kandungan alginat pada masing-masing bagian atau jaringan dari alga tidak banyak berpengaruh terhadap keakuratan hasil penelitian ini.

Alga adalah tumbuhan laut yang dapat hidup melayang/mengapung atau bisa pula sebagai fitobentos yang hidup menancap atau melekat di dasar laut. Sepintas banyak jenis alga yang mem-

perlihatkan bentuk luar seperti akar, batang, daun, bahkan ada yang menyerupai buah, tetapi semua itu adalah merupakan bentuk semu saja. Alga pada hakekatnya tidak mempunyai akar, batang, dan daun, seluruh wujud alga terdiri dari semacam batang yang disebut *thallus* hanya bentuknya beraneka ragam. Substansinya juga bermacam-macam, ada yang lunak, keras mengandung kapur, berserabut, dan lainnya.

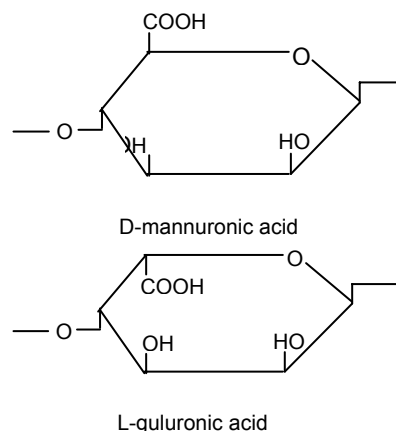
Alga yang berukuran besar tergolong dalam tiga divisi yaitu alga hijau, alga coklat, dan alga merah. Tiap divisi mempunyai ciri kandungan jenis pigmen yang tertentu. Ketiga golongan alga ini mempunyai nilai ekonomi. Alga coklat berwarna coklat atau hijau kecoklatan sampai coklat tua. Pigmen yang terkandung di dalamnya antara lain klorofil jenis a dan c, beta karoten, violasantin, dan fukosantin. Sedangkan yang memberikan warna khusus coklat ini adalah fukosantin dan violasantin. Di samping kandungan alginat yang ada pada dinding sel, alga coklat ini juga mengandung senyawa hasil fotosintesis berupa laminaran (Aslan, 1998).

Alga coklat yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam genus *Sargassum*. Genus ini termasuk dalam famili *Sargaceae*. Sebagian spesies ini ditemukan di perairan dangkal dan sedang, serta melekat pada batu karang. Penampakan tanaman ini mirip dengan tumbuhan darat yaitu memiliki daun, batang, dan juga buah. Tetapi semua hanyalah semu, yang tampak seperti buah itu adalah gelembung udara yang digunakan sebagai pelampung, sehingga apabila *Sargassum* ini terlepas dari substrat dasar, masih dapat hidup. *Sargassum* mempunyai nilai ekonomis sebagai sumber alginat. Chauhan dan Khrisnamurthy pada tahun 1971 (Vashishta, 1984) melaporkan bahwa *S. swartzii* mengandung banyak algin yang mempunyai viskositas yang tinggi.

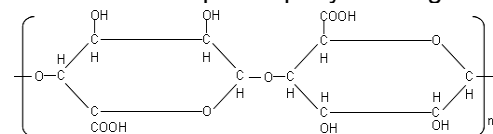
Selain sebagai bahan makanan, rumput laut juga dapat digunakan sebagai penghasil agar-agar, alginat, *carrageenan*, fulceran, pupuk, dan makanan ternak. Beberapa hasil olahan rumput laut yang ekonomis yaitu alginat dan agar-agar. Seperti halnya agar-agar dan

*carrageenan* yang dapat dihasilkan dari ganggang merah, alginat dapat dihasilkan dari ganggang coklat misalnya *Sargassum*.

Asam alginat merupakan koloid ganggang yang dapat diekstrak dari ganggang coklat, antara lain spesies *Sargassum* dan *Laminaria*. Asam alginat ini termasuk karbohidrat dari jenis polisakarida yang terdiri dari D-mannuronic acid dan L-guluronic acid (Gambar 1) yang merupakan asam-asam karboksilat (R-COOH) dengan perbandingan mannuronic acid/guluronic acid antara 0,3 – 2,35.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  banyak digunakan sebagai pelarut dalam ekstraksi asam alginat (Shadori dan Naroyo, 1992). Sedangkan rumus kimia asam alginat  $(\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_{10})_n$ , dengan rumus bangun seperti pada Gambar 2 (Aslan, 1998).



Gambar 1. Komponen penyusun alginat



Gambar 2. Rumus Kimia Asam Alginat

Alginat biasanya digunakan dalam bentuk garam, misalnya garam sodium, kalsium, potasium, dan ammonium, dan juga dalam bentuk ester seperti propilen glikol alginat. Sodium alginat komersial mempunyai berat molekul antara 32.000 sampai 200.000 dengan derajat polimer dari 180 sampai 930 (Poncomulyo, dkk., 2006). Alginat secara komersial diproduksi dari alga yang berasal dari genus-genus *Laminaria*, *Lessonia*, *Ascophyllum*, *Sargassum*, *Tur-*

*binaria* (Anggadiredja, dkk., 2006), *Macrocystis*, *Ecklonia*, dan *Fucus* (Aslan, 1998).

Asam alginat dalam bentuk garam sodium, potasium, dan amonium serta propilen esternya larut dalam air panas dan air dingin dan membentuk larutan yang stabil. Tidak ada batas kelarutan yang jelas, tetapi pada konsentrasi yang tinggi akan menyerupai pasta. Asam alginat tidak larut dalam air dingin maupun dalam air panas, alkohol, eter, dan gliserol tetapi sedikit larut dalam air mendidih. Asam alginat tidak mereduksi larutan fehling, tapi bisa dipanaskan dalam keadaan kering  $100^{\circ}\text{C}$ . Asam alginat dalam air tidak berbau dan hampir tidak berwarna. Sedangkan kalsium alginat tidak larut dalam air (Aslan, 1998).

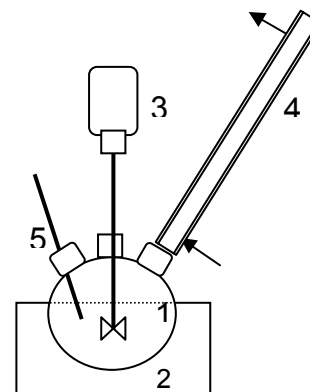
Sifat-sifat alginat sebagian besar tergantung pada tingkat polimerisasi dan perbandingan komposisi guluronan dan manuronan dalam molekul. Asam alginat tidak larut dalam air dan mengendap pada  $\text{pH} < 3,5$ . Alginat tidak dapat larut dalam pelarut organik tetapi dapat mengendap dengan alkohol. Tetapan disosiasi asam ( $\text{pK}_a$ ) dari asam manuronat adalah 3,38 dan asam guluronat adalah 3,65. Asam alginat dengan proporsi guluronan yang tinggi mempunyai  $\text{pK}_a$  sebesar 3,74, tetapi jika proporsi manuronannya tinggi  $\text{pK}_a$  menjadi 3,42. Alginat sangat stabil pada  $\text{pH}$  antara 5 – 10, tetapi pada  $\text{pH}$  yang lebih tinggi viskositasnya tersebut sangat kecil karena adanya degradasi  $\beta$ -eliminatif (An Ullman's (1998) dalam Rasyid, 2003).

## METODE

Proses produksi alginat dengan bahan baku *Sargassum* atau *Turbinaria* dibedakan menjadi dua metode, yaitu metode proses kalsium alginat dan proses asam alginat. Produksi alginat dengan proses kalsium alginat dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu: perlakuan asam (*pre-treatment*) dimana kalsium alginat bereaksi dengan asam dan diubah menjadi asam alginat; ekstraksi dalam suasana basa yang digunakan untuk mengubah alginat menjadi sodium alginat dengan cara menambahkan larutan sodium karbonat; penyaringan untuk memisahkan sodium alginat terlarut dari

sisa rumput laut yang tidak terlarut dalam alkali; pengendapan kalsium alginat; proses konversi kalsium alginat menjadi asam alginat; dan konversi asam alginat menjadi sodium alginat. Sedangkan proses ekstraksi alginat dengan proses asam alginat dilakukan dengan tahap yang hampir sama dengan proses kalsium alginat, yaitu: perlakuan asam; ekstraksi dalam suasana basa; penyaringan; presipitasi asam alginat dengan menambahkan HCl atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ke dalam ekstrak sodium alginat; dan konversi asam alginat menjadi sodium alginat dengan cara menambahkan larutan sodium hidroksida atau sodium karbonat ke dalam suspensi asam alginat (Anggadiredja, dkk., 2006).

Proses ekstraksi asam alginat dari rumput laut menggunakan pelarut  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  merupakan proses ekstraksi padat-cair, atau sering dikenal dengan *leaching*. Dalam ekstraksi ini akan terjadi transfer massa dari padatan ke cairan (solven). Transfer massa tersebut merupakan fungsi dua substituen yang berkontak atas dasar perbedaan konsentrasi.



### Keterangan:

1. Labu Leher Tiga
2. *Water bath*
3. Pengaduk Mekanis
4. Pendingin Balik
5. Termometer

Gambar 3. Rangkaian alat ekstraksi

Beberapa faktor yang diperhatikan dalam proses ekstraksi alga coklat adalah konsentrasi solven, temperatur proses (suhu larutan), dan juga lama waktu kontak antara dua substituen tersebut. Penelitian ini menggunakan ba-

han baku alga coklat (*Sargassum cymosum*) yang didapatkan dari pantai selatan Yogyakarta. Peralatan utama adalah seperangkat alat ekstraksi yang dapat dilihat pada (Gambar 3). Bahan-bahan untuk proses dan analisa antara lain asam klorida (HCl), larutan natrium hidroksida (NaOH), larutan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), alko-hol, dan aquadest. Peralatan lain yang digunakan dalam proses pengambilan alginat ada-lah: [1]. Seperangkat alat ukur (timbangan analitik dan termometer). [2]. Oven dan eksikator. [3]. Mortar, penggerus, dan ayakan. [4]. *Muffle furnace*. [5]. Kertas pH dan kertas saring. [6]. Peralatan-peralatan gelas lainnya yang digunakan untuk proses eks-traksi dan juga untuk analisa bahan maupun hasil alginat yang diperoleh.

Penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahapan kegiatan utama, yaitu persiapan peralatan yang akan digunakan, persiapan bahan baku, dan proses pengambilan alginat. Persiapan bahan baku dilakukan dengan cara membersihkan alga coklat (rumpun laut) jenis *Sargassum cymosum* dari kotoran-kotoran seperti pasir dan pecahan-pecahan batu karang dengan cara mencuci alga coklat menggunakan air. Selanjutnya alga coklat yang telah bersih dikeringkan agar mempunyai waktu simpan yang lama. Pengerian dilakukan dengan menggunakan sinar matahari atau alat pengering seperti oven sampai alga coklat menjadi kering, kemudian dicuci lagi dengan air agar garam yang masih melekat hilang dan selanjutnya bahan dikeringkan kembali.

Alga coklat yang telah kering dipotong kecil-kecil, lalu dihancurkan sampai terbentuk serbuk halus. Setelah kering dan terbentuk serbuk, alga coklat kemudian disaring atau diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Selanjutnya alga coklat tersebut dianalisa kadar air dan kadar abunya.

Setelah persiapan bahan baku selesai, kemudian dilakukan proses pengambilan alginat. Bahan baku alga coklat ditimbang, masing-masing dengan berat tertentu. Alga coklat kemudian direndam dalam larutan NaOH 0,5% pada suhu 50 – 60°C selama 30 menit

untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang dapat larut dalam alkali, kemudian disaring dan dicuci menggunakan aquadest sehingga terbebas dari NaOH.

Alga coklat direndam dalam larutan HCl dengan konsentrasi dan volume tertentu pada suhu kamar selama waktu tertentu sambil diaduk-aduk. Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang larut dalam asam dan juga untuk merubah garam-garam alginat dalam alga coklat menjadi asam alginat. Kemudian disaring dan dicuci dengan aquadest bersuhu 45°C selama 30 menit untuk menghilangkan HCl.

Selanjutnya endapan diekstraksi pada suhu tertentu selama waktu tertentu dengan menggunakan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan konsentrasi dan volume yang sudah ditentukan. Larutan kemudian disaring untuk memisahkan larutan asam alginat dari residunya. Filtrat ditampung dan kemudian ditambahkan larutan 12% NaOH sebanyak 1/10 volume larutan untuk pemucatan larutan. Kemudian diamkan selama 1 jam.

Bila filtrat telah berubah dari coklat menjadi jernih, dilakukan pemurnian atau pembentukan gel asam alginat dengan cara menambahkan larutan HCl 1 M sampai pH tertentu dan dilanjutkan dengan melarutkan dalam  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1 M sampai pH 10 untuk menghasilkan larutan Na-alginat. Ke dalam larutan Na-alginat ditambahkan alkohol sampai terbentuk endapan sodium alginat yang sempurna.

Na-alginat dipisahkan dari larutannya dengan cara filtrasi, lalu dicuci dengan aquadest dan alkohol, selanjutnya dikeringkan dengan oven pada suhu 40°C selama 24 jam. Na-alginat kering kemudian ditimbang, lalu dihaluskan dan diayak hingga siap untuk dianalisis. Percobaan di atas dilakukan pada berbagai variasi, yaitu : [a]. Variasi konsentrasi dan waktu peren-daman alga coklat menggunakan HCl. [b]. Variasi suhu, waktu, dan konsentrasi larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada proses eks-traksi. [c]. Variasi pH pada proses pengendapan asam alginat menjadi gel asam alginat menggunakan asam klorida.

## PEMBAHASAN

Alga coklat jenis *Sargassum cymosum* sebagai bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini setelah dianalisa mengandung kandungan air 5% (basis kering) dan kadar abu sebesar 15,75%.

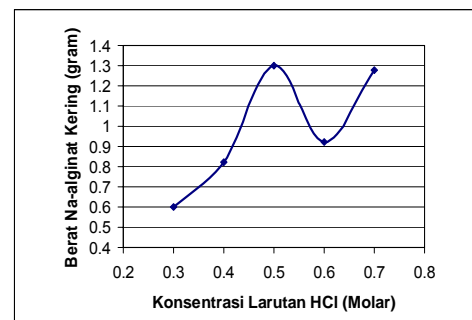
Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman dalam HCl, percobaan dengan variasi konsentrasi HCl menggunakan bahan baku alga coklat kering untuk masing-masing proses sebanyak 10 gram. Hasil penelitian dengan variasi konsentrasi larutan HCl yang digunakan dalam perendaman alga coklat dapat dilihat pada Tabel 1, dengan variabel tetap adalah sebagai berikut: waktu perendaman dalam 200 mL larutan HCl selama 60 menit; suhu ekstraksi 40°C; waktu ekstraksi 60 menit; volume larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,3 M sebanyak 200 mL, dan pH proses pengendapan 3.

Tabel 1. Data Berat Na-alginat Terambil pada Percobaan dengan Variabel Konsentrasi 200 mL Larutan HCl untuk Perendaman Alga Coklat

Berat Alga Coklat (gram)	Konsentrasi Larutan HCl (Molar)	Na-alginat kering (gram)
10	0,3	0,60
10	0,4	0,82
10	0,5	1,30
10	0,6	0,92
10	0,7	1,28

Dari data tersebut, dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi larutan HCl dengan jumlah Na-alginat yang dihasilkan, seperti tercantum pada Gambar 4, terlihat bahwa semakin pekat konsentrasi HCl yang dipakai, maka terlihat bahwa hasil Na-alginat yang diperoleh semakin besar.

Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya konsentrasi HCl maka kemampuan HCl untuk mengubah garam-garam alginat dalam rumput laut menjadi asam alginat semakin besar. Konsentrasi HCl yang memberikan hasil optimum adalah HCl 0,5 molar dengan hasil Na-alginat sebesar 1,30 gram.



Gambar 4. Grafik hubungan antara konsentrasi larutan HCl (molar) dengan berat Na-alginat kering (gram)

Tetapi pada perendaman dengan konsentrasi HCl di atas 0,5 M Na-alginat yang dihasilkan cenderung menurun, hal ini kemungkinan disebabkan karena kemampuan HCl untuk mengubah garam-garam alginat menjadi asam alginat telah melewati titik optimum, konsentrasi HCl yang besar tidak mampu lagi mengubah garam-garam alginat menjadi asam alginat.

Sedangkan data hasil penelitian yang diperoleh untuk percobaan dengan variasi lama perendaman alga coklat dalam larutan HCl dapat dilihat pada Tabel 2, dengan variabel tetap: berat alga coklat kering 10 gram; konsentrasi 200 mL larutan HCl 0,5 M; suhu ekstraksi 40°C; waktu ekstraksi 60 menit; konsentrasi 200 mL larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,3 M; dan pH proses pengendapan 3.

Tabel 2. Data berat Na-alginat terambil pada percobaan dengan variabel waktu perendaman dalam 200 mL larutan HCl

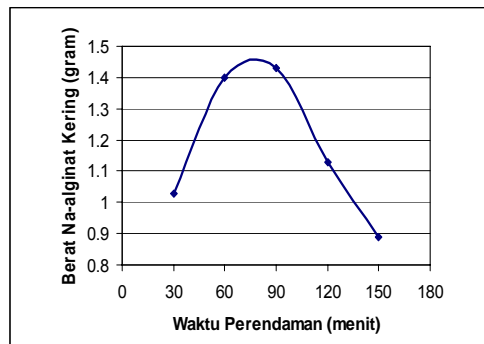
Berat Alga Coklat (gram)	Waktu Perendaman (menit)	Na-alginat kering (gram)
10	30	1,03
10	60	1,40
10	90	1,43
10	120	1,13
10	150	0,89

Dari data percobaan yang tercantum dalam Tabel 2 terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman dalam HCl maka Na-alginat yang dihasilkan semakin besar, hal ini disebabkan karena



semakin lama lama waktu perendaman maka proses pembentukan/perubahan garam alginat menjadi asam alginat semakin sempurna. Dari data yang diperoleh waktu perendaman yang efektif untuk menghasilkan Na-alginat yang optimal berkisar antara 60 – 90 menit dengan hasil Na-alginat kering sebesar 1,4 – 1,43 gram. Dengan waktu perendaman sekitar 90 menit memberikan peningkatan kenaikan sebesar 0,03 gram, atau sekitar 2 % dari hasil yang diberikan pada perendaman selama 60 menit. Untuk pengambilan data pada variabel selanjutnya dipakai waktu perendaman selama 90 menit.

Apabila data yang terdapat pada Tabel 2 di atas dinyatakan dalam bentuk grafik, maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.



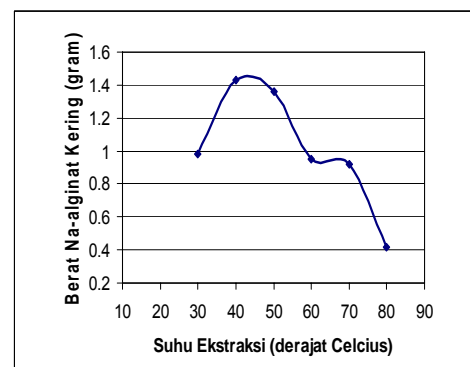
Gambar 5. Grafik hubungan antara waktu perendaman (menit) dan Na-alginat kering (gram)

Variasi Suhu, Waktu, dan Konsentrasi larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada Proses Ekstraksi, hasil penelitian dengan variasi suhu ekstraksi terlihat pada Tabel 3 dan Gambar 6. Variabel tetap yang digunakan adalah larutan HCl 0,5 M dengan volume 200 mL; waktu perendaman selama 90 menit; waktu ekstraksi selama 60 menit; volume larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,3 M sebesar 200 mL; dan pH proses pengendapan sebesar 3.

Pada percobaan menggunakan variasi suhu ekstraksi tampak bahwa kenaikan suhu memberikan peningkatan hasil Na-alginat yang diperoleh. Dengan suhu ekstraksi sebesar  $40^\circ\text{C}$  memberikan hasil optimal yaitu sebesar 1,43 gram.

Tabel 3. Data berat Na-alginat terambil pada percobaan dengan variabel suhu ekstraksi

Berat Alga Coklat (gram)	Suhu Ekstraksi ( $^\circ\text{C}$ )	Na-alginat kering (gram)
10	30	0,98
10	40	1,43
10	50	1,36
10	60	0,95
10	70	0,92
10	80	0,42

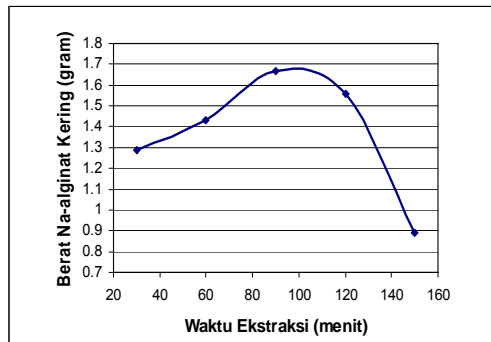


Gambar 6. Grafik hubungan antara suhu ekstraksi (derajat Celcius) dengan berat Na-alginat kering (gram)

Tabel 4. Data berat Na-alginat terambil pada percobaan dengan variabel waktu ekstraksi

Berat Alga Coklat (gram)	Waktu Ekstraksi (menit)	Na-alginat kering (gram)
10	30	1,29
10	60	1,43
10	90	1,67
10	120	1,56
10	150	0,89

Sedangkan hasil penelitian dengan variasi waktu ekstraksi terlihat pada Tabel 4. Variabel tetap yang digunakan adalah konsentrasi larutan HCl = 0,5 M; volume larutan HCl 200 mL; waktu perendaman = 90 menit; suhu ekstraksi =  $40^\circ\text{C}$ ; konsentrasi larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  = 0,3 M; volume larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; dan pH proses pengendapan = 3.



Gambar 7. Grafik hubungan antara waktu ekstraksi (menit) dengan berat Na-alginat kering (gram)

Pada percobaan menggunakan variasi waktu ekstraksi tampak bahwa semakin lama alga coklat diekstraksi maka akan meningkatkan hasil Na-alginat yang diperoleh. Dengan waktu ekstraksi selama 90 menit memberikan hasil optimal yaitu sebesar 1,67 gram.

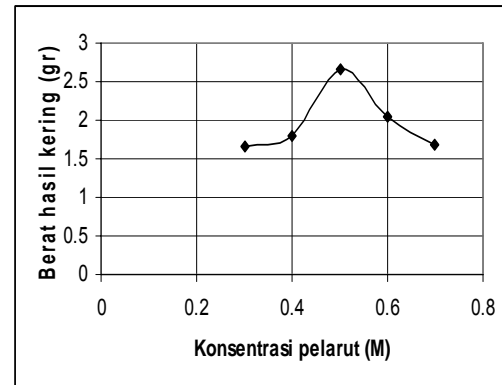
Pengaruh konsentrasi pelarut terhadap berat Na-alginat yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 8 dengan variabel tetap sebagai berikut: berat bahan baku (alga coklat) 10 gram; konsentrasi HCl 0,5 M dengan volume sebesar 200 mL; waktu perendaman 90 menit; suhu ekstraksi 40°C; waktu ekstraksi 90 menit; volume Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 200 mL; pH pengendapan 3; dan kecepatan pengadukan 400 rpm.

Tabel 5. Data berat Na-alginat terambil pada percobaan dengan variabel konsentrasi pelarut (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

Berat Alga Coklat (gram)	Konsentrasi pelarut (M)	Berat hasil kering (gram)
10	0,3	1,67
10	0,4	1,80
10	0,5	2,67
10	0,6	2,04
10	0,7	1,68

Dari Tabel 5 dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi pelarut makin banyak Na-alginat yang terambil. Pada proses pengambilan Na-alginat yang terambil paling banyak pada konsentrasi pelarut 0,5 M. Apabila menggunakan pelarut dengan konsen-

trasi di atas 0,5 M hasil yang terambil semakin menurun karena sodium alginat memiliki permukaan yang sangat aktif dan akan terhidrolisis menjadi asam D-manuronic dan asam L-guluronic.



Gambar 8. Grafik hubungan antara konsentrasi pelarut (M) dengan berat Na-alginat kering (gram)

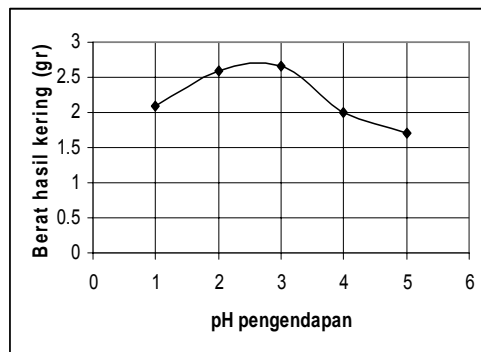
Variasi pH pada Proses Pengendapan Asam Alginat menjadi Gel Asam Alginat menggunakan Asam Klorida, Pengaruh derajat keasaman (pH) pada saat proses pengendapan terhadap berat Na-alginat yang dihasilkan dapat dilihat -

Table 6. Data berat Na-alginat terambil pada percobaan dengan variabel pH pengendapan

Berat Alga Coklat (gram)	pH pengendapan	Berat hasil kering (g)
10	1	2,09
10	2	2,59
10	3	2,67
10	4	2,01
10	5	1,70

pada Tabel 6 dan Gambar 9, dengan variabel tetap sebagai berikut: berat bahan baku sebesar 10 gram; konsentrasi HCl sebesar 0,5 M dengan volume 200 mL; waktu perendaman selama 90 menit; suhu ekstraksi sebesar 40°C; waktu yang digunakan untuk ekstraksi selama 90 menit; konsentrasi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,5 M dengan volume 200 ml; dan kecepatan pengadukan sebesar 400 rpm. Data hasil penelitian yang mencantumkan data berat Na-alginat terambil pada

percobaan dengan variasi pH pengendapan seperti pada Tabel 6 dapat dinyatakan dalam sebuah grafik seperti tercantum pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan antara pH pengendapan dengan berat Na-alginat kering (gram)

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa pada proses pengambilan Na-alginat yang paling banyak terambil pada pH 3, yaitu dengan hasil Na-alginat kering sebesar 2,67 g. Sedangkan pada pengendapan dengan menggunakan pH di atas pH 3 Na-alginat yang dihasilkan menurun yaitu menjadi 1,70 g pada pH 5. Hal ini disebabkan karena pada pH diatas 3 asam alginat larut dalam air.

### KESIMPULAN

Dari percobaan yang telah dilakukan dengan menggunakan bahan baku alga coklat serbuk seberat 10 gram dengan kadar air 12,50% dan kadar abu 15,75% diperoleh beberapa kondisi proses yang mendekati optimum untuk proses pengambilan Na-alginat dari rumput laut jenis alga coklat (*Sargassum cymosum*) dengan hasil kering Na-alginat sebesar 2,67 gr adalah sebagai berikut : [1]. Konsentrasi HCl untuk perendaman sebesar 0,5 M. [2]. Waktu perendaman menggunakan HCl 0,5 M selama 90 menit. [3]. Suhu proses ekstraksi sebesar 40°C. [4]. Waktu ekstraksi selama 90 menit. [5]. Konsentrasi pelarut ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 0,5 M. [6]. pH larutan pada proses pengendapan 3

### DAFTAR PUSTAKA

- Anggadiredja, J.T, Zalnika, A., Purwoto, H., dan Istini, S., 2006, *Rumput Laut*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Aslan, L.A., 1998, *Budidaya Rumput Laut*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Poncomulyo, T, Maryani, H., dan Kristiani, L., 2006, *Budidaya dan Pengolahan Rumput Laut*, PT. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Rasyid, A., 2003, *Algae Coklat (Phaeophyta) sebagai Sumber Alginat*, Oseana, Vol. XXVIII, No. 1, 33-38.
- Sadhori, S., Naroyo, 1992, *Budidaya Rumput Laut*, Balai Pustaka, Jakarta.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi, 1989, *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*, Liberty, Yogyakarta.
- Vashishta, B.,R., 1984, *Botany for Degree Student (algae)*, S. Chand & Company Ltd., Raam Nagar, New Delhi.

## CRITICAL REGION - SEMAPHORE MUTEX DALAM CPU OS SIMULATOR V.7.2.27.

Sp. Hariningsih<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sistem Informasi, Universitas Dian Nuswantoro Semarang

Masuk: 6 Nopember 2012, revisi masuk : 8 Desember 2012, diterima: 21 Januari 2013

### ABSTRACT

*Operating system is a in computer program that regulates the resource in a computer . The operating systems should monitor the status of each resource, decide which process has to get those resources, allocate resources, and claim back when it has done. To implement the process model, the operating system use a table / array called table with one entry for each process. Each entry contains the status of the process, the program counter, stack pointer, memory allocation, file status, scheduling information, etc. Wich from employment to ready status. In multiprogramming system, the processor also switch from one program to another program, run the program in a few milliseconds. At any given time, the processor is actually just did a program, but in a second of accumulation time, the processor was working on several programs, so the program look run in parallel. Critical region is a port of a program being access memory accordingly. Critical region happere on a mutual exchlussion process, which is only one process being execute. Nevertheless, there is a certain that we call race condition. It is a situation where some processes are access and manipulate the data accordingly. Thos, we have to pind some methode to prevent leftover process in writing process and reading process for data shared accordingly, at is mutual exchlussion. It will examined on OS CPU simulator. Although it can prevent the race conditions, it isn't enough to do cooperation between some proces in parallel efficiently in using data shared.*

*Keywords : Critical Region/Section, Process, Mutual Exchlussion, Semaphore, Storage.*

### INTISARI

Sistem operasi adalah program komputer yang mengatur *resource-resource* pada komputer. Sistem Operasi harus mengawasi status dari setiap sumber daya, memutuskan proses mana yang harus mendapatkan sumber daya tersebut, mengalokasikan sumber daya, dan meng-klaim kembali jika sudah selesai. Untuk mengimplementasikan model proses, sistem operasi menggunakan suatu tabel / array yang disebut tabel proses dengan 1 *entry* per-proses. Setiap *entry* berisi tentang status proses, program *counter*, *stack pointer*, alokasi memori, status file, informasi *schedulling* / penjadwalan informasi, dll dari status kerja ke status siap. Dalam sistem *multiprogramming*, prosesor juga beralih dari satu program ke program yang lain, menjalankan program tersebut beberapa milidetik. Pada suatu waktu tertentu, prosesor sebenarnya hanya melakukan satu program, tetapi dalam akumulasi waktu satu detik, prosesor terasa bekerja pada beberapa program, sehingga memberikan kesan pada pemakai bahwa beberapa program dilakukan secara paralel. *Critical region/critical section* merupakan bagian dari program yang sedang mengakses memori secara bersama. *Critical region* terjadi pada proses *mutual exchlussion*, yaitu jaminan hanya satu proses yang sedang dilakukan eksekusi. Jika terjadi *race condition* yaitu situasi proses mengakses dan memanipulasi data secara bersamaan harus ditemukan beberapa jalan untuk mencegah lebih dari satu proses untuk melakukan proses *writing* dan *reading* kepada *shared* data pada saat yang sama yaitu dengan *mutual exchlussion*. Hal ini akan di uji cobakan pada OS CPU simulator. Walaupun dapat mencegah *race condition*, tetapi tidak cukup untuk melakukan kerjasama antar proses-proses secara paralel dengan baik dan efisien dalam menggunakan *shared* data.

Kata kunci : *Critical Region/Section, Process, Mutual Exchlussion, Semaphore, Storag*

---

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

## PENDAHULUAN

Sistem komputer selama ini selalu dikembangkan berkaitan dengan pengembangan ilmu dan teknologi pengetahuan. Hal ini berdampak pada sistem operasi yang selalu mengikuti perkembangan perangkat keras dan perangkat lunak. Komputer merupakan media bantu penyelesaian masalah dari pengguna. Permasalahan tersebut diselesaikan oleh prosesor komputer yang kita tunggu-tunggu sebagai modal dalam pengambilan keputusan yaitu data dan informasi. Peran sistem operasi di dalam sistem komputer berfungsi sebagai pengendali di antara sumberdaya sumberdaya salah satunya adalah sumberdaya pemroses. Sejauh ini pengguna mempunyai anggapan bahwa saat komputer melakukan eksekusi terhadap proses-proses, komputer tersebut hanya melakukan eksekusi terhadap satu proses dan satu masalah saja. Hal ini tidak benar, prosesor akan melaksanakan eksekusi kepada antrian proses secara adil.

Jika dipandang dari segi pengguna mempunyai anggapan bahwa dirinya sendiri yang sedang dieksekusi dan tidak ada proses lain yang sedang dikerjakan dalam prosesor. Anggapan ini salah, dengan adanya sistem operasi yang berfungsi sebagai pengontrol dan pengendali prosesor maka semua antrian proses dilayani secara adil dan seksama sesuai dengan jatah waktu eksekusinya. Proses-proses akan dieksekusi secara bersama dalam jeda waktu milidetik saja. Anggapan pengguna ini sering disebut dengan *pseudoparalellisme*, karena cepatnya akses tersebut. Sistem operasilah yang berfungsi sebagai kendali diantara proses-proses sehingga sistem operasi harus mengawasi status dari setiap sumber daya, menetapkan alokasi dan dealokasi sumberdaya kepada proses-proses yang membutuhkan.

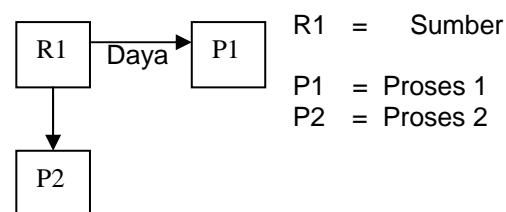
## METODE

Konsep penting dalam sistem operasi adalah status "proses" yaitu abstraksi dari jalannya program. Saat ini komputer diciptakan dapat melakukan beberapa proses pada saat yang bersamaan,

misalnya pada saat tertentu komputer mengeksekusi program dari pengguna, komputer dapat juga membaca dari disk, mencetak ke printer atau ke layar bahkan saat itu juga sedang mengambil informasi dari internet sekalipun, tetapi bagaimana dengan terjadinya redudansi data, inkonsistensi data ataupun terjadi *race condition*.

Kunci untuk mencegah masalah proses bersama yang melibatkan *shared* memori, *shared* berkas, and *shared* sumber daya yang lain adalah menemukan beberapa jalan untuk mencegah sehingga tidak terjadi proses *writing* dan *reading* kepada *shared* data pada saat yang sama yaitu mutex (*mutual exchlussion*). *Critical section* merupakan bagian program yang sedang mengakses memori atau sumber daya yang di pakai bersama. Hal ini akan dijelaskan dengan penggunaan 2 *thread* pada saat yang bersamaan pada sistem dengan *semaphore mutex* CPU OS simulator V.7.2.27.

Proses dikatakan konkuren apabila proses-proses tersebut secara bersama-sama melakukan eksekusi sumberdaya komputer, baik sumberdaya memori, sumberdaya informasi, maupun sumberdaya device. Jadi bisa disimpulkan proses mempunyai sifat konkuren adalah suatu proses dimana lebih dari satu proses dapat dieksekusi oleh sumber daya komputer dalam waktu yang bersamaan. Digambarkan seperti pada Gambar 1.

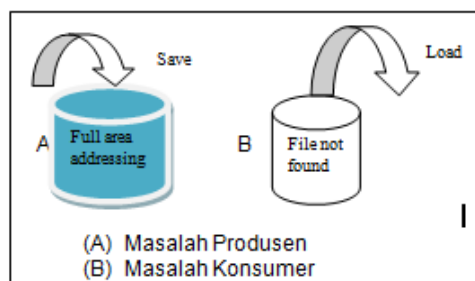


Gambar 1. Proses Konkurensi

Tetapi proses konkuren ini mempunyai beberapa permasalahan, antara lain adalah proses *mutual exchlussion*. Proses *mutual exchlussion* adalah jaminan bahwa hanya dirinya sendirilah yang dieksekusi oleh sistem komputer. Bisa disimpulkan bahwa

proses *mutual exclusion* adalah *single user*, karena hanya satu proses saja yang dapat menggunakan sumber daya dan proses lain menunggu untuk dieksekusi setelah proses lain telah selesai dieksekusi.

Proses Sinkronisasi yaitu proses tunggal yang mempunyai masalah proses produsen dan masalah proses konsumen. Masalah produsen terjadi apabila proses-proses akan menciptakan proses, tetapi di dalam memori tersebut mempunyai informasi kapasitas memori penuh sehingga memori tersebut tidak akan bisa menampung berkas lagi. Hal ini dapat diselesaikan dengan penciptaan *buffer* (penyangga), tetapi akan menimbulkan masalah baru yaitu *multiprogramming* dengan sistem *swapping*. Masalah konsumen terjadi apabila pada saat proses pengalokasian data kepada user tetapi file data tersebut tidak tersedia dalam artian memori "*file not found*". Dua macam masalah ini hanya dapat diselesaikan dengan metode sinkronisasi.



Gambar 3. Masalah proses sinkronisasi

Metode Sinkronisasi merupakan suatu metode untuk menyelesaikan masalah pada proses *sinkronisasi*, yaitu masalah produsen dan masalah konsumen. Metode ini untuk menjaga ketersediaan data atau berkas didalam memori apabila terdapat user yang ingin menggunakan sumber daya informasi dan akan menjaga ketersediaan memori yang kosong apabila user ingin menciptakan proses dalam memori tersebut.

Dengan kata lain metode sinkronisasi bertugas menjaga memori dalam

keadaan siap untuk dialokasikan dan didealokasikan kepada para pemakainya. Oleh karena itu diperlukan metode sinkronisasi untuk menjaga kondisi memori tersebut.

Semaphore termasuk pendekatan yang diajukan oleh Dijkstra untuk digunakan untuk memonitor dan mengontrol ketersediaan sumberdaya sistem, seperti halnya pembagian segmen memori (Tanenbaum, 1992). Seperti proses yang sedang aktif dapat berhenti pada suatu saat (seperti halnya pada penjadwalan proses *Round Robin* yang dapat dihentikan oleh nilai *quantumnya*), sampai proses mendapatkan sinyal interupsi untuk melanjutkan eksekusinya. Semaphore mempunyai dua sifat (William Stelling, 2011), yaitu: Semaphore dapat mempunyai variabel dengan nilai non-negatif dan terdapat dua operasi terhadap semaphore, yaitu Down dan Up. Usulan asli yang disampaikan Dijkstra adalah operasi P dan V.

Operasi Down (P). Operasi ini menurunkan nilai semaphore, jika nilai semaphore menjadi non-positif maka proses yang mengeksekusinya *diblocked*. Operasi *down* adalah atomic, dalam artian proses dalam status aktif tak dapat diberhentikan oleh proses lain sampai proses tersebut selesai di eksekusi.

Operasi Up (V). Operasi Up menaikkan nilai semaphore yang terdapat dalam antrian proses. Urutan proses yang akan dieksekusi dipilih secara acak.

Semaphore adalah sinyal interupsi yang digunakan untuk memeriksa apakah sumber daya saat ini sedang digunakan oleh proses (*thread*). Misalnya, jika suatu proses ingin menggunakan sumber daya outputan, terlebih dahulu perlu memastikan apakah peralatan pencetak (*outputan*) sedang dalam status *off* atau *on*. Jika *device* tersebut dalam keadaan *on* maka sinyal interupsi akan memberikan kode penundaan untuk melakukan akses pada proses yang antri untuk di lakukan pencetakan, sampai peralatan pencetakan mengirimkan sinyal interupsi *off* pada antrian proses baru dapat

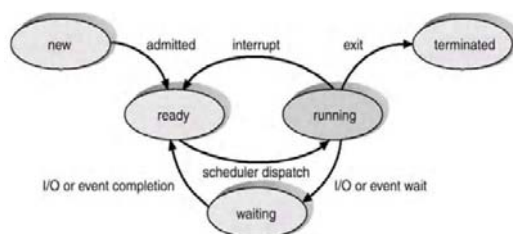
dilakukan eksekusi. Tetapi jika peralatan outputan dalam status *off*, maka *output device* akan mengirimkan sinyal interupsi kepada antrian proses yang berarti peralatan outputan siap melaksanakan perintah pencetakan (Sp. Hariningsih, 2003).

Proses *Multiprogramming* pada tingkat perangkat keras, melakukan proses satu persatu secara bergantian dalam waktu yang sangat cepat atau bersamaan, karena setiap proses mempunyai satu CPU maya.

Proses Pseudoparallelism. Pada level tingkat pengguna, melakukan lebih dari satu pekerjaan dalam waktu yang bersamaan. Secara konsep setiap proses mempunyai satu CPU maya, tetapi pada kenyataannya adalah *multiprogramming*. Maka akan lebih mudah menganggap kumpulan proses yang berjalan secara paralel.

#### PEMBAHASAN

Hubungan state dasar proses dalam pemroses dapat digambarkan seperti tampak pada Gambar 4. (Bambang Hariyanto, 1997)



Gambar 4. Diagram state dasar proses

Keterangan:

- New : Proses baru yang masuk dalam antrian proses
- Ready : Proses menunggu untuk dieksekusi
- Running : Eksekusi diantara antrian proses
- Terminated : Proses yang telah selesai dieksekusi dengan status rampung secara sempurna
- Waiting : Proses yang menunggu untuk dieksekusi karena proses yang terdapat status processor belum selesai dengan sempurna

sehingga proses memerlukan kontrol inputan kembali.

Dispatch : Status proses beralih ke interupsi peralatan keluaran

Interrupt/ Time out : Status pemroses yang meminta untuk beralih ke proses lain karena proses telah selesai dilaksanakan. Ataupun proses diberhentikan oleh pemroses secara paksa (seperti pada model round robin) dan beralih ke proses lain.

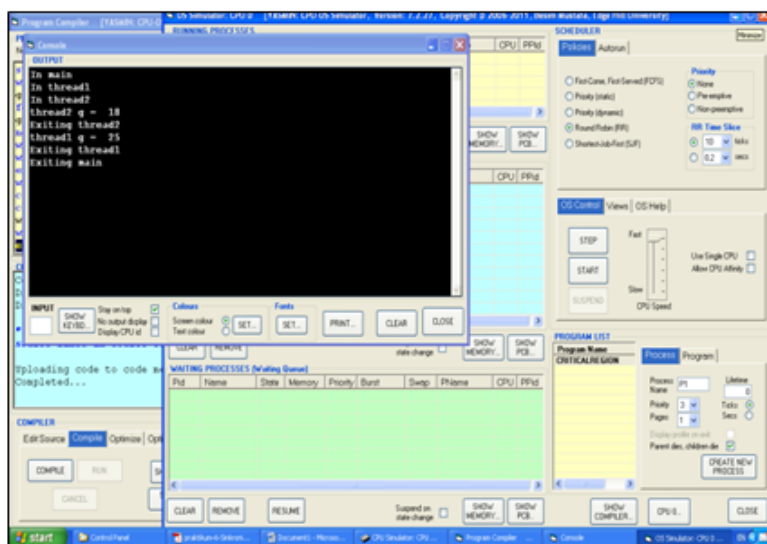
Dengan menggunakan aplikasi CPU-OS Simulator program *critical region*, hal ini akan membuat dua *thread* yaitu *thread1* dan *thread2*. Masing-masing *thread* akan menaikkan nilai variabel global *g* dalam tiap *loop*. Yang termasuk sinkronisasi yaitu mulai dari Ladd no 000,0006,0012,0016,0020. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

Pada modifikasi yang pertama ditambahkan kata kunci *synchronise*. Pemberian tambahan kunci sinkronisasi pada komunikasi diantara proses-proses membutuhkan *place by calls* untuk mengirim dan menerima data *primitive*. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 6. Terdapat *design* yang berbeda-beda dalam implementasi setiap *primitive*. Pengiriman pesan dapat dilakukan dengan : [1]. Pengiriman yang diblok : Proses pengiriman data akan diblok sampai pesan diterima oleh proses penerima (*receiving process*) atau oleh *mailbox*. [2]. Pengiriman yang tidak diblok : Proses pengiriman pesan dan mengkalkulasi operasi. [3]. Penerimaan yang diblok : Penerima memblok sampai pesan tersedia. [4]. Penerimaan yang tidak diblok : Penerima mengembalikan pesan valid atau null.

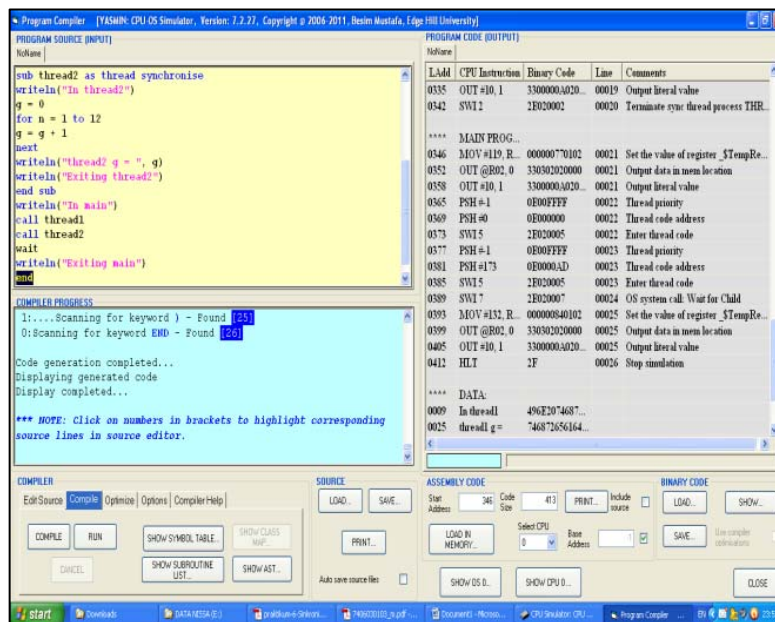
*Critical regions* seringkali diimplementasikan menggunakan *semaphore* dan *mutex*. *Semaphore* adalah pendekatan yang dikemukakan Dijkstra. Prinsip *semaphore* adalah Dua proses atau lebih dapat bekerja sama dengan menggunakan penanda-penanda sederhana. Proses dipaksa berhenti sampai proses memperoleh penanda tertentu. Sembarang kebutuhan

koordinasi kompleks dapat dipenuhi dengan struktur penanda yang sesuai kebutuhannya. Variabel khusus untuk penandaan ini disebut *semaphore*. *Semaphore* adalah alat untuk

sinkronisasi yang tidak membutuhkan *busy waiting*. *Semaphore S(wait)* berupa *variable integer*. *Semaphore* hanya dapat diakses melalui operasi atomik yang tak dapat diinterupsi sampai kode selesai.

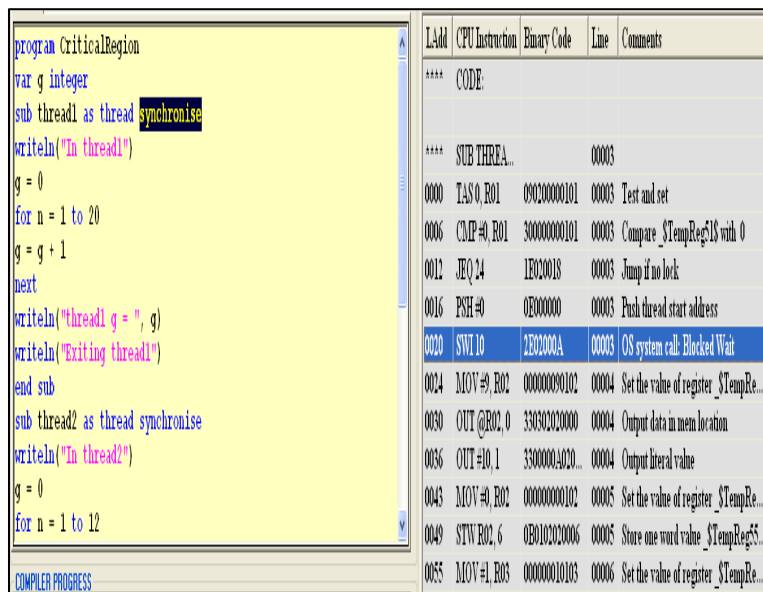


Gambar 5. Running Process Round Robin



Gambar 6. Program source input pada CPU-OS simulator





Gambar 7. Program code sinkronisasi

Pada modifikasi yang kedua digunakan kata kunci *enter* dan *leave*. Pada sistem komputer terdapat sumberdaya yang tidak dapat dipakai bersama pada saat yang bersamaan seperti pada penggunaan *peralatan pencetak*, Sumberdaya seperti hanya dapat menjalankan satu proses pada suatu saat, sumber daya ini disebut sumber daya kritis. Program yang menggunakan sumber daya kritis disebut sedang memasuki *critical section*.

Sistem operasi memberikan fasilitas untuk pemrogram dapat memberikan indikasi keberadaan *critical region*. Sistem operasi menyediakan layanan ( berupa *system call* ) untuk mencegah suatu proses masuk kedalam *critical region* akan tetapi di dalam *critical region* terdapat proses lain yang sedang berjalan. Mutual exclusion merupakan solusi bagi masalah pada *critical region / section*.

Ketika *wait* dijalankan oleh thread, kita memiliki dua kemungkinan yaitu Penghitung S adalah positif, dalam hal ini, counter mengalami penurunan sebesar satu. Kemungkinan kedua Penghitung S adalah nol, dalam hal ini, thread ditangguhkan dan dimasukkan ke dalam antrian pribadi S.

Ketika **Sinyal** dijalankan oleh thread, kita memiliki dua kemungkinan: . Kemungkinan pertama antrian S tidak memiliki *thread* menunggu Penghitung S ditingkatkan oleh satu dan proses kembali dieksekusi maka modifikasi yang mungkin adalah  $S:=S+1$ .

```
wait(S) : while(S) <= 0 do no-op;
S:=S-1;
Signal(S) : S:=S+1;
```

Antrian S telah menunggu *threads*, Dalam hal ini, konter S harus nol (lihat pembahasan *wait* di atas). Salah satu proses menunggu akan diizinkan untuk meninggalkan antrian dan melanjutkan pelaksanaannya.

Operasi *wait* adalah atomik. Ini berarti sekali kegiatan *wait* mulai (yaitu, pengujian dan penurunan nilai *counter* dan memasukkan benang ke dalam antrian), mereka akan terus sampai akhir tanpa gangguan apapun. Lebih tepatnya, meskipun ada banyak langkah untuk melaksanakan *wait* dan *Signal*, langkah-langkah ini dianggap sebagai instruksi non-interruptible tunggal. Demikian pula, hal yang sama berlaku untuk *Sinyal*. Apalagi, jika lebih dari satu proses mencoba mengeksekusi *signal*, hanya satu dari mereka akan berhasil. Kita tidak

boleh membuat asumsi tentang mana proses yang akan berhasil.

Status *wait* karena dapat menyebabkan thread untuk memblokir (*yaitu*, ketika *counter nol*), ia memiliki efek yang sama dari operasi kunci dari sebuah kunci *mutex*. Demikian pula, sebuah sinyal dapat melepaskan thread *wait*, dan mirip dengan membuka operasi. Bahkan, *semaphores* dapat digunakan sebagai kunci *mutex*. Pertimbangkan semaphore *S* dengan nilai awal 1. Kemudian, *wait* dan *Signal* untuk mengunci dan membuka.

Perlu diingat bahwa nilai awal *counter* dari *S* adalah 1. Misalkan sejumlah *thread* mencoba untuk eksekusi *wait*. Karena hanya ada satu *thread* berhasil dapat mengeksekusi *wait*, *thread* ini, katakanlah *A*, menyebabkan *counter* berkurang sebesar 1, dan memasuki bagian yang kritis. Karena nilai awal *counter* adalah 1, sekali *thread A* memasuki *critical section*, konter menjadi 0, dan, sebagai hasilnya semua usaha berikutnya dalam melaksanakan *wait* akan diblokir. Oleh karena itu, *wait* mirip untuk mengunci.

Ketika Sebuah *thread* keluar dari *critical section*, *Signal* dijalankan. Jika ada menunggu *thread*, salah satu dari mereka akan dirilis, dan *thread* ini dirilis memasuki *critical section*. Perhatikan bahwa *counter* masih nol (karena, dalam hal ini, Sinyal tidak meningkatkan dan status *wait* tidak mengurangi *counter*), yang berarti semua *thread* berikutnya yang mencoba mengeksekusi *wait* diblokir. Di sisi lain, jika tidak ada *thread* menunggu, pelaksanaan Sinyal menyebabkan nilai dari *counter* akan meningkat dengan 1, sehingga nilai saat ini 1. Dalam hal ini, *thread* berikutnya yang mengeksekusi status bisa masuk ke bagian kritis. Oleh karena itu, Sinyal untuk membuka. Singkatnya, pengaturan *counter* untuk 1 awalnya akan menjamin bahwa paling banyak satu *thread* bisa di bagian kritis.

Nilai *counter* adalah 1 atau 0, dan tidak pernah memiliki nilai lain sehingga disebut sebagai *semaphore biner*. Jika diganti *counter* dengan variabel Boolean dan menafsirkan 1 dan 0 sebagai *true* (kunci terbuka) dan *false* (kunci tertutup),

masing-masing, maka semaphore biner menjadi kunci *mutex*. Karena itu kunci *mutex* atau *semaphore* biner bergantian. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.

Berikut contoh nyata untuk suatu *critical region* (atau *mutex region*).

```
Program Give_File_to_spooler;
Var
in : Integer;
berkasA, berkasB: File;
Procedure Store (Berkas: File, next_slot:
Integer);
{Untuk menyimpan berkas pada slot
kenext_slot}
Procedure ProsesA;
Var
next_free_slot: Integer;
Begin
next_free_slot:=in;
store(BerkasA, next_free_slot);
in:=next_free_slot+1;
End;
Procedure ProsesB;
Var
next_free_slot: Integer;
Begin
next_free_slot:=in;
store(BerkasB, next_free_slot);
in:=next_free_slot+1;
End;
```

Beberapa arsitektur komputer memiliki instruksi "*test-and-set*" untuk menerapkan *critical region*. karena Metode *Test and Set* melakukan *testing* dan memodifikasi isi memori secara atomic, struktur fungsi *Test and Set* sebagai berikut :

```
boolean TestAndSet (boolean &target)
{
boolean rv = target;
target = true;
return rv;
}
```

Untuk menyelesaikan permasalahan *mutual exclusion* dengan metode *Test and Set* maka digunakan variable umum berikut :

```
boolean lock = false;
Sedangkan Process Pi mempunyai struktur sebagai berikut :
do {
```

```
while (TestAndSet(lock)) ;  
critical section  
lock = false;  
    remainder section  
}
```

Dengan menggunakan OS CPU Simulator V. 7.2.27 maka dapat dibuktikan bahwa kejadian *race condition* pada critical region dapat dihindari (Gambar 7)

### KESIMPULAN

*Thread* mirip seperti *little-mini process*. Setiap *thread* berjalan sekuensial yang mempunyai program *counter* dan *stack* sendiri. *Thread* juga men-*share* CPU seperti proses. *Thread* dalam satu proses menempati *address space* yang sama, tidak ada proteksi penggunaan memori antar *thread* karena proses dimiliki oleh satu user.

*Thread* dapat berada pada empat *state* yang berbeda, seperti process (*running*, *blocked*, *ready*, *terminated*) Terdapat tiga model process pada server : [1] *thread* diciptakan untuk dapat melakukan paralelisme yang dikombinasikan dengan eksekusi sekuensial dan *blocking system calls*. [2]. *single threads server* menggunakan *blocking system calls*, tetapi kinerja sistem tidak baik [3]. *finite-state machine*, kinerja baik dengan melakukan *parallelisme*, tetapi menggunakan *nonblocking calls*, sehingga sulit dalam memprogram.

Dari definisi semaphore dapat disimpulkan Secara umum, tidak ada cara untuk mengetahui sebelum proses *decrement* sebuah semaphore akan terblokir atau tidak. Setelah proses *increment semaphore* dan proses lain akan berjalan, kedua proses terus berjalan bersamaan. Tidak ada cara untuk mengetahui proses, jika salah satu, akan segera melanjutkan pada sistem prosesor tunggal. Saat signal *semaphore*, Anda tidak perlu tahu apakah proses yang lain sedang menunggu, sehingga jumlah proses yang diblokir mungkin nol atau satu. Prinsip semaphore adalah dua proses atau lebih dapat bekerjasama dengan

menggunakan penanda-penanda sederhana. Proses dipaksa berhenti sampai proses tersebut memperoleh penanda tertentu.

Dengan menggunakan OS CPU Simulator V. 7.2.27 maka dapat dibuktikan bahwa kejadian *race condition* pada critical region dapat dihindari .

### DAFTAR PUSTAKA

- Andrew S. Tanembaun, *Modern Operating System*, Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. 1992.
- Bambang Hariyanto, Ir, *Sistem Operasi*. Penerbit Informatika Bandung, cetakan pertama Desember 1997.
- Sp. Hariningsih, *Sistem Operasi*. Penerbit Graha Ilmu Yogyakarta, Edisi pertama : 2003, viii+176 halaman. ISBN : 979-3289-24-4
- William Stallings, *Operating Systems*, Fourth Edition, Prentice Hall. 2001
- <http://docs.linux.cz/>  
<http://linux-tutorial.info/>

**OPTIMASI ALGORITMA SUPER ENKRIPSI UNTUK MENINGKATKAN  
PENGAMANAN DATA CITRA DIGITALDALAM PENGIRIMAN MMS  
PADA PIRANTI CERDAS**

Emy Setyaningsih<sup>1</sup>, Catur Iswahyudi<sup>2</sup>, Naniek Widyastuti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sistem Komputer, <sup>2,3</sup> Program Studi Teknik Informatika,  
Intitut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Masuk: 9 Oktober 2012, revisi masuk: 18 Desember 2012, diterima: 3 Januari 2013

**ABSTRACT**

*Advances in technology have made communication and information technology functions into convergent and known as ICT (Information and Communication Technology). Internet and smart devices have an important role as a medium for multimedia convergence at this time. Mobile communications technology also developed rapidly, as well as the development of features that support services in the GSM system, among others, is MMS (Multimedia Messaging Service) that allows data transmission such as images, audio, and video. Computational complexity becomes an important concern in the development of cryptographic techniques on smart devices in the limited of bandwidth on wireless networks, also limited processing, memory, and time. This paper will discuss the security of image message using the concept of super encryption to optimize security of encryption key that adopts the concept of steganography method called End Of File (EOF). Applications built able to combine the speed, security, and flexibility so as to produce a good combination of speed, high security, complexity, reasonable computational overhead, and computational power. Image encryption algorithm is successfully implemented on a smart device with Android based operating system. Application also has the fast process and efficient computing resource. These are evidenced by the average time of encryption for image size of 256 x 256 pixels at 0.75 seconds and the image with a size of 480 x 640 pixels at 2.09 seconds. Average time decryption to image size of 256 x 256 pixels by 0.58 seconds and the image with a size of 480 x 640 pixels of 1.66 seconds.*

**Keywords :** *smart device, Multimedia Messaging Service (MMS), cryptographic, super encryption, steganography.*

**INTISARI**

Kemajuan teknologi telah menjadikan fungsi teknologi informasi dan komunikasi menjadi konvergen sehingga kini muncul istilah ICT (*Information and Communication Technology*). Internet dan piranti cerdas memiliki peran penting sebagai medium untuk konvergensi multimedia saat ini. Teknologi komunikasi bergerak juga berkembang pesat, begitu juga perkembangan fitur-fitur layanan yang mendukung dalam sistem GSM, antara lain adalah MMS (*Multimedia Messaging Service*) yang memungkinkan melakukan pengiriman data berupa citra, audio, dan video. Kompleksitas komputasi menjadi perhatian penting dalam pengembangan teknik kriptografi pada piranti cerdas di tengah keterbatasan *bandwidth* pada jaringan nirkabel, keterbatasan pemroses, memory, dan waktu. Pada makalah ini akan dibahas keamanan pesan citra menggunakan konsep super enkripsi dengan mengoptimalkan keamanan kunci enkripsi yang mengadopsi konsep steganografi yaitu metode End Of File (EOF). Aplikasi yang dibangun mampu memadukan antara kecepatan, keamanan, dan fleksibilitas sehingga menghasilkan kombinasi yang baik antara kecepatan, pengamanan yang tinggi, kompleksitas, *reasonable computational overhead*, dan *computational power*. Dari hasil pengujian berhasil didapatkan algoritma enkripsi citra yang dapat diimplementasikan pada piranti cerdas dengan basis sistem operasi Android, yang hemat sumberdaya komputasi serta

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

<sup>2</sup>[emypurnomo@akprind.ac.id](mailto:emypurnomo@akprind.ac.id),<sup>3)</sup>

<sup>3</sup>[naniek\\_wid@yahoo.com](mailto:naniek_wid@yahoo.com)

proses yang cepat. Hal tersebut dibuktikan dengan rata-rata waktu enkripsi untuk citra ukuran 256 x 256 piksel sebesar 0,75 detik dan citra dengan ukuran 480 x 640 piksel 2,09 detik. Rata-rata waktu dekripsi untuk citra ukuran 256 x 256 piksel sebesar 0,58 detik dan citra dengan ukuran 480 x 640 piksel sebesar 1,66 detik.

**Kata Kunci :** piranti cerdas, *Multimedia Messaging Service* (MMS), kriptografi, super enkripsi, steganografi.

## PENDAHULUAN

Teknologi komunikasi bergerak saat ini berkembang dengan sangat cepat, begitu juga perkembangan fitur-fitur layanan yang mendukung dalam sistem GSM. Salah satu layanan yang ditawarkan adalah MMS (*Multimedia Messaging Service*) yang merupakan perkembangan dari SMS (*Short Message Service*) yang memungkinkan untuk melakukan pengiriman data berupa citra digital.

Keamanan informasi menjadi isu penting dalam penyimpanan dan transmisi data. Penggunaan data citra pun semakin luas dalam berbagai bidang. Untuk itu diperlukan sistem pengamanan untuk melindungi data yang ditransmisikan melalui suatu jaringan komunikasi, antara lain dengan menggunakan teknik kriptografi. Namun demikian enkripsi tidak dapat mencegah intersepsi dan modifikasi data pada saluran komunikasi. Enkripsi tidak mampu melindungi komunikasi dari para pendengar rahasia (*eavesdropper*) untuk mengekstrak data rahasia (Chang Lo, 2007).

Hingga bulan Agustus 2011, berdasarkan penelitian oleh AC Nielsen terhadap pengguna piranti cerdas di Amerika Serikat seperti yang dilansir oleh situs [www.dailytech.com](http://www.dailytech.com) dan <http://www.netmarketshare.com/>, Google Android memiliki *market share* 43%, diikuti oleh iPhone (28%), RIM (18%), dan Microsoft (11%). Sedangkan untuk pengguna di seluruh dunia, Microsoft Windows Mobile memiliki market share 4,9%, dan Google Android sebesar 18,9%. Sementara Apple dengan iOS sebesar 61,5%, Java ME (12,8%), dan Symbian (3,5%).

Jumlah pengguna ponsel BlackBerry di Indonesia hampir mencapai 9 juta pengguna (Juli 2012). Fakta tersebut membuat Indonesia dijuluki sebagai Negara BlackBerry, pasalnya angka 9 juta juga menempatkan Indonesia sebagai pengguna ponsel Ber-OS BlackBerry terbanyak di dunia. Namun, semakin gencar

munculnya ponsel Android membuat pengguna ponsel BlackBerry beralih ke sistem operasi lain. Berdasarkan hasil penelitian firma Analis IDC, jumlah pengguna Android di Indonesia selama tahun 2012 meningkat dan menguasai 52% smartphone yang beredar di pasar Indonesia ([republika.co.id](http://republika.co.id), 2012).

Kriptografi pada piranti cerdas memunculkan tantangan baru, karena keterbatasan sumberdaya komputasi pada perangkat. Kompleksitas komputasi menjadi perhatian penting dalam pengembangan teknik kriptografi di tengah keterbatasan *bandwidth* pada jaringan nirkabel, keterbatasan pemroses, memori, dan waktu. Oleh sebab itu, diperlukan *tradeoff* antara kecepatan, keamanan, dan fleksibilitas sehingga menghasilkan kombinasi yang baik antara kecepatan, pengamanan yang tinggi, kompleksitas, *reasonable computational overhead*, dan *computational power* (Jolfaei dan Mirghadri, 2011).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mendapatkan algoritma yang handal untuk mengamankan data citra telah pula dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya Abrihama(2008), Stinson(1995), dan Younes (2008). Penelitian untuk mendapatkan algoritma enkripsi citra yang sederhana namun aman dengan proses yang cepat dan hemat sumber daya komputasi yang menggabungkan dua buah cipher yaitu Playfair cipher dan Vigenere cipher telah dilakukan oleh Setyaningsih, dkk (2012). Pemilihan algoritma ini karena Super Enkripsi tidak membutuhkan resource yang banyak, sehingga cocok untuk diterapkan pada telepon seluler yang memiliki kapasitas memori yang terbatas. Kendala yang dijumpai pada kunci Super Enkripsi adalah ukurannya yang cukup besar yaitu 16 x 16 piksel sehingga sangat sulit untuk diingat. Hal tersebut menyebabkan pertukaran kunci yang dilakukan melalui email, atau pesan sms

menjadi tidak aman. Fridrich dan Goljan (2002) melakukan pengujian kehandalan steganografi berdasarkan serangan yang terjadi pada steganografi. Pengujian dilakukan menggunakan RS Analisis pada tool Steganos, S-Tools, Hide4PGP. Manglem dkk. (2007) menggabungkan kriptografi dan steganografi. Metode steganografi yang digunakan adalah Sequential LSB, Random LSB, Edge LSB, dan Random Edge LSB. Enkripsi dilakukan terhadap pesan yang akan disisipkan, sedangkan algoritma enkripsi yang digunakan adalah S-DES. Pengujian untuk mengetahui kehandalan steganografi dilakukan dengan cara mendeteksi menggunakan Gradient Energy, selain itu membandingkan juga hasil dari masing-masing steganografi yang diuji dengan gradient energy. Hasil yang didapat dari perbandingan gambar steganografi yaitu gambar steganografi dapat dideteksi kecuali Random Edge LSB. Anneria (2008) melakukan pendeteksian gambar steganografi yang dihasilkan oleh beberapa tool yaitu InPlainView, S-Tool dan The Thrid Eyes. Metode steganalisis yang digunakan yaitu RS-Analysis. Pendeteksian dengan RS-Analysis dapat mengetahui prosentase noise pada RGB dalam pixel. Dalam penelitian ini diketahui bahwa gambar yang disisipi pesan dengan ukuran pesan yang kecil akan sulit untuk dideteksi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan keamanan pada kunci yang digunakan. Teknik yang diusulkan adalah mengadopsi dari konsep steganografi menggunakan metode End Of File (EOF), yaitu menyisipkan/ menyembunyikan kunci yang digunakan untuk proses enkripsi dan dekripsi pada citra hasil enkripsi sebelum dikirimkan. Metode EOF mempunyai kelebihan mampu menyisipkan kunci yang sangat besar, sehingga cocok untuk menyisipkan kunci playfair yang berukuran cukup panjang.

#### **METODE**

Teknik enkripsi citra bertujuan untuk mengkonversi citra ke bentuk lain sehingga sulit dipahami. Sedangkan teknik dekripsi digunakan untuk mengembalikan citra terenkripsi menjadi

citra asli. Terdapat banyak sistem enkripsi citra untuk melakukan enkripsi dan dekripsi, namun tidak ada algoritma enkripsi tunggal yang memuaskan untuk berbagai tipe citra (Gupta, 2009).

Dalam enkripsi citra digital, terdapat dua level enkripsi yaitu *low-level* dan *high-level*. Dalam enkripsi *low-level*, citra yang terenkripsi mengalami penurunan kualitas visual dibandingkan dengan citra asli. Namun citra tersebut tetap dapat terlihat dan dipahami oleh orang yang melihat. Dalam enkripsi *high-level*, isi citra benar-benar teracak dan hanya nampak seperti derau (*noise*). Dengan demikian citra menjadi tidak dapat dipahami oleh orang yang melihatnya (Krikor dkk., 2009). Sementara itu Puech (2005) mengatakan bahwa karakteristik visual yang paling penting dari citra terletak pada frekuensi rendah, sedangkan informasi detail tersimpan di frekuensi yang lebih tinggi. Penglihatan manusia (*HVS-Human Visual System*) lebih sensitif pada frekuensi rendah dibandingkan dengan frekuensi tinggi. Younes (2008) mengatakan bahwa semua cipher image yang hanya berbasis permutasi tidak aman dari serangan *known-plaintext*. Ia menyarankan agar permutasi rahasia harus digabungkan dengan teknik enkripsi lain untuk menghasilkan citra yang benar-benar aman.

Super enkripsi merupakan salah satu kriptografi berbasis karakter yang menggabungkan cipher substitusi dan cipher transposisi. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan cipher yang lebih kuat daripada hanya menggunakan satu cipher saja, sehingga tidak mudah untuk dipecahkan. Enkripsi dan dekripsi dapat dilakukan dengan urutan cipher substitusi kemudian cipher transposisi, atau sebaliknya. Konsep super enkripsi dapat diperluas penggunaannya dari teks ke citra warna. Ini dimungkinkan mengingat sebuah citra merupakan deretan piksel-piksel yang terdiri atas komponen R (Red), G (Green), B (Blue) yang merupakan bilangan-bilangan bulat sehingga dapat dioperasikan dalam sebuah matrik. Super enkripsi juga tidak membutuhkan sumberdaya yang besar, sehingga cocok untuk diterapkan pada telepon seluler

yang memiliki kapasitas memori yang terbatas.

Algoritma superenkripsi yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan konsep *symmetric cryptosystem*. *Symmetric cryptosystem* sangat menekankan pada kerahasiaan kunci yang digunakan untuk proses enkripsi dan dekripsi. Oleh karena itulah sistem ini sering disebut sebagai *secret-key ciphersystem*. *Secret-key cryptography* merupakan bentuk kriptografi yang lebih tradisional, dimana sebuah kunci tunggal dapat digunakan untuk mengenkrip dan mendekrip pesan. Kriptografi kunci-simetrik mengarah kepada metode enkripsi yang mana baik pengirim maupun yang dikirim saling memiliki kunci yang sama. Masalah utama yang dihadapi *secret-key cryptosystems* adalah membuat pengirim dan penerima menyetujui kunci rahasia tanpa ada orang lain yang mengetahuinya. Ini membutuhkan metode dimana dua pihak dapat berkomunikasi tanpa takut akan disadap.

Untuk menghadapi serangan semacam ini kriptografer harus menggunakan kunci yang lebih panjang dan tidak mudah ditebak. Semakin panjang kunci maka waktu *exhaustive search* menjadi makin sulit dan bahkan tidak mungkin dilakukan karena waktu yang dibutuhkan semakin lama. Namun cara ini mempunyai kelemahan dimana untuk mengingat kunci yang sangat panjang tentulah tidak mudah. Misalkan untuk kunci playfair yang digunakan pada penelitian ini ukurannya adalah 16 x 16 piksel atau 256 piksel warna. Apabila setiap piksel warna diwakili dengan 3 digit angka maka panjang kunci yang harus diingat sepanjang  $256 \times 3 = 768$  digit angka. Hal ini tentu saja sangat menyulitkan baik bagi penerima apabila ingin melakukan proses dekripsi. Oleh karena itu pada penelitian ini diusulkan sebuah cara untuk mengoptimalkan keamanan pada kunci yang digunakan. Teknik yang diusulkan adalah mengadopsi dari konsep steganografi menggunakan metode *End Of File* (EOF), yaitu menyisipkan/ menyembunyikan kunci yang digunakan untuk proses enkripsi dan dekripsi pada image hasil enkripsi sebelum dikirimkan. Metode *End Of File* (EOF) mempunyai

kelebihan mampu menyisipkan kunci yang sangat besar, sehingga cocok untuk menyisipkan kunci playfair yang berukuran cukup panjang.

Dengan menggunakan konsep ini maka pengirim maupun penerima pesan cukup hanya mengingat 6 digit angka yang mewakili intensitas dari warna citra dan tidak perlu mengingat 768 digit angka. Dimana 6 digit angka ini nanti sebagai kunci untuk bisa melakukan proses dekripsi. Penerima harus menginputkan 6 digit angka dengan benar sebelum bisa melakukan proses dekripsi. Untuk mengamankan dari penyusup, maka nantinya proses untuk mencoba proses dekripsi hanya diijinkan 3 kali. Selain itu proses penginputan kunci sepanjang 6 digit juga dibatasi oleh waktu yang ditentukan oleh pengirim. Dimana waktu maksimal yang diijinkan adalah 255 detik. Apabila lebih dari 3 kali atau waktu penginputan kunci yang dicobakan melebihi dari waktu yang ditentukan maka image sudah tidak dapat dibuka lagi untuk dilakukan proses dekripsi. Sehingga apabila menginginkan informasi kembali harus meminta pengirim melakukan pengiriman kembali citra tersebut (Iswahyudi dkk, 2012).

Proses enkripsi yang digunakan adalah menggabungkan metode vigenere cipher dan playfair cipher selanjutnya kunci playfair yang digunakan untuk mengenkripsi citra disisipkan kedalam cipher image seperti terlihat pada Gambar 1 (Iswahyudi dkk, 2012)

Sedangkan proses dekripsi yang digunakan adalah dengan cara memasukkan pin yang digunakan untuk mengestak kunci nantinya digunakan untuk melakukan proses dekripsi, selanjutnya dilakukan proses dekripsi menggunakan algoritma playfair cipher yang dilanjutkan dengan algoritma vigenere cipher seperti terlihat pada Gambar 2 (Iswahyudi dkk, 2012).

Pengembangan dari metode *Vigenere Cipher* untuk penyandian citra dilakukan dengan menggunakan Formula *Vigenere Cipher* dengan menggunakan nilai basis modulo 256 sesuai dengan intensitas warna pada citra.

Rumus enkripsi yang digunakan untuk menghitung nilai cipher image tiap pixel adalah sebagai berikut:

$$E_{ki}(a) = (a + ki) \bmod 256 \quad \dots\dots(1)$$

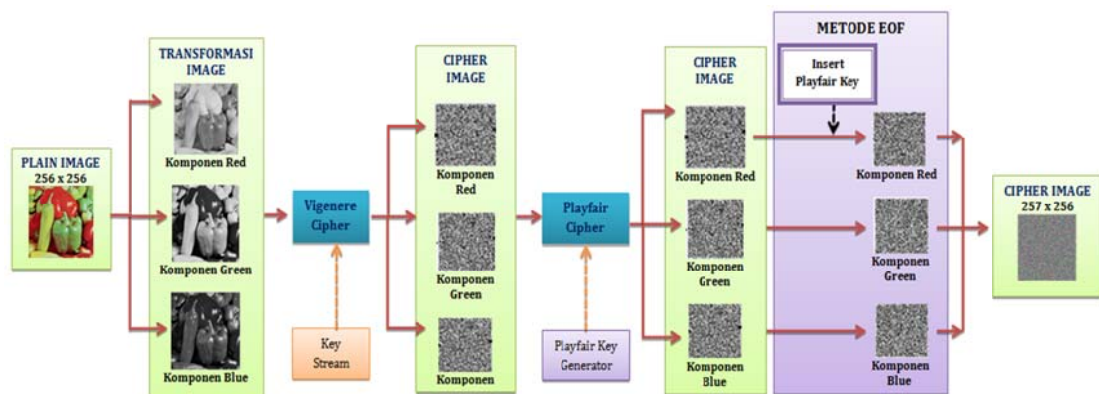
Dengan : a : Intensitas ke-i,j citra asli  
Ki: kunci ke-i

Sedangkan rumus yang digunakan untuk mendapatkan kembali plainteks yang

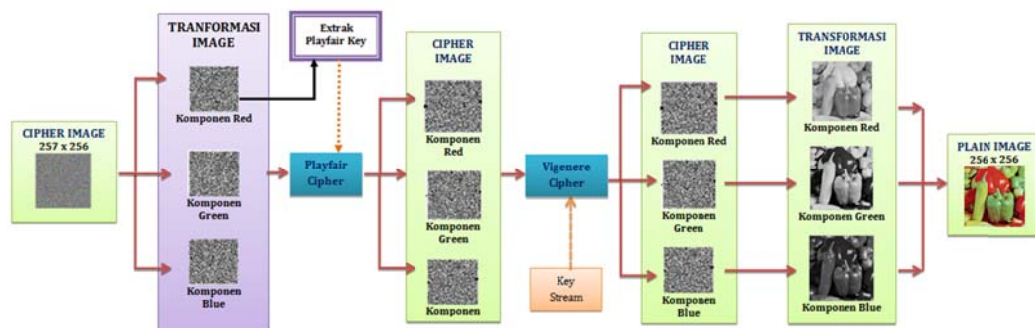
berupa image tiap pixel yang telah terenkripsi (dekripsi) adalah:

$$D_{ki}(a) = (a - ki) \bmod 256 \quad \dots\dots(2)$$

Dengan : a: Intensitas citra pixel ke-i,j yang terenkripsi, ki: kunci ke-i



Gambar 1. Skema Proses Enkripsi



Gambar 2. Skema Proses Dekripsi

Sedangkan algoritma enkripsi menggunakan metode *Playfair Cipher* yang dikembangkan untuk data citra adalah sebagai berikut : 1) membentuk matrik bujur sangkar yang akan menjadi kunci dengan jumlah disesuaikan dengan semesta pembicaraan yang digunakan sebagai dasar. Misalkan pada citra yang mempunyai derajat keabuan 256 maka kunci yang akan digunakan untuk menyandikan citra adalah matrik bujur sangkar dengan ukuran 16 x 16 dengan nilai elemennya adalah bilangan bulat acak antara 0 sampai dengan 255. 2) *Ciphering* menggunakan setiap pasang-

an intensitas citra dalam plainteks untuk masing-masing kanal warna. Plainteks dibagi dalam blok-blok dimana setiap blok berisi 2 pixel (m1 dan m2) pada masing-masing baris untuk setiap kanal warna. 3) Proses *ciphering* pada masing-masing kanal warna dilakukan dengan cara: a) jika m1 dan m2 terdapat pada baris yang sama dalam matrik kunci maka c1 diambil dari 1 pixel sebelah kanan m1, c2 diambil dari 1 pixel sebelah kanan m2 pada matrik kunci. b) jika m1 dan m2 terdapat pada kolom yang sama dalam matrik maka c1 dan c2 masing-masing diambil dari 1 pixel dibawah m1



dan  $m_2$  pada matrik kunci. c) jika  $m_1$  dan  $m_2$  berbeda baris dan kolom dalam matrik kunci maka  $c_1$  diambil dari pertemuan baris  $m_1$  dan kolom  $m_2$ , dan  $c_2$  diambil dari pertemuan baris  $m_2$  dan kolom  $m_1$  pada matrik kunci. d) Jika  $m_1 = m_2$  maka cipherteks adalah  $c_1=m_1$  dan  $c_2=m_2$ .

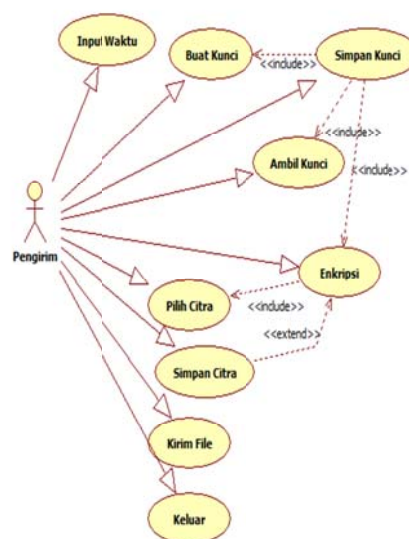
Sedangkan algoritma dekripsi untuk menggunakan metode *Playfair Cipher* adalah sebagai berikut : 1) Sama dengan proses enkripsi yaitu menggunakan matrik kunci yang sama untuk proses enkripsi. 2) Proses *ciphering* dilakukan dengan cara : a) jika  $c_1$  dan  $c_2$  terdapat pada baris yang sama dalam matrik kunci maka  $m_1$  diambil dari 1 pixel sebelah kiri  $c_1$ ,  $m_2$  diambil dari 1 pixel sebelah kiri  $c_2$  pada matrik kunci. b) jika  $c_1$  dan  $c_2$  terdapat pada kolom yang sama dalam matrik maka  $m_1$  dan  $m_2$  masing-masing diambil dari 1 pixel diatas  $m_1$  dan  $m_2$  pada matrik kunci. c) jika  $c_1$  dan  $c_2$  berbeda baris dan kolom dalam matrik kunci maka  $m_1$  diambil dari pertemuan baris  $c_1$  dan kolom  $c_2$ , dan  $m_2$  diambil dari pertemuan baris  $c_2$  dan kolom  $c_1$  pada matrik kunci. d) jika  $c_1 = c_2$  maka plainteks adalah  $m_1=c_1$  dan  $m_2=c_2$ .

Untuk menyembunyikan kunci digunakan teknik EOF atau End Of File yang merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam steganografi. Teknik ini menggunakan cara dengan menyisipkan data pada akhir file. Teknik ini dapat digunakan untuk menyisipkan data yang ukurannya sesuai dengan kebutuhan. Ukuran file yang telah disisipkan data sama dengan ukuran file sebelum disisipkan data ditambah dengan ukuran data yang disisipkan ke dalam file tersebut. Dalam teknik ini, data disisipkan pada akhir file dengan diberi tanda khusus sebagai pengenal start dari data tersebut dan pengenal akhir dari data tersebut. Dengan demikian ukuran file setelah disisipkan pesan rahasia akan bertambah. Sebab, ukuran file yang telah disisipkan pesan rahasia sama dengan ukuran file sebelum disisipkan pesan rahasia ditambah dengan ukuran pesan rahasia yang disisipkan. Contoh hasil penyisipan pesan rahasia dengan menggunakan metode End of File.

Untuk menggambarkan kebutuhan sistem sebelum diimplementasikan pada piranti bergerak (handphone) ataupun smart phone menggunakan bahasa pemrograman Android dilakukan proses perancangan sistem. Dalam perancangan sistem ini menggunakan tool UML (Unified Modelling Language), yang mencakup perancangan use case diagram, sequence diagram, class diagram, dan activity diagram.

*Use Case* enkripsi mempunyai langkah – langkah: 1) Pengirim dapat memilih untuk membuat kunci baru atau memanggil kunci yang telah tersimpan dengan memilih *Buat Kunci* atau *Panggil Kunci*. 2) Pemngirim dapat memilih untuk menyimpan kunci enkripsi dengan memilih *Simpan Kunci*. 3) Pengirim diharuskan memilih citra yang akan dienkripsi dengan memilih *Pilih Citra*. 4) Pengirim dapat memulai melakukan proses enkripsi dengan memilih *Enkripsi Citra*. 5) Pengirim dapat mengirimkan file hasil enkripsi dengan memilih *Kirim MMS*. 6) Pengirim dapat keluar dari program dengan memilih *keluar*.

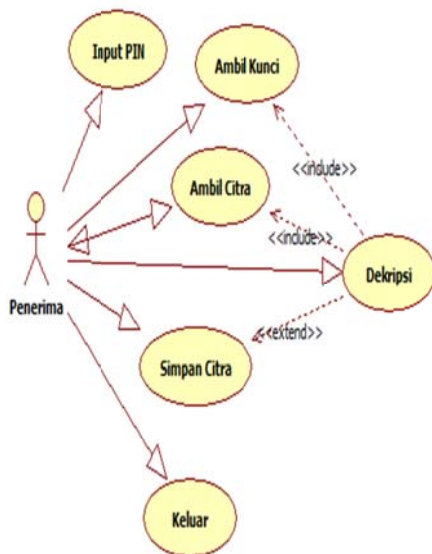
Gambar 3 menggambarkan use case diagram enkripsi. Pengirim dapat melakukan enkripsi mulai dari membuat atau memilih kunci enkripsi, melakukan proses enkripsi hingga mengirimkan citra hasil enkripsi melalui fasilitas pengiriman MMS.



**Gambar 3.** Use case diagram proses enkripsi

Use Case dekripsi mempunyai langkah – langkah: 1) Penerima harus memilih kunci untuk memulai proses dekripsi dengan memilih *Pilih Kunci*. 2) Penerima diharuskan memilih citra yang akan di-dekripsi dengan memilih *Pilih Citra*. 3) Penerima dapat memulai melakukan proses dekripsi dengan memilih *Dekripsi*. 4) Penerima dapat memilih untuk menyimpan citra hasil dekripsi dengan memilih *Simpan Citra*. 5) Penerima dapat keluar dari program dengan memilih *keluar*.

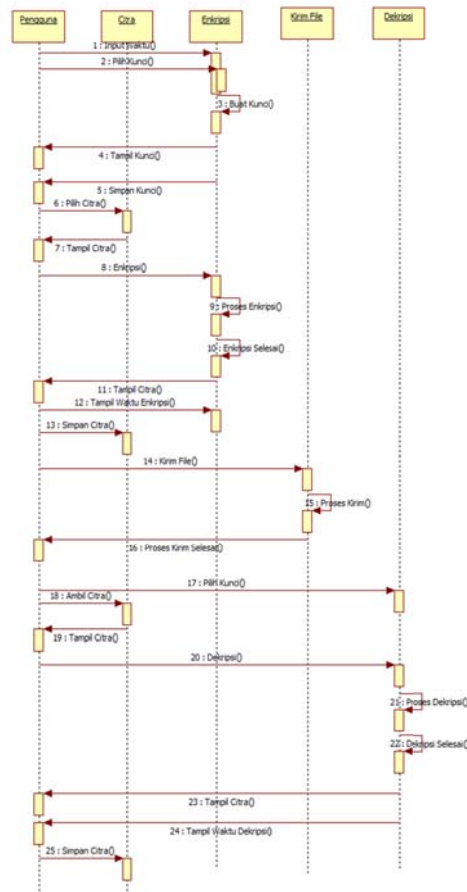
Gambar 4 menggambarkan use case diagram proses dekripsi. Penerima yang telah menerima kiriman citra terenkripsi dapat melakukan proses dekripsi dengan memilih kunci enkripsi. Selanjutnya mengambil citra dan secara otomatis sistem akan melakukan proses dekripsi. Kemudian, penerima dapat menyimpan citra yang telah didekripsi.



**Gambar 4.** Use case diagram proses dekripsi

Dalam aplikasi ini terdapat kelas-kelas yang saling berkomunikasi dalam penggunaannya. Komunikasi antar kelas tersebut dimodelkan oleh diagram runtun keseluruhan program. Gambar 5 merupakan diagram runtun keseluruhan program, yang meliputi enkripsi, dekripsi, dan pengiriman citra yang dilakukan oleh obyek Citra, Enkripsi, Dekripsi, dan Kirim file. Obyek Citra akan menangani pemi-

lihan citra dan mengirimkan citra tersebut kepada enkripsi atau dekripsi. Untuk memulai proses enkripsi seorang pengguna harus memilih pilihan enkripsi dan membuat/memilih kunci, memilih citra hingga kemudian runtutan proses enkripsi dapat dimulai, proses dekripsi juga memiliki aturan yang sama.



**Gambar 5.** Diagram runtun keseluruhan sistem

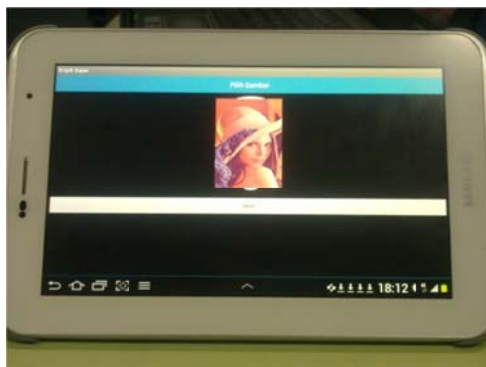
**PEMBAHASAN**

Pengujian keamanan kunci enkripsi dilakukan pada beberapa citra berwarna dengan ukuran 256 x 256 piksel dan 480 x 640 piksel dengan tipe BMP dan JPG. Pada pengujian aplikasi menggunakan smart phone dengan sistem operasi Android, aplikasi pengamanan data image dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan icon pada SAM-SUNG Galaxy Tab2

Proses enkripsi diawali dengan memilih citra yang akan dilakukan proses enkripsi seperti terlihat pada Gambar 7.

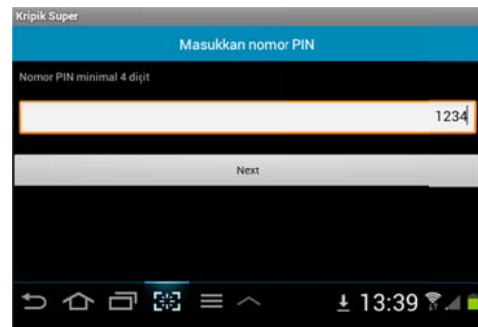


Gambar 7. Tampilan proses enkripsi pada smart phone

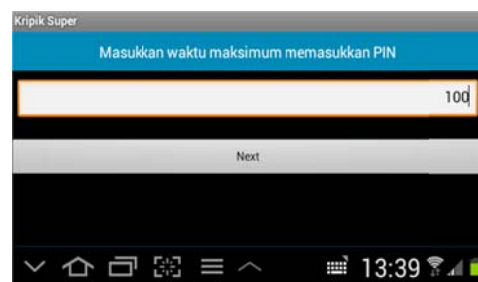
Selanjutnya diinputkan kunci sandi yang berupa bilangan antara 0-9 minimal 4 digit serta waktu proses yang diijinkan untuk melakukan proses dekripsi seperti terlihat pada gambar 8a dan 8b.

Proses dekripsi dilakukan proses yang sama, yaitu dengan memilih cipher image yang akan dilakukan proses dekripsi. selanjutnya diinputkan kunci sandi yang terdiri dari 6 digit. Apabila kunci sesuai dengan kunci yang digunakan untuk enkripsi maka proses dekripsi dapat dilanjutkan sehingga akan tampil waktu proses dekripsi dan citra hasil dekripsi yang sama dengan citra asli.

Hasil pengujian proses enkripsi serta waktu proses enkripsi ditampilkan pada Gambar 9.

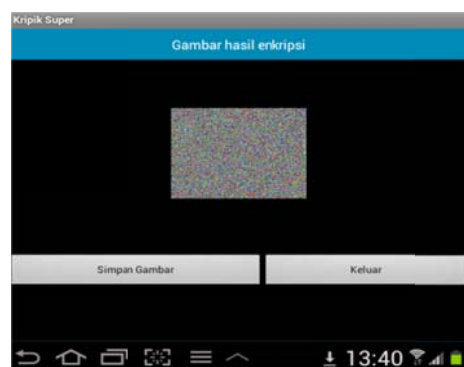
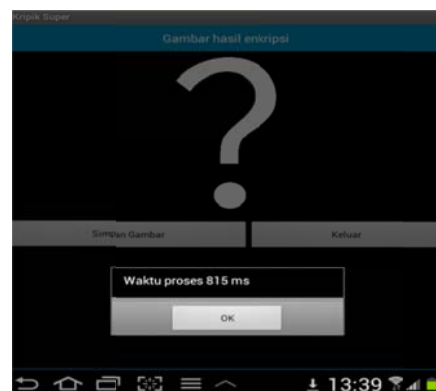


(a)



(b)

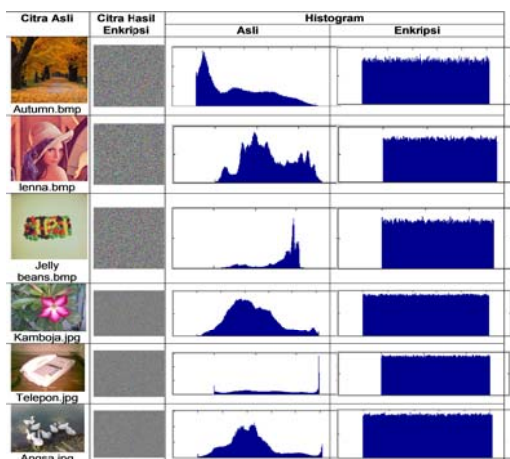
Gambar 8a. Tampilan untuk menginputkan kunci dan 8b. Tampilan untuk menginputkan batas waktu proses untuk menginputkan kunci yang valid



Gambar 9. Tampilan hasil enkripsi dan waktu proses enkripsi pada smart phone

Hasil analisis histogram warna diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis histogram warna



Apabila dilihat secara visual dari histogram plain image dengan histogram dari cipher image-nya, maka terlihat perbedaan yang signifikan antara keduanya. Pada historam hasil enkripsi terlihat rata untuk setiap intensitas warna, hal ini menunjukkan bahwa algoritma enkripsi yang digunakan tidak dapat memberikan petunjuk apa-apa untuk dilakukan statistical attack oleh kriptanalis karena tidak ada intensitas yang menonjol seperti yang terlihat pada citra asli. Dari Tabel 1 juga terlihat bahwa citra asli tidak dapat terlihat setelah dilakukan proses enkripsi. Hasil penyandian citra menunjukkan keteracakan warna dan perubahan intensitas warna yang cukup signifikan, hal ini menunjukkan bahwa proses enkripsi berhasil dengan baik.

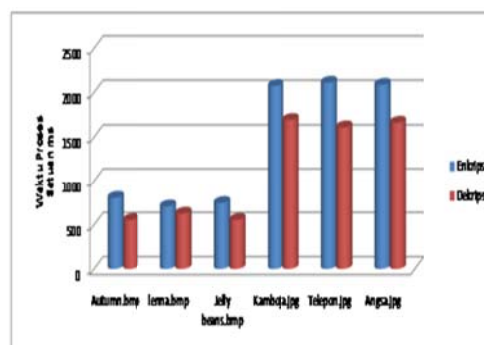
Analisis waktu proses enkripsi dan dekripsi hasil pengujian disajikan pada tabel 2. Rata-rata waktu enkripsi untuk 3 buah gambar uji dengan ukuran 256 x 256 sebesar 754 miliseconds (0,75 detik) dan rata-rata waktu dekripsi sebesar 579 (0,58 detik). Sedangkan rata-rata waktu enkripsi untuk 3 buah gambar uji dengan ukuran 480 x 640 sebesar 2091 miliseconds (2,09 detik) dan rata-rata waktu dekripsi sebesar 1657 (1,66 detik). Dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa algoritma ini cukup efektif untuk penyandian data citra warna dan dapat diimplementasikan

pada telepon seluler dengan sistem operasi Android karena tidak membutuhkan waktu proses yang lama.

Tabel 2. Analisis waktu pada pengujian di ponsel

No	Nama File	Size		Waktu Proses (ms)	
		Plain	Cipher	Enkripsi	Dekripsi
1	Autumn.bmp	256 x 256	257 x 256	807	554
2	lenna.bmp	256 x 256	257 x 256	708	627
3	Jelly beans.bmp	256 x 256	257 x 256	747	555
<b>Rata-rata</b>				<b>754</b>	<b>579</b>
1	Kamboja.jpg	480 x 640	481 x 640	2075	1695
2	Telepon.jpg	480 x 640	481 x 640	2111	1612
3	Angsa.jpg	480 x 640	481 x 640	2087	1665
<b>Rata-rata</b>				<b>2091</b>	<b>1657</b>

Grafik perbandingan waktu enkripsi dan dekripsi diperlihatkan oleh Gambar 9.



Gambar 9. Grafik perbandingan waktu enkripsi dan dekripsi

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain: 1) Algoritma enkripsi citra yang diusulkan dapat diimplementasikan pada telepon seluler yang hemat sumberdaya komputasi serta proses yang cepat. Hal tersebut dibuktikan dengan rata-rata waktu enkripsi untuk citra dengan ukuran 256 x 256 sebesar

0,75 detik, dan rata-rata waktu dekripsi sebesar 0,58 detik, sedangkan citra dengan ukuran 480 x 640 rata-rata waktu enkripsi 2,09 detik dan rata-rata waktu dekripsi sebesar 1,66 detik. 2) Hasil pengujian pengamanan kunci algoritma super enkripsi dengan teknik penyisipan kunci menggunakan metode end-of-file menunjukkan secara visual citra hasil enkripsi tidak terlihat lagi disebabkan oleh keteracakan warna dan perubahan intensitas warna yang cukup signifikan. Dari histogram plain image dan cipher image-nya terlihat perbedaan yang signifikan antara keduanya. Ukuran citra juga tidak mengalami perubahan yang signifikan, sehingga tidak menimbulkan kecurigaan bagi yang melihatnya. 3) Metode EOF mempunyai kelebihan mampu menyisipkan kunci yang sangat besar, sehingga cocok untuk menyisipkan kunci playfair yang berukuran cukup panjang.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional yang telah mendanai kegiatan penelitian ini sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Penelitian Nomor: 560.14/K5/KL/ 2012, Tanggal 10 Februari 2012, melalui dana Penelitian Hibah Bersaing.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abrihama, D. (2008). *Keystream Vigenere Cipher : Modifikasi Vigenere Cipher dengan Pendekatan Keystream Generator*. Program Studi Informatika ITB, Bandung.
- Anneria, Y.S, (2008). *Program Stegonalis Metode LSB pada Citra dengan Enhanced LSB, Uji Chi-Square, dan RS-Analysis*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Informatika ITB, Bandung.
- Iswahyudi, C, Setyaningsih, E, Widyastuti, N. (2012). "Pengamanan Kunci Enkripsi Citra pada Algoritma Super Enkripsi Menggunakan Metode End of File". *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*. ISSN: 1979-911X.
- Fridrich, J., dan Goljan. M. (2002). *Practical Steganalysis of Digital Images*. State of The Art, Department of Electrical Engineering. Binghamton.
- Gupta K, Silakari S. (2009). "Choase Based Image Encryption Using Block-Based Transformation Algorithm". *International Journal of Computer and Network Security*. 1(3).
- Jolfaei A, Mirghadri A. (2011). "Image Encryption Using Chaos and Block Cipher". *Computer and Information Science*. 4(1).
- Krikor L, Baba S, Arif T, Shaaban Z. (2009). "Image Encryption Using DCT and Stream Cipher". *European Journal of Scientific Research*. <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>. ISSN 1450-216X ; 32(1): 47-57.
- Manglem, Kh. S., Birendra, S. S., Shyam, L. S. S. (2007). *Hiding Encrypted Message in Features Image*. IJCSNS. Vol. 7 No. 4. India.
- Puech, W. dan Rodrigues, J. (2005), *Crypto-compression of Medical Images by Aelective Encryption of DCT*. 13th European Signal Processing Conference. Turkey.
- Setyaningsih E, Iswahyudi C, Widyastuti N. (2012). "Image Encryption on Mobile Phone Using Super Encryption Algorithm". *Jurnal Ilmiah Nasional Terakreditasi TELKOMNIKA*. ISSN : 1693-6930. 10(4): 599-608.
- Stinson R Douglas. (1005). *Cryptography Theory and Practice*. London: CRC Press. Inc.
- Younes, M A B , Jantan A. (2008). "Image Encryption Using Block-Based Transformation Algorithm" . *IAENG International Journal of Computer Science*. 35(1).

## OPTIMASI KONSENTRASI ASAM SULFAT DAN KECEPATAN PENGADUKAN PADA PROSES HIDROLISIS AMPAS TEBU MENJADI FURFURAL

Ganjar Andaka<sup>1</sup>

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

Masuk: 9 Nopember 2012, revisi masuk: 11 Januari 2013, diterima: 13 Januari 2012

### ABSTRACT

*Hydrolysis of bagasse in the presence of sulfuric acid catalyst to produce furfural was studied. This objective of this work was to study the effects of catalyst concentration and stirrer speed on yield of furfural. The experiment were conducted by reacting bagasse with sulfuric acid in a three neck flask sized 500 mL equipped with stirrer, heater, condenser, and thermometer. The reaction condition studied were catalyst concentration ranging from 4% to 20% and stirrer speed from 100 rpm to 500 rpm at reaction temperature 100°C and reaction time 120 minutes. The concentration of furfural was analyzed to calculate the yield of furfural. The analysis of bagasse obtained that the water content of 6.76% and pentosan content of 18.86%. The results show that yield of furfural reached a maximum at the catalyst concentration of 8% is 5.79% and the yield of furfural reached an optimum at the stirrer speed of 400 rpm is 6.29%.*

**Keywords:** bagasse, furfural, hydrolysis, sulfuric acid.

### INTISARI

Hidrolisis ampas tebu memakai asam sulfat sebagai katalisator untuk membentuk furfural dilakukan dengan mempelajari pengaruh konsentrasi katalisator ( $H_2SO_4$ ) dan kecepatan pengadukan terhadap *yield* furfural. Penelitian ini dilakukan dengan mereaksikan ampas tebu dengan asam sulfat di dalam labu leher tiga berukuran 500 mL yang dilengkapi dengan pengaduk, pemanas, pendingin balik dan termometer. Proses dijalankan pada variasi konsentrasi katalisator antara 4% sampai dengan 20% dan variasi kecepatan pengadukan antara 100 putaran/menit sampai dengan 500 putaran/menit pada temperatur reaksi 100°C dan waktu reaksi 120 menit. Konsentrasi furfural yang dihasilkan dianalisis untuk menghitung *yield* furfural. Dari analisis bahan baku didapatkan bahwa kadar air ampas tebu sebesar 6,76% dan kadar pentosan sebesar 18,86%. Hasil penelitian menunjukkan *yield* furfural mencapai titik maksimum pada konsentrasi katalisator 8% yakni sebesar 5,79%, dan *yield* furfural mencapai titik optimum pada kecepatan pengadukan 400 putaran/menit yakni sebesar 6,29%.

**Kata kunci:** ampas tebu, furfural, hidrolisis, asam sulfat.

### PENDAHULUAN

Berbagai jenis tanaman dapat tumbuh dengan mudah di Indonesia karena Indonesia merupakan salah satu negara beriklim tropis. Banyak manfaat yang dapat kita ambil dari tanaman-tanaman tersebut, salah satunya adalah tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). Tebu merupakan salah satu jenis tanaman yang hanya dapat ditanam di daerah yang memiliki iklim tropis. Luas areal tanaman tebu di Indonesia mencapai 344 ribu hektar dengan kontribusi utama adalah di Jawa Timur (43,29%),

Jawa Tengah (10,07%), Jawa Barat (5,87%), dan Lampung (25,71%). Pada lima tahun terakhir, areal tebu Indonesia secara keseluruhan mengalami stagnasi pada kisaran sekitar 340 ribu hektar (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007). Dari seluruh perkebunan tebu yang ada di Indonesia, 50% di antaranya perkebunan rakyat, 30% perkebunan swasta, dan hanya 20% perkebunan negara. Pada tahun 2004 produksi gula di Indonesia mencapai 2.051.000 ton hablur (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007).

<sup>1</sup>) [ganjar\\_andaka@akprind.ac.id](mailto:ganjar_andaka@akprind.ac.id)

Tebu yang diperoleh dari perkebunan pada umumnya diolah menjadi gula di pabrik-pabrik gula. Ampas tebu atau lazimnya disebut bagas, adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Selama ini pemanfaatan ampas tebu (*sugar cane bagasse*) yang dihasilkan masih terbatas untuk makanan ternak, bahan baku pembuatan pupuk (kompos), *pulp*, *particle board* dan untuk bahan bakar boiler di pabrik gula. Seperti halnya biomassa pada umumnya, ampas tebu memiliki kandungan polisakarida yang dapat dikonversi menjadi suatu produk atau senyawa kimia yang dapat digunakan untuk mendukung proses produksi sektor industri lainnya. Salah satu polisakarida yang terdapat dalam ampas tebu adalah pentosan. Kandungan pentosan yang cukup tinggi tersebut memungkinkan ampas tebu dapat diolah menjadi furfural. Selain ampas tebu, bahan baku lain yang dapat digunakan untuk memproduksi furfural adalah tongkol jagung, sekam padi, kayu, rami, dan sumber lainnya yang mengandung pentosan. Kandungan pentosan dalam beberapa bahan baku ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan pentosan dalam beberapa bahan baku (Kirk and Othmer, 1955).

Bahan Baku	Kandungan Pentosan (%)
Sekam pohon Oak	22
Tongkol jagung	22
Kulit biji kapuk	16,5
Batang pohon jagung	17
Kulit biji gandum	17
Bagas	17
Sekam padi	12
Kulit kacang tanah	12

Penelitian ini diharapkan akan menjadi salah satu usaha untuk meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomi ampas tebu. Untuk mendapatkan hasil furfural yang maksimal perlu diketahui faktor-faktor yang berpengaruh dalam pembuatan furfural dari ampas tebu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh suhu reaksi dan waktu reaksi terhadap *yield* furfural yang

dihasilkan dari hidrolisis ampas tebu dengan katalisator asam sulfat.

Tebu (*Saccharum officinarum L.*), Tebu ialah suatu tanaman jenis rumput-rumputan, termasuk kelas *Monocotyledonae*, ordo *Glumiflorae*, keluarga *Gramineae* dengan nama ilmiah *Saccharum officinarum L.* Terdapat lima spesies tebu, yaitu *Saccharum spontaneum* (glagah), *Saccharum sinensis* (tebu Cina), *Saccharum barberi* (tebu India), *Saccharum robustum* (tebu Irian) dan *Saccharum officinarum* (tebu kunyah) (Sastrowijoyo, 1998). Tebu adalah bahan baku utama dalam pembuatan gula. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Sejak ditanam sampai bisa dipanen, umur tanaman tebu mencapai kurang lebih 1 tahun. Di Indonesia, tanaman tebu banyak dibudidayakan di pulau Jawa dan Sumatera.

Sifat morfologi tebu di antaranya bentuk batang konis, susunan antar ruas berbuku, penampang melintang agak pipih, warna batang hijau kekuningan, batang memiliki lapisan lilin tipis, bentuk buku ruas konis terbalik dengan 3-4 baris mata akar, warna daun hijau kekuningan, lebar daun 4-6 cm, daun melengkung kurang dari ½ panjang daun. Ampas tebu atau lazimnya disebut bagas, adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Dari satu pabrik dihasilkan ampas tebu sekitar 35 – 40% dari berat tebu yang digiling (Penebar Swadaya, 1992). Sedangkan menurut Mui (1996) bagas tebu yang dihasilkan dari produksi gula jumlahnya 30% dari tebu yang diolah, dan menurut Gandana (1982), bagas tebu yang dihasilkan dari produksi gula jumlahnya 31,34% dari tebu yang digiling. Husin (2007) menambahkan, berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Namun, sebanyak 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur, dan lain-lain. Oleh karena itu diperkirakan sebanyak 45% dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan (Husin, 2007). Ampas tebu sebagian besar mengandung *lignocellulose*. Pan-

jang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20  $\mu\text{m}$ , sehingga ampas tebu ini dapat memenuhi persyaratan untuk diolah menjadi papan-papan buatan (Husin, 2007). Husin (2007) menambahkan bahwa bagas mengandung air 48-52%, gula rata-rata 3,3% dan serat rata-rata 47,7%. Serat bagas tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, pentosan, dan lignin.

Pada umumnya pabrik gula di Indonesia memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar bagi pabrik yang bersangkutan setelah ampas tebu tersebut mengalami pengeringan. Disamping untuk bahan bakar, ampas tebu juga banyak digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas, *particle-board*, *fibreboard*, dan lain-lain (Penebar Swadaya, 1992). Ampas tebu juga mengandung polisakarida yang dapat dikonversi menjadi produk atau senyawa kimia untuk mendukung proses produksi sektor industri lainnya. Salah satu polisakarida yang ada dalam ampas tebu ialah pentosan dengan persentase sebesar 20-27%.

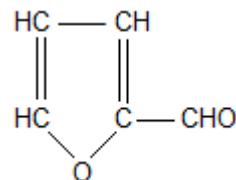
Tabel 2. Komposisi penyusun ampas tebu (Kirk and Othmer, 1955).

Komponen	Kandungan (% berat)
Ampas tebu basis basah:	
Serat Sellulose	25 – 40
Air	40 – 55
Gula	6 – 10
<i>Albuminoid</i> dan Getah	0,1 – 0,15
Ampas tebu basis kering:	
Hidrogen (H)	5,5 – 6,6
Oksigen (O)	45 – 49
Karbon (C)	43 – 47
Abu	1,5 – 3,0

Kandungan pentosan yang cukup tinggi tersebut memungkinkan ampas tebu dapat diolah menjadi furfural. Furfural memiliki aplikasi cukup luas dalam beberapa industri dan dapat disintesis menjadi turunan-turunannya seperti furfural alkohol, furan, dan lain-lain. Kebutuhan furfural dan turunannya di Indonesia terus meningkat. Saat ini seluruh kebutuhan furfural dalam negeri diperoleh melalui impor. Impor furfural

terbesar diperoleh dari Cina yang saat ini menguasai 72% pasar furfural dunia.

Furfural ( $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$ ) atau sering disebut dengan *2-furankarboksaldehid*, *furanaldehid*, *2-furfuraldehid*, *furaldehid*, merupakan senyawa organik turunan dari golongan furan. Senyawa ini berfase cair berwarna kuning hingga kecoklatan dengan titik didih  $161,5^\circ\text{C}$ , berat molekul sebesar 96,086 g/gmol, dan densitas pada suhu  $20^\circ\text{C}$  adalah  $1,16 \text{ g/cm}^3$ . Furfural merupakan senyawa yang kurang larut dalam air, namun larut dalam alkohol, eter, dan benzena (Kirk and Othmer, 1955).



Gambar 1. Rumus struktur furfural.

Furfural memiliki aplikasi yang cukup luas terutama untuk mensintesis senyawa-senyawa turunannya. Di dunia hanya 13% saja yang langsung menggunakan furfural sebagai aplikasi, selebihnya disintesis menjadi produk turunannya (Witono, 2005). Furfural dihasilkan dari biomassa (contohnya ampas tebu) lewat 2 tahap reaksi, yaitu hidrolisis dan dehidrasi. Untuk itu, biasanya digunakan bantuan katalis asam, misalnya asam sulfat, asam nitrat, dan lain-lain. Secara komersial, pembuatan furfural dapat berlangsung dalam siklus *batch* maupun kontinyu. Kegunaan furfural dalam industri antara lain sebagai: bahan kimia intermediet (*chemical intermediate*), misalnya untuk bahan baku adiponitril [ $\text{CN}(\text{CN}_2)_4\text{CH}$ ], furfural alkohol, metil furan, *pirrole*, pidin, asam furoat, hidro furamid, dan tetrahidrofurfural alkohol; *selective solvent* dalam pemurnian minyak bumi maupun minyak nabati; pembuatan resin, misalnya fenol-aldehid (fenol-furfural); zat penghilang warna untuk wood resin pada industri sabun, vernish, dan kertas (Kirk and Othmer, 1955); resin pelarut dan agensia pembasah dalam industri pembuatan roda pengasah dan lapisan rem; dan untuk



medium distilasi ekstraktif sebagai salah satu proses utama dalam pembuatan butadiena dari pada *petroleum* (Suharto, 2006).

Beberapa bahan sisa pertanian seperti tongkol jagung, kulit biji kapas, kulit kacang tanah, ampas tebu, kulit biji gandum, dan sekam padi mengandung pentosan yang apabila dihidrolisis akan menghasilkan furfural (Kirk and Othmer, 1955). Pada proses yang dilakukan di Quaker Oats Company, Cedar Rapids, Iowa, USA, bahan baku limbah pertanian dan katalisator dimasukkan ke dalam suatu alat yang mempunyai kapasitas 5000 liter sekali isi. Kemudian dimasukkan uap air ke dalam tangki perebus supaya tekanan mencapai 60 psi lalu kran dibuka, *steam* keluar bersama furfural yang terbentuk dan disimpan pada kolom pemisah (Groggins, 1958). Hasil furfural dalam industri berwarna kuning terang sampai coklat.

Beberapa faktor penting yang berpengaruh terhadap pembuatan furfural dari ampas tebu adalah: a). Konsentrasi katalisator, hasil furfural ini akan bertambah dengan semakin besarnya konsentrasi katalisator yang digunakan. Hal ini disebabkan bertambahnya jumlah pereaksi yang teraktifkan sehingga konstanta kecepatan reaksi menjadi besar dan kecepatan reaksi bertambah cepat. Tetapi setelah mencapai konsentrasi asam yang optimum maka hasil furfural akan menurun. Hal ini disebabkan karena peruraian furfural menjadi asam furoat sebagai hasil dari pemecahan gugus aldehid dan terbentuk sejenis damar yang berwarna hitam (Dunlop, 1948). b). Suhu reaksi akan berjalan cepat apabila suhu dinaikkan, hal ini karena gerakan-gerakan molekul menjadi lebih cepat. Kecepatan reaksi hidrolisis akan meningkat hampir 2 kali untuk setiap kenaikan suhu 10°C (Groggins, 1958).

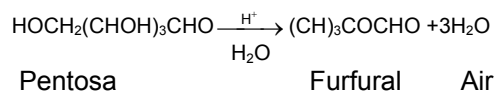
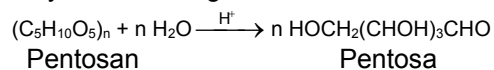
Dengan menggunakan suhu tinggi dapat digunakan konsentrasi asam yang rendah dan waktu yang diperlukan menjadi lebih singkat. c). Waktu reaksi semakin lama maka hasil yang diperoleh akan bertambah besar karena pentosan yang berkontak dengan asam lebih lama. d). Kecepatan pengadukan. Hasil furfural akan semakin besar dengan semakin

besarnya kecepatan pengadukan. Hal ini karena dengan adanya pengadukan akan menambah jumlah tumbukan antar zat pereaksi sehingga nilai frekuensi tumbukan (*A*) pada persamaan Arrhenius bertambah besar. Persamaan Arrhenius:

$$k = Ae^{-E/RT} \dots\dots\dots (1)$$

dengan *k* adalah konstanta kecepatan reaksi, *A* adalah faktor frekuensi tumbukan, *E* adalah energi aktivasi, *R* adalah konstanta gas umum, dan *T* adalah suhu absolut. Dengan naiknya nilai *A* (faktor frekuensi tumbukan) maka bertambah pula nilai *k* (konstanta kecepatan reaksi) (Groggins, 1958). e). Pengaruh rasio larutan dengan padatan. Pengaruh rasio larutan dengan padatan akan berpengaruh terhadap hasil furfural. Hal ini dikarenakan jika volume larutan semakin besar maka hasil furfural yang diperoleh semakin besar. Dengan volume larutan yang semakin besar maka kemungkinan terjadinya tumbukan antar molekul pentosan dengan molekul air semakin besar. f). Pengaruh kehalusan bahan. Semakin kecil ukuran butir maka semakin luas bidang persentuhan antar zat pereaksi, sehingga kontak antar molekul juga semakin besar. Sehingga, sesuai dengan persamaan Arrhenius yaitu semakin kecil ukuran butir maka nilai *A* (faktor frekuensi tumbukan) semakin besar sehingga nilai konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar pula.

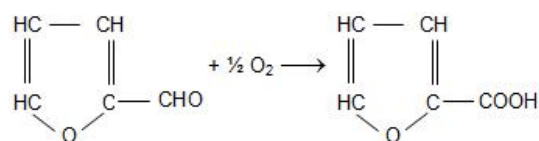
Reaksi pembentukan furfural merupakan reaksi berurutan (seri) dan dapat dinyatakan sebagai berikut:



Perolehan furfural menurut persamaan reaksi di atas secara stoikiometri adalah 73 gram per 100 gram pentosan (Suharto, 2006). Asam sebagai katalisator yang membantu kerja air dalam proses hidrolisis mempunyai pengaruh yang besar terhadap hasil furfural. Dengan naiknya konsentrasi asam yang ditambahkan sampai pada konsentrasi yang optimum

maka hasil furfural akan bertambah besar. Banyaknya hasil furfural juga dipengaruhi oleh lamanya waktu reaksi. Hasil furfural akan semakin meningkat dengan semakin lamanya waktu reaksi sampai pada waktu optimum (Groggins, 1958).

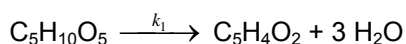
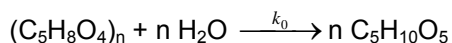
Furfural dapat dioksidasi dengan senyawa permanganat dan bikromat menghasilkan asam furoat.



Furfural

Asam Furoat

Menurut Arnold and Buzzard (2003), kinetika reaksi hidrolisis pembentukan furfural dari pentosan dalam bahan baku ampas tebu dengan katalisator asam sulfat dapat dinyatakan sebagai berikut:



Persamaan kinetika reaksi sebagai berikut:

$$\frac{dC_{pa}}{dt} = k_0 C_{pn} - k_1 C_{pa} \dots\dots\dots (2)$$

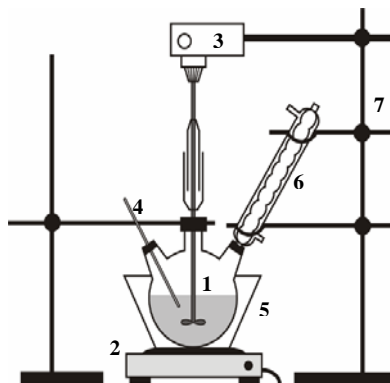
dengan  $C_{pa}$  adalah konsentrasi pentosa,  $C_{pn}$  adalah konsentrasi pentosan,  $k_0$  adalah konstanta kecepatan pembentukan pentosa, dan  $k_1$  adalah konstanta kecepatan pembentukan furfural.

Dari uraian tersebut di atas dapat ditarik suatu hipotesis bahwa ampas tebu mengandung pentosan sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan furfural dengan cara hidrolisis menggunakan larutan yang mengandung asam sulfat sebagai katalisator. Dengan konsentrasi katalisator dan kecepatan pengadukan yang optimal akan meningkatkan *yield* furfural.

**METODE**

Bahan baku: a). Ampas tebu, didapatkan dari penjual sari tebu di sekitar kota Yogyakarta. b). Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

dengan konsen-trasi sebesar 98% dibeli di Toko Kimia Chemix Pratama, Yogyakarta.



Keterangan gambar:  
1. Labu leher tiga 5. Penangas air  
2. Pemanas listrik 6. Pendingin balik  
3. Pengaduk listrik 7. Klem dan statif  
4. Termometer

Gambar 2. Rangkaian alat hidrolisis.

Bahan Pembantu: a). *Aquadest* diperoleh dari Laboratorium Proses Kimia dengan sifat fisis pada 29°C mempunyai densitas ( $\rho$ ) sebesar 0,9959761 g/cm<sup>3</sup> dan viskositas ( $\mu$ ) sebesar 0,008180 g/cm.det. b). Natrium bisulfid,  $\text{NaHSO}_3$ , berwujud padatan berwarna putih, dibeli di Toko Kimia Chemix Pratama, Yogyakarta. c). Asam klorida,  $\text{HCl}$ , dengan konsen-trasi 37% dibeli di Toko Kimia Chemix Pratama, Yogyakarta. d). Indikator *amylum*, Iodium diperoleh dari Toko Kimia Chemix Pratama, Yogyakarta.

**Alat pembantu**

- Kertas saring
- Oven
- Gelas arloji
- Eksikator
- Gelas piala
- Saringan Hisap
- Timbangan elektrik
- Corong gelas
- Buret
- Labu Erlenmeyer
- Piknometer

Pelaksanaan Penelitian: Cara kerja penelitian meliputi 2 tahap yaitu persiapan bahan baku dan proses hidrolisis:

a).Persiapan bahan baku, pembuatan furfural yang digunakan adalah ampas tebu. Ampas tebu dicuci dengan air bersih agar kotoran-kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dapat hilang. Setelah bersih, kemudian dijemur di bawah sinar matahari, dan setelah kering

dihaluskan dan diayak +30/-40 mesh. Sebagian bubuk ampas tebu dianalisis kadar air dan kadar pentosannya sesuai metode yang ditulis oleh Sudarmadji dkk. (1997).

b). Proses hidrolisis, bahan baku ampas tebu yang telah digiling halus ditimbang sebanyak 5 gram, lalu dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang sudah berisi larutan asam sulfat dengan volume 150 mL dan konsentrasi tertentu. Rangkaian alat disiapkan kemudian pemanas listrik dan motor pengaduk dihidupkan, serta pendingin balik dijalankan. Proses dijalankan pada suhu 100°C dan waktu reaksi 120 menit dengan memvariasi konsentrasi katalisator antara 4-20% (untuk variabel konsentrasi katalisator) dan kecepatan pengadukan antara 100 putaran/menit sampai dengan 500 putaran/menit (untuk variabel kecepatan pengadukan). Perhitungan waktu reaksi dimulai pada saat suhu reaksi tersebut tercapai. Setelah waktu reaksi tercapai, pemanas listrik dan motor pengaduk dimatikan dan hasil reaksi dibiarkan dingin sampai suhu kamar. Setelah dingin, cairan dan padatan yang terdapat di dalam labu leher tiga disaring dengan menggunakan saringan hisap dan filtrat yang diperoleh dianalisis kadar furfuralnya.

Prosedur Analisis:

a). Menentukan kadar air. Gelas arloji ini dimasukkan ke dalam oven selama 30 menit pada suhu 110°C. Kemudian dimasukkan ke dalam eksikator selama 20 menit lalu dilakukan penimbangan. Pekerjaan ini dilakukan berulang-ulang sampai didapatkan berat gelas arloji yang konstan. Lima gram ampas tebu dimasukkan ke dalam gelas arloji lalu dipanaskan di dalam oven pada suhu 105-110°C selama sekitar 3 jam. Kemudian bahan dimasukkan ke dalam eksikator. Setelah itu sampel ditimbang. Pengeringan dan penimbangan diulangi sampai didapatkan berat sampel yang konstan. Perhitungan kadar air mengacu pada metode Sudarmadji dkk. (1997).

b). Menentukan kadar pentosan. Ampas tebu sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam tabung distilasi 500 mL, lalu ditambahkan larutan asam klorida 12% sebanyak 100mL, kemudian dipanaskan. Pe-

manasan mula-mula dijalankan secara perlahan. Setelah itu diambil hasil sulingan sebanyak 30mL, lalu ke dalam tabung distilasi dimasukkan larutan asam klorida 12% sebanyak 30 mL dan proses dijalankan kembali. Bila larutan di dalam tabung distilasi sudah banyak teruapkan maka ditambahkan larutan asam klorida 12% sebanyak 30 mL lagi dan proses dijalankan hingga didapatkan volume distilat sebanyak 360mL. Distilat yang terkumpul ditambahkan dengan 1gram *phloroglucinol* dan ditambahkan asam klorida 12% hingga volumenya menjadi 400mL. Larutan tersebut dibiarkan selama 1 malam hingga didapatkan endapan berwarna hitam (*furfural phloroglucid*). Kemudian dilakukan penyaringan dengan saringan hisap dan dicuci dengan 150mL *aquadest*. Endapan yang terdapat di kertas saring dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada suhu 100°C. Setelah kering, lalu bahan didinginkan dan ditimbang. Pengeringan dan penimbangan dilakukan berulang-ulang hingga didapatkan berat konstan (misal *w* gram). Menurut Griffin (1927), perhitungan berat pentosan dilakukan dengan menggunakan rumus yang diberikan oleh Horber:

Bila berat *phloroglucid*, *w* lebih kecil dari 0,030 gram maka berat pentosan =  $(w+0,0052) \times 0,8949$  gram.

Bila berat *phloroglucid*, *w* lebih besar dari 0,300 gram maka berat pentosan =  $(w+0,0052) \times 0,8824$  gram.

Bila berat *phloroglucid*, *w* antara 0,030–0,300gram maka berat pentosan =  $(w+0,0052) \times 0,8866$  gram.

Persentase berat pentosan dalam bahan baku (ampas tebu) basis kering dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar pentosan} = \frac{\text{berat pentosan (g)}}{\text{berat ampas tebu (g)}} \times 100\%$$

## PEMBAHASAN

Analisis hasil secara kualitatif dilakukan dengan cara membuat larutan anilin dan asam asetat dengan perbandingan volume 1:1. Kemudian dipersiapkan sampel yang akan dianalisis dengan meletakkan sampel di atas gelas arloji. Kemudian sampel tersebut ditetesi

dengan larutan anilin dan asam asetat. Apabila terjadi warna kemerah-merahan berarti sampel mengandung furfural. Perubahan warna dari kuning kecoklatan menjadi merah tua dengan penambahan pereaksi anilin asetat disebabkan terjadi kondensasi antara furfural dengan anilin membentuk senyawa dianil hidroksiglukoat dialdehida yang berlangsung dua tahap. Tahap pertama adalah pembentukan warna kuning selanjutnya bereaksi dengan anilin kedua, sehingga terjadi pemecahan cincin furfural dan pembentukan dialdehida (Hidajati, 2006).

Untuk analisis kuantitatif, furfural dapat ditentukan secara volumetrik dengan beberapa reagent seperti *hydroxylamine*, *potassium bisulfite*, dan *phenylhydrazine* serta dapat dilakukan lebih baik dengan beberapa modifikasi metode analisis *bromine* secara berlebih (Hughes and Acree, 1937). Analisis secara kuantitatif dilakukan dengan cara mengambil filtrat yang terbentuk sebanyak 15 mL larutan filtrat dan ditambahkan dengan 20 mL natrium bisulfit 0,1 N. Kemudian larutan dikocok dan didiamkan selama 15 – 20 menit agar furfural bereaksi dengan natrium bisulfit. Setelah itu larutan dititrasi dengan iodium yang normalitasnya sudah diketahui, misalnya diperlukan titrasi sebanyak  $V_1$  mL iodium (dengan indikator *amylum*).

Sebagai pembanding, dibuat blangko dari natrium bisulfit sebanyak 20 mL kemudian dititrasi dengan larutan iodium yang kadar normalitasnya sama dan ditambahkan indikator *amylum*. Misalnya diperlukan larutan iodium sebanyak  $V_2$  mL. Menurut Dunlop (1948) dan Dunlop and Trymble (1939) untuk mengetahui besarnya *yield* furfural dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Yield furfural} = \frac{m}{n} \times (V_2 - V_1) \times N \times 48,04 \times 100\% \div \text{beratampastebu (mg)}$$

dengan:

48,04 = berat setara furfural (mg/mgrek)

$V_1$  = volume iodium hasil titrasi sampel (mL)

$V_2$  = volume iodium hasil titrasi blangko (mL)

N = normalitas iodium (mgrek/mL)

n = volume sampel (mL)

m = volume hasil reaksi keseluruhan (mL)

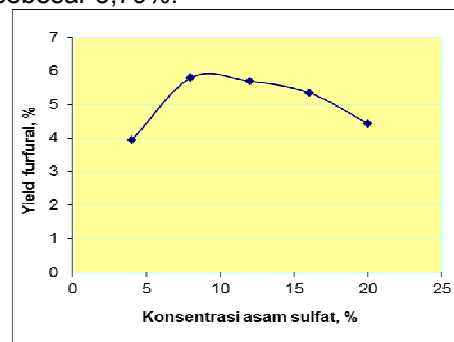
Ampas tebu setelah dilakukan analisis pendahuluan diperoleh data bah-

wa kadar air sebesar 6,77% dan kadar pentosan sebesar 18,86% (basis kering). Hasil analisis pentosan bahan baku tersebut masih di atas data pustaka yang disebutkan oleh Kirk and Othmer (1955), bahwa kadar pentosan untuk ampas tebu sebesar 17% (basis kering) sehingga hasilnya dapat dikatakan cukup baik. Namun menurut Husin (2007), dalam artikelnya menyatakan bahwa kadar pentosan ampas tebu sebesar 27%. Hal ini kemungkinan karena komposisi nutrisi ampas tebu bervariasi tergantung pada jenis tebu, umur tanaman tebu saat dipanen, metode pemanenan, dan efisiensi mesin pengolah tebu menjadi gula (Mikusanti, 2004).

Tabel 3. Pengaruh konsentrasi katalisator asam sulfat terhadap *yield* furfural.

Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	Volume hasil (mL)	Yield furfural (%)
4	124	3,94
8	128	5,79
12	127	5,69
16	130	5,35
20	131	4,43

Dari Tabel 3 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa *yield* furfural akan semakin bertambah besar dengan bertambahnya konsentrasi katalisator asam sulfat dan mencapai nilai maksimum pada konsentrasi asam sulfat 8%, yaitu sebesar 5,79%.



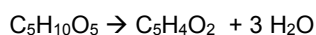
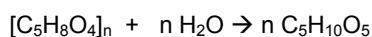
Gambar 4. Grafik hubungan antara konsentrasi katalisator asam sulfat dengan *yield* furfural.

Pengaruh Konsentrasi Katalisator terhadap Hasil Furfural, percobaan pengaruh konsentrasi katalisator terha-

dap yield fulfural dilakukan dengan cara memvariasi konsentrasi  $H_2SO_4$  antara 4% sampai dengan 20%, sedang parameter yang lainnya dibuat tetap, yaitu berat ampas tebu, waktu reaksi, volume katalisator, dan kecepatan pengadukan.

Kondisi operasi pada variabel suhu reaksi dilakukan dengan membuat tetap parameter berat ampas tebu, yaitu 5 gram, suhu reaksi  $100^\circ C$ , waktu reaksi 120 menit (2 jam), voume asam sulfat sebanyak 150 mL, dan kecepatan pengadukan sebesar 200 rpm (putaran per menit). Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tetapi setelah mencapai kosentrasi katalisator asam sulfat yang optimum, yaitu pada konsentrasi asam sulfat 8%, terlihat bahwa dengan bertambahnya konsentrasi asam sulfat maka hasil furfural akan cenderung menurun, karena terjadinya peruraian furfural menjadi asam furoat dan terbentuk sejenis damar yang berwarna hitam (Dunlop, 1948). Selain itu pada konsentrasi katalisator yang relatif besar maka furfural yang terbentuk kemungkinan mengalami proses degradasi menjadi asam asetat, metanol dan senyawa-senyawa organik lainnya, dan juga dimungkinkan timbulnya reaksi samping, yaitu selulosa yang terhidrolisis menjadi glukosa. Hal ini sesuai yang disampaikan oleh Suharto dan Susanto (2006), bahwa terjadinya proses degradasi furfural disebabkan reaksi yang terjadi pada pembentukan furfural adalah reaksi seri dimana senyawa furfural merupakan *intermediate product* (produk antara). Secara ringkas reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut:

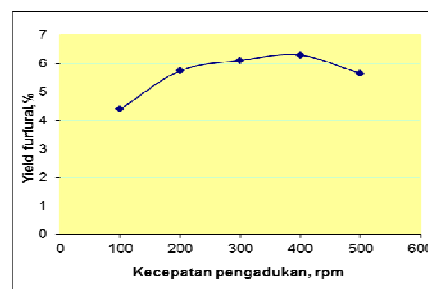


Dengan demikian konsentrasi katalisator pada proses reaksi hidrolisis ampas tebu menjadi furfural perlu dibatasi (ditentukan optimasinya) yakni sekitar 8% sampai dengan 12% agar hasil atau *yield* furfural yang didapatkan mencapai optimum dan tidak terjadi reaksi lanjut yang merupakan reaksi peruraian furfural sebagai produk utama.

Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap *yield* fulfural dilakukan dengan memvariasi kecepatan pengadukan antara 100-500 putaran/menit, sedang parameter yang lainnya dibuat tetap. Kondisi operasi pada variabel kecepatan pengadukan dilakukan dengan membuat tetap parameter berat ampas tebu, yaitu 5 gram, suhu reaksi  $100^\circ C$ , konsentrasi asam sulfat 12% sebanyak 150 mL, dan waktu reaksi selama 120 menit. Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 4. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap *yield* furfural.

Kecepatan pengadukan (rpm)	Volume hasil (mL)	Yield furfural (%)
100	127	4,40
200	136	5,75
300	139	6,11
400	135	6,29
500	134	5,65



Gambar 5. Grafik hubungan antara kecepatan pengadukan dengan *yield* furfural.

Dari Tabel 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa *yield* furfural cenderung mengalami kenaikan dengan bertambahnya kecepatan pengadukan dan mencapai nilai optimum pada kecepatan pengadukan 400 putaran/ menit, yaitu sebesar 6,29%. Hal ini karena semakin besar kecepatan pengadukan maka akan memperbesar frekuensi tumbukan antar molekul zat pereaksi dan akibatnya kecepatan reaksi akan semakin besar pula. Dengan demikian maka hasil reaksi (yakni furfural) juga akan semakin bertambah besar.

Tetapi pada kecepatan pengadukan 500 putaran/menit hasil furfural yang

didapat cenderung menurun. Hal ini dikarenakan pada kecepatan tersebut terjadi *vortex* pada cairan pereaksi, sehingga mengakibatkan turbulensi menjadi berkurang dan ampas tebu menempel pada dinding labu leher tiga. Dengan demikian kontak antara ampas tebu dan asam sulfat sebagai katalisator menjadi berkurang. Akibat dari berkurangnya kontak antara ampas tebu dan asam sulfat yang disebabkan adanya *vortex* tersebut menyebabkan *yield* furfural yang didapatkan cenderung konstan, bahkan bila kecepatan pengadukan semakin diperbesar akan menyebabkan *yield* furfural cenderung menurun.

Dengan demikian kecepatan pengadukan pada proses reaksi hidrolisis ampas tebu menjadi furfural perlu dibatasi (ditentukan optimasinya) yakni sekitar 400 putaran/menit (rpm) agar tidak terjadi *vortex* sehingga hasil atau *yield* furfural yang didapatkan mencapai optimum.

Perbandingan Hasil Penelitian dengan Hasil Teoritis, perolehan furfural tertinggi dari penelitian ini adalah pada konsentrasi asam sulfat 12% dengan volume 150 mL, waktu reaksi 120 menit, suhu reaksi 100°C, kecepatan pengadukan 400 putaran/menit (rpm) dengan diperoleh furfural sebesar 314,5 mg untuk setiap 5 gram ampas tebu kering (*yield* sebesar 6,29%). Jika dianggap bahwa setiap 5 gram ampas tebu kering mengandung 17% pentosan maka terdapat 850mg pentosan dalam bahan baku. Menurut Suharto (2006), perolehan furfural secara stoikiometri adalah 73 gram per 100 gram pentosan, maka furfural yang terbentuk secara teoritis sebesar 620,5 mg. Persentase furfural yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 50,68% dari hasil teoritis, yang berarti hampir mendekati harapan secara teknis. Dari kajian tersebut, upaya perbaikan proses untuk meningkatkan hasil furfural perlu dilakukan.

#### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tersebut dan perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut: Ampas tebu mengandung pentosan yang dapat dihidrolisis menjadi furfural dengan katalisa-

tor asam sulfat. Semakin besar konsentrasi katalisator asam sulfat maka *yield* furfural akan semakin besar. Namun konsentrasi katalisator perlu dibatasi agar tidak terjadi reaksi lanjut yang menyebabkan furfural yang terbentuk menjadi menurun. Pada penelitian ini hasil furfural mencapai titik optimum pada konsentrasi katalisator asam sulfat 8% dengan *yield* furfural sebesar 5,79%.

Semakin besar kecepatan pengadukan maka hasil furfural yang terbentuk akan semakin besar. Namun kecepatan pengadukan perlu dibatasi agar tidak terjadi *vortex* pada cairan pereaksi yang menyebabkan furfural yang didapatkan cenderung menurun. Pada penelitian ini hasil furfural mencapai titik optimum pada kecepatan pengadukan 400 putaran/menit dengan *yield* furfural sebesar 6,29%.

#### Saran

Produk yang didapatkan dari penelitian ini masih berupa *crude furfural*. Untuk mendapatkan produk furfural menjadi *commercial grade*, maka proses pemurnian perlu dilakukan lebih lanjut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, D. R. and Buzzard, J. L., 2003, *A Novel and Patented Process for Furfural Production*, Proceeding of The South African Chemical Engineering Congress.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007, *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Tebu*, Edisi 2, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Dunlop, A. P., 1948, *Furfural Formation and Behavior*, Ind. Eng. Chem., Vol. 40, pp. 204 – 209, The Quaker Oats Company, Chicago.
- Gandana, S. G., 1982. *Pengawasan Giling Cara Hawaii pada Kondisi di Indonesia*, Majalah Perusahaan Gula Th. XIV No. 2 Juni 1982, BP3G Pasuruan.
- Griffin, R. C., 1927, *Technical Methods of Analysis*, 2<sup>nd</sup> ed., pp. 491 – 494, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Groggins, P. H., 1958, *Unit Processes in Organic Synthesis*, 5<sup>th</sup> ed., pp.

- 775 – 777, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Hidajati, N., 2006, *Pengolahan Tongkol Jagung sebagai Bahan Pembuatan Furfural*, Jurnal Ilmu Dasar Vol. 8, p. 48, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Negeri Surabaya.
- Hughes, E. E. and Acree, S. F., 1937, *Analysis of Mixtures of Furfural and Methylfurfural*, pp. 318–321, National Bureau of Standards, Washington.
- Husin, 2007, *Analisis Serat Bagas*, (<http://www.free.vlsm.org/>, diakses tanggal 6 Juli 2009).
- Kirk, R. E. and Othmer, D., 1955, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 10, pp. 237–250, The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Mikusanti, 2004, *Pengaruh Penyimpanan terhadap Struktur Kimia Karbohidrat pada Ampas Tebu*, Makalah Falsafah Sains, Program Pasca Sarjana - S3, Institut Pertanian Bogor.
- Penebar Swadaya, 1992, *Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan*, Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta.
- Mui, N.T., 1996, *Effect of Management Practices on Yield and Quality of Sugar Cane and on Soil Fertility*, Goat and Rabbit Research Centre, Son Tay, Ha Tay, Vietnam.
- Sastrowijoyo, 1998, *Klasifikasi Tebu*, (<http://arluki.wordpress.com/2008/10/14/tebu-sugarcane/>, diakses tanggal 8 Desember 2009).
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi, 1997, *Prosedur Analisis untuk Bahan Makanan dan Pertanian*, Edisi 4, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suharto, 2006, *Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Sawit untuk Produksi Commercial Grade Furfural*, Laporan Akhir Kumulatif Program Penelitian dan Pengembangan IPTEK, LIPI.
- Suharto dan Susanto, H., 2006, *Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Perolehan Furfural pada Hidrolisis Tongkol Jagung*, Seminar Nasional IPTEK Solusi Kemandirian Bangsa, Yogyakarta.
- Susanto, H., Suharto, dan Kismurtono, 2004, *Rekayasa Digester Pemasakan Tandan Kosong Sawit untuk Produksi Furfural dan Pulp*, Laporan Akhir RUT IX.
- Witono, J. A., 2005, *Produksi Furfural dan Turunannya: Alternatif Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia*, (<http://www.chem-is-try.org/>, diakses tanggal 21 Desember 2009).

## MANAJEMEN PORTOFOLIO SEBAGAI STRATEGI KEBERHASILAN PROYEK TEKNOLOGI INFORMASI

Herri Setiawan<sup>1</sup>, Ashari SN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Prodi Teknik Informatika, Universitas Indo Global Mandiri Palembang

<sup>2</sup>) Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Masuk: 5 Oktober 2012, revisi masuk: 4 Januari 2013, diterima: 27 Januari 2013

### ABSTRACT

*IT project portfolio management is a complex phenomenon in portfolio management. A new concept of knowledge management. Projects which are too restricting the usage of resources without a risk calculation will have an effect on the expectations of the success of a project. Strong leadership is needed to overcome these barriers, facilitating the new processes, and create a portfolio of projects with appropriate management. Knowledge and understanding of the importance of project portfolio management especially in IT projects is required. The study discusses the description of information technology project portfolio management, portfolio management models, problems and benefits of the implementation of IT project portfolios. The results explain several methods for calculating the economic value of the project and the steps in determining the selection of projects based on the constraints specified on IT project.*

**Keywords:** Management, Portfolio, Project, Information Technology, Manager

### INTISARI

Manajemen portofolio proyek adalah fenomena yang kompleks dalam manajemen portofolio sebagai suatu konsep baru dari ilmu manajemen. Proyek-proyek yang terlalu membatasi penggunaan sumber daya tanpa perhitungan yang matang dapat berisiko terhadap harapan keberhasilan sebuah proyek. Kepemimpinan yang kuat diperlukan untuk mengatasi hambatan, memfasilitasi proses baru, dan membuat manajemen portofolio proyek dengan tepat. Untuk itu diperlukan pengetahuan dan pemahaman akan pentingnya manajemen portofolio proyek khususnya dalam proyek TI. Penelitian membahas uraian manajemen portofolio proyek teknologi informasi, model manajemen portofolio, permasalahan dan keuntungan implementasi portofolio proyek TI. Hasil penelitian menjelaskan beberapa metode dalam menghitung sisi keekonomian proyek dan langkah-langkah dalam menentukan penentuan prioritas proyek berdasar *constraint* yang ditentukan pada sebuah proyek TI.

**Kata Kunci :** Manajemen, Portofolio, Proyek, Teknologi Informasi, Manajer

### PENDAHULUAN

Para ahli dan praktisi telah mengakui kebutuhan manajemen portofolio proyek adalah sangat penting. Tapi sebenarnya dasar-dasar dan pengenalan konsep tersebut ada sejak tahun 1950-an. Profesor *Harvard Business School* McFarlan dianggap menjadi orang pertama yang mengusulkan pendekatan manajemen portofolio aset dan investasi TI pada tahun 1981 (McFarlan, 1981). Penyebaran atas konsep manajemen portofolio proyek cukup luas sampai hari

ini. Fokus manajemen portofolio proyek adalah mendefinisikan dengan jelas nilai proyek organisasi. Manajemen portofolio proyek dapat diterapkan pada semua jenis organisasi, semua jenis proyek dan semua bidang ekonomi dan non-ekonomi (Petrović et al., 2006).

Sebuah portofolio mengacu pada kumpulan proyek atau program dan pekerjaan lain yang dikelompokkan bersama-sama memfasilitasi kerja manajemen yang efektif untuk memenuhi tujuan strategis bisnis (Project Management Ins-

<sup>1</sup>[herri\\_1303@gmail.com](mailto:herri_1303@gmail.com),

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



titude, 2008). Sementara manajemen portofolio mengacu pada manajemen terpusat dari satu atau lebih portofolio, yang mencakup hal pengidentifikasian, memprioritaskan, otorisasi, mengelola, dan pengendalian proyek, program, dan kerja terkait lainnya, untuk mencapai tujuan strategis bisnis tertentu. Fokus manajemen portofolio adalah memastikan proyek dan program dalam memprioritaskan alokasi sumber daya, bahwa pengelolaan portofolio konsisten dan sesuai dengan strategi organisasi (Project Management Institute, 2008). Sering kita lihat bahwa proyek TI mengalami kegagalan, baik dalam upaya mencapai tujuan, jadwal, maupun batasan biaya yang telah ditentukan. Sering kita lihat juga bahwa pada saat pengerjaannya beberapa proyek TI mengalami penyesuaian ataupun pengurangan pada lingkup pekerjaannya agar dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Akibatnya, hasil yang diperoleh oleh klien lebih sedikit dari yang direncanakan di awal, padahal mereka harus tetap mengeluarkan biaya untuk lingkup pekerjaan yang telah direncanakan di awal.

Manajemen proyek TI adalah hal yang penting. Terutama ketika sumber daya dibatasi dan tujuan bisnis cenderung berubah. Diperlukan sistem yang tepat sehingga manajer bias menyelaraskan proyek dan sumber daya untuk tujuan strategis. Sistem manajemen proyek TI yang hanya memonitor kemajuan dan laporan saja tidak cukup. Diperlukan alat pendukung keputusan yang tepat untuk memprioritaskan dalam permintaan secara efektif, memilih proyek yang tepat dan mengelola portofolio proyek TI dalam bisnis (Prifling, 2009).

Sebagai operasional organisasi TI, pemeliharaan dan modal anggaran mewakili meningkatnya total operasi anggaran perusahaan, *Chief Information Officer* (CIO) semakin berada di bawah tekanan untuk lebih mengelola organisasi TI sebagai pusat investasi bisnis. Dengan demikian, CIO dan rekan bisnis mereka harus merasionalisasikan pilihan investasi dan mampu mengelola 'portofolio mix' aset TI untuk mengoptimalkan nilai bagi bisnis. Ini berarti bahwa CIO harus mengetahui (Urusov, 2005):

1). Status dan nilai Aktiva lancar (perangkat keras, perangkat lunak, dan orang-orang). 2). Aset yang kurang ber-

manfaat 3). Aset yang memiliki nilai penurunan. 4). Aset yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai. 5). Program dan status Proyek, jadwal dan ketergantungan. 6). Risiko, manfaat dan dampak biaya dari semua program dan proyek yang sedang dipertimbangkan dan sedang berlangsung.

CIO harus mengadopsi metodologi manajemen portofolio dan proses terkait yang memungkinkan kategorisasi yang efektif dan efisien semua aset TI (termasuk aset manusia). Proses manajemen portofolio harus memberikan data analitis yang cukup untuk mendukung prioritas sarana dan urutan pengembangan dan pemanfaatan aset TI. Manajemen portofolio harus ditetapkan pada sebuah kerangka kerja berbasis *tool/set* yang menyediakan analisa pengambilan keputusan untuk menyeimbangkan risiko investasi dan biaya dengan nilai bisnis. *Tool/set* diperlukan agar CIO dapat mengartikulasikan dengan jelas timbal balik manfaat risiko bisnis yang relevan dan memastikan proyek didanai dengan tepat, pada saat yang tepat, dan pada tingkat investasi yang tepat.

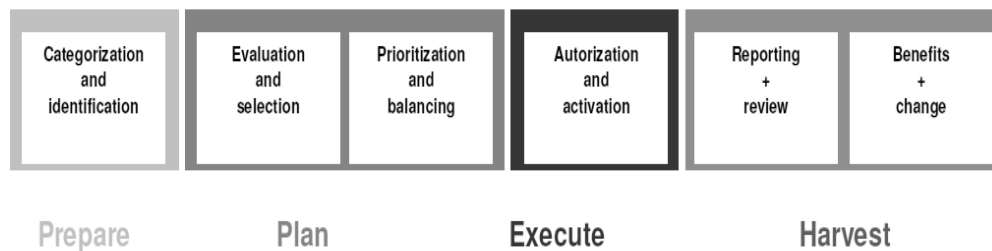
Portofolio Manajemen Proyek TI, meportofolio investasi. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan keuntungan dari sumber dayayang terbatas pada tingkat risiko yang dapat diterimadan terukur. Manajemen portofolio proyek terbentuk dari unsur-unsur berikut: memberikan pandangan terpusat dari semua proyek dalam sebuah organisasi, memungkinkan analisis keuangan dan risiko proyek, pemodelan ketergantungan diantara proyek, penggabungan kendala sumber daya antar proyek, memungkinkan seleksi dan prioritas proyek, memastikan akuntabilitas dan tata kelola ditingkat portofolio, memungkinkan untuk optimasi portofolio dan memberikan dukungan dalam bentuk suatu proses standar (Calderini et al., 2005).

Fase-fase utama dari proses manajemen portofolio proyek dapat dibagi menjadi sepuluh "langkah" logis. Namun, sebelum proses dimulai, harus dimiliki pemahaman yang jelas dari dua bidang mendasar, yaitu (Wideman, 2007): Memahami sifat dan tingkat pekerjaan yang ingin dikelola sebagai portofolio. Setelah ini didefinisikan baru akan terbentuk tuang lingkup portofolio.

Harus dicapai kesepakatan pada hal-hal penting organisasi, sehingga di-

miliki konteks dalam membuat prioritas keseimbangan pekerjaan dan keputusan. Sepuluh langkah yang harus dipertimbangkan adalah sebagai berikut: 1) Setup portofolio dan kategorisasi, 2) Mengidentifikasi kebutuhan dan peluang, 3) Mengevaluasi pilihan 4) Pilih pekerjaan, 5) Prioritaskan bekerja, 6) Keseimbang-

an dan optimalkan portofolio, 7). Otorisasi pekerjaan, 8). Merencanakan dan melaksanakan pekerjaan, 9). Laporan mengenai status portofolio, 10). Meningkatkan portofolio. 11). Sepuluh langkah ini terkait erat dengan siklus hidup proyek portofolio seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sepuluh langkah dalam siklus hidup portofolio.

Proses manajemen Portofolio Proyek TI terdiri dari serangkaian kegiatan yang terdiri dari tugas yang saling terkait. Seperti yang disarankan oleh (Project Management Institute, 2006), kegiatan dilaksanakan di tiga subproses: (a) Kegiatan berkontribusi terhadap keselarasan strategis (b) Kegiatan yang termasuk dalam proyek itu sendiri dan (c) kegiatan yang diperlukan untuk memantau dan mengontrol portofolio. Kegiatan tersebut dijelaskan dalam Tabel 1.

Berdasarkan ketiga sub proses yang ada, redesain manajemen portofolio proyek TI dijelaskan dalam kegiatan-kegiatan sebagai berikut: Kegiatan berkontribusi terhadap keselarasan strategis:

Identifikasi dan Kategorisasi tahap identifikasi dipicu oleh munculnya kebutuhan bisnis, misalnya pengembangan layanan baru, integrasi sistem, penggantian solusi, dan lain-lain. Ini diformalkan dalam dokumen yang bernama *Change Request* (CR) untuk tim TI yang ditugaskan sesuai dengan keahlian mereka. Untuk menyelaraskan portofolio dengan strategi bisnis, diusulkan untuk mendeteksi dan mengevaluasi proyek-proyek potensial dengan menggunakan pendekatan berdasarkan *Balanced Scorecard* (BSc) dan *Strategy Maps* yang dikembangkan oleh Kaplan dan Norton (2000). *Strategy Maps* dibangun untuk setiap *Strategic Business Unit* (SBU) dan ini digunakan untuk menyaring proyek potensial tergantung pada kontribusi mereka terhadap tujuan strategis perusahaan. Evaluasi, mendefinisikan ha-

rapan dan pengukuran kinerja, IT PPM adalah alat pengelolaan yang baik serta pendekatan control rekonfigurasi diusulkan dalam proses.

Di perusahaan TI pendekatan tata kelola didasarkan pada kepercayaan. Berdasarkan pengamatan dan diskusi dengan tim TI, diputuskan untuk tidak meminta pelanggan untuk menyediakan angka-angka keuangan yang mencerminkan nilai proyek melainkan menilai dampak proyek sehubungan perubahan proses bisnis, seperti yang disarankan (Applegate, 2005).

Prioritas dan Seleksi, Proyek yang dipilih berdasarkan perkiraan "politik" keuangan dan pentingnya permintaan klien. Prioritas ditetapkan berdasarkan perbandingan proyek-proyek yang sedang berjalan dan potensial lainnya. Pemilihan proyek sesuai dengan kontribusi global dalam mencapai tujuan bisnis bersama perspektif BSc. Pemilihan ini maka dibuat berdasarkan kemungkinan paling cocok antara identifikasi himpunan proyek dan lingkup kontribusinya dalam hal faktor keberhasilan bisnis. Diusulkan untuk memprioritaskan proyek-proyek berdasarkan dampak dan risiko.

Skor proyek diberi bobot sesuai dengan criteria yang mencerminkan orientasi strategis dari SBU. Otorisasi dan keseimbangan Portofolio Keseimbangan portofolio berfokus pada ketersediaan sumber daya (tenaga kerja, keahlian, infrastruktur teknis) dan optimalisasi beban kerja. Keseimbangan portofolio adalah fase kritis terhadap menciptakan nilai tambah (McFarlan, 1981). Untuk

memastikan keselarasan dengan strategi portofolio, prioritas diperbarui dengan mempertimbangkan modifikasi pertimbangan tujuan, perbedaan kinerja dan evolusi risiko.

Atribusi formal sumber daya diperlukan untuk memastikan keterlibatan yang tepat dari semua stakeholder. Hal ini dilakukan karena ada integrasi

dari penjadwalan sumber daya TI dan sistem portofolio proyek TI, dan pertemuan formal dengan stakeholder proyek. Kegiatan yang termasuk dalam proyek itu sendiri: Menjelaskan secara rinci metodologi manajemen proyek perusahaan.

Tabel 1. Kegiatan utama proses manajemen portofolio proyek  
(Project Management Institute, 2006)

Sub Proses	Aktifitas	Tujuan
Proses penyelarasan kelompok	Identifikasi	Buat daftar up-to-date dari yang sedang berlangsung dan komponen baru yang akan dikelola melalui manajemen portofolio.
	Kategori	Grup mengidentifikasi komponen ke dalam kelompok-kelompok bisnis yang relevan dimana seperangkat filter keputusan dan kriteria dapat diterapkan untuk evaluasi, prioritas pemilihan, dan keseimbangan.
	Evaluasi	Kumpulkan semua informasi untuk mengevaluasi komponen, dengan tujuan membandingkannya agar memudahkan proses seleksi.
	Seleksi	Menghasilkan daftar singkat komponen berdasarkan rekomendasi evaluasi dan kriteria seleksi organisasi.
	Prioritas	Ranking komponen dalam masing-masing kategori strategis atau pendanaan, kerangka waktu investasi atau risiko terhadap profil kriteria yang ditetapkan.
	Patokan Portofolio	Kembangkan komponen portofolio gabungan yang mempersyaratkan potensi terbesar, secara kolektif mendukung inisiatif strategis organisasi dan mencapai tujuan strategis.
	Otorisasi	Secara formal mengalokasikan sumber daya keuangan dan manusia yang dibutuhkan untuk pengembangan kasus bisnis atau menjalankan komponen yang dipilih dan secara resmi mengkomunikasikan keputusan portofolio.
Proses Komponen	Eksekusi proyek dan pelaporan	Mengembangkan kasus bisnis atau menjalankan komponen yang dipilih menggunakan berbagai langkah metodologi manajemen proyek yang didefinisikan dan disusun untuk memungkinkan pemilihan dan menyeimbangkan portofolio pada fase transisi. Selain itu, pendekatan manajemen proyek harus disesuaikan dengan profil risiko proyek (McFarlan, 1981).
	Laporan dan review portofolio	Kumpulkan indikator kinerja, menyediakan, dan meninjau portofolio sesuai pada frekuensi yang telah ditentukan, untuk memastikan keselarasan strategi organisasi dan pemanfaatan sumber daya efektif.
Proses pemantauan dan pengendalian kelompok	Perubahan strategi	Memungkinkan proses manajemen portofolio untuk merespon perubahan strategi.

## METODE

Menekankan bahwa metodologi formal multi level yang memicu pengambilan keputusan pada setiap transisi ini antara fase proyek digunakan. Hal ini dianggap menjadi faktor kunci manajemen

portofolio proyek yang tepat (Buttrick, 2006). Kegiatan Pengendalian dan Pemantauan: Tinjauan dan pelaporan ini portofolio Parameter teknis utama dari persediaan proyek dikumpulkan di *dash-board* proyek,

mengabaikan aspek bisnis yang berhubungan dengan proyek. Disarankan pada setiap iterasi dari proses manajemen portofolio dan pada setiap fase transisi dalam proses manajemen proyek, tujuan proyek dibandingkan dengan tujuan strategis saat ini untuk memastikan keselarasan yang portofolio relevan. Indikator tetap didasarkan pada item dampak dan risiko sepanjang perspektif BSc. Pengamatan dan kesimpulan dari analisis ini digunakan kembali untuk menyeimbangkan portofolio sesuai dengan tujuan kinerja.

Perubahan Strategi, kegiatan ini dilakukan oleh pengambil keputusan selama periode pemilihan dan prioritas proyek. Untuk memperoleh pengetahuan yang terkandung dalam kegiatan ini, perlu ditinjau dan disesuaikan fondasi strategi portofolio proyek TI sesuai dengan evolusi lingkungan dan strategi bisnis organisasi.

Model Manajemen Portofolio, model ini memberikan CIO pandangan dinamis yang terstruktur dari sebuah organisasi TI, dengan menghubungkan sumber daya, aset, dan proses. Berbagai solusi IT yang menawarkan jasa manajemen portofolio cenderung memenuhi aspek manajemen portofolio individu, seperti manajemen proyek dan sumber daya, atau menggabungkannya keduanya ke dalam stempel laporan tunggal. Model yang diusulkan mencoba menyediakan representasi tentang bagaimana semua komponen dari sebuah organisasi TI berinteraksi dan berinteraksi satu sama lain (Urusov, 2005).

Komponen Model Manajemen Portofolio, komponennya adalah sebagai berikut: a). Departemen TI / Organisasi terdiri dari karyawan perorangan dan / tim pengembang. b). Sponsor Bisnis: pengguna bisnis internal atau eksternal yang menyediakan pembiayaan atau mensponsori proyek TI. c). Dukungan Unit Eksternal: internal atau eksternal organisasi non TI yang menyediakan segala bentuk dukungan untuk proyek TI Infrastruktur perangkat keras: kelompok perangkat keras yang mendukung Infrastruktur proyek TI. d). Infrastruktur perangkat lunak: kombinasi dari modul

perangkat lunak yang dibangun dan dibeli untuk mendukung proyek TI.

Penggunaan Model Manajemen Portofolio, dalam penelitiannya, (Urusov, 2005) menjelaskan model manajemen portofolio yang menggunakan manajemen Portofolio TI merupakan proses yang kompleks, meliputi: 1). Memiliki kontrol penuh atas persediaan sumber daya, 2). mengetahui di manarisiko dan hambatan, 3). Menentukan proyek dan kemitraan yang paling menguntungkan dalam jangka panjang, 4). Mampu menentukan strategi organisasi berdasarkan catatan prestasi masa lalu. Model tersebut memberikan akses ke semua sumber daya yang tersedia di masa lalu dan saat ini. Pengguna model dapat menjalankan laporan total jumlah, per unit /unit perangkat keras, modul perangkat lunak, karyawan, dan proyek. Model ini juga memungkinkan para pengguna untuk mengidentifikasi lokasi yang berisiko tinggi, seperti proyek penting yang berada dalam keadaan bahaya karena kehabisan jadwal atau melebihi anggaran, kelebihan beban infrastruktur, dan klien tidak puas berulang kali. Menjalankan laporan historis kumulatif proyek-proyek dan kemitraan telah menghasilkan ROI yang lebih baik, memungkinkan CIO untuk membentuk aliansi strategis dan dinamis mengalokasikan sumber daya ke daerah-daerah berpotensi yang menguntungkan portofolio TI.

Tabel 2. Empat Properti Manajemen Portofolio

Nama Properti	Fungsi
Interkoneksi	Bagaimanaobyekterhubung satu sama lain
Keragaman	Jumlahobyekyang berpartisipasi dalamkoneksi
Komposisi	Obyek yang digabung dan hubungan multi level
Garis waktu	Pelacakanhubungan historisantara obyek

Hal tersebut dan operasi lainnya dibuat sesuai dengan model yang diusulkan. Model hanya menawarkan suatu kerangka di mana berbagai sistem dapat dipasang masuk sistem yang

mendasari menyediakan pengumpulan data, pelaporan dan alat analisis, model ini menghubungkan semuanya bersama-sama. Sebagai ringkasan, model memberikan CIO agar lebih memahami bagaimana semua bagian dari portofolio TI berinteraksi dan kemampuan untuk menarik kesimpulan berdasarkan analisis kuantitatif dan kualitatif hubungan antara obyek model (Urusov, 2005).

Properti Model Manajemen Portofolio, ringkasan empat property penting dalam model manajemen portofolio proyek seperti dalam Tabel 2 (Urusov, 2005).  
Tabel 2. Empat Properti Manajemen Portofolio

Interkoneksi : Obyek dalam model dihubungkan satu sama lain melalui proyek-proyek yang dikerjakan. Hubungan dari satu obyek ke lainnya dilakukan dalam urutan berikut: 1). Membangun *link* masuk dari sumber obyek untuk semua proyek yang berkaitan dengan obyek 2). Membangun *link* keluar dari proyek yang diidentifikasi untuk obyek terkait pada langkah sebelumnya 3). Hubungkan link masuk dan keluar

Keragaman: hubungan antara obyek dalam model adalah jamak. Sebuah obyek dapat dihubungkan dengan satu atau lebih obyek lain. Dikombinasikan dengan property interkoneksi, properti memungkinkan model untuk menghubungkan seluruh komponen portofolio TI.

Komposisi: beberapa obyek model adalah komposit; obyek yang lebih kecil dapat dikelompokkan ke dalam obyek yang lebih besar. Obyek model ini dapat terhubung ke tingkat luar atau dalam dari obyek komposit, berdasarkan jenis output yang diharapkan dari model. Komposisi hubungan antara obyek model dilacak melalui sejarah proyek tertutup atau yang sedang berlangsung.

Permasalahan Implementasi Manajemen Proyek TI, implementasi manajemen portofolio proyek TI sebagai fase-kritis proses manajemen portofolio dan proyek yang kompleks menghadapi beberapa masalah tertentu. Masalah-masalah menyebabkan pelaksanaannya jarang menghasilkan portofolio proyek yang ideal, termasuk tidak sejalan dalam strategi proyek dan sumber daya. Masa-

lah-masalah manajemen portofolio proyek menekankan hal-hal berikut (Coopret al., 1998): 1). Ketidakcocokan strategi dan proyek. 2). Kualitas portofolio yang tidak memadai. 3). Menolak untuk membatalkan proyek. 4). Kurangnya fokus dan sumber daya. 5). Tingginya kuantitas dan kualitas informasi rendah. 6). Kewenangan basisnya pengambil keputusan. Profesor McFarlan dari Harvard Business School juga berpikir tentang masalah yang sama: a). Terlalu banyak di dalam perusahaan, portofolio proyek melenceng jauh dari tujuan perusahaan secara keseluruhan, sehingga menyia-nyia-kan sumber daya dan berkurangnya keuntungan. b). Kebanyakan organisasi besar mengelola portofolio sebagai kumpulan proyek, bukan sebagai portofolio terpadu untuk dikelompokkan bersama-sama dan dipandang sebagai kesatuan yang utuh.

Ada beberapa masalah pelaksanaan manajemen portofolio proyek yang harus ditekankan. Hal tersebut adalah masalah estimasi risiko dan manajemen risiko proyek, manajemen komunikasi, organisasi dan komponen model dan model pengukuran *maturity* diseluruh level. Estimasi risiko proyek dan manajemen risiko tampaknya menjadi masalah terbesar dari implementasi manajemen portofolio proyek. Masalah-masalah ini diharapkan sedapat mungkin diselesaikan sebagai oleh setiap organisasi. Meminimalkan potensi kegagalan proyek membutuhkan kegiatan serius seperti identifikasi risiko proyek, estimasi risiko dan pertimbangan serius terutama pada fase pertama pelaksanaan portofolio proyek. (Ayse et al., 2010.).

Keuntungan Implementasi Manajemen Proyek TI, implementasi manajemen portofolio proyek TI membutuhkan waktu dan upaya. Ini bukan tugas yang mudah dilakukan untuk persyaratan yang sangat spesifik dan masalah yang akan dihadapi. Hasil pelaksanaan manajemen portofolio proyek memberikan banyak manfaat jangka pendek dan jangka panjang bagi organisasi. Terutama untuk jangka panjang manfaatnya menebus semua investasi dalam prosesnya. Apakah kita melakukan proyek yang tepat?

Apakah kita berinvestasi di area dan bidang yang tepat? Apakah kita memiliki sumber daya yang cukup dan memadai? Apakah kita harus membatalkan, menunda atau melanjutkan proyek? Organisasi dapat berhasil menyelesaikan pelaksanaan manajemen portofolio proyek menjadi lebih fleksibel untuk perubahan eksternal dari lingkungan yang penuh gejolak. Tim kerja dan fokus dari organisasi tersebut membuatnya mampu menjawab perubahan waktu. Salah satu manfaat adalah penurunan tingkat hirarki, tugas dan tanggung jawab yang jelas yang menyebabkan motivasi dan kreativitas dari semua anggota organisasi dan karyawan meningkat, berkurang jumlah konflik komunikasi pada semua organisasi dan peningkatan perbaikan dan struktur (Petrović et al., 2006).

Manfaat berikut ini sebagai integrasi proyek dalam portofolio dan proses manajemen portofolio proyek yang baik (Young et al., 2006): 1). Ketepatan penentuan prioritas proyek, 2). Replikasi proyek yang berhasil, 3). tepat waktu pada perubahan eksternal, 4). tepat waktu untuk membuat putusan sesuai dengan perubahan status proyek, 5). efisiensi dalam keterlibatan sumber daya. Umumnya, organisasi memiliki kemampuan menerapkan manfaat manajemen portofolio proyek dalam banyak cara. Semua upaya dan keuntungan keuangan akan datang segera setelah efek positif timbul. Organisasi seperti itu menjadi lebih fleksibel, impulsif, dinamis, inovatif, kreatif, komunikatif, berorientasi strategis, efisien dan termotivasi.

## PEMBAHASAN

Implementasi, pelaksanaan manajemen portofolio proyek TI sebagai fase dari proses manajemen portofolio proyek sering dihadapi dengan dilema: Apa yang harus dilakukan pertama kali, apakah memilih portofolio proyek baru atau mengevaluasi portofolio proyek-proyek saat ini? Biasanya, organisasi memulai dengan evaluasi proyek saat ini, beberapa proyek ditunda, beberapa proyek dibatalkan dan proyek lainnya disesuaikan dengan sumber daya dan strategi organisasi (Levine, 2005). Ru-

mus sederhana untuk evaluasi proyek adalah sebagai berikut:

$$\text{Nilai Proyek} = (\text{Jumlah manfaat proyek} - \text{Jumlah biaya proyek}) / \text{Perkiraan risiko proyek} \dots\dots(1)$$

Implementasi manajemen portofolio proyek TI sebagai fase dari proses manajemen portofolio proyek meliputi persiapan dan perencanaan kegiatan biasanya diikuti dengan kegiatan pelaksanaan: otorisasi, aktivasi, pelaporan, review dan perubahan, seperti tampak pada Gambar 1 (Wideman, 2007).

NPV (*Net Present Value*), dalam persiapan awal manajemen portofolio proyek, salah satu metode yang dapat digunakan dalam mengukur nilai sebuah proyek apakah layak atau tidak adalah dengan menggunakan metode NPV (*Net Present Value*). Metode ini mengukur nilai proyek saat ini setelah jangka waktu tertentu dengan memperhitungkan nilai *return* yang diharapkan (Widagdo, 2008). Formula yang digunakan dalam menghitung NPV adalah (Djohan, 2007):

$$NPV_{(i)} = \left\{ \sum \left( \frac{B_t}{(1+i)^t} \right) - \left[ C_0 + \sum \left( \frac{C_t}{(1+i)^t} \right) \right] \right\} \dots\dots(2)$$

Keterangan:

NPV<sub>(i)</sub> : nilai bersih saat ini pada tingkat i per tahun

B<sub>t</sub> : penerimaan total proyek waktu t

C<sub>0</sub> : biaya investasi awal proyek waktu t

C<sub>t</sub> : biaya total yang dikeluarkan proyek waktu t: (1+i)<sup>t</sup> : faktor nilai saat ini

Formula di atas dapat diubah menjadi:

$$NPV_{(i)} = PF_t(b_t) - JPF_t(C_t) \dots\dots\dots(3)$$

t=0,1,2,3,...n (tahun), nilai faktor saat ini (PF<sub>t</sub>,0) (PF<sub>t</sub>,0)=1/(1+i)<sup>t</sup> = (1+i)<sup>-t</sup>

Proyek dapat dilaksanakan jika NPV<sub>(i)</sub>>0

Sebagai contoh beberapa proyek TI akan diukur nilainya sampai pada jangka umur ekonomisnya. Perkiraan penerimaan dan biaya masing-masing proyek seperti terlihat pada Tabel 3. Di asumsikan pembelian perangkat keras didapat dari pinjaman uang di bank dengan bunga 14% untuk Proyek I, 16% untuk proyek II dan 14% untuk Proyek III. Hasil perhitungan NPV untuk Proyek I dapat dilihat pada Tabel 4.

Berturut-turut untuk Proyek II NPV = 65,46 dan Proyek III NPV= 52,95. Dapat disimpulkan, untuk Proyek INPV>0 (Rp. 58.110.000,-), Proyek II NPV>0 (Rp. 65.460.000,-) dan Proyek III NPV>0 (Rp.

52.950.000,-) maka dapat diputuskan pembelian perangkat keras baru dalam proyek TI layak dilakukan meskipun dana didapat dari pinjaman bank.

Tabel 3. Biaya Proyek

Tahun	Proyek I		Proyek B		Proyek C	
	Biaya Total C <sub>t</sub> (juta)	Penerimaan Total B <sub>t</sub> (juta)	Biaya Total C <sub>t</sub> (juta)	Penerimaan Total B <sub>t</sub> (juta)	Biaya Total C <sub>t</sub> (juta)	Penerimaan Total B <sub>t</sub> (juta)
0	50	0	50	0	50	0
1	15	20	30	40	20	20
2	15	40	15	40	20	45
3	10	60	5	55	10	55
4	10	65	5	65	10	65
5	5	40	5	40	10	50

Tabel 4. NPV Proyek I

Tahun (1)	PF <sub>t</sub> (2)	C <sub>t</sub> (3)	B <sub>t</sub> (4)	PF <sub>t</sub> (C <sub>t</sub> ) (5)=(2)*(3)	PF <sub>t</sub> (C <sub>t</sub> ) (6)=(2)*(4)	NPV <sub>t</sub> (7)=(6)-(5)
0	1	50	0	50	0	-50
1	0,8772	15	20	13,16	17,54	4,39
2	0,7695	15	40	11,54	30,78	19,24
3	0,6750	10	60	6,75	40,50	33,75
4	0,5921	10	65	5,92	38,49	32,56
5	0,5194	5	40	2,60	20,77	18,18
NPV(i=0.14)=ΣNPV <sub>t</sub>						58,11

*Program Evaluation and Review Technique (PERT)*, PERT menggunakan teknik diagram proyek jaringan untuk membuat representasi visual dari kegiatan yang dijadwalkan yang mengekspresikan hubungan dan urutan secara logis. PERT juga menggunakan distribusi statistik yang memberikan probabilitas untuk memperkirakan kapan proyek dan kegiatan yang terkait akan selesai. Perkiraan probabilistik diperoleh dengan menggunakan tiga perkiraan untuk setiap kegiatan: *optimistic*, *most likely*, dan *pessimistic*. Perkiraan *optimistic* adalah waktu minimum suatu kegiatan atau tugas dapat diselesaikan, hal ini adalah skenario dimana semuanya berjalan dengan baik. *Most likely* adalah perkiraan yang paling mungkin suatu tugas atau kegiatan untuk diselesaikan.

*Program Evaluation and Review Technique (PERT)*, PERT menggunakan teknik diagram proyek jaringan untuk membuat representasi visual dari kegiatan yang dijadwalkan yang mengekspresikan hubungan dan urutan secara logis. PERT juga menggunakan distribusi

statistik yang memberikan probabilitas untuk memperkirakan kapan proyek dan kegiatan yang terkait akan selesai. Perkiraan probabilistik diperoleh dengan menggunakan tiga perkiraan untuk setiap kegiatan: *optimistic*, *most likely*, dan *pessimistic*. Perkiraan *optimistic* adalah waktu minimum suatu kegiatan atau tugas dapat diselesaikan, hal ini adalah skenario dimana semuanya berjalan dengan baik. *Most likely* adalah perkiraan yang paling mungkin suatu tugas atau kegiatan untuk diselesaikan.

*Program Evaluation and Review Technique (PERT)*, PERT menggunakan teknik diagram proyek jaringan untuk membuat representasi visual dari kegiatan yang dijadwalkan yang mengekspresikan hubungan dan urutan secara logis. PERT juga menggunakan distribusi statistik yang memberikan probabilitas untuk memperkirakan kapan proyek dan kegiatan yang terkait akan selesai. Perkiraan probabilistik diperoleh dengan menggunakan tiga perkiraan untuk setiap kegiatan: *optimistic*, *most likely*, dan *pessimistic*. Perkiraan *optimistic* adalah

waktu minimum suatu kegiatan atau tugas dapat diselesaikan, hal ini adalah skenario dimana semuanya berjalan dengan baik. *Most likely* adalah perkiraan yang paling mungkin suatu tugas atau kegiatan untuk diselesaikan. Perkiraan *pessimistic* adalah skenario terburuk dan dipandang sebagai waktu maksimum kegiatan atau tugas dapat diselesaikan. Dengan Estimasi PERT (Marchewka, 2003):

$$\text{Estimasi Kegiatan} = (\text{waktu } \textit{optimistic} + (4 * \text{waktu } \textit{most likely}) + \text{waktu } \textit{pessimistic}) / 6 \dots\dots\dots (5)$$

Total waktu yang diperkirakan untuk menyelesaikan sebuah proyek

adalah dengan menjumlahkan setiap kegiatan yang ada, yaitu:

$$\text{Total waktu Proyek} = \sum_{i=1}^n \text{Estimasi Kegiatan} \dots\dots\dots (6)$$

Proyek dengan menggunakan metode PERT, diasumsikan kegiatan-kegiatan yang ada adalah seperti pada Gambar 2, dan hasil analisa dengan menggunakan berbagai variasi path terlihat pada Tabel 5. Gambar 2. Diagram Jaringan Activity on the Node (AON)

Pada Tabel 6. jalur kritis terdapat pada path4 dengan waktu penyelesaian proyek selama 59,9 bulan atau dibulatkan ke atas menjadi 60 bulan.

Tabel 5. Analisa Kegiatan dengan menggunakan PERT

Kegiatan	Predesesor	Optimistic (bulan)	Most Likely (bulan)	Pessimistic (bulan)	Estimasi Kegiatan (a+4b+c)/6
A	-	4	7	11	7,2
B	A	10	12	14	12,0
C	B	9	6	12	7,5
D	B	9	10	13	10,3
E	B	8	8	8	8,0
F	C,D	9	11	13	11,0
G	D,E	9	10	11	10,0
H	F,G	8	9	12	9,3
I	G	11	12	14	12,2
J	H,I	7,5	8	10	8,3

Tabel 6. Kemungkinan Path

Path	Path	Total
Path1	<u>A+B+C+F+H+J</u> 2,2+5,2+3,8+4,0+2,3+1,3	55,3
Path2	<u>A+B+D+F+H+J</u> 2,2+5,2+3,3+4,0+2,3+1,3	58,1
Path3	<u>A+B+D+G+H+J</u> 2,2+5,2+3,3+3,0+2,3+1,3	57,1
Path4	<u>A+B+D+G+I+J</u> 2,2+5,2+3,3+3,0+5,5+1,3	<b>59,9</b>
Path5	<u>A+B+E+G+I+J</u> 2,2+5,2+1,0+3,0+5,5+1,3	57,6

*Expected Monetary Value (EMV)*, EMV adalah konsep statistic yang menghitung rata-rata hasil ketika scenario masa depan meliputi mungkin atau tidak mungkin terjadi (yaitu, analisis dalam situasi ketidak pastian) (Project Management Institute, 2008). Persamaan untuk menghitung EMV adalah sebagai berikut:

$$EMV(A_i) = \sum_{i=1}^N V_i * P(V_i) \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

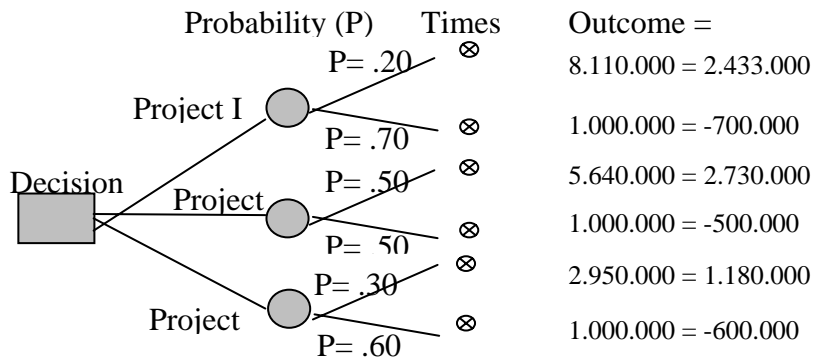
- A<sub>i</sub> : Alternatif i
- N : Jumlah state of nature
- V<sub>i</sub> : Nilai Payoff (outcome)
- P(V) : Probabilitas payoff

Gambar 3 memperlihatkan nilai EMV masing-masing proyek dari hasil estimasi probabilitas atau peluang. Proyek I memiliki peluang sebesar 20% (P=.20) untuk mendapatkan kontrak dengan nilai profits (keuntungan) yang akan diperoleh Rp. 8.110.000,-, Probabilitas



gagal mendapatkan kontrak 70%, yang berarti -Rp.500.000,- berasal dari nilai investasi persiapan awal. Proyek II memiliki peluang sebesar 50% ( $P=.50$ ) untuk mendapatkan kontrak dengan nilai *profits* (keuntungan) yang akan diperoleh Rp. 5.460.000,-, Probabilitas gagal mendapatkan kontrak 60%, yang berarti Rp. 500.000,- berasal dari nilai investasi per-

siapan awal. Proyek III memiliki peluang sebesar 30% ( $P=.30$ ) untuk mendapatkan kontrak dengan nilai *profits* (keuntungan) akan diperoleh Rp. 2.950.000,-, Probabilitas gagal mendapatkan kontrak 80%, yang berarti -Rp. 500.000,- berasal dari nilai investasi persiapan awal.



Gambar 3. Expected Monetary Value (EMV) Projects

$$\begin{aligned} \text{EMV Proyek I} &= 2.433.000 - 700.000 = 1.733.000 \\ \text{EMV Proyek II} &= 5.640.000 - 500.000 = 2.230.000 \\ \text{EMV Proyek III} &= 1.180.000 - 600.000 = 580.000 \end{aligned}$$

Seluruh EMV proyek menghasilkan nilai positif, berdasarkan hasil tersebut Proyek II memiliki peluang tertinggi untuk dilakukan penawaran karena memiliki nilai EMV tertinggi, berturut-turut selanjutnya proyek I dan proyek III.

Pemilihan Proyek berdasar Constraint, terhadap portofolio TI yang memiliki banyak proyek diperlukan teknik perhitungan sehingga didapat proyek-proyek mana saja yang dapat dikerjakan. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menghitung semua kom-

binasi dari proyek-proyek yang ada berdasar *constraint* sumber daya yang dimiliki. Pada Gambar 4, sebagai contoh terdapat lima proyek yang masing-masing membutuhkan sejumlah sumber daya, berdasarkan *constraint* yang ada maka diperlukan perhitungan untuk mendapatkan kombinasi proyek-proyek mana saja yang layak untuk dikerjakan. Hasilnya didapat bahwa proyek-proyek yang harus dipilih adalah Proyek 4 (D) dan proyek 5 (E) karena memberikan keuntungan maksimal sebesar 110.

	(A) Proyek1	(B) Proyek2	(C) Proyek3	(D) Proyek4	(E) Proyek5	Constraint
Lama Proyek	3.0	4.0	3.5	5.0	2.0	2.0
Manager	1	1	1	1	2	2
Adm & Keu	8	10	15	12	8	20
Modal	60	70	50	50	15	100
Keuntungan	50	80	65	85	25	

Kombinasi Proyek	Kelayakan Proyek	Total Keuntungan
ECBAD	ED	110
ECABD	ED	110
EACBD	ED	110
EABCD	ED	110
CEBAD	ED	110
CEABD	ED	110
BDACE	DE	110
BCDAE	DE	110
AECBD	ED	110
AEBCD	ED	110
ADBCE	DE	110

Gambar 4. Pemilihan Proyek

## KESIMPULAN

Manajemen portofolio Proyek TI adalah langkah yang efisien untuk melaksanakan strategi dan tujuan organisasi yang akan diaplikasikan ke dalam proyek TI.

Pelaksanaan manajemen portofolio proyek adalah hal yang kompleks, oleh karena itu diperlukan persyaratan khusus dalam manajemen proyek yang baik seperti: manajemen strategis, manajemen sumber daya manusia, manajemen program, struktur organisasi yang memadai, sikap khusus dan budaya dan sistem informasi yang memadai.

Berbagai metode dalam menghitung keekonomian dan efisiensi suatu proyek dapat digunakan, tergantung kebutuhan sesuai *constraint* yang ditentukan dalam portofolio proyek TI. Karenanya usaha dan sumber daya yang terlibat dalam pelaksanaan manajemen portofolio membuat organisasi lebih fleksibel, dinamis, inovatif, efisien dan berhasil menangani gejala lingkungan proyek yang kompleks.

## DAFTAR PUSTAKA

- Applegate, L., 2005. Corporate Information Strategy and Management, McGraw-Hill/Irwin, Boston.
- Ayşe KY, Triant F., 2010. Managing corporate sustainability: Risk management process based Perspective. *Afr. J. Bus. Manage.*, February: 162-171.
- Buttrick, R., 2006. *Gestion de projets* Pearson Education France.
- Cooper R., E. S. Edgett & E. Kleinschmidt, 1998, Best Practices for Managing R&D Portfolios, *Research Technology Management*, Vol. 41, No. 4.
- Calderini, S.R. et al., 2005. The Impact of Project Portfolio Management on Information Technology Projects. *Ashridge Business School UK*.
- Djohan, M., 2007. *Evaluasi proyek*, Jawa Timur: Pascasarjana Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Kaplan R.S. and Norton D.P., 2000. *The Strategy Focused Organization*, HBS Press, USA.
- Levine, H.A., 2005. *Project portfolio management: A Practical Guide to Selecting Projects, Managing Portfolios, and Maximizing Benefits*. Pfeiffer Wiley, U.K.
- McFarlan, F. W., 1981. Portfolio approach to information systems. *Harvard Business Review* (September–October 1981), pp.142-150.
- Marchewka, J.T., 2003. *Information Technology Project Management — Providing Measurable Organizational Value*, Shoshanna Turek of Leyh Publishing.
- Petrović, D., Mihić, M. & Obradović, V., 2006. Strategic Management By Project Portfolio Management. *International Scientific Days 2006*, pp.949–954.
- Prifling, M., 2009. IT Project Portfolio Management – A Matter Of Organizational Culture ? *E-Finance Lab*, pp.761–772.
- Project Management Institute, 2008. *A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PM-BOK® Guide)* 4th ed., Pennsylvania: Project Management Institute, Inc. Available at: [www.pmi.org](http://www.pmi.org).
- Project Management Institute, 2006. *The Standard for Portfolio Management*, USA. Available at: [www.pmi.org](http://www.pmi.org).
- Urusov, D., 2005. IT Portfolio Management Model. *The Project Perfect White Paper Collection*, pp.1–12.
- Widagdo, H., 2008. Finance Management: What We Do And Do Not Know. Available at: <http://sisawaktu.files.wordpress.com/2008/04/what-we-do-and-do-not-know-about-finance.pdf>.
- Wideman, B.R.M., 2007. Ten Steps to Comprehensive Project Portfolio Management – Part 2 The Project Portfolio Management Life Cycle. , (September), pp.2–5.

## PEMBUATAN SENTRIFUG GEOTEKNIS DI UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA (UKM) UNTUK KAJIAN LINGKUNGAN

Muchlis<sup>1</sup>, Sukandarrumidi<sup>1</sup>, Wan Zuhairi Wan Yaacob<sup>2</sup>, M. Mukhlisin<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>) Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

<sup>2</sup>) Program Geologi, Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam,  
Universiti Kebangsaan Malaysia 43600 Bangi, Selangor.

<sup>3</sup>) Jabatan kejuruteraan awam dan struktur, Universiti Kebangsaan Malaysia

<sup>4</sup>) Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Semarang

Masuk: 7 Desember 2012, revisi masuk: 1 Januari 2013, diterima: 13 Januari 2013

### ABSTRACT

*Many researchers were conducted using geotechnical sentrifug in studies of the environment. The advantages of using a geotechnical sentrifug are quick to obtain the results, less materials used, economical and can be controlled for factors that are not required in the test. All geotechnical sentrifugs that were conducted are located outside from Indonesia and Malaysia, so that requires for build a geotechnical sentrifug in the country. Engineering methodology was to modify the existing geotechnical sentrifug in other countries. The geotechnical sentrifug that was build Universiti Kebangsaan Malaysia is 50 cm radius beam type geotechnical sentrifug with dead lock capacity 6 kg and maximum acceleration around 75 gravity. The main components are body, arm, bucket sample, counter weight, motor, contaminant bottle and computer. The geo-technical sentrifug is equipped with speed sensor, close sensor, stroboscope sensor and vibration sensor. This geotechnical sentrifug was conducted in environmental studies.*

**Keywords:** *geotechnical sentrifug, building, environmental studies*

### INTISARI

Banyak peneliti yang telah menggunakan sentrifug geoteknis dalam melakukan kajian-kajian tentang lingkungan. Keuntungan dari menggunakan sentrifug geoteknis adalah hasil kajian didapatkan dengan cepat, menggunakan bahan yang sedikit, lebih murah dan dapat mengontrol faktor-faktor yang tidak dikehendaki dalam ujian. Semua sentrifug geoteknis yang digunakan untuk penelitian tersebut berada di luar Indonesia dan Malaysia, sehingga perlu dibuat sebuah sentrifug geoteknis di negara tersebut sebagai instrumen dalam penelitian. Metodologi pembuatan instrumen ini adalah dengan memodifikasi sentrifug geoteknis yang sudah ada di negara lain. Sentrifug geoteknis yang telah dibuat di Universiti Kebangsaan Malaysia adalah sentrifug geoteknis jenis *beam* dengan jari-jari 50 cm. Beban maksimum pada kotak sampel adalah 6 kg dengan kecepatan maksimum lebih kurang 75 gravitasi. Bagian-bagian utama sentrifug geoteknis adalah badan, lengan, kotak sampel, penyeimbang berat, motor, botol bahan pencemar dan komputer. Sentrifug geoteknis dilengkapi juga dengan sensor kecepatan, sensor penutup, sensor stroboskop dan sensor getaran. Sentrifug geoteknis ini sudah digunakan untuk kajian lingkungan.

**Kata kunci:** sentrifug geoteknis, pembuatan, kajian lingkungan

### PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah bahan pencemar di tanah ini semakin meningkat karena adanya penambahan penduduk, perkembangan ekonomi meningkat dan pembangunan perindustrian yang pesat. Kemajuan di bidang teknologi industri juga akan menyebabkan kemampuan ma-

nusia untuk membuat bahan pencemar organik dan kimia buatan semakin tinggi, dimana setiap tahun sebanyak 1000-1500 senyawa kimia baru dihasilkan (Schnoor 1996). Pemusnahan limbah bahan pencemar yang tidak baik dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama

<sup>1</sup>[muchlis\\_idham@yahoo.com](mailto:muchlis_idham@yahoo.com)

akan menyebabkan kualitas tanah dan air tanah menurun.

Banyak metodologi yang dapat digunakan untuk memulihkan air dan tanah yang tercemar oleh bahan pencemar (HDR Engineering 2001), akan tetapi mengenalpasti proses perpindahan bahan pencemar adalah salah satu langkah pertama dalam usaha menilai dan memulihkan pencemaran tanah (Wilson & Clarke 2004). Oleh sebab itu sifat pergerakan bahan pencemar perlu dikaji agar proses pemulihan berjalan dengan efektif dan efisien (Barth *et al.* 2003).

Penelitian tentang pergerakan bahan pencemar sudah banyak dilakukan sejak satu dekade lalu (Nambi & Power 1999). Pada dasarnya, pergerakan bahan pencemar dalam tanah bisa diperkirakan dengan menggunakan modeling matematika yaitu dengan kaedah analitikal atau numerikal. Modeling matematika didasarkan pada data yang diperoleh dari uji lapangan atau uji kolom di laboratorium. Kedua ujian ini mempunyai keterbatasan yaitu pada modeling dan simulasi pada kondisi yang sebenarnya dimana memerlukan waktu yang lama untuk mendapatkan hasil (Kumar 2006). Oleh karena itu dibutuhkan instrumen yang bisa mendapat hasil pergerakan bahan pencemar dalam waktu yang relatif singkat.

Pengujian pergerakan bahan pencemar dengan menggunakan sentrifug geoteknis dapat mempersingkat waktu pengujian (Kumar 2006). Banyak peneliti telah menggunakan instrumen ini sebagai modeling fizikal pada kajian pergerakan bahan pencemar (Esposito *et al.* 1999; Soga *et al.* 2003). Prinsip dasar penggunaan sentrifug geoteknis adalah kemampuannya untuk meningkatkan gaya gravitasi menjadi  $N g$  (gravitasi) dengan pemutaran dalam kecepatan tinggi. Penambahan gaya gravitasi menjadi  $N g$  menyebabkan bahan pencemar bergerak  $N^2$  lebih cepat (Hu *et al.* 2006), hal ini dapat digunakan untuk memperkirakan pergerakan bahan pencemar pada waktu yang lebih panjang (Lo *et al.* 2004). Keuntungan lain dari instrumen ini adalah kemampuannya untuk memodelkan sistem di alam yang kompleks dalam lingkungan laboratorium yang terkontrol (Ku-

mar 2006), jumlah tanah yang digunakan lebih sedikit, lebih murah dan cepat mendapatkan hasil (Soga *et al.* 2003).

Hasil pengujian yang terdahulu menunjukkan bahwa sentrifug geoteknis terbukti dapat memodelkan pergerakan bahan pencemar dalam berbagai keadaan tanah. Akan tetapi semua sentrifug geoteknis yang digunakan berada di luar Malaysia. Hal itu telah mendorong satu sentrifug geoteknis yang pertama di Malaysia perlu dibuat. Sentrifug geoteknis ini tidak hanya bermanfaat dalam bidang lingkungan saja, tetapi juga dapat digunakan dalam bidang lain terutamanya pada bidang teknik sipil (Marto *et al.* 2009; Mukhlisin *et al.* 2011).

Akhir tahun 1960-an merupakan awal era modeling menggunakan sentrifug geoteknis. Beberapa sentrifug geoteknis dibuat dan berbagai masalah dipelajari dengan menggunakan instrumen ini. Ada dua jenis sentrifug geoteknis yang telah dibuat yaitu jenis *beam* dan *drum* dengan berbagai ukuran.

Tujuan pembuatan sentrifug ini adalah agar Malaysia mempunyai suatu instrumen yang dapat mengetahui pergerakan bahan pencemar dalam tanah dengan cepat dan tidak memerlukan tanah dalam jumlah besar.

## METODE

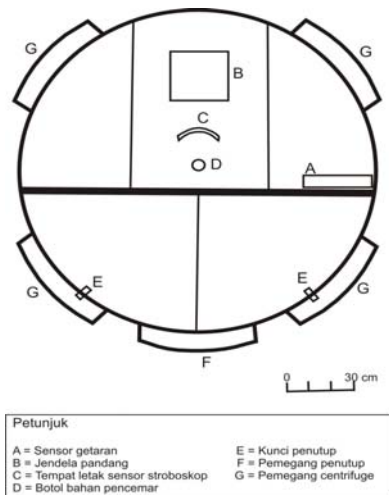
Metodologi pembuatan sentrifug ini adalah dengan memodifikasi dari instrumen serupa yang sudah ada di negara lain. Pembuatan instrumen ini dilaksanakan di bengkel mekanikal dan elektrik Fakulti Sains dan Teknologi UKM. Pembuatan ini memakan waktu lebih kurang satu tahun dan dimulai pada awal tahun 2007.

## PEMBAHASAN

Pembuatan sentrifug geoteknis jenis *beam* di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) bermula pada awal tahun 2007. Pembuatan diawali dengan pemilihan jenis dan komponen sentrifug geoteknis. Disain dibuat berdasarkan pada hasil pembacaan dan pengamatan terhadap sentrifug geoteknis yang telah ada. Hasil diskusi dengan beberapa pakar teknik memutuskan bahwa sentrifug geoteknis dibuat di bengkel mekani-

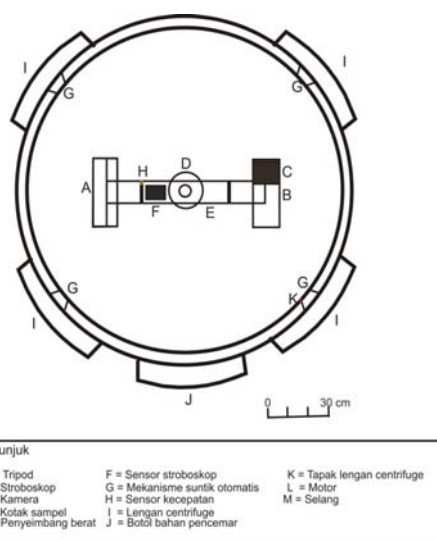
kal dan elektrik Fakulti Sains dan Teknologi UKM.

Gambar 1, 2 dan 3 menunjukkan gambar sentrifug geoteknis dari arah atas dan samping dengan bagian-bagiannya.



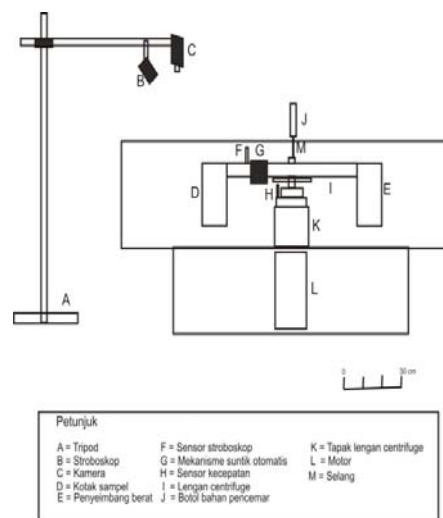
Gambar 1. Sentrifug geoteknis UKM dari arah atas (penutup ditutup)

Komponen utama sentrifug ini antara lain adalah badan, lengan (*arm*), kotak sampel, penyeimbang berat, botol bahan pencemar, motor, kamera dan stroboskop. serta beberapa sensor. Masing-masing komponen utama akan dijelaskan kemudian.



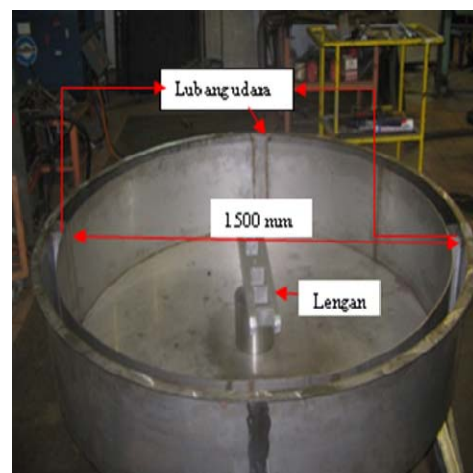
Gambar 2. Sentrifug geoteknis UKM dari arah atas (penutup dibuka)

Komponen-komponen yang ada pada sentrifug geoteknis di UKM adalah: Badan sentrifug geoteknis berbentuk bulat dibuat dari besi tahan karat setebal 3 mm dengan panjang diameter 1500 mm dan tinggi 365 mm. Disekeliling badan ada empat lubang udara dengan ukuran 50 mm x 50 mm yang berfungsi untuk mengeluarkan udara sewaktu sentrifug berputar. Diantara lubang udara terdapat ruang yang diisi dengan spon dan berfungsi untuk menyerap bunyi.



Gambar 3. Sentrifug geoteknis UKM dari arah sisi

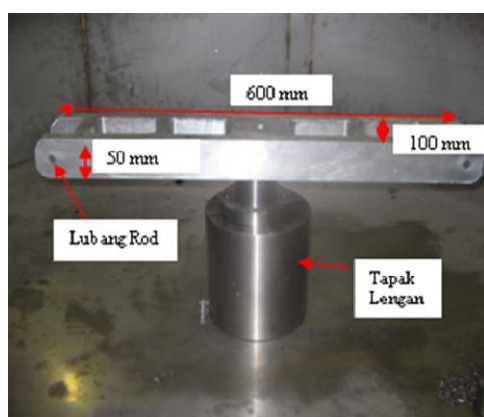
Badan sentrifug adalah tempat diletakkannya lengan (*arm*), kotak sampel dan penyeimbang berat.



Gambar 4. Badan sentrifug (penutup dibuka)

Di atas badan diletakkan tutup yang dapat dibuka separuh sisinya. Tutup sentrifug dibuat dari besi tahan karat dengan tebal 3 mm dan pada salah satu bagiannya dibuat lubang pandang (jendela) yang berfungsi agar kamera dapat merekam gambar pada kotak sampel. Di bawah badan sentrifug diletakkan kotak motor. Badan sentrifug dapat dilihat pada Gambar 4.

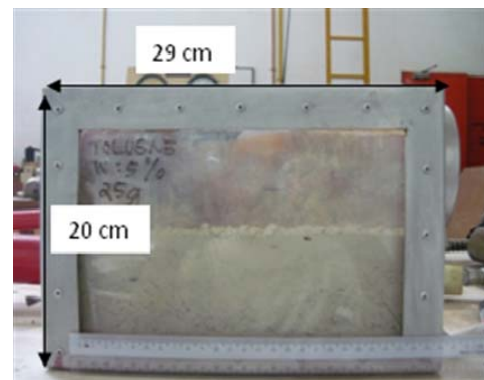
Lengan (*arm*), Lengan berbentuk persegi panjang, dibuat dari aluminium tahan karat padat dengan panjang 600 mm, lebar 100 mm dan tebal 50 mm. Pada lengan dibuat beberapa lubang. Lubang dibuat untuk menguatkan struktur lengan. Lubang yang ditengah berfungsi untuk meletakkan tapak lengan. Lubang-lubang yang lainnya untuk meletakkan alat-alat yang diperlukan pada proses penyuntikan bahan pencemar secara otomatis. Pada kedua bagian ujung lengan, dibuat lubang bulat untuk meletakkan besi (*rod*) untuk kotak sampel dan penyeimbang berat. Rod dibuat dari besi padat dengan ukuran diameter 12.7 mm. Pada bagian bawah lengan diletakkan tapak lengan berbentuk bulat yang terbuat dari besi tahan karat padat dengan tinggi dari alas badan sentrifug adalah 210 mm. Lengan akan berputar sekiranya motor sentrifug dinyalakan. Lengan sentrifug dapat di lihat pada Gambar 5.



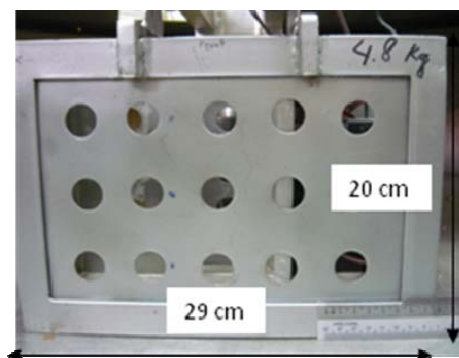
Gambar 5. Lengan sentrifug geoteknis

Kotak sampel dan Penyeimbang Berat diletakkan pada ujung lengan, dengan ujung lengan yang lain diletakkan penyeimbang berat. Kotak sampel dibuat dari aluminium panjang 290mm, lebar

120mm tinggi 200mm dengan bagian depan dibuat daripada *perspex* tebal yang tembus cahaya agar keadaan yang terjadi dalam kotak sampel dapat direkam gambarnya oleh kamera. Kotak sampel dapat memuat sampel sehingga 6 kg. Penyeimbang berat terbuat dari aluminium. Dalam penyeimbang berat diletakkan baterai dan alat-alat listrik lainnya seperti peralatan untuk mencaj baterai. Kotak sampel dan penyeimbang berat ditunjukkan oleh Gambar 6.



(a)



(b)

Gambar 6. Kotak sampel (a) dan penyeimbang berat (b)

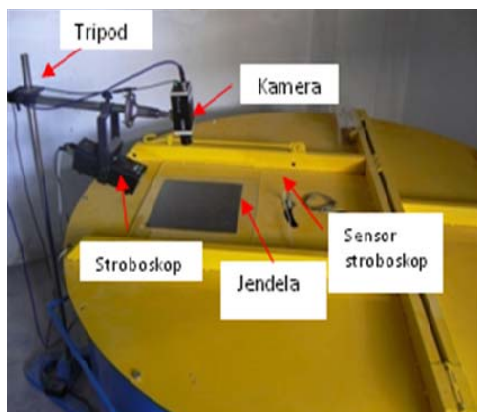
Motor yang dipakai bermerk Branco yang dibuat di Italy dengan berat 7kg dan ini merupakan jenis tiga fase. Kotak motor terletak di bawah badan sentrifug dan disambungkan pada tapak lengan sentrifug dengan tiang yang dipasang sampai bagian atas lengan. Motor mempunyai tenaga 300 watt dengan kecepatan maksimum 1000 putaran perminit (RPM). Gambar 7 menunjukkan motor sentrifug geoteknis UKM.

Kamera dan Lampu Stroboskop yang digunakan bermerk VZOR digital colour video camera. Kamera disambungkan dengan komputer agar dapat melihat pergerakan bahan pencemar pada monitor.



Gambar 7 Motor bermerk branco

Lampu stroboskop ini bermerk ELMED yang diletakkan di bawah kamera. Lampu stroboskop dibutuhkan untuk memberi cahaya sewaktu kamera video mengambil gambar. Kamera dan stroboskop digantungkan pada sebuah tiang besi dan berlainan dengan badan sentrifug, diletakkan diatas lubang pandang (jendela) pada tutup badan sentrifug. Kamera dan lampu stroboskop ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Kamera dan stroboskop

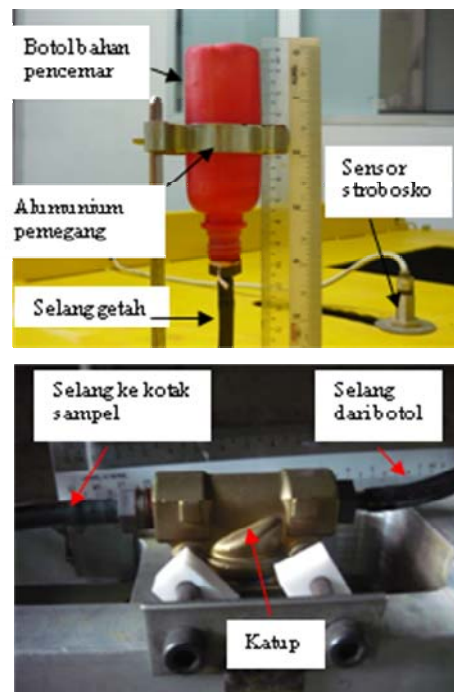
Kotak kontrol adalah kotak yang mengontrol sentrifug geoteknis. Tombol-tombol yang ada pada kotak kontrol terdiri dari tombol *on-off*, *start*, *stop*, *timer* dan bacaan kecepatan sentrifug. Kotak

kontrol diletakkan dalam ruang kontrol yang berdekatan dengan komputer. Kotak kontrol berhubung dengan motor sentrifug dengan menggunakan kabel. Kotak kontrol ditunjukkan oleh Gambar 9.



Gambar 9. Kotak kontrol

Botol bahan pencemar adalah botol untuk meletakkan bahan pencemar dan dibuat dari plastik. Botol ini diletakkan pada bagian tengah di atas badan sentrifug. Selang dibuat dari karet disambungkan pada ujung botol sehingga masuk ke dalam kotak sampel.



Gambar 10. Botol dan katup bahan pencemar

Pada ujung selang diberi pemberat dari besi agar selang tetap berada

dalam kotak sampel sewaktu lengan sentrifug berputar. Katup pada selang dapat terbuka dan tertutup secara otomatis dengan menggunakan *remote control*. Botol bahan pencemar ditunjukkan oleh Gambar 10.

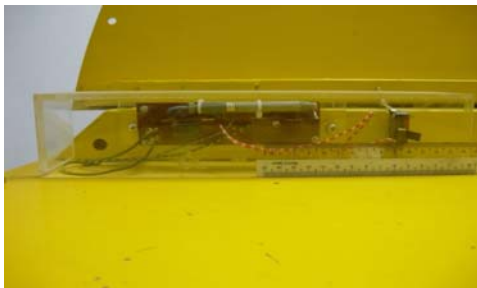
Komputer diperlukan untuk melihat gerakan bahan pencemar dalam kotak sampel secara langsung.



Gambar 11. CPU dan monitor

Komputer ini dipasang dengan perangkat lunak yang sesuai dengan kamera video digital yang digunakan. Spesifikasi komputer adalah: 1.8GHz, 256kb, 512MB DDR2 667 Mhz SDRAM, 80GB hard disk dan 48x CDRW/DVD combo drive. Komputer yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 11.

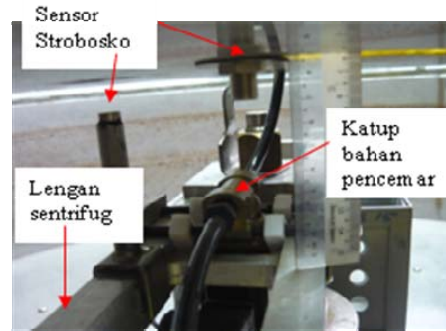
Sentrifug geoteknis UKM dilengkapi juga dengan beberapa sensor yaitu: Sensor Getaran, sensor ini diletakkan pada tutup sentrifug.



Gambar 12. Sensor getaran

Sensor ini berguna apabila sentrifug bergetar kencang maka secara otomatis motor sentrifug akan berhenti.

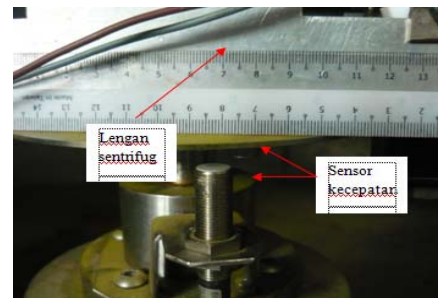
Sensor getaran ini ditunjukkan oleh Gambar 12. Sensor Stroboskop, sensor ini dibuat dari besi bulat dan diletakkan pada lengan sentrifug sebelah kotak sampel.



Gambar 13. Sensor stroboskop

Sensor ini akan memberi tanda pada stroboskop ini untuk memberikan cahaya sekiranya kotak sampel berada pada posisi di bawah lubang pandang (jendela). Hal ini dimaksudkan agar pada monitor hanya terlihat kotak sampel saja sewaktu sentrifug berputar. Sensor stroboskop ditunjukkan oleh Gambar 13.

Sensor Kecepatan, sensor kecepatan berfungsi untuk mengetahui kecepatan sentrifug. Sensor berbentuk piringan dan diletakkan pada sebelah bawah lengan sentrifug. Probe diletakkan di bawah piringan untuk membaca hasil kecepatan. Sensor ini bersambung dengan motor dengan menggunakan kabel. Sensor kecepatan ditunjukkan oleh Gambar 14.



Gambar 14. Sensor kecepatan

Sensor Penutup, sensor penutup berbentuk tombol dan diletakkan di atas lubang udara pada badan sentrifug. Penutup akan menekan sensor jika sentrifug ditutup dengan sempurna. Sensor akan memberi tanda pada motor untuk



tidak akan berputar sekiranya penutup sentrifug tidak tertutup secara sempurna. Sensor penutup ditunjukkan oleh Gambar 15.

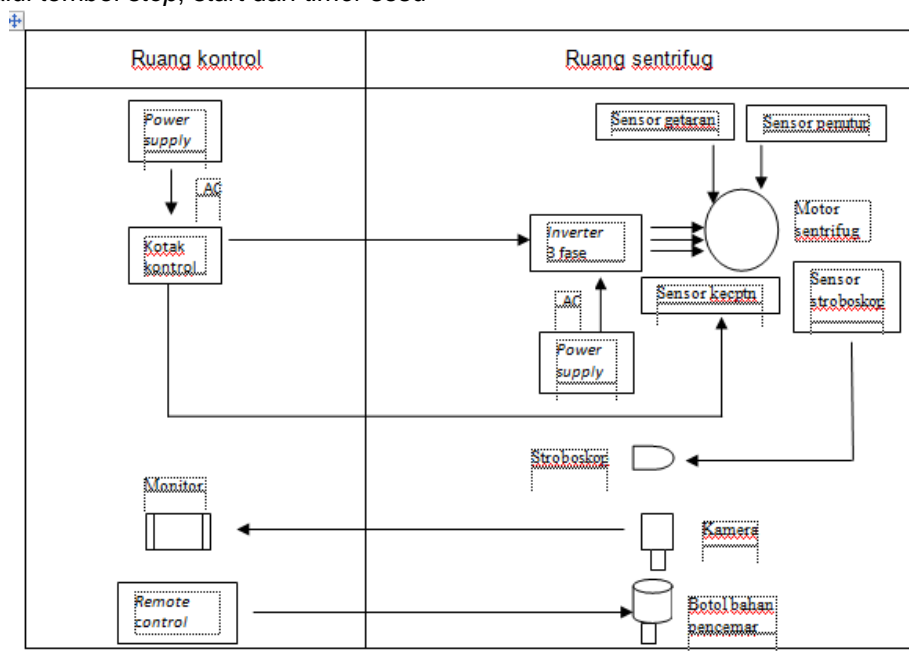


Gambar 15. Sensor penutup

Sistem kelistrikan sentrifug geoteknis ditunjukkan oleh Gambar 16. *Inverter* harus merubah arus satu fase jenis AC (bolak-balik) dari *power supply* menjadi tiga fase agar sesuai dengan motor sentrifug. Motor tersambung dengan sensor getaran dan sensor penutup yang membuat motor tidak berputar sekiranya terjadi getaran yang kencang pada sentrifug atau sentrifug tidak tertutup secara sempurna. Kotak kontrol mengontrol kerja-kerja motor sentrifug melalui tombol *stop*, *start* dan *timer* sesu-

ai dengan keinginan pengguna. Sen-sor kecepatan yang terdapat pada sen-trifug bersambung dengan kotak kontrol supaya kecepatan dari sentrifug dapat ditunjukkan di kotak kontrol. Sensor stroboskop dipasang pada lengan sentrifug dan akan memberikan isyarat kepada stroboskop kapan waktunya untuk memberi cahaya. Kamera video bersambung-kan pada CPU komputer sehingga dapat melihat pergerakan bahan pencemar secara langsung pada monitor. Botol bahan pencemar disambungkan dengan *remote control* dengan prinsip tanpa kabel sehingga katup dapat membuka atau menutup secara otomatis.

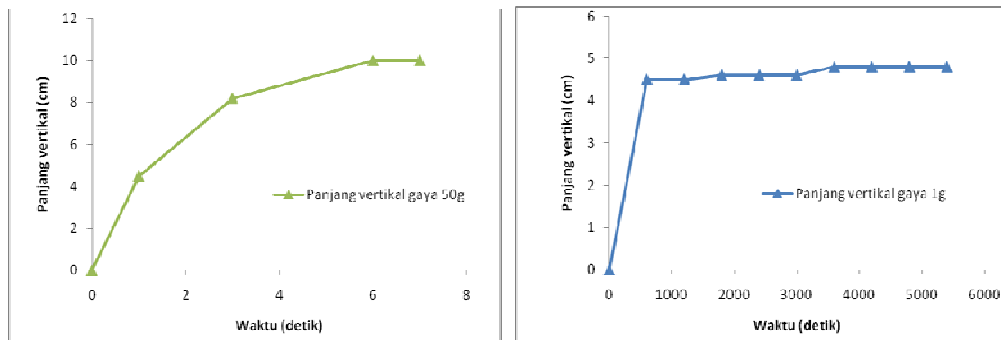
Aplikasi Sentrifug Ukm Dalam Kajian Lingkungan, sentrifug yang dibuat di UKM sudah digunakan dalam kajian lingkungan tentang bagaimana perbandingan pergerakan bahan pencemar pada gaya 1gr dan 50gr. Semua percobaan menggunakan 2kg tanah dan 40ml bahan pencemar jenis trikloroethylene (TCE). Percobaan menggunakan sentrifug untuk memperoleh gaya 50g. Tanah dimasukkan dalam kotak sampel, kemudian TCE disuntikkan pada kotak sampel. Panjang pergerakan TCE da-lam tanah diukur melawan waktu. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 16. Diagram sistem kelistrikan

Pada gaya 50g, 1detik setelah disuntik menghasilkan panjang 4.5cm dan pada gaya 1g, panjang 4.5cm diperoleh pada waktu 10 menit. Hal ini menunjukkan bahwa pada ujian ini, 1 detik pada

gaya 50g adalah sama dengan 10 menit pada gaya 1g atau penambahan gaya gravitasi menjadi 50g menyebabkan pergerakan TCE menjadi 600 kali lebih cepat berbanding 1g.



Gambar 17. Hasil pengukuran panjang TCE melawan waktu

#### KESIMPULAN

Sentrifug geoteknis Universiti ini Kebangsaan Malaysia sudah digunakan untuk berbagai penelitian terutamanya dalam bidang geologi lingkungan dan teknik sipil. Dari hasil penelitian didapat bahwa sentrifug dapat digunakan untuk mengetahui pergerakan bahan pencemar dan kestabilan lereng sehingga dapat disimpulkan bahwa sentrifug ini dapat digunakan sebagai pemodelan fisikal dalam percobaan.

#### TERIMA KASIH

Penelitian ini adalah bagian dari projek penelitian yang dibiayai oleh Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi Malaysia (MOSTI) E-Science Fund (04-01-02-SF0153).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Barth, G.B., Illangasekare, T.H. & Rajaram, H. 2003. The effect of entrapped nonaqueous phase liquids on tracer transport in heterogeneous porous media: laboratory experiments at the intermediate scale. *Journal of Contaminant Hydrology* 67: 247– 268.
- Esposito, G., Allersma, H.G.B & Selvadurai, A.P.S. 1999. Sentrifug modeling of LNAPL transport in partially saturated sand. *Journal Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 125 (12): 1066-1071.
- HDR Engineering. 2001. *Handbook of Public Water System*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Hu, L. M., Irene, M. C. L. & Meegoda, J. N. 2006. Sentrifug testing of NAPL migration and soil vapor extraction for soil remediation. *Practice Periodical of hazardous, Toxic, and Radioactive Waste management* 10 (1): 33-39.
- Kumar, P.R. 2006. An experimental methodology for monitoring contaminant transport through geotechnical sentrifug models. *Environmental Monitoring and Assessment* 117: 215-233.
- Lo, I.M.C., Hu, L.M. & Meegoda, J.N. 2004. Sentrifug modeling of light nonaqueous phase liquids transport in unsaturated soils. *Journal of Geotechnical and Environmental Engineering* 130 (5): 535-539.
- Mukhlisin, M., Ilyas Idris, Z. Wan, Y Wan, R.T Mohd. 2011. Soil slope deformation in relation to soil water interaction in based on sentrifug physical modeling. *International Journal Physical Science* 6 (13): 3126-3133.
- Marto, A, Makhtar, A.M, Kassim K.A, Yaacob W.Z & Muhardi. 2009. Physical Modelling of Fly Ash

- Embankmentin Mini geotechnical Sentrifug. *Prosiding International Conference of Sustainable Infrastructure and Built Environment in Developing Countries*: 76-82. Bandung.
- Nambi, I.M. & Powers, S. E. 1999. NAPL dissolution in heterogeneous system: an experimental investigation in a simple heterogeneous system. *Journal of Contaminant Hydrology* 44 : 161-184.
- Schnoor, J.L. 1996. *Environmental modeling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air and Soil*. New York: John Wiley and Sons, inc.
- Soga, K., Kawabarata, J., Kechavarzi, C., Coumoulos, H. & Waduga, W.A.P. 2003. Sentrifug modelling of nonaqueous phase liquid movement and entrapment in unsaturated layered soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 129 (2): 173-182.
- Wilson, D.J. & Clarke, A.N(editor). 2004. *Hazardous waste site soil remediation*. New York: Marcel Dekker Inc.

**PENGAMBILAN ZAT WARNA ALAMI ANTHOSIANIN  
DARI EKSTRAKSI KULIT MANGGIS (*Garcinia mangostana L*)**

Murni Yuniwati<sup>1</sup>, Fransiska Ovitarsi<sup>2</sup>, Dewi Wulandari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>.Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 11 Oktober 2012, revisi masuk: 8 Januari 2013, diterima: 19 Februari 2013

**ABSTRACT**

*Mangosteen is a fruit that is very popular in Indonesia. Besides delicious taste, mangosteen also has many benefits and efficacy, including the skin of the fruit. Skin tannin mangosteen contains compounds that can be used in the leather tanning industry, xanthone antioxidants, and anthosianin as a natural dye. Anthosianin in mangosteen skin, can be taken through the process of using solvent extraction and performed in acidic conditions. In this study, the solvent used is etanol and 2N HCl added as much as 0.1% by volume of etanol. The process carried out in a three-neck flask equipped with a heater, stirrer, and cooler. By using raw materials mangosteen peel 5 gams, 100 mL of etanol, and 0.1 mL of 2N HCl, the optimum process conditions obtained by using 3.5 hours, 60 ° C, the solvent content of 96% etanol and stirring speed 300 rpm. Under these conditions obtained anthosianin extracted total of 14.3275 mg.*

**Keywords:** Skin mangosteen, anthosianin, extraction.

**INTISARI**

Manggis merupakan salah satu buah yang sangat digemari di Indonesia. Selain rasanya yang lezat, manggis juga memiliki banyak manfaat dan khasiat, di antaranya bagian kulit buahnya. Kulit manggis mengandung senyawa tannin yang dapat digunakan di dalam industri penyamakan kulit, *xanthone* sebagai antioksidan, dan anthosianin sebagai zat warna alami. Anthosianin yang terdapat di dalam kulit manggis dapat diambil melalui proses ekstraksi menggunakan pelarut dan dilakukan dalam keadaan asam. Dalam penelitian ini, pelarut yang digunakan adalah etanol dan ditambahkan HCl 2N sebanyak 0,1% volume etanol. Proses dilakukan dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan pemanas, pengaduk, dan pendingin balik. Dengan menggunakan bahan baku kulit manggis sebanyak 5 g, 100 mL etanol teknis, serta 0,1 mL HCl 2N, diperoleh kondisi proses yang optimal yaitu dengan menggunakan waktu 3,5 jam, suhu 60°C, kadar pelarut etanol 96% dan kecepatan pengadukan 300 rpm. Dengan kondisi tersebut diperoleh total anthosianin terekstrak sebesar 14,3275 mg.

**Kata kunci:** Kulit manggis, anthosianin, ekstraksi.

**PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi. Buah manggis termasuk buah eksotik yang sangat digemari oleh konsumen, karena rasanya lezat, bentuk buah yang indah dan tekstur daging buah yang putih halus. Tidak jarang jika manggis mendapat julukan *Queen of tropical fruits*. Popularitas manggis semakin meningkat seiring dengan semakin banyaknya penelitian yang meneliti tentang beragam manfaat dan khasiat yang

ada di dalamnya, di antaranya bagian kulit buahnya (Trubus, 2009).

Anthosianin merupakan zat warna alami yang memberikan warna merah, ungu, dan biru yang terdapat dalam tanaman. Kandungan anthosianin yang terdapat dalam kulit manggis ini dapat diambil dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut yang bersifat polar misalnya etanol, air, dan metanol (Suhardi, 1999). Pada penelitian ini anthosianin yang terdapat dalam kulit manggis akan di ekstraksi menggunakan pelarut etanol.

Pemanfaatan zat warna alami anthosianin ini merupakan salah satu jawaban terhadap keterbatasan zat pewarna alami yang dapat digunakan dalam dunia industri. Anthosianin dapat digunakan sebagai zat pewarna pada industri tekstil dan pangan, yang sampai saat ini masih menggunakan zat pewarna buatan yang berbahaya bagi kesehatan serta limbahnya yang dapat merusak lingkungan. Zat warna alami dari anthosianin juga dapat dimanfaatkan sebagai indikator alami (Kwartiningsih dkk., 2009).

Buah Manggis (*Garcinia mangostana L*) secara taksonomi termasuk divisi *Spermatophyta*, kelas *Angiospermae*, ordo *Thalamiflora*, family *Guttiferae*, dan genus *Garcinia*. Buah manggis berbentuk bulat dan berwarna ungu karena mengandung banyak anthosianin pada kulitnya.



Gambar 1. Buah manggis (*Garcinia mangostana L*)

Komposisi bagian buah manggis yang dimakan per 100 g meliputi air 79,2 g, protein 0,5g, karbohidrat 19,8g, serat 0,3 g, kalsium 11 mg, fosfor 17 mg, besi 0,9mg, vitamin C 66mg, vitamin B (tamin) 0,09 mg, vitamin B2 (riboflavin) 0,06 mg, dan vitamin B5 (niasin) 0,1mg (www.suaramerdeka.com).

Buah manggis dapat disajikan dalam bentuk segar, sebagai buah kaleng dan dibuat sirup/sari buah. Secara tradisioanal buah manggis adalah obat sariawan, wasir dan luka. Kulit manggis dimanfaatkan sebagai pewarna untuk tekstil dan air rebusannya dimanfaatkan sebagai obat tradisional. Batang pohon dipakai sebagai bahan bangunan, kayu bakar, atau kerajinan ([www.ristek.go.id](http://www.ristek.go.id)).

Kulit manggis merupakan bagian dari buah manggis yang banyak dimanfaatkan, salah satunya sebagai

pewarna alami. Kulit buah mengandung anthosianin seperti *cy-anindin-3-sophoroside* dan *cyaniding-3-glu-coside*. Senyawa tersebut berperan penting dalam pewarnaan kulit manggis. Anthosianin dalam kulit manggis dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami dalam industri tekstil dan juga sebagai indikator alami serta dapat juga digunakan sebagai pewarna alami pada makanan (Kwartiningsih dkk., 2009).

Jika semua kandungan yang terdapat dalam kulit manggis diekstraksi, maka akan didapat bahan pewarna alami berupa anthosianin. Anthosinin akan berwarna merah pada suasana asam (pH 3), berwarna ungu pada suasana netral (pH 7) dan berwarna biru tua pada suasana basa (pH 11) (Suhardi, 1999).

Adapun kandungan nutrisi pada kulit manggis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Kulit Manggis

Kompisisi	Jumlah
Air	5,87%
Abu	2,17%
Lemak	6,45%
Protein	3,02%
Total gula	2,10%
Karbohidrat	82,50%
Anthosianin	5,7-6,2 mg/g kulit
Xanthone	0,7-34,9 mg/g kulit
Total fenol	50,5-154,6 mg/g kulit

Sumber: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, 2010.

Kulit buah manggis juga mengandung *flavan-3,4-diols* yang tergolong senyawa tannin berupa pigmen kuning sampai coklat. Tannin dapat digunakan dalam Industri penyamakan kulit ([www.suara merdeka.com](http://www.suara merdeka.com)).

Selain kulit buah manggis juga mengandung *xanthone* yang bermanfaat sebagai antioksidan. Saat ini *xanthone* yang terdapat dalam kulit buah manggis sedang dikembangkan sebagai salah satu alternatif pengobatan kanker dan menjadi salah satu komoditas ekspor ke Malaysia dan India (Trubus, 2009).

Zat pewarna merupakan suatu bahan kimia baik alami maupun sintetis yang dapat memberikan warna (Elbe and Schwartz, 1996).

Menurut Hidayat dan Anis (2006) Pigmen zat pewarna yang diperoleh dari bahan secara alami antara lain: a).Karoten, menghasilkan warna jingga sampai merah, dapat diperoleh dari wortel, pepaya, dan lain-lain. b).Biksin, menghasilkan warna kuning, diperoleh dari biji pohon *Bixa orellan*. c).Karamel, menghasilkan warna coklat gelap merupakan hasil dari hidrolisis karbohidrat, gula pasir, laktosa, dan lain-lain. d).Klorofil, menghasilkan warna hijau, diperoleh dari daun suji, pandan, dan lain-lain.

Anthosianin, menghasilkan warna merah, oranye, ungu, biru, kuning. a). Buah-buahan seperti buah anggur, strawberry, duwet, bunga mawar, kana, rosella, pacar air, kulit manggis, kulit rambutan, ubi jalar ungu, daun bayam merah, dan lain-lain. b).Tannin, menghasilkan warna coklat, terdapat dalam getah.

Anthosianin banyak terkandung dalam buah, bunga, dan sayuran. Anthosianin berasal dari bahasa Yunani yaitu *antho* yang berarti bunga dan *sianos* yang artinya biru, yang digunakan untuk menamai zat warna biru dari suatu bunga ([www.wiki.pedia.com](http://www.wiki.pedia.com)).

Anthosianin merupakan pewarna yang penting dan tersebar luas dalam tumbuhan. Anthosianin secara umum mempunyai stabilitas yang rendah. Pada pemanasan yang tinggi, kestabilan dan ketahanan zat warna anthosianin akan berubah dan mengakibatkan kerusakan. Selain mempengaruhi warna anthosianin, pH juga mempengaruhi stabilitasnya, dalam suasana asam akan berwarna merah, dan dalam suasana basa berwarna biru. Anthosianin lebih stabil dalam suasana asam dibandingkan dengan dalam suasana alkalis atau netral (Walford, 1989).

Menurut Suhardi (1999), penentuan jumlah anthosianin dapat menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm pada pH 1 dan pH 4,5. Pemilihan pH 1 dan pH 4,5 berdasarkan penelitian.

Ekstraksi, proses utama yang akan diterapkan dalam penelitian ini adalah ekstraksi. Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan campuran menjadi komponen-komponen penyusunnya menggunakan zat pelarut cair,

berdasarkan perbedaan daya larut komponen tersebut dalam pelarut yang digunakan.

Menurut Ketaren (2009) ada tiga macam cara ekstraksi yaitu a). Rendering merupakan suatu cara ekstraksi minyak atau lemak dari bahan yang diduga mengandung minyak atau lemak dengan kadar air tinggi. Menurut pengerjaannya rendering dibagi dalam dua cara yaitu *wet* dan *dry rendering*. b).*Mechanical expression* (pengepresan mekanik). c).Merupakan suatu cara ekstraksi terutama untuk bahan yang berasal dari biji-bijian. Dua cara yang umum dalam pengepresan mekanis yaitu pengepresan hidrolik dan pengepresan berulir. d). *Solvent extraction* (ekstraksi dengan pelarut), merupakan pemisahan campuran menjadi komponen-komponen penyusunnya menggunakan zat pelarut cair.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ekstraksi dengan pelarut antara lain: 1).Suhu ekstraksi, semakin tinggi suhu, maka semakin besar daya larut bahan dalam *solvent* sehingga randemen yang terbentuk lebih banyak. Namun jika suhu terlalu tinggi akan menyebabkan dekomposisi, sehingga perlu dicari suhu yang optimum (Markakis, 1982). 2).Waktu ekstraksi, semakin lama waktu ekstraksi, maka zat warna yang akan terambil akan semakin banyak karena kontak antara kedua fase semakin baik. Tetapi waktu ekstraksi yang melampaui batas optimum tidak akan menambah hasil ekstraksi (Rahayu, S. dan Suparni, 2008). 3).Perbandingan jumlah bahan terhadap pelarut. Semakin banyak jumlah *solvent*, maka jumlah anthosianin, yang terlarut semakin banyak. Tetapi penambahan pelarut yang melampaui batas optimum justru tidak dapat melarutkan secara efektif (De Renzo, 1980). 4).Ukuran bahan, semakin kecil ukuran bahan berarti semakin luas permukaan sesungguhnya sehingga kontak antara bahan dan zat pelarut semakin baik (Suwaji,dan kawan-kawan, 1979). 5). Jenis pelarut, pemilihan jenis pelarut yang sesuai akan mempengaruhi kelarutan zat warna, biasanya digunakan pelarut organik yang mempunyai titik

didih rendah misalnya etanol (Mulyani, 1992). 6). Kadar pelarut, agar diperoleh hasil yang banyak, kadar pelarut diperbesar sehingga semakin tinggi kadar pelarut maka akan didapat hasil ekstraksi yang lebih besar (Kirk and Othmer, 1998). 7). Kecepatan proses pengadukan, pada proses ekstraksi dengan pengadukan, semakin besar kecepatan pengadukannya dapat mempercepat proses ekstraksi serta memperbanyak hasil ekstraksi. Hal ini disebabkan karena dengan pengadukan akan menyebabkan kontak antara bahan dengan pelarut semakin besar (Kim *et al.*, 2006).

Tujuan Penelitian, ini untuk mempelajari pengaruh kondisi proses (waktu, suhu, kadar etanol, dan kecepatan pengadukan) terhadap total anthosianin yang dapat terekstrak, serta menentukan kondisi operasi yang optimum dalam pengambilan zat warna alami anthosianin dari ekstraksi kulit manggis dengan pelarut etanol.

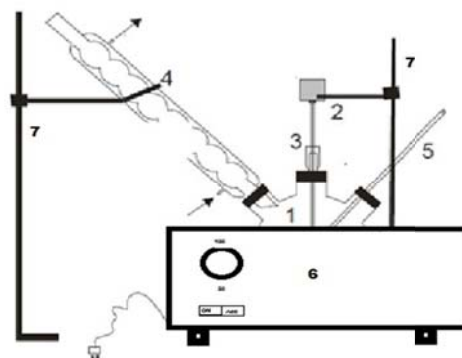
## METODE

Bahan penelitian yang digunakan adalah kulit manggis, etanol, HCl 2 N dan bahan pembantu berupa larutan buffer pH 1, larutan buffer pH 4,5 serta aqua-dest, alat yang digunakan merupakan rangkaian alat ekstraksi yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Prosedur Penelitian, persiapan bahan kulit manggis yang masih segar dipotong kecil-kecil. Kemudian dianalisa kadar air dan kandungan warna yang terdapat di dalam kulit manggis. Ekstraksi kulit manggis, lima gram kulit manggis yang sudah dipotong dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang sudah dirangkai, kemudian ditambahkan 100 mL etanol dan 0,1 mL HCl 2N. Selanjutnya *waterbath* dihidupkan dan air dalam pendingin balik dialirkan serta dilakukan pengadukan dengan kecepatan tertentu.

Penelitian dilakukan dengan memvariasi waktu, suhu, kadar etanol, dan kecepatan pengadukan dengan variabel lain dijaga tetap. Setelah ekstraksi selesai, *waterbath* dan air dalam pendingin balik dimatikan. La-

rutan disaring menggunakan kertas saring, kemudian filtratnya diukur nilai absorbansinya untuk menghitung total anthosianin yang terekstrak.



Keterangan gambar:

1. Labu leher tiga
2. Motor pengaduk
3. Pengaduk merkuri
4. Pendingin balik
5. Thermometer
6. Water bath
7. Statif

Gambar 2. Rangkaian Alat Ekstraksi

Analisis anthosianin dalam ekstrak dilakukan dengan menggunakan spectrophotometer, perhitungan kadar anthosianin terekstrak dilakukan dengan metode yang dikemukakan oleh Horwitz and Latimer, pada tahun 2005 sebagai berikut:

Dua larutan disiapkan, pada sampel pertama digunakan buffer KCl dengan pH 1 dan untuk sampel kedua digunakan buffer  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dengan pH 4,5. Masing-masing sampel dilarutkan dengan larutan buffer berdasarkan DF (*dillution factors*) yang sudah ditentukan sebelumnya. Kedua sampel dibiarkan selama 15 menit sebelum diukur.

Absorbansi dari setiap larutan pada panjang gelombang 520nm dan 700nm di-ukur dengan buffer pH 1, dan buffer pH 4,5 sebagai blankonya. Nilai absorbansi:

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH}1} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH}4,5}$$

$$\text{Kadar} = (A/\epsilon \cdot L) \text{BM} \cdot \text{Df} (V/W) \times 1000$$

dengan

- $\epsilon$  = Koefisien ekstingsi molar  
 $26.900 \text{ L}/(\text{gmol} \cdot \text{cm})$   
L = Lebar kuvet ( 1 cm)  
BM = Berat molekul sianidin

3-glukosida (449,2 g/gmol)  
Df = Dillution Factor (15)  
V = Volume pelarut (Liter)  
W = Berat bahan (g)

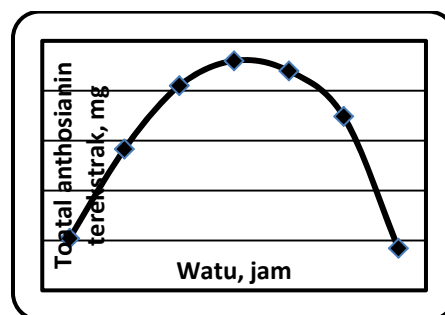
### PEMBAHASAN

Pengaruh Waktu Ekstraksi, untuk mempelajari pengaruh waktu ekstraksi terhadap total anthosianin terekstrak dilakukan penelitian dengan memvariasi waktu ekstraksi, sedangkan variabel lain yang meliputi berat bahan baku, volume HCl 2N, suhu ekstraksi, volume dan kadar etanol 96% serta kecepatan pengadukan dibuat tetap. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap total anthosianin terekstrak (berat bahan baku 5 g, 100 mL etanol 96% , 0,1 mL HCl 2N, kecepatan pengadukan 300 rpm, suhu ekstraksi 69°C)

Waktu jam	pH	520 nm	700 nm	Absorbansi	Anthosianin mg
0,5	1	0,869	0,38	0,243	6,085
	4,5	0,5	0,254		
1,5	1	1,085	0,417	0,386	9,665
	4,5	0,488	0,206		
2,5	1	1,173	0,450	0,480	12,200
	4,5	0,366	0,123		
3,5	1	1,338	0,511	0,527	13,200
	4,5	0,472	0,172		
4,5	1	1,236	0,521	0,511	12,795
	4,5	0,380	0,176		
5,5	1	1,307	0,509	0,438	10,970
	4,5	0,588	0,228		
6,5	1	1,535	0,928	0,227	5,685
	4,5	0,702	0,322		

Dari Tabel 2 dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu ekstraksi, maka total anthosianin yang terekstrak akan terus bertambah sampai waktu ekstraksi 3,5 jam. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu ekstraksi maka semakin banyak juga anthosianin yang terekstrak. Namun ketika waktu ekstraksi di atas 3,5 jam total anthosianin yang terekstrak mengalami penurunan, hal ini dapat terjadi karena adanya kontak dengan panas yang terlalu lama ini dapat menyebabkan anthosianin yang terdapat dalam kulit manggis mengalami kerusakan



Gambar 3. Grafik hubungan waktu ekstraksi dengan total anthosianin terekstrak

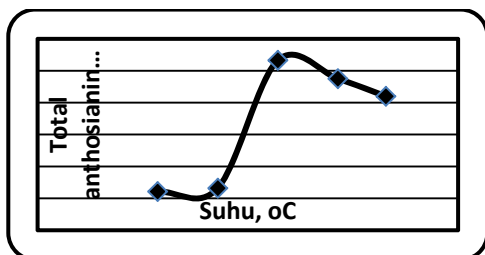
Tabel 3. Pengaruh suhu ekstraksi terhadap total anthosianin terekstrak (berat bahan baku 5 g, 100 mL etanol 96%, 0,1 mL HCl 2 N, kecepatan pengadukan 300 rpm, waktu ekstraksi 3,5 jam)

Suhu , °C	pH	520 nm	700 nm	Absorbansi	anthosianin mg
50	1	0,858	0,264		
	4,5	0,277	0,091	0,408	10,215
55	1	1,000	0,329		
	4,5	0,427	0,168	0,412	10,320
60	1	1,357	0,540		
	4,5	0,538	0,293	0,572	14,325
65	1	1,720	0,785		
	4,5	0,660	0,274	0,549	13,750
69	1	1,338	0,511		
	4,5	0,472	0,172	0,527	13,200

Menurut Markakis (1982), pemanasan sangat berpengaruh pada stabilitas warna dan dapat menyebabkan menjadi pucat. Pengaruh Suhu Ekstraksi, untuk mempelajari pengaruh suhu ekstraksi terhadap total anthosianin terekstrak dilakukan penelitian dengan variasi suhu ekstraksi, sedang variabel lain yang meliputi berat bahan baku, volume HCl 2N, waktu ekstraksi, volume dan kadar etanol 96% serta kecepatan pengadukan dibuat tetap. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Dari Tabel 3 dan Gambar 4, dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu ekstraksi, maka total anthosianin yang terekstrak akan semakin besar. Akan tetapi ketika suhu berada diatas 60°C total anthosianin terekstrak mengalami penurunan.





Gambar 4. Grafik hubungan suhu ekstraksi dengan total anthosianin terekstrak

Hal ini disebabkan anthosianin peka terhadap panas, kerusakan anthosianin berbanding lurus dengan kenaikan suhu yang digunakan. Penurunan stabilitas warna akibat suhu yang tinggi terjadi karena dekomposisi anthosianin dari bentuk aglikon menjadi chalcone (tidak berwarna) dan akhirnya membentuk alfa diketon yang berwarna coklat (Markakis, 1982).

Pengaruh Kadar Etanol, untuk mempelajari pengaruh kadar etanol terhadap total anthosianin terekstrak dilakukan penelitian dengan memvariasi kadar etanol sedangkan variabel lain yang meliputi berat bahan baku, volume etanol, volume HCl 2N, kecepatan pengadukan, waktu serta suhu ekstraksi dibuat tetap. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 5.

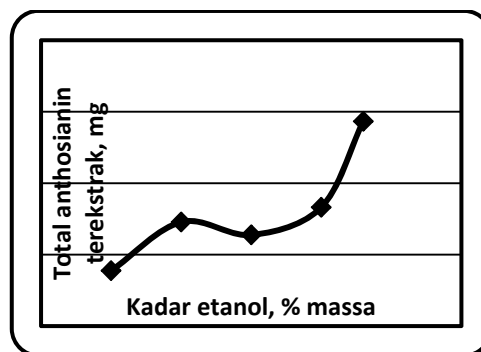
Dari Tabel 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar etanol, maka anthosianin yang terekstrak akan semakin besar. Jika kandungan air dalam pelarut semakin banyak mengakibatkan semakin banyak senyawa nonfenolik yang terekstrak. Sifat air yang terlalu polar menyebabkan anthosianin yang terekstrak hanya sedikit (Lapornik et al, 2005). Hal ini akan mengakibatkan kualitas warna hasil ekstraksi menjadi keruh dan berwarna kekuningan. Pada penelitian ini anthosianin dari kulit manggis dapat diekstrak dengan maksimal jika diekstraksi dengan pelarut etanol teknis dengan kadar 96%.

Pengaruh Kecepatan Pengadukan, untuk mempelajari pengaruh kecepatan pengadukan terhadap total anthosianin yang terekstrak dilakukan penelitian dengan mem-variasi kecepatan pengadukan

sedangkan variabel lain yang meliputi berat bahan baku, volume etanol, kadar etanol, volume HCl 2N, waktu serta suhu ekstraksi dibuat tetap. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 6.

Tabel 4. Pengaruh kadar etanol terhadap total anthosianin terekstrak (berat bahan baku 5 g, volume etanol 100 mL, 0,1 mL HCl 2N, kecepatan pengadukan 300 rpm, suhu ekstraksi 60°C)

Kadar (%)	pH	520 nm	700 nm	Absorbansi	Anthosianin, mg
60	1	0,846	0,381	0,155	3,880
	4,5	0,588	0,278		
70	1	1,185	0,493	0,291	7,285
	4,5	0,655	0,254		
80	1	0,919	0,34	0,255	6,385
	4,5	0,529	0,205		
90	1	0,907	0,363	0,332	8,315
	4,5	0,373	0,161		
96	1	1,357	0,54	0,572	14,325
	4,5	0,538	0,293		

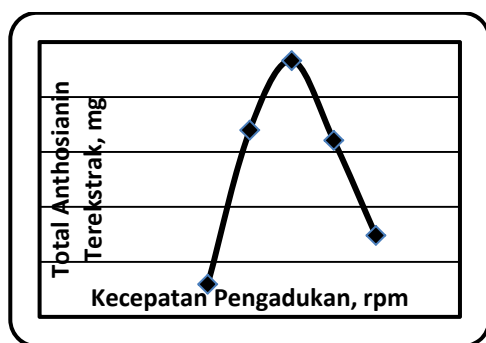


Gambar 5. Grafik hubungan kadar etanol dengan total anthosianin yang terekstrak

Dari Tabel 5 dan Gambar 6, dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan pengadukannya maka anthosianin yang terekstrak akan semakin besar sampai pada kecepatan pengadukan 300 rpm. Penyebabnya adalah jika kecepatan pengadukan semakin besar membuat turbulensi semakin besar dan kontak antara bahan baku dengan pelarut lebih besar maka transfer anthosianin ke dalam pelarut bertambah besar sehingga akan semakin banyak yang terlarut (Kim et al., 2006).

Tabel 5. Pengaruh kecepatan pengaduk terhadap total anthosianin terekstrak (5 g bahan baku, 100 mL etanol 96%, 0,1 mL HCl 2 N, waktu ekstraksi 3,5 jam dan suhu ekstraksi 60<sup>0</sup> C)

Kec. (rpm)	pH	520 nm	700 nm	Absorbansi	anthosianin (mg/g)
200	1	0,971	0,305	0,247	6,185
	4,5	0,523	0,104		
250	1	1,113	0,401	0,467	11,795
	4,5	0,510	0,265		
300	1	1,357	0,54	0,572	14,325
	4,5	0,538	0,293		
350	1	1,574	0,746	0,456	11,42
	4,5	0,540	0,168		
400	1	0,918	0,342	0,318	7,965
	4,5	0,338	0,080		



Gambar 6. Grafik hubungan kecepatan pengadukan dengan total anthosianin yang terekstrak.

Tetapi jika kecepatan pengadukan melebihi 300 rpm total anthosianin yang terekstrak akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan terjadinya "vortex" yang menurunkan turbulensi dan menyebabkan banyak bahan padat menempel di dinding. Hal ini mengakibatkan kontak bahan dengan pelarut tidak baik sehingga proses ekstraksi menjadi tidak optimal.

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa limbah kulit manggis dapat diambil kandungan pewarna alaminya melalui proses ekstraksi menggunakan pelarut etanol.

Semakin lama waktu ekstraksi maka anthosianin yang dapat terekstrak

semakin besar sampai pada waktu 3,5 jam, setelah itu mengalami penurunan.

Semakin tinggi suhu ekstraksi maka anthosianin yang dapat terekstrak semakin besar sampai suhu 60°C, setelah itu mengalami penurunan.

Semakin besar kadar etanol yang digunakan sebagai pelarut maka anthosianin yang dapat terekstrak semakin banyak.

Semakin besar kecepatan pengadukan maka anthosianin yang terekstrak juga semakin besar sampai kecepatan 300 rpm setelah itu mengalami penurunan.

Dengan menggunakan bahan sebanyak 5gr kulit manggis, 100mL etanol, HCl 2N sebanyak 0,1% volume etanol, ekstraksi selama 3,5 jam dan suhu 60°C diperoleh kadar etanol yang optimal sebagai pelarut sebesar 96% dan kecepatan pengadukan 300 rpm. Dengan kondisi tersebut diperoleh kadar anthosianin sebesar 14,3275mg.

### DAFTAR PUSTAKA

- Elbe, J.H., dan Schwartz, T.J., 1996, "Food Chemistry". New York.
- Hidayat, N. dan Anis, E. 2006, "Membuat Pewarna Alami", Trubus Agisarana.
- Ketaren, 2008, "Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak", edisi 3, UI Press, Ja-karta
- Kirk, R.E., and Othmer, D., 1998, "Encyclopedia Of Chemical Technology". 4<sup>th</sup> ed., Vol. 10, John Wiley & Sons, Ca-nada.
- Kwartiningsih, E., Ardiana, D., Agus Wiyanto, A., dan Triyono, A., 2009, "Zat Pewarna Alami Tekstil dari Kulit Buah Manggis". Teknik Kimia, UNS, Sura-karta.
- Markakis, P., 1982, "Anthocyanins as Food Colors", Academic Press., New York.
- Mulyani, S., 1992, "Zat Warna Alamiah untuk Makanan dan Minuman", PAU, UGM, Yogyakarta.
- Rahayu, S. dan Suparni., 2008, "Kimia Industri" Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta.
- Suhardi, 1999, "Analisa Pigmen Tanaman dan Bahan Tambahan

Makanan” , AHP, THP, FTP,  
UGM, Yogyakarta.

Suwaji, 1979, ”Laporan Penelitian  
Tentang Pemanfaatan Sumber  
Nabati Seba-gai Pewarna Dalam  
Industri Maka-nan dan  
Minuman”, Balai Penelitian,  
Semarang.

Trubus No. 475, Juni 2009/XL

<http://www.suamerdeka.com/harian/01/1/12/ragam05.htm>.

Walford, J., 1983, *Development in Food  
Co-lours*, Applied Science  
Publisher, LTD., London

[www.ristek.go.id/pertanian/manggis.pdf](http://www.ristek.go.id/pertanian/manggis.pdf)  
[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

## ANALISIS KARAKTERISTIK POMPA SENTRIFUGAL DENGAN SISTEM SERI DAN PARALEL

Rachmat Subagyo<sup>1</sup>, Muchsin<sup>2</sup>, Rezky Aulia<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Prodi Teknik Mesin Universitas Lambungmangkurat Kalimantan Selatan

<sup>2</sup>Prodi Teknik Mesin Universitas Tadulako Sulawesi Tengah

Masuk: 19 September 2012, revisi masuk: 4 Januari 2013, diterima: 23 Januari 2013

### ABSTACT

*The pump is a device for providing mechanical energy to the fluid. At the pump, the fluid density is constant and large. The pump is intended for the transport fluid (horizontal and vertical), raising the pressure and increase speed. The main weakness of the centrifugal pump is located on the limitation of the pressure blower (delivery pressure) and not able to provoke their own. For that use multi-level which is usually the same wheelbase and driven by the motor. Various circuits can be used to satisfy a certain condition. Namely series and parallel systems, where a parallel system to increase the pump head and the series system to increase the flow rate. To overcome these problems the research conducted on the characteristics of the pump between the pump with series and parallel systems. To find out the advantages of each characteristic. In this activity, carried out research using the dependent variable valve opening, the load and the volume of water comprising: valve openings  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  and 1 and for loading performed at a load 0.25 kg, 0.5 kg, 0.75 kg and 1kg and to use as much water 5 litre, while independent variables are used, namely engine speed of 2980 rpm most of the worth of the smallest worth up to 2945 rpm, the pressure at the pump in and out and the time spent to reach the volume of water by 5 litre. From the test results shows that the comparison between series and parallel pumps each have advantages, further increase in the pump head series and parallel pump further improve the discharge, the pump power and highest efficiency in parallel with 112.79 worth of watts and 65% and the power series highest pump valued at 113.00 watts and the highest efficiency of 53%.*

**Keywords:** piping systems, pump series, parallel pump, centrifugal pump characteristics.

### INTISARI

*Pompa adalah alat untuk memberikan energi mekanis kepada cairan. Pada pompa, densitas fluida konstan dan besar. Pompa ini bertujuan sebagai alat transportasi fluida (horizontal maupun vertikal), menaikkan tekanan dan menaikkan kecepatan. Kelemahan utama pompa sentrifugal ini terletak pada terbatasnya tekanan penghembus (delivery pressure) serta tidak mampu memancing sendiri. Untuk itu digunakan multi tingkat yang biasanya bersumbu sama serta digerakkan oleh motor. Berbagai rangkaian dapat digunakan untuk memenuhi suatu keadaan tertentu. Yaitu sistem seri dan paralel, dimana sistem paralel pompa untuk meningkatkan head dan sistem seri untuk meningkatkan debit aliran. Untuk mengatasi masalah tersebut maka diadakan penelitian mengenai karakteristik pompa antara pompa dengan sistem seri dan paralel. Untuk mengetahui keunggulan dari masing-masing karakteristik. Pada kegiatan ini, dilakukan penelitian dengan menggunakan variabel terikat bukaan katub, beban dan volume air yang terdiri dari: bukaan katub  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  dan 1 dan untuk pembebanan dilakukan pada beban 0,25kg, 0,5kg, 0,75kg dan 1kg dan untuk air dipakai sebanyak 5l, sedangkan variabel bebas yang digunakan yaitu putaran mesin dari paling besar senilai 2980 rpm sampai dengan yang terkecil senilai 2945 rpm, tekanan masuk dan keluar pada pompa serta waktu yang digunakan untuk mencapai volume air sebanyak 5l. Dari hasil pengujian terlihat bahwa perbandingan antara pompa seri dan paralel masing-masing memiliki keunggulan, pada pompa seri lebih meningkatkan head dan pompa paralel lebih meningkatkan debit, dengan daya pompa dan efisiensi tertinggi pada paralel dengan*

senilai 112,79 watt dan 65% dan seri daya pompa paling tinggi senilai 113,00 watt dan efisiensi tertinggi 53%.

**Kata kunci :** sistem perpipaan, pompa seri, pompa paralel, karakteristik pompa sentrifugal.

## PENDAHULUAN

Pada dasarnya prinsip kerja pompa adalah membuat tekanan rendah pada isap, sehingga fluida akan terhisap masuk dan mengeluarkannya pada sisi tekan atau sisi keluar dengan tekanan yang lebih tinggi, semua itu dilakukan dengan menggunakan elemen pompa penggerak yaitu impeler, plunger atau piston. Untuk bekerja pompa membutuhkan energi yang diperoleh dari luar yang biasa diperoleh dari motor listrik atau motor bakar.

Pompa sentrifugal adalah suatu pompa dimana energi mekanis diubah menjadi energi hidrolis dengan cara memberikan gaya sentrifugal pada fluida yang dipindahkan. Gaya sentrifugal ini ditimbulkan oleh sejumlah sudu yang berputar dan berada di rumah pompa. Cairan masuk melalui sebuah saluran masuk kemudian menuju casing yang di dalam casing tersebut fluida diputar oleh sudu (*impeller*) pompa, sehingga menghasilkan gaya tekan keluar dari pompa.

Performa kerja dari pompa ditentukan oleh efisiensinya, semakin tinggi efisiensi sebuah pompa maka akan semakin baik performanya. Penurunan nilai efisiensi dari berbagai jenis merk pompa adalah tidak sama yaitu untuk pompa jenis Nijhuis (1983) adalah 0,17 per tahun dan pompa jenis Torishima (2004) sebesar 1,24 per tahun. Penurunan nilai efisiensi dipengaruhi oleh kualitas material pompa, perawatan selama operasi dan pemasangan instalasi ( *Puji Saksono, 2005* )

Perubahan kecepatan aliran air, debit dan kerugian pada pompa sentrifugal sangat dipengaruhi oleh perubahan putaran motor dan variasi bukaan katup yang dilakukan. Oleh sebab itu dalam perencanaan kedua faktor diatas harus diperhatikan dan dijadikan sebagai acuan untuk mendapatkan performance pompa optimal ( *RM. Bagus Irawan, 2005* )

Hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan pompa adalah terjadinya kavitasi. Kavitasi akan menimbulkan penurunan performa dari pompa itu sendiri. Kavitasi sebagai ancaman terbesar dalam operasional pompa sentrifugal, sangat dianjurkan untuk dicegah dan dikenali secara dini. Turunnya performansi pompa secara tiba-tiba, suara berisik dan getaran, serta kerusakan pada impeler merupakan beberapa indikasi pompa telah mengalami kavitasi. Secara teoritis, pemeriksaan pompa dari kavitasi dapat dilakukan dengan perhitungan besarnya NPSH, di mana berlaku  $NPSH_{tersedia} > NPSH_{diperlukan}$  bila tidak dikehendaki terjadi kavitasi. Secara praktis, beberapa cara dapat dilakukan terhadap faktor penunjang operasional pompa, seperti koreksi pada posisi pompa, saluran pipa, hingga injeksi fluida pendingin pada sisi isap ( *Theodorus B. H., 2000* ).

Pemilihan jenis pompa yang sesuai dengan penggunaan dan kondisi kerja akan berpengaruh terhadap financial dan kapasitas yang dihasilkan. Penggunaan pompa submersible tipe SP 95-5 berkapasitas 15 lt/det memberikan biaya produksi air bersih lebih murah 1,2% dibandingkan dengan menggunakan pompa sentrifugal tipe CR 60-80 berkapasitas 15 lt/dt. Berdasarkan analisis financial kedua jenis pompa layak digunakan pada proyek ini, tapi pompa Submersible tipe SP 95-5 berkapasitas 15 lt/dt lebih menguntungkan. ( *I Gede Nyoman Sangka, 2011* ).

Pada sistem instalasi perpipaan dan pompa kadang bisa di susun seri atau paralel, dimana sistem paralel pompa digunakan untuk meningkatkan *head* dan sistem seri untuk meningkatkan debit aliran. Pada umumnya pompa digunakan untuk menaikan fluida sebuah reservoir, pengairan pengisi katel, dan sebagainya. Dalam hal ini pelaksanaan operasionalnya dapat bekerja secara tunggal, seri, dan paralel yang

kesemuannya tergantung pada kebutuhan serta yang peralatan yang ada. Berikut adalah definisi dari istilah-istilah yang di gunakan pada pompa:

**Head (H)**, head adalah energi angkat atau dapat digunakan sebagai perbandingan antara suatu energi pompa per satuan berat fluida. Pengukuran dilakukan dengan mengukur beda tekanan antara pipa isap dengan pipa tekan, satuannya adalah meter.

**Kapasitas (Q)**, satuannya adalah  $m^3/s$ . Kapasitas adalah jumlah fluida yang dialirkan persatuan waktu.

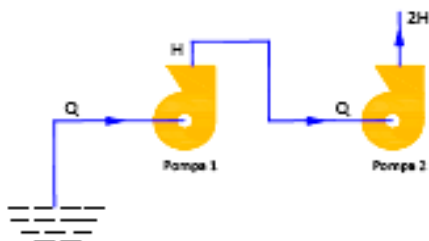
**Putaran (n)**, satuan rpm putaran adalah dinyatakan dalam rpm dan diukur dengan tachometer.

**Daya (P)**, satuan Watt, daya dibedakan atas 2 macam, yaitu daya dengan poros yang diberikan motor listrik dan daya air yang dihasilkan pompa.

**Momen Puntir (T)**, satuan N/m. Momen puntir diukur dengan memakai motor listrik arus searah, dilengkapi dengan pengukur momen.

**Efisiensi ( $\eta$ )**, satuan %, efisiensi pompa adalah perbandingan antara daya air yang dihasilkan pompa dengan daya poros dari motor listrik.

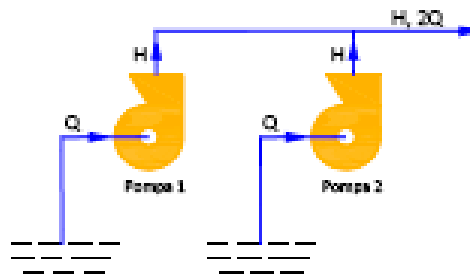
Pompa seri, bila head yang diperlukan besar dan tidak dapat dilayani oleh satu pompa, maka dapat digunakan lebih dari satu pompa yang disusun secara seri. Penyusunan pompa secara seri dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Sistem pompa seri

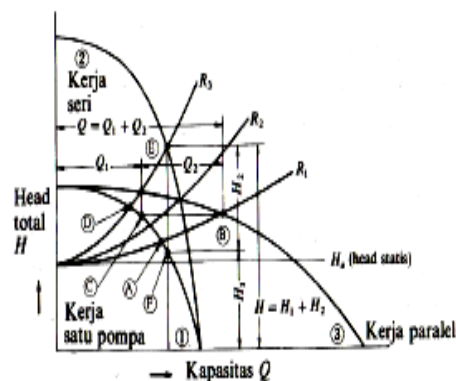
Dalam operasi pompa secara seri, pompa 1 dan pompa 2 akan menghasilkan head  $H_{1+2}$  dengan penjumlahan headnya. Pada waktu menjalankan pompa pertama harus dijalankan lebih dahulu sampai mencapai tekanan dan tekanan yang cukup, kalau tidak terjadi

masalah pada kavitasi. Sebaliknya pada waktu mematikan pompa, urutan sebaliknya yang harus di lakukan. Sebaiknya lebih baik dipakai pompa dengan im-peler jamak jika masih memungkinkan karena akan lebih murah dan lebih efisien serta baik secara teknisnya (Sumber: [www. Sandaipump.com](http://www.Sandaipump.com)). Pompa paralel, susunan paralel dapat digunakan bila diperlukan kapasitas yang besar yang tidak dapat dihandle oleh satu pompa saja, atau bila diperlukan pompa cadangan yang akan dipergunakan bila pompa utama rusak/diperbaiki. Penyusunan pompa secara paralel dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2. Sistem pompa paralel

Pemasangan paralel ini sering dilakukan karena meninjau beberapa faktor yang sangat penting antara lain penghematan energi pada penggerak mula, dan lainnya sehingga tercapai pengoperasian yang optimum. Karakteristik Pompa Sentrifugal, berbagai rangkaian dapat digunakan memenuhi suatu keadaan tertentu. Yaitu sistem paralel dan seri.



Gambar 3. Operasi seri dan paralel dari pompa karakteristik sama

Pada umumnya pada pemasangan pompa secara paralel dipergunakan dua atau lebih pompa yang tipe, jenis ukuran dan data teknis yang sama. Contoh yang sering di temukan adalah: Pemasangan pompa paralel dengan kapasitas paruh, dan penambahan satu unit pompa untuk menambah kapasitas karena peningkatan kebutuhan akan cairan. (Sumber: sandaipump.com).

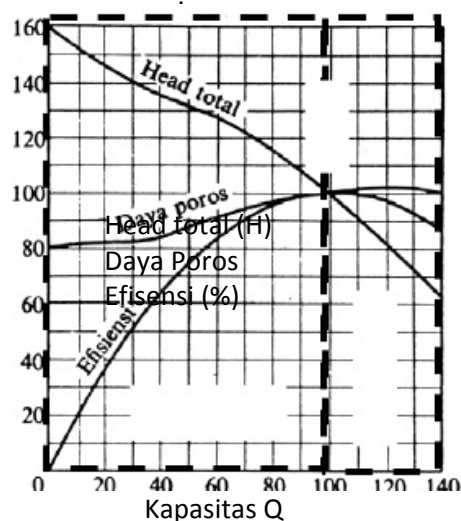
Gambar 3. menunjukkan kurva head kapasitas dari pompa-pompa yang mempunyai karakteristik yang sama yang di pasang secara paralel atau seri. Dalam Gambar 3 ini kurva untuk pompa tunggal diberi tanda (1) dan untuk susunan seri yang terdiri dari dua buah pompa diberi tanda (2). Harga head kurva (2) diperoleh dari harga head kurva (1) dikalikan (2) untuk kapasitas (Q) yang sama. Kurva untuk susunan paralel yang terdiri dari dua buah pompa, diberi tanda (3). Harga kapasitas (Q) kurva (3) ini diperoleh dari harga kapasitas pada kurva (1) dikalikan (2) untuk head yang sama. Dalam gambar ditunjukkan tiga buah kurva head-kapasitas sistem, yaitu R1, R2, dan R3. Kurva R3 menunjukkan tahanan yang lebih tinggi dibanding dengan R2 dan R1.

Jika sistem mempunyai kurva head-kapasitas R3, maka titik kerja pompa 1 akan terletak di (D). Jika pompa ini disusun seri sehingga menghasilkan kurva (2) maka titik kerja akan pindah ke (E). Disini terlihat bahwa head titik (E) tidak sama dengan dua kali lipat head (D), karena ada perubahan (berupa kenaikan) kapasitas.

Sekarang jika sistem mempunyai kurva head-kapasitas R1 maka titik kerja pompa (1) akan terletak di (A). Jika pompa ini disusun paralel sehingga menghasilkan kurva (3) maka titik kerjanya akan berpindah ke (B). Disini terlihat bahwa kapasitas dititik (B) tidak sama dengan dua kali lipat kapasitas dititik (A), karena ada perubahan (kenaikan) head sistem.

Jika sistem mempunyai kurva karakteristik seperti R2 maka laju aliran akan sama untuk susunan seri maupun paralel. Namun jika karakteristik sistem adalah seperti R1 dan R3 maka akan di-

perlukan pompa dalam susunan paralel atau seri. Susunan paralel pada umumnya untuk laju aliran besar, dan susunan seri untuk head yang tinggi pada operasi. Untuk susunan seri, karena pompa kedua menghisap zat cair bertekanan dari pertama, maka perlu perhatian khusus dalam hal kekuatan konstruksi dan kerapatan terhadap kebocoran dari rumah pompa. (Sularso, Tahara. Pompa dan kompresor. 1991. hal 96). Kinerja Pompa Sentrifugal, operasi instalasi pompa dengan melayani head tertentu akan berjalan normal dan mencapai harga efisiensi maksimum pada kapasitas aliran mencapai harga normal atau pada kapasitas penuh, pada grafik pompa yang beroperasi pada kapasitas tidak penuh atau berlebih, efisiensi operasinya rendah. seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik kapasitas head dengan variasi operasi pompa

Rumus Perhitungan Head (H), selisih energi per satuan berat atau head total zat cair antara flens isap dan flens keluar pompa disebut head total pompa.

$$H = \left[ \frac{(p_1 - p_2)}{\rho g} + \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2g} + (z_1 - z_2) \right] \dots (1)$$

dimana:

H = Head pompa (m)

$p_1$  = tekanan permukaan fluida<sub>1</sub> (N/m<sup>2</sup>)

$p_2$  = tekanan permukaan fluida<sub>2</sub> (N/m<sup>2</sup>)

$v_1$  = kecepatan pada aliran  $_1$  (m/s)  
 $v_2$  = kecepatan pada aliran  $_2$  (m/s)  
 $g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )  
 $\rho$  = massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )  
 $Z_1$  = Tinggi aliran pada titik  $_1$

Atau dengan menggunakan rumus

$$H(A) = \frac{P_d - P_s}{\rho \cdot g} = \rho \cdot g \dots\dots\dots (2)$$

dimana:  $P_d$  = Discharge (pa),  $P_s$  = Suction (pa),  $\rho$  = Massa jenis,  $g$  = gravitasi (m/s)

Kapasitas (Q), jumlah fluida yang dialirkan dalam waktu yang bersamaan

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (3)$$

dimana :  $Q$  = kapasitas debit ( $m^3/s$ )  
 $V$  = Volume (l),  $t$  = waktu (s)

Putaran, diukur dengan menggunakan tachmeter digital dengan satuan rpm. Torsi (T), diukur dengan menggunakan dynamometer untuk menentukan nilai gaya F dengan lengan pengukur momen dengan satuan Nm

$$T = F \cdot l \dots\dots\dots (4)$$

dimana :  
 $F$  = Gaya pembebanan (N),  $l$  = lengan momen (m)

$$\text{Daya (W1)} = F \times \frac{n \cdot C_d \cdot (r_2^2 - r_1^2)}{R} \dots\dots\dots (5)$$

dimana :  $K$  = Konstanta Brake,  $n$  = Putaran (m/s).

$$\text{Daya Air (W2)} = (P_d - P_s) \cdot Q \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Efisiensi } \eta = \frac{W2_{\text{total}}}{W1_{\text{total}}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

**METODE**

Variabel yang diambil dari perangkat percobaan yang digunakan terdapat beberapa variabel yang diamati terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat.

Variabel terkontrol: a). bukaan katub, b). Pembeban, c). volume air. Variabel bebas terdiri dari : a). tekanan masuk pada pompa, b). Tekanan keluar pada pompa, c). waktu air mencapai volume 5 l, d). putaran poros dengan menggunakan tachometer

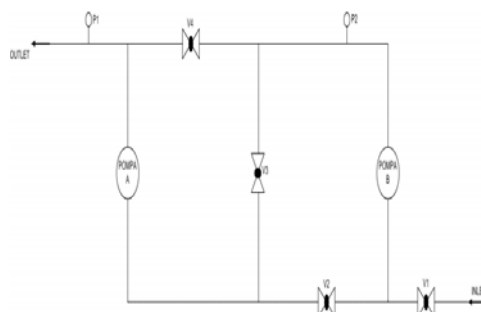
Variabel terikat terdiri dari: a). head b). Kapasitas, c). Gaya, d). daya poros, e). daya air, f). Torsi, g). efisiensi

Pada penelitian diperlukan peralatan dan bahan-bahan pendukung antara lain untuk alat dan bahan adalah Alat: Dua buah pompa sentrifugal Merk: Panasonic model No. GP-129 JXVIPXS, Putaran: 2500rpm; Konsumsi Listrik: 220V -50Hz; Daya: 125W; Capacity max: 30 Liter/min; Total head: 30inchi; Suction pipe: 1 inchi; Discharge pipe: 1 inchi, 1 buah Bak penampung bawah, 1 buah Bak penampung atas, Pipa, 4 buah Control Valve, 6 buah Tee Connector

Alat ukur menggunakan Manometer untuk mengukur tekanan, Stopwatch menghitung waktu (s), Tachometer untuk mengukur putaran poros (rpm) dan Neraca pegas untuk mengukur berat beban. Bahan yang digunakan adalah air.

Penelitian Pompa Seri: Mengatur posisi katup-katup sebagai berikut:

$V_1$  = buka;  $V_2$  = tutup,  $V_3$  = buka;  $V_4$  = tutup



Gambar 5. Instalasi Pompa Seri

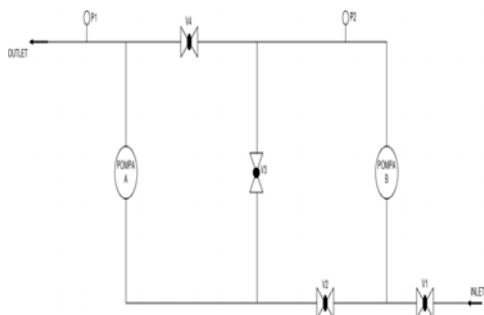
Hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaannya adalah: 1). Periksa kedudukan alat ukur agar tidak menyimpang. 2). Pastikan tangki terisi air 3). Pastikan dynamometer dalam keadaan setimbang. 4). Pompa dihidupkan. 5). Besaran putaran dilihat pada tachometer digital 6). Catat semua data saat air mengalir dalam jangka waktu volume air sebanyak 5 liter. 7). Ulang langkah dengan memutar katub buang 180 derajat untuk tiap pengambilan data penuh. 8). Untuk mengakhiri pengujian, putar perlahan pengatur kecepatan agar kecepatan melambat, katub buang



ditutup kembali, matikan mesin.9). Pengambilan data selesai.

Penelitian Pompa Paralel, mengatur posisi katup-katup sebagai berikut:  $V_1 = \text{buka}$ ;  $V_2 = \text{buka}$ ;  $V_3 = \text{tutup}$ ;  $V_4 = \text{buka}$

Hal yang perlu diperhatikan di dalam pelaksanaannya adalah:1). Periksa kedudukan alat ukur agar tidak menyimpang. 2). Pastikan tangki terisi air. 3).Pastikan dynamometer dalam keadaan setimbang. 4).Pompa dihidupkan. 5). Besaran putaran dilihat pada tachometer digital. 6). Catat semua data saat air mengalir dalam jangka waktu volume air sebanyak 5 liter. 7). Ulang langkah dengan memutar katub buang 180 derajat untuk tiap pengambilan data penuh. 8).Untuk mengakhiri pengujian, putar perlahan pengatur kecepatan agar kecepatan melambat, katub buang ditutup kembali, matikan mesin. 9). Pengambilan data selesai.



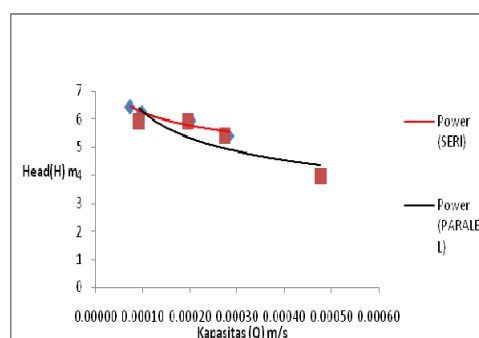
Gambar 6. Instalasi Pompa Paralel



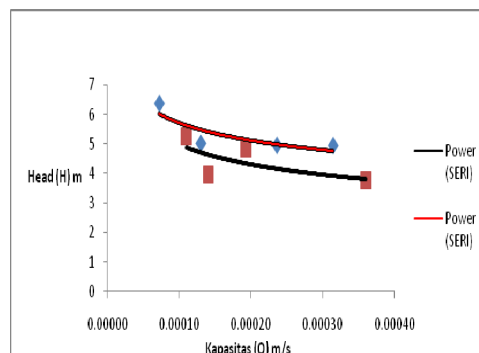
Gambar 7. Instalasi Penelitian

Pada penelitian Analisa Perbandingan Karakteristik Pompa Sentrifugal Dengan Sistem Seri dan Paralel ini, dilakukan penelitian dengan menggunakan variabel terikat bukaan katub, beban

dan volume air yang terdiri dari: bukaan katub  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  dan 1 dan untuk pembebanan dilakukan pada beban 0,25kg, 0,5kg, 0,75kg dan 1kg dan untuk air dipakai sebanyak 5l, sedangkan variabel bebas yang digunakan yaitu putaran mesin dari paling besar senilai 2980 rpm sampai dengan yang terkecil senilai 2945rpm, tekanan masuk dan keluar pada pompa serta waktu yang digunakan untuk mencapai volume air sebanyak 5l. Berikut hasil penelitian:



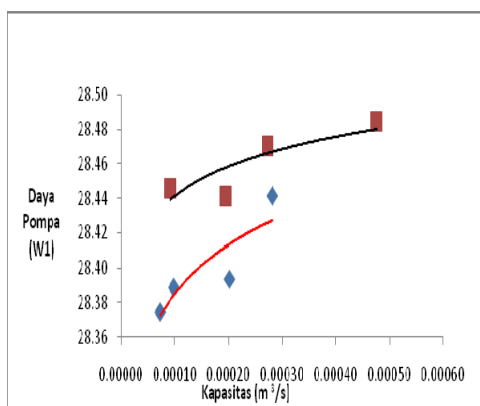
Gambar 8. Grafik hubungan antara kapasitas (Q) dengan Head (H) pada pompa susun seri dan paralel dengan beban 0,25 kg



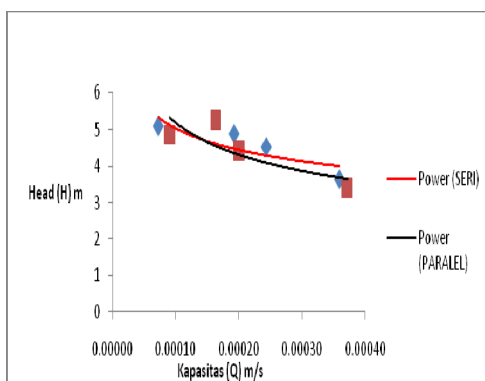
Gambar 9. Grafik hubungan antara kapasitas (Q) dengan Head (H) pada pompa susun seri dan paralel dengan beban 0,5 kg

Hasil grafik yang disajikan pada grafik hubungan antara kapasitas (Q) dengan head (H) terlihat bahwa head pompa seri lebih besar dari pada pengujian pompa paralel ini disebabkan karena pada pompa pengujian pompa seri kita menggunakan dua alat uji pompa dengan satu isapan, jadi head pompa A

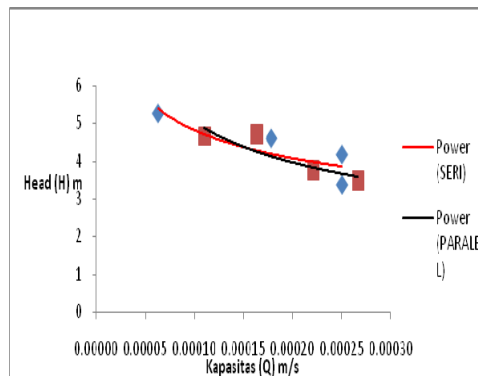
diteruskan oleh pompa B untuk ditekan keluar di bak penampung. Sedangkan untuk kapasitas atau debit aliran (Q) terlihat bahwa debit pompa paralel lebih besar dari pada pengujian pompa seri dan itu disebabkan karena pengujian pada pompa paralel menggunakan dua alat uji pompa dengan dua isapan, jadi pompa A dan pompa B sama-sama mengisap air dan diteruskan ke bak penampung.



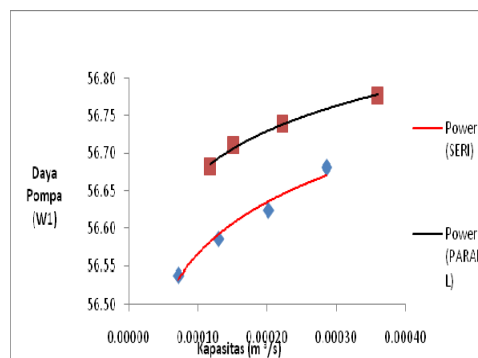
Gambar 10. Grafik hubungan antara kapasitas (Q) dengan Head (H) pada pompa susun seri dan paralel dengan pembebanan 0,75 kg



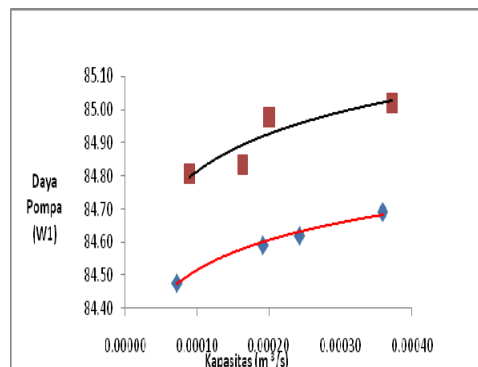
Gambar 11. Grafik hubungan antara kapasitas (Q) dengan Head (H) pada pompa susun seri dan paralel dengan pembebanan 1 kg



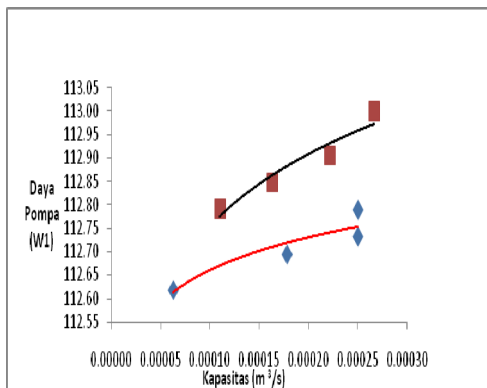
Gambar 12. Grafik hubungan antara Kapasitas (Q) terhadap daya pompa (W1) pada susun seri dan paralel beban 0,25kg



Gambar 13. Grafik hubungan antara kapasitas (Q) terhadap daya pompa (W1) pada pompa susun seri dan paralel pada beban 0,5 kg



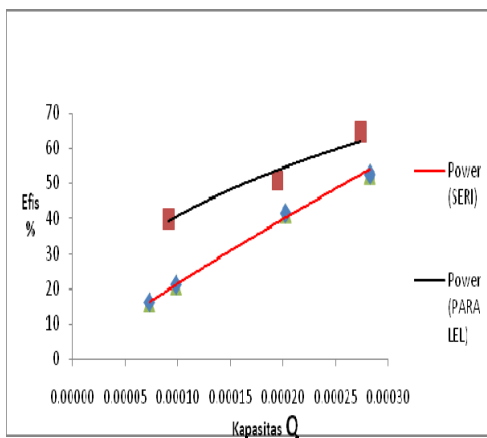
Gambar 14. Grafik hubungan antara kapasitas (Q) terhadap daya pompa (W1) pada pompa susun seri dan paralel pada pembebanan 0,75 kg



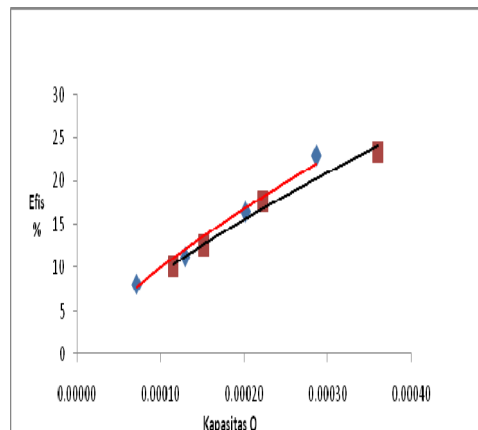
Gambar 15. Grafik hubungan antara kapasitas (Q) terhadap daya pompa ( $W_1$ ) pada pompa susun seri dan paralel pembebanan 1 kg.

Pada grafik hubungan antara daya pompa ( $W_1$ ) dengan kapasitas (Q) terlihat bahwa daya poros yang lebih besar terjadi pada pengujian pompa paralel dari pada pompa seri.

Pada grafik hubungan antara kapasitas (Q) dengan daya pompa ( $W_1$ ) nilai keduanya berbanding lurus, semakin besar debit yang masuk maka semakin besar daya poros pompa yang diperlukan.

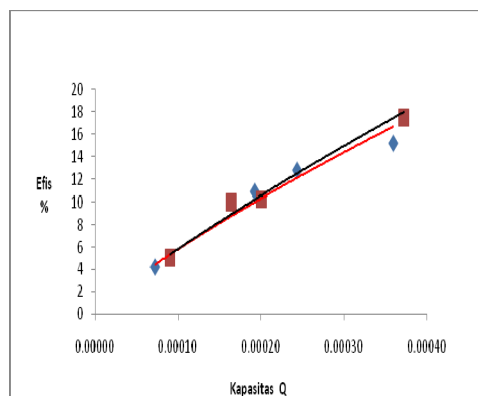


Gambar 16. Grafik hubungan antara kapasitas dengan Efisiensi pada pompa susun seri dan paralel pembebanan 0,25 kg

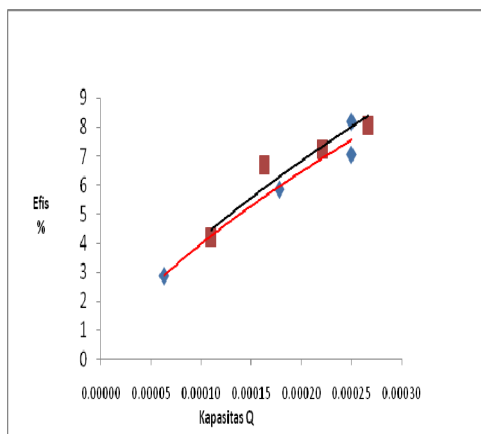


Gamabr 17. Grafik hubungan antara kapasitas dengan Efisiensi pada pompa susun seri dan paralel pembebanan 0,5 kg

Dilihat dari grafik ini hubungan antara Kapastat(Q) dengan efesiensi pompa.( $\eta$ ) terlihat bahwa nilai efesiensi paling besar terjadi pada pengujian pompa seri dari pada pompa paralel, ini disebabkan karena efesiensi pompa dipengaruhi oleh perbandingan antara nilai daya air ( $W_2$ ) dengan nilai daya poros ( $W_1$ ).



Gambar 18. Grafik hubungan antara kapasitas dengan Efisiensi pada pompa susun seri dan paralel pembebanan 0,75 kg



Gambar 19. Grafik hubungan antara kapasitas dengan Efisiensi pada pompa susun seri dan paralel pembebanan 1 kg

Seiring dengan meningkatnya *flowrate*, *efficiency* mengalami kenaikan hingga mencapai nilai maksimumnya, kemudian mengalami penurunan karena efisiensi kehilangan tenaga mekaniknya sehingga tenaga yang dikeluarkan oleh turbin menjadi rendah, tapi pada pengujian berikut ini grafik tidak terlihat menurun karena nilai yang dicapai belum pada batas maksimum.

### KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat dari pengujian ini adalah sebagai berikut: Hubungan debit aliran ( $Q$ ) dengan *head* berbanding terbalik semakin besar debit maka akan semakin kecil nilai *head*.

Pompa dengan sistem seri memiliki *head* terbesar karena fluida mengalami dua kali kerja. *Head* tekanan pada saluran buang pompa A mendapat tambahan *head* pompa B sehingga *head* total menjadi besar.

Untuk nilai kapasitas pompa ini paralel memiliki nilai yang lebih tinggi karena disebabkan karena pengujian pada pompa paralel menggunakan dua pompa dengan dua isapan

Hubungan antara nilai debit aliran ( $Q$ ) dan daya pompa ( $W_1$ ) berbanding lurus semakin tinggi debit maka akan semakin besar pula daya pompa yang diperlukan.

Pompa seri memiliki nilai daya pompa ( $W_1$ ) yang lebih rendah dari pa-

da pompa paralel karena daya pompa berhubungan dengan nilai debit aliran ( $Q$ )

Pompa seri memiliki nilai daya air yang lebih rendah dari pada pompa paralel karena nilai  $W_2$  dipengaruhi oleh debit aliran.

Hubungan antara nilai debit aliran ( $Q$ ) dan efisiensi (%) berbanding lurus, semakin besar debit aliran maka akan semakin besar pula nilai efisiensi.

Efisiensi pompa seri lebih rendah dari pada pompa paralel karena dipengaruhi oleh perbandingan antara nilai  $W_1$  dan  $W_2$ .

Untuk mengetahui tingkat efisiensi maksimal pada saat melakukan pengujian perlu dilakukan secara berulang-ulang dengan variable yang lebih banyak agar data lebih akurat.

Lebih memahami terlebih dahulu dasar-dasar pengetahuan tentang fluida dan pompa maupun hal yang berhubungan dengan penelitian tersebut.

### DAFTAR PUSTAKA

- I Gde Nyoman Sangka dan I Gusti Putu Arka, 2011, "Analisis Ekonomis Penggunaan Pompa Sentrifugal dan Pompa Submersible Satu Daya PLN Terhadap Penentuan Biaya Produksi Air Bersih", Jurnal Logic, Vol. 11, No. 1. Maret 2011.
- Puji Saksono, 2005, "Analisis Efisiensi Pompa Centrifugal Pada Instalasi Pengolahan Air Kampung Damai Balikpapan", Prodi Teknik Mesin, FT Unisba.
- RM. Bagus Irawan dan Suratman, 2005, "Pengujian Pompa Sentrifugal Untuk Mengetahui Perubahan Kecepatan, Debit dan Kerugian pada Diameter Pipa  $\frac{3}{4}$ " Untuk Berbagai Variasi Bukaannya Katup", Jurusan Teknik Mesin UNIMUS.
- Tahara, Haruo dan sularso, 2000, "Pompa dan Kompresor". Penerbit Pradya Paramita, Jakarta.
- Theodorus Bayu Hanandoko, 2000, "Deteksi Instalasi Pompa Sentrifugal terhadap Gejala Kavitas" Jurnal Teknologi Industri, Vol. IV No. 1 Januari 2000, Hal 15-22.

Wahyu Djalmono Putro, 2010, "*Pengujian Kinerja Pompa Sentrifugal Menggunakan Kontrol Inverter*"  
Jurnal Ilmiah Semesta Tek-nika,  
Vol.13,No.1,hal21-30,bulan Mei.

## PROSES PEMBUATAN BATU BATA BERPORI DARI TANAH LIAT DAN KACA

Sri Hastutiningrum<sup>1</sup>

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

Masuk: 8 Nopember 2012, revisi masuk: 9 Januari 2013, diterima: 24 Januari 2013

### ABSTRACT

*Brick is one of the ingredients of making buildings that currently needs increased mainly due to the porous bricks are stronger and lighter than ordinary bricks, making it great for the foundation of the building. Making bricks porous can use material stuffing form of foam, paper, a rice husk and organic materials. In this research are tried making bricks porous by the use of stuffing form of paper, where these materials are so easily we get. Raw materials used for the manufacture of a porous bricks is glass, clay and water. The purpose of this study was to determine the influence of glass to powerful press of porous brick. Generally, making of porous brick is mixing by powder paper, clay, glass and a little water and then made of dough. Printed and dried dough until weighs constant, then burned in muffle with temperature and time that given. Bricks which has been so then tested strong complained bitterly. The variables used are variable of ratio of clay and glass 1: 1, 1: 1,5, 1: 2, 1: 2.5, and 1: 3, variable of burning time 60 minutes, 90 minutes, 120 minutes, 150 minutes, and 180 minutes and variable of burning temperature 600 °C, 650 °C, 700 °C, 750 °C, and 800 °C. Based on the results of the research that has been done, press optimum strength obtained is 35,26 kg/cm<sup>2</sup> with clay and glass ratio 1: 2, while the combustion time 60 minutes, gained strong press optimum of 35,26 kg/cm<sup>2</sup> and burning temperatures 700 °C obtained strong press optimum of 36,58 kg/cm<sup>2</sup>.*

**Keywords:** porous brick, glass, muffle, strong press

### INTISARI

Batu bata merupakan salah satu bahan pembuatan bangunan yang saat ini kebutuhannya semakin meningkat terutama batu bata berpori karena lebih kuat dan ringan dari pada batu bata biasa, sehingga lebih bagus untuk pondasi bangunan. Pembuatan batu bata berpori dapat menggunakan bahan isian berupa busa, kertas, sekam padi dan bahan-bahan organik. Pada penelitian ini akan dicoba pembuatan batu bata berpori dengan menggunakan bahan isian berupa kertas, dimana bahan ini sangat mudah kita dapatkan. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan batu bata berpori adalah kaca, tanah liat dan air. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kaca terhadap kuat tekan batu bata berpori. Secara garis besar pembuatan batu bata berpori adalah dengan mencampurkan bubuk kertas, tanah liat, kaca dan sedikit air dan kemudian dibuat adonan. Adonan dicetak dan dikeringkan sampai beratnya konstan, kemudian dibakar dalam *muffle* dengan suhu serta waktu tertentu. Batu bata yang sudah jadi kemudian diuji kuat tekannya. Variabel yang digunakan adalah variabel perbandingan tanah liat dan kaca 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5, dan 1:3, variabel waktu pembakaran 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, dan 180 menit dan variabel suhu pembakaran 600 °C, 650 °C, 700 °C, 750 °C, dan 800 °C. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kuat tekan optimum yang didapat adalah 35,26 kg/cm<sup>2</sup> dengan perbandingan tanah liat dan kaca 1:2, sedangkan waktu pembakaran 60 menit, didapat kuat tekan optimum sebesar 35,26 kg/cm<sup>2</sup> serta suhu pembakaran 700 °C diperoleh kuat tekan optimum sebesar 36,58 kg/cm<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** Batu bata berpori, kaca, *muffle*, kuat tekan

---

<sup>1</sup>hastuti19@yahoo.com

## PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini kebutuhan dari berbagai keramik meningkat, salah satunya adalah batu bata. Batu bata adalah salah satu dari keramik karena batu bata terbuat dari tanah liat dan melalui proses pembakaran terlebih dahulu. Tetapi akhir-akhir ini konsumen tertarik dengan batu bata berpori, sehingga produk ini sangat potensial untuk dikembangkan sesuai dengan kebutuhan.

Dewasa ini pembuatan batu bata berpori menggunakan bahan isian berupa busa, sekam padi, kertas, dan serbuk gergaji. Pada penelitian ini akan dicoba pembuatan batu bata berpori dengan menggunakan bahan isian berupa kertas. Bahan yang digunakan adalah kaca, tanah liat dan air. Dengan penelitian ini diharapkan mendapatkan batu bata yang berkualitas, yaitu batu bata yang kuat serta ringan, sehingga tidak diperlukan pondasi yang dalam pada pembuatan bangunan. Adapun variabel yang diubah adalah perbandingan bahan, waktu pembakaran dan suhu pembakaran. Analisis yang diamati adalah kuat tekan.

Dari uraian latar belakang diatas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut; berapa perbandingan optimum antara tanah liat dan kaca, berapa waktu pembakaran yang optimum, berapa suhu pembakaran optimum, sehingga mendapatkan kuat tekan yang optimum.

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati kuat tekan batu bata berpori dengan variasi perbandingan bahan dan waktu pembakaran serta suhu pembakaran.

Batu bata adalah salah satu unsur bangunan dalam pembuatan konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah liat ditambah air dengan atau tanpa bahan campuran lain melalui beberapa tahap pengerjaan, seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan, dan membakar pada temperature tinggi hingga matang dan berubah warna, serta akan mengeras seperti batu jika didinginkan hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Untuk menguatkan definisi batu bata merah di

atas, penulis menjelaskan definisi batu bata menurut NI-10, SII-0021-78, dan Soejoto, D. Adapun definisi tersebut, sebagai berikut:

Batu bata adalah suatu unsur bangunan yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. (NI-10, 1978). Batu bata adalah unsur bangunan yang digunakan untuk membuat suatu bangunan. Bahan bangunan untuk membuat batu bata berasal dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain yang kemudian dibakar pada suhu tinggi hingga tidak dapat hancur lagi apabila direndam dalam air. (SII-0021-78).

Batu bata adalah batu buatan yang terbuat dari suatu bahan yang dibuat oleh manusia supaya mempunyai sifat-sifat seperti batu. Hal tersebut hanya dapat dicapai dengan pemanasan (membakar) atau dengan pengerjaan-pengerjaan kimia. (Soejoto, 1954).

Pembakaran batu bata sebenarnya memegang peranan yang sangat penting, sama pentingnya dengan pengulatan atau pengadukan. Kalau pengulatan dimaksud supaya tanah dengan pasir menjadi homogen, sedangkan pembakaran mengubah tanah yang lunak menjadi batu yang keras. Suhu pembakaran antara 500-700°C kekuatan naik, air yang terikat secara kimiawi sudah menguap. Pada saat ini terjadi susut bakar sehingga letak butiran-butiran saling berdekatan yang menimbulkan kekuatan. Juga terjadi perubahan kristal lempung dan mulai terbentuk bahan gelas yang mengisi pori-pori sehingga benda uji menjadi padat dan kuat. Suhu pembakaran 700-900°C sebagian silika melebur sehingga butiran yang satu dengan yang lain merenggang menyebabkan kekuatan turun. Suhu pembakaran di atas 900°C kekuatan naik karena silika yang melebur tadi mulai membentuk gelas sehingga merekat dan mempersatukan butir-butir lebih erat. (Sutton and Matson, 1956)

Persyaratan batu bata berpori berdasarkan Standar Nasional nomor 0553-1989 A, yaitu: (a). Batu bata harus

berbentuk prisma segi empat panjang, mempunyai rusuk yang siku-siku dan tajam. Bidang-bidang datar yang rata dan tidak menunjukkan retak-retak. (b). Kebongkahan pada arah panjang dan kebongkahan pada arah diagonal serta penyimpangan kesikuannya pada arah lebar masing-masing tidak lebih dari 4 mm. (c). Kuat tekan 25 kg/cm<sup>2</sup>.

#### METODE

Tanah liat adalah bahan utama untuk pembuatan batu bata. Tanah liat suatu zat yang terbentuk dari kristal-kristal yang sedemikian kecilnya hingga tidak dapat dilihat walaupun telah menggunakan mikroskop. Kristal-kristal ini terbentuk terutama terdiri dari mineral-mineral yang disebut kaolonit. Bentuknya seperti lempengan kecil-kecil hampir berbentuk segi enam dengan permukaan yang datar. Bentuk kristal seperti ini menyebabkan tanah liat bila dicampur dengan air mempunyai sifat liat (plastis), mudah dibentuk karena kristal-kristal ini meluncur diatas satu sama lain dengan air sebagai pelumasnya.

Dilihat dari ilmu kimia, tanah liat termasuk hidrosilikat alumunium dan dalam keadaan murni mempunyai rumus:  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  dengan perbandingan berat dari unsur-unsurnya : 47% oksida silinium ( $SiO_2$ ), 39% oksida alumunium ( $Al_2O_3$ ), dan 14% air ( $H_2O$ ).

Batu bata dibuat dari bahan dasar lempung (tanah liat) ditambah dengan bahan penolong. Lempung adalah tanah hasil pelapukan batuan keras, seperti : basalt (batuan dasar), andesit, dan granit (batu besi). Lempung adalah suatu produk dari tanah liat yang diolah, maka lempung akan tergantung pada batuan asalnya. Umumnya batuan keras akan memberikan pengaruh warna pada lempung menjadi putih. Lempung disebut juga batuan sedimen (endapan) karena pada umumnya setelah terbentuk dari batuan keras. Lempung terangkat oleh air atau angin dan diendapkan di suatu tempat yang lebih rendah.

Tanah liat (lempung) adalah bahan alam yang sangat penting bagi manusia. Bagian luar dari lempung di

sebuah tanah ini terdapat akar-akar dan sisa-sisa tumbuh-tumbuhan dan bahan-bahan organik lainnya yang membusuk, sehingga memberikan warna abu-abu sampai hitam pada tubuh tanah. Tubuh tanah ini merupakan bagian yang sangat penting bagi pertanian. Tebal tubuh tanah ini 0.25 – 0.50 meter.

Dalam tanah liat alam yang paling murni pun tanah ini masih mengandung butiran-butiran bebas dari bahan-bahan yang dapat dinamakan dengan pasir atau debu. Umumnya unsur-unsur tambahan ini terdiri dari kuarsa dalam bermacam-macam ukuran, feldspar, besi dan sebagainya. Banyaknya unsur tambahan ini bersama unsur organik lainnya menentukan sifat-sifat khas dari bermacam-macam tanah liat dan penggunaannya untuk tujuan tertentu. Sifat-sifat ini seperti, kemungkinan mencair, warna setelah dibakar, dan taraf padat dari suatu macam tanah liat sangat dipengaruhi unsur-unsur mineral yang ada padanya. Sedangkan unsur organik biasanya membuat tanah itu plastis jika belum dibakar. Jadi semua tanah liat bagaimanapun mempunyai sifat-sifat plastis, bila dalam keadaan kering akan menjadi keras, sedang bila dibakar akan menjadi padat dan kuat.

Beberapa jenis tanah liat terutama yang disebut *Ball Clay* mengandung zat organik dalam bentuk *Lignite* (sejenis arang abu) dan lilin. Zat-zat ini biasanya hilang dalam pembakaran, tetapi memberikan pengaruh pada keplastisitasan dan kekuatan kering dari tanah tersebut.

Tanah liat dapat terdiri dari bermacam warna diantaranya abu-abu, kuning kecoklatan, merah, coklat, kehijauan, merah muda, coklat hitam, hitam dan putih. Dalam banyak hal, warna-warna dalam tanah alami terjadi karena adanya unsur oksida besi dan unsur organik, yang biasanya akan berwarna bakar kuning kecoklatan, coklat merah, warna karat atau coklat tua, tergantung dari oksida besi dan kotoran-kotoran yang terkandung. Biasanya kandungan oksida besi sekitar 2-5%. Tanah berwarna lebih gelap biasanya matang pada suhu yang lebih rendah,



kebalikannya adalah tanah berwarna lebih terang atau pun putih.

Pembakaran batu bata sebenarnya memegang peranan yang sangat penting, sama pentingnya dengan pengulatan dan pengadukan. Kalau pengulatan dimaksudkan supaya tanah dengan pasir menjadi homogen, sedangkan pembakaran mengubah tanah yang lunak menjadi batu bata yang keras. Batu bata yang sudah kering disusun dalam tungku pembakaran dengan susunan yang rapi sehingga sirkulasi api atau panas tidak tersumbat akan tetapi lancar. Jenis tungku yang dipergunakan pun memegang peranan penting.

Batu bata dibuat dari tanah liat dengan campuran bahan-bahan lain yang kemudian dibakar pada suhu tinggi agar badan batu bata tidak hancur apabila direndam dalam air. pembakaran dilakukan dalam tungku pembakaran pada temperatur 700°C.

Sifat yang terpenting dari tanah liat (lempung) untuk pemakaian bahan baku batu bata adalah plastisitas, yaitu kemampuan dibentuk tanpa mudah menjadi retak. Sifat ini berbeda-beda untuk tiap jenis lempung, tergantung pada tingkat hidrasi kandungan bahan organik dan ukuran partikel-partikelnya.

Tanah liat (Lempung). Lempung adalah suatu zat yang terbentuk dari kristal-kristal yang sangat kecil dan merupakan kumpulan mineral dari bahan koloid yang senyawanya sangat halus (ukuran butirannya di bawah 0.1 mikro).. Krista-kristal ini terbentuk dari mineral-mineral yang disebut kaolinit. Dilihat dari sudut kimia, tanah liat termasuk hidrosilika alumunia dan dalam keadaan murni mempunyai rumus  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ . Pengaruh bahan dasar lempung ditentukan oleh kandungan senyawa yang terdapat didalamnya antara lain  $Al_2O_3$  untuk mempertinggi daya tahan terhadap api dan menambah daya plastisitas,  $Fe_2O$  untuk menurunkan ketahanan terhadap panas, mempengaruhi warna, dan menimbulkan bintik berwarna merah bata pada permukaan benda.  $MgO$  untuk menurunkan titik lebur lempung.  $CaO$  untuk menurunkan titik leleh dari

keseluruhan dan mencegah lengkung.  $SiO_2$  untuk mengurangi susut kering, susut bakar, dan mempertinggi kualitas.

Bubur kertas digunakan sebagai bahan campuran pembuatan batu bata berpori. Kertas merupakan bahan organik yang terbakar menjadi abu bila di bakar pada suhu tinggi. Apabila bahan ini dicampur pada batu bata, maka dalam pembakaran suhu tinggi akan menghasilkan gas yang membentuk rongga-rongga dan akhirnya menimbulkan pori-pori pada batu bata tersebut.

Air berfungsi dari air adalah sebagai media untuk memudahkan dalam proses mencampur bahan dan pencetakannya. Hal yang perlu diperhatikan dalam pemberian air adalah banyaknya air yang ditambahkan harus sesuai dengan jumlah campuran atau komposisi yang akan dicetak. Jika pemberian air terlalu banyak akan berakibat adonan menjadi lembek sehingga sukar dicetak. Demikian pula bila pemberian air terlalu sedikit maka yang terjadi tanah liat akan menjadi keras dan sukar dibentuk, akibatnya akan menjadi retak-retak.

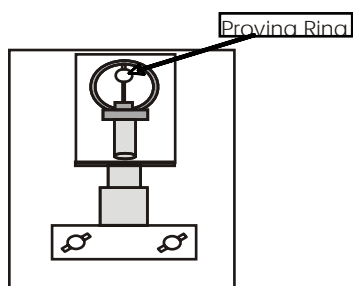
Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Kaca sudah mulai dibuat orang sejak 6.000 tahun silam. Ia dihasilkan dengan memanasi pasir dengan soda dan batu kapur. Kaca zaman sekarang mengandung unsur lain untuk meningkatkan mutu warna dan memberikan ciri khusus seperti tahan panas. Kaca tampak seperti benda padat, tetapi sebenarnya adalah zat cair yang bergerak secara lamban. Jika kaca dipanaskan sampai berwarna merah, ia mulai meleleh dan bergerak lebih cepat dan dapat dibentuk menjadi bangun-bangun rumit dengan cara meniup, mencetak, atau gabungan antara keduanya.

Dipandang dari segi fisika, kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair namun dia sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel

silika tidak sempat menyusun diri secara teratur.

Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya. Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan proses-proses pembentukannya.

Langkah-langkah yang telah dilakukan dalam proses tersebut adalah kertas dipotong kecil-kecil, kemudian direndam dalam air selama 3-4 jam. Kertas yang sudah direndam dimasukkan ke dalam blender. Tanah liat dicampur dengan kaca dan kertas dengan perbandingan bahan (1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5, dan 1:3), kemudian dipadatkan dengan tenaga manusia sampai homogen. Tanah liat yang telah homogen kemudian dimasukkan ke dalam extruder, agar mendapatkan hasil yang lebih homogen lagi. Benda uji dibuat dengan menggunakan cetakan. Benda uji yang telah dicetak kemudian dijemur selama 2-3 hari sampai berat uji konstan. Benda uji dibakar dalam muffle dengan suhu  $600^\circ\text{C}$ ,  $650^\circ\text{C}$ ,  $700^\circ\text{C}$ ,  $750^\circ\text{C}$ ,  $800^\circ\text{C}$ , setelah suhu yang diinginkan dicapai, suhu tersebut dipertahankan selama selang waktu 60 menit, kemudian muffle dimatikan dan lalu diuji kuat tekan untuk variabel waktu pembakaran cara pengerjaannya sama tetapi di dalam variabel ini yang diperhitungkan adalah lama waktu pembakaran dari batu bata itu sendiri. Dengan waktu 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, dan 180 menit.



Gambar 1. Alat uji kuat tekan

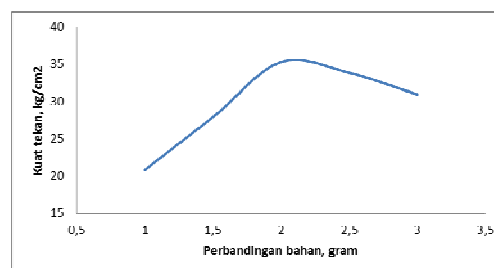
## PEMBAHASAN

Pengaruh Perbandingan Bahan terhadap kuat tekan dalam suhu pembakaran  $700^\circ\text{C}$  dan lama waktu pembakaran 60 menit dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Pengaruh Perbandingan Bahan Terhadap Kuat Tekan (suhu pembakaran  $700^\circ\text{C}$  waktu pembakaran 60 menit)

Sampel	Dimensi		Beban (Kg)	Kuat Tekan ( $\text{Kg/cm}^2$ )
	Panjang (cm)	Lebar (cm)		
1 : 1	8.4	3.2	559.37	20.81
1 : 1.5	8.3	3.5	811.07	27.92
1 : 2	8.5	3.4	1019.0	35.26
1 : 2.5	8.2	3.3	914.90	33.81
1 : 3	8.4	3.4	883.65	30.94

Dari Tabel 1, dapat digambarkan grafik hubungan antara perbandingan bahan terhadap hasil kuat tekan batu bata.



Gambar 2. Grafik hubungan perbandingan bahan terhadap kuat tekan

Pada Gambar 2, terlihat bahwa kuat tekan batu bata berpori mencapai optimum pada perbandingan 1:2. Semakin banyak komposisi tanah liat sebagai bahan dasar pembuatan batu bata berpori, hasil uji kuat tekan akan semakin rendah dikarenakan kaca yang komposisinya terlalu sedikit akan membuat kandungan silika di dalam kaca tidak bisa bekerja secara maksimal.

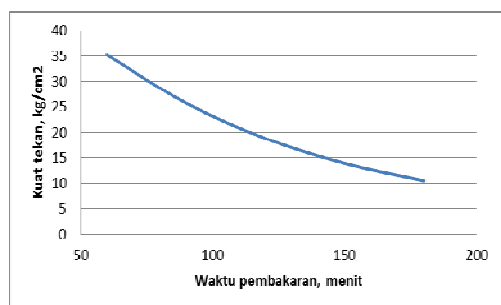
Setelah menguji pengaruh Perbandingan Bahan terhadap kuat tekan, maka selanjutnya dilakukan pengujian Pengaruh Waktu Pembakaran

terhadap kuat tekan. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Waktu Pembakaran Terhadap Kuat Tekan (suhu pembakaran 700°C, perbandingan bahan 1 : 2)

Waktu pembakaran (menit)	Dimensi		Beban (Kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Panjang (cm)	Lebar (cm)		
60	8.5	3.4	1019.14	35.26
90	8.3	3.5	748.0	25.75
120	8.2	3.4	524.7	18.82
150	8.4	3.3	385.5	13.91
180	8.6	3.6	326.3	10.54

Dari tabel 2 di atas dapat digambarkan grafik hubungan antara waktu pembakaran terhadap hasil kuat tekan batu bata.



Gambar 3. Grafik hubungan waktu pembakaran terhadap kuat tekan

Dari gambar 3, terlihat bahwa setelah waktu pembakaran 60 menit, kuat tekan turun karena sebagian silika dalam kaca melebur sehingga butiran yang satu dengan yang lain merenggang menyebabkan kekuatan turun. Dan kuat tekan batu bata berpori mencapai optimum pada waktu pembakaran 60 menit, hal ini terjadi karena terjadi susut bakar sehingga letak butiran-butiran saling berdekatan yang menimbulkan kekuatan dan terjadi perubahan kristal lempung sehingga benda uji menjadi padat dan kuat.

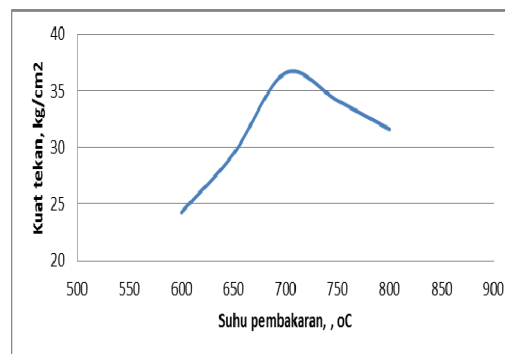
Pengaruh Suhu Pembakaran terhadap uji kuat tekan dapat dilihat pada tabel 3. Pengujian tersebut dikerjakan dengan perbandingan bahan 1:2 dan lama waktu pembakaran 60 menit. Dari tabel 3, dapat digambarkan

grafik hubungan antara suhu pembakaran terhadap hasil kuat tekan batu bata.

Tabel 3. Pengaruh suhu pembakaran terhadap hasil uji kuat tekan (waktu pembakaran 60 menit, perbandingan bahan 1 : 2)

Suhu(°C)	Dimensi		Beban (Kg)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Panjang (cm)	Lebar (cm)		
600	8.6	3.5	730.5	24.27
650	8.5	3.4	850.2	29.42
700	8.5	3.6	1119.	36.58
750	8.6	3.4	998.5	34.15
800	8.4	3.7	982.7	31.62

Dari tabel 3, dapat digambarkan grafik hubungan antara suhu pembakaran terhadap hasil kuat tekan batu bata.



Gambar 4. Grafik hubungan antara suhu pembakaran terhadap kuat tekan bata.

Dari Gambar 4, terlihat bahwa semakin tinggi suhu pembakaran kuat tekan semakin naik dan mencapai optimum pada suhu 700°C, hal ini terjadi karena air yang terikat secara kimiawi sudah menguap. Pada saat ini terjadi susut bakar sehingga letak butiran-butiran saling berdekatan yang menimbulkan kekuatan dan terjadi perubahan kristal lempung sehingga benda uji menjadi padat dan kuat. Dan setelah suhu 700°C kuat tekan turun karena sebagian silika melebur sehingga butiran yang satu dengan yang lain merenggang menyebabkan kekuatan turun.

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang kami lakukan dapat diambil kesimpulan bahwa

kaca dapat dijadikan bahan campuran untuk pembuatan batu bata dan dapat meningkatkan kuat tekan. Perbandingan antara kaca dan tanah liat optimum adalah 1:2 diperoleh kuat tekan 35,26 kg/cm<sup>2</sup>. Waktu pembakaran yang optimum adalah 60 menit diperoleh kuat tekan 35,26 kg/cm<sup>2</sup>. Suhu pembakaran optimum 700 °C, diperoleh kuat tekan 36,58 kg/cm<sup>2</sup>. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa penelitian yang telah dilakukan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia mengenai mutu batu bata yaitu kuat tekan sebesar 25 kg/cm<sup>2</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Soejoto, D., 1954. *Bahan-bahan Bangunan*. Rineka Cipta Jakarta:  
Sutton, W.H., Matson, F.R., 1956, "Factor Affecting Strength of Clay in the Temperature Range 110 – 800 °C", *Jour.Am.Ceramic Soc.* 39

## MONITORING DAN PENGENDALIAN SUHU MENGGUNAKAN MEDIA GPRS PADA PONSEL GSM

Subandi<sup>1</sup>

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

Masuk: 19 Nopember 2012, revisi masuk: 6 Januari 2013, diterima: 23 Januari 2013

### ABSTRACT

*The temperature forms the important aspect on the life. There are a lot of activity which was under the influence of the condition of temperature. Because of that, monitoring system and controlling the temperature is necessary. Therefore, making the equipment which able to monitor and control the temperature is necessary. This interface will applied on the room where needs controlling the temperature. For example, laboratory or meeting room. Monitor and controller in wireless manner become choice on the controlling long distance. This analysis heavily on the activity of temperature sensor and relay which be connected on the fan for the stimulation. The temperature of the room information and send to microcontroller what will work by automatically contact the PC through LPT or port printer for the parallel communication. All of the data will be processing and connecting to the web as an internet application on the PC. We can choice menu to control and monitor temperature of the room through GPRS media on the GSM telephone cellular from the connection of the internet. Microcontroller which used is microcontroller AT89S51.*

**Keywords** : *temperature sensor, relay, microcontroller AT89S51*

### INTISARI

Suhu merupakan aspek penting dalam kehidupan. Banyak kegiatan yang sangat dipengaruhi kondisi suhu. Oleh karena itu perlu adanya sistem monitoring dan pengendalian suhu. Maka perlu dibuat suatu alat yang dapat digunakan untuk memonitor dan mengontrol suhu. Dimana *interface* ini akan diaplikasikan dalam sebuah ruangan yang membutuhkan pengendalian suhu misalnya laboratorium atau ruang pertemuan. Pemonitor dan pengendali secara *wireless* menjadi pilihan dalam pengendalian jarak jauh. Kajian pada penelitian ini menitikberatkan pada kinerja sensor suhu dan *relay* yang terhubung pada kipas untuk simulasi. Sensor suhu menangkap informasi suhu ruangan dan mengirimkannya ke mikrokontroler. Mikrokontroler akan bekerja secara otomatis menghubungi PC melalui LPT atau yang sering disebut sebagai port printer untuk komunikasi paralel. Pada PC inilah semua data akan diproses dan dikoneksikan ke web sebagai aplikasi internet. Dari koneksi internet inilah kita dapat memilih menu untuk mengontrol dan memonitor suhu ruangan melalui media GPRS pada ponsel GSM. Adapun mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler AT89S51.

**Kata kunci** : sensor suhu, *relay*, mikrokontroler AT89S51.

### PENDAHULUAN

Suhu merupakan aspek yang penting dalam menentukan kondisi pada suatu ruang. Kita dapat penentuan suatu kondisi tertentu terhadap suatu ruang dan mengaturnya menjadi seperti yang diinginkan. Banyak hal yang sangat bergantung pada kondisi suhu pada ruang tersebut. Tidak hanya mesin atau pun peralatan elektronik, makhluk hiduppun

sangat bergantung pada kondisi suhu lingkungan yang ditempatinya. Banyak metode dan cara untuk mengendalikan suhu agar sesuai dengan lingkungan dari kerja suatu peralatan. Pengendalian suhu menjadi sangat penting untuk memperoleh kinerja suatu alat agar didapat hasil yang maksimal. Sistem *monitoring* suhu pun berperan penting untuk mengetahui perubahan suhu yang terjadi. Saat ini

aplikasi teknologi GPRS untuk pengendalian jarak jauh masih kurang. Atas dasar inilah Peneliti ingin meneliti lebih lanjut dan mengaplikasikan teknologi GPRS pada ponsel GSM sebagai media komunikasi data, sehingga dapat mengakses internet guna dapat difungsikan sebagai *pe-monitor* dan pengendali suhu secara jarak jauh.

Standar Pengujian Yang Digunakan, mikrokontroler AT89S51 merupakan salah satu jenis mikrokontroler 8 bit keluarga MCS-51 yang memiliki PEROM *Internal*. Perusahaan ATMEL mendapatkan lisensi dari *Intel* untuk mengembangkan mikrokontroler MCS-51. Salah satu tipe yang diperkenalkan adalah AT89S51 yang kompatibel dengan set instruksi MCS-51, mikrokontroler MCS-51 menggunakan *Flash Programmable Erasable Read Only Memory (Flash PEROM)*. Tipe *Flash PEROM* lebih praktis, sehingga penghapusan data dapat dilakukan secara elektrik (Ibrahim, K.F., 1996).

Masing-masing pin mikrokontroler AT89S51 memiliki fungsi tersendiri. Satu kumpulan pin yang memiliki fungsi sama dan diwakili oleh sebuah *register* atau alamat tersendiri pada *internal CPU*-nya disebut juga *port*.

Mikrokontroler AT89S51 dibuat dengan dibekali 3 buah *timer*, keduanya dapat dikendalikan, diset, atau dibaca dan dikonfigurasi sendiri-sendiri (Malvino, 2004). *Timer* AT89S51 memiliki tiga fungsi umum, yaitu: 1). Menghitung waktu antara 2 kejadian (*event*), 2). Menghitung jumlah kejadian itu sendiri, 3). Membangkitkan *baud rate* untuk *port* serial.

IC LM35 merupakan sensor *solid state* yang dapat merubah besaran suhu menjadi besaran listrik berupa tegangan. Setiap perubahan suhu sebesar 1°C diwakili oleh tegangan sebesar 10mV. Besaran listrik berupa tegangan ini diubah menjadi data digital 8 bit menggunakan ADC0804 agar dapat dibaca oleh mikrokontroler AT89S51. Mikrokontroler berfungsi untuk mengatur keluar-masuk data. Komputer mengirimkan data kontrol untuk memerintahkan mikrokontroler mengirimkan data melalui *port* paralel. Setelah itu data diproses dan dimanipulasi oleh *software delphi* pada

komputer. *Software* ini berfungsi sebagai pemberi perintah utama pada MySQL dan mikrokontroler. MySQL sebagai pencatat rekaman data suhu yang selanjutnya akan ditampilkan dengan menggunakan *web* berbasis pemrograman PHP. Layanan yang ada pada *internet* dapat diakses melalui GPRS, karena protokol GPRS sama dengan *internet* (Sugiri, 2006). Dengan cara demikian *monitoring* dan pengendalian suhu dapat dicapai.

## METODE

Aplikasi Pengujian, metode yang digunakan dalam menerapkan pengujian ini menggunakan beberapa metode pengumpulan data, yaitu:

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari objek atau data pertama kali ditulis. Untuk memperoleh data primer tersebut menggunakan metode yaitu: a). Metode tanya-jawab (*Interview*). Metode ini adalah metode pengumpulan data atau informasi melalui proses tanya jawab dengan pihak yang berkompeten dan dapat memberikan keterangan atau informasi yang jelas dan benar. b). Metode pengamatan (*Observasi*). Metode ini adalah metode yang digunakan untuk memperoleh data dan informasi dari praktik secara langsung untuk memecahkan suatu permasalahan yang diberikan/ditemui pada obyek yang diteliti dengan mencatat secara sistematis terhadap cara kerja dan gejala yang terjadi pada obyek penelitian. Dengan tahapan menentukan ide/ masalah, membuat hipotesis, lalu menguji hipotesis dengan eksperimen langsung.

Data sekunder adalah pengumpulan data dengan cara mempelajari dan memahami buku-buku literatur, brosur maupun dokumen yang mungkin didapat serta keterangan yang didapat dari instansi atau perusahaan yang bersangkutan.

Proses Pengujian, perangkat elektronika dicatu oleh suplai arus searah DC (*direct current*) yang stabil agar dapat berjalan dengan baik. Baterai atau aki adalah sumber catu daya DC yang paling baik. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catu daya lebih besar, sumber dari baterai tidak cukup. Sumber catu

daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC (*alternating current*) dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC.

Catu daya yang digunakan adalah jenis *switching regulator*. *Switching regulator* ini mampu mengubah tegangan bolak-balik AC menjadi tegangan searah DC dan menurunkan tegangannya menjadi 12volt DC menggunakan *switching regulator* karena mempunyai ukuran yang kecil, mampu menyediakan arus yang cukup besar dan menghasilkan tegangan yang stabil.

Untuk memperoleh tegangan yang sesuai dengan kebutuhan seluruh rangkaian sistem, digunakan IC *regulator* LM7805 untuk menghasilkan tegangan +5 volt.

Pengujian Catu daya, dalam pengujian tegangan catu daya ini dihasilkan tegangan keluaran dari *switching regulator* dan IC *regulator* LM7805. Tegangan keluaran dari IC *regulator* LM7805 diharapkan dapat menghasilkan tegangan DC 5 volt untuk mencatu seluruh rangkaian.

Tabel.5.1 Pengujian catu daya

	Keluaran yang diharapkan	Keluaran yang terukur
<i>Swicthing regulator</i> IC	12 volt	12,6 volt
<i>regulator</i> LM7805	5 volt	4,9 volt

Pengujian pada *port* paralel ini dimaksudkan untuk mengetahui ambang tegangan untuk logika 1 dan 0 sehingga dapat diterima oleh komputer, dan sebaliknya. Untuk pemeriksaan *port* paralel ini, program harus dijalankan. Hasil pemeriksaan menggunakan multimeter menunjukkan bahwa tegangan logika "1" (tinggi) diindikasikan oleh tegangan 4,8 V, sedangkan logika "0" (rendah) diindikasikan oleh tegangan 0,2 V. Ini berarti *port* paralel telah aman untuk dihubungkan dengan rangkaian. Perlu diperhatikan juga bahwa hubung singkat antar

pin-pin dalam *port* paralel dapat merusak *port* paralel itu sendiri.

Tabel.5.2 Pengujian pada *port* paralel

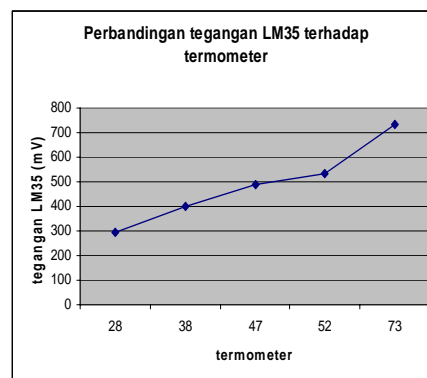
Logika	Tegangan terukur	
	AT89S51	<i>Port printer</i>
0	0,3 volt	0,2 volt
1	4,9 volt	4,8 volt

Rangkaian pengukur suhu, rangkaian pengontrolan suhu ini terdiri dari LM35 sebagai komponen sensor suhu dan ADC0804 sebagai pengubah data analog menjadi data digital. LM35 akan mendeteksi perubahan suhu ruangan.

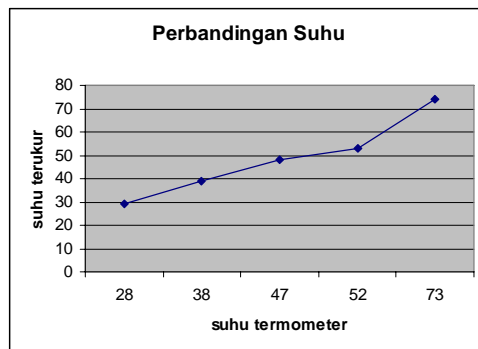
Tabel.5.3 Perbandingan pengukuran suhu analog dan digital

Keluaran ADC	Suhu terukur	Tegangan LM35 (mV)	Suhu termometer
71	29	295	28
101	39	400	38
127	48	490	47
143	53	535	52
190	74	735	73

Perubahan suhu yang ditangkap oleh LM35 berupa panas dari suatu ruangan, yang kemudian panas diubah menjadi tegangan. Proses perubahan tegangan menjadi data digital ini menjadi tugas dari ADC0804. Data analog yang telah diubah menjadi data digital 8 bit oleh ADC0804 diinformasikan ke komputer melalui *port* paralel oleh mikrokontroler.



Gambar .1 Grafik perubahan tegangan terhadap suhu



Gambar.2 Grafik perbandingan suhu terukur dengan termometer

### PEMBAHASAN

Dari hasil pengamatan data dan pengujian dapat dinyatakan bahwa Pada saat dilakukan percobaan terhadap perubahan suhu, tegangan yang terukur pada sensor terlihat tidak stabil, hal ini dikarenakan sensor suhu LM35 sangat peka terhadap perubahan suhu. Perubahan data analog ke data digital menggunakan ADC0804 pun menjadi tidak stabil. Hal ini mengakibatkan tampilan pengukuran selalu berubah-ubah.

Sistem utama pada alat ini terletak pada *software monitoring* dan pengendalian suhu menggunakan program *delphi*. *Software monitoring* menggunakan *delphi* ini merupakan program utama. Melalui program ini, memungkinkan untuk mengolah data dan memanipulasinya sehingga diperoleh data pengukuran suhu yang sesuai dengan hasil pengukuran suhu menggunakan termometer. Pengukuran perubahan suhu secara *software* memiliki data perubahan yang relatif lebih cepat dibanding secara *hardware*. Hal ini dikarenakan oleh sifat sensor suhu LM35 yang sensitif terhadap perubahan suhu. Proses pengukuran suhu dapat dijelaskan sebagai berikut:

Sistem pengiriman data dari sensor suhu yang berbentuk data analog selanjutnya diubah oleh ADC menjadi data digital agar dapat dibaca oleh mikrokontroler. Komputer mengirimkan data kontrol untuk memerintahkan mikrokontroler mengirimkan data melalui port paralel, sedangkan *software monitoring* dan pengendalian dari suhu yang dikompil menggunakan *delphi* sebagai program pengolah utama. *Software* ini berfungsi sebagai pemberi perintah utama pada MySQL dan mikrokontroler. MySQL sebagai pencatat rekaman data suhu yang selanjutnya akan ditampilkan menggunakan *web* berbasis pemrograman PHP. Untuk pengontrolan suhu sesuai dengan batas minimum dan maksimum suhu yang diinginkan menggunakan alir yang terbalik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ibrahim, K.F., 1996, Teknik Digital, Edisi Pertama, Andi Offset, Yogyakarta.
- Malvino, A.P., 2004, Prinsip-prinsip Elektronika, Buku Kedua, Penerbit Salemba Teknika, Jakarta.
- Sugiri dan Moh. Supriyadi, 2006, Pemrograman Sistem Pengendali dengan Delphi, Penerbit Andi, Yogyakarta.



**SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN EVALUASI KINERJA KARYAWAN  
UNTUK PROMOSI JABATAN STRUKTURAL PADA BIMBINGAN BELAJAR  
SCIENCEMASTER MENGGUNAKAN METODE GAP KOMPETENSI  
(PROFILE MATCHING)**

Arif Lukman Hidayat<sup>1</sup>, Tito Pinandita<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Masuk: 2 Desember 2012, revisi masuk : 5 Januari 2013, diterima: 1 Februari 2013

**ABSTRACT**

*Problem which often happen in course of assessment of employees performance is subjective decision making, especially if some existing employees have close same ability. Using decision support system it is expected to decrease subjective in decision making. It's replaced by counting all of criteria to all employees, so that employees with the best ability will chosen. Decision Support System by using Gap analysis is made by considering data and norm human resource development. Gap enumeration process conducted to determine the employees recommendation for promotion base on 3 aspect, that is Intellectual Capacities, Attitude Work and Behavior. The result of this process is employees ranking. It is used as recommendation for decision maker to choose the compatible employees at the empty position. This application is built using Microsoft SQL Server as database and Visual Studio 2010 as tools compiler with C# language. Based on the implementation system result, it was concluded that the use of these applications can help decision making employee's performance evaluation process for structural promotion in Sciencemaster Course.*

**Keywords:** *Decision Support Systems, Employee's Performance Evaluation, Competency Gap, Profile Matching*

**INTISARI**

Masalah yang sering terjadi dalam proses penilaian kinerja karyawan diantaranya adalah subyektifitas pengambilan keputusan, terutama jika beberapa karyawan yang ada memiliki kemampuan yang tidak jauh berbeda. Penggunaan sistem pendukung keputusan, diharapkan mengurangi subyektifitas dalam pengambilan keputusan. Sebagai gantinya akan dilakukan perhitungan terhadap seluruh kriteria untuk seluruh karyawan, sehingga diharapkan karyawan dengan kemampuan terbaik yang terpilih. Sistem pendukung keputusan dengan menggunakan Gap Kompetensi ini dibuat berdasarkan data dan norma-norma sumber daya manusia. Proses penghitungan Gap dilakukan untuk menentukan rekomendasi karyawan dalam sistem promosi jabatan berdasar pada 3 aspek yaitu aspek Kecerdasan, Sikap Kerja dan Perilaku. Hasil dari proses ini berupa ranking karyawan. Ranking ini merupakan dasar rekomendasi bagi pengambil keputusan untuk memilih karyawan yang cocok pada jabatan yang kosong tersebut. Aplikasi ini dibuat dengan menggunakan Microsoft SQL Server untuk databasenya dan Visual Studio 2010 sebagai *tools compiler*nya dengan menggunakan bahasa C#. Dari hasil implementasi sistem, disimpulkan bahwa dengan penggunaan Aplikasi ini dapat membantu proses pengambilan keputusan terhadap *profile matching* proses evaluasi kinerja karyawan untuk promosi jabatan struktural pada Bimbingan Belajar Sciencemaster.

**Kata kunci:** Sistem Pendukung Keputusan, Evaluasi Kinerja Karyawan, Gap Kompetensi, *Profile Matching*.

---

<sup>1</sup>titop@yahoo.com

## PENDAHULUAN

Setiap orang sering dihadapkan pada suatu keadaan dimana ia harus memutuskan untuk memilih satu dari beberapa pilihan yang ada. Sistem pendukung keputusan pada dasarnya adalah bentuk pemilihan dari berbagai alternatif tindakan yang mungkin dipilih yang prosesnya melalui mekanisme tertentu, dengan harapan akan menghasilkan sebuah keputusan yang terbaik. Dengan memanfaatkan metode gap kompetensi guna menentukan Evaluasi Kinerja Karyawan Untuk Promosi Jabatan Struktural.

Dalam penelitian ini sistem program akan dijalankan pada bimbingan belajar Sciencemaster yang memiliki jumlah karyawan yang relatif cukup besar sehingga diharapkan dapat mewakili problem yang ingin diteliti. Salah satu contoh yang akan disorot dalam hal ini adalah cara pemilihan karyawan yang sesuai dengan kriteria yang ada pada suatu jabatan struktural. Jadi seandainya terdapat suatu jabatan pada bagian dari perusahaan itu kosong, maka dibutuhkan penggantinya dari salah satu karyawan.

Adapun permasalahan yang sering dihadapi diantaranya adalah belum tersedianya database yang dapat menampilkan profil karyawan dan profil jabatan, sehingga pada saat-saat di butuhkan untuk menganalisis gap antar karyawan membutuhkan waktu yang lama. Dengan metode ini, diharapkan biasa membantu mempercepat dalam pengolahan data, sehingga problem-problem yang menyangkut karakteristik karyawan bisa dipantau dengan cepat, sekaligus bisa meningkatkan Kinerja SDM secara efektif dan efisien (Moekijat, 1989)

Sistem Pendukung Keputusan atau *DSS (Decision Support System)* adalah sistem informasi berbasis komputer yang tujuan utamanya adalah membantu pembuatan keputusan memanfaatkan data dan model untuk menyelesaikan masalah-masalah yang bersifat tidak terstruktur dan semi terstruktur. *DSS* dirancang untuk menunjang seluruh tahapan pembuatan keputusan, yang dimulai dari tahapan

mengidentifikasi masalah, memilih data yang relevan, menentukan pendekatan yang digunakan dalam proses pembuatan keputusan sampai pada kegiatan mengevaluasi pemilihan alternative (Kusrini, 2007).

Menurut Kusrini (2007) menyatakan bahwa *Profile matching* adalah sebuah mekanisme pengambilan keputusan dengan mengasumsikan bahwa terdapat tingkat variabel prediktor yang ideal yang harus dimiliki oleh pelamar, bukannya tingkat minimal yang harus dipenuhi atau dilewati. Dalam pencocokan profil, dilakukan identifikasi terhadap kelompok karyawan yang baik maupun buruk. Para karyawan dalam kelompok tersebut diukur menggunakan beberapa kriteria penilaian. Aspek-aspek Penilaian Sistem pendukung keputusan tersebut dirancang sedemikian rupa sehingga pengguna yang dalam hal ini adalah manajer bagian sumber daya manusia bisa menentukan aspek-aspek penilaian sendiri secara dinamis sehingga sistem pendukung keputusan tersebut bisa dipakai lebih luas (Kusrini, 2007).

Aspek Kecerdasan menggunakan tes *IST (Intelligenz Strukturen Teztie)*. Hal-hal yang diukur dalam aspek kecerdasan kerja adalah kecerdasan, kepandaian, dan kemampuan problem solving. Adapun tes yang digunakan akan meliputi sepuluh faktor inteligensi yang terdapat dalam *IST* yaitu *Common Sense*, Verbalisasi Ide, Sistematis Berpikir, Penalaran dan Solusi Real, Konsentrasi, Logika Praktis, Fleksibilitas Berpikir, Imajinasi Kreatif, Antisipasi, Aspek sikap Kerja menggunakan tes Pauli (Handojo, A, 2003). Hal-hal yang diukur dalam aspek sikap kerja adalah kecenderungan berperilaku dalam bekerja, dan hasil sebagai fungsi motivasi dan kemampuan. Hasil kerja merupakan fungsi dari motivasi dan kemampuan. Motivasi merupakan hasil dari niat dan kemauan. Adapun enam aspek dari tes pauli untuk mengungkap potensi kerja yang digunakan yaitu: energi psikis, ketelitian dan tanggung jawab, kehati-hatian, pengendalian perasaan, dorongan berprestasi, dan vitalitas perencanaan.

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan aplikasi sistem yang dapat digunakan untuk pendukung keputusan menyeleksi karyawan yang cocok untuk suatu jabatan tertentu dengan menggunakan metode gap kompetensi (*profile matching*) sehingga dapat meminimalkan subyektifitas pengambilan keputusan. Manfaat Manfaat yang diharapkan dengan dibuatnya sistem pendukung keputusan ini adalah agar memudahkan dalam mengelola dan menentukan kinerja pegawai sehingga dapat menyeleksi karyawan yang cocok untuk mengisi jabatan yang kosong secara cepat dan obyektif.

#### METODE

Tujuan utama dari perancangan sistem secara global adalah memberikan gambaran tentang sistem yang akan dibangun serta memahami alur informasi dan proses yang ada dalam sistem. Perancangan Proses Perhitungan Gap Kompetensi (*profile matching*).

Menurut Kusrini (2007) Langkah dalam melakukan metode ini terdiri dari lima langkah. Langkah pertama menentukan Bobot Nilai Gap. Pada tahap ini, akan ditentukan bobot nilai masing-masing aspek dengan menggunakan bobot nilai yang telah ditentukan bagi masing-masing aspek itu sendiri. Adapun inputan dari proses pembobotan ini adalah selisih dari profil karyawan dan profil jabatan.

Langkah kedua dengan melakukan pemetaan Gap. Gap yang dimaksud adalah perbedaan antara profil jabatan dengan profil karyawan.  $Gap = Profil\ Karyawan - Profil\ Jabatan$

Langkah ketiga dengan Melakukan pencocokan dengan table bobot Gap Hasil Gap dari pengurangan profil karyawan dan profil jabatan bila dicocokkan dengan kolom selisih gap pada table bobot nilai yang dihasilkan sama.

Langkah kelima dengan melakukan perhitungan *core factor* dan *secondary factor*. Setelah menentukan bobot nilai gap untuk ketiga aspek yang dibutuhkan, kemudian tiap aspek

dikelompokkan lagi menjadi dua kelompok yaitu *core factor* dan *secondary factor*.

Tabel 1. Bobot Nilai Gap

No	Selisih GAP	Bobot Nilai	Keterangan
1	0	5	Tidak ada Gap
2	1	4.5	Kompetensi individu kelebihan 1 tingkat
3	-1	4	Kompetensi individu kurang 1 tingkat/
4	2	3.5	Kompetensi individu kelebihan 2 tingkat
5	-2	3	Kompetensi individu kurang 2 tingkat
6	3	2.5	Kompetensi individu kelebihan 3 tingkat
7	-3	2	Kompetensi individu kurang 3 tingkat
8	4	1.5	Kompetensi individu kelebihan 4 tingkat
9	-4	1	Kompetensi individu kurang 4 tingkat
10	5	0	Kompetensi individu kelebihan 5 tingkat

*Core factor* merupakan aspek (kompetensi) yang paling menonjol/paling dibutuhkan oleh suatu jabatan yang diperkirakan dapat menghasilkan kinerja optimal. Untuk menghitung *core factor* digunakan rumus :

$$NRC = \frac{\sum NC}{\sum IC}$$

NRC = Nilai rata-rata *core factor* tiap aspek

NC = Jumlah total nilai *core factor* tiap aspek

IC = Jumlah item tiap aspek

*Secondary factor* adalah item-item selain aspek yang ada pada *core factor*. Untuk menghitung *secondary factor* digunakan rumus :

$$NRS = \frac{NS}{IS}$$

NRS = Nilai rata-rata *secondary factor* tiap aspek  
 NS = Jumlah total nilai *secondary factor* tiap aspek  
 IS = Jumlah item tiap aspek

Perhitungan Nilai Total Tiap Aspek. Dari hasil setiap aspek di atas berikutnya dihitung nilai total berdasarkan presentasi dari nilai *core factor* dan *secondary factor* yang diperkirakan berpengaruh terhadap kinerja tiap-tiap profil. Untuk menghitung nilai total digunakan rumus :

Aspek Kecerdasan:  
 $NAK = 60\% (NRC) + 40\% (NRS)$

N = Nilai total tiap aspek  
 NRC = Nilai *Core factor*  
 NRS = Nilai *Secondary factor*

Aspek Sikap Kerja:  
 $NASK = 60\% (NRC) + 40\% (NRS)$

N = Nilai total tiap aspek  
 NRC = Nilai *Core factor*

NRS = Nilai *Secondary factor*

Aspek Perilaku:

$NAP = 60\% (NRC) + 40\% (NRS)$

N = Nilai total tiap aspek

NRC = Nilai *Core factor*

NRS = Nilai *Secondary factor*

Perhitungan Nilai Ranking. Hasil akhir dari proses profile matching adalah ranking dari kandidat yang diajukan untuk mengisi suatu jabatan/posisi tertentu.

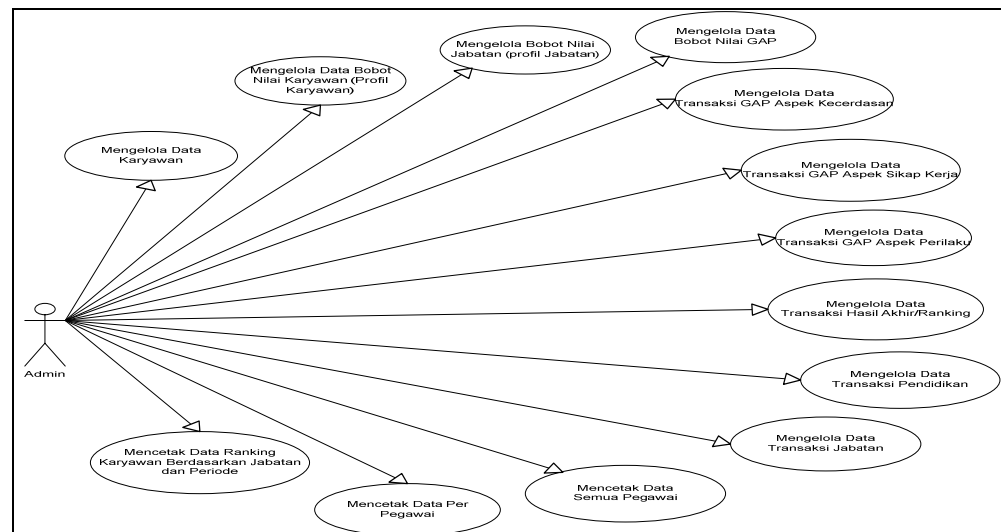
$Ranking = NAK * 20\% + NASK * 30\% + NAP * 50\%$

NAK = Nilai total aspek kecerdasan

NASK = Nilai total aspek sikap kerja

NAP = Nilai total aspek perilaku

Perancangan proses dilakukan sebelum tahap ke perancangan sistem. Perancangan proses dilakukan untuk menentukan proses-proses yang terjadi di dalam sistem. Proses yang ada dalam sistem ini secara umum dapat digambarkan melalui *use case diagram*



Gambar 1. *use case diagram* bimbingan belajar Sciencemaster

## PEMBAHASAN

Data-data yang dibutuhkan untuk proses klasifikasi *core factor* dan *secondary factor* masing-masing aspek penilaian dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai

presentase untuk masing-masing faktor dapat dilihat pada Tabel 3 sedangkan Nilai persen untuk masing-masing aspek penilaian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Klasifikasi core factor dan secondary factor

No	Aspek	Core Factor	Secondary Factor
1.	Aspek Kecerdasan	a. <i>Common Sense</i> b. Sistematika Berpikir c. Konsentrasi d. Logika Praktis e. Antisipasi f. IQ	a. Verbalisasi Ide b. Penalaran Solusi Real c. Fleksibilitas Berpikir d. Imajinasi Kreatif
2.	Aspek Sikap Kerja	a. Ketelitian dan Tanggung Jawab b. Kehati-hatian c. Vitalitas dan perencanaan	a. Energi Psikis b. Pengendalian Perasaan c. Dorongan Berprestasi
3.	Aspek Perilaku	a. Kekuasaan ( <i>Dominance</i> ) b. Pengaruh ( <i>Influences</i> )	a. Keteguhan Hati ( <i>Steadiness</i> ) b. Pemenuhan ( <i>Compliance</i> )

Tabel 3. Nilai Persen faktor

Kelas factor	Nilai Persen
<i>Core Factor</i>	60
<i>Secondary Factor</i>	40

Tabel 4. Nilai Persen Aspek Penilaian

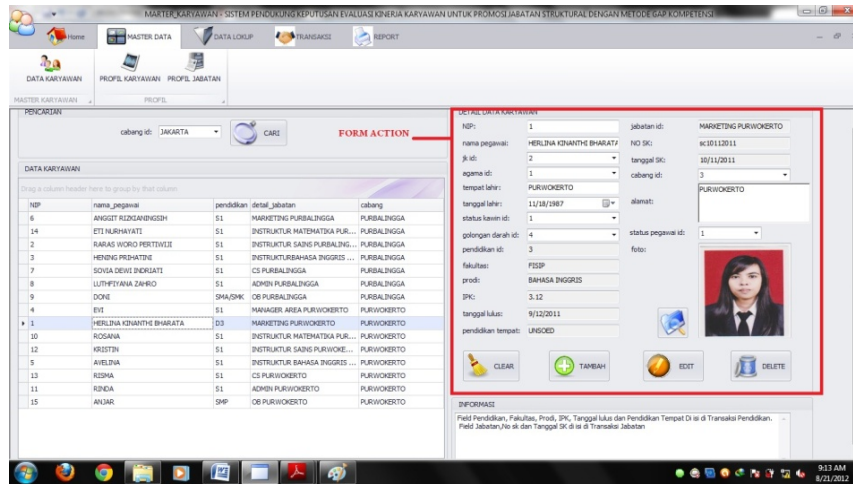
Aspek Penilaian	Nilai Persen
Aspek Kecerdasan	20
Aspek Sikap Kerja	30
Aspek Perilaku	50

Setelah melalui tahap klasifikasi, maka dibuat coding untuk sistem tersebut. Untuk masuk ke sistem dibuat sistem password sehingga sistem menjadi lebih aman karena tidak semua orang berhak mengakses sistem tersebut. Yang berhak mengakses adalah bagian administrasi pengolahan data. Bagian admin ini akan memasukkan data-data karyawan, profil karyawan, profil jabatan, dan proses evaluasi kinerja karyawan. Hasil aplikasi ini terdiri dari beberapa menu utama yaitu: Menu Master Data (Data Karyawan, Profil Karyawan, Profil Jabatan), Menu Transaksi ( Transaksi Gap Aspek Kecerdasan, Transaksi Gap Aspek Sikap Kerja, Transaksi Gap Aspek Perilaku, Ranking, Transaksi Jabatan, Transaksi Pendidikan) dan Menu Report (Laporan Detail Data Karyawan, Laporan Karyawan Berdasarkan Cabang, Laporan Status

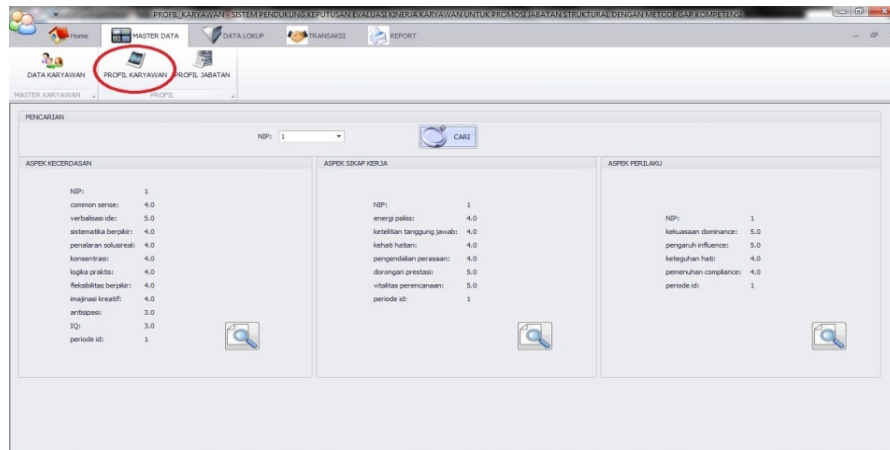
Formasi Jabatan, Bobot Jabatan Berdasarkan Cabang, Bobot Jabatan Semua Cabang, Laporan Rangka Kandidat Berdasarkan Promosi Jabatan).

Data-data master dientrikan melalui menu Master Data. Salah satu tampilan untuk interface input data karyawan dapat dilihat pada Gambar 2. Data profil karyawan dan profil jabatan juga harus diinputkan untuk menghitung evaluasi kinerja karyawan. Interface entri profil karyawan berfungsi untuk mengelola nilai kinerja karyawan berdasarkan aspek kecerdasan, aspek sikap kerja dan aspek perilaku. Tampilan interface tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Interface profil jabatan berfungsi untuk mengelola nilai bobot jabatan berdasarkan aspek kecerdasan, aspek sikap kerja dan aspek perilaku. Tampilan interface entri profil jabatan dapat dilihat pada Gambar 4.

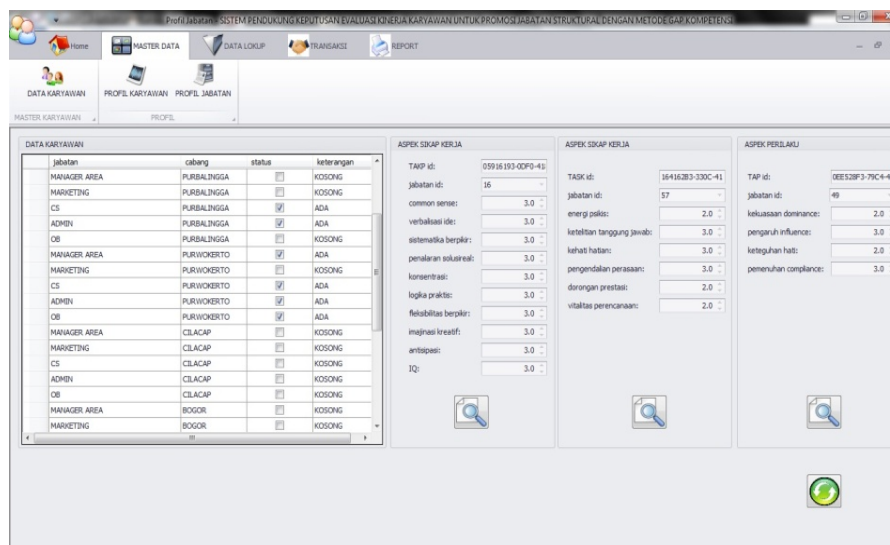
Proses utama untuk mengitung evaluasi kinerja karyawan dapat ditampilkan melalui Menu Transaksi. Interface untuk proses Gap aspek kecerdasan digunakan untuk menyimpan hasil pengurangan antara profil karyawan dikurangi profil jabatan berdasarkan aspek kecerdasan dapat dilihat pada Gambar 5. Interface proses transaksi Gap aspek sikap kerja, transaksi gap aspek perilaku, transaksi rangking, transaksi Jabatan, Transaksi pendidikan masing- masing dapat dilihat pada Gambar 6,7,8,dan 9.



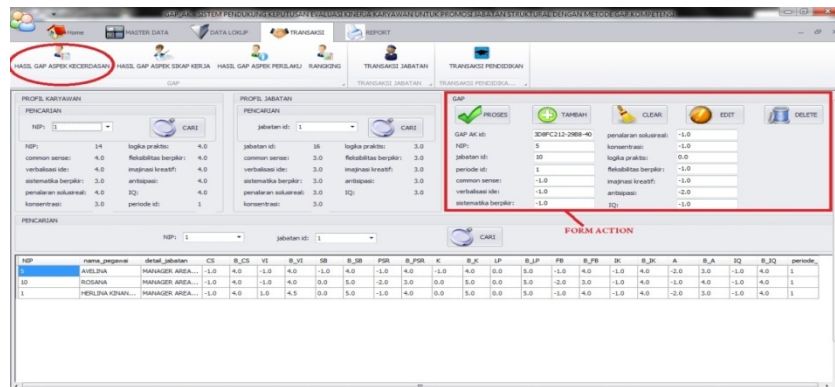
Gambar 2. Data Karyawan



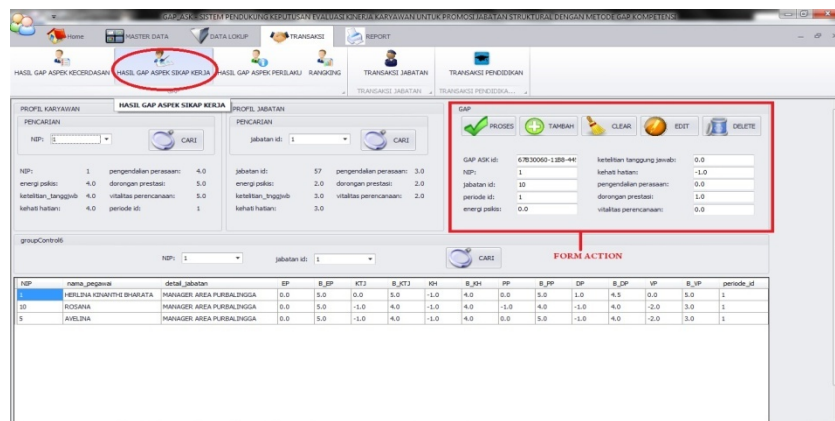
Gambar 3. Profil Karyawan



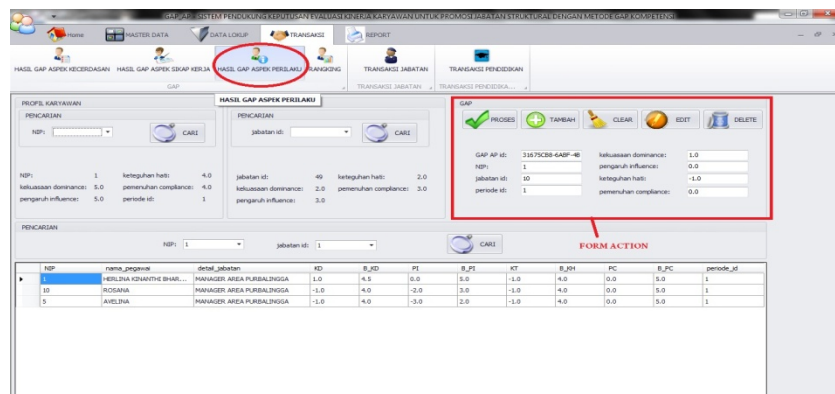
Gambar 4. Profil Jabatan



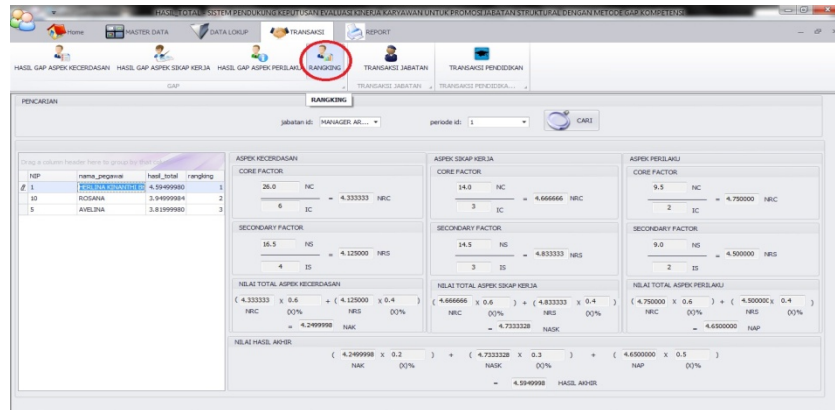
Gambar 5. Transaksi Gap Aspek Kecerdasan



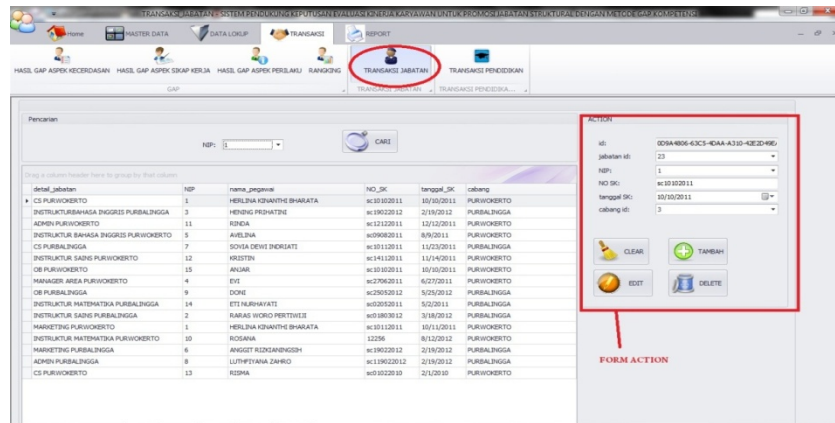
Gambar 6. Transaksi Gap Aspek Sikap Kerja



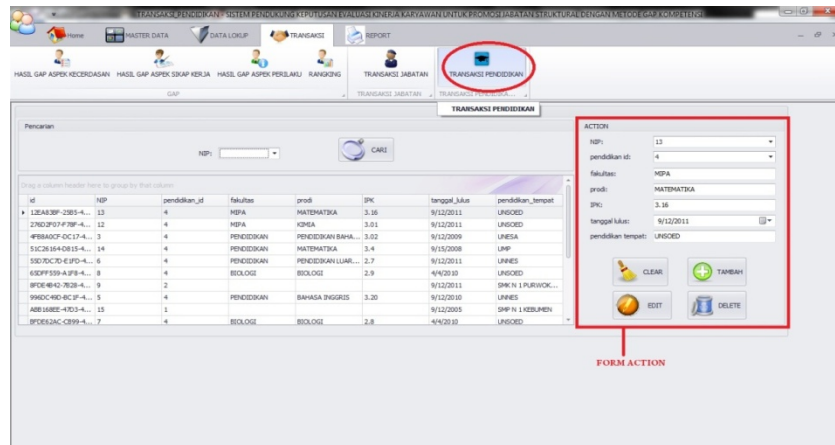
Gambar 7. Transaksi Gap Aspek Perilaku



Gambar 8. Ranging



Gambar 9. Transaksi Jabatan



Gambar 10. Transaksi Pendidikan

Hasil akhir sistem aplikasi ini berupa laporan-laporan yang digunakan oleh pejabat yang berwenang untuk menganalisis hasil evaluasi kinerja karyawan yang digunakan untuk promosi jabatan struktural. Output dari

sistem aplikasi ini meliputi laporan formasi jabatan (Gambar 11), laporan rangking kandidat berdasarkan promosi jabatan (Gambar 12) dan laporan detail rangking kandidat berdasarkan promosi jabatan (Gambar 13).





## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan maka diambil kesimpulan bahwa Dengan menggunakan metode Gap Kompetensi (*Profile matching*), terbentuk suatu aplikasi sistem pendukung keputusan yang dapat menyeleksi karyawan yang sesuai untuk ditempatkan pada suatu jabatan tertentu. Berdasarkan hasil pengujian dihasilkan data yang sama antara pengujian melalui aplikasi dan pengujian melalui cara manual. Sistem yang telah dibangun siap untuk diterapkan dalam kondisi lapangan yang sesungguhnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Handojo, A., Setiabudi, D. H., Yunita, R., 2003, Pembuatan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan untuk Proses Kenaikan Jabatan dan Perencanaan Karir Pada PT.X, *Jurnal Informatika*, No.2, Vol.4, Hal.98-106.
- Kusrini, 2007, *Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan*, Andi, Yogyakarta.
- Moekijat, 1989, *Manajemen Kepegawaian*, Mandar Maju, Bandung.

## LOGIKA FUZZY SWARM INTELLIGENCE BEE COLONY UNTUK MEMINIMALISASI KEMACETAN TRANSPORTASI

Widyastuti Andriyani<sup>1</sup>, Retantyo Wardoyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>STMIK "Akakom", Yogyakarta

<sup>2</sup>Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Masuk: 28 Oktober 2012, revisi masuk : 11 Januari 2013, diterima: 3 Februari 2013

### ABSTRACT

*This paper uses the concept of fuzzy logics to integrate with bee systems to solve inexact model problems. As an example, in this paper the integration will be used to minimise the congestion of transportation problems. Bee systems face many problems for decision making when seeking for the best solution, some of them: to determine the next solution components to be added to partial solution, to determine which partial solutions should be left or not, and to determine the same partial solutions without recruiting friends from the same nest. The majority of these selection models is based on the assumption that the decision makers have the ability of processing perfect information, and are always acting rationally and exactly. However, in certain conditions, information is not exact, but is still realistic.*

**Keywords:** bee systems, inexact models, fuzzy logics, transportation problems

### INTISARI

Makalah ini memanfaatkan konsep logika fuzzy untuk diintegrasikan dengan sistem lebah untuk menyelesaikan permasalahan model tidak eksak. Sebagai contoh, dalam makalah ini akan digunakan untuk meminimalisasi kemacetan masalah transportasi. Sistem lebah menghadapi banyak masalah dalam pengambilan keputusan ketika mencari solusi terbaik beberapa diantaranya: menentukan komponen solusi berikutnya yang akan ditambahkan ke solusi parsial, memutuskan solusi parsial yang harus ditinggalkan atau tidak, dan menentukan solusi parsial yang sama tanpa merekrut teman-teman sesarang. Mayoritas model pilihan ini didasarkan pada asumsi bahwa pembuat keputusan memiliki kemampuan pemrosesan informasi yang sempurna dan selalu bertindak secara rasional dan eksak. Namun dalam hal-hal tertentu, informasi tidak bersifat eksak tetapi tetap realistik.

**Kata kunci:** sistem lebah, model tidak eksak, logika fuzzy, masalah transportasi

### PENDAHULUAN

Sejumlah besar model teknik tradisional dan algoritma yang digunakan untuk memecahkan masalah yang kompleks didasarkan pada kontrol dan sentralisasi. Berbagai sistem alami (koloni-koloni serangga sosial) menunjukkan bahwa organisme individu yang sangat sederhana dapat membuat sistem yang mampu melakukan tugas-tugas yang sangat kompleks dengan interaksi yang dinamis satu sama lain.

Perilaku kawan lebah dicirikan dengan otonomi dan pendistribusian fungsi serta *self-organizing*. Dalam beberapa tahun

terakhir, para peneliti mulai mempelajari perilaku serangga sosial dalam upaya untuk menggunakan konsep-konsep *Swarm Intelligence* (Inteligensi Kelompok/Kawanan) telah dikembangkan pada berbagai Sistem Kecerdasan Buatan.

Salah satu penerapan *Swarm Intelligence* adalah *Bee Colony Optimization* (BCO) Metaheuristic sebagai Sistem Lebah yang bermanfaat dalam memecahkan masalah kombinatorial yang dicirikan dengan ketidakpastian, misalkan masalah transportasi, khususnya pencocokan berbagai kendaraan dengan lokasi tempat tujuan penumpang. Untuk

---

<sup>1</sup>widya@akakom.ac.id

model sistem lebah yang melibatkan informasi maupun aturan yang tidak eksak, konsep logika fuzzy diintegrasikan dengan sistem lebah tersebut.

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya diantaranya Lucic (2001) dan Teodorovic (2009) merupakan orang-orang pertama yang menggunakan prinsip-prinsip dasar kecerdasan lebah kolektif dalam memecahkan masalah optimalisasi kombinatorial. Mereka memperkenalkan *Bee System* (BS) (Sistem Lebah) dan mengujinya dalam kasus *Traveling Salesman Problem*. *Bee Colony Optimization Metaheuristic* (BCO Metaheuristic) yang telah diusulkan dalam paper ini, merepresentasikan pengembangan lanjutan dan generalisasi dari *Bee System*. Karakteristik dasar dari Metaheuristic BCO akan digambarkan kemudian. Koloni lebah artifisial kami sebagian berperilaku sama dengan koloni lebah alamiah, dan sebagian berperilaku berbeda. *Fuzzy Bee System* (FBS) (Zadeh, 2012) (Teodorović, 2000) yang mampu memecahkan masalah optimalisasi kombinatorial yang dicirikan dengan ketidakpastian, juga dibahas dalam paper ini. Dalam FBS, para agen lebah menggunakan penalaran perkiraan dan aturan logika fuzzy (Zadeh, 2012) (tidak jelas) dalam komunikasi dan tindakan mereka.

Konsep dasar *Fuzzy Set Theory* (Zadeh, 2012), variabel linguistik, penalaran perkiraan, dan komputasi dengan kata-kata yang diperkenalkan oleh Zadeh memiliki pemahaman yang lebih mengenai faktor ketidakpastian, ketidaktepatan, dan observasi yang diungkapkan secara linguistik

## METODE

Dalam *Bee Colony Optimization Metaheuristic* (BCO) (D.Teodorovic, 2009), agen lebah yang kita sebut lebah artifisial berkolaborasi untuk memecahkan masalah optimalisasi kombinatorial yang sulit. Semua lebah artifisial ditempatkan dalam sarang pada awal proses pencarian. Selama proses pencarian, lebah artifisial berkomunikasi

*secara langsung*. Setiap lebah artifisial membuat serangkaian gerakan yang terbatas, dan dengan cara ini secara bertahap menciptakan solusi untuk masalah yang ada. Lebah menambahkan komponen-komponen solusi pada solusi parsial yang ada, sampai mereka menciptakan satu atau lebih solusi yang visibel. Proses pencarian terdiri dari *iterasi-iterasi*. Iterasi pertama selesai ketika lebah untuk pertama kalinya menciptakan satu atau lebih solusi yang visibel. Solusi terbaik yang ditemukan selama iterasi pertama disimpan, dan kemudian iterasi kedua dimulai. Dalam iterasi kedua, lebah secara bertahap membangun lagi solusi dari masalah, dan lain-lain. Terdapat satu atau lebih solusi parsial (sumber makanan) pada akhir setiap iterasi. Pembuat keputusan (analyst-decision maker) mengatur jumlah total iterasi.

Ketika terbang, lebah-lebah artifisial kami melakukan *forward pass* atau *backward pass*. Ketika melakukan *forward pass*, lebah menciptakan berbagai solusi parsial. Mereka melakukan hal ini dengan menggunakan kombinasi eksplorasi individual dan pengalaman kolektif dari masa lalu.

Setelah itu, mereka melakukan *backward pass*, yaitu lebah kembali ke sarang. Dalam sarang, semua lebah berpartisipasi dalam proses *pengambilan keputusan*. Kami berasumsi bahwa setiap lebah dapat memperoleh informasi tentang kualitas solusi yang dihasilkan oleh semua lebah lainnya. Dengan cara ini, lebah *bertukar* informasi tentang kualitas solusi parsial yang dibuat. Lebah membandingkan semua solusi parsial yang dihasilkan. Berdasarkan kualitas solusi parsial yang dihasilkan, setiap lebah memutuskan apakah akan meninggalkan solusi parsial yang dibuat dan kembali menjadi pengikut yang tidak komit, melanjutkan memperluas solusi parsial yang sama tanpa merekrut teman-teman sesarangnya, atau menari dan dengan demikian merekrut teman-teman sesarangnya sebelum kembali ke solusi parsial yang dibuat. Dengan bergantung pada kualitas solusi parsial yang dihasilkan, tiap lebah memiliki tingkat *kesetiaan* tertentu pada jalur yang menuju

pada solusi parsial yang ditemukan sebelumnya. Selama *forward pass* kedua, lebah memperluas solusi parsial yang dibuat sebelumnya, dan setelah itu melakukan *backward pass* dan kembali ke sarang. Dalam sarang, lebah kembali berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan, melakukan *forward pass* ketiga, dan lain-lain. Iterasi berakhir ketika satu solusi atau lebih yang visibel tercipta.

Seperti halnya Pemrograman Dinamis, BCO juga memecahkan masalah optimalisasi kombinatorial secara bertahap. Setiap tahapan yang didefinisikan mencakup satu variable optimalisasi. Kami melambangkan seperangkat /satu set tahap pra-seleksi yang terbatas dengan  $ST = \{st1, st2, \dots, stm\}$ , dimana  $m$  adalah jumlah tahapan.  $B$  menunjukkan jumlah lebah yang akan berpartisipasi dalam proses pencarian, dan  $I$  menunjukkan jumlah total iterasi. Rangkaian solusi parsial pada tahap  $stj$  ditunjukkan dengan  $Sj$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ).

Berikut adalah *pseudo-kode* dari *Bee Colony Optimization*:

(1). *Initialization* (Inialisasi). Menentukan jumlah lebah  $B$ , dan jumlah iterasi  $I$ . Memilih rangkaian tahapan  $ST = (st1, st2, stm)$ . Menemukan solusi  $x$  yang fisibel. Solusi ini adalah *solusi awal terbaik*. (2) Set (loop)  $i:=1$  hingga  $i:=I$  mengulang langkah-langkah berikut: (3) Set (loop)  $j:=1$  hingga  $j:=m$  mengulangi langkah-langkah berikut: *Forward pass*: Membiarkan lebah terbang dari sarangnya dan memilih solusi parsial  $B$  dari rangkaian solusi parsial  $Sj$  pada tahap  $stj$ . *Backward pass*: mengirim semua lebah kembali ke sarangnya. Memungkinkan lebah untuk bertukar informasi tentang kualitas solusi parsial yang dibuat dan untuk memutuskan apakah akan meninggalkan solusi parsial yang dibuat dan kembali menjadi pengikut yang tidak komit, terus memperluas solusi parsial yang sama tanpa merekrut teman-teman sesarangnya, atau menari dan dengan demikian merekrut teman-teman sesarangnya sebelum kembali ke solusi parsial yang dibuat. (4) Set  $j := j + 1$ . (4) Apabila solusi terbaik  $x_i$  diperoleh selama iterasi ke- $i$  lebih baik daripada

solusi terbaik yang sudah dikenal, memperbarui solusi terbaik yang dikenal ( $x:=x_i$ ). (5) Set  $i := i + 1$ .

Di sisi lain, *forward* dan *backward pass* bisa dilakukan sampai beberapa kondisi berhenti lainnya terpenuhi. Kondisi berhenti mungkin bisa merupakan, sebagai contoh, jumlah total *forward/backward pass* maksimum, atau jumlah total *forward/backward pass* maksimum antara peningkatan nilai fungsi dua tujuan.

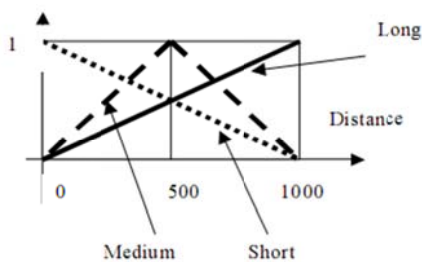
Dalam BCO Metaheuristic yang diusulkan, berbagai sub-model yang menggambarkan perilaku dan/atau "penalaran" lebah dapat dikembangkan dan diuji. Dengan kata lain, berbagai algoritma BCO dapat dikembangkan. Model ini harus menjelaskan cara-cara dimana lebah memutuskan untuk meninggalkan solusi parsial yang dibuat, untuk terus memperluas solusi parsial yang sama tanpa merekrut teman-teman sesarangnya, atau untuk menari dan dengan demikian merekrut teman-teman sesarangnya sebelum kembali ke solusi parsial yang dibuat.

Selain mengusulkan BCO sebagai metaheuristic baru, dalam paper ini kami juga mengusulkan Algoritma BCO yang kami sebut *Fuzzy Bee System* (FBS). Dalam kasus FBS, agen (lebah artifisial) menggunakan penalaran perkiraan dan aturan logika fuzzy dalam komunikasi dan tindakan mereka. Dengan cara ini, maka FBS mampu memecahkan masalah kombinatorial deterministik, serta masalah kombinatorial yang ditandai dengan ketidakpastian.

Lebah menghadapi banyak masalah pengambilan keputusan ketika mencari solusi terbaik. Berikut ini adalah dilema pilihan lebah: (a). Apa komponen solusi berikutnya yang akan ditambahkan ke solusi parsial, (b). Haruskah solusi parsial ditinggalkan atau tidak, (c). Haruskah solusi parsial yang sama diperluas tanpa merekrut teman-teman sesarang.

Mayoritas model pilihan ini didasarkan pada konsep-konsep modeling utilitas acak. Pendekatan ini sangat rasional. Mereka didasarkan pada asumsi bahwa pembuat keputusan memiliki kemampuan pemrosesan

informasi yang sempurna dan selalu bertindak secara rasional (berusaha memaksimalkan utilitas). Dalam rangka menawarkan pendekatan modeling alternatif, para peneliti mulai menggunakan teori yang kurang normatif. Konsep dasar *Fuzzy Set Theory*, variabel linguistik, penalaran perkiraan, dan komputasi dengan kata-kata yang diperkenalkan oleh (Zadeh,2012), (Teodorović,2000), memiliki pemahaman yang lebih mengenai ketidakpastian, ketidaktepatan, dan observasi yang diungkapkan secara linguistik. Mengikuti gagasan ini, dalam model pilihan kami, kami mulai dari asumsi bahwa kuantitas yang dirasakan oleh lebah adalah "kabur (fuzzy)". Lebah artifisial menggunakan penalaran perkiraan dan aturan logika (Zadeh,2012), (Teodorović,2000), dalam komunikasi dan tindakan mereka. Selama tahapan *j* lebah terbang dari sarang dan memilih solusi parsial *B* dari rangkaian solusi parsial *Si* pada tahap *stj* (*forward pass*). Ketika menambahkan komponen solusi ke solusi parsial yang ada selama *forward pass*, lebah tertentu memandang komponen solusi yang spesifik sebagai "kurang menarik", menarik, atau "sangat menarik". Diasumsikan bahwa lebah artifisial dapat merasakan sifat/kualitas tertentu seperti "*dekat*", "*sedang*" atau "*jauh*" (Gambar 1), "*murah*", "*sedang*", atau "*mahal*", dll.



Gambar 1: Fungsi-fungsi fuzzy linguistik jarak

**PEMBAHASAN**

Algoritma pada penalaran perkiraan untuk menghitung daya tarik komponen solusi terdiri dari aturan dari tipe berikut:

Jika kualitas komponen solusi SANGAT BAIK Maka komponen solusi yang dipertimbangkan SANGAT MENARIK

Keuntungan menggunakan algoritma penalaran perkiraan untuk menghitung daya tarik komponen solusi adalah bahwa dimungkinkan untuk menghitung daya tarik komponen solusi bahkan jika beberapa data input hanya bersifat diketahui secara *kira-kira*. Kami menggunakan lambang *f<sub>i</sub>* untuk nilai daya tarik komponen solusi *i*. Probabilitas *p<sub>i</sub>* untuk komponen solusi *i* yang akan ditambahkan ke solusi parsial sama dengan rasio *f<sub>i</sub>* terhadap jumlah seluruh nilai daya tarik komponen solusi yang dipertimbangkan (Persamaan 1).

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_j f_j} \dots\dots\dots 1$$

Untuk memilih komponen solusi berikutnya yang akan ditambahkan ke solusi parsial, lebah artifisial menggunakan pilihan proporsional yang dikenal sebagai "pilihan roda rolet". (Bagian dari rolet sebanding dengan probabilitas *p<sub>i</sub>*). Selain "pilihan roda rolet," beberapa cara seleksi lain dapat digunakan.

Untuk menggambarkan proses mekanisme perbandingan solusi parsial lebah, diperkenalkan konsep *partial solution badness* (keburukan solusi parsial). Kami mendefinisikan keburukan solusi parsial seperti persamaan berikut:

$$L_k = \frac{L^{(k)} - L_{min}}{L_{max} - L_{min}} \dots\dots\dots 2$$

dimana:

- $L_k$  - keburukan solusi parsial yang ditemukan oleh lebah ke-*k*
- $L^{(k)}$  - nilai fungsi objektif solusi parsial yang ditemukan oleh lebah ke-*k*
- $L_{min}$  - nilai fungsi objektif solusi parsial terbaik yang ditemukan dari awal proses pencarian.
- $L_{max}$  - nilai fungsi objektif solusi parsial terburuk yang ditemukan dari awal proses pencarian.

Algoritma penalaran perkiraan untuk menentukan keburukan solusi parsial terdiri dari aturan dari tipe berikut:

Jika solusi parsial yang ditemukan BURUK Maka loyalitas RENDAH

Lebah menggunakan *penalaran perkiraan*, dan membandingkan solusi parsial temuan mereka dengan solusi parsial terbaik dan terburuk yang ditemukan dari *awal* proses pencarian. Dengan cara ini, "fakta-fakta sejarah" yang ditemukan *oleh semua anggota* koloni lebah memiliki pengaruh signifikan terhadap arah pencarian di masa depan.

Karena lebah sesungguhnya adalah serangga sosial, maka dalam paper ini diasumsikan bahwa probabilitas  $p^*$  suatu peristiwa dimana lebah akan terus terbang di sepanjang jalur yang sama tanpa merekrut teman-teman sesarangnya sangat rendah ( $p^* \ll 1$ ). Lebah terbang ke lantai dansa, dan mulai menari dengan probabilitas yang sama dengan  $(1-p^*)$ . Komunikasi antar lebah individu semacam ini memberikan kontribusi terhadap pembentukan "kecerdasan kolektif" koloni lebah. Dalam kasus ketika, lebah memutuskan untuk tidak terbang di sepanjang jalur yang sama, maka lebah akan pergi ke arena dansa dan akan mengikuti lebah yang lain.

Setiap solusi parsial (jalur parsial) yang sedang ditawarkan di arena dansa memiliki dua sifat utama: (a) nilai fungsi objektif, dan (b) jumlah lebah yang menawarkan solusi parsial (jalur parsial). Jumlah terakhir merupakan indikator yang baik dari pengetahuan kolektif lebah. Hal ini menunjukkan bagaimana koloni lebah merasakan solusi parsial yang spesifik.

Algoritma penalaran perkiraan untuk menentukan daya tarik solusi parsial yang "diiklankan" terdiri dari aturan dari tipe berikut:

Jika panjang jalur yang diiklankan PENDEK dan jumlah lebah yang

mengiklankan jalur tersebut KECIL

Maka daya tarik solusi parsial yang diiklankan MEDIUM

Daya tarik jalur dihitung dengan cara ini dapat mengambil nilai dari interval  $[0,1]$ . Semakin tinggi nilai yang dihitung, maka jalur yang ditawarkan akan semakin menarik. Lebah akan lebih atau kurang setia pada jalur "lama". Pada saat yang sama, jalur yang ditawarkan akan kurang atau lebih menarik bagi lebah. Mari kita tandai jalur-jalur dengan  $p_i$ , dan  $p_j$ . Kami menggunakan lambing  $n_{ij}$  untuk jumlah lebah yang akan meninggalkan jalur  $p_i$ , dan bergabung dengan teman-teman sesarangnya yang akan terbang di sepanjang jalur  $p_j$ .

Algoritma penalaran perkiraan untuk menghitung jumlah lebah yang beralih terdiri dari aturan dari tipe berikut:

Jika loyalitas lebah terhadap jalur  $p_i$ , RENDAH dan daya tarik jalur  $p_j$  TINGGI Maka jumlah lebah yang beralih dari jalur  $p_i$  ke jalur  $p_j$  TINGGI

Dengan cara ini, jumlah lebah yang terbang di sepanjang jalur yang spesifik diubah sebelum dimulainya *forward pass* baru. Dengan menggunakan pengetahuan kolektif dan dengan berbagi informasi, lebah berkonsentrasi pada jalur pencarian yang lebih menjanjikan, dan perlahan-lahan meninggalkan jalur yang kurang menjanjikan.

Studi Kasus: Masalah pencocokan berbagi kendaraan dengan lokasi tempat tujuan penumpang

Jaringan jalan perkotaan di banyak negara sangatlah padat, sehingga waktu perjalanan meningkat, jumlah berhenti meningkat, penundaan yang diharapkan, biaya perjalanan lebih besar, ketidaknyamanan bagi pengemudi dan penumpang, polusi udara, tingkat kebisingan dan jumlah kecelakaan lalu lintas juga meningkat.

Memperluas kapasitas jaringan lalu lintas dengan membangun lebih banyak jalan akan sangat mahal serta merusak lingkungan. Penggunaan prasarana yang tersedia dengan lebih efisien sangat penting untuk *me-maintain* kebutuhan perjalanan yang terus tumbuh.

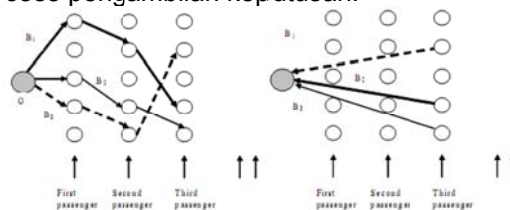
*Ridesharing* (berbagi kendaraan) adalah salah satu teknik *Travel Demand Management* ('TDM) (Managemen Kebutuhan Perjalanan) yang mengasumsikan partisipasi dari dua orang atau lebih yang berbagi kendaraan bersama saat bepergian dari satu tempat ke beberapa tempat tujuan. Semua pengemudi yang berpartisipasi dalam pencocokan berbagi kendaraan dengan lokasi tempat tujuan penumpang menyerahkan kepada operator, informasi mengenai perjalanan yang direncanakan untuk minggu depan sbb: (a) Kapasitas kendaraan (2, 3, atau 4 orang), (b) Hari dalam seminggu seseorang siap untuk berpartisipasi dalam *ride-sharing*, (c) Awal perjalanan untuk setiap hari dalam seminggu, (d) Tujuan perjalanan untuk setiap hari dalam seminggu, (e) Waktu keberangkatan dan / atau kedatangan yang diinginkan untuk setiap hari dalam seminggu.

Masalah pencocokan berbagi kendaraan dengan lokasi tempat tujuan penumpang yang menjadi pemikiran dalam paper ini dapat didefinisikan sbb: Membuat *routing* dan penjadwalan kendaraan dan penumpang selama seminggu dengan "cara terbaik". Berikut adalah fungsi tujuan potensial: (a) Meminimalkan total jarak yang ditempuh oleh semua peserta, (b) Meminimalkan total delay (penundaan), (c) Membuat pemanfaatan kendaraan yang relatif seimbang. Kita berurusan dengan masalah optimalisasi kombinatorial deterministik dalam kasus ketika waktu keberangkatan dan / atau kedatangan yang diinginkan adalah tetap/fix (Misalnya "Saya ingin dijemput pukul 8:00 pagi tepat). Di sisi lain, dalam banyak situasi kehidupan yang nyata waktu keberangkatan dan / atau kedatangan yang diinginkan tidak jelas (*fuzzy*) (Saya ingin dijemput pada saat jam makan siang). Dalam hal ini, masalah pencocokan berbagi kendaraan dengan lokasi tempat tujuan penumpang harus diperlakukan sebagai masalah optimalisasi kombinatorial yang ditandai dengan ketidakpastian.

Memecahkan Masalah pencocokan berbagi kendaraan dengan lokasi tempat tujuan penumpang dengan *Fuzzy Bee System*

Setiap penumpang yang berpartisipasi dalam *ridesharing* ditandai dengan sebuah *node* (simpul) (Gambar 2). Penumpang pertama dalam mobil (driver) menunjukkan tahap pertama, penumpang kedua yang hendak bergabung dalam *ridesharing* menunjukkan tahap kedua, dll.

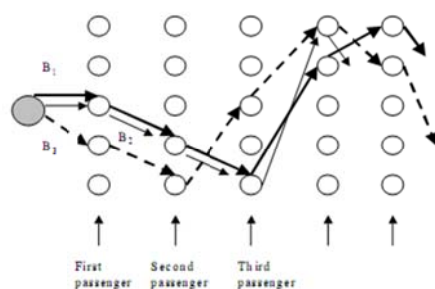
Selama *forward pass* lebah akan mengunjungi sejumlah *node* tertentu, menciptakan solusi parsial, dan setelah itu kembali ke sarang (*node O*). Dalam sarang lebah akan berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan.



Gambar 2: First forward pass dan First Backward Pass

Lebah membandingkan semua solusi parsial yang dihasilkan. Berdasarkan kualitas solusi parsial yang dihasilkan, setiap lebah akan memutuskan apakah akan meninggalkan jalur yang dihasilkan dan kembali menjadi pengikut yang tidak komit, melanjutkan terbang di sepanjang jalur yang ditemukan tanpa merekrut teman-teman sesarangnya, atau menari dan dengan demikian merekrut teman-teman sesarangnya sebelum kembali ke jalur yang ditemukan. Dengan bergantung pada kualitas solusi parsial yang dihasilkan, tiap lebah memiliki tingkat loyalitas tertentu terhadap jalur yang sebelumnya ditemukan. Misalnya, lebah B1, B2, dan B3 berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan. Setelah membandingkan semua solusi parsial yang dihasilkan, lebah B1 memutuskan untuk meninggalkan jalur yang sudah dihasilkan, dan bergabung dengan lebah B2.





Gambar 3. Second Forward Pass

Lebah  $B_1$ , dan  $B_2$  terbang bersama di sepanjang jalur yang dihasilkan oleh lebah  $B_2$ . Ketika mereka mencapai ujung jalur, mereka bebas untuk membuat keputusan individual mengenai *node* berikutnya yang hendak disinggahi. Lebah  $B_3$  akan terus terbang di sepanjang jalur ditemukan tanpa merekrut teman-teman sesarangnya (Gambar 3). Dengan cara ini, lebah kembali melakukan *forward pass*.

Selama *forward pass* kedua, lebah akan mengunjungi beberapa *node* lagi, memperluas solusi parsial yang dibuat sebelumnya, dan setelah itu kembali melakukan *backward pass* dan kembali ke sarang (*node* O). Dalam sarang, lebah akan berpartisipasi lagi dalam proses pengambilan keputusan, membuat keputusan, melakukan *forward pass* ketiga, dll. Iterasi berakhir ketika lebah telah mengunjungi semua *node*. Saat memilih *node* berikutnya yang akan dikunjungi selama *forward pass*, lebah merasakan apakah *node* tertentu "kurang menarik", "menarik", atau "sangat menarik", tergantung pada kedekatan ruang dan kedekatan waktu antara dua permintaan penumpang. Kami menyebut kedekatan ini "jarak derivasi", "jarak destinasi", dan "jarak waktu kedatangan". Diasumsikan bahwa lebah artifisial dapat merasakan jarak tertentu antar *node* apakah "dekat", "sedang" atau "jauh".

Algoritma penalaran perkiraan untuk menentukan daya tarik *node* terdiri dari aturan dari tipe berikut:

**Jika** jarak ruang pada awalnya PENDEK, dan jarak ruang tempat tujuan PENDEK, dan jarak waktu kedatangan

PENDEK Maka daya tarik *node* TINGGI

Keburukan jalur (didefinisikan dengan persamaan (2)) digunakan dalam algoritma penalaran perkiraan yang sesuai untuk menentukan loyalitas lebah pada jalur yang ditemukan. Algoritma penalaran perkiraan untuk menentukan daya tarik jalur yang ditawarkan terdiri dari aturan dari tipe berikut:

Jika panjang jalur yang ditawarkan PENDEK, dan jumlah lebah yang menawarkan jalur tsb KECIL

Maka daya tarik jalur yang ditawarkan MEDIUM (sedang).

## KESIMPULAN

*Bee Colony Optimization Metaheuristic* (BCO), mampu memecahkan masalah kombinatorial deterministik, serta masalah kombinatorial yang ditandai dengan ketidakpastian yang diajukan dalam paper ini. *Fuzzy Bee System* (FBS) yang menunjukkan satu dari algoritme BCO juga dijelaskan.. kami berhasil mengaplikasikan FBS pada masalah *ride-sharing*.

Pada saat ini tidak ada hasil teoritis yang dapat mendukung pendekatan yang diusulkan ini. Pengembangan dasar aturan fuzzy (tidak jelas) serta pilihan fungsi keanggotaan mengasumsikan prosedur *trial and error*. Biasanya, pengembangan berbagai metaheuristic pada tahap awal didasarkan pada percobaan. Hasil percobaan yang baik biasanya memotivasi para peneliti untuk mencoba menghasilkan hasil teoritis. Konsep yang diusulkan dalam paper ini juga demikian.

Hasil awal dari BCO sangatlah menjanjikan. Hasil-hasil ini mengindikasikan bahwa pengembangan model-model baru berdasarkan prinsip-prinsip *Swarm Intelligence* dapat secara signifikan berkontribusi pada solusi terhadap masalah-masalah teknik dan manajemen yang kompleks.

## DAFTAR PUSTAKA

D. Teodorović, "Bee Colony Optimization (BCO)", in *Innovations in Swarm*

- Intelligence, (Editors: C.P. Lim, L.C. Jain, S. Dehuri), 39- 60, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009
- D. Teodorović, Radivojević, G., "A Fuzzy Sets Approach to the Dynamic Dial-A-Ride Problem", *Fuzzy Sets and Systems*, 116, 23-33, 2000
- L. Zadeh "Computing with Words - Principal Concepts and Idea". *Studies in Fuzziness and Soft Computing* 277, isbn 978-3-642-27472-5, pp. 3-89. [Springer 2012](#).
- Lucic, P., Teodorovic, D., "Bee System: Modeling Combinatorial Optimization Transportation Engineering Problems by Swarm Intelligence", Preprints of the TRISTAN IV Triennial Symposium on Transportation Analysis, 441-445, Sao Miguel, Azores Islands, Portugal, June, . 2001
- Selmic M., Macura D., Teodorovic D., "Solving the ride matching problem: clustering approach, REACT Conference", 154-159, Belgrade, May 16-17, 2011.

**STRATEGI SUPPLY CHAIN USAHA KECIL DAN MENENGAH DENGAN  
PENDEKATAN ANALISIS SWOT GUNA MENENTUKAN STRATEGI  
PENGEMBANGAN USAHA DAN PERSAINGAN PASAR**

**Sidarto<sup>1</sup>**

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Masuk: 9 Oktober 2012, revisi masuk: 4 Januari 2013, diterima: 26 Januari 2013

**ABSTRACT**

*In the firms, own small, medium or large in its development have been facing the environment, both the company's own internal environment and external environment of the company. Environmental changes force firms to adjust for the survival of the company itself. So is the Nudi Mulyo Farmers Cooperative, which up to now difficult to develop because of competition from businesses that are located not far from cooperative. One way to determine strategies for developing and managing the market competition is to formulate a strategy to compete with a SWOT analysis approach. In this analysis can be carried out by looking at the internal factors (strengths and weaknesses) that exist within the cooperative and also look at external factors (opportunities and threats). From the results of analysis using the SWOT matrix of the proposed strategy, the first by looking at the strengths and opportunities (SO) should be able to maintain the stability of the cooperative effort considering the number of people around the cooperative livelihood as farmers and farm laborers, while the cooperative it self already has a permanent legal entity, both by looking at the weaknesses and opportunities (WO) cooperative venture must have the courage to raise capital by way of cooperation with investors from the outside, the third with a look of strength and threat (ST) cooperative must be improved its service to customers to cope with competition getting tougher, fourth with a look at the weaknesses and threats (WT) to provide guidance to managers on how to define entrepreneurship and revisit flagship produc and pricing In the foreseeable future, a cooperative must have a clear vision and mission so easy to determine what strategy to do so the cooperative can progress and develop and be able to cope with market competition.*

**Keywords:** Supply Chain, SWOT, Strategy, UKM.

**INTISARI**

Setiap perusahaan baik berskala kecil, menengah maupun besar dalam pengembangannya selalu dihadapkan pada lingkungan, baik lingkungan internal perusahaan itu sendiri maupun lingkungan luar perusahaan. Perubahan lingkungan memaksa perusahaan untuk menyesuaikan diri demi kelangsungan hidup perusahaan itu sendiri. Begitu juga dengan Koperasi Tani Nudi Mulyo yang berlokasi di Dusun Pelem, Desa Baturetno, Kecamatan Banguntapan, Kabupaten Bantul yang sampai dengan saat ini sulit untuk berkembang karena kalah bersaing dengan usaha sejenis yang berlokasi tidak jauh dari lokasi koperasi. Salah satu cara untuk menentukan strategi pengembangan dan menanggulangi persaingan pasar adalah dengan merumuskan strategi bersaing dengan pendekatan analisis SWOT. Dalam analisis ini dapat dilaksanakan dengan melihat factor internal (kekuatan dan kelemahan) yang ada dalam koperasi dan juga melihat factor eksternal (peluang dan ancaman). Dari hasil analisis data dengan menggunakan matrik SWOT strategi yang diusulkan, pertama dengan melihat kekuatan dan peluang (S-O) koperasi harus dapat mempertahankan stabilitas usaha mengingat banyaknya jumlah penduduk disekitar koperasi yang bermatapencaharian sebagai petani dan buruh tani sedangkan koperasi sendiri sudah mempunyai badan hukum yang tetap, kedua dengan melihat kelemahan dan peluang (W-O) koperasi harus berani meningkatkan modal usaha dengan cara melakukan kerja-sama dengan investor dari luar, ketiga dengan melihat kekuatan dan ancaman (S-T) koperasi harus dapat meningkatkan

pelayanan kepada pelanggan untuk menanggulangi persaingan usaha yang semakin ketat, keempat dengan melihat kelemahan dan ancaman (W-T) melakukan pembinaan kepada pengelola tentang bagaimana berwirausaha dan menentukan produk unggulan serta meninjau kembali penetapan harga. Pada masa yang akan datang, koperasi harus mempunyai visi dan misi yang jelas supaya mudah untuk menentukan strategi apa yang harus dilakukan sehingga koperasi dapat maju dan berkembang serta dapat menanggulangi persaingan pasar.

**Kata Kunci :** *Supply Chain*, SWOT, Strategi, UKM.

## PENDAHULUAN

Koperasi merupakan salah satu kelompok dari usaha kecil dan menengah (UKM) yang keberadaannya sangat diharapkan oleh pemerintah, namun dengan adanya bisnis global, keberadaan koperasi mulai terancam mengingat persaingan di dunia usaha semakin meningkat. Suatu sistem usaha yang efektif dan efisien merupakan keharusan yang perlu dimiliki oleh para pelaku usaha. Para pengusaha mulai sadar bahwa untuk menyediakan barang yang murah, berkualitas, dan tepat waktu, harus membutuhkan peran serta semua pihak mulai dari *supplier* yang memasok barang dagangan, pengusaha yang mengoperasikan serta menyampaikan barang dagangan atau produk ke konsumen akhir. Kesadaran akan pentingnya peran serta dari semua pihak inilah maka perlu adanya konsep dan strategi dalam suatu *supply chain*.

Mengelola *supply chain* sebenarnya tidak mudah karena akan melibatkan banyak pihak baik di dalam maupun di luar perusahaan, ditambah lagi dengan berbagai ketidakpastian yang ada di sepanjang *supply chain* itu sendiri serta semakin tingginya persaingan pasar (Pujawan, 2005). Ketidakpastian yang pertama mengenai permintaan atau pesanan yang biasanya muncul dari pihak *customer*, ketidakpastian yang kedua biasanya datang dari *supplier* yang berupa *lead time*, harga produk, serta kualitas, dan ketidakpastian yang ketiga timbul dari internal perusahaan itu sendiri tentang pengelolaan usaha.

Penelitian dan tulisan mengenai analisis situasi atau analisa SWOT akhir-akhir ini sangat banyak dilakukan karena secara nyata analisis ini dapat digunakan untuk pengembangan usaha kecil dan menengah termasuk koperasi. Manzilalu-

sifa (2011) dalam tulisan utamanya mengenai Pengembangan Koperasi dengan Pendekatan Analisis SWOT, dengan tujuh indikator kekuatan dan dua belas indikator peluang untuk membantu pengurus dan pengelola koperasi dalam mengimplementasikannya guna pengembangan dan keberhasilan koperasi. Selain itu kelemahan yang ada supaya mendapat perhatian yang serius baik oleh pengurus dan pengelola maupun untuk para anggota, sehingga resiko yang timbul akibat dari kelemahan-kelemahan tersebut dapat diminimalisasi sehingga pengembangan koperasi dapat tercapai. Nusriani (2005) melakukan penelitian bahwa salah satu cara menghadapi persaingan dunia industri adalah dengan merumuskan strategi bersaing dan mempertahankan stabilitas perusahaan, peningkatan kualitas produk, meninjau kembali penetapan harga produk, serta mengadakan evaluasi terhadap strategi sebelumnya sehingga perusahaan terus berkembang.

Penelitian yang diusulkan merupakan Strategi *Supply Chain* terhadap usaha kecil dan menengah khususnya koperasi yang berkaitan dengan analisis lingkungan internal, yang meliputi kekuatan dan kelemahan serta analisis lingkungan eksternal yang meliputi peluang dan ancaman, guna pengembangan usaha dan menanggulangi persaingan pasar pada Koperasi Tani Ngudi Mulyo.

Koperasi Tani Ngudi Mulyo merupakan usaha kecil dan menengah (UKM) yang berlokasi di dusun Pelem, desa Baturetno, kecamatan Banguntapan, kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Koperasi ini telah terdaftar dalam buku daftar umum Departemen Koperasi Pengusaha Kecil dan Menengah Republik Indonesia Kantor Departemen Kabupaten Bantul, pada tanggal

11 Maret 2000, dengan nomor 105/BH/KDK-12.1/III/2000, dan mempunyai jumlah anggota sebanyak 34 orang. Maksud dan tujuan didirikannya koperasi ini adalah untuk memenuhi kebutuhan anggota pada khususnya dan masyarakat pada umumnya, serta untuk memajukan kesejahteraan anggota pada khususnya dan masyarakat pada umumnya, ikut membangun tatanan perekonomian nasional dalam rangka mewujudkan masyarakat adil dan makmur berdasarkan Pancasila dan Undang-Undang Dasar 1945.

Untuk mencapai maksud dan tujuan, maka koperasi menyelenggarakan usaha aneka usaha pertanian, perikanan dan peternakan (*agribisnis*), Warung serba ada dan mengadakan Simpan Pinjam.

Pada saat ini proses bisnis yang dilakukan Koperasi Tani Ngudi Mulyo sudah menerapkan *process organization*, yaitu bentuk organisasi yang terintegrasi, khususnya dalam menangani kegiatan di bidang keuangan, pengendalian, penjualan, pembelian dan manajemen persediaan barang dagangan, serta sumber daya manusia, dll., sehingga membuat *supply chain* dalam usaha ini menjadi lebih mudah. Namun demikian, dalam kenyataannya tetap sering timbul ketidakpastian pada proses pengadaan barang dagangan yang dijual sehingga biaya pengadaan barang dagangan menjadi tinggi serta waktu tunggu (*lead time*) pelanggan menjadi lama, sehingga pelanggan sering pindah ke perusahaan lain yang sejenis karena *performance* dari *supply chain* koperasi kurang optimal sehingga koperasi sulit untuk maju karena selalu kalah bersaing dengan usaha sejenis. Untuk mengantisipasi masalah tersebut, maka dalam penelitian ini akan diusulkan suatu strategi baru dengan memaksimalkan kekuatan serta memperhatikan peluang-peluang yang ada, dan juga berusaha mengurangi kelemahan serta ancaman yang akan menghambat perkembangan koperasi dan persaingan pasar.

Dengan memperhatikan faktor internal (kekuatan dan kelemahan) dan faktor eksternal (peluang dan ancaman), maka yang menjadi permasalahan dalam

penelitian ini adalah bagaimana menentukan strategi dalam mengelola Koperasi Tani Ngudi Mulyo agar dapat maju dan berkembang serta dapat menanggulangi persaingan pasar.

Koperasi sendiri sebenarnya adalah suatu organisasi bisnis yang para pemilik/anggotanya juga merupakan pelanggan utama perusahaan tersebut (Hanel, A, 1999). Dari sudut pandang kelengkapan unsur-unsur struktural, untuk disebut koperasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut; Pertama, adanya kebutuhan bersama dari sekumpulan orang atau individu yang sekaligus merupakan dasar kebersamaan atau pengikat dari perkumpulan tersebut. Kedua, usaha bersama dari individu-individu untuk mencapai tujuan tersebut. Ketiga, perusahaan koperasi sebagai wahana untuk pemenuhan kebutuhan dalam perusahaan koperasi tersebut didirikan secara permanen dan dikelola berdasarkan prinsip-prinsip koperasi. Keempat, promosi utama untuk anggota (Ropke, 1995).

Fungsi anggota sebagai pemilik adalah mampu dalam menyertakan modalan koperasi, dan sebagai pelanggan mampu menggunakan jasa-jasa dari perusahaan koperasi. Fungsi ganda dari anggota tersebut merupakan ciri khas koperasi untuk membedakan dari badan usaha lainnya.

Pengertian koperasi menurut undang-undang perkoperasian No. 25 tahun 1992, koperasi merupakan badan usaha yang beranggotakan orang-orang atau badan hukum atau sebagai gerakan ekonomi rakyat yang berdasarkan atas asas kekeluargaan.

Menurut Fredi Rangkuti (1997), sub-sub bagian dari analisis SWOT meliputi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman dengan berbagai faktor antara lain; Kekuatan dengan indikator telah memiliki badan hukum, struktur organisasi yang telah sesuai dengan eksistensi koperasi, keanggotaan yang terbuka dan sukarela, resiko kekurangan pelanggan cukup kecil, biaya rendah, kepemimpinan yang demokratis, dan banyaknya unit usaha yang dikelola. Kelemahan dengan indikator; lemahnya struktur permodalan, lemahnya pengelolaan/manajemen usaha, kurang pengalaman usaha, tingkat

kemampuan dan profesionalisme SDM belum memadai, kurang pengetahuan bisnis para pengelola koperasi, pengelola kurang inovatif, kurangnya ketrampilan dan pengetahuan teknis dalam bidang usaha yang dilakukan, kurang dalam penguasaan teknologi, sulit menentukan bisnis inti, kurangnya kesadaran anggota akan hak dan kewajiban. Peluang dengan indikator; adanya aspek pemerataan yang diprioritaskan oleh pemerintah, undang-undang nomor 25 tahun 1992 memungkinkan konsolidasi koperasi primer ke dalam koperasi sekunder, kemauan politik yang kuat dari pemerintah dan berkembangnya tuntutan masyarakat untuk lebih membangun koperasi, kondisi ekonomi cukup mendukung eksistensi koperasi, perekonomian dunia yang makin terbuka mengakibatkan terbukanya pasar internasional bagi hasil koperasi Indonesia, industrialisasi membuka peluang usaha di bidang agrobisnis, agro-industri dan industri pedesaan, adanya peluang pasar bagi komoditas yang dihasilkan koperasi, adanya investor yang ingin bekerjasama dengan koperasi, potensi daerah yang mendukung dalam melaksanakan kegiatan koperasi, dukungan kebijakan pemerintah, undang-undang nomor 12 tahun 1992 tentang sistem budidaya tanaman mendorong diversifikasi usaha koperasi, daya beli masyarakat tinggi, dll. Ancaman dengan indikator; persaingan usaha yang semakin ketat, peranan iptek yang makin meningkat, masih kurangnya kepercayaan untuk saling bekerjasama dengan pelaku ekonomi lain dan antar koperasi, terbatasnya penyebaran dan penyediaan teknologi secara nasional bagi koperasi, kurangnya kesadaran dan pemahaman masyarakat tentang koperasi serta kurangnya kepedulian dan kepercayaan masyarakat terhadap koperasi, pasar bebas, kurang memadainya prasarana dan sarana yang tersedia di wilayah tertentu, kurang efektifnya koordinasi dan sinkronisasi dalam pelaksanaan program pembinaan koperasi antar sektor dan antar daerah, persepsi yang berbeda dari aparat pembina koperasi, lingkungan usaha yang tidak kondusif, anggapan masyarakat yang masih negatif terhadap koperasi, tarip harga yang ditetapkan

pemerintah, menurunkan daya beli masyarakat.

#### **METODE**

Penelitian dilakukan pada Koperasi Tani Ngudi Mulyo dengan melihat permasalahan yang ada di dalam koperasi, dikaitkan dengan teori-teori dasar yang terkait dengan permasalahan studi. Pada penelitian ini identifikasi masalah dilakukan terhadap sistem pengelolaan koperasi, hasil identifikasi akan menjadi dasar dari perumusan masalah sekaligus menentukan posisi dan kontribusi dari penelitian yang akan dilakukan.

Berdasarkan identifikasi masalah dan studi literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya dapat dirumuskan permasalahan yang akan diteliti. Selanjutnya tujuan yang ingin dicapai dirumuskan sebagai kriteria evaluasi keberhasilan model untuk mencari solusi dari permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya.

Sistem baru yang diusulkan dalam penelitian ini adalah menentukan strategi dengan matrik SWOT. Pengumpulan data dilakukan dengan cara melihat secara langsung proses usaha koperasi, wawancara dengan pengelola dan anggota koperasi. Data-data ini digunakan untuk implementasi model yang diusulkan, dan selanjutnya digunakan untuk analisa data dan pembahasan.

Dalam analisis data, model yang diusulkan adalah analisis SWOT yang akan mengintegrasikan empat elemen utama dalam manajemen strategi, yaitu kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang dimiliki koperasi. Selanjutnya dimelakukan pembahasan untuk menguraikan hasil dari analisis data yang telah dilakukan dan membuat kesimpulan serta saran.

#### **PEMBAHASAN**

Pembahasan ini akan melihat kekuatan (*strengths*), kelemahan (*weaknesses*), Peluang (*opportunities*), dan ancaman (*threats*); Pertama, dilihat dari sisi internal koperasi mengenai faktor kekuatan yang dimiliki koperasi yaitu telah memilikinya Badan Hukum dari Departemen Koperasi Pengusaha kecil dan Menengah Republik Indonesia. Struktur

Organisasi yang ada telah sesuai dengan eksistensi koperasi, mempunyai banyak anggota dan selalu membuka kesempatan bagi anggota baru. Dan memberikan kemudahan dalam system penjualan. Setiap bulan diadakan rapat anggota untuk kemajuan usaha dan mempunyai banyak usaha. Sedangkan kelemahan koperasi adalah modal usaha yang dimiliki kecil karena hanya berasal dari simpanan pokok dan simpanan wajib anggota, para anggota masih banyak yang kurang mengerti tentang koperasi, manajemen usaha kurang baik atau kurang pengelolaan, Pengelola kurang pengalaman dalam menjalankan usaha koperasi, pengetahuan tentang bisnis para pengelola masih sangat kurang, dan tidak mempunyai produk unggulan, Kedua, dilihat dari sisi eksternal koperasi faktor peluang, jumlah penduduk di dusun Pelem cukup banyak dan sebagian besar pekerjaannya adalah petani dan buruh tani. Selain dari pada itu tanah pertanian cukup luas ± 30 ha. Kebijakan pemerintah daerah yang mendukung keberadaan koperasi. Banyaknya tuntutan masyarakat akan keberadaan koperasi. Kondisi ekonomi daerah cukup mendukung eksistensi Koperasi. Perkembangan industrialisasi di bidang agrobisnis akan mendukung perkembangan koperasi dan adanya investor yang ingin bekerja sama dengan koperasi. Sedangkan ancaman yang ada meliputi persaingan dibidang usaha semakin ketat. Kemajuan teknologi dan peranan IPTEKS di daerah pedesaan. Kurangnya kesadaran dan kepercayaan masyarakat terhadap koperasi. Kurangnya kesadaran para perilaku ekonomi dan koperasi untuk saling bekerja sama. Kurang efektifnya koordinasi dan sinkronisasi dalam pelaksanaan program pembinaan koperasi antar sektor dan antar daerah serta tarif harga yang ditetapkan pemerintah dan menurunnya daya beli masyarakat.

Setelah diketahui dari faktor internal maupun faktor eksternal, selanjutnya akan menentukan strategi (S-O) *strengths* dan *opportunities*, strategi (W-O) *weaknesses* dan *opportunities*, strategi (S-T) *strengths* dan *threats*, serta strategi (W-T) *weaknesses* dan *threats*. Strategi S-O; Dengan banyaknya jumlah

penduduk, dan sebagian besar mempunyai pekerjaan sebagai petani dan buruh tani serta luas tanah pertanian cukup luas merupakan peluang pasar yang potensial. Memanfaatkan perkembangan industri di bidang agrobisnis untuk menambah produk yang dijual koperasi. Banyaknya tuntutan masyarakat akan keberadaan koperasi akan menambah jumlah anggota karena koperasi memberikan kebebasan bagi warga masyarakat di sekitar untuk masuk sebagai anggota koperasi.

Strategi W-O; Adanya investor yang ingin bekerja sama dengan koperasi akan menambah peluang untuk meningkatkan modal usaha. Kebijakan pemerintah yang mendukung keberadaan koperasi akan memberikan peluang kepada anggota dan pengelola untuk diberikan penyuluhan tentang koperasi dan pengelolaannya. Dengan meningkatnya industrialisasi dibidang agrobisnis akan dengan mudah untuk menentukan produk unggulan yang dijual,

Strategi S-T; Dengan dimilikinya badan hukum dari Departemen Koperasi Usaha kecil dan Menengah merupakan kekuatan yang dapat menanggulangi persaingan usaha yang semakin ketat. Dengan memberikan kemudahan dalam sistem pembelian dan pelayanan yang baik kepada para pelanggan akan dapat menanggulangi persaingan. Dengan struktur organisasi yang sudah eksistensi koperasi dapat menanggulangi kurang efektifnya koordinasi dan sinkronisasi dalam pelaksanaan program pembinaan koperasi antar sektor dan daerah

Strategi W-T; Kemajuan teknologi dan peranan IPTEK di pedesaan akan mempengaruhi para pengelola untuk meningkatkan pengelolaan koperasi. Tarif harga yang ditetapkan pemerintah dan menurunnya daya beli masyarakat akan mempengaruhi koperasi dalam menetapkan harga sesuai dengan keinginan pelanggan. Kurangnya kepercayaan masyarakat terhadap koperasi dan kurangnya pengetahuan bisnis bagi para pengelola akan menyulitkan berkembangnya koperasi

Dari hasil analisis data dengan menggunakan SWOT, maka strategi yang diusulkan adalah; Pertama, dengan

memiliki badan hukum yang tetap dan struktur organisasi yang telah sesuai dengan eksistensi koperasi, maka strategi yang harus dilakukan oleh koperasi harus dapat mempertahankan kestabilan usaha. Kedua, dengan banyaknya jumlah penduduk yang sebagian besar mempunyai pekerjaan sebagai petani atau buruh tani serta luas daerah pertanian yang luas, ini merupakan peluang bagi usaha koperasi maka strategi yang dapat dilakukan adalah meningkatkan promosi dan meningkatkan pelayanan kepada para pelanggan untuk memperluas daerah pemasaran. Ketiga, dengan banyaknya tuntutan masyarakat tentang adanya koperasi, maka strategi yang dapat dilakukan oleh pengelola koperasi adalah menarik anggota baru sebanyak-banyaknya karena anggota koperasi merupakan pelanggan yang potensial. Keempat, adanya investor yang ingin bekerja sama dengan koperasi akan menambah peluang untuk meningkatkan modal usaha, strategi yang dapat dilakukan adalah mengadakan kerja sama kepada investor baik dari pemerintah maupun dari swasta untuk menambah modal usaha. Kelima, dengan adanya kebijakan pemerintah tentang keberadaan koperasi, maka strategi yang dapat dilakukan adalah memberikan penyuluhan kepada para anggota tentang koperasi dan memberi penyuluhan kepada pengelola tentang bagaimana mengelola koperasi. Keenam, meningkatnya industrialisasi dibidang agrobisnis akan menambah usaha koperasi, strategi yang dilakukan memilih produk unggulan untuk menarik pelanggan. Ketujuh, dengan meningkatnya persaingan pasar yang semakin ketat, strategi yang dapat dilakukan adalah memberikan kemudahan dalam sistem pembelian dan menentukan harga sesuai dengan aturan pemerintah. Kedelapan, dengan adanya kemajuan teknologi informasi dan penerapan IPTEKS di pedesaan, strategi yang dapat dilakukan adalah memberikan pembinaan kepada pengelola guna melaksanakan bisnisnya dengan mengikuti perkembangan teknologi informasi. Kesembilan, kurangnya kepercayaan masyarakat terhadap koperasi, strategi yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan penyuluhan kepada

warga masyarakat bahwa koperasi merupakan salah satu pelaksanaan ekonomi rakyat.

#### **KESIMPULAN**

Keberadaan Koperasi Tani Ngudi Mulyo sebenarnya masih sangat dibutuhkan karena koperasi ini dapat menyediakan kebutuhan anggota dan masyarakat di bidang pertanian.

Untuk menanggulangi persaingan usaha, koperasi harus dapat melayani pelanggan dengan sebaik-baiknya termasuk dalam penentuan harga.

Pengelola sebaiknya diberi pembinaan dan penyuluhan tentang manajemen koperasi, selain itu para anggota juga harus diberikan penyuluhan tentang koperasi dan kegunaannya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Fredi Rangkuti, 1999, Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis, Gramedia, Jakarta.
- Hanel A., 1999, Organisasi Koperasi, Universitas Pajajaran, Bandung.
- Marzilatusifa, 2011, Pengembangan Koperasi Dengan Pendekatan Analisis SWOT, IST-AKPRIND, Yogyakarta
- Nusriani, 2005, Penetapan Strategi Pemasaran Dalam Upaya Peningkatan Volume Penjualan
- Pujawan IN, 2005, Supply Chain Management, Guna Widya, Surabaya.
- Ropke, 1995, Manajemen Strategi Untuk Koperasi Organisasi Swadaya, IKOPIN, Bandung.