



ISSN 2088-060X

# *Jurnal Sains & Teknologi*

## FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DARMA PERSADA

Volume 1. No 1. Maret 2011

PERENCANAAN PRODUKSI FILLING CABINET MENGGUNAKAN  
LOGIKA *FUZZY* DI PT. X.

SISTEM PRODUKSI DI PPI DAN PERBANDINGAN KAPASITAS  
OUTPUT PACKER RU-12 DAN PACKER VENTOMATIC

PENCARIAN RUTE TERDEKAT ANTAR KECAMATAN MENGGUNAKAN  
ALGORITMA SEMUT (*ANT ALGORITHM*) DENGAN *JAVA 2 MICRO*  
*EDITION (J2ME)*

PERENCANAAN KONTIGENSI RUAS JALUR KOMUNIKASI OPTIK  
PENENTUAN UMUR EKONOMIS DALAM UPAYA PEREMAJAAN

KENDARAAN TAKSI BERDASARKAN *REPLACEMENT THEORY* PADA  
PT. GAJAH MAKMUR JAYA (GAMYA)

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)

DESAIN HEAT EXCHANGER TIPE DOUBLE PIPE JENIS ALIRAN  
PARALEL

ISSN 2088-060X



Diterbitkan Oleh :

Fakultas Teknik Universitas Darma Persada

© 2011

**REDAKSI JURNAL SAINS & TEKNOLOGI**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

**Penasihat** : Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU

**Penanggung Jawab** : Ir. Herman Noer Rahman, ME

**Pimpinan Redaksi** : Yefri Chan, MT

**Redaksi Pelaksana** : Drs. Eko Budi Wahyono, MT

Ir. Darsono, MT

Dimas Satria, MEng

Linda N. A, MSi

Adam, MSi

**Mitra Bestari** : Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU

Prof. Dr. Ir. Raihan

Dr. Ir Lily Satari, MSc

Dr. Aep Syaiful Uyun

Dr. Liska Waluyan

Dr. Hoga Saragih

Dr. Iskandar Fitri

**Alamat Redaksi** : **Fakultas Teknik**

**Universitas Darma Persada**

**Jl. Radin Inten II, Pondok Kelapa, Jakarta Timur**

**Telp (021) 8649051, 8649053, 8649057**

**Fax (021) 8649052/8649055**

**E-mail : [jurnalteknikunsada@yahoo.co.id](mailto:jurnalteknikunsada@yahoo.co.id)**

## Pengantar Redaksi

Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik Universitas Dharma Persada hadir pertama kali dengan menyuguhkan tujuh tulisan bidang teknologi. Tulisan tersebut ditulis oleh dosen – dosen Fakultas Teknik Universitas Dharma Persada yang tentu saja kami harap dapat menambah wawasan pembaca.

Edisi pertama kali diawali dengan tulisan Perencanaan Produksi Filling Cabinet Menggunakan Logika *Fuzzy di* PT. X. Tulisan ini tentang aplikasi Metode Fuzzy dalam perencanaan produksi, dengan memasukkan variabel-variabel yang mempengaruhi jumlah permintaan produk, jumlah unit yang harus diproduksi untuk memenuhi permintaan pelanggan serta berapa banyak bahan baku plate baja.

Jurnal kali ini juga menyuguhkan beberapa kajian tentang : Sistem Produksi di PPI dan Perbandingan Kapasitas *Output Packer* RU-12 dan *Packer Ventomatic* yang membahas masalah sistem produksi pabrik semen. Tulisan berikutnya berturut-turut adalah Pencarian Rute Terdekat antar Kecamatan Menggunakan Algoritma Semut (*Ant Algorithm*) dengan Menggunakan Java 2 Micro Edition (J2ME), Perencanaan Kontigensi Ruas Jalur Komunikasi Optik, Penentuan Umur Ekonomis Dalam Upaya Peremajaan Kendaraan Taksi Berdasarkan *Replecement Theory* Pada PT. Gajah Makmur Jaya (GAMYA), Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro.

Jurnal kali ini ditutup oleh tulisan Desain *Heat Exchanger* Tipe *Double Pipe* Jenis Aliran Paralel yang membahas tentang cara desain *Heat Exchanger* yang digunakan sebagai alat praktikum pada laboratorium Fenomena Dasar Mesin.

Akhirnya, selamat membaca dan kami berharap tulisan-tulisan ini dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan minat pembaca.

**Redaksi Jurnal**

DAFTAR ISI

	Halaman
1. PERENCANAAN PRODUKSI FILLING CABINET MENGUNAKAN LOGIKA <i>FUZZY</i> DI PT. X. ....	1 - 11
Herman Noer Rahman & Indra Abdurahman	
2. SISTEM PRODUKSI DI PPI DAN PERBANDINGAN KAPASITAS OUTPUT PACKER RU-12 DAN PACKER VENTOMATIC.....	12-19
Yefri Chan	
3. PENCARIAN RUTE TERDEKAT ANTAR KECAMATAN MENGUNAKAN ALGORITMA SEMUT ( <i>ANT ALGORITHM</i> ) DENGAN <i>JAVA 2 MICRO EDITION (J2ME)</i> .....	20-25
Suzuki Syofian & Cholid Basy Tommy	
4. PERENCANAAN KONTIGENSI RUAS JALUR KOMUNIKASI OPTIK ....	26-31
Eko Budi Wahyono & Lukman Luthfi	
5. PENENTUAN UMUR EKONOMIS DALAM UPAYA PEREMAJAAN KENDARAAN TAKSI BERDASARKAN <i>REPLACEMENT THEORY</i> PADA PT. GAJAH MAKMUR JAYA ( <i>GAMYA</i> ) .....	32-36
Atik Kurnianto	
6. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO ( <i>PLTMH</i> ).....	37-41
Eri Suherman	
7. DESAIN HEAT EXCHANGER TIPE DOUBLE PIPE JENIS ALIRAN PARALEL.....	42-49
Asyari Daryus	

# PERENCANAAN PRODUKSI FILLING CABINET MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY DI PT. X.

Herman Noer Rahman · Indra Abdurahman \*\*

## **Abstrak**

*Makalah ini tentang aplikasi metode fuzzy dalam perencanaan produksi, dengan memasukkan variabel-variabel yang mempengaruhi jumlah permintaan produk, jumlah unit yang harus diproduksi untuk memenuhi permintaan pelanggan serta berapa banyak bahan baku plate baja yang digunakan, yang kesemuanya mempertimbangkan kondisi samar. Kesimpulan hasil dari defuzzifikasi dengan menggunakan metode centroid, jumlah produksi pada bulan Januari sebanyak 864 unit, Februari sebanyak 621 unit, Maret sebanyak 918 unit, April sebanyak 886 unit, Mei sebanyak 835 unit dan bulan Juni sebanyak 1588 unit.*

*Kata kunci: Perencanaan Produksi, Logika Fuzzy, Pengolahan plat baja*

## **1. PENDAHULUAN**

PT. X. Adalah salah satu perusahaan swasta yang bergerak di bidang manufaktur, pengolahan plat baja menjadi produk jadi berupa tempat penyimpanan dokumen atau peralatan kantor lainnya. Salah satu barang hasil produksinya adalah Filling Cabinet. Hampir 90% produk dijual di dalam negeri, baik secara langsung maupun melalui distributor .

Perencanaan dibuat untuk mendapatkan tujuan sesuai dengan langkah-langkah yang telah kita tetapkan. Untuk mendapatkan perencanaan yang baik kita perlu melakukan berbagai analisa, sehingga rencana yang dibuat dapat sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Metode tradisional sistem analisis tidak cocok untuk sistem di mana hubungan antar variabel tidak mendukung untuk menggambarkan hubungan diantaranya dalam suatu persamaan differensial atau persamaan matematis yang lainnya (Setiadji, 2009:2).

Penggunaan metode analisis tradisional tersebut cenderung diorientasikan

secara numerik (dalam bilangan tegas/crisp).

Ketika dikatakan berapa jumlah barang yang harus diproduksi untuk mengantisipasi berbagai kondisi permintaan pasar. Dalam hal tersebut, tidak dapat diketahui angka real/pasti dari kemungkinan kondisi pasar, baik dalam kondisi permintaan naik atau turun. Akan tetapi dengan teori himpunan samar dapat dibuat kemungkinan permintaan naik atau turun dalam pertanyaan di atas menjadi bilangan samar .

Permasalahan-permasalahan yang terjadi di atas oleh peneliti dirumuskan sebagai berikut :

1. Variabel-variabel apa saja yang mempengaruhi jumlah permintaan produksi Filling Cabinet dengan mempertimbangkan kondisi samar .
2. Seberapa banyak jumlah Filling Cabinet Yang harus diproduksi, untuk memenuhi permintaan pelanggan dengan mempertimbangkan kondisi samar dan berapa banyak bahan baku plate baja yang digunakan untuk memenuhi permintaan pelanggan

## 2. TINJAUAN TEORI

### LOGIKA SAMAR

Dalam kehidupan sehari-hari, kita tidak dapat memutuskan suatu masalah dengan jawaban sederhana yaitu "Ya" atau "Tidak". Sebagai contoh, untuk menyatakan orang berbadan "Tinggi", amat bersifat relatif. Demikian juga untuk mengatakan warna "abu-abu" yang merupakan campuran antara warna hitam dengan putih.

Teori logika fuzzy dikembangkan oleh Prof. Lotfi Zadeh pada sekitar tahun 1960-an dengan penentuan himpunan fuzzy. Sebelum munculnya teori logika fuzzy (*fuzzy logic*), dikenal sebuah logika tegas (*crisp logic*) yang memiliki nilai benar atau salah secara tegas. Sebaliknya logika fuzzy merupakan sebuah logika yang memiliki nilai keaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar dan salah<sup>1</sup>, *Logika Fuzzy*, p.3-6 (04 Mei 2009). Dalam teori logika fuzzy sebuah nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan namun berapa besar dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

Kelebihan dari teori logika fuzzy adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (*linguistic reasoning*), sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari objek yang akan dikendalikan.

### FUZZYFIKASI DAN DEFUZZYFIKASI

#### Fuzzyfikasi

Untuk menyelesaikan setiap masalah samar (*fuzzy*) yang menggunakan beberapa aturan samar (*fuzzy*), yang masing-masing berbentuk implikasi samar (*fuzzy*).

If ( $x_1$  adalah  $A_1$ ). ( $x_2$  adalah  $A_2$ )..... ( $x_n$  adalah  $A_n$ ) Then Y adalah B dengan • adalah bentuk operator AND atau OR, dan untuk kasus proposisi dengan anteseden yang mempunyai komponen yang banyak, maka posisi kalimat Y adalah B ditentukan dengan menggabungkan keseluruhan nilai anteseden, maka setiap komponen anteseden dan konsekuen setiap aturan direpresentasikan dalam himpunan-himpunan samar yang sesuai.

Terdapat tiga metode inferensi dasar dalam sistem samar (*fuzzy*) yaitu : *Metode Max, Metode Additif, dan Metode Probar*.

### Metode Penegasan (*Defuzzyfikasi*)

Metode penegasan (*defuzzyfikasi*) digunakan untuk menghasilkan nilai variabel solusi yang diinginkan dari suatu daerah konsekuen samar.

Defuzzyfikasi adalah komponen penting dalam pemodelan sistem samar. Terdapat beberapa tipe *defuzzyfikasi* dalam pemodelan sistem samar, misalnya : *Metode Centroid, Metode Bisektor, Metode Mean Of Maximum (MOM)*, dan beberapa metode lainnya.

Pemilihan fungsi penegasan (*defuzzyfikasi*) biasanya ditentukan oleh beberapa kriteria seperti Masuk Akal (*plausibility*) ; Perhitungan Sederhana (*computational Simplicity*) ; Kontinuitas (*continuity*)

### METODOLOGI DESAIN SISTEM FUZZY

#### Mendefinisikan Karakteristik Data Secara Fungsional dan Operasional

Pada bagian ini, diperhatikan semua karakteristik yang dimiliki oleh sistem yang ada. Kemudian dirumuskan

karakteristik-karakteristik operasi-operasi yang akan digunakan dalam model samar. Ditentukan pula batasan-batasan model, berupa : perbendaharaan himpunan fuzzy, hedge, dan definisi dari beberapa variabel.

#### Melakukan Dekomposisi Variabel

Dari variabel-variabel yang telah dirumuskan, dilakukan pembentukan himpunan-himpunan samar yang berhubungan dengan setiap variabel. Dalam membentuk himpunan samar, perlu diperhatikan domain yang juga telah ditentukan pada langkah pertama.

#### Membuat Aturan Samar

(Jika.....,maka...)

Aturan pada suatu model fuzzy menunjukkan bagaimana suatu sistem beroperasi. Secara umum aturan dituliskan sebagai :

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

Dengan  $\cdot$  adalah operator (misal : OR atau AND),  $x_i$  adalah skalar dan  $A_i$  adalah variabel linguistik. Apabila sistem tidak menggunakan hedge, maka variabel linguistiknya sama dengan himpunan fuzzy.

#### Melakukan Fuzzyfikasi

Pada tahap pengambilan kesimpulan, himpunan-himpunan samar yang merepresentasikan keluaran pada tiap aturan, dikombinasikan menjadi satu himpunan samar tunggal. Masukan dari proses ini adalah daftar dari fungsi keluaran terpotong yang dihasilkan pada proses implikasi tiap aturan.

#### Melakukan Defuzzyfikasi

Hasil dari fuzzyfikasi kemudian dilakukan perhitungan tahap penegasan (defuzzyfikasi), yang merupakan tahap pemilihan nilai dari beberapa kondisi samar yang ada. Metode yang akan digunakan dalam proses defuzzyfikasi ini adalah metode centroid, karena metode

ini paling masuk akal, sederhana dan kontryu.

### 3. DATA DAN PENGOLAHAN

Dalam sistem fuzzy data-data yang digunakan dapat dikatakan sebagai variabel. Dari gambar di atas dapat diperjelas lagi dalam bentuk tabel mengenai variabel-variabel apa saja yang digunakan.

Tabel 1.Variabel Yang diperlukan

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan	Keterangan
INPUT	Permintaan Barang	[0, 1800]	Order yang telah terjual
	Persediaan Barang	[100, 500]	Jumlah stock yang ada.
OUTPUT	Jumlah Produksi Barang	[500, 2000]	Kmampuan perusahaan

Pada tabel 1 di atas pada kolom semesta pembicaraan, diisi oleh data yang merupakan range antara batas maksimum dan minimum masing-masing variabel. Untuk permintaan barang bulan Januari batas maksimum adalah 1760, sehingga semesta pembicaraan antara 0 s/d 1800. Untuk variabel persediaan barang batas maksimum adalah 465 dan batas minimum 124, maka semesta pembicaraannya adalah antara 100 s/d 500. Sedangkan untuk variabel jumlah produksi di mana batas maksimum 2000 dan minimum 500, sehingga semesta pembicaraannya menjadi 500 s/d 2000. Data pada semesta pembicaraan ini dimaksudkan untuk mengetahui bahwa perhitungan kita akan berada pada batas wilayah tersebut.

### Melakukan Dekomposisi Variabel

Setiap variabel-variabel yang ada, kemudian ditentukan nilai domain dari masing-masing kondisi yang diinginkan, nilai domain tersebut merupakan daerah dari himpunan fuzzy (samar) untuk lebih jelasnya mengenai himpunan fuzzy lihat tabel 2 :

Tabel 2 Himpunan Samar

Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Domain
Permintaan Barang (x)	TURUN	[593, 1760]
	NAIK	[593, 1760]
Persediaan Barang (y)	SEDIKIT	[124, 465]
	BANYAK	[124, 465]
Jumlah Produksi Barang (z)	BERKURANG	[500, 2000]
	BERTAMBAH	[500, 2000]

Dari data pada tabel 2 di atas, setiap variabel ditentukan nama himpunan samarnya. Untuk variabel data permintaan barang dibagi menjadi himpunan samar TURUN dan NAIK dengan interval jarak keduanya adalah 593 s/d 1760 (batas maksimum dan batas minimum pada tabel 2), variabel data persediaan dibagi menjadi himpunan samar SEDIKIT dan BANYAK dengan interval jarak keduanya adalah 124 s/d 465 (batas maksimum dan minimum pada tabel 3). sedangkan untuk variabel data jumlah produksi memiliki interval himpunan samar antara 500 s/d 2000. Jarak interval pada himpunan samar dari masing-masing variabel pada tahap berikutnya akan

digunakan dalam perhitungan derajat keanggotaan masing-masing variabel.

### Membuat Aturan Samar

Setelah membentuk himpunan fuzzy maka dilakukan suatu implikasi yang akan dijadikan aturan dalam membentuk nilai samar. Bentuk aturan samar yang telah dibuat, sebagai berikut :

- (R1) Jika Permintaan Turun Dan Persediaan Barang Banyak, maka Produksi Barang Berkurang.
- (R2) Jika Permintaan Turun Dan Persediaan Barang Sedikit, maka Produksi Barang Berkurang.
- (R3) Jika Permintaan Naik Dan Persediaan Barang Banyak, maka Produksi Barang Bertambah.
- (R4) Jika Permintaan Naik Dan Persediaan Barang Sedikit, maka Produksi Barang Bertambah.

### Melakukan Fuzzyfikasi Variabel Permintaan

Fuzzyfikasi ini adalah untuk menghitung derajat keanggotaan dari masing-masing interval yang dimiliki oleh himpunan samar tiap-tiap variabel. Untuk merepresentasikan variabel Permintaan digunakan kurva linear :

#### Derajat Keanggotaan

Untuk permintaan TURUN :

$$\mu_{PmtTurun}(x) = \begin{cases} (1760 - x) / (1760 - 593) ; \\ 593 \leq x \leq 1760; x \geq 1760 \end{cases}$$

$$\mu_{PmtTurun}(x) = \begin{cases} (1760 - 985) / (1167) ; \\ 593 \leq x \leq 1760; x \geq 1760 \end{cases}$$

Untuk derajat keanggotaan variabel permintaan TURUN berdasarkan hasil perhitungan di atas  $(1760-985)/(1167)$  hasilnya adalah sebesar = 0.66

Untuk permintaan NAIK

$$\mu_{PmtNaik}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 593 \\ (x - 593)/(1760 - 593); & 593 \leq x \leq 1760 \\ 1; & x \geq 1760 \end{cases}$$

$$\mu_{PmtNaik}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 593 \\ (985 - 593)/(1167); & 593 \leq x \leq 1760 \\ 1; & x \geq 1760 \end{cases}$$

Untuk derajat keanggotaan variabel permintaan NAIK berdasarkan hasil perhitungan di atas  $(985-593)/(1167)$  hasilnya adalah sebesar = 0.34

#### Variabel Persediaan

Untuk merepresentasikan variabel Persediaan digunakan kurva linear seperti terlihat pada gambar 2 :

Gambar 2 Kurva Linear Variabel Persediaan

Derajat Keanggotaan Untuk persediaan SEDIKIT :

$$\mu_{PsdSedikit}(y) = \begin{cases} (465 - y)/(465 - 124); & 124 \leq y \leq 4650; y \geq 465 \end{cases}$$

$$\mu_{PsdSedikit}(y) = \begin{cases} (465 - 365)/(341); & 124 \leq y \leq 4650; y \geq 465 \end{cases}$$

Untuk derajat keanggotaan variabel persediaan SEDIKIT berdasarkan hasil perhitungan di atas  $(465-365)/(341)$  hasilnya adalah sebesar = 0.29

Untuk persediaan BANYAK :

$$\mu_{PsdBanyak}(y) = \begin{cases} 0; & y \leq 124 \\ (y - 124)/(465 - 124); & 124 \leq y \leq 4651; y \geq 465 \end{cases}$$

$$\mu_{PsdBanyak}(y) = \begin{cases} 0; & y \leq 124 \\ (365 - 124)/(341); & 124 \leq y \leq 4651; y \geq 465 \end{cases}$$

Untuk derajat keanggotaan variabel persediaan BANYAK berdasarkan hasil perhitungan di atas  $(365-124)/(341)$  hasilnya adalah sebesar = 0.71

#### Jumlah Produksi

Untuk variabel Produksi digunakan kurva linear sbb:

Derajat Keanggotaan

Untuk jumlah produksi BERKURANG :

$$\mu_{JPBerkurang}(z) = \begin{cases} (2000 - z)/(2000 - 500); & 500 \leq z \leq 20000; z \geq 2000 \end{cases}$$

Untuk jumlah produksi BERTAMBAH :

$$\mu_{JPBertambah}(z) = \begin{cases} 0; & z \leq 500 \\ (z - 500)/(2000 - 500); & 500 \leq z \leq 2000 \\ 1; & z \geq 2000 \end{cases}$$

Sedangkan untuk derajat keanggotaan variabel jumlah produksi belum ada, karena nilai tersebut yang akan ditentukan dalam perhitungan berikutnya dengan melibatkan aturan samar.

#### Aplikasi Aturan Samar (Fuzzy)

Berdasarkan dari hasil perhitungan fuzzyfikasi, dimana telah didapatkan nilai derajat keanggotaan dari masing-masing variabel, maka selanjutnya adalah menggabungkan nilai derajat keanggotaan tersebut dengan aturan samar yang telah ditentukan.

Aturan (R1) : Jika Permintaan Turun Dan Persediaan Barang

Banyak, maka Produksi  
Barang Berkurang.

$$\begin{aligned}
 R1 &= \\
 \alpha - \text{Predikat}_1 &= U_{PmtTurun} \cap U_{PsdBanyak} (985,365) \\
 &= \\
 &= \min\{U_{PmtTurun}(985), U_{PsdBanyak}(365)\} \\
 &= \min(0,66 ; 0,71) \\
 &= 0,66
 \end{aligned}$$

$$U_{(z)} = \begin{cases} 0,66 & , \text{ untuk } 0 \leq z \leq 1010 \\ \frac{2000-z}{1500} & , \text{ untuk } 1010 \leq z \leq 2000 \\ 0 & , \text{ untuk } z > 2000 \end{cases}$$

Dari aturan satu (R1) didapat nilai minimum antara 0,66 dan 0,71 yaitu 0.66. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan nilai variabel jumlah produksi. Dari hasil perhitungan 0,66 dikali  $(2000-z)/1500$  diperoleh hasil 1010, merupakan nilai variabel jumlah produksi berkurang yang belum ada pada perhitungan sebelumnya (lihat pada gambar ) dengan memiliki derajat keanggotaan sebesar 0.66.

**Aturan (R2) :** Jika Permintaan Turun Dan Persediaan Barang Sedikit, maka Produksi Barang Berkurang.

R2=

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{Predikat}_2 &= U_{PmtTurun} \cap U_{PsdSedikit} (985,365) \\
 &= \min\{U_{PmtTurun}(985), U_{PsdSedikit}(365)\} \\
 &= \min(0,66 ; 0,29) \\
 &= 0,29
 \end{aligned}$$

$$U_{(z)} = \begin{cases} 0,29 & , \text{ untuk } 0 \leq z \leq 1565 \\ \frac{2000-z}{1500} & , \text{ untuk } 1565 \leq z \leq 2000 \\ 0 & , \text{ untuk } z > 2000 \end{cases}$$

Dari aturan dua (R2) didapat nilai minimum antara 0,66 dan 0,29 yaitu 0.29. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan nilai variabel jumlah produksi. Dari hasil perhitungan 0,29 dikali  $(2000-z)/1500$  diperoleh hasil 1565, merupakan nilai variabel jumlah produksi berkurang yang belum ada pada perhitungan sebelumnya (lihat pada gambar ) dengan memiliki derajat keanggotaan sebesar 0.29.

**Aturan (R3) :** Jika Permintaan Naik Dan Persediaan Barang Banyak, maka Produksi Barang Bertambah.

$$\begin{aligned}
 R3 &= \\
 \alpha - \text{Predikat}_3 &= U_{PmtNaik} \cap U_{PsdBanyak} (985,365)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \\
 &= \min\{U_{PmtNaik}(985), U_{PsdBanyak}(365)\} \\
 &= \min(0,34 ; 0,71) \\
 &= 0,34
 \end{aligned}$$

$$U_{(z)} = \begin{cases} 0 & , \text{ untuk } z < 500 \\ \frac{z-500}{1500} & , \text{ untuk } 500 \leq z \leq 1010 \\ 0,34 & , \text{ untuk } 1010 < z \leq 2000 \end{cases}$$

Dari aturan tiga (R3) didapat nilai minimum antara 0,34 dan 0,71 yaitu 0.34. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan nilai variabel jumlah produksi. Dari hasil perhitungan 0,34 dikali  $(z-500)/1500$  diperoleh hasil 1010, merupakan nilai variabel jumlah produksi bertambah yang belum ada pada perhitungan sebelumnya (lihat pada gambar ) dengan memiliki derajat keanggotaan sebesar 0.34.

**Aturan (R4) :** Jika Permintaan Naik Dan Persediaan Barang Sedikit, maka Produksi Barang Bertambah

$$\begin{aligned}
 R4 &= \\
 \alpha - \text{Predikat}_A &= U_{PmtNaik} \cap_{PsdSedikit} (985, 365) \\
 &= \\
 \min\{U_{PmtNaik}(985), U_{PsdSedikit}(365)\} &= \\
 &= \min(0,34 ; 0,29) \\
 &= 0,29 \\
 U_{(z)} &= \begin{cases} 0 & , \text{ untuk } z < 500 \\ \frac{z - 500}{1500} & , \text{ untuk } 500 \leq z \leq 935 \\ 0,29 & , \text{ untuk } 935 < z \leq 2000 \end{cases}
 \end{aligned}$$

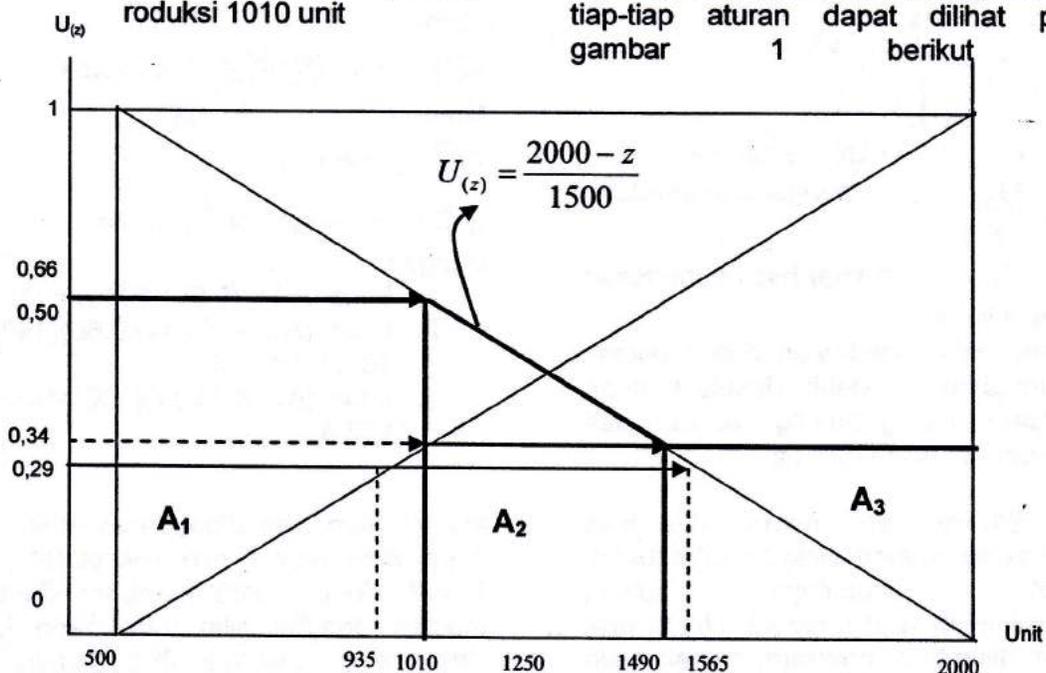
- Aturan 1 :** dengan derajat keanggotaan 0,66 mempunyai jumlah produksi 1010 unit
- Aturan 2 :** dengan derajat keanggotaan 0,29 mempunyai jumlah produksi 1565 unit
- Aturan 3 :** dengan derajat keanggotaan 0,34 mempunyai jumlah produksi 1010 unit

Dari aturan empat (R4) didapat nilai minimum antara 0,34 dan 0,29 yaitu 0,29. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan nilai variabel jumlah produksi. Dari hasil perhitungan 0,29 dikali  $(z-500)/1500$  diperoleh hasil 935, merupakan nilai variabel jumlah produksi bertambah yang belum ada pada perhitungan sebelumnya (lihat pada gambar ) dengan memiliki derajat keanggotaan sebesar 0,29.

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dari masing-masing aturan, diperoleh nilai variabel jumlah produksi (z). Sebagai berikut :

- Aturan 4 :** dengan derajat keanggotaan 0,29 mempunyai jumlah produksi 935 unit

Hasil dari masing-masing aturan tersebut, kemudian digabungkan (*union*) menjadi satu. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan dalam perhitungan defuzzyfikasi. Hasil dari penggabungan tiap-tiap aturan dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini



Gambar 1. Gabungan (Union) Hasil Implikasi Himpunan Samar

Seperti terlihat pada gambar 4 di atas, masing-masing nilai dari setiap aturan telah digabungkan. Dari penggabungan nilai tersebut, maka akan dicari luas wilayah yang seharusnya masuk dalam area perhitungan. Untuk memudahkan mencari luas daerah yang akan dihitung, maka akan dibagi menjadi 3 daerah, yaitu daerah A1, A2 dan A3. Khusus pada daerah antara A2 dan A3 dengan nilai 1565, garis tidak tepat mengenai daerah atas A3, karena posisi garis masih berada dibawah, sehingga untuk mencari garis yang tepat agar mengenai batas atas antara A2 dan A3 maka dilakukan perhitungan di bawah ini.

$$U(z) = 0,34 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{dipotongkan,}$$

$$U(z) = \frac{2000 - z}{1500}$$

$$\text{maka didapat } \frac{2000 - z}{1500} = 0,34 \rightarrow z = 1490$$

$$Z_0 = \frac{\int_a^b U(z) \cdot z \cdot dz}{\int_a^b U_z \cdot dz}$$

Z = nilai domain ke - i,  
 $U_{(z)}$  = derajat keanggotaan

titik tersebut,

$Z_0$  = nilai hasil penegasan (defuzzyfikasi).

Sebelum kita melakukan defuzzyfikasi, kita menghitung terlebih dahulu momen dan luas masing-masing wilayah dari ketiga daerah pada gambar.

Setelah nilai momen dan luas dari masing-masing wilayah ditentukan, langkah selanjutnya adalah menjumlahkan nilai tersebut. Untuk nilai momen dijumlahkan antara momen 1 s/d 3, dan untuk nilai luas dijumlahkan juga nilai luas A1 s/d A3. Setelah nilai total

Dengan hasil perhitungan di atas, maka batas antara wilayah A2 dan A3 ditandai dengan garis pada titik 1490 unit. Setelah kita menentukan batas masing-masing wilayah dari ketiga daerah tersebut maka selanjutnya adalah menghitung momen dan luas daerah tersebut.

### Melakukan Defuzzyfikasi

Hasil dari implikasi berbagai himpunan samar selanjutnya akan dipertegas lagi menjadi satu angka pasti dengan cara defuzzyfikasi. Metode penegasan (defuzzyfikasi) yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Centroid, yaitu sebagai berikut :

Momen ( $M_1$ ) =

$$\int_0^{1010} U(z) \cdot z \cdot dz = \int_0^{1010} (0,66)z \cdot dz = \int_0^{1010} 0,16z^2 =$$

$$336\ 633$$

Momen ( $M_2$ ) =

$$\int_{1010}^{1490} U(z) \cdot z \cdot dz = \int_{1010}^{1490} \frac{(2000 - z)}{1500} \cdot z \cdot dz = 293\ 856$$

Momen ( $M_3$ ) =

$$\int_{1490}^{2000} U(z) \cdot z \cdot dz =$$

$$\int_{1490}^{2000} (0,34)z \cdot dz = \int_{1490}^{2000} 0,34z^2 = 302\ 583$$

Dengan

1. Luas ( $A_1$ ) =  $(0,66)(1010) = 666,6$
2. Luas ( $A_2$ ) =  $(0,34+0,66)(1490 - 1010)/2 = 240$
3. Luas ( $A_3$ ) =  $(0,34)(2000-1490) = 173,4$

momen dan luas didapatkan maka kita dapat menentukan nilai titik pusat pada Z, yaitu dengan cara membagi nilai total momen dengan nilai total pada luas. Untuk lebih jelasnya lihat perhitungan sebagai berikut :

Maka titik pusat terhadap Z adalah :

$$z_0 = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{336633 + 293856 + 302583}{666,6 + 240 + 173,4}$$

$$= \frac{933072}{1080} = 863,9 \approx 864$$

Nilai defuzzyfikasi merupakan nilai penegasan dari setiap aturan yang telah kita tentukan, di mana dari nilai-nilai setiap aturan digabungkan dan dijadikan satu menjadi suatu nilai tegas. Nilai tegas inilah yang dicari dalam perhitungan, karena merupakan hasil yang dapat digunakan dalam perencanaan. Dari hasil perhitungan di atas di dapat angka 864, ini berarti jumlah produksi Filling Cabinet untuk bulan Januari adalah sebesar 864 unit.

Dengan telah diperolehnya nilai tersebut berarti kita dapat merencanakan kebutuhan bahan baku yang kita perlukan untuk memenuhi proses produksi selama bulan Januari.

Pengolahan data yang ditampilkan dalam penelitian ini hanya menampilkan perhitungan untuk bulan Januari saja, sedangkan untuk bulan Februari s/d Juni tidak dapat ditampilkan karena ada keterbatasan tertentu. Akan tetapi peneliti juga telah menghitung untuk periode Februari s/d Juni, dan untuk lebih jelasnya maka peneliti akan menampilkan hasil secara keseluruhan mengenai jumlah produksi Filling Cabiner dari bulan Januari s/d bulan Juni, lihat tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3 Jumlah Produksi Filling Cabinet Bulan Januari s/d Juni 2009

No.	Bulan	Jumlah Produk (unit)
1	Januari	864
2	Februari	621
3	Maret	918
4	April	886
5	Mei	835
6	Juni	1588
<b>TOTAL =</b>		<b>5712</b>

Berdasarkan tabel 3 di atas maka telah kita ketahui jumlah barang yang harus diproduksi setiap bulannya selama periode Januari s/d Juni 2009 menurut teori logika fuzzy. Dengan adanya jumlah barang yang harus diproduksi tersebut maka peneliti akan membandingkan data yang telah dihitung dengan hasil penjualan yang telah dilakukan perusahaan. Data penjualan dari bulan Januari s/d Juni 2009 dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4 Data Penjualan Filling Cabinet Bulan Januari s/d Juni 2009

No.	Bulan	Jumlah Penjualan (unit)
1	Januari	643
2	Februari	982
3	Maret	794
4	April	959
5	Mei	973
6	Juni	1249
<b>TOTAL =</b>		<b>5600</b>

Untuk lebih mengetahui hasil dari perbandingan antara data perkiraan permintaan (*budget*) dari marketing, kemudian dengan stock bahan baku yang ada, ditambah hasil perhitungan jumlah produksi dengan metode fuzzy,

dengan hasil penjualan yang telah terjadi selama Januari s/d Juni, yang dalam artian perusahaan telah berhasil menjual barang Filling Cabinet, maka akan peneliti tampilkan data rekapitulasi produk tersebut. Lihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5 Data Rekapitulasi Filling Cabinet Bulan Januari s/d Juni 2009

No.	Bulan	Perkiraan Permintaan /Budget (unit)	Stock Persediaan (unit)	Jumlah Produksi (unit)	Jumlah Penjualan (unit)
1	Januari	985	365	864	643
2	Februari	1071	586	621	982
3	Mar	1028	225	918	794
4	April	857	349	886	959
5	Mei	942	276	835	973
6	Juni	1071	138	1588	1249

#### Menghitung Kebutuhan Bahan Baku

Setelah mengetahui jumlah unit yang harus diproduksi, maka perlu diketahui banyaknya jumlah bahan baku pelat lembaran baja yang harus dipersiapkan. Bahan baku yang digunakan terdiri dari tebal 0,6mm s/d 2,0mm, masing-masing bahan baku memiliki kontribusi berat yang berbeda dalam 1 unit proses fabrikasi Filling Cabinet. Berdasarkan data pada tabel 4.1 bahwa dalam 1 unit Filling Cabinet dibutuhkan jumlah bahan baku seperti pada tabel 6 :

Tabel 6 Pemakaian Bahan Baku Untuk 1 Unit Filling Cabinet

No.	Tebal Plate (mm)	Jumlah Pemakaian (Kg)
1	0,6	5.590
2	0,7	36.111
3	0,9	0.554
4	1,2	0.061
5	2,0	0.028
<b>TOTAL BERAT</b>		<b>42.34</b>

Berdasarkan pada tabel 6 dapat diketahui jumlah bahan baku yang dibutuhkan untuk 1 unit Filling Cabinet adalah sebanyak 42,34 kg. Dengan demikian kita dapat mengetahui jumlah bahan baku yang harus dipersiapkan dalam proses fabrikasi untuk setiap bulan.

Untuk mengetahui jumlah bahan baku yang dibutuhkan dalam periode bulan Januari s/d Juni dapat dilihat pada tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7 Pemakaian Bahan Baku Filling Cabinet Bulan Januari s/d Juni

No.	Bulan	Pemakaian Bahan Baku/Unit (Kg)	Jumlah Produksi (unit)	Total Bahan Baku (Kg)
1	Januari	42.34	864	36 585.22
2	Februari	42.34	621	26 295.62
3	Maret	42.34	918	38 868.12
4	April	42.34	886	37 513.24
5	Mei	42.34	835	35 353.90
6	Juni	42.34	1588	67 235.92
<b>TOTAL =</b>				<b>241 852.02</b>

Dari hasil perhitungan pada tabel 7 di atas maka dapat diketahui jumlah setiap bulan bahan baku yang digunakan, dan juga total bahan baku yang dibutuhkan

selama 6 bulan produksi, yaitu : 241 852,02 Kg

#### 4. KESIMPULAN

Pengolahan data yang telah dilakukan oleh penulis dalam penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan, di mana merupakan jawaban dari penulis dalam penelitian ini, adapun kesimpulan yang didapat hadala sebagai berikut :

1. Jumlah produksi Filling Cabinet yang telah dihitung oleh metode fuzzy, sangat dipengaruhi oleh beberapa variabel. Variabel-variabel tersebut yaitu : variabel permintaan, variabel persediaan, dan variabel kapasitas jumlah produksi.
2. Hasil dari defuzzyfikasi dengan menggunakan metode centroid, untuk jumlah produksi Filling Cabinet pada bulan Januari sebanyak 864 unit, Februari sebanyak 621 unit, Maret sebanyak 918 unit, April sebanyak 886 unit, Mei sebanyak 835 unit dan bulan Juni sebanyak 1588 unit. Total produksi untuk periode Januari s/d Juni 2009 adalah 5712 unit. Bahan baku pelat baja (*coil*) yang dibutuhkan, berkisar antara 26 295,62 Kg s/d 67 235,92 Kg untuk setiap bulannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Gitosudarmo, Indriyo, *Sistem Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, BPFE, Yogyakarta, 1998
2. Hadiguna, Rika A, *Alokasi Pasokan Berdasarkan Produk Unggulan Untuk Rantai Pasok Sayuran Segar*, <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/ind/article/viewFile/16709/16701>, Diakses :05 Juli 2009

3. [http://k12008.widyagama.pdf.ac.id/ai/diktatpdf/Logika\\_Fuzzy](http://k12008.widyagama.pdf.ac.id/ai/diktatpdf/Logika_Fuzzy), *Logika Fuzzy*, Diakses 04 Mei 2009
4. <http://ocw.gunadarma.ac.id/course/industrial-technology/informatics-engineering-s1/pengantar-kecerdasan-buatan/logika-fuzzy>, *Logika Fuzzy*, Diakses 05 Juli 2009.
5. Kusumadewi, Sri, *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2002.
6. Kusumadewi, Sri, *Artificial Intelligence*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003
7. Rosnani Ginting, *Penjadwalan Mesin*, Graha Ilmu, Yogyakarta 2009
8. Setiadji, *Himpunan dan Logika Samar Serta Aplikasinya*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2009.

(\* Dosen Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknik Universitas Dharma  
Persada.

(\*\* Mahasiswa Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknik Universitas Dharma  
Persada.

# SISTEM PRODUKSI DI PPI DAN PERBANDINGAN KAPASITAS OUTPUT PACKER RU-12 DAN PACKER VENTOMATIC

Yefri Chan \*

## Abstrak

Dalam alur produksi semen pada pabrik semen, dibutuhkan alur produksi lanjut yang bertujuan untuk pengepakan atau pengantongan semen yang untuk selanjutnya didistribusikan ke agen-agen penjualan semen yang telah ditunjuk oleh perusahaan.

Biro Pengantongan Packing Plant Indarung (PPI), merupakan suatu terminal akhir dalam rantai produksi semen. Packing Plant Indarung (PPI) merupakan konsep terminal untuk pengemasan semen yang dapat langsung dipasarkan melalui jalan darat dan juga konsep terminal perantara untuk pengemasan semen yang akan dipasarkan lewat jalur laut (untuk pemasaran antar pulau dan ekspor).

Proses pengepakan semen yang merupakan proses produksi di Packing Plant Indarung (PPI), melibatkan dua jenis mesin packer type RU-12 dan type Ventomatic yang merupakan mesin pendistribusian semen berupa bubuk (powder) ke dalam kantong. Kedua jenis mesin packer ini memiliki karakteristik dan kapasitas output yang berbeda.

Keywords : semen, mesin packer, Packing Plant Indarung

## 1. PENDAHULUAN

Dalam produksi semen, setelah dihasilkan semen dalam bentuk bubuk (powder), dibutuhkan alur produksi lanjut yang bertujuan untuk pengepakan atau pengantongan semen untuk selanjutnya didistribusikan ke agen-agen penjualan semen.

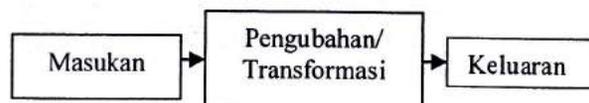
Untuk itu dibutuhkan alur produksi yang efisien agar produksi dapat berjalan lancar sehingga penjualan semen juga akan berjalan lancar. Disamping itu dalam alur produksi tersebut dibutuhkan mesin untuk pengisian semen yang disebut packer. Pada Biro Pengantongan unit Indarung atau yang disebut dengan Packing Plant Indarung (PPI) terdapat dua jenis packer, yaitu packer type RU-12 dan packer type Ventomatic. Pada kedua jenis packer ini terdapat

perbedaan karakteristik dan kapasitas output.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Konsep Dasar Produksi

Secara umum produksi dapat diartikan sebagai kegiatan untuk meningkatkan atau menciptakan kegunaan (utility) dari benda-benda ekonomi dengan masukan berupa factor-faktor produksi sehingga menjadi bentuk keluaran berupa produk. Pengubahannya sendiri adalah secara teknis atau berdasarkan teknologi tertentu dan sering disebut "proses produksi". Dalam gambar 3.1, produksi dapat digambarkan secara jelas sebagai suatu sistem masukan – keluaran.



<u>Faktor Produksi</u>	<u>Proses</u>	<u>Produk</u>
<input type="checkbox"/> Obyek produksi (material) <input type="checkbox"/> Tenaga kerja <input type="checkbox"/> Alat produksi <input type="checkbox"/> Informasi produksi	<u>Produksi</u> <input type="checkbox"/> Tingkatan proses (tunggal/jamak) <input type="checkbox"/> Fasilitas Produksi (produktifitas)	<input type="checkbox"/> Benda/material <input type="checkbox"/> Jasa

Gambar 2.1. Pengertian umum dari produksi

## 2.2. Faktor Produksi

Masukan dari sistem produksi adalah faktor-faktor produksi. Dalam pandangan makro faktor-faktor produksi terdiri dari empat hal seperti yang dinyatakan oleh para ahli ekonomi, yaitu know how (perangkat lunak), tanah, pekerja dan modal (peralatan, mesin, gedung, bahan mentah dan sebagainya). Dalam hal ini, factor-faktor produksi diklasifikasikan menjadi empat kategori, yaitu :

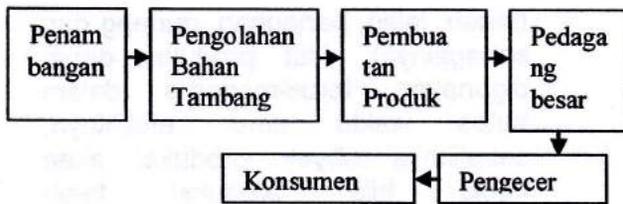
- Obyek Produksi;** adalah material-material yang dikenai aktifitas produksi, terdiri dari material utama dan material Bantu. Material utama (bahan mentah, seperti limestone, batu silica dan pasir besi) akan diubah menjadi produk melalui proses produksi.
- Tenaga Kerja;** merupakan kemampuan manusia, baik fisik maupun mental dari setiap pekerja yang melakukan kerjasama untuk suatu tujuan yaitu menghasilkan produk.
- Alat Produksi;** merupakan media untuk mengolah bahan menjadi produk dengan bantuan pekerja. Dapat merupakan alat produksi langsung (fasilitas produksi yang berupa mesin, perkakas, peralatan, perkakas Bantu dan sebagainya) atau alat produksi tak langsung

(tanah, jalan, bangunan, gudang dan sebagainya). Alat produksi dapat digunakan terus-menerus dalam batas waktu umur efektifnya, sebaliknya obyek produksi akan habis bila produksi telah berlangsung.

- Informasi Produksi;** merupakan pengetahuan untuk melangsungkan proses produksi secara efektif (efisien dan ekonomis). Termasuk dalam hal ini metode produksi (prosedur teknik untuk melaksanakan proses produksi) yang mengikuti hukum teknik obyektif termasuk empiris. Ketrampilan dapat dianggap sebagai informasi produksi yang dapat dimiliki oleh perorangan melalui training yang merupakan proses transfer pengetahuan, pengalaman dan intuisi secara efektif.

## 2.3. Proses Produksi

Proses perubahan factor-faktor produksi, khususnya bahan mentah sehingga menghasilkan produk disebut sebagai proses produksi. Umumnya terdiri dari urutan tingkatan produksi dan setiap tingkatan produksi tersebut mempunyai urutan operasi yang dilakukan dalam setiap stasiun kerja. Oleh sebab itu proses produksi mempunyai karakteristik aliran material. Ditinjau secara makro, aliran material tersebut dimulai dari penambangan, pengolahan bahan tambang, pembuatan produk, pedagang besar, pengecer sampai pada konsumen.



Gambar 2.2. Mata rantai antara para produsen dan distributor

Suatu sistem dapat didefinisikan secara structural atau statis, secara transformasional atau fungsi dan secara prosedural atau dinamik, dengan demikian sistem produksi dapat mempunyai beberapa aspek yaitu aspek structural, aspek transformasional dan aspek prosedural.

- **Aspek Struktural Sistem Produksi;** merupakan kesatuan elemen perangkat keras (seperti : perkakas dan peralatan produksi) dan peralatan Bantu (seperti material handling) serta dibantu oleh perangkat lunak yang berupa informasi produksi (metodologi teknologi) yang bertujuan mengubah obyek produksi (bahan mentah) menjadi produk spesifik guna memenuhi kebutuhan manusia.
- **Aspek Transformasional Sistem Produksi;** merupakan proses perubahan obyek produksi menjadi produk dengan produktifitas dan efisiensi optimum. Dalam hal ini system mempunyai karakteristik aliran material dan pembahasan berikutnya dibatasi hanya pada aliran material dalam pabrik. Masalah utama yang sering dihadapi adalah menentukan rancangan proses yang optimum (jalan sependek mungkin atau kecepatan aliran sebesar mungkin).

- **Aspek Prosedural Sistem Produksi;** merupakan prosedur operasi produksi yaitu system manajemen produksi yang melaksanakan pengelolaan atas perencanaan, pelaksanaan, pelaksanaan dan pengontrolan proses produksi. Manajemen produksi berusaha untuk mencapai tujuan organisasi dengan cara mengintegrasikan sumber 4M (Man, Machine, Material & Money) yang mana sebelumnya sumber-sumber tersebut tidak saling berhubungan. Dipandang dari segi system, manajemen ini mempunyai dua fungsi utama yaitu perencanaan dan pengendalian (planning & controlling).

Pada dasarnya prosedur produksi secara keseluruhan terdiri dari dua hal yaitu, strategi perencanaan produksi dan manajemen produksi operasional (taktik). Kedua hal tersebut yang pertama sering disebut sebagai strategi dan yang kedua taktik. Strategi merupakan pengambilan keputusan secara makro yang bertujuan untuk mengadaptasikan system produksi dengan lingkungannya dan biasanya diperlukan waktu yang lama. Sedangkan taktik menyangkut masalah-masalah produksi operasional dari suatu system produksi.

#### 2.4. Sistem Produksi Di PPI

Proses pengepakan semen yang merupakan proses produksi di Packing Plant Indarung (PPI), dilakukan langsung pada suatu terminal khusus. Konsep disain terminal khusus untuk pemuatan atau pembongkaran semen sangat dipengaruhi oleh bentuk geografis setempat serta infrastruktur dari pabrik. Hal ini disebabkan pada pertimbangan terhadap proses pengemasan semen yang bersifat instant yaitu semen

pengemasan semen akan dilakukan setelah adanya permintaan konsumen.

Untuk mengantisipasi kecenderungan baru yang menuntut variasi produk semen, instalasi pada packing plant sebagai terminal loading semen harus dapat memenuhi :

- Jumlah produksi yang sesuai permintaan pasar
- Prosedur pengangkutan yang cepat
- Keseragaman kualitas produk untuk jangka waktu yang sama
- Keseragaman kualitas produk permintaan tambahan dengan produk yang telah dikirim sebelumnya

*Packing Plant Indarung* (PPI) merupakan konsep terminal untuk pengemasan semen yang dapat langsung dipasarkan melalui jalan darat dan juga merupakan konsep terminal perantara untuk pengemasan semen yang akan dipasarkan lewat jalur laut (untuk pemasaran antar pulau dan ekspor) yaitu pada unit Pengantongan Teluk Bayur.

Konsep terminal untuk pengemasan semen harus memiliki dua fungsi utama yaitu:

1. Menyediakan kapasitas untuk penyimpanan semen.
2. Menyediakan kapasitas untuk pemuatan semen yang disesuaikan dengan struktur operasional pengemasan yaitu tingkat variasi loading, jumlah pengantaran, dan juga waktu pengemasan.

#### 2.4.1. Sistem Penyimpanan

Silo merupakan tempat penyimpanan semen dalam jumlah yang sangat besar berbentuk silinder dengan kapasitas misalnya 6.000 ton, 10.000 ton dan 15.000 ton. Perbandingan antara diameter silo dan tinggi silo umumnya 1:2 atau 1:2,5. Contohnya silo dengan ukuran  $\phi$  15 x 35.

Silo dilengkapi dengan penghisap debu (dust collector) di atas silo dan di bagian dasar silo dilengkapi dengan aeration unit yang berfungsi untuk penggemburan semen. Aeration unit didasar silo dirancang untuk memungkinkan semen mengalir keluar ke dari seluruh permukaan dasar silo.

Sesuai konsep desain terminal loading semen, dibutuhkan lebih dari satu buah silo untuk mengantisipasi keragaman jenis produk dan untuk penyimpanan semen dalam jumlah besar.

PPI memiliki 14 buah silo yang diperuntukkan untuk tipe-tipe semen yang berbeda, terdiri atas :

- Silo A dan silo B → (Indarung 1)
- Silo 1,2,3,4,5,6,7,8 → ( Indarung II/III/IV)
- Silo I-II-III-IV → (Indarung V)

#### 2.4.2. Sistem Pemuatan

Pemuatan semen dapat dilakuakn dengan cara :

- *Bulk Loading* (semen curah)  
Semen curah diangkut dengan menggunakan:
  - ✓ Truk atau kereta api, dimana tangki khusus (wagon) dipasangkan pada truk atau kereta api yang didalamnya memuat semen.
  - ✓ Kapal laut yang dirancang khusus dan jenis kapal general cargo untuk memuat semen curah dalam jumlah yang sangat besar untuk tujuan ekspor , atau pengangkutan antar pulau dan dilengkapi dengan mesin pembongkar semen (unloader).
- *Bag Loading* (pengemasan semen dalam kantong/sack)  
Yaitu berupa kantong dengan ukuran 40 kg atau 50 kg serta kantong dengan ukuran besar (big bag) yang

biasanya kapasitasnya 1 ton. Untuk kantong (50 kg), semen diangkut dengan menggunakan:

- ✓ Truk yang terdiri atas :
  1. manual loading
  2. stationary palletizing yaitu setelah ditumpuk diangkut dengan fork lift atau crane ke truk.
  3. stationary palletizing tanpa pellet
  4. direct mechanical truck loader dengan menggunakan tenaga buruh untuk menyusun semen dalam truk. Alat transport yang membawa semen dari packer ke truk disebut truk loader.
- ✓ Pemuatan dengan kapal (ship loader) yaitu menggunakan belt conveyor dan diteruskan dengan menggunakan loading crane yang masuk ke dalam kapal.

Alur material pada PPI adalah seperti dalam gambar di bawah ini :



Gambar 2.3. Sistem Produksi di PPI

Material dari silo dibawa ke hopper dengan menggunakan air slide. Laju material diatur dengan menggunakan valve pneumatic control yang bekerja secara otomatis berdasarkan sinyal dari nivo pilot yang terdapat pada packer.

Dari hopper material diangkat ke atas dengan menggunakan bucket elevator

masuk ke dalam tangki packer yang sebelumnya diayak melalui vibrating screen. Dalam tangki packer ini material ikut berotasi sesuai dengan putaran packer. PPI mempunyai 5 buah packer yang terdiri dari 3 buah fluxo packer RU-12 (Packer III, IV dan V) serta 2 buah packer Ventomatic, yaitu packer Ventomatic type GEO-9 (Packer VI dan Packer VII).

Setelah kantong berisi berat semen yang sesuai, maka kantong dibawa ke truck loader dengan menggunakan rubber belt conveyor. Truck loader merupakan alat untuk memasukkan semen ke dalam truk berupa crane-crane yang dapat bergerak maju mundur dan atas bawah. Untuk penyusunan kantong dalam truk dibutuhkan sekurang-kurangnya satu orang buruh atau pekerja. PPI mempunyai 10 buah truck loader untuk 10 terminal truk.

Pengemasan semen curah dilakukan secara langsung di bawah silo yang memiliki fluxo filling. Semen curah ini dibawa dengan truk wagon dan juga kereta api milik PERUMKA. *Flow sheet* material lengkap pada pengantongan semen di PT Semen Padang dapat dilihat pada lampiran.

#### 2.4.3. Sistem Pengaliran Material Dengan Kompresor

Penggerak utama material pada sistem pengantongan semen adalah aliran udara bertekanan. Udara bertekanan ini diproduksi dengan menggunakan kompresor. Kompresor berfungsi untuk memampatkan sejumlah volume udara sehingga dapat menghasilkan tekanan yang diinginkan.

Pada system pengantongan di PPI ada dua jenis penggunaan tekanan udara yaitu :

- Udara bertekanan 3 bar untuk system aerasi dan transport semen

- Udara bertekanan 7 bar untuk system pneumatis dari instrumen-instrumen

Jenis-jenis kompresor yang digunakan adalah :

- *Positive displacement compressor*
  - ✓ Reciprocating compressor (pergerakan piston)
  - ✓ Rotary compressor (screw compressor)
- *Dynamic compressor*
  - ✓ Kompresor sentrifugal
  - ✓ Kompresor axial

Berdasarkan kesinambungan aliran, kompresor digunakan untuk :

- *Intermittent flow* yaitu untuk pengaturan aliran yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan.
- *Continous flow* yaitu pengaliran udara bertekanan yang berlangsung terus-menerus.

Operasional kompresor dilengkapi dengan air dryer dan *receiver tank*. Air dryer digunakan untuk menghasilkan aliran udara yang kering sehingga tidak terjadi kondensasi uap air yang dapat menghambat saluran udara. *Receiver tank* digunakan untuk ruang pengumpulan udara sebelum dialirkan. Konfigurasi susunan penggunaan alat ini dapat disesuaikan dengan fungsi compressor plant yang diinginkan.

Penggunaan kompresor pada PPI adalah sebagai berikut :

- Sistem aerasi pada silo  
Menggunakan rotary piston blower untuk outer ring pada silo dengan volume udara sebesar 6,8 m<sup>3</sup>/menit. Putaran blower untuk menghasilkan volume sebesar itu adalah 3000 rpm dengan daya listrik 11 kW dan untuk ring channel digunakan volume udara sebesar 15,6 m<sup>3</sup>/menit.
- Penyaring debu (*jet pulse filter*)

Menggunakan kompresor berupa exhaust fan dengan volume aliran sebesar 252 m<sup>3</sup>/menit.

- Transport semen dengan *fluxo slide*  
Menggunakan fan dengan volume sebesar 900 m<sup>3</sup>/h dan 2400 m<sup>3</sup>/h.
- Sistem aerasi pada packer dan instrumen pengantungan  
Menggunakan kompresor piston dengan tekanan udara sebesar 3 bar dan juga *screw compressor* dengan tekanan udara 7,5 bar.

### 3. METODOLOGI

Dalam pengukuran kapasitas output packer, ada beberapa hal yang mempengaruhi kapasitas tersebut. Hal-hal tersebut antara lain :

- Jumlah spout pada packer  
Semakin banyak spout, yang terdapat pada packer, kapasitas output yang dihasilkan semakin besar.
- Kecepatan pengisian  
Pada jenis rotary packer, loading rate ini ditinjau dari kecepatan putaran packer. Satu kali putaran diselesaikan pengisian satu buah kantong. Semakin cepat putaran packer, semakin besar pula kapasitas yang dihasilkan.
- Ukuran kantong yang dipergunakan  
Ukuran kantong semen menentukan berat bersih semen yang akan dipasarkan. Pada umumnya ukuran kantong semen yang dipergunakan adalah ukuran 50 kg.

Kapasitas output packer, dapat dicari dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi, secara sistematis dapat diperoleh:

$Kapasitas\ Output\ (kg/min) = Jumlah\ Spout \times Kec.\ putaran\ (rpm) \times Berat\ kantong\ (kg)$

*Packer* merupakan alat pengisi semen ke dalam kantong semen. Pengisian semen dengan pengukuran semen yang diisikan ke dalam kantong, memungkinkan distribusi semen secara merata di tiap spout. PPI memiliki 5 buah *packer* dan terdapat dua jenis *packer*, yaitu 3 buah *packer* RU-12 dan 2 buah *packer* ventomatic type GEO-9. Perbandingan performansi antara kedua jenis *packer* tersebut, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.1 Performansi *packer*

Performansi	Packer RU-12	Packer Ventomatic
Jumlah Spout	12 buah	9 buah
Putaran Packer	3 rpm	4 – 5 rpm

Jika putaran *packer* RU-12 adalah 3 rpm, dan ukuran berat kantong semen adalah 50 kg, dan putaran *packer* ventomatic adalah 4,7 rpm (berdasarkan pengambilan data di lapangan), maka perbandingan kapasitas antara kedua *packer* adalah

$$Kapasitas\ output\ RU-12 = 12 \times 3rpm \times 50kg = 1800\ kg/menit$$

$$Kapasitas\ output\ ventomatic = 9 \times 4,7rpm \times 50kg = 2115\ kg/menit$$

Selain itu, juga dilakukan pengambilan data waktu pengisian semen per spout. Pada saat pengisian semen ke dalam karung, operator menyangkutkan karung pada spout dan berdasarkan perhitungan waktu dengan menggunakan stopwatch, didapat data sebagai berikut :

Waktu pengisian *packer* RU-12 = 15,89 "  
Waktu pengisian *packer* ventomatic = 10,85 "

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Hasil

Setelah dilakukan pengamatan di lapangan dan perhitungan atas kapasitas output *packer* RU-12 dan ventomatic, didapat hasil dan data-data mengenai kapasitas output kedua jenis *packer* tersebut.

Tabel 4.1 Perbandingan spesifikasi antara kedua jenis *packer*

Performansi	Packer RU-12	Packer Ventomatic
Jumlah Spout	12 buah	9 buah
Putaran Packer	3 rpm	4 – 5 rpm
Kapasitas Output	1800kg/menit	2115kg/menit
Waktu Pengisian per Spout	15,89 s	10,85 s

##### 4.2. Pembahasan

Dari kapasitas output kedua *packer* dapat dilihat, bahwa kapasitas output *packer* ventomatic lebih besar dibandingkan dengan kapasitas output *packer* RU-12, meskipun *packer* ventomatic memiliki jumlah spout yang lebih sedikit dibandingkan dengan *packer* RU-12. Hal ini disebabkan oleh kecepatan putaran *packer* ventomatic yang lebih cepat. Selain itu, berdasarkan pengambilan data di lapangan waktu pengisian *packer* ventomatic juga lebih cepat dibandingkan dengan *packer* RU-12, yaitu :

Waktu pengisian packer RU-12 = 15,89 "

Waktu pengisian packer ventomatic = 10,85 "

Jika melihat perbandingan antara kedua jenis packer diatas, maka dapat dinilai bahwa packer ventomatic lebih efektif dibandingkan dengan packer RU-12. Hal ini dapat dipahami, karena packer ventomatic, dalam proses kerjanya menggunakan sistem pengaturan berat digital yang memungkinkan pengukuran berat dapat dilakukan secara cepat dan presisi. Kemudian kecepatan putar packer ventomatic yang lebih tinggi dibandingkan dengan packer RU-12.

Tetapi, walaupun demikian, dalam pemeliharaan alat, packer ventomatic lebih rumit dibandingkan dengan packer RU-12. Di PPI, setiap satu minggu sekali, alat-alat produksi dilakukan perawatan ( *maintenance* ), termasuk packer. Untuk packer dilakukan pengkalibrasian timbangan dan hal-hal lain yang dirasa perlu. Dan juga packer ventomatic harganya lebih mahal dibandingkan dengan packer RU-12.

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berkaitan dengan sistem produksi di PPI dan perbandingan kapasitas produksi packer RU-12 dan packer ventomatic, dapat disimpulkan bahwa :

- Packing Plant Indarung ( PPI ), merupakan terminal akhir dari produksi semen di Indarung harus dapat memenuhi tuntutan terhadap jumlah produksi yang besar sesuai dengan permintaan pasar, prosedur pengangkutan yang cepat, keseragaman kualitas produk untuk jangka waktu sebelum dan sesudahnya.
- Fungsi utama pada terminal pengemasan semen adalah untuk

penyimpanan semen dan untuk pemuatan semen sesuai dengan struktur operasionalnya.

- Produksi semen di PPI dibagi atas semen curah dan kantong. Untuk semen curah, semen dari silo, langsung diisi ke truk wagon atau kereta api. Sedangkan semen kantong, dari silo musti melewati serangkaian proses tertentu hingga dipak didalam kantong.
- Packer merupakan alat utama pada pengemasan semen dalam kantong harus mempunyai laju pengisian yang tinggi, operasional yang cepat, bebas debu dan dapat dioperasikan dengan biaya yang murah.
- Packer ventomatic lebih efektif dibandingkan dengan packer RU-12, yang disebabkan oleh kecepatan putar dan kecepatan pengisian packer ventomatic yang lebih tinggi dibandingkan dengan packer RU-12.
- Optimalnya kerja packer, ditentukan oleh terampilnya operator dalam memasukkan kantong ke spout.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. Ibrahim, Coco dan Yatna Yuwana, *Sistem Produksi*, Laboratorium Metrologi Industri FTI-ITB, Bandung, 1987
  2. Fogarty, Donald W. *Production and Inventory Management : 2<sup>nd</sup> edition*, College Division South-Western Publishing Co., Cincinnati, 1991
  3. Team Asisten LSP, *Sistem Produksi I : Kumpulan Modul Kuliah Sistem Produksi I*, Laboratorium Sistem Produksi FTUA, Padang, 2000
- \*) Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Darma Persada.

# PENCARIAN RUTE TERDEKAT ANTAR KECAMATAN MENGGUNAKAN ALGORITMA SEMUT (ANT ALGORITHM) DENGAN JAVA 2 MICRO EDITION (J2ME)

Suzuki Syofian\*, Cholid Basy Tommy\*\*

## ABSTRAK

Seseorang sering melakukan perjalanan dari tempat satu kota ke kota lain dengan mempertimbangkan efisiensi, waktu dan biaya, sehingga akurasi yang diperlukan dalam menentukan rute terpendek ke lokasi tujuan. Hasil penentuan rute terdekat akan menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk menunjukkan rute yang akan ditempuh. Masalah tersebut telah mengundang banyak solusi sementara solusi yang diharapkan adalah solusi untuk kompleksitas algoritma. Desain ini bertujuan untuk membangun sebuah aplikasi untuk menentukan rute terpendek antara tempat di handphone mobile menggunakan algoritma semut. Algoritma semut digunakan dalam pembuatan aplikasi ini adalah metode pemecahan masalah dengan menggunakan sifat koloni hewan semut. Untuk metode ini dirancang menggunakan model air terjun dan untuk aplikasi manufaktur dengan menggunakan bahasa pemrograman Java 2 Micro Edition (J2ME). Hasil dari desain ini adalah rute pencarian solusi program yang akan menargetkan lokasi terdekat bersama dengan nama dan departemen transportasi umum

**Keywords :** Sistem koloni semut, Algoritma semut, Java 2 Micro Edition (J2ME), Aplikasi manufaktur

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan alat berteknologi tinggi semakin mendominasi kehidupan manusia. Contohnya, komputer dan Handphone, dimana kedua alat itu diharapkan dapat membantu meringankan pekerjaan manusia baik dalam bidang pendidikan, industri dan kehidupan sehari-hari sebagai alat komunikasi.

Komputer dan *handphone* bukan hanya sebagai alat komunikasi pada umumnya. Misalnya *handphone* berteknologi tinggi, kebanyakan orang pada saat ini menggunakan *handphone* tersebut selain untuk komunikasi sering juga digunakan untuk pencarian lokasi dalam perjalanan dari satu tempat atau kota ke tempat yang lain dengan mempertimbangkan efisiensi waktu dan biaya sehingga diperlukan ketepatan dalam menentukan jalur terpendek antar

suatu kota. Mencari suatu lokasi di kota besar seperti Tangerang tidaklah mudah, khususnya bagi masyarakat yang belum mengenal betul kondisi lalu-lintas dan jalan-jalan yang ada di kota tersebut. Hal ini disebabkan karena informasi petunjuk jalan yang mengarahkan ke tempat tujuan yang kurang dan juga kurangnya tempat pusat informasi yang tersedia. Kebanyakan masyarakat masih kesulitan mencari lokasi seperti Rumah Sakit, SPBU, tempat ibadah, kampus, dan tempat umum lainnya. Jika kebutuhan pencarian itu mendesak, maka informasi yang cepat dan tepat sangat dibutuhkan. Dengan menggunakan media *Handphone*, maka informasi lokasi suatu tempat bisa didapatkan kapan saja dan dimana saja. Tujuan penelitian ini adalah membuat aplikasi pencarian rute terdekat yang dapat diakses melalui media *Handphone* menggunakan

algoritma semut (*Ant Algorithm*) dengan bahasa pemrograman *Java 2 Micro Edition* (J2ME).

### 1.2 Perumusan Masalah

Mencari suatu lokasi di kota besar seperti Tangerang tidaklah mudah, dan jika kebutuhan pencarian itu mendesak, maka informasi yang cepat dan tepat sangat dibutuhkan. Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana membuat aplikasi pencarian informasi untuk menentukan rute terdekat suatu lokasi pada media *Handphone* dengan jarak sebagai parameternya, sehingga diharapkan mendapatkan informasi yang lebih cepat dan efisien oleh pengguna jalan?

### 1.3 Batasan Masalah

Pencarian jalur terpendek dibatasi pada salah satu jenis algoritma yang digunakan dalam metode heuristik, yaitu *Ant Algorithm* dengan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Bobot yang ditentukan hanyalah berdasarkan bobot jarak (km) antar kota, dengan mengabaikan bobot-bobot lainnya. Sehingga jalur terpendek ditentukan berdasarkan jarak terpendek antar kota.
2. Waktu tempuh dicari dari jarak terdekat antar kota per kecepatan rata-rata kendaraan.
3. Pengukuran waktu tempuh berdasarkan pada kecepatan rata-rata kendaraan roda empat (mobil) dengan kecepatan rata-rata 25 km/jam. Rute yang akan dicari oleh fasilitas ini hanya sebatas kecamatan kota Tangerang.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Algoritma Semut

Algoritma semut merupakan teknik probabilistik untuk menyelesaikan masalah komputasi dengan menemukan

jalur terbaik melalui grafik. Algoritma ini terinspirasi oleh perilaku semut dalam menemukan jalur dari koloninya menuju makanan. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui. Semakin banyak semut yang melalui suatu lintasan, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya. Oleh karena itu, ketika seekor semut menemukan jalur yang bagus (jalur yang pendek) dari koloni ke sumber makanan, semut lainnya akan mengikuti jalur tersebut, dan akhirnya semua semut akan mengikuti sebuah jalur tunggal. Mengingat prinsip algoritma yang didasarkan pada perilaku koloni semut dalam menemukan jarak perjalanan paling pendek tersebut, *Ant colony* sangat tepat digunakan untuk diterapkan dalam penyelesaian masalah optimasi, salah satunya adalah untuk menentukan jalur terpendek. (Dorigo, M. & Gambardella L.M, 1996 : 205)

Agar semut mendapatkan jalur optimal, diperlukan beberapa proses:

1. Pada awalnya, semut berkeliling secara acak, hingga menemukan makanan.
2. Ketika menemukan makanan mereka kembali ke koloninya sambil memberikan tanda dengan jejak *feromon*.
3. Jika semut-semut lain menemukan jalur tersebut, mereka tidak akan bepergian dengan acak lagi, melainkan akan mengikuti jejak tersebut.
4. Kembali dan menguatkannya jika pada akhirnya mereka pun menemukan makanan.

5. Seekor semut yang secara tidak sengaja menemukan jalur optimal akan menempuh jalur ini lebih cepat dari rekan-rekannya, melakukan *round-trip* lebih sering, dan dengan sendirinya meninggalkan *feromon* lebih banyak dari jalur-jalur yang lebih lambat ditempuh.
6. *Feromon* yang berkonsentrasi tinggi pada akhirnya akan menarik semut-semut lain untuk berpindah jalur, menuju jalur paling optimal, sedangkan jalur lainnya akan ditinggalkan.
7. Pada akhirnya semua semut yang tadinya menempuh jalur yang berbeda-beda akan beralih ke sebuah jalur tunggal yang ternyata paling optimal dari sarang menuju ke tempat makanan.

Secara umum langkah-langkah dalam *Ant algorithm* adalah :

- a. Inisialisasi harga parameter-parameter algoritma.

Parameter-parameter yang diinisialisasikan adalah :

- Intensitas jejak semut antar kota dan perubahannya ( $\tau_{ij}$ )
- Banyak kota ( $n$ ) termasuk koordinat ( $x,y$ ) atau jarak antar kota ( $d_{ij}$ )
- Kota berangkat dan kota tujuan
- Tetapan siklus-semut ( $Q$ )
- Tetapan pengendali intensitas jejak semut ( $\alpha$ ), nilai  $\alpha \geq 0$
- Tetapan pengendali visibilitas ( $\beta$ ), nilai  $\beta \geq 0$
- Visibilitas antar kota =  $1/d_{ij}$  ( $\eta_{ij}$ )
- Banyak semut, jumlah semut yang melakukan pencarian ( $m$ )
- Tetapan penguapan jejak semut ( $\rho$ ), nilai  $\rho$  harus  $> 0$  dan  $< 1$  untuk mencegah jejak *feromon* yang tak terhingga.
- Jumlah siklus maksimum ( $NC_{max}$ ) bersifat tetap selama

algoritma dijalankan, sedangkan  $\tau_{ij}$  akan selalu diperbaharui harganya pada setiap siklus algoritma mulai dari siklus pertama ( $NC=1$ ) sampai tercapai jumlah siklus maksimum ( $NC=NC_{max}$ ) atau sampai terjadi konvergensi.

- b. Inisialisasi kota pertama setiap semut. Setelah inisialisasi  $\tau_{ij}$  dilakukan, kemudian  $m$  semut ditempatkan pada kota pertama tertentu secara acak.

$h$  menempati *tabuk*. Jika  $s$  menyatakan indeks urutan kunjungan, kota asal dinyatakan sebagai *tabuk* ( $s$ ) dan kota-kota lainnya dinyatakan sebagai  $\{N-tabuk\}$ .

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N-tabuk\}} [\tau_{ik}]^\alpha \cdot [\eta_{ik}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N-tabuk\} \dots \dots \dots (1)$$

dan

$$p_{ij}^k = 0, \text{ untuk } j \text{ lainnya} \dots \dots \dots (2)$$

- Perhitungan panjang rute setiap semut. Perhitungan panjang rute tertutup (*length closed tour*) atau  $L_k$  setiap semut dilakukan setelah satu siklus diselesaikan oleh semua semut. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan *tabuk* masing-masing.

$$L_k = d_{tabuk(n), tabuk(1)} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{tabuk(s), tabuk(s+1)} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan  $d_{ij}$  adalah jarak antara kota  $i$  ke kota  $j$  yang dihitung berdasarkan persamaan :

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \dots \dots \dots (4)$$

- Pencarian rute terpendek. Setelah  $L_k$  setiap semut dihitung, akan didapat harga minimal panjang

rute tertutup setiap siklus atau LminNC dan harga minimal panjang rute tertutup secara keseluruhan adalah Lmin.

- Perhitungan perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota.

Koloni semut akan meninggalkan jejak-jejak kaki pada lintasan antar kota yang dilaluinya. Adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang lewat, menyebabkan kemungkinan terjadinya perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota. Persamaan perubahan ini adalah :

$$\Delta\tau_{ij}^k = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \dots\dots\dots(5)$$

Dengan  $\Delta\tau_{ij}^k$  adalah perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota setiap semut yang dihitung berdasarkan persamaan :

$$\Delta\tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k}, \text{ untuk } (i,j) \in \text{ kota asal dan kota tujuan dalam tabu}_k \dots\dots\dots(6)$$

$$\Delta\tau_{ij}^k = 0, \text{ untuk } i,j \text{ lainnya} \dots\dots\dots(7)$$

- a. Perhitungan harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus berikutnya. Harga intensitas jejak kaki semut antar kota pada semua lintasan antar kota ada kemungkinan berubah karena adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang melewati. Untuk siklus selanjutnya, semut yang akan melewati lintasan tersebut harga intensitasnya telah berubah. Harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus selanjutnya dihitung dengan persamaan :

$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij} \dots\dots\dots(8)$$

- b. Reset harga perubahan intensitas jejak kaki semut antar kota. Untuk siklus selanjutnya perubahan harga

intensitas jejak semut antar kota perlu diatur kembali agar memiliki nilai sama dengan nol.

## 2.2 Teori Graf

### 2.2.1 Definisi Graf

Menurut Teddy Marcus Zakaria & Agus Priyono (2006:115), graf adalah kumpulan simpul (*vertices* atau *nodes*) yang dihubungkan satu sama lain melalui sisi atau busur (*edges*).

- Perbedaan graf dengan pohon, pada graf mungkin terjadi siklus (*cycle*) dan graf dapat terdiri lebih dari satu sambungan.
- Aplikasi graf

Contoh : hubungan antara kota-kota dalam suatu negara, dimana simpul mewakili kota dan busur mewakili jalan yang menghubungkan antara 2 kota. Graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E), dalam hal ini :

Graf  $G = (V, E)$ , yang dalam hal ini:

V = himpunan yang terbatas dan tidak kosong dari simpul-simpul.

$$= \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$$

E = himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul

$$= \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$$

atau dapat ditulis :  $G = (V, E)$

artinya graf G memiliki V simpul dan E busur. Simpul-simpul pada graf dapat merupakan obyek sembarang seperti kota, nama anak, dan sebagainya. Busur dapat menunjukkan hubungan (*relasi*), sembarang seperti rute penerbangan, jalan raya, sambungan telepon, dan lain-lain.

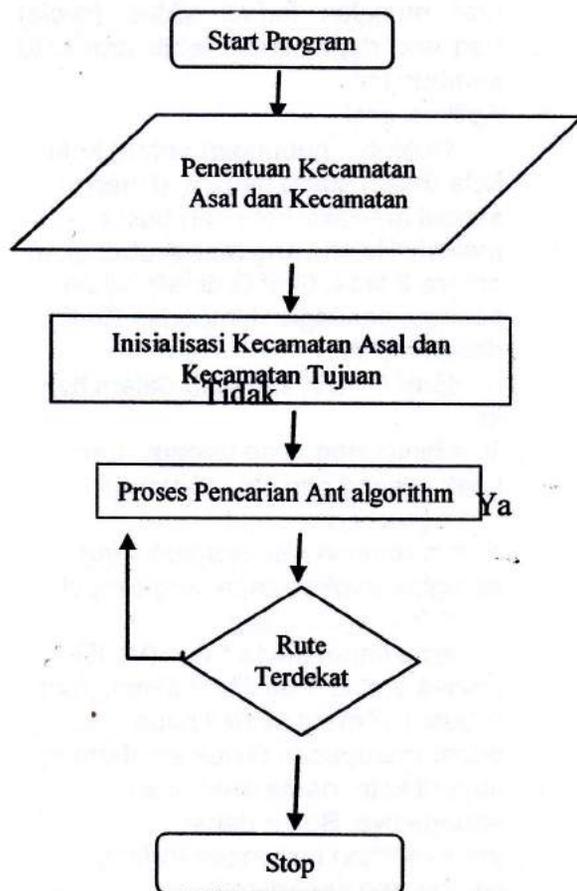
### 3. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1 Perancangan Perangkat Lunak

##### 3.1.1 Metode Perancangan

Perancangan aplikasi yang dibangun menggunakan 4 (empat) model diagram UML (*Unified Modelling Language*) yaitu : *use case diagram*, *class diagram*, *activity diagram* dan *sequence diagram*.

##### 3.1.2 Flowchart



**Gambar 3.3** Flowchart jalannya program aplikasi pencarian rute terdekat antar kecamatan kota Tangerang untuk pengguna atau pengendara.

### 4. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Setelah melakukan analisis dan perancangan terhadap pengembangan aplikasi pencarian rute terdekat antar kecamatan kota Tangerang, tahapan selanjutnya adalah implementasi dan pengujian.

Implementasi dan simulasi pencarian jalur terpendek dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Java 2 Micro Edition (J2ME)* yang terdiri dari lingkungan implementasi, pengkodean dan antarmuka, serta hal-hal yang berhubungan dengan pengujian aplikasi.

#### 4.1 Pengkodean

Kode sumber untuk program aplikasi pencarian rute terdekat tersebut dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Java 2 Micro Edition (J2ME)*.

##### *Ant.java*

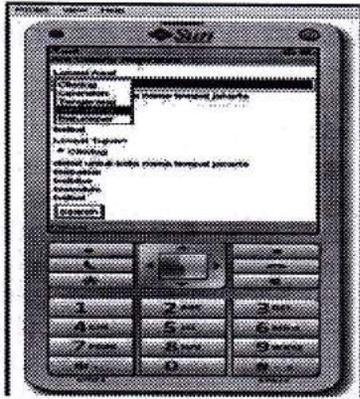
*Class* ini menjadi *class* utama (super kelas) dalam menciptakan keluaran berupa tampilan pilihan menu pada jendela menu utama. Pada saat di eksekusi, *class* ini merupakan *class* yang akan mengendalikan setiap aksi dari jendela utama.

#### 4.2. *AntAlgorithm.java*

*Ant Algorithm class* yang berfungsi untuk keperluan algoritma semut yang digunakan pada *Ant class* sebagai main class.

#### 4.3. Contoh Output

Contoh tampilan aplikasi sebagai berikut:



## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan pembuatan program pencarian rute terdekat menggunakan algoritma semut (*Ant Algorithm*) ini dapat dilakukan. Pencarian rute terdekat menggunakan algoritma semut (*Ant Algorithm*) ini secara fungsional bekerja dengan baik sesuai kebutuhan yang telah didefinisikan pada tahap analisis sampai perancangan.

### 5.2 Saran

Teknologi yang dibahas dalam penulisan belum mencakup seluruh aspek yang diperlukan dalam penentuan jalur terpendek untuk pengendara menggunakan algoritma semut dalam sebuah aplikasi. Maka dari itu disarankan lebih lanjut :

1. Pengembangan pencarian rute terdekat menggunakan algoritma semut tidak hanya berdasarkan jarak terpendeknya saja tetapi juga berdasarkan lama perjalanan, waktu perjalanan yang paling efisien.
2. Mengembangkan aplikasi pencarian rute terdekat menggunakan teknologi yang mampu mengidentifikasi titik kemacetan serta titik yang tidak mengalami kemacetan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Dorigo, M dan Gambardella, L.M. *Ant Colony System, A Cooperative Learning Approach to the Travelling Problem*. Universite Libre de Bruxelles, 1996.
2. Teddy Marcus Zakar Agus Prijono. *Konsep dan Implementasi, Struktur Data*. Bandung: Informatika, 2006.

(\* Dosen Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Teknik Universitas Dharma  
Persada.

(\*\* Mahasiswa Jurusan Teknik  
Informatika Fakultas Teknik  
Universitas Dharma Persada.

# PERENCANAAN KONTIGENSI RUAS JALUR KOMUNIKASI OPTIK

Eko Budi Wahyono \*, Lukman Luthfi\*\*

## **Abstrak**

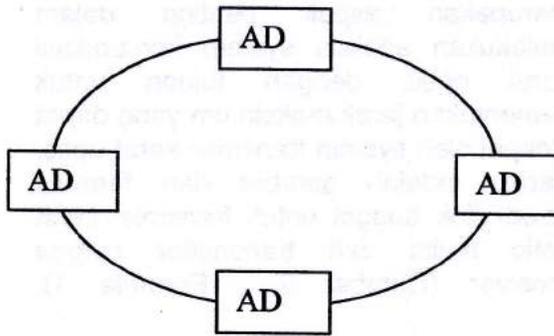
Seiring dengan perkembangan teknologi telekomunikasi saat sekarang ini menyebabkan terjadinya pola pada system jaringan dan perangkat pendukungnya, salah satunya adalah pada teknik multiplek/demultiplek. Yang sebelumnya adalah teknologi PDH menjadi SDH, sehingga perubahan merupakan sebuah kemajuan sebab teknologi berkembang kearah yang lebih sempurna. Contohnya dalam teknologi SDH terdapat system Ring-SDH yang dapat mengantisipasi terputusnya jalur komunikasi, karena tersedianya jalur pada arah yang berlawanan. Penelitian ini dilakukan dengan object ruas jalur komunikasi milik sebuah perseroan di Jakarta. Sebuah jalur poin to poin yang rawan gangguan akan dicoba untuk direncanakan dalam teknologi Ring-SDH sehingga akan memiliki keuntungan dari kemajuan teknologi Ring-SDH tersebut, sebab dengan memiliki jalur pada arah berlawanan akan dapat mengatasi masalah terputusnya jalur komunikasi. Konsekuensi dari perubahan sistem tentu dituntut adanya perhitungan link budget dari jalur yang baru, sebab jalur yang baru memiliki jarak yang lebih panjang maka perlu diketahui apakah daya penerimaan masih diterima dengan cukup baik. Setelah dilakukan perhitungan ternyata daya penerimaan ( $P_R$ ) dalam kisaran -19,45 dBm sampai -12,85 dBm, selanjutnya dapat disimpulkan daya penerimaan ( $P_R$ ) masih baik dan layak karena masih terletak pada rentang daya penerimaan baku yakni -29 dBm sampai -9 dBm.

*Keywords : Telekomunikasi, Ring-SDH, Daya Penerimaan*

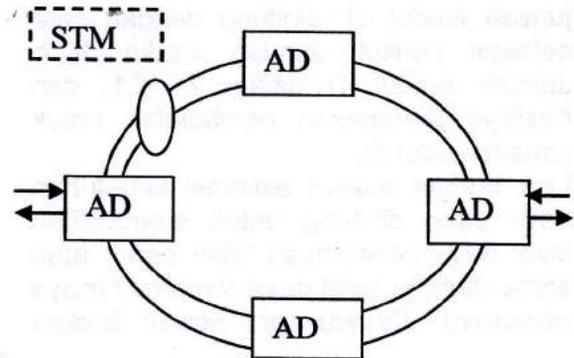
## **1. PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi telekomunikasi saat sekarang ini menyebabkan terjadinya pola pada system jaringan dan perangkat pendukungnya, salah satunya adalah pada teknik multiplek/demultiplek. Yang sebelumnya adalah teknologi PDH menjadi SDH, sehingga perubahan merupakan sebuah kemajuan sebab teknologi berkembang kearah yang lebih sempurna. Contohnya dalam teknologi SDH terdapat system Ring-SDH yang dapat mengantisipasi terputusnya jalur komunikasi, karena tersedianya jalur pada arah yang berlawanan. Sebuah jalur poin to poin yang rawan gangguan seperti pada teknologi PDH akan dicoba untuk direncanakan dalam teknologi Ring-SDH sehingga akan memiliki keuntungan dari kemajuan teknologi

Ring-SDH tersebut, sebab dengan memiliki jalur pada arah berlawanan akan dapat mengatasi masalah terputusnya jalur komunikasi. Seperti kita ketahui Ring-SDH memiliki kelebihan dari teknologi sebelumnya, yang pertama Unidirectional Ring pengiriman satu arah dan sinyal proteksi dikirim pada arah yang berlawanan (Gambar - 1a) dan yang kedua adalah Bidirectional Ring sinyal pengiriman dan penerimaan dilakukan pada dua buah fiber dengan arah yang berbeda/berlawanan dan setengah dari bandwidth harus dicadangkan untuk system proteksi (Gambar - 1b).



Gambar 1a : Unidirectional



Gambar 1b : Bidirectional

## 2. TEORI

STM N adalah kecepatan informasi dari SDH, dengan N dapat berupa bilangan 1, 4, 16 dst. Atau lebih dikenal dengan STM-1, STM-4, dan STM-16, dimana masing-masing mempunyai kapasitas transmisi 155,520 Mbps(1x63E1), 622,08 Mbps(4x63E1), 2.488,32 Mbps(16x63E1). Besar satu E1 adalah 2,048 Mbps. Contoh untuk transmisi SDH kapasitas rendah dan menengah menggunakan media radio dan satelit kecepatan bitnya adalah 51,48 Mbps.

Guna menentukan kapasitas atau menghitung berapa pelanggan yang dapat ditangani oleh sebuah STM N, dibutuhkan data kecepatan transmisi tiap pelanggan yakni 384 kbps. Untuk STM-16 kapasitas kanal maksimal =  $(16 \times 63 \text{ E1}) = 1.008 \text{ E1}$ . Kecepatan

bit transmisi 1 E1 = 2048 Mbps, maka Kecepatan bit transmisi STM-16 =  $1.008 \times 2,048 \text{ Mbps} = 2.064,384$

Mbps. Jumlah pelanggan yang dapat ditampung dalam STM-16 adalah 2.064,384 Mbps dibagi 384 Kbps sama dengan 5.376 pelanggan.

Untuk STM-64 kapasitas kanal maksimal =  $(64 \times 63 \text{ E1}) = 4.032 \text{ E1}$ . Kecepatan bit

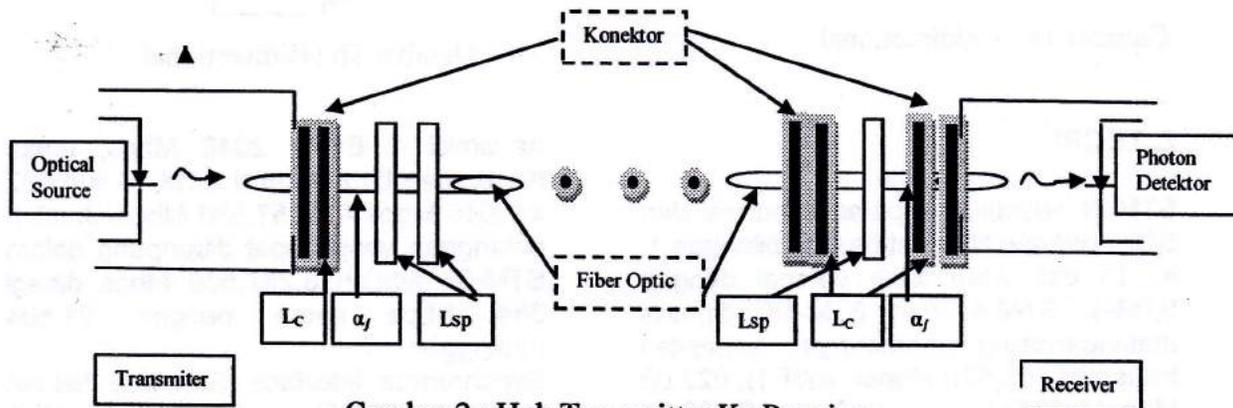
transmisi 1 E1 = 2048 Mbps, maka Kecepatan bit transmisi STM-16 =  $4.032 \times 2,048 \text{ Mbps} = 8.257,536 \text{ Mbps}$ . Jumlah pelanggan yang dapat ditampung dalam STM-64 adalah 8.257,536 Mbps dibagi 384 Kbps sama dengan 21.504 pelanggan.

Synchronous Interface (SI) biasa disebut modul CHSD (*Channel High Synchronous Digital*) sarana pembentukan level sinyal pada SDH. Biasanya SI digunakan dalam pembentukan sinyal diatas level sinyal STM-1. Karena SI sendiri merupakan sebuah modul yang memiliki karakter sebagai STM-1, yang memiliki kapasitas sebanyak 63 E1. Maka dalam pembentukan sinyal STM-1 yang merupakan sinyal dasar dari SDH dengan bit rate sebesar 155,52 Mbps, biasanya dibentuk oleh tiga buah modul CHPD (*Channel High Plesiochronous Digital*) atau disebut juga dengan TI (*Tributary Interface*). Jumlah modul TI yang dibutuhkan dapat dicari dengan perhitungan, sebagai berikut. Jumlah modul TI = Kapasitas Tributary E1 dibagi 21 E1, berlaku pembulatan angka. Total kapasitas Tributary = Hasil jumlah modul TI atau pembulatannya kali 21 E1. Langkah selanjutnya adalah menentukan

jumlah modul SI, dihitung dengan cara sebagai berikut. Jumlah modul SI = Jumlah modul TI dibagi 21 E1, dan hasilnya merupakan pembulatan untuk jumlah modul SI.

Link budget adalah estimasi kebutuhan daya yang dihitung untuk memastikan level daya penerimaan lebih besar atau sama dengan level daya *threshold* (daya minimum). Perhitungan power budget

merupakan aspek penting dalam melakukan analisis system komunikasi serat optic, dengan tujuan untuk menentukan jarak maksimum yang dapat dicapai oleh system transmisi serat optic. Berikut adalah gambar dan formula power link budget untuk transmisi serat optic mulai dari transmitter hingga receiver (Gambar 2 , Formula 1).



Gambar 2 : Hub Transmitter Ke Reveiver

$$PT - \alpha_f \cdot L - L_c \cdot m - L_{sp} \cdot n - M \geq PR \quad (1)$$

Dimana :

PT = Power yang dipancarkan dari Tx ke Serat Optik (dBm)

PR = Power yang diterima pada ujung serat optic (dBm)

$\alpha_f$  = Redaman per satuan panjang (dB/Km)

L = Panjang saluran serat optic (Km)

Lc = Redaman tiap konektor (dB)

m = Jumlah konektor(buah)

Lsp = Redaman splice (dB)

N = Jumlah splice (buah)

M = Sistem Margin/Cadangan (dB)

Komponen parameter link budget adalah Daya pancar maksimum, Redaman fiber optic, Loss, dan Margin. Sedangkan prinsip dari link budget adalah daya yang sampai di penerima lebih besar atau sama dengan daya ambang yang dipersyaratkan, perhitungan link budget terkait dengan level-level daya dari perangkat system yang dipergunakan.

Kontingensi berasal dari kata *contingency* (kemungkinan). Dalam hal ini diartikan pemindahan beban trafik dan link yang mengalami gangguan kedalam link yang belum terpakai, yang dapat mengamankan atau mengambil alih beban trafik tersebut secara otomatis untuk sementara waktu selama link utama masih belum berjalan normal. Jenis gangguan yang mungkin terjadi adalah putusnya kabel serat optic, penurunan sinyal karena modul yang rusak, atau beban trafik yang padat. Metode kontingensi adalah cara untuk melakukan kontingensi. Kontingensi yang akan dilakukan adalah pemindahan bagian serat optic hasil keluaran dari OLTE (*Optical Line Terminal Equipment*) yang mengalami gangguan atau

kerusakan yang berakibat terjadinya hubungan putus total ke serat optic , pada *duct* yang lain yang masih mengganggu memungkinkan untuk mengambil alih beban optic tersebut. Persyaratan serat optic untuk kontingensi, berada pada *duct* yang berbeda, mempunyai type serat optic yang sama, dan mempunyai rugi-rugi total yang memenuhi parameter power budget.

### 3. PERENCANAAN

#### Kalkulasi link budget sebelum kontingensi :

Gambar 3 menunjukkan link antara STO A dengan STO B , panjang serat optic yang dipasang antara terminal ke terminal sebesar 3,6 km, dengan tambahan dua buah konektor yang digunakan pada OTB. Disini dijelaskan bahwa terputusnya kedua STO tersebut dikarenakan adanya pekerjaan pembangunan yang mengakibatkan terputusnya fiber optic pada ruas tersebut sehingga komunikasi terputus. Maka solusi yang ditawarkan adalah dengan membuat jalur alternative.

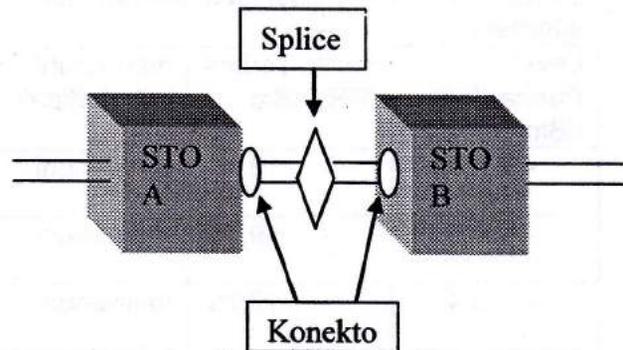
Tabel 1 : Data spesifikasi power budget sebelum jalur alternative

Spek Data	Link STO A – STO B
Level Pancar (PT)	-0,6 - +6 dBm
Level Terima(PR)	-29 - -9 dBm
Redaman FO( $\alpha f$ )	0,5 dB/km
Loos Konektor(Lc)	0,5 dB/buah
Loss Splice(Lsp)	0,2 dB
Panjang FO(L)	3,6 km
Jumlah Konektor(m)	2 buah
Jumlah Splice(n)	1 splice
Margin (M)	6-8 dB

Berdasarkan data tersebut dibuat perhitungan link budget STO A – STO B sebagai berikut.

Tabel 2 : Hasil kalkulasi Level terima Jalur existing.

Level Pancar(PT) dBm	Level Terima (PR) dBm	Keterangan memenuhi /tidak
-0,6	-11,6	memenuhi
-0,5	-11,5	memenuhi
-0,4	-11,4	memenuhi
-0,3	-11	memenuhi
1	-10	memenuhi
2	-9	memenuhi
3	-8	tidak
4	-7	tidak
5	-6	tidak
6	-5	tidak



Gambar 3 : Konfigurasi link STO A – STO B

#### Kalkulasi link budget setelah pembuatan jalur Alternative:

Gambar 4 menunjukkan perpindahan jalur existing ke jalur alternative, dimana ruas yang akan dibuat adalah Dari STO A serat optic yang mengalami gangguan dicabut kemudian dipindahkan ke STO C kemudian menuju STO B, dengan menggunakan core serat optic perangkat

yang belum terisi. Jalur alternative menjaga agar kelangsungan hubungan dalam jaringan tersebut tetap terjaga. Jalur alternative yang baru power budget harus sesuai dengan kebutuhan perangkat. Untuk perhitungan link budget jalur alternative digunakan parameter seperti Tabel 3 dengan penyesuaian panjang fiber optic yang dipergunakan.

Tabel 3 : Data spesifikasi power budget jalur alternative.

Spek Data	Link STO A - STO C - STO B
Panjang FO(L)	9,5 + 7,4 = 16,9 km
Jumlah Konektor(m)	4 buah
Jumlah splice(n)	2 splice
Margin (M)	6 – 8 dB

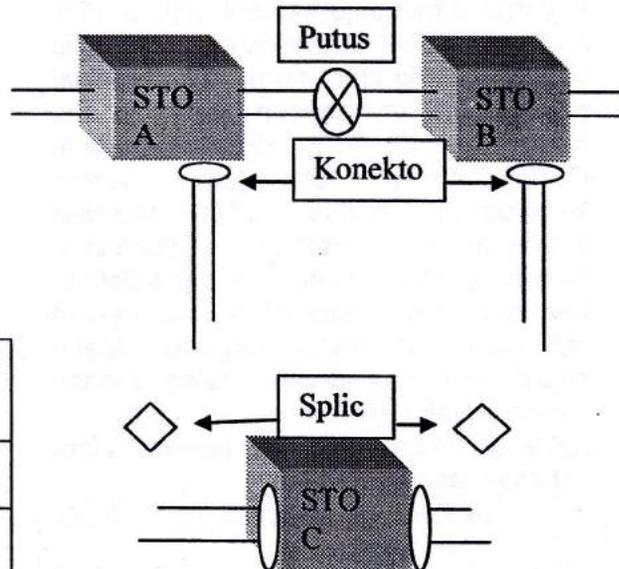
STO A – STO C – STO B dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4 : Hasil kalkulasi level terima jalur alternatif

Level Pancar(PT) dBm	Level Terima (PR) dBm	memenuhi kriteria/tidak
- 0,6	- 19,45	memenuhi
- 0,5	- 19,35	memenuhi
- 0,4	- 19,25	memenuhi
- 0,3	- 19,15	memenuhi
- 0,2	- 19,05	memenuhi
- 0,1	- 18,95	memenuhi
0	- 18,85	memenuhi
1	- 17,85	memenuhi

2	- 16,85	memenuhi
3	- 15,85	memenuhi
4	- 14,85	memenuhi
5	- 13,85	memenuhi
6	- 12,85	memenuhi

Berdasarkan data spesifikasi system perangkat komunikasi yang sama dengan jalur existing dan keterangan data spesifikasi dan kondisi STO Tabel 3 maka hasil kalkulasi link budget ruas jalur



Gambar 4: Konfigurasi link STO A– STO C– STO B

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil kalkulasi link power budget dalam perencanaan system kontingensi proteksi jalur alternative pada ruas STO A –STO C- STO B, hasil kalkulasi level terima -19,45 sampai -12,85 masih dalam batas antara -29 dBm sampai -9 dBm. Maka disimpulkan jalur alternative tersebut layak untuk dibangun.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Gouzali Saydam, Bc, TT. Drs, "Sistem Telekomunikasi di Indonesia", Jilid 2, Jakarta; Jambatan, 2003.
2. Keiser Gerald, "Optical Fiber Communication", McGrow Hill International Book Company; Sydney, 1983.
3. Kao, Charles K, "Optical Fiber System: Technology, Design, and Applications", McGrow Hill Book Co.; Singapore, 1986.
4. "Kontingensi Plan System Transmis", Edisi kelima, Regional Training Center, PT. Telkom; Jakarta, 2010.
5. Šimanjuntak Tiur LH. Ir, "Dasar-dasar Telekomunikasi", PT Alumni; Bandung, 2002.
6. Stallings William, "Komunikasi Data dan Komputer", Salemba Teknika; Jakarta, 2001.

(\* Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Dama Persada.

(\* Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas DamaPersada.

# **PENENTUAN UMUR EKONOMIS DALAM UPAYA PEREMAJAAN KENDARAAN TAKSI BERDASARKAN *REPLACEMENT THEORY* PADA PT. GAJAH MAKMUR JAYA (GAMYA)**

**Atik Kurnianto \***

## **Abstrak**

*Penggantian atau peremajaan suatu peralatan pada proses produksi adalah suatu pemilihan alternative untuk dapat memaksimumkan hasil produksi. Hal ini dikarenakan secara lambat laun peralatan akan kehilangan nilainya atau efisiennya cenderung menurun akibat waktu. Oleh karena itu diperlukan kebijakan dalam menentukan umur yang paling ekonomis, dengan terlebih dahulu diramalkan biaya operasi kendaraan Taksi GAMYA dengan pemilihan metode peramalan yang sesuai dan teori penggantian (*Replacement Theory*). Dengan demikian perusahaan PT. Gajah Makmur Jaya (GAMYA) dalam menentukan umur yang paling ekonomis dalam upaya peremajaan Taksi dapat ditekan biaya operasi yang paling efisien.*

*Keywords : Taksi GAMYA, Replacement Theory*

## **1. PENDAHULUAN**

Dalam usaha untuk dapat menggunakan Kendaraan Taksi GAMYA dengan baik maka dibutuhkan adanya suatu kebijakan keputusan yang optimal. Mengingat pengoperasian Taksi GAMYA memerlukan biaya yang sangat besar, maka perlu suatu kebijakan dalam upaya peremajaan. Hal ini sangat penting sekali untuk mengatasi biaya operasi yang cenderung meningkat setiap tahunnya. Dari sini dapat diketahui pokok permasalahan yang dihadapi oleh PT. GAMYA, Permasalahan tersebut adalah bagaimana menentukan waktu penggantian yang tepat ditinjau dari segi ekonomisnya, sehingga akan didapat harga penyusutan dan biaya lain seperti biaya pemeliharaan (*Maintenance*) dan biaya perbaikan yang proposional.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **1. Pengertian Penggantian**

Penggantian atau pembaharuan adalah suatu tindakan mengganti suatu peralatan dengan peralatan yang baru agar kondisi yang tadinya menurun menjadi standar kembali. Biasanya penggantian dilakukan apabila mesin atau peralatan tersebut sudah tidak ekonomis atau biaya operasinya bertambah naik sesuai dengan pertambahannya usia peralatan. Kebijakan penggantian ini ditunjukkan untuk mencapai jumlah biaya yang minimum.

### **2. Alasan Penggantian**

Ada dua alasan dasar dalam pertimbangan penggantian atau pembaharuan suatu peralatan, yaitu :

#### **1. Kerusakan Fisik**

Kerusakan fisik hanya berhubungan dengan perubahan pada kondisi peralatan tersebut.

## 2. Ketinggalan Jaman

Ketinggalan jaman digunakan untuk menyatakan akibat dari perubahan diluar lingkungan terhadap peralatan tersebut. Ketinggalan jaman terjadi sebagai akibat dari perbaikan-perbaikan yang kontinyu pada peralatan. Sering juga terjadi karena perkembangan teknologi yang demikian pesatnya sehingga lebih ekonomis untuk mengganti suatu peralatan yang lebih canggih teknologinya.

## 2.3. Keputusan Penggantian

Keputusan penggantian erat kaitannya dengan biaya operasi ataupun perawatan yang selalu naik sehingga diperlukan kebijakan penggantian yang paling ekonomis. Dalam sistem penggantian berkala (periodik) keputusan untuk mengganti atau mempertahankan alat yang ada sudah dibuat sama pada awal tiap kurun waktu. Sistem penggantian berkala terdiri dari dua jenis biaya dengan penghapusan dan biaya tanpa penghapusan. Namun yang akan dibahas dalam persoalan ini adalah sistem penggantian berkala dimana terdapat biaya penghapusan.

## 3 DATA PENELITIAN

### 1. Penentuan Sample Kendaraan

Perusahaan TAKSI GAMYA mempunyai type atau jenis kendaraan TAKSI, yaitu Nissan Sunny dan Toyota Soluna. Adapun pengambilan sample dalam

penelitian ini adalah Toyota Soluna tahun 2006. Untuk mempermudah penelitian, maka sistem pengambilan sample yang dilakukan adalah berdasarkan periode tahun pengoperasian Kendaraan Taksi, yaitu dari tahun 2007 sampai dengan 2010.

### 2. Penentuan Biaya Operasi Toyota Soluna

Biaya operasi kendaraan taksi Toyota Soluna sebenarnya mencakup berbagai kegiatan dalam pengoperasian kendaraannya. Namun data yang dibutuhkan disini adalah biaya operasi yang diambil dari biaya pemeliharaan (*maintenance*) dan biaya perbaikan (*overhaul*).

Tabel 3.1. Biaya Pemeliharaan dan Perbaikan (Biaya Operasi) Kendaraan Taksi Toyota Soluna Periode Tahun 2007 – 2010

Thn	Pemeliharaan	Perbaikan	Surat-surat	Asuransi	Jumlah (Rp/Unit)
2007	6.734.630	13.406.134	2.476.208	1.530.000	24.146.972
2008	6.859.200	15.710.534	2.747.708	1.530.000	26.847.442
2009	7.385.430	17.765.625	2.553.792	1.530.000	29.234.847
2010	7.771.300	19.187.132	2.529.083	1.530.000	31.017.515

## 4 PEMBAHASAN

### 1. Penentuan Biaya Modal Pembaharuan

Untuk menentukan biaya modal pembaharuan ini diambil dari harga awal Toyota Soluna. Harga ini sudah termasuk pajak atau pengurusan surat-surat sampai kendaraan tersebut sudah boleh dioperasikan. Dan juga ditentukan harga jula akhir kendaraan setelah mengalami

pemakaian dalam periode tertentu, dimana harga ini ditentukan dengan cara depresiasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada table 2 berikut ini.

$$\text{Depresiasi / Tahun} = \frac{\text{Harga Beli Kendaraan} - \text{Nilai Sisa (10\% dari Harga Beli)}}{\text{Estimasi Umur Ekonomis}}$$

Tabel 4.1. Perkiraan Harga Awal dan Harga Jual Akhir Toyota Soluna Tahun 2006

Tahun ke - n	Nilai Buku (Rp)	Depresiasi (Rp)	Harga Jual Akhir (Rp)
0(2006)	92.000.000		92.000.000
1(2007)		7.527.273	84.472.727
2(2008)		8.280.000	83.720.000
3(2009)		9.200.000	82.800.000
4(2010)		10.350.000	81.650.000

## 2. Penentuan Faktor Penghapusan

Dalam menentukan factor penghapusan ini perlu diketahui bunga modal perusahaan setiap tahunnya. Disini bunga modal perusahaan adalah 12%. Bunga modal ini kemudian dimasukkan kedalam rumus factor penghapusan, yaitu :

$$\begin{aligned} (\alpha \times) &= 1/(1 + i)^x, \text{ dimana } i = \text{bunga modal perusahaan} \\ &= 1/(1 + 0,12) \\ &= 0,8928 \end{aligned}$$

## 3. Penentuan Metode Peramalan

Untuk mendapatkan perkiraan biaya operasi untuk jangka waktu lima (5) tahun mendatang dibutuhkan metode peramalan yang tepat. Sebelum menentukan metode peramalan yang akan digunakan terlebih dahulu ditentukan suatu pola hubungan yang

berbentuk garis lurus antara suatu variable yang diramalkan/dicari dengan satu variable bebas. Dalam hal ini variable yang diramalkan adalah *biaya operasi* sedangkan variable bebasnya adalah *waktu*.

Dengan perkataan lain bahwa biaya operasi sebagai variable yang diramalkan sangat ditentukan oleh variable waktu. Hal ini merupakan suatu fungsi yang akan dijadikan sebagai dasar untuk melihat pola hubungan yang ada pada masa lalu antara variable yang diramalkan dengan variable yang mempengaruhinya. Pola hubungan data biaya operasi dengan periode waktu menunjukkan bentuk trend naik atau linier sehingga metode yang sesuai digunakan disini adalah metode *regresi linier sederhana dari analisa deret waktu*.

### 4.3.1 Estimasi Peramalan Biaya Operasi

Berdasarkan pernyataan yang telah dikemukakan sebelumnya, maka dapat diketahui bahwa metode peramalan yang digunakan adalah metode peramalan regresi linier sederhana deret waktu, yaitu :

$$\hat{Y}_i = a + b.X_i$$

Perhitungan koefisien regresi biaya operasi kendaraan taksi Toyota Soluna dari tahun 2007 sampai dengan 2010 dapat dilihat pada table 4.2. berikut ini.

Tabel 4.2. Perhitungan Koefisien Regresi Biaya Operasi Toyota Soluna Tahun 2007 – 2010

Thn	Biaya Operasi	X <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>	Y <sub>i</sub> <sup>2</sup>	X <sub>i</sub> .Y <sub>i</sub>	Ŷ <sub>i</sub>
-----	---------------	----------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------------------------	----------------

	(Rp) Yi					
2007	24.146.972	0	0	5.83076E+1 4	0	6.286. 130
2008	26.847.442	1	1	7.20785E+1 4	26.847. 442	20.636. 506
2009	29.234.847	2	4	8.54676E+1 4	87.704. 541	34.986. 882
2010	31.017.515	3	9	9.62086E+1 4	124.070. 060	49.337. 58
$\Sigma =$	111.246.77 6	6	1 4	3.12062E+1 5	238.622. 043	111.246. 776

Dari tabel 4.2. tersebut diatas kemudian akan dicari nilai a dan b sebagai berikut :

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 n &= 4 & \sum X_i^2 &= 14 \\
 \sum Y_i &= 111.246.776 & \sum Y_i^2 &= \\
 & 3.12062E+15 & & \\
 \sum X_i &= 6 & \sum Y_i \cdot X_i &= \\
 & 238.622.043 & & \\
 \bar{X} &= \sum X_i/n = 6/4 = 1.5 & \bar{Y} &= \sum \\
 & Y_i/n & & \\
 & & & = \\
 & 27.811.694 & &
 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{\sum Y_i \cdot X_i - \bar{X} \sum Y_i}{\sum X_i^2 - \bar{X} \sum X_i} = \frac{71.751.879}{5} \\
 &= 14.350.376 \\
 a &= \bar{Y} - b \cdot \bar{X} = 6.286.130
 \end{aligned}$$

Sehingga garis persamaan regresi adalah :

$$\hat{Y} = 6.286.130 + 14.350.376X_i$$

Dengan menggunakan persamaan regresi tersebut di atas, maka dapat disusun ramalan biaya operasi untuk

empat (4) tahun mendatang yaitu tahun 2011, 2012, 2013 dan tahun 2014. Besarnya ramalan biaya tersebut adalah :

$$\text{Untuk tahun 2011 : } \hat{Y}_{2011} = a + b \cdot X_i = 6.286.130 +$$

$$14.350.376 (5)$$

$$= 78.038.010$$

$$\text{Untuk tahun 2012 : } \hat{Y}_{2012} = a + b \cdot X_i = 92.388.386$$

$$\text{Untuk tahun 2013 : } \hat{Y}_{2013} = a + b \cdot X_i = 106.738.762$$

$$\text{Untuk tahun 2014 : } \hat{Y}_{2014} = a + b \cdot X_i = 121.089.138$$

#### 4. Perhitungan Biaya Operasi Dengan Penghapusan

Untuk menghitung biaya operasi dengan penghapusan guna menentukan umur ekonomis dalam upaya peremajaan kendaraan Taksi Toyota Soluna, maka sebelumnya harus ditentukan nilai factor penghapusannya. Dan nilai ini sudah dihitung sebelumnya dan hasilnya adalah 0,8928. Dari hasil peramalan biaya operasi empat (4) tahun yang akan datang, kemudian disusun kedalam table untuk menghitung biaya operasi dengan penghapusan (  $f(0)$  ). Formulanya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Operasi ( } L(x) \text{ )} &= 82.146.972 \\
 \text{Biaya modal ( } K(x) \text{ )} &= 84.472.727 \\
 \text{Faktor Penghapusan ( } \alpha^x \text{ )} &= 0,8928 \\
 \alpha^2 \cdot K(x) &= 75.417.251 \\
 \sum_{x=0}^{\alpha-x-1} \alpha^x \cdot L(x) &= 73.340.816
 \end{aligned}$$

Maka biaya operasi dengan penghapusan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \alpha^2 \cdot K(x) + \sum_{x=0}^{\alpha-x-1} \alpha^x \cdot L(x) \\
 F(0) &= \frac{\quad}{1 - \alpha^x}
 \end{aligned}$$

$$F(0) = \frac{75.417.251 + 73.340.816}{0,1072}$$

$$F(0) = 1.387.668.538$$

### 5. Penentuan Umur Ekonomis Kendaraan Taksi Toyota Soluna

Berdasarkan table 4 tersebut maka dapat ditarik kesimpulan saat yang tepat untuk melaksanakan penggantian atau penentuan umur ekonomis kendaraan Taksi Toyota Soluna yaitu pada tahun ke-5. Karena pada tahun ke-5 tersebut biaya operasi dengan factor penghapusan ( $f(0)$ ) adalah minimum. Oleh karena itu itu kendaraan tersebut harus sudah diremajakan yaitu tahun 2012 yang akan datang.

Dengan demikian maka untuk menekan biaya operasi kendaraan perlu suatu kebijakan untuk melakukan peremajaan. Dengan ditentukan umur ekonomis tersebut maka perusahaan GAMYA telah mempunyai jadwal untuk peremajaan, sehingga tujuan GAMYA mencapai hasil yang optimal dapat dicapai.

### 5 KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan terhadap biaya operasi dengan biaya penghapusan akhirnya dapat ditentukan saat yang tepat untuk melakukan peremajaan yaitu tahun ke-5. Hal ini menyatakan bahwa kendaraan yang akan dioperasikan sampai periode tertentu harus sudah diremajakan pada tahun 2011, sehingga biaya operasi yang cenderung meningkat dapat ditekan.
2. Dengan penerapan teori penggantian (*replacement Theory*) ini ternyata didapat biaya operasi yang minimum

seperti yang terlihat pada table 4, yaitu sebesar Rp. 78.038.010,-

### DAFTAR PUSTAKA

1. Arifin Jahon, Statistik Bisnis Terapan, Penerbit PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 2008
2. Herjanto Eddy., Manajemen Operasi, Penerbit PT. Grasindo, Jakarta, 2004
3. Nachrowi D.N., Hardius Usman., *Teknik Pengambilan Keputusan*, Penerbit PT. Grasindo, Jakarta, 2004.

\*) Dosen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Darma Persada

# PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)

Eri Suherman\*

## Abstrak

*PLTMH adalah istilah yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air yang biasanya memproduksi hingga 120 kW. Pembangkit ini ini dapat memberikan listrik ke sebuah komunitas kecil terisolasi, pedesaan atau kadang-kadang terhubung ke jaringan tenaga listrik. Terdapat banyak PLTMH di seluruh dunia, khususnya di negara berkembang karena mereka dapat menyediakan sumber hemat energi tanpa pembelian bahan bakar. PLTMH dapat diintegrasikan dengan sistem fotovoltaik tenaga surya, tenaga angin dan sebagainya*

*Keywords : PLTMH, Pembangkit, Daya Listrik*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan social, budaya dan ekonomi serta informasi, maka listrik telah menjadi salah satu Kebutuhan pokok bagi masyarakat terpencil khususnya masyarakat pedesaan. Menurut data dari Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi (DJLPE) pencapaian rasio elektrifikasi baru mencapai 88 % dari total sekitar 66.000 desa pada tahun 2008. Potensi air belum dimanfaatkan secara optimal yaitu sekitar 450 MW untuk mikrohidro baru termanfaatkan sekitar 230 MW sampai pada tahun 2008. Oleh karena itu perlu lebih diseminasikan PLTMH ini kepada masyarakat dalam rangka pemanfaatan energi air di pedesaan.

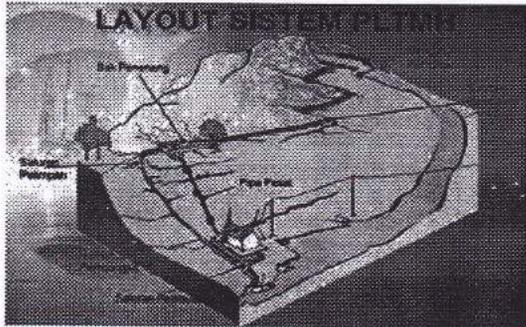
## 2. SISTEM PLTMH

Sebuah PLTMH memiliki komponen-komponen paling tidak adalah sebagai berikut :

- Bangunan *intake* dan bendung sebagai perlengkapannya
- Bangunan pengendap pertama serta perlengkapannya
- Saluran pembawa serta perlengkapannya
- Bangunan pengendap kedua dan foerebay serta perlengkapannya
- Penstock serta perlengkapannya atau draft tube
- Rumah turbin (Power House)
- Turbin Air dan sistim transmisi mekaniknya
- Kontrol beban dan control turbin serta variasinya

- Generator Listrik
- Sistem jaringan dan distribusi listrik dan
- Sistem keselamatan dalam semua komponen di atas
- Sambungan rumah hingga pada pembatas atau meter

Jenis turbin tidak dibatasi, namun penggunaan kincir air serta pemanfaatan energy air tanpa tekanan tidak dimasukkan dalam defeniisi sistim PLTMH.

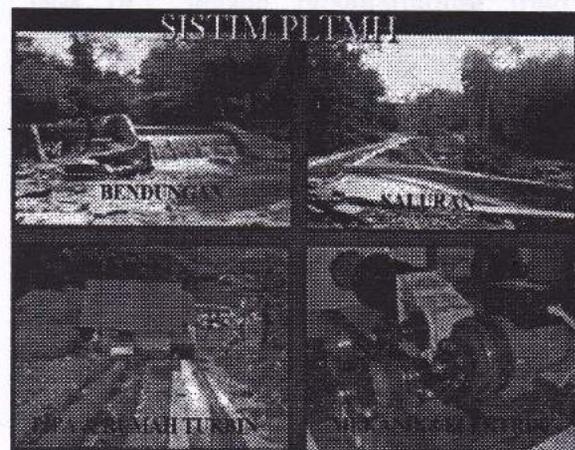


Gambar 1. Lay out PLTMH

Tabel 1. Penjelasan gambar PLTMH

Mercu Bendung	Bangunan yang berada melintang sungai yang berfungsi untuk membelokkan arah aliran air
Bangunan Pengambilan ( <i>intake</i> )	Bangunan yang berfungsi mengalirkan/membawa air dari <i>intake</i> ke <i>forebay</i>
Bak Penampungan ( <i>forebay</i> )	Bangunan yang mempunyai potongan melintang (luas penampang basah) lebih besar dari <i>headrace</i> yang berfungsi untuk

Saringan ( <i>trash Rack</i> )	memperlambat aliran air Terbuat dari plat besi yang berfungsi menyaring sampah-sampah atau puing-puing agar tidak masuk ke dalam bangunan selanjutnya
Saluran Pembuangan ( <i>Spillway</i> )	Bangunan yang memungkinkan agar kelebihan air di dalam <i>Headrace</i> untuk melimpah kembali ke sungai
Pipa Pesat ( <i>Penstock</i> )	Pipa bertekanan yang membawa air dari <i>Forebay</i> ke dalam <i>Power House</i>
Rumah Pembangkit ( <i>Power House</i> )	Bangunan yang di dalamnya terdapat turbin, generator dan peralatan kontrol
Jatikan Transmisi	Terdiri dari tiang, kabel dan aksesoris lainnya (termasuk trafo jika diperlukan) yang berfungsi mengalirkan energi listrik dari <i>Power House</i> ke konsumen



Gambar 2. Bagian-bagian sistem PLTMH

Ketersediaan air sangat diperlukan ini bisa dari air gunung atau sungai. Biasanya PLTMH tidak memiliki bendungan dan reservoir, hanya mengandalkan aliran minimal air yang tersedia sepanjang tahun. Kadang-kadang ada *reservoir* buatan pabrik-kolam atau lainnya yang tersedia dan dapat diadaptasi untuk produksi listrik. Struktur *Trash Rack* diperlukan untuk menyaring kotoran mengambang dan ikan, menggunakan layar atau *array* untuk mencegah benda besar. Di daerah beriklim sedang struktur ini harus menahan es juga. *Trash Rack* ini memiliki pintu untuk memungkinkan sistem yang akan dikeringkan untuk pemeriksaan dan pemeliharaan.

Air ditarik dari sumber harus bergerak sepanjang kanal listrik atau pipa (penstock) ke turbin. Jika sumber air dan turbin terpisah jauh, pembangunan *penstock* mungkin merupakan bagian terbesar dari biaya konstruksi. Di daerah pegunungan, akses untuk rute dari *penstock* bisa memberikan tantangan yang besar. Pada turbin, katup pengendali dipasang untuk mengatur aliran dan kecepatan turbin. Turbin mengkonversi aliran dan tekanan air menjadi energi mekanik, air muncul dari turbin kembali ke anak sungai alami sepanjang saluran *tailrace*. turbin menyala generator, yang kemudian dihubungkan ke beban listrik; kemudian terhubung ke sistem sebuah bangunan tunggal dalam instalasi sangat kecil, atau mungkin terhubung ke sistem distribusi masyarakat untuk beberapa rumah atau bangunan

### 3. KAPASITAS PLTMH

Kapasitas system yang diatur adalah maksimal 120 kW. Hal ini mengadopsi pedoman teknis dari India dan Nepal serta mempertimbangkan kemampuan produksi di dalam negeri. Tidak dibatasi sistim turbin yang dipergunakan apakah itu cross flow, propeller, pelton, turgo, axial flow, pump as turbine atau turbin lain yang memenuhi criteria proyek. Sebagai pedoman untuk mengetahui daya yang dihasilkan dapat dipakai rumus persamaan sebagai berikut:

$$P = g \times Q \times H \times \eta$$

Dimana:

- H = Tinggi jatuhan efektif (m)
- Q = Debit air (m<sup>3</sup>/det)
- P = Daya yang dihasilkan (KW)
- g = grafitasi (m/det<sup>2</sup>)
- η = Efisiensi total

### 4. KRITERIA KELAYAKAN

Kriteria kelayakan adalah syarat minimum yang dimiliki secara alamiah oleh suatu lokasi potensi PLTMH untuk dapat dibangun, seperti adanya :

- Sumber mata air atau *catchment area* yang memenuhi standar kelayakan hidrologi
- Terdapat aliran sungai dengan debit air (minimal 1s/d 3 meter/detik) yang cukup dan diperkirakan dapat memenuhi standar kelayakan hidrologi.

- Secara kasar dan kasat mata di lokasi potensi terdapat potensi komponen dari system skema PLTMH seperti wilayah sungai yang bisa dibangun bendungan, *intake*, bak pengendap, saluran pembawa dengan *gradient* tertentu
- Kondisi dan stabilitas tanah layak untuk didirikan bangunan
- Akses ke lokasi PLTMH dapat digambarkan dengan skema yang jelas
- Bangunan PLTMH yang akan didirikan tidak mengganggu lingkungan.

## 5. PENGATURAN

Biasanya, kontroler otomatis mengoperasikan katup *inlet* turbin untuk menjaga kecepatan yang konstan (dan frekuensi) ketika terjadi perubahan beban pada generator. Dalam sistem yang terhubung ke *grid* dengan berbagai sumber, kontrol turbin memastikan bahwa energi selalu mengalir keluar dari generator ke sistem. Frekuensi kebutuhan arus bolak balik dihasilkan sesuai frekuensi standar utilitas lokal. Dalam beberapa sistem, jika beban berguna pada generator tidak cukup tinggi, beban bank dapat secara otomatis terhubung ke generator untuk menghilangkan energi yang tidak diperlukan oleh beban.

Sebuah generator induksi selalu beroperasi pada frekuensi *grid* terlepas dari kecepatan rotasi, semua yang diperlukan adalah untuk memastikan bahwa didorong oleh turbin lebih cepat dari kecepatan sinkron sehingga menghasilkan daya yang diperlukan. Jenis lain generator memerlukan sistem kontrol kecepatan untuk pencocokan

frekuensi.

Dengan ketersediaan elektronika daya modern sering lebih mudah untuk mengoperasikan generator pada frequency yang diinginkan dan keluaran melalui *inverter* yang menghasilkan daya pada frekuensi *grid*. Elektronika daya sekarang memungkinkan penggunaan alternator magnet permanen yang memproduksi arus liar menjadi stabil. Pendekatan ini memungkinkan kecepatan rendah / turbin air dengan tinggi terjun rendah menjadi kompetitif, mereka dapat berjalan pada kecepatan yang terbaik untuk ekstraksi energi, dan frekuensi daya dikendalikan oleh elektronik.

Tabel 2. Spesifikasi Jenis Peralatan Elektro Mekanik

Elektro Mekanik	Deskripsi	<10 kW
	Dengan brush/ brushless	Disaran-kan brushless
	Efisiensi generator	>60%
Kontrol	Kontrol	IGC/ELC direkomendasi-kan ELC
	Ballast/ Dummy Load	Pemanas air atau pemanas udara
	Switchge-gear dan earth fault protection	MCB/MCCB untuk proteksi over current Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) perlu disediakan
	Monitoring dan proteksi	Arus, Tegangan, dan Frekuensi
	Metering	Produksi energy, Kwh meter dan meter lain yang diperlukan

Efisiensi	Total berdasarkan uji lapangan dengan dasar debit actual saat komisioning	Lebih besar dari 40%
Turbin	Jenis	Cross flow, Pelton, Propeller dan lain-lain yang sesuai
Generator	Jenis	Sinkron atau Induksi Satu fase atau tiga fase
	Tegangan dan frekuensi terminal  rekomendasi	220/240 V, 1 fase, 50Hz
	Flywheel/ roda gila	Perlu roda gila untuk operasi sendiri (isolated)

## 6. MEKANIKAL DAN ELEKTRIKAL

Beberapa jenis turbin air dapat digunakan dalam PLTMH, pemilihan tergantung dari tinggi jatuhan air, volume aliran, dan faktor-faktor seperti ketersediaan pemeliharaan lokal dan transportasi peralatan ke lokasi. Tabel berikut adalah spesifikasi untuk pemilihan mekanikal dan elektrikal

## 7. PENUTUP

- Mengingat sumber daya air yang melimpah maka PLTMH ini layak dibangun agar potensi energy ini tidak terbuang sia-sia.
- Dengan banyaknya pembangunan PLTMH di daerah pedesaan akan berakibat terhadap pertumbuhan ekonomi di daerah tersebut
- Daya listrik yang diproduksi oleh PLTMH dapat digunakan sebagai penggerak roda ekonomi di pedesaan

## KEPUSTAKAAN

1. Ashden Awards. "Micro-hydro". <http://www.ashdenawards.org/micro-hydro>. Retrieved 2009-06-29.
2. Gorlov A.M., Development of the helical reaction hydraulic turbine. Final Technical Report, The US Department of Energy, August 1998, The Department of Energy's (DOE) Information Bridge: DOE Scientific and Technical Information.
3. <http://www.vlh-turbine.com>  
<http://www.vlh-turbine.com/EN/html/History.htm>
4. Pedoman studi kelayakan PLTMH, IMIDAP, DJLPE, 2008

\*) Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Darma Persada

# DESAIN HEAT EXCHANGER TIPE DOUBLE PIPE JENIS ALIRAN PARALEL

Asyari Daryus\*

## Abstrak

Telah dilakukan desain sebuah penukar kalor jenis pipa anda (*double pipe heat exchanger*) untuk memanaskan air. Alat ini didesain untuk dipergunakan sebagai alat uji di laboratorium fenomena dasar mesin, Fakultas Teknik Universitas Dharma Persada. Fluida pada shell dan tube keduanya menggunakan media air. Fluida panas diletakkan di dalam tube dan fluida dingin diletakkan di dalam shell. Fluida dingin dengan temperatur  $27^{\circ}\text{C}$  akan dipanaskan sampai maksimal hingga temperatur  $35^{\circ}\text{C}$  dengan laju aliran 10 liter/menit. Untuk mendapatkan kondisi ini maka dibutuhkan fluida panas dengan temperatur  $50^{\circ}\text{C}$  dengan laju aliran 7,26 liter/menit. Kalor total yang diperlukan untuk memanaskan fluida dingin adalah sebesar 5,523 kJ/s. Dari hasil perhitungan diperoleh tube dengan panjang total 2,4 meter dan jumlah penukar kalor 2 buah.

**Kata kunci:** double pipe heat exchanger, penukar kalor pipa ganda.

## 1. PENDAHULUAN

Ada berbagai cara untuk memindahkan kalor dari suatu zat ke zat lainnya yaitu: konduksi, konveksi dan radiasi ataupun merupakan gabungannya. Penukar kalor (*heat exchanger*) adalah salah satu alat untuk merealisasikan proses perpindahan kalor ini sehingga zat yang telah diproses keluar dari alat ini bisa dipergunakan sebagaimana dkehendaki.

Sebagai sebuah perguruan tinggi yang meluluskan sarjana teknik mesin, Universitas Dharma Persada perlu menyiapkan lulusannya untuk dapat mengerti, memahami dan menggunakan alat penukar kalor dengan benar. Oleh sebab itu jurusan teknik mesin UNSADA perlu melengkapi laboratoriumnya dengan sebuah peralatan uji *penukar kalor* tersebut.

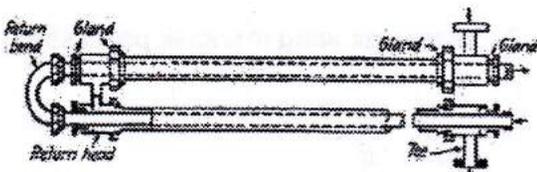
Pada kesempatan ini akan didesain sebuah alat penukar kalor yang bertujuan sebagai alat praktikum bagi mahasiswa yang akan melaksanakan praktikum fenomena dasar mesin. Jenis alat penukar kalor yang didesain adalah jenis *double pipe heat exchanger*, dikarenakan alat jenis ini mudah untuk dibuat, tanpa pabrikan yang sulit, dan mudah dalam pemakaiannya.

## 2. TEORI

Suatu penukar kalor adalah suatu alat yang memindahkan panas antara dua aliran proses. Terdapat berbagai jenis penukar kalor, dan penamaannya disesuaikan dengan proses yang terjadi pada fluida yang mengalir di dalamnya. *Heater* adalah alat yang penggunaannya terutama ditujukan untuk memanaskan fluida proses, dan uap air biasanya digunakan sebagai fluida pemanas. *Cooler* adalah alat yang berfungsi mendinginkan fluida proses, dan air merupakan fluida

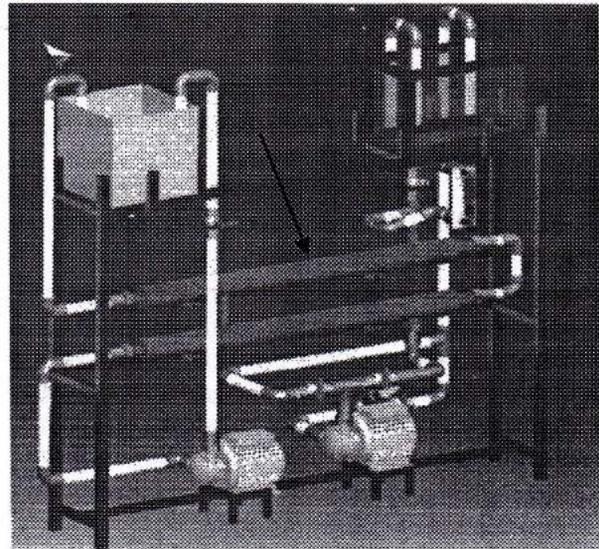
yang paling banyak digunakan. *Condenser* adalah cooler yang tujuan utamanya adalah mengambil kalor laten daripada kalor *sensible*. *Reboiler* bertujuan untuk mensuplai panas yang diperlukan untuk proses distilasi sebagai kalor laten. *Evaporator* digunakan untuk memanaskan fluida dengan penguapan air. Jika fluida lain yang menguap sebagai ganti air maka disebut *vaporizer*.

Penukar kalor Pipa Ganda adalah salah satu jenis penukar kalor dimana konstruksinya menggunakan pipa konsentrik. Salah satu bentuk penukar kalor jenis pipa ganda yang banyak digunakan di industri ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1. Penukar kalor pipa ganda.

Komponen utama alat penukar kalor ini adalah dua set pipa konsentrik, dua Tee, sebuah *return head* dan sebuah *return bend*. Pipa bagian dalam didukung di dalam pipa luar dengan menggunakan *packing gland*, dan fluida memasuki pipa dalam melalui sambungan ulir. Kedua pipa bagian dalam dihubungkan oleh *return bend* (pipa lengkung) yang biasanya terbuka ke udara.



Gambar 2. Desain alat uji Penukar Kalor.

Jenis penukar kalor pipa ganda ini yang akan digunakan pada desain alat uji Penukar Kalor berikut ini. Gambar desain alat uji penukar kalor ditunjukkan oleh gambar 2. Komponen-komponen yang digunakan pada modul alat uji ini, selain penukar kalor pipa ganda itu sendiri, adalah: 2 buah pompa, 1 pemanas air, 2 bak air, dan sistem perpipaan. Tanda panah pada gambar 2 menunjukkan penukar kalor pipa ganda.

Dalam penulisan ini hanya akan diberikan desain alat penukar kalornya saja, komponen-komponen lainnya tidak akan dimasukkan ke dalam perhitungan supaya cakupan pembahasannya tidak terlalu luas.

Untuk mendesain alat penukar kalor ini, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

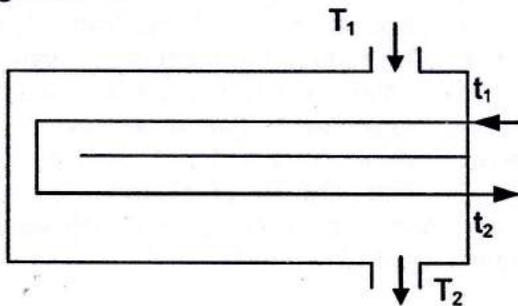
1. menghitung beban kalor.
2. menghitung beda temperatur (LMTD)

- menentukan koefisien perpindahan kalor, dan.
- menghitung dimensi penukar kalor.

### 3. PERHITUNGAN

Perhitungan yang akan dilakukan ditujukan hanya untuk mencari dimensi penukar kalor yaitu dimensi *shell* dan *tube*. Perhitungan jatuh tekanan (*pressure drop*) dan tegangan-tegangan pada komponen penukar kalor tidak dimasukkan karena akan membuat makalah ini menjadi panjang.

Dalam desain ini ditentukan bahwa tipe penukar kalor adalah tipe penukar kalor pipa ganda (*double pipe heat exchanger*) aliran *paralel*. Sketsa aliran penukar kalor ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Sketsa Penukar Kalor.

Nilai temperatur masing-masing fluida adalah:

$$T_1 = \text{temperatur air masuk shell} = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = \text{temperatur air keluar shell} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \text{temperatur air masuk tube} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \text{temperatur air keluar tube} = 39 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### 3.1. Perhitungan Beban Kalor

##### 3.1.1. Penyerapan Kalor Pada Shell:

- Debit air,  $q$ :  
Air digerakkan oleh pompa dengan kapasitas 10 liter per menit.

$$q = 10 \text{ ltr/min} \\ = 0,166 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Kerapatan air,  $\rho$ :  
- Temperatur rata-rata:

$$T_{av} = \frac{T_1 + T_2}{2} \\ = \frac{27 + 35}{2} = 31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$-\rho \text{ pada } 31 \text{ } ^\circ\text{C} = 995,38 \text{ kg/m}^3$$

$$-\text{k calor spesifik, } c \text{ pada } 31 \text{ } ^\circ\text{C} = 4,179 \text{ kJ/kgK}$$

- massa air yang mengalir pada shell,

$$\dot{m}_s :$$

$$\dot{m}_s = \rho \cdot q \\ = 995,38 \times 0,166 \times 10^{-3} \\ = 0,1652 \text{ kg/s}$$

- Kalor yang diserap air pada shell,  $Q_s$ :

$$Q_s = \dot{m}_s \cdot c \cdot (T_2 - T_1) \quad (1)$$

$$= 0,1652 \times 4,179 (35 - 27)$$

$$= 5,523 \text{ kJ/s}$$

##### 3.1.2. Laju aliran massa pada tube:

- Kerapatan air,  $\rho$ :  
- Temperatur rata-rata:

$$t_{av} = \frac{t_1 + t_2}{2} \\ = \frac{50 + 39}{2} = 44,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- $\rho$  pada  $44,5^\circ\text{C} = 990,41 \text{ kg/m}^3$
- kalor spesifik,  $c$  pada  $44,5^\circ\text{C} = 4,181 \text{ kJ/kgK}$

2. Laju aliran massa air pada tube,  $\dot{m}_t$  :

$$Q_t = \dot{m}_t \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$$

dengan:

$$\begin{aligned} Q_t &= \text{Kalor yang diberikan oleh air} \\ &\text{pada tube} = Q_s \\ &= 5,523 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} \dot{m}_t &= \frac{Q_t}{c(t_2 - t_1)} \\ &= \frac{5,523}{4,181(50 - 39)} \\ &= 0,1201 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

3. Laju volume aliran fluida,  $q$  :

$$\begin{aligned} q &= \dot{m}_t / \rho \\ &= 0,1201 / 990,41 \\ &= 1,21 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 7,26 \text{ ltr/min} \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan air pemanas tiap detik adalah sebesar  $0,1201 \text{ kg/s}$  ( $7,26 \text{ ltr/min}$ ).

### 3.2. Beda Suhu Rata-rata (LMTD)

Beda suhu rata-rata log,  $LMTD$  :

$$LMTD = \frac{(t_1 - T_1) - (t_2 - T_2)}{\ln \frac{(t_1 - T_1)}{(t_2 - T_2)}}$$

(2)

$$\begin{aligned} &= \frac{(50 - 27) - (39 - 35)}{\ln \frac{(50 - 27)}{(39 - 35)}} \\ &= 10,86^\circ\text{C} \end{aligned}$$

### 3.3. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan

#### 3.3.1 Tube.

Direncanakan ukuran tube sebagai berikut:

- diameter luar, OD = 1 in
- BWG = 18
- ketebalan dinding,  $t = 0,049$  in
- diameter dalam, ID = 0,902 in = 0,075 ft
- flow area,  $a_t' = 0,639 \text{ in}^2$

1. Kecepatan aliran ( $G_t$ ):

Kecepatan aliran dirumuskan:

$$G_t = \dot{m}_s / a_t \quad (3)$$

Dengan :  $a_t = 0,639 \text{ in}^2 = 4,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} G_t &= 0,1201 / (4,1 \times 10^{-4}) \\ &= 292,93 \text{ kg/s.m}^2 \end{aligned}$$

2. Angka Reynold ( $Re_t$ ):

Angka Reynold dirumuskan:

$$Re_t = ID \cdot G_t / \mu_t \quad (4)$$

dengan:

$\mu_t$  = viskositas rata-rata fluida

$\mu_1 = 0,6 \text{ cp}$  pada  $t_1 = 50^\circ\text{C}$

$\mu_2 = 0,75 \text{ cp}$  pada  $t_2 = 39^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} G_t &= 292,93 \text{ kg/s.m}^2 \\ &= 215985,53 \text{ lb/hr.ft}^2 \end{aligned}$$

$$\mu_t = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$$

$$\begin{aligned}
&= (0,6+0,75)/2 \\
&= 0,675 \text{ cp} \\
&= 0,675 \times 2,42 \text{ lb/ft.hr} \\
&= 1,6335 \text{ lb/ft.hr}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Re_t &= (0,075 \cdot 215,985 \times 10^3) / 1,6335 \\
&= 9916,67
\end{aligned}$$

### 3. Koefisien konveksi film ( $h_i$ ):

Dari kurva perpindahan kalor pada tube (lampiran 1) untuk angka Reynold 9916,67 diperoleh:

$$j_H = 38$$

Pada  $t_{av} = 44,5$  °C, sifat fisik air didapatkan:

$$c = 4,181 \text{ kJ/kg.K} = 0,999$$

$$\text{BTU/lb.}^\circ\text{F}$$

$$k = 0,368 \text{ BTU/hr.ft.}^\circ\text{F}$$

$$\mu = 1,6335 \text{ lb/ft.hr}$$

sehingga:

$$\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,999 \times 1,6335}{0,368}\right)^{1/3} = 1,64$$

- koefisien konveksi film,  $h_i$ , (kern, 1988):

$$h_i = j_H \frac{k}{ID} \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} \quad (5)$$

$$= 38 \times \frac{0,368}{0,075} \times 1,64 \times 1$$

$$= 305,78 \text{ BTU/(hr)(ft}^2\text{)}^\circ\text{F}$$

### 4. Koreksi $h_i$ terhadap permukaan pipa, $OD$ :

$$h_{io} = h_i \times \frac{ID}{OD} \quad (6)$$

$$= 305,78 \times (0,902/1)$$

$$= 275,81 \text{ BTU/(hr)(ft}^2\text{)}^\circ\text{F}$$

### 3.3.2. Shell.

Direncanakan ukuran shell sebagai berikut:

- diameter dalam shell,  $D_s = 2,5 \text{ in} = 0,208 \text{ ft}$

#### 1. Luas penampang aliran, $a_s$ :

- diameter tube,  $OD = 1 \text{ in} = 0,083 \text{ ft}$

- Luas penampang aliran:

$$a_s = \pi(D_s^2 - OD^2)/4$$

$$= \pi(0,208^2 - 0,083^2)/4$$

$$= 0,0286 \text{ ft}^2$$

#### 2. Kecepatan aliran, $G_s$ :

$$G_s = \dot{m}_s / a_s$$

Dengan:  $a_s = 0,0286 \text{ ft}^2$

$$\dot{m}_s = 0,1652 \text{ kg/s}$$

$$= 1311,13 \text{ lb/h}$$

maka:

$$G_s = 1311,13 / 0,0286$$

$$= 65,487 \times 10^3$$

$$= 45843,71 \text{ lb/hr.ft}^2$$

#### 3. Angka Reynold, $Re_s$ :

$$Re_s = D_e \cdot G_s / \mu_s$$

Dengan:  $\mu_s = 0,85 \text{ cp}$  (pada  $T_{av} = 31$  °C)

$$= 0,85 \times 2,42 \text{ lb/ft.hr}$$

$$= 2,057 \text{ lb/ft.hr}$$

- Diameter ekuivalen,  $D_e$ :

$$\begin{aligned} D_e &= (D_s^2 - OD^2) / OD \\ (7) \quad &= (0,208^2 - 0,083^2) / 0,083 \\ &= 0,438 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Re_s &= 0,438 \times 45843,71 / 2,057 \\ &= 9761,57 \end{aligned}$$

4. Koefisien konveksi,  $h_o$ :

Dari kurva perpindahan kalor pada tube (lampiran 1) untuk angka Reynold 9761,57 diperoleh:

$$j_H = 37$$

Pada  $T_{av} = 31 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\begin{aligned} c &= 4,179 \text{ kJ/kg.K} = 0,9985 \\ &\text{BTU/lb.}^\circ\text{F} \\ k &= 0,3568 \text{ BTU/hr.ft.}^\circ\text{F} \\ \mu_s &= 2,057 \text{ lb/ft.hr} \end{aligned}$$

$$\left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = \left( \frac{0,9985 \times 2,057}{0,3568} \right)^{1/3} = 1,79$$

- Koefisien konveksi,  $h_o$ , (kern, 1988):

$$\begin{aligned} h_o &= j_H \frac{k}{D_e} \left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad (8) \\ &= 37 \times \frac{0,3568}{0,438} \times 1,79 \times 1,0 \\ &= 53,95 \text{ BTU/(hr)(ft}^2\text{)}^\circ\text{F} \end{aligned}$$

### 3.3.3. Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh

1. Clean overall coefficient,  $U_c$ :

$$\begin{aligned} U_c &= \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} \quad (9) \\ &= \frac{275,81 \times 53,95}{275,81 + 53,95} \\ &= 45,12 \text{ BTU/hr.ft}^2\text{.}^\circ\text{F} \end{aligned}$$

2. Design overall coefficient,  $U_d$ :

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{U_c} + R_d \quad (10)$$

dengan:

$$\begin{aligned} R_d &= \text{Fouling resistant} \\ &= 0,002 \text{ (ref.: Perry, 1973)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{U_d} &= \frac{1}{45,12} + 0,002 \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

$$U_d = 41,39 \text{ BTU/hr.ft}^2\text{.}^\circ\text{F}$$

### 3.4. Panjang Tube

Dari persamaan energi:

$$Q = U_d \cdot A \cdot LMTD \quad (11)$$

Dengan:

$$\begin{aligned} Q &= \text{kalor yang diserap/diberikan} \\ &= 5,523 \text{ kJ/s} \\ &= 8846,3 \text{ BTU/hr} \\ A &= \text{luas permukaan tube} \\ LMTD &= 10,86 \text{ }^\circ\text{C} = 51,548 \text{ }^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} A &= Q / (U_d \cdot LMTD) \\ &= \frac{8846,3}{41,39 \times 51,548} \\ &= 4,146 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Panjang tube total,  $L_t$ :

Untuk BWG 18 dan OD = 1 in, maka *outside surface per lin ft*,  $a'' = 0,2618 \text{ ft}^2/\text{lin ft}$ .

$$\begin{aligned} L_t &= \frac{A}{a''} \\ (12) \quad &= \frac{4,146}{0,2618} \\ &= 15,8 \text{ ft} \\ &= 4,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena tube dua pass (*double pipe*), maka panjang satu passnya adalah:  $4,8/2 = 2,4$  meter. Panjang tube ini dirasakan masih terlalu panjang, maka supaya diperoleh dimensi yang lebih pendek, digunakan 2 buah penukar kalor dengan susunan seri, sehingga panjang tube per pass menjadi:

$$L_t = 2,4 / 2 = 1,2 \text{ meter}$$

#### 4. KESIMPULAN

Dari desain alat penukar kalor pipa ganda ini, disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik/sifat fisik fluida:
  - Fluida pada tube dan shell: air
  - Temperatur air masuk pada shell =  $27^\circ\text{C}$
  - Temperatur air keluar pada shell =  $35^\circ\text{C}$
  - Temperatur air masuk pada tube =  $50^\circ\text{C}$
  - Temperatur air keluar pada tube =  $39^\circ\text{C}$
  - Laju aliran fluida pada tube: 7,26 ltr/min
  - Laju aliran fluida pada shell: 10 ltr/min

- LMTD :  $10,86^\circ\text{C} = 51,548^\circ\text{F}$
- Koefisien perpindahan kalor menyeluruh:  $41,39 \text{ BTU/hr.ft}^2.\text{F}$

2. Dimensi alat penukar kalor:
  - Diameter shell: 2,5 in
  - Diameter tube, OD: 1 in
  - Panjang tube total: 2,4 meter per penukar kalor
  - Jumlah penukar kalor: 2
  - Panjang tube per pass: 1,2 meter
3. Untuk memvariasikan data percobaan untuk tujuan praktikum, dapat dilakukan dengan memvariasikan laju aliran fluida pada tube.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

1. Giles, Ronaqlid V. *Mechanic Fluid & Hydraulic*. Schaum's outline series, Mc. GrawHill Book Company, 1977.
2. Holman, JP. *Perpindahan Kalor, terj. E. Jasfi*. Jakarta, Penerbit Erlangga, 1984.
3. Kern, DQ. *Process Heat Transfer*. Singapore, Mc. Graw Hill Book Company, 1988.
4. Perry, Robert H., Cecil H. Chilton. *Chemical Engineers Hand Book, 5<sup>th</sup> edition*. Mc. Graw Hill Book Kogakusha Ltd.

#### 6. LAMPIRAN

Lampiran 1:

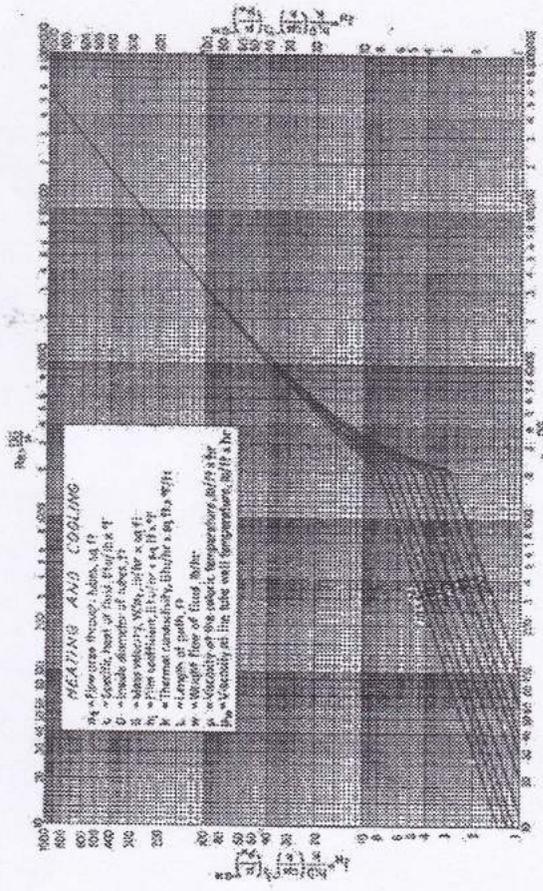
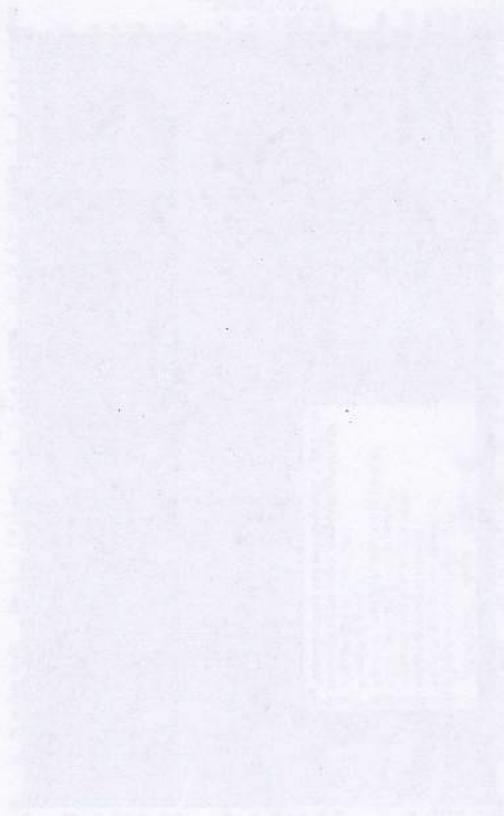


Fig. 8A. Velocity-temperature curves. Adapted from Colburn and Franks.

\* ) Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Darma Persada



1. [Illegible text]  
[Illegible text]

## PANDUAN PENULISAN NASKAH

1. Naskah merupakan karya asli yang belum pernah dipublikasikan dalam media cetak.
2. Naskah dicetak dengan tinta hitam pada kertas *letter*, tidak bolak balik. Setiap halaman diberi nomor, minimum 5 (enam) halaman dan maksimum 10 (sepuluh) halaman. Margin atas 4 cm, margin kiri dan kanan berturut-turut 3,5 dan 2,5 cm, margin bawah 3 cm harus bebas dari tulisan, kecuali nomor halaman, bagian terbawah catatan kaki (kalau ada) harus diatas margin bawah, badan naskah ditulis dalam 2 (dua) kolom dengan jarak antar kolom 1cm.
3. Isi naskah ditulis dalam huruf Arial dengan ukuran 11 point dengan jarak antar baris satu spasi. Kecuali judul makalah, nama penulis, dan abstrak.
4. Abstrak ditulis satu spasi, dengan huruf arial 11 point italic (miring), tidak lebih dari 150 kata, diikuti dengan beberapa kata-kata kunci (*keywords*).
5. Judul utama karya tulis dicetak dengan huruf besar arial 14 point tebal, diletakkan dipinggir kiri, judul bagian dicetak tebal dengan huruf besar Arial 11 point tebal, judul sub-bagian dicetak tebal dengan huruf arial 11 point biasa.
6. Bahasa yang digunakan sesuai dengan bahasa Indonesian yang baik dan benar. Penggunaan istilah asing dicetak miring sebaiknya disertakan dengan benar. Penggunaan istilah asing dicetak miring sebaiknya disertakan dengan penjelasan dalam bahasa Indonesia.
7. Penggunaan singkatan dan tanda-tanda diusahakan untuk mengikuti aturan nasional atau internasional. Satuan yang digunakan hendaknya mengikuti sistem Satuan Internasional (SI). Persamaan atau hubungan matematik harus dicetak dan diberi nomor seperti :

$$F = m.a \quad (1)$$

Dalam teks, persamaan 1 dinyatakan sebagai "pers. (1) atau "Persamaan (1)"

8. Gambar diberi nomor dan keterangan dibawahnya, sedangkan tabel diberi nomor dan keterangan diatasnya. Keduanya sedapat mungkin disatukan dengan file naskah. Bila gambar atau tabel dikirimkan secara terpisah, harap dicantumkan dalam lembar tersendiri dengan kualitas cetakan yang baik.
9. Kepustakaan dicantumkan dengan urutan abjad nama pengarang dan diberi nomor.

ISSN 2088-060X



9 772088 060009