
SIMULASI *GROUP TECHNOLOGY SYSTEM* UNTUK MEMINIMALKAN BIAYA *MATERIAL HANDLING* DENGAN METODE *HEURISTIC*

Much. Djunaidi

Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Surakarta
email: joned72@yahoo.com

Munajat Tri Nugroho

Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Surakarta
email:

Johan Anton

Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Surakarta

ABSTRAK

Group Technology System merupakan metode pengaturan fasilitas produksi (machine groups) yang dibutuhkan untuk memproses suatu part family tertentu ke dalam sel-sel manufaktur. Pengaturan tata letak di CV. Sonytex yang berdasarkan process layout mengakibatkan perusahaan menghadapi permasalahan berupa tingginya kebutuhan material handling. Salah satu kriteria kinerja dalam pembentukan sel manufaktur pada GTS adalah meminimasi total jarak material handling, sehingga dapat mengurangi biaya material handling dan meningkatkan produktivitas. Dalam penelitian ini digunakan tiga metode, yaitu Bond Energy Algorithm (BEA), Rank Order Clustering (ROC) dan Rank Order Clustering 2 (ROC2). Hasil dari penelitian ini adalah dengan menerapkan group technology systems diperoleh total pengurangan jarak material handling sebesar 70 m dan penghematan biaya material handling sebesar Rp 1.534.978,-. Berdasarkan model simulasi, relayout dengan metode BEA meningkatkan jumlah produksi sebesar 1 unit produk/hari dan penurunan waktu tunggu sebesar 0,575 menit.

Keywords: group technology systems, simulasi, layout, material handling.

Pendahuluan

Pengaturan tata letak (layout) fasilitas produksi sering dijumpai dalam dunia industri. Pemilihan dan penempatan alternatif layout merupakan langkah penting dalam proses perencanaan fasilitas produksi. Salah satu cara untuk mengevaluasi kondisi tata letak fasilitas pabrik dilakukan dengan pendekatan group technology, sehingga didapatkan tingkat efisiensi dan fleksibilitas yang tinggi.

Kondisi layout fasilitas produksi di CV. Sonytex mengalami kendala dalam hal jarak pemindahan bahan baku (material handling) yang kurang efisien. Permasalahan ini sangat berpengaruh dalam lingkungan produksi yang dapat memberikan implikasi besar pada biaya pemindahan bahan baku. Penerapan model simulasi diharapkan dapat

membantu manajemen dalam melakukan analisa terhadap rencana-rencana penataan ulang (relayout) fasilitas produksi di masa yang akan datang.

Tinjauan Pustaka

Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik dapat didefinisikan sebagai tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik dengan memanfaatkan luas area secara optimal guna menunjang kelancaran proses produksi (Wignjosubroto, 1996: 67). Pengaturan tata letak pabrik yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi sehingga kapasitas dan kualitas produksi yang direncanakan dapat dicapai dengan tingkat biaya yang paling ekonomis.

Jenis-jenis tata letak pabrik meliputi :

1. *Production Line Product* atau *Product Layout*, berdasarkan pada aliran produksi, sehingga mesin dan fasilitas produksi diatur berdasarkan prinsip “*machine after machine*” tanpa memperhatikan jenis mesin yang digunakan.
2. *Functional Layout* atau *Process Layout*, dimana pengaturan dan penempatan mesin dan peralatan produksi yang memiliki jenis yang sama dalam satu bagian.
3. *Fixed Material Location Product Layout* atau *Fixed Position Layout*, dimana mesin dan operator bergerak menuju ke produk yang direncanakan akan dibuat, khususnya untuk produk yang berat dan tidak mudah dipindahkan.
4. *Product Family Layout* atau *Group Technology Layout*, dimana pengelompokan mesin didasarkan pada kemiripan proses yang dilalui setiap produk, atau *part family*.

Proses material handling adalah satu hal penting dalam perencanaan dalam perencanaan tata letak fasilitas produksi, karena aktivitas ini akan menentukan hubungan antara satu fasilitas produksi dengan fasilitas yang lainnya. Berdasarkan perumusan yang dibuat *American Material Handling Society* (AMHS), material handling dapat dinyatakan sebagai seni dan ilmu yang meliputi penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), pembungkusan (*packaging*), penyimpanan (*storing*), sekaligus pengendalian (*controlling*) dari bahan (Wignjosoebroto, 1996).

Biaya Pemandahan Bahan

Tujuan dari analisis pemindahan bahan baku (*material handling*) adalah mencapai pemindahan bahan yang tertib dan teratur tanpa mengganggu proses produksi dan dengan biaya yang rendah. Persamaan yang digunakan untuk menghitung ongkos *material handling* (OMH) adalah sebagai berikut:

$$C = \frac{V_{tool}}{V_{mat}} \quad \dots (1)$$

dimana,

C = Kapasitas alat angkut (unit)

V_{tool} = Ukuran alat angkut (m³)

V_{mat} = Ukuran unit dipindah (m³)

$$f = \frac{n_{mat}}{C}$$

Dimana,

f = frekuensi pemindahan
 n_{mat} = jumlah unit yang dipindah
 C = kapasitas alat angkut (unit)

$$OMH / m = \frac{cost}{d} \quad \dots (2)$$

Dimana,

OMH/m = biaya angkut / meter (Rp/m)

$cost$ = biaya operasi / jam (Rp/jam)

d = jarak angkut / jam (m/jam)

Sehingga biaya pemindahan bahan baku dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$OMH = r \times f \times OMH / m \quad \dots (3)$$

Dimana,

OMH = ongkos material handling

r = jarak perpindahan (m)

f = frekuensi pemindahan

Konsep Dasar Algoritma Heuristic dalam Material Handling

Beberapa konsep dasar yang seringkali digunakan dalam penentuan perhitungan efektivitas pemindahan bahan baku diantaranya adalah:

1. *Bond Energy Algorithm* (BEA)
2. *Rank Order Clustering* (ROC)
3. *Rank Order Clustering 2* (ROC2)

Metode BEA menggunakan ukuran keefektifan (*measurement of effectiveness*) dalam memperbaiki keseragaman dari anggota setiap kelompok *part-machine*. Adapun algoritma dari metode ini adalah:

1. pilih sembarang kolom part dan tentukan $i=1$. coba ganti setiap $(p-i)$ kolom part dalam setiap $(i+1)$ posisi yang mungkin dan hitung ME untuk setiap kolom dengan

$$ME (\text{kolom}) = \sum_{p=1}^i \sum_{m=1}^m a_{p,m} a_{p+1,m} \quad \dots (4)$$

2. pilih kolom yang memberikan nilai ME terbesar dan tempatkan pada posisi yang terbaik. Jika nilai tertinggi lebih dari 1, pilih sembarang diantaranya. Naikkan satu poin dan ulangi sampai $i = p$.
3. ulangi cara langkah pertama untuk baris, kemudian hitung ME (baris).

$$ME (\text{baris}) = \sum_{m=1}^i \sum_{p=1}^p a_{p,m} a_{p,m+1} \quad \dots (5)$$

Algoritma pada metode ROC mengatur baris atau kolom secara interaktif berdasarkan nilai decimal secara descending (menurun), sampai tidak terdapat perubahan urutan setelah dilakukan perhitungan pada baris atau kolom bersangkutan. Algoritmanya adalah sebagai berikut:

1. mengurutkan baris. Misalkan banyaknya mesin (m) adalah 1 sampai M dan banyaknya part (p) adalah 1 sampai p , lakukan perhitungan untuk masing-masing baris dengan menggunakan rumus berikut:

$$c_m = \sum_{p=1}^P 2^{P-p} a_{pm} \quad \dots (6)$$

dimana a_{pm} adalah nilai *incidence* matriks yang terdiri dari angka 0 dan 1 (biner). c_m adalah angka yang senilai dengan desimal dari perhitungan nilai *incidence* matriks (0 atau 1) dengan 2^{P-p} .

Dari rumus diatas akan diperoleh nilai *decimal equivalents* C_m untuk semua baris. Selanjutnya nilai tersebut diurutkan dari besar ke kecil (*descending*). Pengurutan ini akan menyebabkan perubahan urutan mesin.

2. mengurutkan kolom. Lakukan perhitungan untuk masing-masing kolom dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r_p = \sum_{m=1}^M 2^{M-m} a_{pm} \quad \dots (7)$$

r_p adalah nilai angka yang senilai dengan desimal dari perhitungan nilai *incidence* matriks (0 atau 1) dengan 2^{M-m} .

Dari rumus diatas akan diperoleh nilai *decimal equivalents* r_p untuk semua kolom. Selanjutnya nilai tersebut diurutkan dari besar ke kecil. Pengurutan ini mengakibatkan perubahan urutan part.

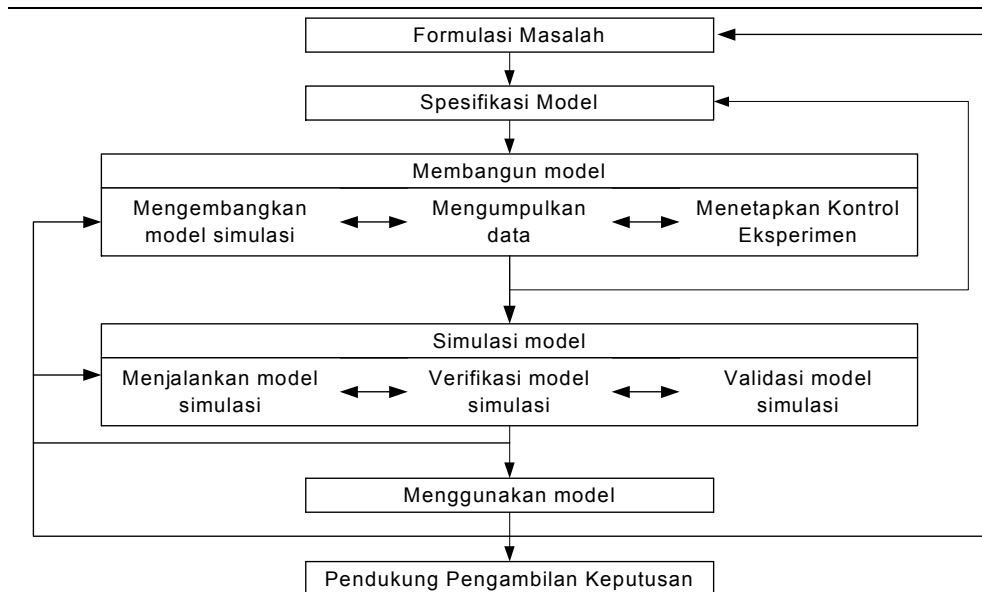
3. Ulangi perhitungan dari langkah 1 dan langkah 2 sampai tidak terjadi perubahan urutan, baik baris atau kolom pada matriks *part-machine*.

Sedangkan ROC 2 diperkenalkan pertama kali oleh King dan Nakorchai (1982). Algoritma ini dimulai dengan mengidentifikasi kolom pada sisi sebelah kanan dan pada semua baris untuk semua nama part atau mesin yang memiliki nilai 1 pada *incidence* matriks. Perhitungan dengan menggunakan ROC 2 dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1. baris diurutkan dari $p=P$ (kolom terakhir) menuju angka 1. Tandai baris yang memiliki input angka 1, pindahkan baris yang memiliki angka ke 1 kedepan baris. Isikan sisanya pada baris berikutnya dan lakukan untuk semua baris.
2. kolom diurutkan dari $m=M$ menuju angka 1. Pindahkan kolom yang memiliki angka 1 ke depan urutan kolom. Isikan sisanya pada urutan kolom berikutnya dan lakukan untuk semua kolom.
3. setelah kedua tahap diatas selesai, maka proses perhitungan dengan menggunakan ROC 2 telah selesai.

Konsep Dasar Simulasi

Simulasi diartikan sebagai suatu sistem yang digunakan untuk memecahkan atau menguraikan persoalan-persoalan dalam kehidupan nyata yang penuh dengan ketidakpastian dengan atau tidak menggunakan metode tertentu, dan lebih ditekankan pada pemakaian komputer untuk mendapatkan solusi. Adapun langkah-langkah dalam simulasi dilakukan seperti alur pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan studi simulasi (Pritsker, 1999:36)

Pengolahan Data

Uji Kecukupan dan Keseragaman Data

Uji kecukupan data digunakan untuk menentukan bahwa jumlah sampel data yang diambil telah cukup untuk proses pengolahan data pada proses selanjutnya.

Uji Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas adalah model matematika yang sangat berpengaruh dan berguna dalam pembentukan model simulasi matematis berbasis komputer yang menggunakan analisis numerik yang diterjemahkan dalam bentuk program komputer. Perhitungan uji kesesuaian distribusi untuk data pengamatan dilakukan dengan bantuan media input analyzer yang dimiliki oleh software Arena 3.0, yang diasumsikan mampu melakukan perhitungan dengan valid.

Model Simulasi *Layout* Awal

Untuk mentranslasikan sistem riil yang diamati ke dalam model simulasi, akan digunakan software Arena 3.0. Data input yang diperlukan dalam penyusunan program simulasi adalah:

1. waktu kedatangan bahan baku tiap komponen.
2. waktu proses setiap komponen pada masing-masing mesin.
3. waktu transfer komponen dari satu mesin ke mesin berikutnya.
4. jumlah jam kerja.

Dalam penelitian ini, ukuran performansi utama sistem yang diamati adalah jumlah produk jadi. Selain itu, ukuran performansi lain yang diamati adalah produktivitas kerja dan utilitas mesin.

Running Simulasi

Apabila running simulasi hanya dilakukan dalam satu kali replikasi (*single run experiment*), maka hasil simulasi belum dapat dijadikan sebagai parameter analisa performansi sistem. Replikasi yang dilakukan dalam program simulasi ini sejumlah 30 kali. Hal ini masih harus diuji (*sequential procedure*) apakah dengan jumlah replikasi dari *simulation result report* sebanyak 30 tersebut telah mencukupi atau belum.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Simulasi Produk Jadi

Produk Jadi	A	B	C	D	Produk Jadi	A	B	C	D
1	12	13	7	5	16	15	12	4	9
2	16	12	4	6	17	12	8	7	7
3	11	9	4	5	18	8	11	8	10
4	17	15	8	3	19	9	11	1	11
5	14	11	5	5	20	8	8	10	7
6	14	12	7	7	21	11	11	5	7
7	11	17	4	8	22	11	7	6	4
8	17	12	6	7	23	16	13	6	11
9	13	8	7	5	24	12	8	8	9
10	15	10	4	8	25	12	18	6	7
11	14	9	8	6	26	11	9	6	6
12	17	8	7	11	27	10	7	10	4
13	9	7	5	9	28	7	12	2	8
14	8	13	3	5	29	11	12	6	12
15	8	6	2	3	30	12	14	5	5
Total						361	323	171	210
Mean						12.03	10.77	5.70	7.00

Keterangan:

A = *Turn Buckle* Panjang

B = *Rod Pin* Atas

C = Roda Gigi T71

D = Sok Pipa

Validasi Model Simulasi Layout Awal

Setelah data hasil running awal diperoleh, dilakukan penilaian validitas model simulasi yang telah dibuat. Sebuah model dikatakan valid secara kualitatif, jika model tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan sistem nyata pada setiap ukuran kinerja sistem tersebut. Sebuah model dinyatakan valid secara kuantitatif, jika memiliki alur logika yang sesuai dengan sistem nyata yang diamati. Hasil uji kesamaan dua rata-rata untuk produk *Turn Buckle* Panjang disajikan pada tabel 2.

Dari tabel 2, terlihat bahwa t_{hitung} berada diantara batas atas dan batas bawah. Dengan demikian maka H_0 diterima, tidak terdapat perbedaan rata-rata produksi yang signifikan antara sistem nyata dengan model simulasi.

Tabel 2. Uji Kesamaan Dua Rata-rata Turn Buckle Panjang

Perbedaan Rata-rata	0.53	$W1 = \text{Var}(\text{SN}) / n$	0.11
Standar Dev. Sistem Nyata	1.87	$W2 = \text{Var}(\text{MS}) / n$	0.29
Standar Dev. Model Simulasi	2.97	$T1 = T(0.025,29)$	2.04
Variansi Sistem Nyata	3.50	$T2 = T(0.025,29)$	2.04
Variansi Model Simulasi	8.79	Batas Bawah	-2.04
$t_{\text{-hitung}}$	0.82	Batas Atas	2.04

Pembentukan Group Technology dengan Metode Heuristic

Dari hasil perhitungan matriks komponen-mesin, maka komponen dan mesin yang memiliki hubungan yang dekat dikelompokkan. Matriks akhir untuk hubungan komponen-mesin dengan menggunakan pendekatan *Bond Energy Algorithm* (BEA), disajikan pada tabel 3.

Matriks akhir untuk hubungan komponen-mesin dengan menggunakan pendekatan *Rank Order Clustering* (ROC), disajikan pada tabel 4.

Matriks akhir untuk hubungan komponen-mesin dengan menggunakan pendekatan *Rank Order Clustering orde 2* (ROC2), disajikan pada tabel 5.

Tabel 3. Matriks Akhir Komponen-Mesin dengan BEA

		Komponen			
		1	2	3	4
Mesin	6	1	0	0	0
	1	1	1	0	0
	2	1	1	1	1
	5	1	1	1	0
	8	0	1	0	1
	7	0	0	0	1
	3	0	0	1	1
	4	0	0	1	0

Tabel 4. Matriks Akhir Komponen-Mesin dengan ROC

		Komponen			
		1	2	3	4
Mesin	2	1	1	1	1
	5	1	1	1	0
	1	1	1	0	0
	6	1	0	0	0
	8	0	1	0	1
	3	0	0	1	1
	4	0	0	1	0
	7	0	0	0	1

Tabel 5. Matriks Akhir Komponen-Mesin dengan ROC2

		Komponen			
		1	2	3	4
Mesin	1	1	1	0	0
	2	1	1	1	1
	5	1	1	1	0
	6	1	0	0	0
	3	0	0	1	1
	4	0	0	1	0
	7	0	0	0	1
	8	0	1	0	1

Model Simulasi *Relayout* dengan Pemilihan Metode Terbaik

Setelah dilakukan perhitungan efisiensi dari ketiga metode ternyata memiliki jumlah yang sama besar, yaitu 0.75. Untuk itu, dalam memilih metode terbaik yang nantinya akan digunakan sebagai model simulasi *relayout* dan perhitungan jarak serta biaya *material handling*, yaitu dengan membuat model simulasi dari setiap metode.

Metode BEA memiliki tingkat produktivitas tertinggi, dimana menghasilkan jumlah produk jadi lebih banyak dibandingkan dengan dua metode lainnya, yaitu sebesar 1122 unit dan waktu tunggu rata-rata terendah sebesar 1,2422 menit dari 30 replikasi.

Pembahasan

Penentuan Biaya *Material Handling* per Meter Pada Layout Awal

Komponen yang terlibat dalam biaya *material handling* adalah: tenaga kerja berjumlah 15 orang, dengan upah sebesar Rp 400.000,-/bulan/orang, dan alat angkut berjumlah 3 buah, dengan harga @ Rp 250.000,- dan umur ekonomis 10 tahun.

Besarnya biaya pemindahan bahan per meter adalah sebagai berikut:

- a. penentuan biaya depresiasi per bulan dengan metode garis lurus (*straight line*)

$$P = 3 \times \text{Rp } 250.000,-$$

$$N = 10 \text{ tahun} = 120 \text{ bulan.}$$

$$S = \text{Rp } 0,-$$

$$\text{Depresiasi} = \frac{1}{N}(P - S)$$

$$\text{Depresiasi} = \frac{1}{120}(750000 - 0)$$

$$= \text{Rp } 6.250,-/\text{bulan}$$

Nilai sisa kereta dorong Rp 0,-.

- b. Total biaya operasional per bulan

$$\text{Biaya operasional} = \text{biaya depresiasi} + \text{biaya operator}$$

$$= \text{Rp } 6.250,- + (15 \times \text{Rp } 400.000,-)$$

$$= \text{Rp } 6.006.250,-$$

c. Biaya pemindahan bahan per meter.

Dengan jarak total pada layout awal sebesar 274 m dan dengan jumlah 26 hari kerja, maka diperoleh biaya pemindahan bahan per meter

$$= \frac{6.006.250}{274 \times 26} = \text{Rp } 843,-.$$

Penentuan Biaya Material Handling

Berdasarkan jarak total layout awal sebesar 274 m dan berdasarkan jarak total relayout menjadi 204 m, maka dapat dihitung biaya material handling per bulan dan pengurangan biaya yang terjadi.

- Biaya pemindahan bahan sebelum *relayout* per bulan adalah :
 - = Rp 843,-/m.hr x 274 m x 26 hr
 - = Rp 6.006.250,-
- Biaya pemindahan bahan setelah *relayout* per bulan adalah :
 - = Rp 843,-/m.hr x 204 m x 26 hr
 - = Rp 4.471.272,-
- Pengurangan biaya pemindahan bahan per bulan adalah :
 - = Rp 6.006.250,- - Rp 4.471.272,-
 - = Rp 1.534.978,-

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis di atas, dapat disimpulkan:

1. dengan menerapkan group technology yang terbentuk, maka didapat total pengurangan jarak material handling antar mesin/fasilitas produksi setelah relayout sebesar 70 m dan pengurangan biaya material handling sebesar Rp 1.534.978,- per bulan.
2. berdasarkan relayout, dengan metode BEA mengalami peningkatan jumlah produk jadi sebesar 0,8125 unit per hari, mengalami efisiensi kinerja dengan penurunan waktu tunggu rata-rata sebesar 0,575 menit.

Referensi

- Assauri, S. 1993. *Manajemen Produksi Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit FE-UI.
- Budyanto, J. 2001. *Plant Design dan Material Handling Layout*. Surabaya: Saint dan Tehnologi.
- Groover, M.P. 2001. *Automation, Production System and Computer Integrated Manufacturing*. Prentice Hall International.
- Heragu, S. 1997. *Facilities Design*. New York: PSW Publishing Company.
- Kakiay, J.T. 2003. *Pengantar Sistem Simulasi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kelton, D.W.; Sadowski, R.P.; Sadowski, D.A. 2003. *Simulation With Arena*. USA: McGraw Hill.
- Law, A.M. dan Kelton, D.M. 1991. *Simulation Modelling and Analysis*. USA: McGrall Hill Inc.
- Pritsker, A.B. 1999. *Simulation with Visual SLAM and AweSim*. New York: John Wiley and Sons.
- Schroeder, R.G. 1995. *Manajemen Operasi*. Jakarta: Penerbit Airlangga.
- Simatupang, Togar M. 1994. *Pemodelan Sistem*. Klaten: Penerbit Nindita.
- Subagyo, Pangestu. 2004. *Statistika Terapan*. Yogyakarta: BPFY-Yogyakarta.

Walpole, Ronald E. Dan Myers, Raymond H. 1995. *Ilmu Peluang dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung: ITB.

Wignjosoebroto, Sritomo. 1996. *Tata Letak Pabrik dan Pemandahan Bahan*. Surabaya: ITS..