

SIMULASI STRATEGI TATA-LETAK BERORIENTASI PROSES DEPARTEMEN-DEPARTEMEN PABRIK SEBAGAI BAGIAN DARI SISTEM INFORMASI MANUFAKTUR

Rudy Krismawan*, R.Rizal Isnanto**, Aghus Sofwan**

Abstrak - Dalam sistem informasi manufaktur, terdapat tugas untuk menyelesaikan permasalahan perancangan pembangunan suatu pabrik. Biasanya, masalah yang akan muncul dan harus dipertimbangkan adalah letak dari departemen-departemen dari pabrik tersebut. Hal ini sangat penting, karena perencanaan tata-letak yang tepat akan bermanfaat bagi efisiensi dan kelancaran aktivitas dari pabrik tersebut, sehingga beban atau biaya aliran material yang tidak diperlukan bisa dihilangkan atau diminimalkan. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dibuat suatu program yang dapat digunakan untuk mengkalkulasi tata-letak ruang departemen sehingga dihasilkan tata-letak yang mempunyai biaya aliran material yang kecil.

Program ini menggunakan strategi tata-letak berorientasi proses. Dengan strategi ini akan dihasilkan tata-letak departemen yang baik. Untuk dapat memperoleh tata-letak yang baik, program ini menggunakan algoritma pertukaran pasangan. Program ini dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Borland Delphi 6. Program simulasi ini juga menampilkan pengurangan biaya yang didapat dari hasil perhitungan tata-letak. Pengurangan biaya dari biaya awal pengolahan dengan biaya hasil simulasi tata-letak ini bervariasi dari 0 sampai 84 % tergantung pada masukan yang diberikan. Dengan adanya pengurangan biaya ini, pengolahan perpindahan material dari satu departemen ke departemen lain menjadi lebih efisien.

Kata kunci : tata-letak departemen, pertukaran pasangan, sistem informasi manufaktur, CRAFT

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa sekarang efisiensi dari suatu kegiatan sangat diperlukan, khususnya di bidang industri. Karena dengan mengefisienkan suatu kegiatan produksi, maka perusahaan tersebut akan dapat terus bersaing dengan perusahaan lainnya. Salah satu contoh efisiensi dalam kegiatan produksi adalah mengefisienkan suatu kegiatan aliran material dari suatu departemen ke departemen lain dalam suatu pabrik, dengan efisiensi tersebut maka akan mengakibatkan beban aliran material dari suatu departemen ke departemen juga akan berkurang. Salah satu cara untuk dapat melakukan hal tersebut adalah dengan mengoptimalkan tata-letak dari departemen-departemen tersebut. Untuk dapat mengoptimalkan tata-letak suatu departemen-departemen, dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah metode tata-letak berorientasi proses.

1.2 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan yang hendak dicapai pada Tugas Akhir ini adalah membuat suatu perangkat lunak yang dapat memberikan simulasi hasil tata-letak departemen-departemen dari suatu pabrik dengan biaya atau beban aliran material yang kecil.

1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini yaitu :

1. Topik yang akan dibahas hanyalah pembuatan program simulasi tata-letak departemen dengan orientasi proses.
2. Bentuk tata-letak (pabrik dan departemen) yang disimulasikan berbentuk segi empat (persegi panjang maupun bujur sangkar).
3. Semua departemen memiliki bentuk dan ukuran yang sama.
4. Jumlah minimum departemen yang diperbolehkan adalah 3, sedangkan jumlah maksimum departemen yang dapat disimulasikan dibatasi sampai 50 departemen.
5. Tata-letak departemen-departemen dari suatu pabrik yang disimulasikan di sini hanya mempunyai 1 rantai atau tidak bertingkat.

II. DASAR TEORI

2.1 Peranan Aplikasi Komputer Dalam Dunia Industri

Pada zaman sekarang ini, penggunaan komputer dalam dunia industri sangat penting. Hal ini disebabkan oleh komputer dapat menyelesaikan suatu masalah dengan cepat. Untuk dapat menyelesaikan suatu masalah, komputer harus menggunakan aplikasi yang tepat dan sesuai dengan bidang masalah yang dihadapi.

Pada mulanya, aplikasi komputer hanya digunakan sebagai pengolahan data. Sistem pengolahan data yang digunakan pada perusahaan biasanya terdiri atas berbagai subsistem seperti pengkajian dan persediaan, sistem atau aplikasi seperti ini disebut sistem informasi akuntansi (SIA).

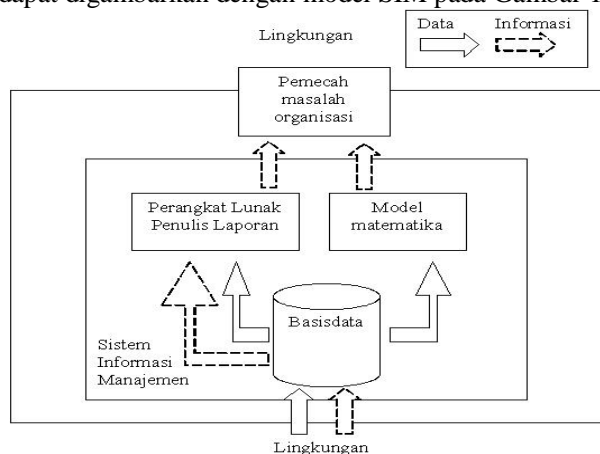
Namun seiring dengan berkembangnya aplikasi komputer, aplikasi komputer tidak hanya digunakan sebagai pengolah data melainkan juga sebagai penyedia atau penghasil informasi, dimana informasi ini dapat digunakan untuk pengambilan keputusan manajemen. Konsep yang pertama muncul dari aplikasi komputer ini adalah sistem informasi manajemen, atau SIM. Kemudian disusul dengan konsep sistem pendukung keputusan (*Decision Support System* atau DSS), kantor virtual (*Virtual Office*), dan sistem berbasis

pengetahuan. SIA, SIM, DSS, kantor virtual, dan sistem berbasis pengetahuan merupakan bagian dari sistem informasi berbasis komputer (*Computer Based Information System* atau CBIS).

2.2 Sistem Informasi Manajemen

Sistem informasi manajemen merupakan salah satu dari lima subsistem utama CBIS. Tujuannya adalah memenuhi kebutuhan informasi umum semua manajer dalam perusahaan atau dalam subunit organisasional perusahaan.

Sistem informasi manajemen (SIM) dapat didefinisikan sebagai sistem berbasis komputer yang menyediakan informasi bagi beberapa pemakai dengan kebutuhan yang serupa. Para pemakai biasanya membentuk suatu entitas organisasi formal pada perusahaan atau subunit di bawahnya. Definisi di atas dapat digambarkan dengan model SIM pada Gambar 1

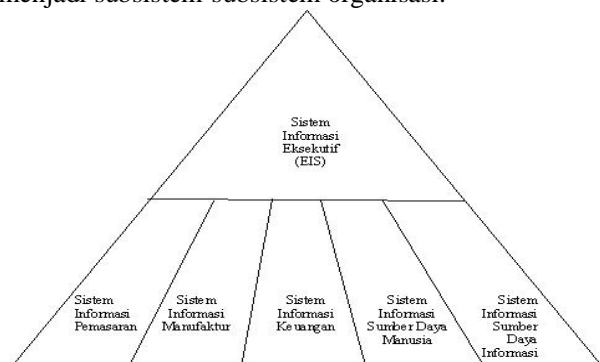


Gambar 1 Model Sistem Informasi Manajemen.

Sistem informasi manajemen dibagi menjadi subsistem-subsistem berikut ini :

1. Sistem informasi pemasaran.
2. Sistem informasi manufaktur.
3. Sistem informasi keuangan
4. Sistem informasi sumber daya manusia dan sistem manajemen sumber daya manusia
5. Sistem informasi sumber daya informasi
6. Sistem informasi eksekutif

Gambar 2 memperlihatkan subdivisi SIM menjadi subsistem-subsistem organisasi.



Gambar 2 Sistem Informasi Organisasi.

2.3 Sistem Informasi Manufaktur

Sistem informasi manufaktur menyediakan informasi mengenai operasi produksi. Keluaran dari sistem informasi manufaktur digunakan untuk menciptakan dan mengoperasikan sistem produk fisik. Oleh karena itu, sistem informasi manufaktur sangat dibutuhkan oleh manajemen manufaktur suatu perusahaan. Hal ini karena sistem informasi ini dapat memberikan manfaat, seperti penggunaan sumber daya yang efisien, meminimalkan biaya produksi, waktu produksi, serta memanfaatkan lokasi pabrik secara tepat dan efisien.

Sistem informasi manufaktur secara umum terdiri dari tiga subsistem masukan dan empat subsistem keluaran. Contoh dari subsistem masukan adalah subsistem informasi akuntansi, subsistem rekayasa industri (*industrial engineering*), dan subsistem intelijen manufaktur. Sedangkan contoh dari subsistem keluaran adalah subsistem produksi, subsistem persediaan, subsistem kualitas, dan subsistem biaya.

Data masukan dari subsistem masukan (biasanya berupa basisdata) akan diubah sebagai informasi oleh subsistem keluaran.

Subsistem produksi memungkinkan manajemen membangun dan mengoperasikan fasilitas manufaktur, mengukur proses dalam hal waktu, menelusuri arus kerja dari satu langkah ke langkah berikutnya, biasanya manajer (khususnya manajer keuangan) menggunakan subsistem ini untuk membangun fasilitas produksi baru dan mengoperasikan fasilitas yang ada.

Subsistem persediaan menggunakan rumus matematika untuk menentukan saat pemesanan kembali dan jumlahnya, dan mengukur volume aktivitas produksi saat persediaan diubah dari bahan mentah menjadi barang dalam proses dan akhirnya menjadi barang jadi.

Subsistem kualitas memungkinkan perusahaan mencapai kualitas produk dengan memantau arus material, dimulai dengan penerimaan dari pemasok, melalui proses produksi, dan berakhir dengan konsumsi atau penggunaan oleh pelanggan, juga mengukur kualitas material saat material tersebut diolah.

Subsistem biaya memungkinkan manajemen mengendalikan biaya dari kegiatan produksi ini melalui umpan balik informasi, juga mengukur biaya yang terjadi dalam proses produksi.

2.4 Tata-Letak Departemen Berorientasi Proses

Perusahaan yang telah menentukan lokasi usaha dan fasilitas yang diperlukan, selanjutnya perlu mengatur penempatan fasilitas usahanya pada lokasi tempat perusahaan akan melakukan operasi. Penataan fasilitas produksi inilah yang disebut dengan layout.

Fasilitas produksi di sini dapat berupa peralatan atau mesin yang diperlukan dalam proses produksi, orang, persediaan (*stock*), lokasi setiap departemen, dan seluruh lingkungan kerja baik yang sekarang digunakan atau yang akan diusulkan.

Pada tugas akhir ini hanya dibahas mengenai layout dari lokasi departemen. Dengan penataan lokasi departemen yang baik, diharapkan perusahaan mendapat keuntungan, antara lain :

1. Biaya penanganan bahan baku menjadi minimal.
2. Penggunaan ruangan yang efisien.
3. Mencegah terjadinya kemacetan aliran bahan.
4. Penggunaan tenaga kerja yang efisien.
5. Mengurangi waktu yang diperlukan dalam proses pabrikasi atau untuk melayani konsumen.

Dalam perancangan tata-letak berorientasi proses, taktik yang paling umum adalah mendekatkan departemen-departemen yang mempunyai interaksi tinggi sehingga meminimumkan biaya penanganan material. Untuk menghitung biaya aliran material dari satu departemen ke departemen lainnya, dapat digunakan rumus matematika berikut ini :

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} F_{ij} D_{ij} \quad (1)$$

dengan n = jumlah total pusat kerja atau departemen

Z = biaya total aliran material

C_{ij} = biaya memindah satu material dari departemen i ke departemen j , dengan $i \neq j$.

F_{ij} = aliran material dari departemen i ke departemen j , dengan $i \neq j$.

D_{ij} = jarak departemen i ke departemen j , dengan $i \neq j$.

i, j = departemen-departemen individual atau nomor departemen.

Perhitungan biaya aliran material dengan menggunakan rumus di atas dapat dilakukan dengan perhitungan manual, tetapi jika jumlah departemen yang harus ditangani banyak maka perhitungan tersebut akan terasa menjemukan dan membuang-buang waktu dan tenaga. Pada masa sekarang banyak aplikasi komputer yang dibuat khusus untuk menangani masalah tata-letak departemen seperti CRAFT (*Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*), PREP (*Plant Relay and Evaluation Package*), ALDEP (*Automated layout Design Program*), CORELAP (*Computerized Relationship Layout Planning*), dan masih banyak lagi. Aplikasi komputer yang akan digunakan sebagai referensi dalam pembuatan tugas akhir ini adalah aplikasi CRAFT.

III. PERANCANGAN SIMULASI

3.1 Pemodelan Simulasi Strategi Tata-Letak

Pada perancangan simulasi strategi tata-letak ini algoritma jalannya simulasi secara umum adalah sebagai berikut.

1. Langkah pertama : program simulasi akan menampilkan suatu tampilan untuk memasukkan masukan-masukan yang dibutuhkan, seperti jumlah departemen, panjang dan lebar departemen, panjang dan lebar pabrik, biaya memindahkan material antardepartemen, jumlah aliran material antardepartemen, dan urutan awal tata-letak departemen-departemen.

2. Langkah kedua : program akan mengecek masukan-masukan yang telah dimasukan oleh pengguna. Kemudian menghitung koordinat titik kiri atas, koordinat titik kanan bawah, dan koordinat titik tengah dari setiap lokasi departemen, dengan rumus :

$$(X_{tengah_i}) = \frac{(X_{kiriatas_i} + X_{kananbawah_i})}{2} \quad (2)$$

$$(Y_{tengah_i}) = \frac{(Y_{kiriatas_i} + Y_{kananbawah_i})}{2} \quad (3)$$

dengan : X_{tengah} = koordinat x dari titik tengah

Y_{tengah} = koordinat y dari titik tengah

$X_{kananbawah}$ = koordinat x dari titik kanan bawah

$Y_{kananbawah}$ = koordinat y dari titik kanan bawah

$X_{kiriatas}$ = koordinat x dari titik kiri atas

$Y_{kiriatas}$ = koordinat y dari titik kiri atas

i = nomor lokasi departemen

3. Langkah ketiga program akan menghitung jarak antar-lokasi departemen, yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$D_{ij} = \left| X_{tengah_i} - X_{tengah_j} \right| + \left| Y_{tengah_i} - Y_{tengah_j} \right| \quad (4)$$

dengan : X_{tengah} = koordinat x dari titik tengah

Y_{tengah} = koordinat y dari titik tengah

i, j = nomor lokasi departemen, $1 \dots n$

n = jumlah departemen

D_{ij} = Jarak dari lokasi departemen i ke departemen j , dengan $i \neq j$.

4. Langkah keempat : program akan menampilkan hasil perhitungan koordinat titik kiri atas, koordinat titik kanan bawah, koordinat titik tengah dari setiap lokasi departemen. Dan juga jarak antar-lokasi departemen.

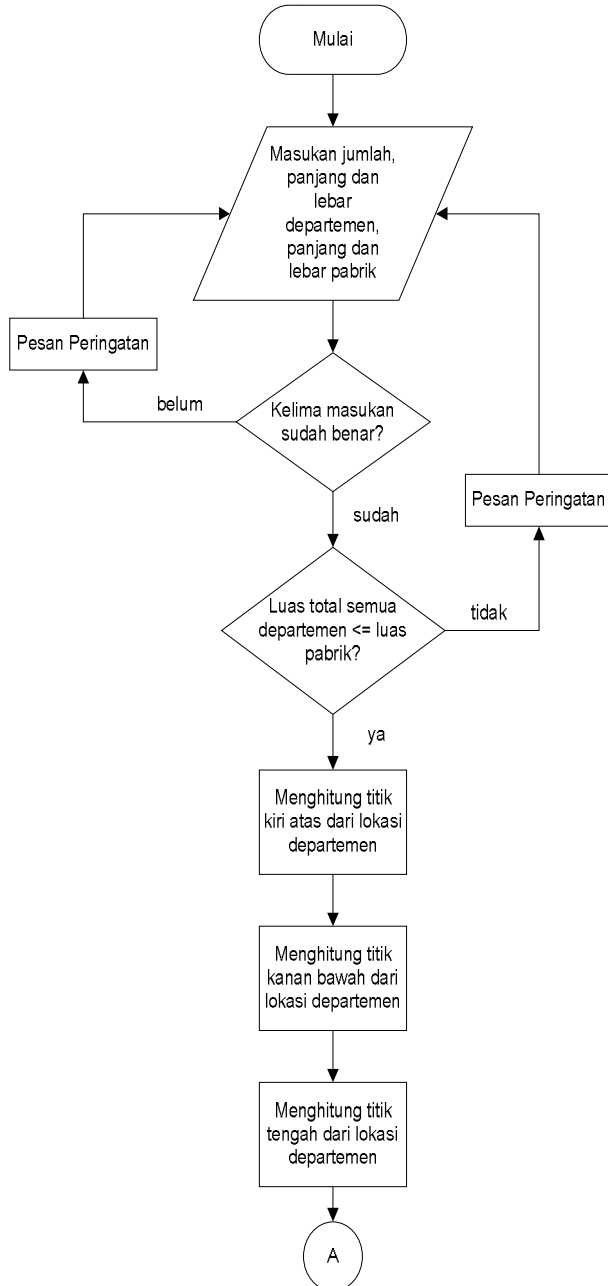
5. Langkah kelima : program akan menghitung biaya total aliran material menggunakan persamaan 1. Setelah biaya total aliran material telah diperoleh, maka biaya ini dan tata-letak awal departemennya akan disimpan.

6. Langkah keenam : program akan memulai menukar departemen secara berpasangan dengan menggunakan algoritma pertukaran pasangan.

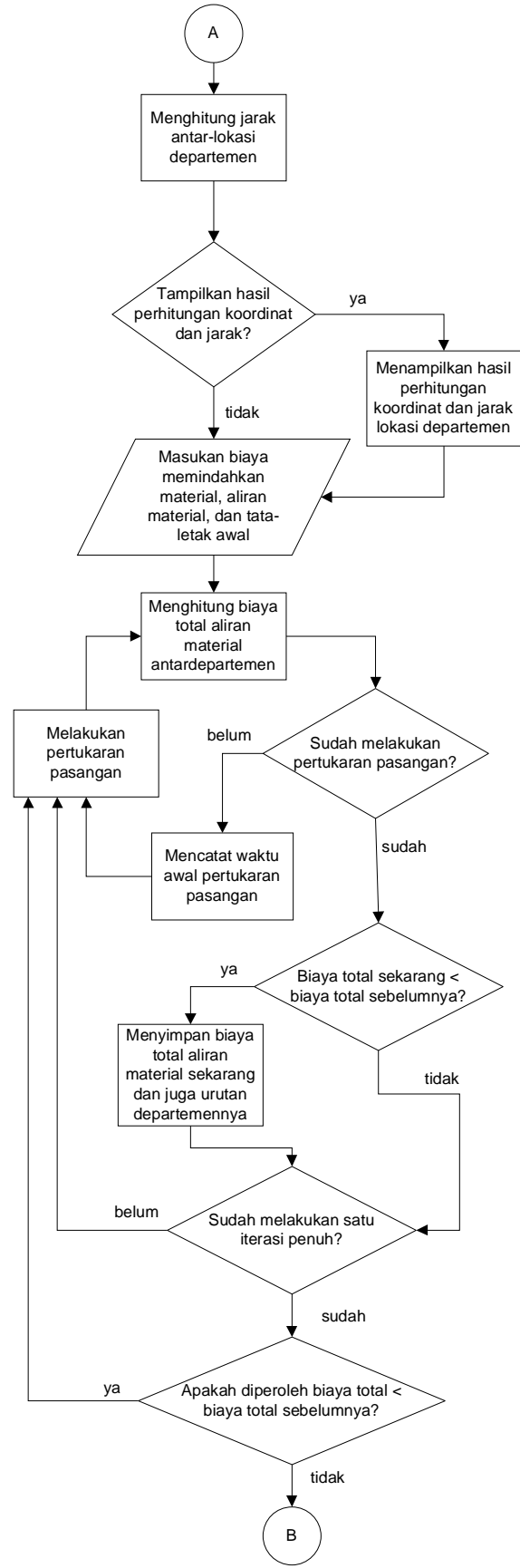
Urutan atau tata-letak departemen yang akan ditukar pertama kali adalah urutan departemen awal (*initial layout*) yang telah disimpan pada langkah 5. Pada pertukaran pasangan ini program juga mencatat waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh biaya total aliran paling minimum.

- Langkah Ketujuh : program akan menggambar tata-letak departemen yang menghasilkan biaya total yang paling kecil. Selanjutnya program juga menampilkan efisiensi dan waktu proses dari hasil perhitungan biaya total aliran material.

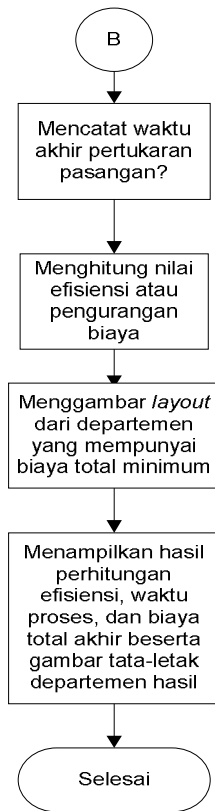
Berikutnya digambarkan diagram alir jalannya program secara umum, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir program simulasi tata-letak departemen (dilanjutkan).



Gambar 3 Diagram alir program simulasi tata-letak departemen (lanjutan).



Gambar 3 Diagram alir program simulasi tata-letak departemen (lanjutan).

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Perhitungan Koordinat dan Jarak Lokasi Departemen

Sebelum program melakukan perhitungan koordinat dan jarak lokasi antardepartemen, pengguna diharuskan sudah mengisi masukan-masukan seperti pada Gambar 4.

Jika masukan-masukan pada Gambar 4 sudah benar maka program dapat memulai perhitungan koordinat dan jarak, untuk hasil perhitungannya dapat dilihat pada Gambar 5. Perhitungan titik koordinat menggunakan persamaan (2) dan (3), sedangkan perhitungan jarak antar-lokasi departemen menggunakan persamaan (4).

Gambar 4 Contoh masukan.

4.2 Perhitungan Biaya Total Awal

Setelah melakukan perhitungan koordinat dan jarak lokasi antardepartemen, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya total aliran material awal. Pada perhitungan biaya ini selain membutuhkan hasil dari perhitungan sebelumnya, juga memerlukan

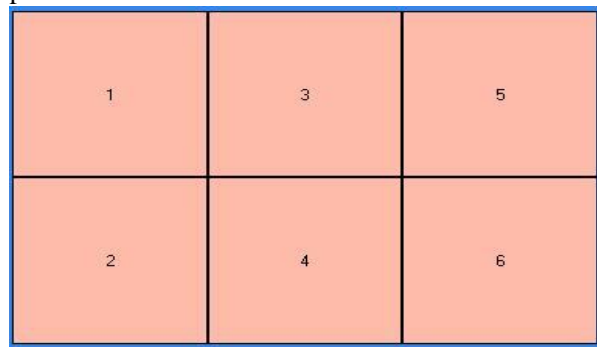
masukan-masukan yang lain seperti urutan awal tata-letak departemen, jumlah aliran material antardepartemen, dan juga biaya memindahkan material antardepartemen. Ketiga masukan ini dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 8, dan Gambar 9.

Gambar 5 Contoh hasil perhitungan koordinat dan jarak.

Kotak ke	No Departemen
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6

Gambar 6 Contoh urutan awal tata-letak departemen.

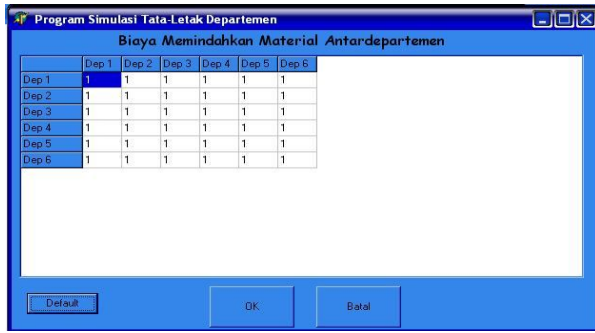
Untuk gambar dari tata-letak departemen dengan urutan seperti pada Gambar 6 di atas, dapat dilihat pada Gambar 7. Biaya total aliran material yang didapat untuk tata-letak seperti Gambar 7 adalah sebesar 1.120 (Gambar 10), biaya ini didapat dengan menggunakan persamaan 1.



Gambar 7 Tata-letak awal departemen.

	Dep 1	Dep 2	Dep 3	Dep 4	Dep 5	Dep 6
Dep 1		1	2	3	4	1
Dep 2			0	2	3	1
Dep 3				4	2	3
Dep 4	1				1	5
Dep 5						2
Dep 6						

Gambar 8 Contoh masukan aliran material.



Gambar 9 Contoh masukan biaya memindahkan material.

Biaya total aliran material yang didapat dari perhitungan ini akan disimpan bersama dengan urutan tata-letak departemennya. Keduanya disimpan untuk digunakan sebagai pembandingan pada perhitungan berikutnya.

4.3 Hasil Pertukaran Pasangan

Setelah biaya total awal didapat, langkah selanjutnya program akan melakukan pertukaran pasangan untuk mendapatkan tata-letak departemen yang mempunyai biaya aliran material yang paling minimum. Tata-letak departemen yang dihasilkan pada pertukaran pasangan ini dapat dilihat pada Gambar 11. Dan biaya total akhir yang dihasilkan dari perhitungan ini sebesar 980 seperti terlihat pada Gambar 10. Sehingga efisiensi atau pengurangan biaya yang didapat sekitar 12,5%.

Biaya Total Awal	1120
Biaya Total Akhir	980
Efisiensi	12.50 %

Gambar 10 Contoh biaya total aliran material.

5	1	3
2	4	6

Gambar 11 Hasil tata-letak departemen.

Pada Gambar 11 terlihat bahwa departemen yang mempunyai aliran material besar cenderung didekatkan, sebagai contoh departemen 1 didekatkan dengan departemen 5 (aliran material dari departemen 1 ke 5 adalah 4), departemen 1 dengan departemen 4 (aliran material dari departemen 1 ke 4 adalah 3), dan departemen 4 dengan 6 (aliran material dari departemen 4 ke 6 adalah 5). Untuk aliran material antardepartemen secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 8.

4.4 Perhitungan Biaya Aliran Material Untuk Urutan Departemen Yang Berbeda

Pada pengujian yang berikutnya akan dicoba menghitung biaya aliran material jika masukan yang diberikan sama seperti pada perhitungan sebelumnya. Tetapi untuk masukan urutan tata-letak awal departemen diubah seperti pada Gambar 12.

Kotak ke	No Departemen
1	1
2	4
3	2
4	5
5	3
6	6

Gambar 12 Contoh urutan awal yang sudah diubah.

Pada perhitungan untuk mencari biaya total aliran material yang paling kecil dengan urutan awal yang telah diubah didapat biaya total aliran material sebesar 1.020 (Gambar 13). Jika dibanding dengan biaya total awal yang sebesar 1.220 maka terjadi efisiensi atau pengurangan biaya sebesar 16,39%. Gambar hasil tata-letak departemen dapat dilihat pada Gambar 14.

Biaya Total Awal	1220
Biaya Total Akhir	1020
Efisiensi	16.39 %

Gambar 13 Contoh biaya total setelah diubah.

Ternyata dengan mengubah urutan awal tata-letak departemen dihasilkan biaya total (980 dan 1020) dan tata-letak departemen (Gambar 11 dan Gambar 14) yang berbeda. Hal ini disebabkan karena program simulasi ini menggunakan algoritma pertukaran pasangan, algoritma ini mempunyai kelemahan jika urutan tata-letak awal departemen (*initial layout*) yang diberikan berbeda maka hasil tata-letak akhir kemungkinan juga akan berbeda atau dapat disebut tergantung pada jalur yang dilalui (*path dependent*). Namun juga tidak menutup kemungkinan dihasilkan tata-letak yang sama, karena banyaknya kemungkinan perubahan tata-letak untuk 6 departemen yaitu sebesar 720 (atau $6! = 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$).

6	4	3
2	5	1

Gambar 14 Hasil tata-letak setelah diubah.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis program simulasi strategi tata-letak departemen-departemen pabrik, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dapat dibuat suatu aplikasi untuk simulasi tata-letak departemen berorientasi proses sebagai bagian dari sistem informasi manufaktur yang memiliki kemampuan untuk menampilkan simulasi tata-letak departemen-departemen dari suatu pabrik yang mempunyai biaya aliran material yang kecil.
2. Aplikasi simulasi tata-letak departemen ini akan meletakkan departemen-departemen yang mempunyai interaksi (aliran material) tinggi berdekatan, sedangkan departemen yang interaksinya kurang dijauhkan, sehingga beban aliran material akan berkurang dan efisiensi akan meningkat.
3. Pada penggunaan algoritma pertukaran pasangan (*pairwise*) ini terdapat sesuatu kekurangan, yaitu tidak bisa menghindari perhitungan biaya aliran material yang diulang beberapa kali untuk suatu urutan departemen yang sama pada suatu iterasi dalam perhitungan.
4. Pada simulasi tata-letak menggunakan algoritma pertukaran pasangan (*pairwise exchange*) ini, diperoleh hasil bahwa tata-letak yang dihasilkan tergantung pada urutan awal tata-letak departemen (*initial layout*) atau tergantung jalur yang dilalui (*path dependent*). Jadi urutan awal yang berbeda memungkinkan hasil akhir tata-letak yang berbeda pula.
5. Pada simulasi tata-letak ini jika terdapat biaya aliran material yang sama, maka yang digunakan dalam perhitungan adalah biaya aliran material yang pertama, sedangkan yang berikutnya akan diabaikan.
6. Simulasi tata-letak ini hanya memungkinkan untuk tata-letak departemen yang berbentuk segi empat, selain itu simulasi ini juga hanya mengenal satu ukuran (panjang dan lebar) dan satu bentuk untuk semua departemen.

5.2 SARAN

1. Program simulasi tata-letak ini dapat dijadikan referensi untuk membuat tata-letak departemen yang mempunyai lantai lebih dari satu.
2. Program ini juga dapat disempurnakan dengan membuat variasi ukuran departemen yang akan dicari tata-letaknya sehingga lebih fleksibel dalam penerapannya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alam, M. A. J., *Belajar Sendiri Borland Delphi 6*, PT Elex Media Komputindo, Kelompok Gramedia, Jakarta, 2001.

- [2] Isnanto, R.R., *Diklat Mata Kuliah Manajemen Industri Dan Proyek*,----.
- [3] Joko, S., *Manajemen Produksi dan Operasi (Suatu Pengantar)*, Edisi revisi, UMM Press, Malang, 2004.
- [4] McLeod Jr., R., *Sistem Informasi Manajemen*, Edisi ke tujuh, PT PRENHALLINDO, Jakarta, 2001.
- [5] Papahristodoulou, C., *A binary LP model to the facility layout problem*, www.optimization-online.org/DB_FILE/2002/04/462.pdf,----.
- [6] StJohn, L., *Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*, www.freequality.org/beta%20freequal/fq%20web%20site/Training/Classes%20Spring%202002/CRAFT.ppt, 2002
- [7] Weng, L., *Efficient and Flexible Algorithm for Plant Layout Generation*, Dissertasi S-3, West Virginia University, Morgantown, West Virginia, www.kitkat.wvu.edu:8080/files/1167.1.weng_li_etd.pdf, 1999.
- [8] ----, *Tip dan Trik Pemrograman Delphi 7*, Kerjasama penerbit ANDI dengan wahana komputer, Yogyakarta, 2003.
- [9] ----, *Chapter Six Computational Facility Layout*, Wright State University, chapter6.ppt, ----.
- [10] ----, <http://www.me.utexas.edu/craft.html>
- [11] ----, http://www.ateneonline.it/chase/studenti/tn/6184-7_tn05.pdf
- [12] ----, <http://www.the-job-master.com/resources/Systems-Integration-of-Manufacturing-Applications-39.html>
- [13] ----, <http://puslit.petra.ac.id/journals/industrial/industry03-02-01-6.htm>
- [14] ----, http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abs_free.jsp?arNumber=171853
- [15] ----, <http://www.ent.ohiou.edu/~dkoonce/papers/cie2.html>



Rudy Krismawan

L2F 000 635

Lahir pada tanggal 24 Maret 1982 di Pati, sebuah kota kecil di Jawa Tengah. Menempuh pendidikan di SD Kanisius I Pati lulus tahun 1994, kemudian melanjutkan ke SMP Kanisius Pati lulus tahun 1997. Lalu melanjutkan ke SMU Negeri 1 Pati lulus tahun 2000, dan sekarang sedang menyelesaikan studi S1 pada Jurusan Teknik Elektro konsentrasi Informatika dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.

Mengetahui / Mengesahkan

Pembimbing I

R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.

NIP. 132 288 515

Pembimbing II

Aghus Sofwan, S.T., M.T.

NIP. 132 163 757