

USULAN PERBAIKAN TATA LETAK PABRIK DI PT. A DENGAN METODE *GRAPH THEORETIC APPROACH*

Elly Setia Budi, Julius Mulyono*, Dian Retno Sari Dewi

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya, Indonesia

ABSTRAK

Tata letak pabrik adalah tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik secara efektif dan efisien pada area yang telah disediakan, sehingga dapat meminimasi pergerakan. Perpindahan material yang pendek akan meminimasi total momen perpindahan dan akan membuat waktu yang dibutuhkan semakin kecil, hal tersebut dapat memperkecil biaya material handling yang harus dikeluarkan. Perpindahan material yang pendek dilakukan dengan merancang tata letak pabrik yang baik. Untuk memecahkan masalah perancangan tata letak pabrik yang melibatkan banyak departemen, dapat digunakan salah satu metode heuristik, yakni Graph Theoretic Approach, yang dilakukan dengan mengidentifikasi Maximal PAG departemen-departemen pada lantai produksi.

Tempat penelitian dilakukan pada PT. A, sebuah industri yang bergerak pada bidang manufaktur yang memproduksi furniture dan merupakan perusahaan job shop. Beberapa macam produk yang dihasilkan, seperti meja belajar dan meja komputer. Layout lantai produksi PT. A tidak pernah berubah secara signifikan dari awal pendirian. Selama ini hanya dilakukan peletakan mesin baru pada area yang kosong. Pada lantai produksi PT.A akan dilakukan perancangan tata letak yang dapat meminimasi total momen perpindahan yang terjadi dengan menggunakan Graph Theoretic Approach. Layout usulan didapatkan dengan membuat Maximal PAG dari beberapa iterasi, kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mencari solusi dari permasalahan ini. Dari hasil penelitian, diperoleh pengurangan total momen perpindahan sejumlah 1.155.006,2603 kg.m dengan persentase minimasi 47,9323 % dari layout awal.

Kata kunci : *Graph Theoretic Approach*, Tata Letak Pabrik, Total Momen Perpindahan

I. Pendahuluan

Tata letak pabrik atau disebut juga sebagai tata letak fasilitas adalah tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik untuk menunjang proses produksi, dengan menempatkan mesin atau fasilitas penunjang lain secara efektif dan efisien pada area yang telah disediakan, sehingga dapat meminimasi pergerakan dari fasilitas satu ke fasilitas lainnya. Tata letak yang terencana dengan baik akan ikut menentukan kelancaran dan kesuksesan kerja pabrik itu sendiri^[1] (Wignjosoebroto, 1996). Perpindahan material yang pendek akan membuat waktu yang dibutuhkan semakin kecil, hal tersebut dapat memperkecil *material handling cost* yang harus dikeluarkan (Heragu, 1997).

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya (Heragu, 2008) dinyatakan bahwa metode *Graph Theoretic Approach* dapat digunakan untuk merancang tata letak pabrik dengan mengidentifikasi *Maximal Planar Adjacency Graph* (PAG). Metode *Graph Theoretic Approach* digunakan dengan cara *trial and error* dan mempertimbangkan total momen untuk menentukan kedekatan masing-masing departemen^[2].

PT. A adalah sebuah industri yang bergerak pada bidang manufaktur yang memproduksi *furniture*. Perusahaan yang terletak di kota Surabaya ini memiliki beberapa macam produk *furniture* yang dihasilkan, seperti meja belajar,

meja komputer, kursi, dll. PT. A merupakan perusahaan *job shop*, dimana proses produksi pada masing-masing produk mempunyai urutan pengerjaan yang berbeda-beda. Selain itu, *layout* dari lantai produksi PT.A merupakan *process layout* karena penataan fasilitas yang ada tidak berorientasi pada produk, tetapi berdasarkan proses.

Selama ini PT. A kurang menyadari bahwa penataan *layout* dari lantai produksi penting untuk diperhatikan. Penataan *layout* yang tidak efisien akan mengakibatkan total momen perpindahan semakin besar dan juga memperbesar biaya *material handling*. Pada saat ini, masih terjadi perpindahan material dengan jarak yang cukup jauh dari mesin satu ke mesin lainnya di dalam lantai produksi. *Layout* lantai produksi PT. A tidak pernah berubah secara signifikan dari awal pendirian. Selama ini hanya dilakukan peletakan mesin baru pada area yang kosong. Hal ini menyebabkan total momen perpindahan yang besar, sehingga meningkatkan biaya *material handling* yang berarti peningkatan beban biaya produksi. Dalam hal ini secara tidak sadar perusahaan akan mengeluarkan biaya yang cukup besar untuk mengatasi permasalahan yang ada.

Perancangan tata letak pabrik yang baru, dibutuhkan pada perusahaan *furniture* ini. *Layout* lantai produksi pabrik akan dirancang menggunakan *Graph Theoretic Approach*.

*corresponding author

E-mail : juliusnyamulyono@yahoo.com (Julius Mulyono)

Dimana metode GTA merupakan algoritma heuristik yang dapat memberikan gambaran secara langsung tentang hubungan antar departemen sehingga lebih mudah dimengerti. Metode ini dapat digunakan untuk menganalisis tata letak fasilitas yang berisi 12 departemen atau lebih. Selain itu, jarak yang digunakan dalam perhitungan GTA dapat berupa bilangan pecahan desimal. Pada beberapa metode lain ukuran berupa angka yang digunakan haruslah bilangan bulat. Hal ini dapat mengurangi tingkat akurasi ukuran yang sebenarnya. Penelitian dengan metode ini dilakukan untuk mengurangi total momen perpindahan ($\text{massa} \times \text{jarak}$) yang terjadi pada rantai produksi. Dengan adanya pengurangan total momen perpindahan, maka biaya produksi yang ditujukan untuk *material handling cost* akan berkurang.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Tata Letak Pabrik^[1]

Tata letak pabrik adalah tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik guna menunjang kelancaran proses produksi dengan memperhatikan beberapa hal berikut ini:

1. Luas dan bentuk bangunan
2. Area untuk penempatan mesin/fasilitas penunjang produksi lainnya
3. Ruang untuk pergerakan material
4. Area penyimpanan
5. Ruang pergerakan pekerja

Perancangan tata letak pabrik adalah pengorganisasian fasilitas fisik pabrik agar penggunaan peralatan, mesin, material, tenaga kerja, dan energi dapat berlangsung efisien.

Susunan tata letak yang tidak baik akan menyebabkan terjadinya kesimpangsiuran aliran material dan informasi. Akibatnya biaya angkut material menjadi sangat besar. Sebaliknya, tata letak yang efektif dapat memberikan iklim kerja yang baik dan meningkatkan efisiensi proses produksi.

II.2. Tipe Layout^[2]

Ada beberapa tipe *layout* yang umumnya dipelajari dan digunakan pada pabrik-pabrik tertentu. Berikut ini adalah beberapa tipe *layout* yang umum digunakan:

1. *Product Layout*

Product Layout adalah metode pengaturan dan penempatan semua fasilitas produksi yang diperlukan ke dalam satu departemen secara khusus sehingga suatu produk akan dapat dikerjakan sampai selesai di dalam departemen tersebut tanpa harus pindahkan ke departemen yang lain.

2. *Process Layout*

Process Layout adalah metode pengaturan dan penempatan semua fasilitas ke dalam suatu kelompok sesuai dengan fungsi dari fasilitas tersebut.

3. *Fixed Position Layout*

Fixed Position Layout adalah metode pengaturan di mana semua fasilitas yang bergerak atau berpindah menuju ke produk karena produk tidak akan dipindahkan selama proses produksi.

4. *Group Technology-Based Layout*

Group Technology-Based Layout merupakan suatu filosofi manajemen yang berusaha mengelompokkan produk-produk menurut persamaan desain atau karakteristik *manufacturing* atau keduanya.

5. *Hybrid Layout*

Hybrid Layout adalah suatu metode pengaturan fasilitas yang menggunakan kombinasi beberapa tipe *layout* yang telah disebutkan.

II.3. Material Handling^[3]

Material Handling adalah suatu aktivitas dengan menggunakan metode yang benar untuk menghasilkan sejumlah material yang tepat, material yang benar, pada tempat yang benar, di waktu yang tepat, di urutan proses yang benar, pada posisi yang tepat, dan dengan biaya yang benar. *Material Handling* juga dinyatakan sebagai suatu seni dan pengetahuan dari memindahkan, menyimpan, melindungi, dan mengontrol material. *Material Handling* menambah biaya, tetapi tidak menambah nilai dari suatu produk yang dihasilkan.

II.4. From to Chart^[4]

From To Chart disebut pula sebagai *Trip Frequency Chart* atau *Travel Chart*, yaitu suatu teknik konvensional yang umum digunakan untuk perencanaan tata letak pabrik dan pemindahan bahan dalam suatu proses produksi. Teknik ini sangat berguna untuk kondisi di mana banyak item yang mengalir melalui suatu area seperti *job shop*, bengkel permesinan, kantor, dan lain-lain. Angka-angka yang terdapat dalam suatu *From To Chart* akan menunjukkan beberapa ukuran yang perlu diketahui untuk analisa aliran bahan, seperti jumlah beban yang dipindahkan, jarak tempuh, volume, atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut. *From To Chart* digunakan sebagai dasar bagi penyusunan data dalam perbaikan tata letak pabrik. Contoh *From to Chart* disajikan pada Gambar 1.

From \ To	A	B	C	D
A		75		80
B			45	
C	40			35
D				

Gambar 1. Contoh From to Chart

II.5. Rectilinear Distance Measures^[3]

Jika x_i merupakan koordinat horizontal dari centroid mesin/departemen ke- i , y_i merupakan koordinat vertikal dari centroid mesin/departemen ke- i , dan d_{ij} menunjukkan jarak *rectilinear* antara centroid mesin/departemen i dan j , maka d_{ij} dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \dots\dots\dots \text{(Persamaan 1)}$$

II.6. Graph Theoretic Approach^[2]

Graph Theoretic Approach merupakan salah satu algoritma heuristik yang dikembangkan oleh Stefan Hetzl dan Peter Mutzel, untuk mengidentifikasi *Maximal Planar Adjacency Graph* (PAG). Departemen-departemen yang harus saling berdekatan dapat diketahui melalui *Maximal* PAG tersebut^[4].

Berikut ini adalah langkah-langkah untuk pembuatan Maximal PAG dengan menggunakan metode GTA:

1. Tentukan pasangan mesin dalam *flow matrix* yang memiliki aliran perpindahan terbesar. Letakkan node-node tersebut dalam PAG baru dan hubungkan.
2. Dari baris node-node yg terhubung tersebut pada *flow matrix*, carilah node yang belum ada di PAG dan memiliki aliran perpindahan terbanyak dengan node yang telah terhubung di PAG.
3. Perbarui PAG dengan menghubungkan node terpilih dengan node-node pada PAG (yang terpilih pd langkah ke-1). Hal ini akan membentuk *triangular face* pada PAG. Pilihlah permukaan ini dan lanjutkan ke langkah ke-4.
4. Dari setiap kolom pada *flow matrix*, di mana node belum ada di PAG, lakukan jumlahan dari aliran masuk ke baris yang ada di node-node dari permukaan segitiga terpilih. Pilihlah kolom dengan jumlahan terbesar. Perbarui PAG dengan meletakkan node di antara permukaan terpilih dan hubungkan node tersebut dengan node-node dari permukaan terpilih tersebut. Hal ini akan membentuk 3 permukaan segitiga baru.
5. Secara arbiter, pilihlah salah satu permukaan yang telah terbentuk dan

lanjutkan ke langkah ke-4. Kemudian ulangi langkah ke-5 sampai semua node telah masuk ke dalam PAG.

III. Metode Penelitian

III.1. Pengumpulan Data yang Diperlukan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan. Data yang diperlukan meliputi hal-hal yang berkaitan dengan proses produksi, massa masing-masing *part* yang akan dipindahkan, total momen perpindahan awal, luasan lantai produksi, hingga penataan departemen yang digunakan pada lantai produksi di PT. A.

III.2. Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data lebih lanjut dari data yang telah diperoleh. Dilakukan pembuatan *layout* awal lantai produksi perusahaan, kemudian dibuat *layout* usulan baru dengan menata departemen yang ada pada lantai produksi. Dihitung perpindahan massa yang terjadi antar masing-masing departemen. Kemudian dibuat *from to chart* dan *flow matrix* sebagai alat bantu dalam pengerjaan menggunakan metode GTA. Setelah itu dilakukan pembuatan *maximal* PAG dari menghubungkan *node-node* yang terpilih. Selanjutnya digambarkan *dual* dari *maximal* PAG untuk mengetahui departemen yang seharusnya berdekatan. Dari *dual maximal* PAG dapat digambarkan *layout* usulan dengan mengikuti langkah algoritma heuristik baru yang mempertimbangkan bobot antar masing-masing departemen. Setelah itu dilakukan perhitungan total momen perpindahan dari *layout* usulan untuk dibandingkan dengan total momen perpindahan *layout* awal. Pengusulan *layout* yang baru disesuaikan dengan keadaan luas dan jumlah mesin perusahaan. Setiap perpindahan yang terjadi dihitung secara *rectilinear* dan diasumsikan perpindahan dimulai dan diakhiri pada titik berat (*centroid*) mesin.

III.3. Analisa Data

Dalam tahap ini dilakukan analisa berdasarkan hasil dari pengolahan data. Pembahasan tersebut berupa perbandingan perhitungan total momen perpindahan antara *layout* awal dengan *layout* usulan. Pengurangan perpindahan total momen dapat mempengaruhi penghematan *Material Handling Cost* yang terjadi melalui penggunaan *layout* usulan.

III.4. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan yang dihasilkan dari pengolahan dan

analisa data penelitian yang telah dilakukan secara keseluruhan pada PT. A, serta memberikan saran-saran yang bermanfaat bagi PT. A sebagai tempat penelitian.

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara kepada pihak perusahaan yang bersangkutan dan observasi langsung pada perusahaan terkait. Produk yang dijadikan objek penelitian adalah seluruh produk yang biasanya diproduksi hingga saat penelitian dilakukan. Produk tersebut adalah meja komputer (GT47476, OL61611, AF85885) dan meja belajar (P12133, H43477). Produk bersifat *knockdown*. Bahan baku utama yang digunakan adalah kayu PB (*Particle Board*) dan pipa besi.

IV.1. Data Part List Produk

Berikut ini adalah data rincian part list yang dibutuhkan untuk membuat produk-produk pada PT. A yang dipisahkan menurut jenis produknya. Rincian tersebut disajikan pada Tabel 2.

IV.2. Data Demand Produk

PT. A akan memproduksi produk yang telah dipesan dari buyer dengan spesifikasi yang telah ditentukan. PT. A menggunakan sistem job order pada perusahaannya. Pengamatan dilakukan pada data demand dengan jenjang waktu setahun terakhir. Demand pada setiap bulannya konstan dan stationer. Demand produk per bulan yang saat ini diproduksi secara reguler oleh perusahaan dapat dilihat pada Tabel 3.

IV.3. Data Departemen

Data departemen akan ditunjukkan pada Tabel 4. Ukuran untuk masing-masing departemen telah mencakup allowance yang digunakan untuk ruang gerak pengoperasian operator.

IV.4. Routing Process

Routing Process untuk pengerjaan masing-masing part produk dari awal pengerjaan hingga akhir dapat dilihat pada Tabel 5.

IV.5. Dimensi dan Luas Area Lantai Produksi PT. A

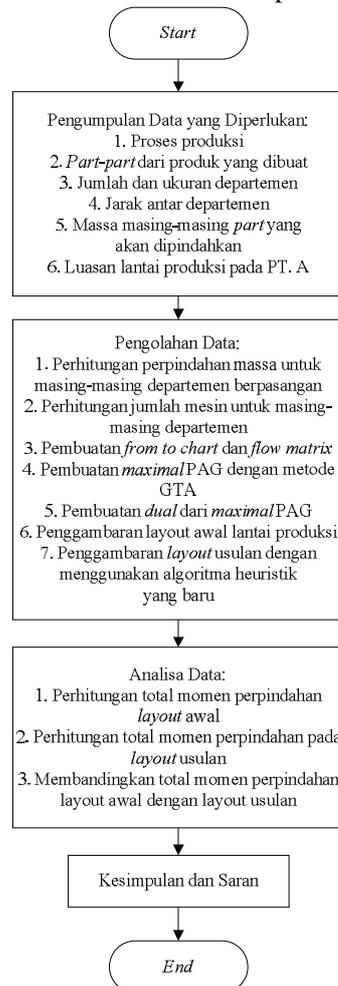
Lantai Produksi pada PT. A memiliki luas area 1225 m² dengan panjang dan lebar 35 m x 35 m. Area lantai produksi pada PT. A cukup lengang. Jarak minimal masing-masing antar departemen adalah ± 2 m. Hal ini bertujuan untuk meminimasi terjadinya tabrakan antar operator karena akan membahayakan keselamatan masing-masing operator. Selain itu juga untuk mempermudah pemindahan benda kerja antar departemen selama proses produksi. Layout awal dapat dilihat pada Gambar 7.

IV.6. Perhitungan Jumlah Mesin

Perhitungan jumlah mesin digunakan untuk membandingkan jumlah mesin awal perusahaan dengan perhitungan yang dilakukan. Rekapitulasi dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7.

IV.7. Perpindahan Massa

Perhitungan perpindahan massa diperlukan untuk mengetahui beban yang dipindahkan pada masing-masing hubungan departemen dengan *demand* per bulan. Rekapitulasi dari perhitungan yang telah dilakukan dapat dilihat pada *From To Chart* Tabel 8. dan *Flow Matrix* pada Tabel 9.



Gambar 6. Flowchart Metodologi Penelitian

Tabel 3. Demand per Bulan Untuk Masing-masing Jenis Produk

No.	Jenis	Demand/bulan (unit)			
		Natural 1	Natural 2	Solid 1	Solid 2
1	GT47476	65	50	45	35
2	OL61611	45	30	35	25
3	AF85885	50	40	35	30
4	P12133	55	45	30	25
5	H43477	40	35	30	25

Tabel 2. Data *Part List* Untuk Masing-masing Jenis Produk

Jenis	No.	Part	Material	Jumlah (unit)	Massa (Kg/unit)
GT47476	1	Top Panel	Kayu PB	1	2,5
	2	Printer Panel	Kayu PB	1	2,1
	3	Side Keyboard	Kayu PB	2	0,4
	4	Keyboard Panel	Kayu PB	1	1,9
	5	Monitor Panel	Kayu PB	1	2,4
	6	Back Monitor	Kayu PB	1	0,6
	7	Panel Kecil	Kayu PB	1	0,7
	8	Panel Bawah	Kayu PB	1	2,2
	9	Plat Penyangga Monitor	Plat Besi	2	0,2
	10	Pipa Pembatas Monitor	Pipa Besi	1	0,2
	11	Pipa Pembatas Printer	Pipa Besi	1	0,2
	12	Kaki Kecil	Pipa Besi	2	0,15
	13	Penyangga Horizon Atas	Besi Holo Kotak	2	0,25
	14	Penyangga Belakang Atas	Besi Holo Kotak	2	0,45
	15	Penyangga Keyboard	Besi Holo Kotak	2	0,35
	16	Kaki Horizon	Besi Holo Kotak	2	0,5
	17	Kaki Penyangga	Besi Holo Kotak	2	0,6
	18	Kaki Belakang	Besi Holo Kotak	2	0,55
	19	Rail	Besi	2	0,15
	20	Plastik Penutup	Plastik	14	0,0025
	21	Roda	Plastik	4	0,05
OL61611	1	Main Panel	Kayu PB	1	2,9
	2	Top Panel	Kayu PB	1	2,1
	3	Side Panel	Kayu PB	2	2,6
	4	Back Panel	Kayu PB	1	2,4
	5	Panel Kecil	Kayu PB	1	2
	6	Sekat	Kayu PB	1	1,5
	7	Panel Bawah	Kayu PB	1	2,5
	8	Plat Penyangga Panel	Plat Besi	2	0,2
	9	Penyangga Horizon Atas	Besi Holo Kotak	2	0,4
	10	Penyangga Belakang	Besi Holo Kotak	2	0,45
	11	Pipa Pembatas Monitor	Pipa Besi	1	0,2
	12	Roda	Plastik	4	0,05
AF85885	1	Top Panel	Kayu PB	1	2,3
	2	Mid Panel	Kayu PB	1	2,7
	3	Side Keyboard	Kayu PB	2	0,4
	4	Keyboard Panel	Kayu PB	1	1,9
	5	Panel Bawah	Kayu PB	1	2
	6	Ass Putar	Pipa Besi	1	0,7
	7	Penyangga Belakang	Besi Holo Kotak	2	0,45
	8	Penyangga Horizon Atas	Besi Holo Kotak	2	0,35
	9	Penyangga Keyboard	Besi Holo Kotak	2	0,3
	10	Kaki	Besi Holo Kotak	4	0,55
	11	Kaki Horizon	Besi Holo Kotak	2	0,5
	12	Penyangga Mid Panel	Besi Holo Kotak	1	0,4
	13	Kaki Mid Panel	Besi Holo Kotak	2	0,55
	14	Kaki Horizon Mid Panel	Besi Holo Kotak	1	0,5
	15	Alas Kaki	Plastik	4	0,05
	16	Rail	Besi	2	0,15
	17	Plastik Penutup	Plastik	12	0,0025
	18	Roda	Plastik	2	0,05
P12133	1	Top Panel	Kayu PB	1	4,1
	2	Sekat Atas	Kayu PB	2	0,95
	3	Sekat Bawah	Kayu PB	2	0,95
	4	Side Panel Atas	Kayu PB	2	1,35
	5	Kaki	Kayu PB	3	2,8
	6	Pintu Lemari	Kayu PB	1	3
	7	Alas Lemari	Kayu PB	1	1,8
	8	Lemari Belakang	MDF	1	0,3
	9	Alas Kaki	Plastik	6	0,05
	10	Knob Handle	Plastik	1	0,01
	11	Kunci Set	Besi	1	0,4
	12	Engsel	Besi	2	0,3
H43477	1	Main Panel	Kayu PB	1	3,8
	2	Top Panel	Kayu PB	1	2,3
	3	Panel Bawah	Kayu PB	1	2,7
	4	Pembatas Atas	Kayu PB	1	1,1
	5	Side Pembatas Atas	Kayu PB	2	0,8
	6	Penutup Belakang	MDF	1	0,3
	7	Penyangga Horizon Top Panel	Besi Holo Kotak	2	0,25
	8	Penyangga Top Panel	Besi Holo Kotak	2	0,45
	9	Penyangga Horizon Main Panel	Besi Holo Kotak	2	0,4
	10	Kaki Belakang	Besi Holo Kotak	2	0,55
	11	Kaki Penyangga	Besi Holo Kotak	2	0,6
	12	Penyangga Horizon Bawah	Besi Holo Kotak	2	0,5
	13	Alas Kaki	Plastik	4	0,05

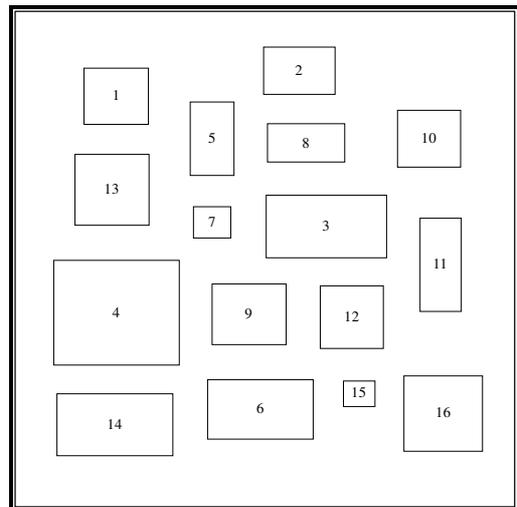
Keterangan nomor-nomor untuk nama masing-masing part setiap jenis produk yang tertera pada **Tabel 5.** dapat dilihat pada **Tabel 6.** di bawah ini.

Tabel 6. Keterangan Nomor untuk Nama *Part* Setiap Jenis Produk

Jenis	No.	Part
GT47476	I	Top Panel
	II	Printer Panel
	III	Side Keyboard
	IV	Keyboard Panel
	V	Monitor Panel
	VI	Back Monitor
	VII	Panel Kecil
	VIII	Panel Bawah
	IX	Plat Penyangga Monitor
	X	Pipa Pembatas Monitor
	XI	Pipa Pembatas Printer
	XII	Kaki Kecil
	XIII	Penyangga Horizon Atas
	XIV	Penyangga Belakang Atas
	XV	Penyangga Keyboard
	XVI	Kaki Horizon
	XVII	Kaki Penyangga
	XVIII	Kaki Belakang
	XIX	Rail
	XX	Plastik Penutup
	XXI	Roda
OL61611	I	Main Panel
	II	Top Panel
	III	Side Panel
	IV	Back Panel
	V	Panel Kecil
	VI	Sekat
	VII	Panel Bawah
	VIII	Plat Penyangga Panel
	IX	Penyangga Horizon Atas
	X	Penyangga Belakang
	XI	Pipa Pembatas Monitor
	XII	Roda
AF85885	I	Top Panel
	II	Mid Panel
	III	Side Keyboard
	IV	Keyboard Panel
	V	Panel Bawah
	VI	Ass Putar
	VII	Penyangga Belakang
	VIII	Penyangga Horizon Atas
	IX	Penyangga Keyboard
	X	Kaki
	XI	Kaki Horizon
	XII	Penyangga Mid Panel
	XIII	Kaki Mid Panel
	XIV	Kaki Horizon Mid Panel
	XV	Alas Kaki
	XVI	Rail
	XVII	Plastik Penutup
	XVIII	Roda

Lanjutan Tabel 6. Keterangan Nomor untuk Nama *Part* Setiap Jenis Produk

P12133	I	Top Panel
	II	Sekat Atas
	III	Sekat Bawah
	IV	Side Panel Atas
	V	Kaki
	VI	Pintu Lemari
	VII	Alas Lemari
	VIII	Lemari Belakang
	IX	Alas Kaki
	X	Knob Handle
	XI	Kunci Set
	XII	Engsel
H43477	I	Main Panel
	II	Top Panel
	III	Panel Bawah
	IV	Pembatas Atas
	V	Side Pembatas Atas
	VI	Penutup Belakang
	VII	Penyangga Horizon Top Panel
	VIII	Penyangga Top Panel
	IX	Penyangga Horizon Main Panel
	X	Kaki Belakang
	XI	Kaki Penyangga
	XII	Penyangga Horizon Bawah
	XIII	Alas Kaki
	XIV	Plastik Penutup



No.	Nama Departemen
1	Meja Penempelan
2	Hot Press
3	Area Plotting
4	Band Saw
5	Table Saw
6	Mesin Las
7	Mesin Bending
8	Mesin Pemotong Besi

No.	Nama Departemen
9	Area Rust Remover
10	Spray Gun
11	Mesin Oven
12	Gerinda
13	Mesin Bor
14	Meja Inspeksi
15	Operator Manual
16	Packing

Gambar 7. Layout Awal Lantai Produksi PT. A (Skala 1:450) dan Keterangan

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Mesin untuk Setiap Departemen

No.	Nama Departemen	Pembulatan Jumlah Mesin (unit)
1	Meja Penempelan	-
2	Hot Press	-
3	Area Plotting	2
4	Band Saw	2
5	Table Saw	1
6	Mesin Las	2
7	Mesin Bending	1
8	Mesin Pemotong Besi	2
9	Area Rust Remover	-
10	Spray Gun	2
11	Mesin Oven	-
12	Gerinda	2
13	Mesin Bor	2
14	Meja Inspeksi	4
15	Operator Manual	1
16	Packing	1

IV.8. Pembuatan Layout Usulan dengan Menggunakan GTA

Iterasi 0

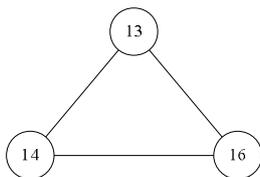
Dari seluruh node yang tersedia, dipilih jumlah aliran perpindahan massa yang paling besar, yaitu node 14 dan 16 (sebesar 15406,5 kg). Kemudian node 14 dan 16 dihubungkan.



Gambar 8. Menghubungkan Node 14 dengan 16

Iterasi 1

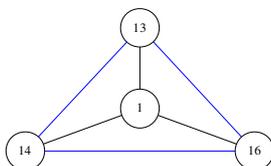
Dipilih busur 14–16, node 13 memiliki jumlah aliran perpindahan terbesar dengan node 14 dan 16 (sebesar 13183,0029 kg). Kemudian node 13 yang terpilih dan dihubungkan dengan node 14 dan 16.



Gambar 9. Menghubungkan Busur 14–16, dengan Node 13

Iterasi 2

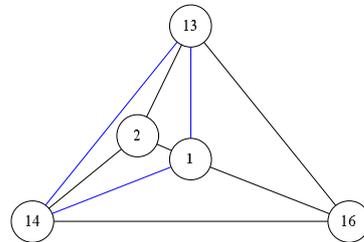
Dipilih busur 13-14-16, node 1 memiliki jumlah aliran perpindahan terbesar dengan node 13, 14, dan 16 (11113,8876 kg). Kemudian node 1 yang terpilih dan dihubungkan dengan node 13, 14, dan 16.



Gambar 10. Menghubungkan Busur 13-14-16, dengan Node 1

Iterasi 3

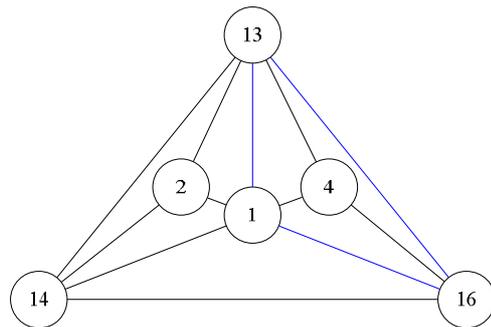
Dipilih busur 1-13-14, node 2 memiliki jumlah aliran perpindahan terbesar dengan node 1, 13, dan 14 (21870,8800 kg). Kemudian node 2 yang terpilih dan dihubungkan dengan node 1, 13, dan 14.



Gambar 11. Menghubungkan Busur 1-13-14, dengan Node 2

Iterasi 4

Dipilih busur 1-13-16, node 4 memiliki jumlah aliran perpindahan terbesar dengan node 1, 13, dan 16 (12046,3441 kg). Kemudian node 4 yang terpilih dan dihubungkan dengan node 1, 13, dan 16.



Gambar 12. Menghubungkan Busur 1-13-16, dengan Node 4

Iterasi 14

Dipilih busur 11-13-14, node 15 (terakhir) memiliki jumlah aliran perpindahan terbesar dengan node 11, 13, dan 14 (211,2668 kg). Kemudian node 15 yang terpilih dan dihubungkan dengan node 11, 13, dan 14.

Hasil iterasi secara keseluruhan dengan menggunakan GTA dapat dilihat pada Tabel 10. *Maximal PAG* dapat dilihat pada Gambar 13. Permemberian bobot pada *Maximal PAG* dapat dilihat pada Gambar 14. dan penggambaran *Dual Maximal PAG* dapat dilihat pada Gambar 15. Hasil *layout* usulan dapat dilihat pada Gambar 16.

IV.9. Algoritma Pembuatan Layout Usulan dengan GTA

Pada poin-poin berikutnya, akan dijelaskan *Step-step* pembuatan *layout* usulan dengan menggunakan GTA setelah melalui proses penggambaran *Dual Maximal PAG*.

Tabel 8. From To Chart

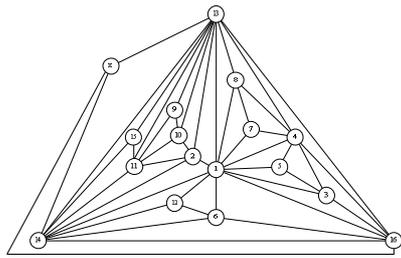
To From	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total
1		12103,1677											5207,8575	3330,1508			20641,1759
2			2335,4554										283,2344	9484,4779			12103,1677
3				10248,1715	1831,4710												12079,6425
4	9444,4457												2601,8984				12046,3441
5			160,2878	1822,3136													1982,6015
6												3169,8046					3169,8046
7								107,1257									107,1257
8												795,5453	2698,3307				3493,8761
9										3566,5431							3566,5431
10											3566,5431						3566,5431
11																	3566,5431
12									3163,4650					3460,8040	105,7391		5213,7704
13	2575,8794								132,7961			1258,8689		2050,3054			13967,4601
14			6092,8751		161,0933	3172,9776			273,8522				3183,0872			15406,5000	28290,3852
15														105,5276			105,5276
16																	0,0000
Total	12020,3251	12103,1677	8588,6183	12070,4851	1992,5643	3172,9776	0,0000	107,1257	3570,1132	3566,5431	3566,5431	5224,2188	13974,4081	28431,1815	105,7391	15406,5000	123900,5108

Tabel 9. Flow Matrix

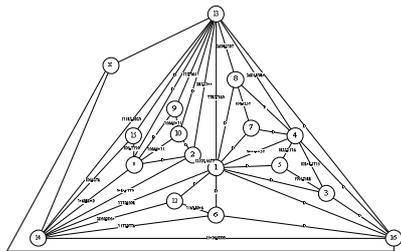
Departemen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		12103,1677	0,0000	9444,4457	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	7783,7369	3330,1508	0,0000	0,0000
2	12103,1677		2335,4554	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	283,2344	9484,4779	0,0000	0,0000
3	0,0000	2335,4554		10248,1715	1991,7588	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	6092,8751	0,0000	0,0000
4	9444,4457	0,0000	10248,1715		1822,3136	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2601,8984	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0000	0,0000	1991,7588	1822,3136		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	161,0933	0,0000	0,0000
6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3169,8046	0,0000	3172,9776	0,0000	0,0000
7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		107,1257	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	107,1257		0,0000	0,0000	0,0000	795,5453	2698,3307	0,0000	0,0000	0,0000
9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		3566,5431	0,0000	3163,4650	132,7961	273,8522	0,0000	0,0000
10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3566,5431		3566,5431	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3566,5431		0,0000	0,0000	3460,8040	105,7391	0,0000
12	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3169,8046	0,0000	795,5453	3163,4650	0,0000	0,0000		1258,8689	2050,3054	0,0000	0,0000
13	7783,7369	283,2344	0,0000	2601,8984	0,0000	0,0000	0,0000	2698,3307	132,7961	0,0000	0,0000	1258,8689		13183,0029	0,0000	0,0000
14	3330,1508	9484,4779	6092,8751	0,0000	161,0933	3172,9776	0,0000	0,0000	273,8522	0,0000	3460,8040	2050,3054	13183,0029		105,5276	15406,5000
15	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	105,7391	0,0000	0,0000		105,5276	0,0000
16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	15406,5000	0,0000	0,0000

Tabel 10. Hasil Iterasi dengan Menggunakan GTA

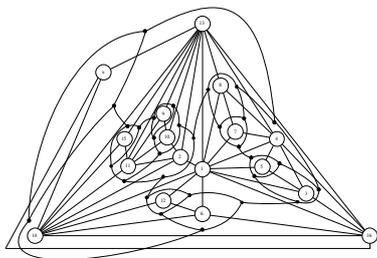
Iterasi ke-	Busur dari Area Terpilih	Node yang Tersedia	Node Terpilih	Jumlah Aliran (kg)
0	-	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	14, 16	15406,5000
1	14-16	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15	13	13183,0029
2	13-14, 14-16, 16-13	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15	1	11113,8876
3	1-13, 13-14, 14-1	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15	2	21870,8800
4	1-13, 13-16, 16-1	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15	4	12046,3441
5	1-4, 4-16, 16-1	3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15	3	10248,1715
6	1-3, 3-4, 4-1	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15	5	3814,0725
7	2-13, 13-14, 14-2	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15	11	3460,8040
8	1-14, 14-16, 16-1	6, 7, 8, 9, 10, 12, 15	6	3172,9776
9	1-6, 6-14, 14-1	7, 8, 9, 10, 12, 15	12	5220,1100
10	1-4, 4-13, 13-1	7, 8, 9, 10, 15	8	2698,3307
11	1-4, 4-8, 8-1	7, 9, 10, 15	7	107,1257
12	2-11, 11-13, 13-2	9, 10, 15	10	3566,5431
13	10-11, 11-13, 13-10	9, 15	9	3566,5431
14	11-13, 13-14, 14-11	15	15	211,2668



Gambar 13. Maximal PAG



Gambar 14. Bobot Antar Departemen yang Terhubung

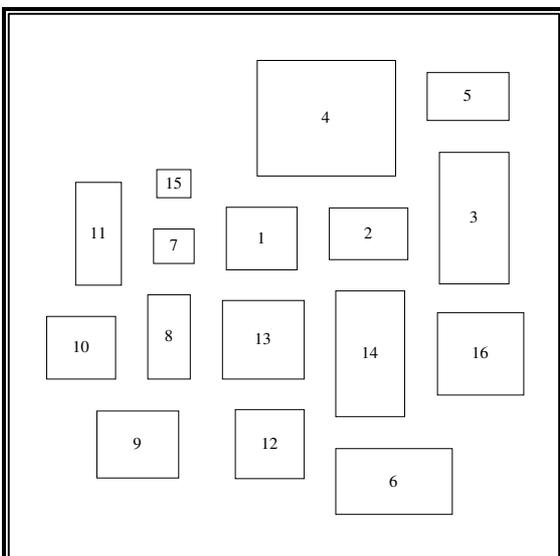


Gambar 15. Dual Maximal PAG

Keterangan Nomor-nomor Departemen

No.	Nama Departemen
1	Meja Penempelan
2	Hot Press
3	Area Plotting
4	Band Saw
5	Table Saw
6	Mesin Las
7	Mesin Bending
8	Mesin Pemotong Besi

No.	Nama Departemen
9	Area Rust Remover
10	Spray Gun
11	Mesin Oven
12	Gerinda
13	Mesin Bor
14	Meja Inspeksi
15	Operator Manual
16	Packing



Gambar 16. Keterangan dan Layout Usulan 1 Lantai Produksi PT. A (Skala 1:450)

- *Step 1*
Gambarlah permukaan seluruh departemen dalam bentuk persegi.
- *Step 2*
Carilah departemen yang paling banyak dilalui oleh aliran produksi. Departemen (*i*) tersebut akan menjadi pusat dan diletakkan di bagian tengah pada penggambaran *layout* usulan. Tandai $i = i^*$, artinya departemen yang telah terpilih tidak dapat dipilih kembali.
- *Step 3*
Pemilihan departemen selanjutnya dilihat dari *Dual Maximal PAG*. Pilih departemen yang bersinggungan langsung dengan garis lengkung departemen sebelumnya (i^*). Akan terdapat beberapa pilihan departemen.
- *Step 4*
Selanjutnya pilih salah satu departemen baru (*i*) dengan melihat bobot perpindahan terbesar yang terhubung dengan departemen sebelumnya (i^*).
- *Step 5*
Letakkan departemen berikutnya yang terpilih pada salah satu sisi departemen pusat tersebut. Jika bobot antar hubungan departemen adalah yang paling besar, maka usahakan peletakkannya segaris (dilihat dari titik berat) karena perhitungan jarak menggunakan *rectilinear*. Serta beri garis penghubung antar departemen yang menunjukkan tingkat kedekatan. Warna merah (tingkat 70-100% dari bobot terbesar) menunjukkan sangat dekat, warna biru (tingkat 40-70% dari bobot terbesar) menunjukkan dekat, warna hijau (tingkat 10-40% dari bobot terbesar) menunjukkan cukup dekat, dan warna kuning (tingkat 0,5-10% dari bobot terbesar) menunjukkan biasa. Hal ini didasari oleh bobot perpindahan antar departemen.
- *Step 6*
Pemilihan departemen berikutnya mempertimbangkan bobot terbesar yang terkait pada departemen-departemen yang telah dipilih sebelumnya. Letakkan seluruh departemen hingga menjadi *layout Area Allocation Diagram* (AAD) yang belum memiliki dimensi (belum menggunakan ukuran departemen yang sesungguhnya).
- *Step 7*
Ubah bentuk dari setiap departemen yang berbentuk persegi, menjadi ukuran yang sebenarnya. Perhatikan juga jika ada jarak yang ditentukan untuk *aisle*.

- *Step 8*

Selanjutnya, perhatikan batas ukuran luasan bangunan atau lantai produksi yang bersangkutan. Total panjang dan lebar dari keseluruhan departemen tidak boleh melebihi panjang dan lebar bangunan atau lantai produksi

- *Step 9*

Bila ada departemen yang berada di luar batas, maka *layout* akan diatur hingga seluruh departemen berada dalam batasan dengan tetap mengacu pada tingkat kedekatan yang telah terlihat pada AAD tanpa dimensi. Pengaturan dapat berupa dengan pemindahan, penggeseran, atau merotasi departemen (menjadi *portrait* atau *landscape*) untuk memberikan ruang bagi departemen lain.

IV.10. Analisa Data

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, *layout* usulan 1 dapat mengurangi total momen perpindahan sejumlah 1.155.006,2603 kg.m dengan persentase minimasi 47,9323 % dari *layout* awal yaitu dengan total momen perpindahan sejumlah 2.409.663,0894 kg.m.

Terjadi perbedaan jumlah mesin hasil perhitungan dengan jumlah mesin yang saat ini digunakan. Hal ini memperlihatkan bahwa pemakaian jumlah mesin seharusnya dapat dikurangi. Jumlah mesin awal 34 unit, hasil setelah perhitungan 27 unit.

V. Kesimpulan

1. Penataan letak fasilitas pada lantai produksi di PT. A dapat dilakukan dengan menggunakan *Graph Theoretic Approach* yang mempertimbangkan *Maximal* PAG dan bobot antar masing-masing departemen terkait sehingga dapat meminimasi jumlah total momen perpindahan yang terjadi.
2. *Layout* usulan dapat meminimasi total momen perpindahan sejumlah 1.155.006,2603 kg.m dengan persentase minimasi 47,9323 % dari *layout* awal yaitu sejumlah 2.409.663,0894 kg.m.
3. *Layout* awal yang tidak pernah berubah secara signifikan ternyata membawa dampak yang cukup besar pada perubahan total momen perpindahan. Selain itu jarak *aisle* yang dibuat konsisten sesuai kebutuhan juga meminimasi total momen perpindahan awal.
4. Jumlah mesin yang saat ini dimiliki oleh PT. A adalah 34 unit, sedangkan hasil perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa jumlah mesin sebanyak

27 unit sudah dapat dipergunakan dengan cukup efektif untuk kegiatan produksi.

Daftar Pustaka

- [1] Wignjosoebroto, Sritomo. 1996. Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan. Hlm 67-78. Guna Widya: Jakarta.
- [2] Heragu, Sunderesh S. 2008. *Facilities Design*. Hlm 40-109. CRC Press: Boca Raton.
- [3] Apple, James M. 1990. Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan. Hlm 125-176. Tr. by Nurhayati M.T. Mardiono. ITB: Bandung.
- [4] Heragu, Sunderesh S. 1997. *Facilities Design*. Hlm 83-112. PWS Publishing Company: Boston.