

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] (Wignjosebroto, 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

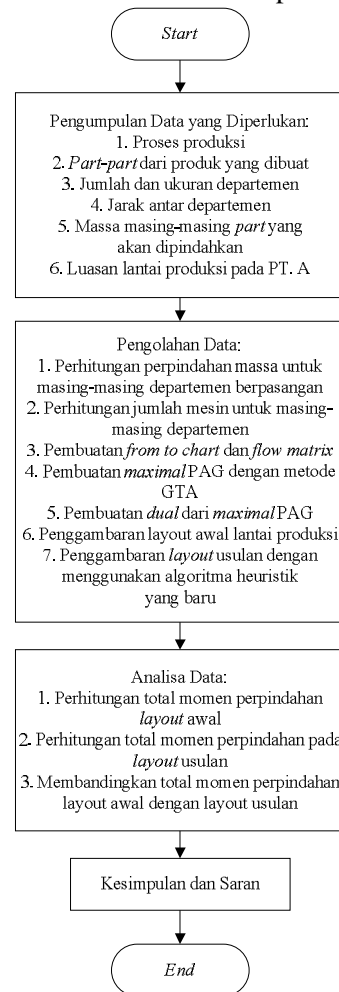
Lantai Produksi pada PT. A memiliki luas area 1225 m² dengan panjang dan lebar 35 m x 35 m. Area lantai produksi pada PT. A cukup lengang. Jarak minimal masing-masing antar departemen adalah ± 2 m. Hal ini bertujuan untuk meminimasi terjadinya tabrakan antar operator karena akan membahayakan keselamatan 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 |

Tabel 4. Data Departemen yang Ada di Lantai Produksi PT. A

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

Lanjutan Tabel 5. Routing Process untuk Masing-masing Part Tiap Jenis Produk

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| AF85885 | XVIII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XVII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XVI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XIV | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XIII | 8 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XII | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A1 (XIV, XIII, XII) | 6 | 12 | 9 | 10 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| | XI | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | 8 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | IX | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A2 (XI, X, IX) | 6 | 12 | 9 | 10 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| | VIII | 8 | 13 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VII | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A3 (VIII, VII) | 6 | 12 | 9 | 10 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| | VI | 8 | 12 | 9 | 10 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| V | 1 | 2 | 14 | 3 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | |
| IV | 1 | 2 | 14 | 3 | 4 | 1 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| III | 1 | 2 | 14 | 3 | 5 | 4 | 13 | 1 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| II | 3 | 4 | 1 | 2 | 14 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| I | 3 | 4 | 1 | 2 | 14 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| A4 (A1, A2, A3, XVIII, XVII, XVI, XV, VI, V, IV, III, II, I) | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P12133 | XII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | IX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VIII | 3 | 4 | 1 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VII | 3 | 4 | 1 | 2 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| | VI | 1 | 2 | 14 | 3 | 4 | 13 | 1 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | V | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | |
| | IV | 1 | 2 | 14 | 3 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | III | 1 | 2 | 3 | 5 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 3 | 5 | 4 | 1 | 2 | 14 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | I | 1 | 2 | 14 | 3 | 4 | 13 | 1 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | A1 (XII, XI, X, IX, VIII, VII, VI, V, IV, III, II, I) | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | H43477 | XIV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | XIII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | XII | 8 | 13 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| XI | | 8 | 13 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IX | | 8 | 13 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 (XII, XI, X, IX) | | 6 | 12 | 9 | 10 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| VIII | | 8 | 13 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VII | | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A2 (VIII, VII) | | 6 | 12 | 9 | 10 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| VI | | 3 | 4 | 1 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V | | 1 | 2 | 14 | 3 | 5 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | |
| IV | | 1 | 2 | 14 | 3 | 5 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | |
| III | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | |
| II | | 1 | 2 | 14 | 3 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| I | | 3 | 4 | 1 | 2 | 14 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | |
| A3 (A1, A2, XIV, XIII, VI, V, IV, III, II, I) | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabel 5. Routing Process untuk Masing-masing Part Tiap Jenis Produk dan Keterangan Departemen

| Jenis | Part | Operasi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | | | | | | | | |
| GT47476 | XXI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XIX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XVIII | 8 | 13 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XVII | 8 | 13 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XVI | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XV | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A1 (XVIII, XVII, XVI, XV) | 6 | 12 | 9 | 10 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| | XIV | 8 | 13 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XIII | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A2 (XIV, XIII) | 6 | 12 | 9 | 10 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| | XII | 8 | 12 | 14 | 9 | 10 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | |
| | XI | 7 | 8 | 12 | 14 | 9 | 10 | 11 | 15 | 14 | | | | | | | | | | | |
| | X | 7 | 8 | 12 | 14 | 9 | 10 | 11 | 15 | 14 | | | | | | | | | | | |
| | IX | 13 | 9 | 10 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VIII | 1 | 2 | 14 | 3 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| VII | 1 | 2 | 14 | 3 | 5 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| VI | 1 | 2 | 14 | 3 | 5 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| V | 1 | 2 | 14 | 3 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | |
| IV | 1 | 2 | 14 | 3 | 4 | 1 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| III | 1 | 2 | 14 | 5 | 3 | 4 | 13 | 1 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| II | 3 | 4 | 1 | 2 | 14 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| I | 3 | 4 | 1 | 2 | 14 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| A3 (A1, A2, XXI, XX, XIX, XII, XI, X, IX, VIII, VII, VI, V, IV, III, II, I) | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OL61611 | XII | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | XI | 7 | 8 | 12 | 14 | 9 | 10 | 11 | 15 | 14 | | | | | | | | | | | |
| | X | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | IX | 8 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A1 (X, IX) | 6 | 12 | 9 | 10 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| | VIII | 13 | 9 | 10 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | VII | 1 | 2 | 14 | 3 | 4 | 13 | 1 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | VI | 1 | 2 | 14 | 3 | 5 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | |
| | V | 1 | 2 | 14 | 3 | 5 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | |
| | IV | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | |
| | III | 1 | 2 | 14 | 3 | 4 | 13 | 1 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 3 | 4 | 1 | 2 | 14 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | |
| | I | 3 | 4 | 1 | 2 | 14 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | |
| | A2 (A1, XII, XI, VIII, VII, VI, V, IV, III, II, I) | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 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 |
| 9 | Area Rust Remover |
| 10 | Spray Gun |
| 11 | Mesin Oven |
| 12 | Gerinda |
| 13 | Mesin Bor |
| 14 | Meja Inspeksi |
| 15 | Operator Manual |
| 16 | Packing |

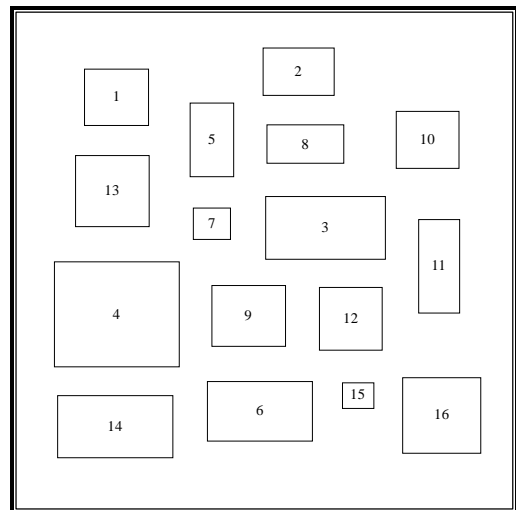
Keterangan nomor-nomor untuk nama masing-masing part setiap jenis produk yang tertera pada **Tabel 5.** dapat dilihat pada **Tabel 6.** di bawah ini.

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

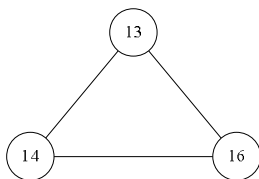
Dari seluruh node yang tersedia, dipilih jumlah aliran perpindahan massa yang paling besar, yaitu node 14 dan 16 (sebesar 15406,5 kg). Kemudian node 14 dan 16 dihubungkan.



Gambar 8. Menghubungkan Node 14 dengan 16

Iterasi 1

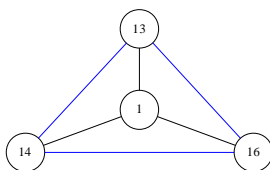
Dipilih busur 14–16, node 13 memiliki jumlah aliran perpindahan terbesar dengan node 14 dan 16 (sebesar 13183,0029 kg). Kemudian node 13 yang terpilih dan dihubungkan dengan node 14 dan 16.



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

Iterasi 2

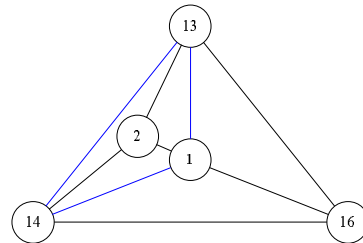
Dipilih busur 13-14-16, node 1 memiliki jumlah aliran perpindahan terbesar dengan node 13, 14, dan 16 (11113,8876 kg). Kemudian node 1 yang terpilih dan dihubungkan dengan node 13, 14, dan 16.



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

Iterasi 3

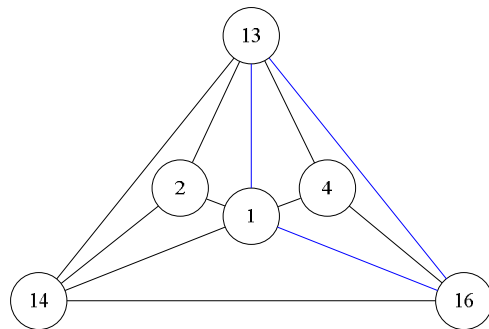
Dipilih busur 1-13-14, node 2 memiliki jumlah aliran perpindahan terbesar dengan node 1, 13, dan 14 (21870,8800 kg). Kemudian node 2 yang terpilih dan dihubungkan dengan node 1, 13, dan 14.



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

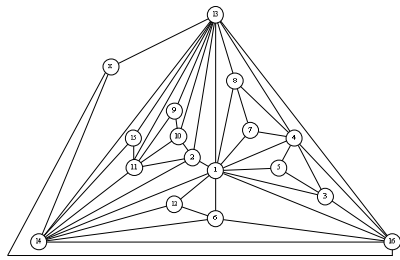
| To | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | Total |
|--------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|----------|------------|-------------|
| From 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 | | | | | | | | | | | | | | 3460,8040 | 105,7391 | | 3566,5431 |
| 12 | | | | | | | | 3163,4650 | | | | | | 2050,3054 | | | 5213,7704 |
| 13 | 2575,8794 | | | | | | | 132,7961 | | | | | 1258,8689 | 9999,9157 | | | 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

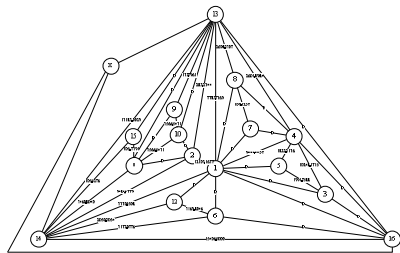
| Departemen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| 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 | 0,0000 | 3169,8046 | 0,0000 | 3172,9776 | 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 | 0,0000 | 795,5453 | 2698,3307 | 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 | |

Tabel 10. Hasil Iterasi dengan Menggunakan GTA

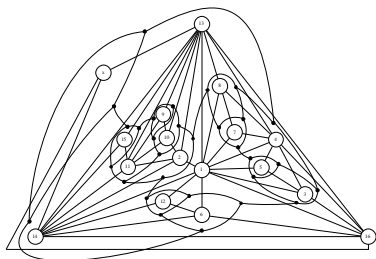
| Iterasi ke- | Busur dari Area Terpilih | Node yang Tersedia | Node Terpilih | Jumlah Aliran (kg) |
|-------------|--------------------------|---|---------------|--------------------|
| 0 | - | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 | 14, 16 | 15406,5000 |
| 1 | 14-16 | 1, 2, 3, 4, 5, 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

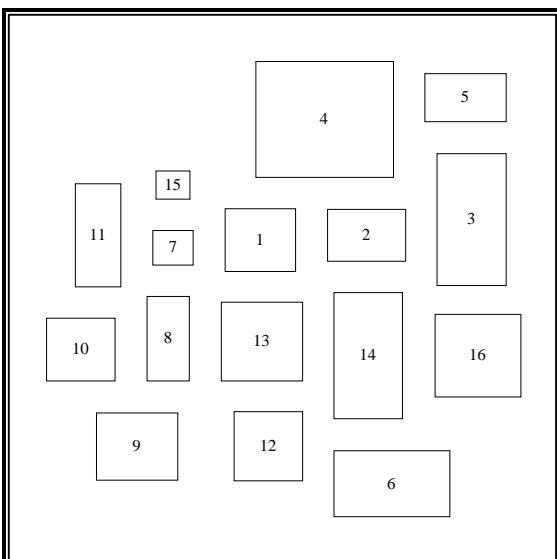


Gambar 15. Dual Maximal PAG

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.