

Analisa Tata Letak Pabrik untuk Meminimalisasi *Material Handling* pada Pabrik Koper

Gan Shu San, Didik Wahjudi

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Sugiarto

Alumnus Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Sebuah perusahaan manufaktur yang memproduksi koper dan menitik beratkan pemasaran produknya untuk ekspor dengan skala permintaan yang semakin meningkat, diharuskan dapat meningkatkan jumlah produksinya untuk memenuhi target produksi. Pada pengamatan awal ditemukan bahwa target produksi ternyata belum terpenuhi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain adalah kurangnya jumlah mesin yang digunakan dan bentuk tata letak pabrik yang tidak efisien.

Makalah ini memuat analisa tata letak pabrik dengan menggunakan metode *travel chart* yang dilakukan dengan cara manual dan dengan bantuan *software* QS untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat. Tujuan analisa tata letak pabrik ini adalah untuk meminimalisasi *material handling* sehingga diharapkan dapat mengoptimalkan realisasi target produksi yang telah ditetapkan.

Dengan menambahkan 1 (satu) buah mesin untuk *hot forming* maka produksi dapat ditingkatkan dan perancangan tata letak fasilitas baru memberikan pengurangan total momen dari 949459 menjadi 775494,8.

Kata kunci: tata letak pabrik, pesawat pengangkat, metode '*travel chart*', momen perpindahan.

Abstract

A manufacturing factory that produce travel bags focused on export market with increasing demand, need to improve the product quantity to fulfil the production target. Initial survey found out that the factory cannot meet the target. This situation was caused by some factors, as: lack of machines and inefficiency of the factory location order.

This paper includes analysis of factory location order using Travel Chart method which is performed manually and using QS software to get more accurate results. The objective is to minimize material handling so that realization of the production target determined can be optimized.

By adding 1 (one) machine for hot forming, the production quantity can be increased and the new facility location order showed reduction of sum of momen from 949459 to 775494.8

Keywords : plant layout, material handling, travel chart method, travelling moment.

1. Pendahuluan

Tujuan dari suatu proses manufaktur adalah menghasilkan produk dengan tingkat efisiensi dan kualitas yang tinggi dengan biaya minimum dan dapat segera memenuhi kebutuhan dari konsumennya. Pada obyek pengamatan ini, yaitu sebuah industri manufaktur yang memproduksi tas travel, tas hantar dan tas kosmetik dengan berbagai tipe dan ukuran

dengan pemasaran yang diorientasikan untuk ekspor. Dengan makin meningkatnya jumlah permintaan, diperlukan proses manufaktur yang lebih efisien. Pada awal pengamatan, ditemukan bahwa pabrik belum dapat memenuhi permintaan yang ada dengan optimal, dimana sering terjadi keterlambatan atau ketidak mampuan memenuhi jadwal pengiriman. Hal ini disebabkan oleh tata letak pabrik yang kurang tepat, karena untuk melakukan pemindahan material produksi antar departemen kerja, jarak yang dibutuhkan cukup jauh sehingga memerlukan waktu yang lama.

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2000. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 2 Nomor 2 Oktober 2000.

Pada makalah ini akan dilakukan perhitungan dan simulasi untuk mendapatkan tata letak pabrik yang optimal dengan meminimalkan *material handling* pada rantai produksi. Jika *material handling* minimal, maka secara tidak langsung akan menyebabkan peningkatan kapasitas, peningkatan efisiensi, pengurangan biaya produksi dan pengurangan kemacetan pada proses produksi.

Adapun analisa ini dilakukan dengan mengambil data dan ukuran tertentu yang dianggap mewakili semua jenis produk yaitu tas *travel* berukuran 26 inci.

Metodologi yang digunakan adalah

- Melakukan pengumpulan data, bahan pustaka dan referensi
- Melakukan pengambilan data di lapangan dengan melakukan pengukuran waktu proses pada masing-masing mesin yang digunakan
- Sebelum melakukan analisis awal pada kondisi tata letak pabrik, dilakukan perhitungan jumlah mesin yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan yang ada, yaitu dengan cara menghitung nilai efisiensi pada masing-masing mesin dan jumlah produksi yang seharusnya diproduksi oleh masing-masing mesin.
- Melakukan analisa awal tata letak pabrik dengan menggunakan metode *travel chart* atau *from to chart*
- Menggunakan simulasi untuk memperoleh tata letak pabrik yang paling optimal dengan meminimalkan *material handling*, yaitu dengan menggunakan software QS (Quant System)

2. Proses Produksi Koper

2.1 Bahan Produk Koper

Bahan baku yang dipergunakan untuk pembuatan koper adalah:

- Resin ABS (Akrilonotril Butadiene Stirene)
Resin ABS merupakan resin *thermoplastic*, merupakan bahan yang sangat keras, fleksibel dan ulet. Sifat-sifat unggul dari bahan ini adalah tahan panas, tembus cahaya, cocok untuk proses ekstrusi dan proses pelapisan. Resin ABS umumnya digunakan bila diinginkan hasil produksi yang mempunyai daya tahan banting, kekerasan, mampu pewarnaan, daya tahan kelembaban dan daya tahan panas sampai 105°C. Plastik ini dibentuk secara pem-

bentukan termal, cetak tiup, cetak rotasi dan ekstrusi.

- Zat pewarna
- Produk daur ulang
Hasil produk yang berupa lembaran plastik yang tidak memenuhi syarat akan didaur ulang dalam mesin *crusher*. Keluaran dari mesin *crusher* adalah cacahan plastik dalam ukuran kecil.
- Pelarut (*Plastisiser*)
Pelarut ini digunakan pada beberapa jenis plastik sebagai pelunak atau untuk meningkatkan kemampuan alirnya dalam cetakan.

2.2 Proses Produksi

Proses produksi yang dilakukan merupakan pengolahan dari bahan baku sampai dengan proses assembling hingga diperoleh barang jadi, yang meliputi :

1. Proses *Mixing*

Proses ini adalah untuk mencampur semua bahan baku yang diperlukan. Putaran mesin berkisar antara 70-80 rpm dan kapasitasnya adalah 200-250 kg bahan dengan waktu pengadukan 20-25 menit. Setelah bahan tercampur dengan rata, bahan tersebut dilewatkan *single screw conveyor* yang berdiameter 50 cm dibawa ke *hopper* mesin *extruder*.

2. Proses *Extruding*

Mesin *extruder* menggunakan *single screw extruder* sebagai pembawa biji plastik. Pada silinder *screw conveyor* diberi masukan panas untuk mencairkan biji plastik dalam proses pembentukan lembaran plastik. Biji-biji plastik tersebut dibawa sepanjang silinder dan dipanasi secara konduksi oleh sabuk pemanas.

3. Proses *Calendering*

Calendering merupakan proses untuk memproduksi plastik film dan lembaran plastik dengan cara menekan plastik melalui celah antara dua rol yang berputar berlawanan. Cairan plastik yang masih panas mempunyai kecenderungan untuk lengket pada rol. Untuk melepaskannya diperlukan putaran tinggi dan kecepatan keluar material tergantung pada ketebalan plastik, yaitu sekitar 0,1 - 2 m/det.

4. Proses *Shearing*

Proses *shearing* adalah proses pemotongan dengan menggunakan sistem pneumatik

dengan dua silinder. Lembaran plastik hasil proses *calendering* didinginkan oleh udara luar, kemudian dipotong oleh mesin *shearing* dengan ukuran tertentu.

Mesin ini menggunakan *non pneumatic proximity sensor* jenis *photo electric universal sensor* yang menggunakan sinar infra merah yang dihasilkan oleh LED sebagai sinyal untuk menggerakkan tuas pemotong yang digerakkan oleh control elektronik dari pneumatik apabila sinar infra merah tersebut terputus.

5. Proses Hot Forming

Proses ini dilakukan dengan mesin *air slip forming* yang terdiri dari dua buah silinder pneumatik yang berhubungan dengan matras (sebagai penggerak matras) dan dua silinder yang berfungsi sebagai penjepit lembaran plastik. Setelah melalui proses ini, lembaran plastik akan mempunyai bentuk badan koper yang diinginkan..

6. Proses Sawing

Bagian-bagian yang tidak terpakai yang timbul setelah proses pembentukan (*hot forming*) dipotong dengan *circular sawing machine* (mesin gergaji bundar). Tenaga penggerak diperoleh dari motor listrik, sedangkan piringan gergaji diputar oleh *spindle* dan arah gerakan gergaji maju mundur diatur oleh sistem pneumatik.

7. Proses Assembling

Proses ini merupakan perakitan barang setengah jadi menjadi barang jadi yang siap dipasarkan. Proses *assembling* dilakukan mulai dari perakitan aksesoris bagian dalam koper, pemasangan lis, pemasangan mur dan baut, pengeboran lubang dan aksesoris lainnya, seperti *handle*, roda, kunci.

3. Pengolahan Data dan Analisa Kondisi Awal

Proses kerja pada pabrik koper ini dapat dikategorikan menjadi dua bagian yaitu bagian produksi di lantai bawah dan bagian assembling di lantai atas. Berdasarkan fungsi kerja dari masing-masing bagian tersebut, penyelesaian masalah di bagian produksi akan menggunakan metode *travel chart* untuk analisa tata letak pabrik sedangkan bagian assembling memerlukan metode *line balancing*. Pada makalah ini akan difokuskan pada penyelesaian masalah di bagian produksi saja. Untuk itu diperlukan

data pengukuran waktu dan jumlah mesin serta volume pemindahan bahan.

3.1 Pengukuran Waktu Kerja

Pengukuran ini digunakan untuk menentukan waktu standar, yaitu waktu yang diperlukan oleh seorang operator dengan kemampuan rata-rata pada kecepatan kerja normal untuk melaksanakan pekerjaannya.

Waktu pengamatan pendahuluan

Pengamatan langsung aktifitas tiap operator di lantai produksi dan pengambilan data dilakukan dengan *stop watch* yang hasilnya terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Waktu Pengamatan Pendahuluan

PART	PROSES	DATA PENGAMATAN (detik)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sheet	Mesin Papan	30.24	31.22	30.23	30.66	29.98	30.56	30.71	31.19	30.56	29.81
	ABS										
	Hot Forming	102.5	106.8	101.7	100.3	104.8	98.78	99.56	103.7	97.90	98.98
	Sawing	12.42	13.67	13.98	14.20	14.77	13.89	13.50	12.97	12.79	13.89

Test kecukupan data

Untuk Proses Calendering dan Shearing

$$\Sigma X = 305,16$$

$$\Sigma X^2 = 9314,22$$

$$(\Sigma X)^2 = 93122,63$$

$$N = 10$$

$$N' = (40 \cdot \sqrt{(10 \cdot 9314,22 - 93122,63) / 305,16})^2 = 0,34 \approx 1 \text{ buah data}$$

Untuk proses Hot Forming

$$\Sigma X = 1014,95$$

$$\Sigma X^2 = 103088,48$$

$$(\Sigma X)^2 = 1030123,50$$

$$N = 10$$

$$N' = (40 \cdot \sqrt{(10 \cdot 103088,48 - 1030123,50) / 1014,95})^2 = 1,18 \approx 2 \text{ buah data}$$

Untuk proses Sawing

$$\Sigma X = 136,08$$

$$\Sigma X^2 = 1856,28$$

$$(\Sigma X)^2 = 18517,77$$

$$N = 10$$

$$N' = (40 \cdot \sqrt{(10 \cdot 1856,28 - 18517,77) / 136,08})^2 = 3,89 \approx 4 \text{ buah data}$$

Ternyata 10 buah data pengamatan telah mencukupi.

Perhitungan waktu normal

Perhitungan menggunakan *performance rating* dengan metode *westinghouse system* yang mempertimbangkan empat faktor, yaitu *skill* (ketrampilan), *effort* (usaha),

condition (kondisi kerja), consistency (konsistensi).

Tabel 2. Performance Rating di lantai produksi

Performance Rating	PROSES		
	Calendering & Shearing	Hot Forming	Sawing
Skill	Average/D/0,00	Good/C2/0,03	Average/D/0,00
Effort	Average/D/0,00	Average/D/0,00	Average/D/0,00
Condition	Average/D/0,00	Fair/E/-0,03	Average/D/0,00
Consistency	Average/D/0,00	Average/D/0,00	Average/D/0,00
Total (P)	0,00	0,01	0,00
PR = 1 + P	1,00	1,01	1,00

Tabel 3. Perhitungan waktu normal

Perhitungan Waktu Normal	PROSES		
	Calendering & Shearing	Hot Forming	Sawing
X	30,52	101,5	13,61
PR	1,00	1,01	1,00
Wn = X * PR	30,52	102,51	13,61

Perhitungan waktu standar

Waktu standar memperhitungkan pula allowance (waktu longgar) yang biasanya dinyatakan dalam bentuk %. Perhitungan % allowance berdasarkan data pengamatan di lapangan yang dianggap sama untuk semua proses di lantai produksi adalah sebagai berikut :

- Personal Allowance = 15 menit (900 detik)
- Fatigue Allowance = 10 menit (600 detik)
- Delay Allowance = 15 menit (900 detik)
- P (total) = 45 menit (2400 detik)
- Satu shift kerja adalah 8 jam (28.800 detik)
- Jadi % allowance adalah = $2400/28.800 * 100\% = 8,33\%$.

Perhitungan waktu standar:

- Proses calendering dan shearing
 $Ws = Wn * 100\% / (100\% - \%allowance)$
 $= 30,52 * 100\% / (100\% - 8,33\%) = 33,29$ detik
- Proses hot forming
 $Ws = 102,51 * 100\% / (100\% - 8,33\%) = 111,82$ detik
- Proses sawing
 $Ws = 13,61 * 100\% / (100\% - 8,33\%) = 14,84$ detik

3.2 Perhitungan Jumlah Mesin

Mesin-mesin yang digunakan pada lantai produksi saat ini adalah :

- Mesin Papan ABS untuk proses calendering dan shearing, 2 unit
- Mesin Vakum ABS untuk proses hot forming, 3 unit
- Mesin Potong untuk proses sawing, 3 unit

Untuk menghitung jumlah mesin diperlukan data berikut :

- Waktu standar untuk proses produksi yang berlangsung
- Nilai efisiensi dari masing-masing mesin
- Volume produksi yang dicapai
- Estimasi kecacatan pada tiap proses

1. Perhitungan Nilai efisiensi

$E = 1 - (Dt + St)/D$

Dimana: E = nilai efisiensi, Dt = down time, D = lama waktu kerja per periode, St = set up time untuk pengerjaan per periode

- Proses calendering dan shearing
 Dalam satu hari terdapat 3 shift kerja yang masing-masing terdiri atas 8 jam kerja. Pada setiap shift dilakukan 4 kali penggantian filter yang membutuhkan waktu 5 menit tiap kalinya. Untuk setting temperatur pemanasan ekstruder dibutuhkan waktu 15 menit per shift, sehingga :
 $E = 1 - (60 + 45)/1440 = 0,927084$

- Proses hot forming
 Dalam satu hari terdapat 3 shift kerja yang masing-masing terdiri atas 7 jam kerja, dan setiap satu jam sekali dilakukan pendinginan matras selama 2,5 menit. Untuk setting temperatur pemanasan lembaran papan ABS dan untuk setting waktu proses vakum papan ABS yang telah dipanaskan, operator membutuhkan waktu total 15 menit setiap shiftnya, sehingga :
 $E = 1 - (52,5 + 45)/1260 = 0,922619048$

- Proses sawing
 Dalam satu hari terdapat 3 shift kerja yang masing-masing terdiri atas 7 jam kerja dan diperlukan waktu 5 menit per shift untuk membersihkan mata pisau gergaji. Untuk setting kedudukan matras potong terhadap pisau potong dibutuhkan waktu 10 menit tiap shiftnya, sehingga :
 $E = 1 - (15 + 30)/1260 = 0,9664285715$

2. Perhitungan jumlah produk yang harus dibuat

Berdasarkan data dari bagian pemasaran, jumlah permintaan adalah 600.000 set/tahun atau 2000 set/hari. Sedangkan nilai prosentase kecacatan berdasarkan pengamatan lapangan adalah 4% untuk mesin papan ABS, 5% untuk mesin vakum ABS, 1% untuk mesin potong.

Rumus : $P = Pg / (1 - Pi)$

dimana:

- P = jumlah produk yang harus dibuat,
- Pg = jumlah produk berkualitas baik,
- Pi = prosentase jumlah produk yang rusak.

Perhitungan menunjukkan bahwa produk yang harus dibuat per harinya adalah 4432 unit untuk proses *calendering* dan *shearing*, 4254 unit untuk proses *hot forming*, 4041 unit untuk proses *sawing*.

3. Perhitungan Jumlah mesin minimum

Perhitungan ini digunakan untuk menetapkan jumlah mesin yang diperlukan dalam memanfaatkan luas area yang ada dan juga untuk menentukan jumlah mesin yang dibutuhkan secara tepat dalam memenuhi target produknya.

- Proses *calendering* dan *shearing*

$$N = (33,29 * 4432) / (86400 * 0,927084)$$

$$= 1,8419 \approx 2 \text{ unit mesin}$$
- Proses *hot forming*

$$N = (111,82 * 4254/2) / (75600 * 0,922619048)$$

$$= 3,4099 \approx 4 \text{ unit mesin}$$
- Proses *sawing*

$$N = (14,48 * 4041) / (75600 * 0,9664285715)$$

$$= 0,8208 \approx 1 \text{ unit mesin}$$

3.3 Analisa Kondisi Awal

1. Pembagian Departemen

- Departemen A : tempat bahan ABS
- Departemen B : *mixer* dan proses *calendering-shearing*
- Departemen C : tempat papan ABS
- Departemen D : proses *hot forming*
- Departemen E : proses *sawing*
- Departemen F : tempat badan koper
- Departemen G : lift pengangkutan ke lantai atas

2. Analisa Perpindahan Material

Asumsi yang digunakan :

- Semua perhitungan dikonversikan ke dalam berat (kg) dan ditentukan berat 1 papan ABS = 1,8 kg
- Waktu kerja per tahun = 300 hari
- Berat 1 badan koper = 1,5 kg
- Alur perpindahan bahan sesuai dengan proses produksi (OPC)
- Aktifitas kerja dijalankan selama 3 shift/hari

Perhitungan perpindahan berat bahan antar departemen:

- Departemen A ke B
 Dipindahkan bahan baku sebanyak 135 karung per shift dan bahan baku tersebut terdiri dari dua bagian yaitu :

- a. 45 karung untuk resin ABS dengan berat 25 kg/karung
- b. 95 karung untuk *recycle product* dengan berat 22,5 kg/karung
 Berat total yang dipindahkan untuk 3 shift = 9450 kg/hari
- Departemen B ke C
 Jumlah produk dari mesin CS adalah 105 papan/jam
 Jumlah jam kerja = 8 jam
 Berat masing-masing papan ABS = 1,8 kg
 Jumlah mesin yang dioperasikan = 2 unit
 Berat total yang dipindahkan untuk 3 shift = 9072 kg/hari
- Departemen C ke D
 Kapasitas mesin ASF = 380 unit/shift
 Jumlah mesin yang dioperasikan = 3 unit
 Berat total yang dipindahkan untuk 3 shift = 6156 kg/hari
- Departemen D ke E
 Kapasitas mesin saw = 376 unit/shift
 Jumlah mesin yang dioperasikan = 3 unit
 Berat total yang dipindahkan untuk 3 shift = 6091,2 kg/hari
- Departemen E ke F
 Akibat terjadi proses pemotongan pada sisi badan koper, maka terjadi penurunan berat badan koper sebesar 0,3 kg.
 Pemindahan berat badan koper untuk 3 shift = 5076 kg
- Departemen F ke G
 Kapasitas lift = 177 set/load
 Tiap satu *load* dapat mengangkut sebanyak 354 badan koper
 Satu shift ada 3 *load*, sehingga dipindahkan 1062 badan koper per shift.
 Berat total yang dipindahkan untuk 3 shift = 4779 kg/hari.

Besarnya perpindahan bahan setiap tahun untuk masing-masing departemen dapat dilihat pada tabel 4, sedangkan dengan mengetahui letak koordinat masing-masing departemen (tabel 5) akan dapat diketahui besarnya model momen perpindahan material dari satu departemen ke departemen lainnya.

Tabel 4. Perhitungan Load per tahun

Departemen	Berat total (kg/hari)	Volume/ tahun	Volume/ Load	Load/ Tahun
A ke B	9450	2835300	1050	2700
B ke C	9072	2721600	378	7200
C ke D	6156	1846800	378	4886
D ke E	6091,2	1827360	10,8	169200
E ke F	5076	1522800	531	2868
F ke G	4779	1433700	531	2700

Tabel 5. Koordinat Masing-masing Departemen

Departemen	Sumbu X	Sumbu Y
A	29	5,5
B	30	20,5
C	24	7
D	9	22,5
E	9	19,5
F1	14,5	12,5
F2	19	8
G	4,5	1,5

Tabel 6. Perhitungan Momen

Departemen	Load/tahun	$d_{ij}=[x_i-x_j]+[y_i-y_j]$	Load/th * d_{ij}
A ke B	2700	[29-30]+[5,5-20,5]	43200
B ke C	7200	[30-24]+[20,5-7]	140400
C ke D	4886	[24-9]+[7-22,5]	149023
D ke E	169200	[9-9]+[22,5-19,5]	507600
E ke F1	1041	[9-14,5]+[19,5-12,5]	12675
E ke F2	1854	[9-19]+[19,5-8]	39861
F1 ke G	955	[19-4,5]+[8-1,5]	20055
F2 ke G	1745	[14,5-4,5]+[12,5-1,5]	36645
Total momen =			949459

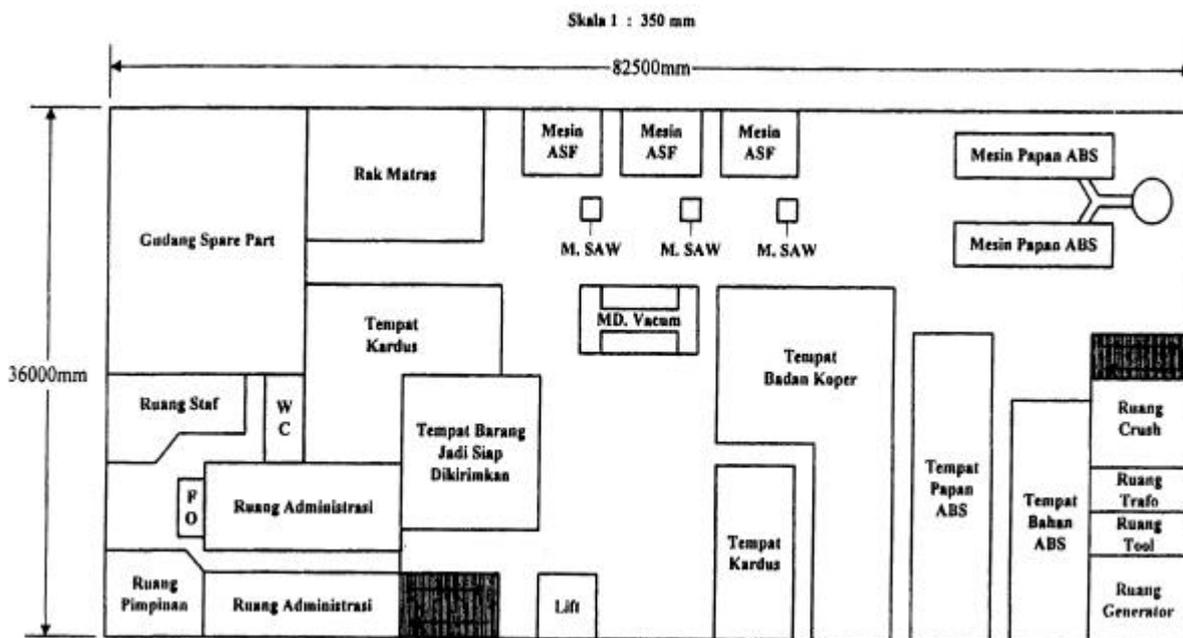
Gambar tata letak pabrik yang sekarang secara lengkap terdapat pada gambar 1, sedangkan tata letak pabrik yang digunakan dalam analisa berada pada gambar 2.

susunan departemen-departemen. Batasan yang digunakan adalah dengan menganggap mesin yang ada sebagai *constraint* (tetap) dan perubahan susunan hanya pada *buffer* (storage) yang ada. Penyusunan ulang ini juga memperhatikan unsur yang memudahkan operasional kerja sehingga diharapkan dapat menambah produktifitas kerja karena terdapat kemudahan komunikasi dan koordinasi antar departemen sesuai dengan lingkup kerjanya.

4.1 Analisa Jumlah Momen Perpindahan Secara Manual

Asumsi yang mempertimbangkan mesin-mesin sebagai *constraint* adalah dengan alasan sebagai berikut :

- Kesulitan dalam memindahkan mesin-mesin yang sudah ada saat ini, karena proses teknis pemindahan memerlukan investasi yang sangat besar.
- Dengan melakukan pemindahan mesin-mesin yang sudah ada tersebut maka proses produksi terganggu.



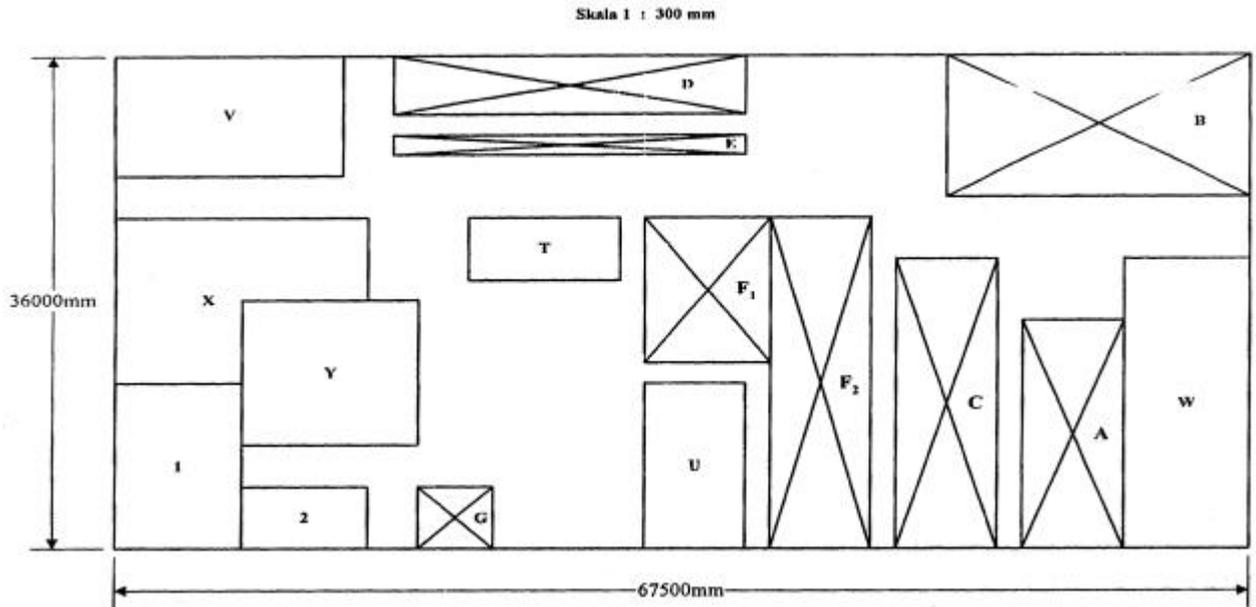
Gambar 1. Tata Letak Pabrik Secara Lengkap

4. Analisa Perbaikan Tata Letak Pabrik

Dari analisa kondisi awal diperoleh jumlah momen perpindahan adalah sebesar 949459. Untuk itu akan dilakukan perbaikan tata letak fasilitas untuk memperkecil jumlah momen perpindahan semaksimal mungkin dan perbaikan dilakukan dengan penyusunan ulang

1. Proses perhitungan pada iterasi pertama

Pada iterasi pertama ini departemen C dipecah menjadi departemen C1 dan C2, sedangkan departemen F menjadi F1 dan F2 seperti terlihat pada gambar 3. Koordinat masing-masing departemen terdapat pada tabel 7.



Keterangan Gambar:

- | | | | |
|----------------------|----------------------------|------------------------|--|
| 1 = bangunan | C = tempat papan AABS | G = lift | W = bangunan dan tangga |
| 2 = tangga | D = mesin air slif forming | T = mesin double vakum | X = tempat kardus |
| A = tempat bahan ABS | E = mesin sawing | U = tempat kardus | Y = tempat barang jadi siap dikirimkan |
| B = mesin papan ABS | F = tempat badan koper | V = rak matras | |

Gambar 2. Tata Letak Pabrik yang Digunakan dalam Analisa

Tabel 7. Koordinat masing-masing departemen pada iterasi I

Departemen	Sumbu X	Sumbu Y
A	29,5	7
B	30	20,5
C1	20	21
C2	20	13,7
D	9	22,5
E	9	19,5
F1	9	8,5
F2	13,3	8
G	4,5	1,5

Tabel 8. Koordinat masing-masing departemen pada iterasi II

Departemen	Sumbu X	Sumbu Y
A	28	10,3
B	30	20,5
C1	320	21
C2	20	13,7
D	9	22,5
E	9	19,5
F1	3	11
F2	10	9
G	4,5	1,5

Perhitungan kapasitas load/tahun pada masing-masing departemen disesuaikan dengan melakukan perbandingan antara luas departemen baru dengan luas total departemen seluruhnya. Misalnya departemen B ke C1 : $36/56 * 7200 = 4628,57 \approx 4629$. Sehingga, untuk tata letak yang baru ini jumlah momen = 787442,6, dengan perincian:

- A ke B : dari 43200 menjadi 37800
- B ke C : dari 140400 menjadi 91797,3
- C ke D : dari 149023 menjadi 73813,5
- E ke F : dari 52536 menjadi 39472,8
- F ke G : dari 56700 menjadi 36959

2. Proses perhitungan pada iterasi kedua

Iterasi ini juga memecah departemen C menjadi C1 dan C2 dan departemen F menjadi F1 dan F2 seperti terlihat pada gambar 4, dan koordinatnya pada tabel 8.

Jumlah momen perpindahan dengan tata letak ini adalah 775494,8 dengan perincian sebagai berikut :

- A ke B : dari 43200 menjadi 32940
- B ke C : dari 140400 menjadi 91797,3
- C ke D : dari 149023 menjadi 73813,5
- E ke F : dari 52536 menjadi 36372
- F ke G : dari 56700 menjadi 32972

4.2 Perhitungan dengan Software QS

1. Perhitungan dengan constraint

Prosedur yang dilakukan adalah :

- Menentukan jumlah departemen dan pemberian nama departemen
- Menentukan departemen yang dianggap constraint

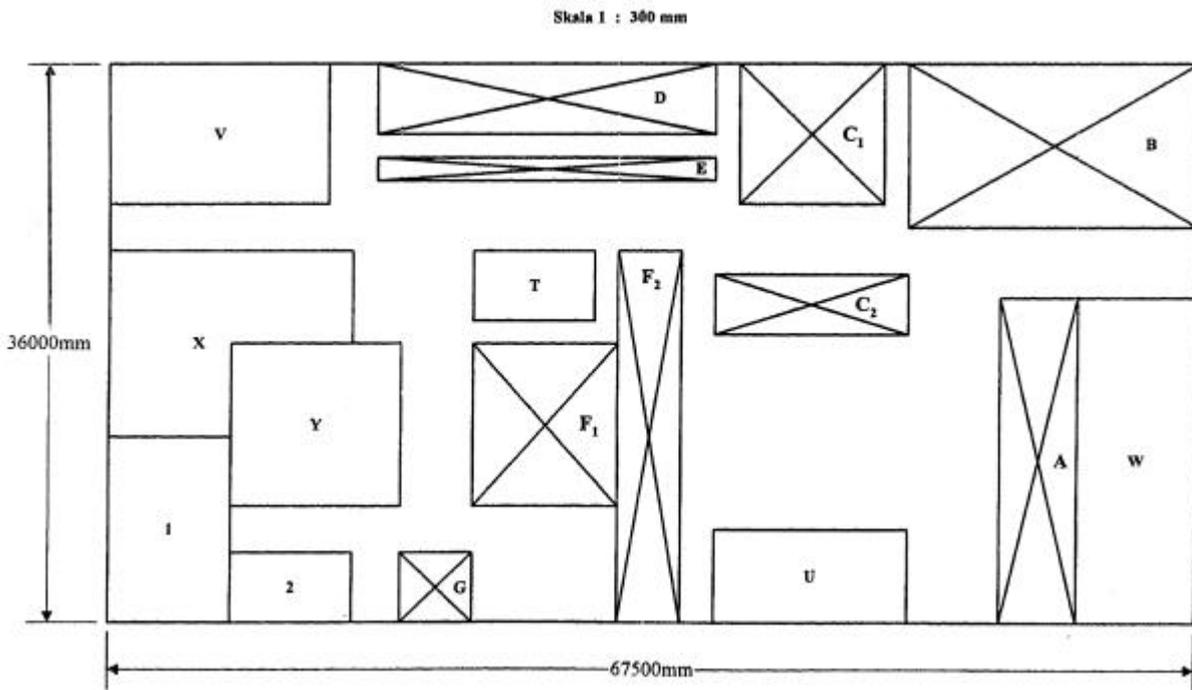
- Memasukkan tata letak pabrik awal dengan ukurannya
- Menentukan aliran antar departemen
- Melakukan proses perhitungan untuk mengetahui jumlah total momen dan gambar tata letaknya.

Dengan melakukan 2 iterasi diperoleh jumlah momen sebesar 867885,6.

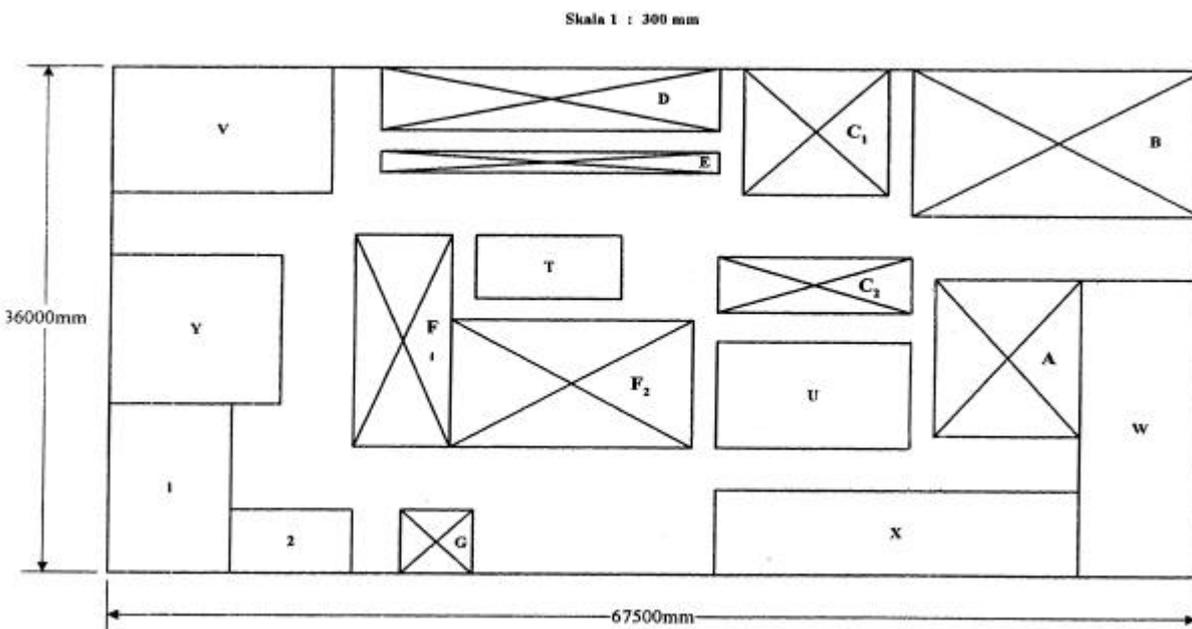
2. Perhitungan tanpa constraint

Prosedur yang dilakukan hampir sama dengan 4.2.1. kecuali untuk departemen yang dianggap constraint ditiadakan.

Hasil yang diperoleh adalah jumlah momen sebesar 856234,7 dengan melakukan 3 iterasi.



Gambar 3. Tata Letak Pabrik pada Iterasi I



Gambar 4. Tata Letak Pabrik pada Iterasi II

4.3 Analisa Perhitungan

Berdasar hasil perhitungan diatas ternyata terdapat keunggulan dan kelemahan masing-masing.

- Perhitungan secara manual menghasilkan jumlah momen perpindahan yang lebih optimal dibanding dengan *software* QS, tetapi perhitungan memakan waktu yang lama sehingga kurang praktis. Keuntungan lain adalah lebih mudahnya melakukan pengaturan yang sesuai dengan keinginan perancang tanpa mengabaikan unsur-unsur yang memudahkan operasional kerja.
- Keuntungan menggunakan *software* QS adalah waktu perhitungan yang lebih cepat dan praktis serta akurasi yang baik. Kelemahannya adalah tidak mampu memecah departemen menjadi dua bagian atau lebih. *Software* ini hanya berpatokan pada bentuk tata letak yang sesuai pada program awal sehingga bentuk-bentuk yang dihasilkan tanpa mempertimbangkan unsur-unsur yang memudahkan operasional kerja.

5. Tjakraatmadja, S.A., *Teknik Tata Cara Kerja*, Bandung : Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Bandung, 1979.
6. Yih, L.C., Sullivan, R.S., *Quant System*, Prentice Hall, Inc. 1989.

5. Penutup

Produktivitas kerja dapat ditingkatkan dengan melakukan penyusunan ulang fasilitas-fasilitas yang ada. Untuk menghasilkan layout pabrik yang lebih baik, maka sebaiknya digunakan kombinasi antara *software* dan manual. *Software* digunakan untuk pendekatan proses perhitungan dan cara manual digunakan pada penyusunan layout yang baru. Dengan menggabungkan kedua cara ini diharapkan keakuratan dan layout yang terbaik dapat diperoleh sehingga dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya untuk perusahaan.

Daftar Pustaka

1. Apple, J.M., *Plant Layout and Material Handling*, New York: The Macmillan Company. 1962.
2. Wignyoebroto, S., *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*, Jakarta: P.T. Guna Widya. 1995.
3. Wignyoebroto, S., *Teknik Tata Cara dan Pengukuran Waktu Kerja*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November. 1985.
4. Wignyoebroto, S., *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*, Jakarta : P.T. Guna Widya, 1996.