

PENERAPAN SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING DAN DISCRETE EVENT SIMULATION UNTUK PERBAIKAN TATA LETAK MESIN PABRIK DI INDUSTRI KOMPONEN ALAT BERAT

DARMAWAN YULIANTO¹, DAN SRI BINTANG PAMUNGKAS²

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta.

²Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik - Universitas Indonesia, Depok.

Email: ¹yulianto.darmawan@gmail.com, ²sri-bintang@ie.ui.ac.id

ABSTRAK

Aplikasi dari metode penyusunan tata letak Systematic Layout Planning dan kemudian dievaluasi dengan Discrete Event Simulation menggunakan perangkat lunak Tecnomatix Plant Simulation untuk menghasilkan alternatif tata letak mesin pabrik yang lebih sesuai dengan produk yang ada di industri komponen alat berat saat ini dan lebih efisien dari sisi jarak perpindahan barang, waktu perpindahan barang, dan jumlah hasil produksi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi Systematic Layout Planning dan Discrete Event Simulation dapat memperpendek jarak perpindahan produk sebesar 32% setahun, mempercepat waktu perpindahan produk sebesar 27% setahun, dan meningkatkan jumlah hasil produksi sebesar 6% setahun.

Kata kunci : Tata letak mesin, Systematic Layout Planning, Discrete Event Simulation

ABSTRACT

The application of layout planning method Systematic Layout Planning and then evaluated by Discrete Event Simulation method using software Tecnomatix Plant Simulation for getting more suitable machine layout to existing products in component industry of heavy equipment, and getting better efficiency on moving distance of products, moving time of products, and total product quantity. The research shows that application of Systematic Layout Planning and Discrete Event Simulation could shortening moving distance of products by 32% a year, shortening moving time of products by 27% a year, and increasing total product quantity by 6% a year.

Key words : Machine layout, Systematic Layout Planning, Discrete Event Simulation

PENDAHULUAN

Metode penyusunan tata letak fasilitas berawal dari empat tipe tata letak dasar yaitu tata letak produk (*product layout*), tata letak proses (*process layout*), tata letak lokasi tetap (*fix location layout*), dan tata letak grup teknologi produk (*product group technology*). Pada perkembangan selanjutnya untuk mendapatkan tata letak yang efisien maka dikembangkan prosedur penyusunan tata letak yang sistematis dikemukakan oleh Richard Muther dalam bukunya berjudul *Practical Plant Layout* pada tahun 1955. Dan kemudian disempurnakan pada

tahun 1973 yang dikenal dengan prosedur SLP (*Systematic Layout Planning*).

Pengembangan prosedur penyusunan tata letak fasilitas terus berkembang seiring kompleksitas masalah yang dihadapi. Tidak hanya masalah penyusunan tata letak fasilitas baru, tetapi juga penyusunan ulang maupun perbaikan tata letak yang telah ada menjadi permasalahan praktis yang sering dihadapi. Tujuan yang ingin dicapai dengan penyusunan tata letak fasilitas pada umumnya peningkatan produktivitas kerja, dan optimalisasi penggunaan

fasilitas yang ada baik area, mesin-mesin, dan tenaga kerja. Pada penelitian terbaru telah menggabungkan prosedur *Systematic Layout Planning* dengan metode simulasi sistem diskrit.

Proses penyusunan ulang tata letak dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggabungkan metode *Systematic Layout Planning* dan metode *Discrete Event Simulation* sehingga diperoleh manfaat dan kelebihan antara lain tata letak yang sesuai dengan aliran material yang memang dibutuhkan oleh produk yang ada, jarak aliran material paling pendek yang bisa dicapai, dan dengan metode simulasi dapat diketahui tingkat perbaikan yang dicapai serta kendala lain yang mungkin timbul dari tata letak tersebut.

Penelitian ini dilakukan di sebuah perusahaan manufaktur komponen alat berat yang berlokasi di kawasan industri Jababeka, Cikarang. Dimana perusahaan ini telah menerapkan tipe tata letak proses (*process layout*) saat awal pembangunannya. Disini terdapat beberapa jenis proses dengan pengelompokan yaitu proses *cutting*, *beveling*, *bending*, *machining*, *welding*, *shotblasting*, dan *painting*. Kelompok proses tersebut terdiri dari beberapa proses yang sejenis yaitu :

1. Proses *cutting*, terdiri dari *plasma cutting*, *laser cutting*, *flame cutting*.
2. Proses *beveling*, terdiri dari *manual beveling*, *milling beveling*, dan *robot beveling*.
3. Proses *bending*, terdiri dari *press bending* dan *roll bending*.
4. Proses *machining*, terdiri dari *radial drilling*, *CNC milling*, dan *CNC lathe*.
5. Proses *welding*, terdiri dari *manual welding*, dan *robot welding*.
6. Proses *shotblasting* adalah proses untuk mengupas lapisan pelindung karat pada plat besi dengan cara menyemprotkan pasir besi dengan tekanan tinggi ke seluruh permukaan plat besi.
7. Proses *painting*, terdiri dari *primer paint* dan *top coating*.

Dan pada beberapa tahun terakhir, perusahaan banyak melakukan penambahan mesin-mesin baru guna memenuhi permintaan pelanggan yang makin meningkat, akan tetapi penempatan atau tata letak mesin-mesin tersebut sudah tidak lagi konsisten dengan pengelompokan jenis proses atau *process layout*. Melainkan hanya berdasarkan ketersediaan area pada saat itu saja. Hal ini mengakibatkan proses perpindahan material menjadi tidak efisien dimana jarak perpindahan semakin jauh dan waktu perpindahan juga semakin lama. Dan pada akhirnya jumlah hasil produksi tidak sesuai dengan yang direncanakan. Sehingga diperlukan adanya perbaikan tata letak mesin-mesin pabrik yang sesuai dengan urutan proses dari produk yang ada saat ini.

METODE

Tinjauan Teoritis

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai dasar-dasar teori yang digunakan sebagai landasan dalam penelitian.

Prosedur Penyusunan Tata Letak Pabrik

Richard Mutter, 1955 dalam bukunya '*Practical Plant Layout*' menyebutkan tentang langkah-langkah penyusunan tata letak pabrik meliputi analisis aliran material, analisis peta hubungan kegiatan (*activity relationship chart*), analisis diagram hubungan kegiatan (*activity relationship diagram*).

a. Analisis Aliran Material

Dalam menganalisis aliran material, terdapat beberapa teknik yang digunakan. Secara garis besar, teknik-teknik ini dibagi kedalam dua kategori, yaitu :

1. Konvensional

Teknik ini telah digunakan beberapa tahun, relatif lebih mudah digunakan, bertitik berat pada metode grafis, dan secara keseluruhan merupakan alat terbaik untuk tujuan yang diinginkan. Teknik konvensional membutuhkan rincian pekerjaan yang banyak untuk membuat catatan

perpindahan pada seluruh proses dengan teliti.

Teknik ini juga membutuhkan berbagai data setiap proses perpindahan, seperti jalur yang dilalui oleh bahan yang berpindah, volume yang dipindahkan, jarak yang ditempuh, frekuensi perpindahan, kecepatan perpindahan dan biaya pemindahan material.

2. Kuantitatif

Teknik ini menggunakan metode-metode statistik dan matematis yang lebih canggih dan umumnya diklasifikasikan sebagai penelitian operasional. Biasanya digunakan komputer sebagai alat bantu dalam melaksanakan perhitungan yang rumit. Teknik-teknik yang termasuk dalam kategori kuantitatif antara lain pemrograman linear, pemrograman dinamis, masalah penugasan, pemrograman transportasi, pemrograman transportasi, pemrograman integer, teori antrian dan simulasi.

b. Hubungan Keterkaitan Antar kegiatan

Perancangan keterkaitan ini biasanya dilakukan dengan membuat ARC dan ARD.

1. Peta Hubungan Kegiatan (*Activity Relationship Chart/ARC*)

Peta keterkaitan kegiatan merupakan salah satu teknik analisis keterkaitan

kegiatan. Peta tersebut serupa dengan peta dari-ke yang menunjukkan hubungan satu kegiatan atau departemen ke kegiatan atau departemen lainnya.

Untuk membantu menentukan kegiatan yang harus ditempatkan pada suatu lokasi, telah ditentukan suatu pengelompokan derajat kedekatan yang diikuti dengan tanda bagi tiap derajat kedekatan tadi. Menurut Muther, derajat kedekatan tersebut dapat dinyatakan dalam beberapa simbol pada tabel 2.1.

2. Diagram Hubungan Kegiatan (*Activity Relation Diagram / ARD*)

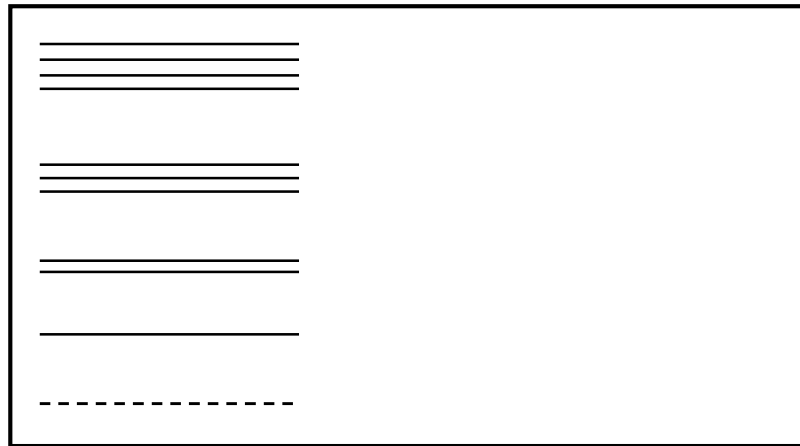
Diagram ini menunjukkan derajat keterkaitan yang dilambangkan dengan menggunakan garis. Semakin banyak garis yang menghubungkan kegiatan tersebut berarti kedekatannya semakin penting. Penggunaan garis untuk menunjukkan derajat ditunjukkan pada gambar 2.1.

Simulasi Kejadian Diskrit (*Discrete Event Simulation*)

Dalam melakukan studi sistem bahwa sebenarnya simulasi merupakan turunan dari model matematik dimana sistem, berdasarkan sifat perubahannya sendiri

Tabel 1. Simbol Peta Keterkaitan Kegiatan

SIMBOL	WARNA	KETERANGAN
A	Merah	<i>A</i> bsolutely Necessary / Mutlak Perlu
E	Jingga	<i>E</i> specially Important / Sangat Penting
I	Hijau	<i>I</i> mportant / Penting
O	Biru	<i>O</i> rdinary / Biasa
U	Tidak Berwarna	<i>U</i> nnecessary / Tidak Perlu
X	Cokelat	<i>X</i> unexpected / Tidak Diharapkan



Gambar 1. Simbol Diagram Keterkaitan Kegiatan *Muther*

dikategorikan menjadi dua (2) yaitu sistem diskrit dan sistem kontinyu.

Sistem diskrit mempunyai maksud bahwa jika keadaan variabel-variabel dan sistem berubah seketika itu juga pada poin waktu terpisah, misalnya sistem antrian pada sebuah bank dimana variabelnya adalah jumlah nasabah yang akan berubah hanya ketika nasabah datang atau setelah selesai dilayani dan pergi. Sedangkan Sistem kontinyu mempunyai arti jika keadaan variabel-variabel dalam sistem berubah secara terus menerus (kontinyu) mengikuti jalannya waktu, misalnya pesawat terbang yang bergerak diudara dimana variabelnya seperti posisi dan kecepatannya akan terus bergerak.

Menurut Jerry Banks klasifikasi model simulasi terdiri atas tiga dimensi yang berbeda, yaitu :

1) Menurut kejadian perubahan sistem yang berlangsung: Model Simulasi Statis dan Dinamis. Model Simulasi statis merupakan representasi dari sebuah sistem pada waktu tertentu sedangkan Model simulasi dinamis menggambarkan suatu sistem yang lambat laun terjadi tanpa batas waktu (contoh: sistem konveyor).

2) Menurut kepastian dari probabilitas perubahan sistem; Model Simulasi Deterministik vs Stokastik Model simulasi dikatakan deterministik jika dalam model tersebut mengandung komponen probabilitas yang pasti. Kebalikannya Model simulasi stokastik adalah model

yang kemungkinan perubahannya sangat acak.

3) Menurut sifat perubahannya ; Model Simulasi Kontinyu vs Diskrit. Dalam simulasi sistem kontinyu, maka perubahan keadaan suatu sistem akan berlangsung terus menerus seiring dengan perubahan waktu, sebagai contoh adalah perubahan debit air dalam sebuah tangki reservoir yang dilubang bagian bawahnya. Akan tetapi untuk simulasi sistem diskrit, perubahan keadaan sistem hanya akan berlangsung pada sebagian titik perubahan waktu, seperti perubahan sistem yang terjadi pada suatu sistem manufaktur dan penanganan material.

Metode Penelitian

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian.

Karakteristik Tata Letak Pabrik Saat Ini

Tata letak pabrik komponen alat berat dalam penelitian ini pada awal pembangunannya telah mengaplikasikan pengelompokan berdasarkan jenis proses atau *process layout* yang meliputi proses *cutting, beveling, bending, machining, welding, shotblasting*, dan *painting*. Akan tetapi pada beberapa tahun terakhir telah mengalami penambahan mesin-mesin baru sehingga tidak lagi konsisten dengan tata letak proses. Evaluasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk memberikan alternatif tata letak yang lebih sesuai dengan urutan proses yang dibutuhkan oleh produk yang ada saat ini. Data produk yang digunakan adalah

produk yang dipesan oleh pelanggan selama tahun 2013.

Peralatan Yang Digunakan

Proses pengolahan data order tahun 2013 lebih banyak menggunakan aplikasi microsoft excel guna menentukan pareto *process routing* (urutan proses) yang menjadi prioritas dalam penyusunan ulang tata letak mesin-mesinnya.

Selanjutnya dalam proses penyusunan ulang tata letak dengan metode *Systematic Layout Planning* lebih banyak menggunakan aplikasi Auto Cad hingga dihasilkan tata letak alternatif yang baru.

Dan kemudian tata letak alternatif tersebut dilakukan pengujian berupa simulasi komputer menggunakan metode *discrete event simulation* dengan program aplikasi *Tecnomatix Plant Simulation* versi-9. Program ini merupakan program simulasi yang dapat memberi gambaran mengenai urutan proses pada suatu produk beserta waktu yang dibutuhkan, jumlah yang dihasilkan dalam kurun waktu tertentu. Selain itu program ini juga dapat menunjukkan potensi terjadinya penumpukan produk di suatu tempat kerja atau mesin, sehingga dapat diambil langkah pencegahannya.

Model Penelitian

Dalam proses penyusunan tata letak alternatif terdapat dua langkah pokok yang dilakukan pada tesis ini yaitu menyusun tata letak dengan prosedur *Systematic Layout Planning*, dan selanjutnya mengevaluasi jumlah hasil produksi dengan cara simulasi menggunakan perangkat lunak *Tecnomatix Plant Simulation* versi 9.

Data yang dibutuhkan sebagai masukan pada proses penyusunan tata letak antara lain jenis tata letak dasar yang akan digunakan yaitu jenis tata letak proses (*process layout*). Serta data – data standar produk seperti *part number*, proses yang dibutuhkan, ukuran lot, dan jumlah order yang diterima. Selain itu diperlukan pula data mengenai jumlah mesin yang ada dan luas area yang diperlukan untuk mesin tersebut.

Selanjutnya baru dilakukan proses penyusunan tata letak menggunakan

prosedur *Systematic Layout Planning* yang secara garis besar meliputi analisis aliran material, pembuatan ARC dan ARD, serta penyusunan tata letak baru. Dan dari tata letak baru tersebut dapat pula ditentukan

jarak dan waktu perpindahan barang antar proses.

Tahap berikutnya adalah mensimulasikan jumlah produk yang dapat dihasilkan pada masing-masing proses routing apabila menggunakan tata letak saat ini maupun tata letak alternatif yang baru.

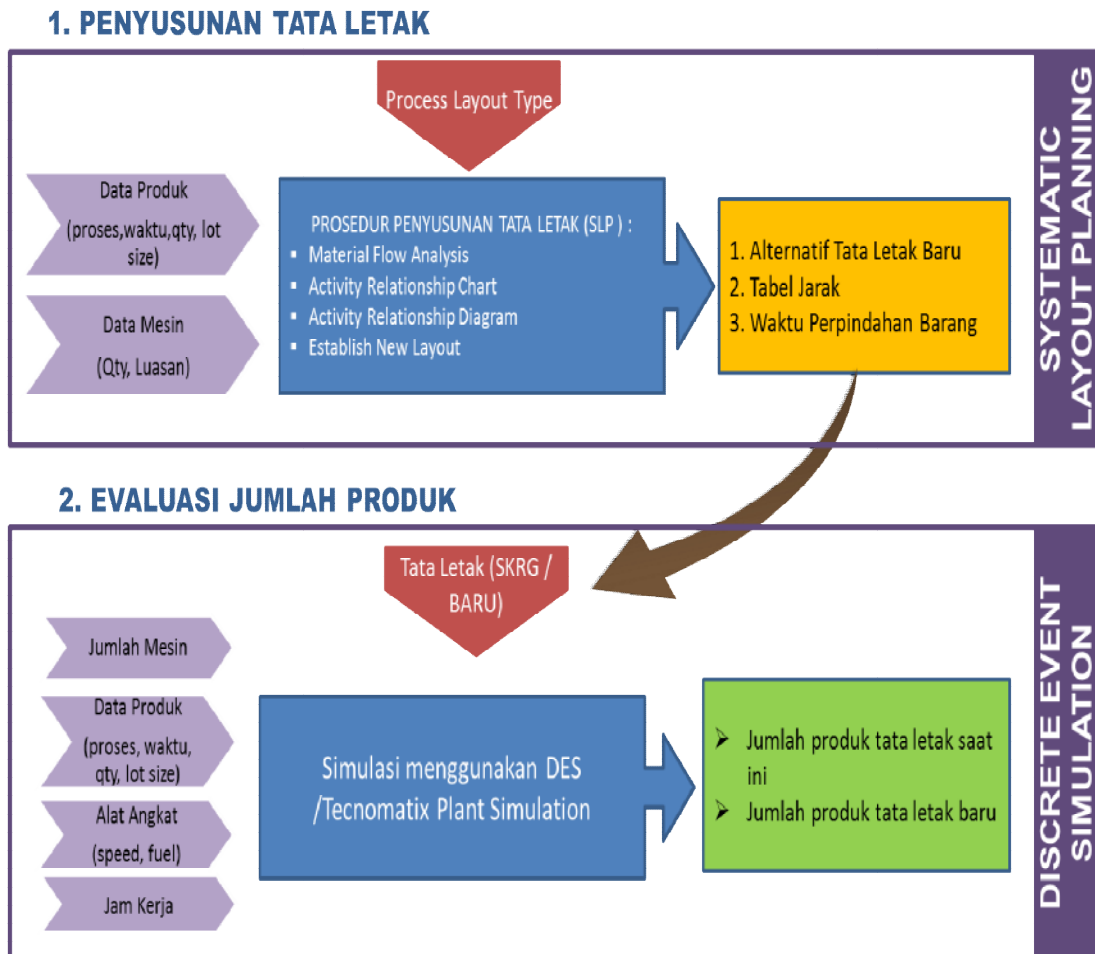
Diagram pemodelan dari langkah penyelesaian masalah pada tesis ini dapat ditampilkan pada Gambar 2.

Variabel Dalam Penelitian

Dari tahapan penyusunan tata letak alternatif hingga tahap evaluasi jumlah hasil produksi menggunakan metode *discrete event simulation*, beberapa variabel yang digunakan disebutkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variabel Dalam Penelitian

Variabel	Satuan
jenis process routing	-
jumlah part	<i>pieces</i>
jumlah order setahun	<i>pieces</i>
jumlah produksi per lot	<i>pieces</i>
jumlah pengiriman tepat waktu	<i>pieces</i>
jumlah pengiriman terlambat	<i>pieces</i>
waktu proses	menit
jenis mesin	-
jumlah mesin	unit
jarak antar jenis mesin	meter
jenis alat handling	-
kecepatan alat handling	meter/menit
jarak perpindahan material	meter
waktu perpindahan material	menit



Gambar 2. Diagram Pemodelan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengolahan data yang dilakukan dan analisis dari data yang diperoleh.

Tata Letak Mesin Saat Ini

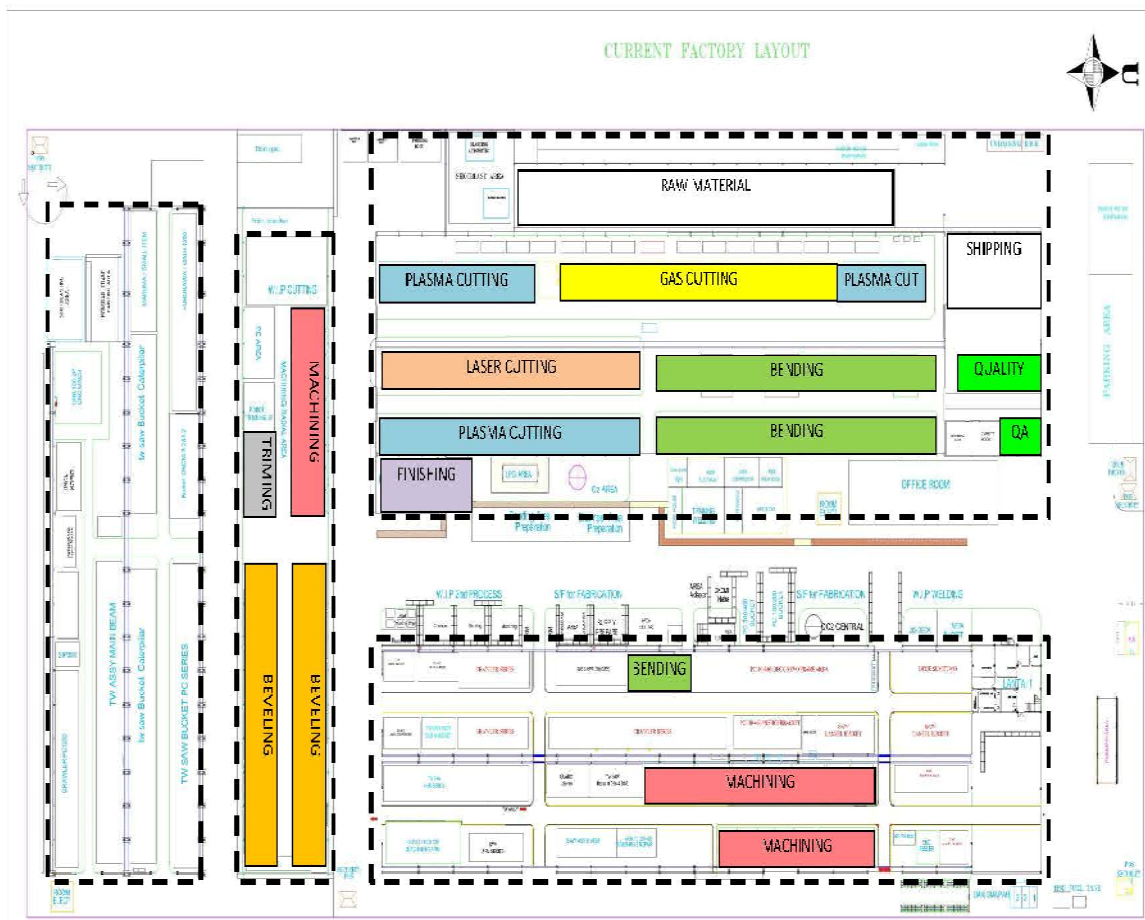
Sejak awal berdirinya perusahaan ini telah menggunakan jenis tata letak berdasarkan pengelompokan proses atau biasa disebut *process layout*. Dimana pesanan pelanggan bersifat job order, yang membutuhkan proses dengan bermacam-macam proses routing.

Tetapi seiring dengan perkembangan bisnis maka terjadi banyak penambahan mesin - mesin baru yang penempatannya sudah tidak sesuai dengan pengelompokan proses. Tata letak pabrik saat ini dapat dilihat pada gambar 3.

Pareto Proses Terlambat

Untuk menentukan prioritas *process routing* yang perlu diperpendek jaraknya dengan perubahan tata letak mesin, maka dilakukan evaluasi terhadap data order tahun 2013. Dari data order tahun 2013 dapat diketahui jumlah barang yang mengalami keterlambatan pengiriman ke pelanggan. Dengan mengurutkan jumlah keterlambatan mulai dari yang tertinggi, kita dapat menentukan *pareto process routing* yang sering terlambat.

Selama tahun 2013, dari jumlah total order 364,192 pcs terdapat 168,759 pcs (46%) yang mengalami keterlambatan pengiriman. Dan pareto dari keterlambatan tersebut disebabkan oleh 15 jenis proses routing dengan jumlah total order sebanyak 135,511 pcs. Dari 15 proses routing tersebut melibatkan 10 grup mesin yang harus dievaluasi tata letaknya.



Gambar 3. Tata Letak Mesin Saat Ini

Penyusunan Tata Letak Alternatif

Untuk menghasilkan alternatif tata letak yang baru maka dilakukan beberapa langkah sesuai prosedur *Systematic Layout Planning*, yaitu sebagai berikut :

Menganalisis aliran material

Proses pemindahan material dari area gudang bahan baku menuju area proses cutting menggunakan sarana *overhead crane* dengan kecepatan rata-rata 0,25 m/detik. Sedangkan pemindahan material setelah proses cutting hingga produk siap di area pengiriman menggunakan sarana forklift dengan rata-

Diketahui bahwa pareto keterlambatan pengiriman produk ke pelanggan tahun 2013 melibatkan 10 kelompok mesin, ditambah gudang bahan baku dan tempat inspeksi kualitas. Sehingga total ada 12 tempat kerja yang harus dianalisis jarak dan tata letaknya.

rata kecepatan 0,55 m/detik. Sehingga total jarak dan waktu perpindahan material untuk masing-masing jenis *process routing* dalam satu tahun dapat ditampilkan pada Tabel 3.

Menganalisis hubungan kegiatan

Dan jika dilihat jumlah barang yang diproses melalui 12 tempat kerja tersebut selama tahun 2013 dapat ditampilkan pada Tabel 4.

Selanjutnya kita dapat mengetahui prosentase jumlah barang yang diproses pada tiap tempat kerja tersebut terhadap total jumlah produk selama satu tahun sebanyak 305.491 *pieces*.

Dengan bantuan para ahli yang sudah berpengalaman di perusahaan tersebut kita dapat menentukan tingkat

kepentingan hubungan antar tempat kerja. Dan skala tingkat kepentingan hubungan hasil pendapat para ahli ditampilkan adalah sebagai berikut :


- lebih dari 40%, hubungan sangat penting / *absolutely necessary* (A)
- antara 20% - 40%, hubungan cukup penting / *especially important* (E)
- antara 10% - 19%, hubungan penting / *important* (I)
- antara 1% - 9%, hubungan boleh dekat / *ordinary close OK* (O).

Tabel 3. Total Jarak dan Waktu Pemindahan Material Dalam 1 Tahun Untuk Tata Letak Saat ini

Process	8F3	1F3	2F3	1FK3	8FK3	1FKB3	8FB3	2FK3	1FBR3	1FB3	2FKM3	1FM3	2FP3	8FKB3	2FM3	TOTAL
Num of Lot	1878	2064	2432	2555	957	1528	827	966	622	886	410	363	661	427	341	
Move Dist. /Lot (m)	433.4	433.3	485.9	599.9	600	560	429.5	652.5	868.7	429.4	746.5	556.6	492.6	560.1	609.2	
Move Time / Lot (min)	16.5	16.5	17.3	21.5	21.5	20.3	16.4	22.3	29.6	16.4	25.1	20.2	17.5	20.3	21	
Ann. Move Dist. (m)	813,925.20	894,331.20	1,181,708.80	1,532,744.50	574,200.00	855,680.00	355,196.50	630,315.00	540,331.40	380,448.40	306,065.00	202,045.80	325,608.60	239,162.70	207,737.20	9,039,500.30
Ann. Move Time (min)	30,987.00	34,056.00	42,073.60	54,932.50	20,575.50	31,018.40	13,562.80	21,541.80	18,411.20	14,530.40	10,291.00	7,332.60	11,567.50	8,668.10	7,161.00	326,709.40

Tabel 4. Jumlah Barang Yang Melalui 12 Tempat Kerja

Qty (pcs)	RM	8	1	2	F	K	B	M	P	R	Q	3
RM												
8		91,754	140,022	73,715								
1					91,754							
2					140,022							
F					73,715							
K						74,190	35,922	14,165	6,944		45,343	
B							17,364	4,845			51,981	
M										6,429	46,857	
P											6,429	
R											19,010	
Q											6,944	
3												305,491

Keterangan :  Tidak Ada Aliran Material

Sehingga dari skala tingkat kepentingan hubungan tersebut maka dapat dibuat Tabel hubungan kegiatan / *Activity Relationship Chart* pada Tabel 5.


Setelah mengetahui tingkat kepentingan hubungan antar tempat kerja dan membuat *Activity Relationship Chart* maka kemudian dapat dibuat pula Diagram Hubungan Kegiatan / *Activity Relationship Diagram*. Digambarkan pada Gambar 4.

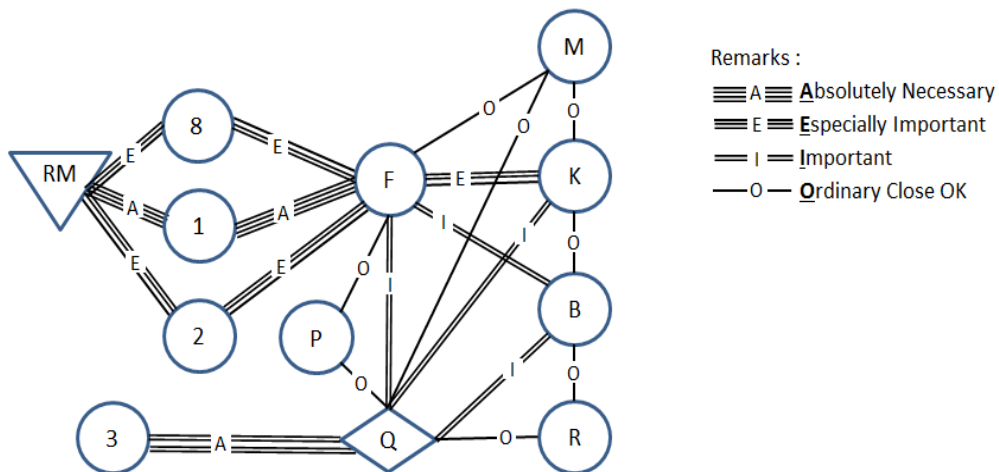
Setelah membuat *Activity Relationship Chart* dan *Activity Relationship*

Diagram kemudian dapat dianalisis tata letak saat ini, dimana hubungan yang sangat penting (*absolutely necessary*) harus diletakkan pada lokasi yang berdekatan. Sedangkan proses yang hubungannya boleh berdekatan (*ordinary close*) dapat diletakkan pada prioritas terakhir dalam penyusunan tata letak. Dan hasil analisis tata letak saat ini yang tidak sesuai dengan tingkat kepentingan hubungan dapat ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Activity Relationship Chart

ARC	RM	8	1	2	F	K	B	M	P	R	Q	3
RM		E	A	E								
8					E							
1					A							
2					E							
F						E	I	O	O		I	
K							O	O			I	
B										O	I	
M											O	
P											O	
R											O	
Q												A
3												

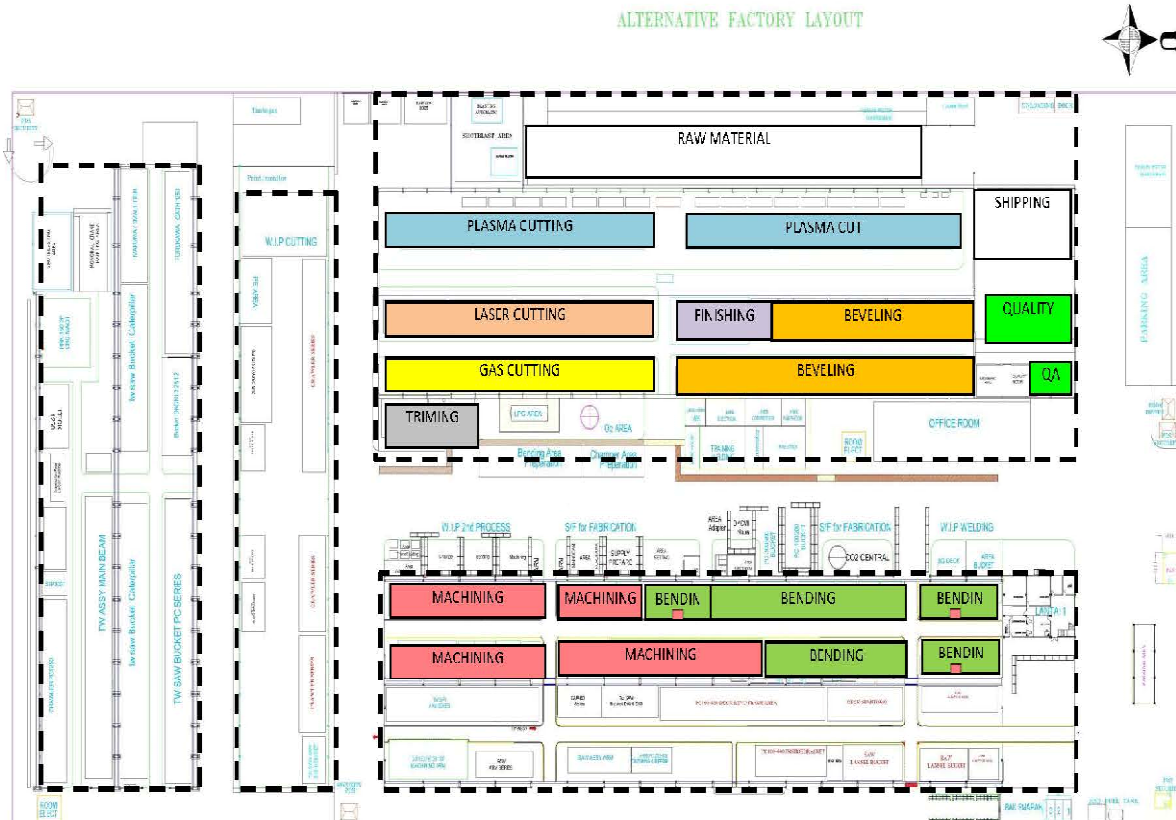
Keterangan :
 A Sangat Penting / Absolutely Necessary
 E Cukup Penting / Especially Important
 I Penting / Important
 O Boleh Dekat / Ordinary Close OK
 U Tidak Perlu / Unecessary
 Tidak Ada Aliran Material



Gambar 4. Activity Relationship Diagram

Tabel 6. Analisis Tata Letak Saat Ini dan Langkah Perbaikannya

No	Analisa Tata Letak Saat Ini	Langkah Perbaikan
1	Jarak RM ke plasma cutting terlalu jauh	Pindah area plasma cutting ke gas cutting
2	Jarak finishing cutting ke plasma cutting, gas cutting dan ke quality terlalu jauh	- Pindah area finishing cutting ke bending akyapak - Pindah area bending ke welding deck
3	Jarak bevel ke quality terlalu jauh	- Pindah area bevel ke bending - Pindah welding deck ke area machining plant-2
4	Jarak machining ke quality terlalu jauh	- Pindah area machining ke welding crawler - Pindah area crawler ke plant-3
5	Jarak trimming ke quality terlalu jauh	Pindah area trimming ke finishing



Gambar 5. Alternatif Tata Letak Mesin Pabrik Baru

Setelah membuat *Activity Relationship Chart* dan *Activity Relationship Diagram* kemudian dapat dianalisis tata letak saat ini, dimana hubungan yang sangat penting (*absolutely necessary*) harus diletakkan pada lokasi yang berdekatan. Sedangkan proses yang hubungannya boleh berdekatan (*ordinary close*) dapat diletakkan pada prioritas terakhir dalam penyusunan tata letak. Dan dari hasil analisis tata letak saat ini, terdapat lokasi penempatan mesin yang tidak sesuai dengan tingkat kepentingan hubungan proses yang dibutuhkan oleh produk yang ada saat ini. Sehingga perlu adanya langkah perbaikan. Hasil analisis dan

langkah perbaikannya dapat ditampilkan pada Tabel 6.

Sehingga dari analisis dan langkah perbaikannya kita dapat membuat alternatif tata letak yang baru pada Gambar 5. Pada gambar tata letak alternatif yang baru tampak pengelompokan mesin-mesin dengan proses sejenis tersebar hanya di dua gedung saja. Dengan ini diharapkan proses perpindahan material akan jauh lebih efisien dalam segi jarak perpindahan material yang lebih pendek, dan waktu perpindahan material menjadi lebih cepat.

Evaluasi Jarak dan Waktu Proses

Aliran material dan perpindahan material untuk tata letak yang baru relatif sama dengan tata letak yang ada saat ini. Yang membedakan hanya besaran jarak dan waktu perpindahan material dari satu proses ke proses lainnya. Dimana pada tata letak yang baru jaraknya lebih pendek sehingga waktunya menjadi lebih singkat.

Sehingga total jarak dan waktu perpindahan untuk masing-masing jenis *process routing* dalam 1 tahun dapat ditampilkan pada Tabel 7.

Evaluasi Jumlah Hasil Produksi

Untuk menentukan jumlah produk yang dihasilkan menggunakan metode simulasi *Discrete Event Simulation*, maka digunakan aplikasi perangkat lunak Tecnomatix Plant Simulation versi 9 untuk mensimulasikan jumlah produk yang dapat dihasilkan pada tiap jenis *routing process*.

Simulasi ini dilakukan untuk kedua jenis tata letak baik tata letak saat ini maupun tata letak alternatif yang baru. Data yang digunakan sebagai masukan pada program simulasi adalah data yang ada pada diagram alir material (*material flow diagram*), yang meliputi urutan proses dan waktu proses. Sedangkan untuk menentukan lama waktu simulasi adalah dengan menghitung rasio perbandingan jumlah produk yang dihasilkan pada tahun 2013 terhadap total jam kerja dalam satu

tahun 2013. Karena varian produk yang sangat banyak, maka untuk keperluan simulasi dipilih satu part number yang paling banyak diproduksi pada tiap-tiap jenis *routing process*.

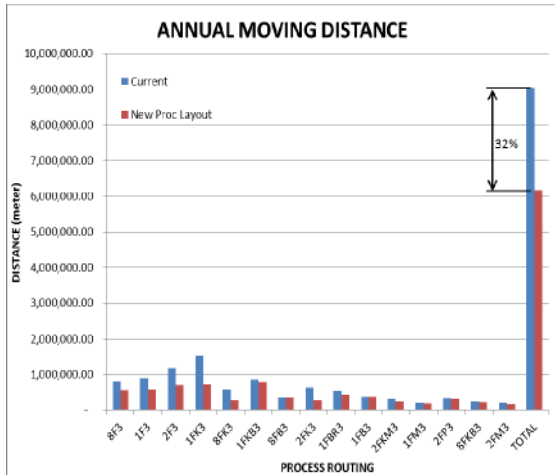
Dari semua hasil simulasi proses *routing* dapat dilihat bahwa dengan tata letak yang baru diperoleh jumlah produk yang lebih banyak dibandingkan tata letak yang ada saat ini, kecuali untuk proses *routing* 8FB3 mengalami penurunan jumlah produk dan 2FP3 jumlah produknya tetap tidak bertambah. Pada proses *routing* 8FB3 dikarenakan jarak perpindahan produk sedikit bertambah jauh karena efek perubahan tata letak proses yang mayoritas dibutuhkan oleh pelanggan harus dekat. Sedangkan jenis proses 2FP3 tidak mengalami peningkatan jumlah produk yang dihasilkan, karena adanya *bottle neck* pada proses *strightening press* / STP (kode P). Hal ini terlihat pada program simulasi menggunakan menu *bottle-neck analyzer* dimana proses setelah STP tampak berwarna abu-abu yang berarti statusnya *waiting* atau mesin dalam keadaan menunggu. Yang dimaksud *bottle neck* dalam hal ini adalah adanya waktu proses yang sangat lama pada salah satu tahapan proses *routing*, sehingga terjadi antrian produk yang akan diproses pada mesin tersebut dan sebaliknya mesin pada *routing* selanjutnya dalam keadaan kosong menunggu produk.

Tabel 7. Total Jarak dan Waktu Pemindahan Material Dalam 1 Tahun Untuk Tata Letak Baru

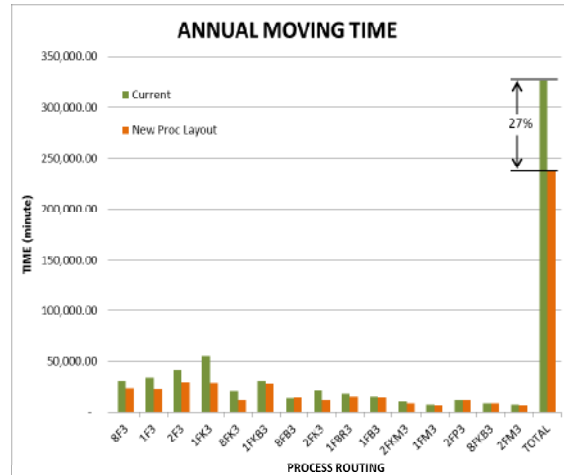
Process	8F3	1F3	2F3	1FK3	8FK3	1FKB3	8FB3	2FK3	1FBR3	1FB3	2FKM3	1FM3	2FP3	8FKB3	2FM3	TOTAL
Num of Lot	1878	2064	2432	2555	957	1528	827	966	622	886	410	363	661	427	341	
Move Dist. /Lot (m)	292.4	278	290.9	278	292.4	509.6	444.6	290.9	689.4	430.2	580.9	488.6	457.9	524	501.5	
Move Time / Lot (min)	12.3	11	12.2	11	12.3	18	16.9	12.2	23.4	15.6	21	17.3	17.3	19.2	18.6	
Ann. Move Dist. (m)	549,127.20	573,792.00	707,468.80	710,290.00	279,826.80	778,668.80	367,684.20	281,009.40	428,806.80	381,157.20	238,169.00	177,361.80	302,671.90	223,748.00	171,011.50	6,170,793.40
Ann. Move Time (min)	23,099.40	22,704.00	29,670.40	28,105.00	11,771.10	27,504.00	13,976.30	11,785.20	14,554.80	13,821.60	8,610.00	6,279.90	11,435.30	8,198.40	6,342.60	237,858.00

Tabel 8. Simulasi Jumlah Hasil Produk

Process	8F3	1F3	2F3	1FK3	8FK3	1FKB3	8FB3	2FK3	1FBR3	1FB3	2FKM3	1FM3	2FP3	8FKB3	2FM3	TOTAL
Current Ann. Qty (pcs)	159960	309080	60484	54285	7227	7232	19822	4978	882	20784	3585	11829	574	3166	7363	671,251
New Ann. Qty (pcs)	173871	315744	64361	63699	9637	7971	19612	5160	1028	20847	3657	12181	574	3358	7520	709,220



Gambar 6. Grafik Perbandingan Total Jarak Perpindahan 1 Tahun



Gambar 7. Grafik Total Waktu Perpindahan 1 Tahun

Dengan adanya *bottle neck* ini, maka pengurangan jarak dan waktu perpindahan produk tidak dapat menambah jumlah produk yang dihasilkan. Hingga suatu saat dilakukan langkah perbaikan masalah *bottle neck* ini. Keseluruhan jumlah hasil produk yang disimulasikan untuk waktu satu tahun dapat dirangkum pada tabel 8.

Analisis

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan di bab sebelumnya, maka pada bagian ini akan membahas tentang analisis hasil, yang meliputi analisis jarak dan waktu perpindahan antar tempat kerja pada tiap proses routing, serta analisis jumlah produk yang dihasilkan dari program simulasi untuk kurun waktu satu tahun.

Jarak Perpindahan Dalam Satu Tahun

Apabila dijumlahkan jarak total perpindahan barang selama satu tahun maka pada tata letak saat ini sejauh 9.039.500,3 meter, sedangkan pada tata letak alternatif berkurang menjadi hanya 6.170.793,4 meter. Sehingga dengan tata

letak alternatif tersebut akan tampak pengurangan jarak sebesar 32% lebih pendek dari tata letak saat ini. Hal ini berarti juga penghematan biaya handling produk akan sebesar 32%, karena konsumsi bahan bakar forklift sebagai alat handling di perusahaan ini akan berbanding lurus dengan jarak tempuhnya.

Hasil perhitungan jarak perpindahan material untuk masing masing proses pada kedua tata letak seperti telah ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 7 dapat dibandingkan dalam grafik Gambar 6.

Waktu Perpindahan Dalam Satu Tahun

Apabila dijumlahkan total waktu perpindahan barang selama satu tahun, maka pada tata letak saat ini yaitu 326.709,4 menit. Sedangkan pada tata letak alternatif yang baru yaitu 237.858,0 menit. Sehingga dengan tata letak alternatif yang baru dapat mengurangi total waktu perpindahan barang sebesar 27% lebih cepat dari tata letak saat ini.

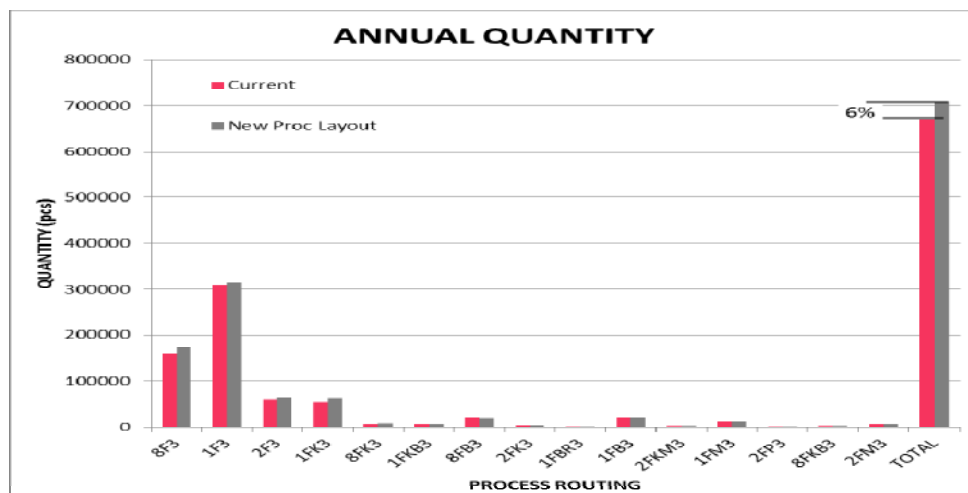
Dari jarak perpindahan material pada kedua jenis tata letak akan dapat dihitung

waktu perpindahannya. Hasil perhitungan waktu perpindahan material untuk masing masing proses pada kedua tata letak seperti telah ditampilkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.5 dapat dibandingkan secara keseluruhan dalam grafik Gambar 8

Total Hasil Produk Dalam Satu Tahun

Dari hasil simulasi jumlah produk pada tiap-tiap jenis proses routing dengan tata letak saat ini maupun tata letak alternatif yang baru yang telah ditampilkan

pada tabel 8 dan dapat pula digambarkan dalam grafik Gambar 4.6. Dimana jumlah produk pada tata letak saat ini dihasilkan sebanyak 671.251 pcs. Sedangkan pada tata letak alternatif yang baru dihasilkan jumlah produk sebanyak 709.220 pcs. Jumlah produk yang dihasilkan dari program simulasi selama satu tahun tersebut mengalami peningkatan jumlah sebesar 6% lebih banyak pada tata letak alternatif yang baru.



Gambar 8. Grafik Jumlah Hasil Produk 1 Tahun

Secara total hasil simulasi terlihat bahwa dengan tata letak alternatif yang baru akan diperoleh jumlah produk yang lebih banyak dibandingkan tata letak yang ada saat ini, kecuali untuk proses routing 8FB3 mengalami penurunan jumlah produk dan 2FP3 jumlah produknya tetap tidak bertambah. Pada proses routing 8FB3 dikarenakan jarak perpindahan produk sedikit bertambah jauh karena efek perubahan tata letak proses yang mayoritas dibutuhkan oleh pelanggan harus dekat. Sedangkan jenis proses 2FP3 tidak mengalami peningkatan jumlah produk yang dihasilkan, karena adanya *bottle neck* pada proses *strightening press / STP* (kode P). Hal ini terlihat pada program simulasi menggunakan menu *bottle-neck analyzer* dimana proses setelah STP tampak berwarna abu-abu yang berarti statusnya *waiting* atau mesin dalam keadaan menunggu. Yang dimaksud *bottle neck* dalam hal ini adalah adanya waktu proses yang sangat lama pada salah satu

tahapan proses routing, sehingga terjadi antrian produk yang akan diproses pada mesin tersebut dan sebaliknya mesin pada routing selanjutnya dalam keadaan kosong menunggu produk. Dengan adanya *bottle neck* ini, maka pengurangan jarak dan waktu perpindahan produk tidak dapat menambah jumlah produk yang dihasilkan. Hingga suatu saat dilakukan langkah perbaikan masalah *bottle neck* ini.

KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dan analisis data, maka pada bagian ini dapat diambil beberapa kesimpulan dari permasalahan tata letak mesin-mesin pabrik di industri komponen alat berat.

Kesimpulan yang dapat diambil bahwa tata letak mesin-mesin pabrik yang ada saat ini tidak konsisten dengan tata letak proses (*process layout*) dan tidak sesuai dengan kebutuhan proses pada

produk yang ada saat ini di industri alat berat. Hal ini dikarenakan adanya penambahan dan penempatan sejumlah mesin yang tidak mengacu pada pengelompokan jenis prosesnya. Sehingga mengakibatkan jarak perpindahan material menjadi jauh dan waktu perpindahannya menjadi lama, serta jumlah produk yang dihasilkan menjadi lebih sedikit.

Hasil analisis data tentang jarak, waktu dan jumlah hasil produk yang membandingkan antara tata letak saat ini dengan tata letak alternatif yang baru telah menunjukkan bahwa perubahan tata letak dengan metode *Systematic Layout Planning* dan *Discrete Event Simulation* akan sangat signifikan memperbaiki jarak dan waktu perpindahan barang. Sehingga jarak perpindahan menjadi lebih pendek 32% dalam satu tahun, waktunya menjadi lebih cepat 27% dalam satu tahun, dan jumlah produk yang dihasilkan bertambah 6% dalam satu tahun. Disamping itu, penggunaan metode *Discrete Event Simulation* dapat menjelaskan tentang jumlah hasil produk tidak terlalu signifikan bertambah dengan tata letak yang baru, dikarenakan masih adanya *bottle neck* waktu proses di beberapa proses produksi yang tidak dapat diperbaiki hanya dengan perubahan tata letak. Sehingga dengan bantuan simulasi kejadian diskrit dapat mensimulasikan alternatif penambahan jumlah mesin produksi untuk mengatasi masalah *bottle neck* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Stevenson, William J., *Operation Management An Asian Perspective*, McGraw-Hill/Irwin, 2010.
- Muther, Richard, *Practical Plant Layout*, Mc Graw Hill Book Company, New York, 1955.
- Apple, James M., *Tataletak Pabrik dan Pemindahan Bahan*, terjemahan Nurhayati M.T. Mardiono, Edisi ketiga, Penerbit ITB, 1990.
- Manual on Plant Layout and Materials Handling*, Asian Productivity Organization, 1971.
- Heragu, Sundaresh S., *Facilities Design Third Edition*, CRC Press, 2008.
- Banks, Jerry, *Discrete-Event System Simulation*, Prentice Hall International, Inc., 1996.
- Bangsow, Steffen, *Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk*, Springer, 2010.
- Arya, Vinod, and Sanjeev Singh Clauhan, *Increased Productivity and Planning By Improved Plant Layout Using Systematic Layout Planning at NCRM Division Bhushan Steels Ltd. Khopoli Mumbai*, International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJIET), 2013.
- Prasad, P.S.S., and G.Aravinthan, *Development of Cellular Layout for a Pump Manufacturing Industry*, The IUP Journal of Operation Management Vol.X, 2011.
- Kurkin, Onrej, and Michael Simon, *Optimization of Layout Using Discrete Event Simulation*, IBIMA Publishing, 2011.
- Yaghini, Masoud, Shabnam Sharifian, and Rahim Akhavana, *Reengineering the Locomotive Operation Management Process in the Railways of Iran (RAI)*, Elsevier B.V., 2012.