

Rancang Ulang dan Simulasi Tata Letak Lantai Produksi Menggunakan Metode Pairwise Exchange di PT. Alam Permata Riau

Merry Siska¹, Fachrul Sabri²

^{1,2} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: merry.siska@uin-suska.ac.id

(Received: 29 Februari 2016; Revised: 20 Juni 2016; Accepted: 20 Juni 2016)

ABSTRAK

Tata letak yang baik dan sesuai dengan keadaan perusahaan merupakan salah satu faktor utama untuk mengoptimalkan waktu dan biaya produksi. Masalah utama dalam produksi ditinjau dari segi kegiatan/proses produksi adalah Bergeraknya material dari satu departemen ke departemen lain, sampai material tersebut menjadi barang jadi. Pergerakan material pada PT. Alam Permata Riau mengalami permasalahan berupa penempatan stasiun kerja yang ada, masih terdapat ketidakefisienan di dalam proses produksi. Hal ini terlihat pada penempatan stasiun-stasiun kerja yang diletakkan terlalu jauh yang dapat menghambat perpindahan bahannya sehingga akan mengakibatkan tertundanya proses produksi di stasiun berikutnya. Rancangan ulang tata letak fasilitas pabrik pembuatan palet PT. Alam Permata Riau dengan menggunakan metode *Pairwise Exchange* mendapatkan usulan tata letak baru yang lebih optimal baik dari segi jarak *material handling*, biaya, maupun *output* yang dapat dihasilkan dari pada tata letak yang telah diterapkan oleh perusahaan pada saat ini. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, terlihat meningkatnya persen *busy* ini disebabkan dari semakin dekatnya jarak antar stasiun kerja yang saling berhubungan akan memperlancar perpindahan bahan sehingga waktu untuk menunggu dapat dikurangi. Maka dapat disimpulkan *layout* usulan lebih baik karena meningkatnya persentase *busy* yang berdampak pada bertambahnya jumlah *output* yang dapat dihasilkan dapat diketahui bahwa peranan jarak pada suatu *layout* akan mempengaruhi besar atau kecilnya persentase *busy* dan *idle* namun tidak mutlak mempengaruhi besar atau kecilnya *output* yang dapat dihasilkan.

Kata Kunci: *pairwise exchange*, simulasi *witness*, tata letak

ABSTRACT

The good layout and in accordance with the state of the company is one of the main factors to optimize the time and cost of production . The main problem in terms of production activity / production process is the movement of material from one department to another , untill the material into finished goods . The movement of material in PT. Alam Permata Riau is having problems, such as the placement of work stations that exist, there are inefficiencies in the production process. This can be seen in the placement of work stations are placed too far which can inhibit the transfer material that will lead to delays in the production process at the next station. Re-layout of the facilities manufacturing plant pallets PT. Alam Permata Riau by using Pairwise Exchange method proposed new layout is more optimal in terms of both distance material handling , costs , and outputs that can be generated from the layout has been applied by the company at this time. From the simulation results that have been done , look busy is due to the increasing percent of the proximity between work stations which are interconnected to facilitate the movement of materials so as to wait time can be reduced . So we can conclude the proposed layout is better due to the increased percentage of busy, which have an impact on increasing the amount of output that can be produced can be seen that the role of distance in a layout will affect a large or small percentage of busy and idle but not absolutely affect large or small output that can be produced .

Keywords: *layout*, *pairwise exchange*, *witness simulation*

Corresponding Author:

Merry Siska
Jurusan Teknik Industri,
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Email: merry.siska@uin-suska.ac.id

Pendahuluan

Tujuan dari proses manufaktur adalah menghasilkan suatu produk dengan tingkat efisiensi dan kualitas yang tinggi dengan biaya minimum dan dapat segera memenuhi kebutuhan dari konsumennya. Makin meningkatnya jumlah permintaan, diperlukan proses manufaktur yang lebih efisien (Lestari, 2011).

Pengaturan tata letak pabrik yang terencana dengan baik akan menentukan efisiensi dari proses manufaktur yang dilakukan. Menurut Wignosoebroto (2009) tata letak yang baik akan memberikan keluaran (*output*) yang lebih besar dengan ongkos yang sama atau lebih sedikit, *man hours* yang lebih kecil, dan atau mengurangi jam kerja mesin (*machine hours*). Suatu industri akan berhasil apabila di dalamnya terdapat integrasi dari faktor produksi dan sistem manajemen sehingga dapat lebih efektif dan efisien. Salah satu penentu keberhasilan suatu industri adalah tata letak atau lebih dikenal dengan nama *layout* dari industri.

Pergerakan material pada PT. Alam Permata Riau mengalami permasalahan berupa penempatan stasiun kerja yang ada, masih terdapat ketidakefisienan di dalam proses produksi. Hal ini terlihat pada penempatan stasiun-stasiun kerja yang diletakkan terlalu jauh yang dapat menghambat perpindahan bahan sehingga akan mengakibatkan tertundanya proses produksi di stasiun berikutnya. Seperti pada stasiun kerja yang menghasilkan daun palet kemudian dilanjutkan ke stasiun kerja *assembly* untuk dilakukan pemasangan kaki palet. Kedua stasiun ini memiliki keterkaitan satu sama lain namun ditempatkan dengan jarak yang cukup jauh kondisi ini akan lebih bertambah parah apabila terjadi hujan, perpindahan bahan akan menjadi tidak lancar sehingga mengakibatkan tertundanya proses produksi pada stasiun *assembly* yang otomatis akan terjadi penundaan pada stasiun-stasiun kerja selanjutnya.

Penelitian ini dimaksudkan agar perusahaan tersebut dapat memperhatikan ke depannya susunan fasilitas pabrik khususnya PT. Alam Permata Riau baik itu dari segi perlengkapan, tanah, bangunan dan sarana lainnya dapat dioptimalkan sehingga hubungan antara operator atau pekerja, aliran barang, aliran informasi dan tata cara yang diperlukan untuk mencapai tujuan usaha dapat terjadi secara efektif dan efisien.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang ulang tata letak fasilitas pabrik dengan menggunakan metode *Pairwise Exchange*.
2. Mensimulasikan tata letak dengan menggunakan *software* simulasi Witness.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Luas stasiun kerja seluruhnya dianggap sama luas.
2. Data biaya *material handling* yang digunakan mulai dari Bulan Januari sampai dengan April 2013.

Dalam kegiatan manufaktur, pemindahan bahan mengambil porsi 25% dari jumlah pekerja, 55% dari luas lantai yang digunakan, dan 87% dari waktu yang digunakan. Informasi demikian merupakan bukti nyata pentingnya perancangan sistem pemindahan bahan yang mampu mereduksi kontribusi pekerja, pemakaian luas lantai, dan waktu produksi. Pada umumnya, perancangan dilakukan dengan cara ekonomi gerakan untuk tipe manual dan pemilihan alat pemindahan bahan yang memberikan manfaat lebih besar dibandingkan dengan hanya investasi yang dikeluarkan (Hadiguna, 2008).

Sistem pemindahan bahan baku memegang peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu pabrik. Pada sebagian besar *manufacturing*, orang beranggapan bahwa lebih baik bahan yang bergerak atau berpindah dari pada orang atau mesinnya (Wignosoebroto, 2009).

Satu dari beberapa kesimpulan umum yang dapat ditarik mengenai pemindahan bahan adalah bahwa cakupan pemindahan bahan sangat luas dan pentingnya pemindahan barang menjadikannya dikenali lebih luas. Hal ini dikarenakan kegiatan pemindahan atau pengangkutan pada suatu perusahaan tertentu dapat mencapai sekitar 50% sampai 70% kegiatan produksi, dan bukan 20% atau 10% seperti yang biasanya dikemukakan (Apple, 1990).

Metode *Pairwise exchange* merupakan metode untuk menentukan urutan fasilitas. Metode demikian membutuhkan *from to chart* dan ukuran fasilitas. Fungsi objektif metode demikian adalah total jarak perpindahan bahan atau dapat pula total biaya perpindahan bahannya. Sesuai dengan nama metodenya, cara kerjanya adalah menjajangi seluruh kemungkinan urutan fasilitas dan memilih urutan yang memiliki total jarak perpindahan

terkecil. Langkah-langkah penyelesaian dengan metode ini adalah sebagai berikut (Hadiguna, 2008):

1. Tetapkan urutan awal fasilitas sebagai basis perencanaan dan hitung total jarak atau biaya perpindahan bahannya.
2. Lakukan pertukaran berpasangan berbasiskan urutan awal untuk setiap pasangan fasilitas, sehingga membentuk beberapa alternatif. Hitunglah total jarak atau biaya perpindahan bahannya. Pilihlah nilai terkecil.
3. Bandingkan nilai urutan terkecil urutan baru dengan urutan awal; apabila lebih besar, maka urutan awal lebih baik, tetapi jika lebih kecil lanjutkan ke langkah berikutnya.
4. Lakukan pertukaran berpasangan dengan basis urutan yang baru dan hitunglah total jarak atau biaya perpindahan bahan. Kemudian kembali ke langkah 3.

Kata simulasi berasal dari bahasa asing (Inggris) yaitu *to simulate* yang berarti menirukan, sedang kata *simulation* yang diterjemahkan ke bahasa Indonesia dengan simulasi mempunyai makna tiruan atau upaya menirukan, yaitu menirukan suatu sistem nyata (*real system*) yang menjadi objek kajian dalam rangka mencari jawaban atas persoalan sistem tersebut (Asmungi, 2006).

Model simulasi merupakan *tool* yang cukup fleksibel untuk memecahkan masalah yang sulit untuk dipecahkan dengan model matematis biasa. Model simulasi sangat efektif digunakan untuk sistem yang relatif kompleks untuk pemecahan analitis dari model tersebut.

Metode Penelitian

Metodologi penelitian perlu ditentukan terlebih dahulu, agar di dalam mencari solusi untuk memecahkan masalah lebih terarah dan mempermudah proses analisis. Selain itu, untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik, diperlukan tahapan penelitian yang tepat dan jelas.

Langkah awal yang harus dilakukan sebelum penelitian ini dilaksanakan adalah mencari permasalahan yang akan diteliti. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui lebih detail tentang informasi-informasi yang diperlukan untuk menentukan variabel penelitian. Studi pendahuluan dilakukan di PT. Alam Permata Riau yang berada di Jalan Keramat Sakti - Kubang Nomor 48 Siak Hulu kabupaten Kampar. Dalam langkah ini penulis menentukan topik yang menjadi permasalahan yaitu besarnya jarak perpindahan bahan yang secara otomatis diikuti dengan tingginya biaya perpindahan bahan.

Untuk menghasilkan penelitian yang ilmiah dan bisa dipertanggung jawabkan, data merupakan

hal yang sangat signifikan dan krusial. Oleh sebab itu data yang dikumpulkan haruslah benar-benar riil dan bukan rekayasa. Dalam penelitian ini metode yang dilakukan dalam pengumpulan data adalah sebagai berikut :

1. Data Primer

Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini adalah hasil dari observasi. Data primer adalah data yang diambil langsung pada perusahaan yang diteliti adalah waktu baku setiap stasiun kerja, frekuensi pemindahan bahan antar mesin, jarak antar mesin, kecepatan perpindahan bahan, biaya perpindahan bahan.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data yang sudah ada di PT. Alam Permata Riau data sekunder adalah data yang sudah tersedia pada perusahaan yaitu profil perusahaan, data proses produksi, jumlah tenaga kerja, jumlah jam kerja yang tersedia, dan jumlah permintaan produk tiap bulan.

Setelah mendapatkan data, maka langkah selanjutnya mengolah data dengan menggunakan metode yang sudah ditetapkan yaitu pertukaran berpasangan (*Pairwise Exchange Method*). Adapun tujuan dari pengolahan data yaitu data mentah yang diperoleh diolah sehingga akan didapatkan jarak antar mesin yang terkecil kemudian dilanjutkan dengan simulasi dengan menggunakan *software* Witness sehingga memudahkan dalam mengambil kesimpulan atau menjawab permasalahan yang sedang dialami. Pengolahan data berisi mengenai pengolahan data-data yang telah diperoleh dari hasil pengumpulan data untuk mendapatkan tujuan dari penelitian.

Langkah-langkah penyelesaian dengan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Tetapkan urutan awal fasilitas sebagai basis perencanaan dan hitung total jarak atau biaya perpindahan bahannya.
2. Lakukan pertukaran berpasangan berbasiskan urutan awal untuk setiap pasangan fasilitas, sehingga membentuk beberapa alternatif. Hitunglah total jarak atau biaya perpindahan bahannya. Pilihlah nilai terkecil.
3. Bandingkan nilai urutan terkecil urutan baru dengan urutan awal; apabila lebih besar, maka urutan awal lebih baik, tetapi jika lebih kecil lanjutkan ke langkah berikutnya.
4. Lakukan pertukaran berpasangan dengan basis urutan yang baru dan hitunglah total jarak atau biaya perpindahan bahan. Kemudian kembali ke langkah 3.
5. Setelah didapatkan jarak perpindahan terkecil maka kemudian dilakukan perhitungan untuk biaya perpindahan bahan.

Setelah pengolahan data dilakukan, maka hasil rancangan akan disimulasikan. Dengan bantuan

simulasi penerapan metode akan lebih mudah jika dibandingkan dengan penerapan langsung dilapangan. Simulasi akan menunjukkan seberapa baik kinerja perusahaan apabila menerapkan metode yang digunakan tersebut.

Hasil dan Pembahasan

Biaya Material Handling

Biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk operasional *forklift* meliputi servis dan perawatan, biaya penggantian ban dan bensin. Untuk servis dan pergantian ban dilakukan selama 3 bulan sekali. Untuk mengetahui besarnya biaya *material handling* yang dikeluarkan per meternya dapat ditentukan sebagai berikut:

Rata-rata biaya operasional per bulan

$$= \frac{\text{Biaya Bulan ke -1} + \text{Bulan ke-2} + \text{Bulan ke-3}}{3}$$

$$= \frac{1.932.000,- + 1.367.000,- + 1.670.000,-}{3}$$

$$= \frac{4.969.000,-}{3} = \text{Rp. } 1.656.333,-/\text{ bulan}$$

Karena frekuensi pengamatan dilakukan dalam interval 1 minggu maka biaya operasionalnya juga harus dalam satuan minggu. Untuk itu biaya operasional rata-rata per bulannya perlu dibagi dengan jumlah minggu dalam sebulannya yaitu 4 minggu/bulan.

Biaya operasional rata-rata per minggu = $\frac{\text{Biaya operasional rata-rata per bulan}}{4}$

$$= \frac{1.656.333,-}{4}$$

$$= 414.083,25 \text{ ,-/ minggu}$$

Setelah didapatkan biaya operasional rata-rata per minggunya maka akan dapat ditentukan berapa biaya untuk *material handling* per meternya pada tiap-tiap perpindahan yang dilakukan dengan cara membagikan biaya operasional per minggunya dengan total jarak perpindahan yang dilakukan pada stasiun tersebut.

Biaya *material handling* :

$$= \frac{\text{Biaya operasional rata-rata per minggu}}{\text{Total jarak per minggu}}$$

$$= \frac{414.083,25 \text{ ,-}}{1584 \text{ meter}}$$

$$= \text{Rp. } 261,4 \text{ ,-/ meter}$$

Waktu Standar

Tujuan dari penghitungan waktu standar ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar waktu yang diperlukan operator pada masing-masing stasiun untuk melakukan tugas-tugasnya

berdasarkan *rating factor* dan *allowance* yang dimiliki masing-masing operator tersebut.

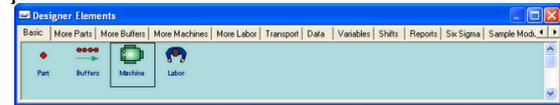
Maka dapat dicari waktu standar tiap-tiap operator yaitu :

Tabel 1. Rekapitulasi waktu standar

Stasiun	Jenis Aktivitas	Waktu Standar (menit)
Stasiun Daun Palet	Pemotongan papan kayu	0,68
	Pengetaman	0,75
	Pembuatan daun palet	3,78
Stasiun Perakitan	Pemotongan bruti	0,45
	Pembuatan kaki palet	0,78
	Perakitan	3,82

Simulasi Witness

Setelah data-data input seperti waktu standar tiap stasiun kerja, jarak antar tiasp-tiap stasiun kerja, dan lama waktu produksi telah terkumpul maka simulasi witness dapat dilanjutkan dengan penyusunan model. Pada jendela *Design Element* akan muncul beberapa pilihan model sesuai dengan kebutuhan dari model yang ada diinginkan seperti pada Gambar 1.

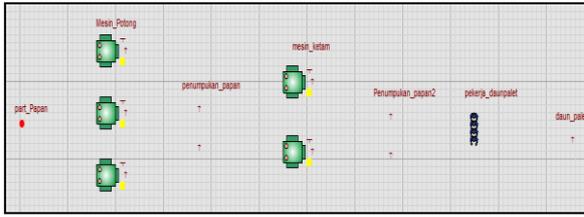


Gambar 1. Jendela *design element*

Berikut merupakan model-model yang dapat mewakili fasilitas-fasilitas yang ada pada PT. Alam Permata Riau :

Tabel 2. Penjelasan simbol-simbol model simulasi

Model	Fasilitas	Jumlah (unit)	Keterangan
	Bahan baku	2	Bahan baku papan dan Bahan baku bruti
	Penumpukan	8	4 pada stasiun 1 3 pada stasiun 2 1 pada stasiun 4
	Mesin atau fasilitas	9	5 pada stasiun 1 2 pada stasiun 2 1 pada stasiun 3 1 pada stasiun 4
	Pekerja Manual	6	4 pada stasiun 1 2 pada stasiun 2

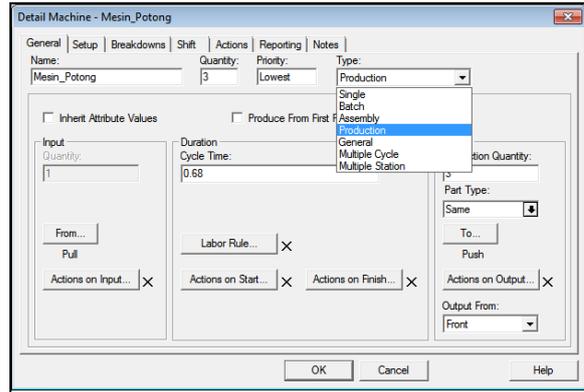


Gambar 2. Susunan model stasiun kerja pembuatan daun palet



Gambar 3. Susunan model stasiun kerja pembuatan kaki palet

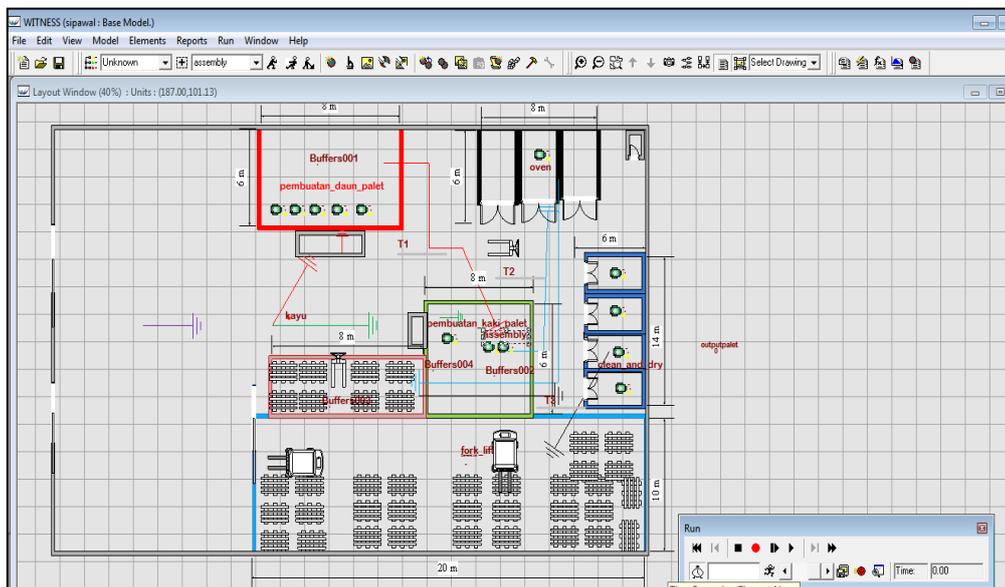
Setelah model-model disusun berdasarkan sebagaimana aslinya maka langkah berikutnya adalah membangun model. Dalam langkah ini akan dibangun elemen-elemen (menetapkan, menampilkan dan merencikannya), kemudian menyambungkannya bersamaan dengan perintah, serta menetapkan aturan dan menghubungkan tiap-tiap elemen menjadi satu.



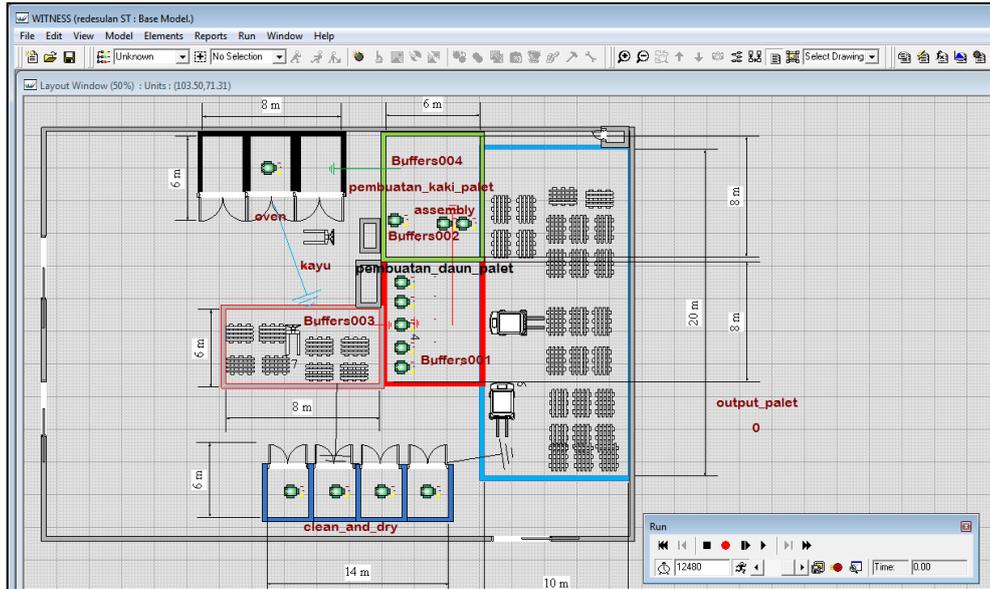
Gambar 4. Detail machine untuk mesin potong papan kayu

Tabel 3. Rekapitulasi detail machine untuk tiap-tiap mesin

Mesin	Quantity	Cycle Time (menit)	Type
Mesin Potong Papan	3	0,68	Production
Mesin Ketam	2	0,75	Production
Mesin Potong Bruti	1	0,45	Production
Oven	3	960	Batch
Mesin Clean and Dry	4	1440	Batch



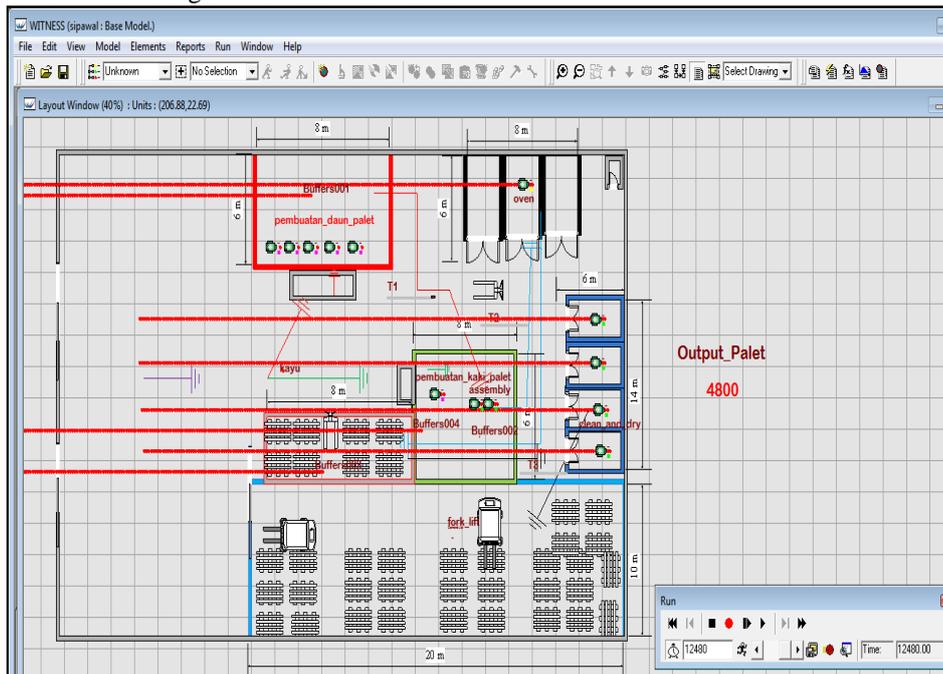
Gambar 5. Susunan model keseluruhan layout awal



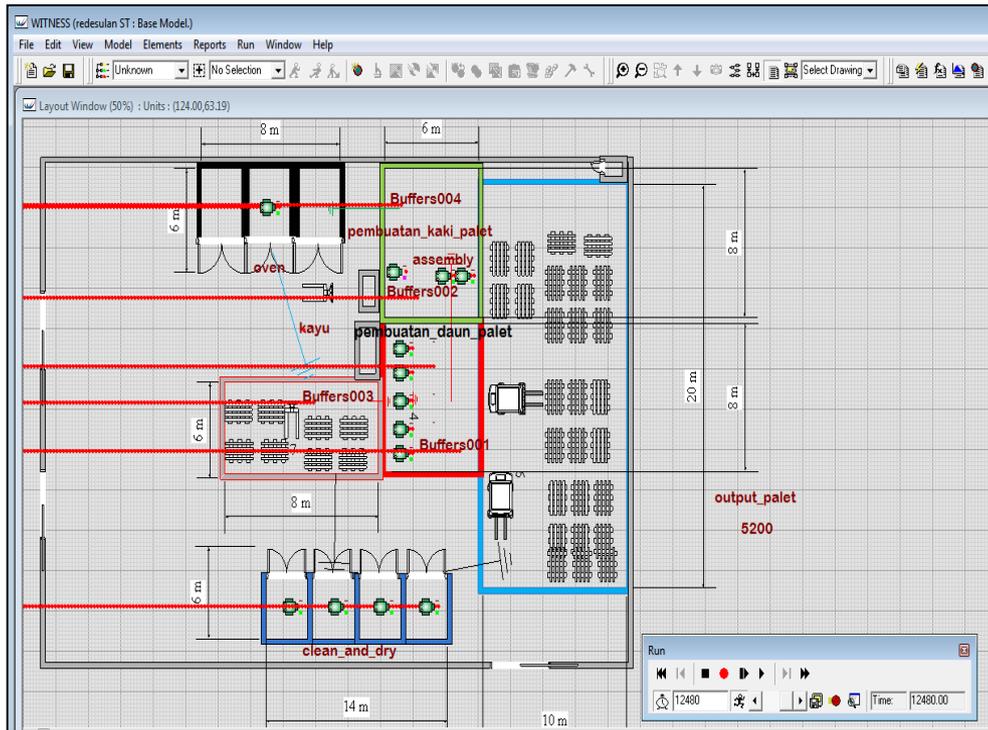
Gambar 6. Susunan Model keseluruhan *Layout* Usulan

Setelah model disusun berdasarkan kondisi nyatanya, maka langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi dengan memasukkan lama

interval waktu operasi sistem dan klik *run* seperti yang terlihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 berikut.



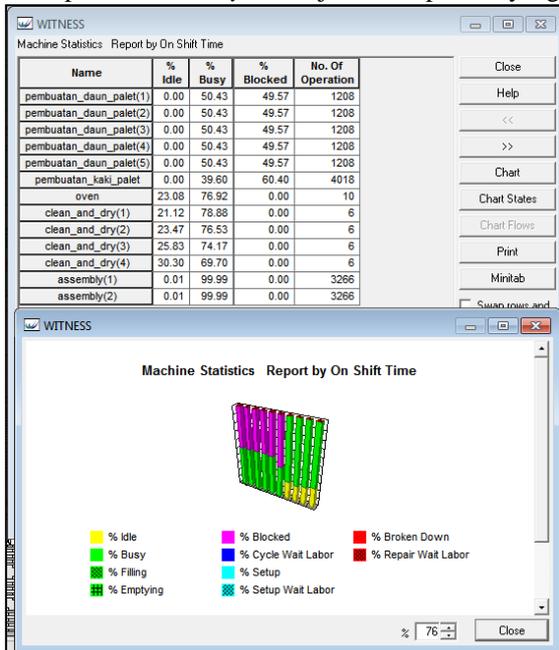
Gambar 7. *Running model layout* awal



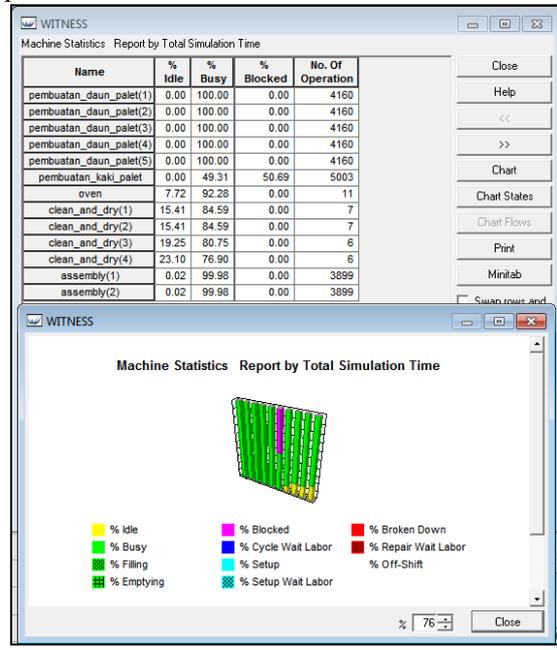
Gambar 8. Running model layout usulan

Maka akan dapat terlihat hasil dari laporan kinerja tiap-tiap fasilitas diantaranya persentase *idle*, persentase *busy* dan jumlah operasi yang

dilakukan oleh mesin-mesin tersebut pada interval waktu yang telah ditetapkan seperti yang tampak pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Laporan kinerja mesin layout awal



Gambar 10. Laporan kinerja mesin layout usulan

Setelah model disusun berdasarkan kondisi nyatanya, maka langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi dengan memasukkan lama interval waktu operasi sistem dan klik *run*.

Maka akan dapat terlihat hasil dari laporan kinerja tiap-tiap fasilitas diantaranya persentase *idle*, persentase *busy* dan jumlah operasi yang dilakukan oleh mesin-mesin tersebut pada interval waktu yang telah ditetapkan.

Dari simulasi yang telah dijalankan dan dibandingkan ternyata hanya beberapa aspek yang memiliki perbedaan yang signifikan sedangkan yang lainnya tidak memiliki perbedaan yang terlalu mencolok. Didapatkan *output* palet yang dihasilkan pada *layout* awal hanya berjumlah 4800 unit sedangkan pada *layout* usulan mampu menghasilkan 5200 unit. Secara keseluruhan kinerja tiap-tiap stasiun meningkat.

Layout usulan memberi dampak terhadap *layout* awal dengan naiknya persen *busy* pada hampir seluruh stasiun, hanya stasiun pembuatan kaki saja yang tetap. Terlihat pada stasiun pembuatan daun palet yang pada awalnya memiliki persen *busy* hanya sebesar 50,43% naik menjadi 100% hal ini disebabkan lancarnya perpindahan bahan dari stasiun tersebut menuju stasiun berikutnya sehingga tidak terjadi penumpukan yang akan mengakibatkan terhentinya proses pembuatan daun palet tersebut. Pada pembuatan kaki palet tidak mengalami perubahan karena masih berada dalam stasiun yang sama dengan proses *assembly* sehingga tidak mengalami perubahan. Pada stasiun oven persen *idle* yang pada awalnya 23,08% turun menjadi 7,72% hal ini disebabkan seiring dengan lebih pendeknya jarak antara stasiun pembuatan daun palet dengan stasiun perakitan sehingga meningkatkan produksi palet basah yang akan dimuat ke dalam oven sehingga mengurangi waktu mengganggu dari stasiun oven tersebut.

Pengaruh terakhir juga tampak pada stasiun *clean and dry* yang persen *idle* nya turun rata-rata sebesar 6% . Keseluruhan ini disebabkan dari semakin dekatnya jarak antar stasiun kerja yang saling berhubungan akan memperlancar perpindahan bahan sehingga waktu untuk menunggu dapat dikurangi. Maka dapat disimpulkan peranan jarak pada suatu *layout* akan mempengaruhi besar atau kecilnya persentase *busy* dan *idle* serta *output* yang dapat dihasilkan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian ini maka dapat disimpulkan:

1. Rancangan ulang tata letak fasilitas pabrik pembuatan palet PT. Alam Permata Riau dengan menggunakan metode *Pairwise Exchange* mendapatkan usulan tata letak baru yang lebih optimal baik dari segi jarak *material handling*, biaya, maupun *output* yang dapat dihasilkan dari

pada tata letak yang telah diterapkan oleh perusahaan pada saat ini.

Tabel 4. Perbandingan *layout* awal dan Usulan

<i>Layout</i>	Urutan Susunan Fasilitas	Jarak (m)	Biaya (Rp)	<i>Output</i> (unit)
Awal	1(St. Daun Palet) – 2(St. Assembly) – 3(St. Oven) – 4(St. Treatment) – 5(St. Clean and dry) – 6(Gudang)	97	58858,93	4800
Usulan	2(St. Assembly) – 3(St. Oven) – 1(St. Daun Palet) – 4(St. Treatment) – 6(Gudang) – 5(St. Clean and dry)	73	50107,72	5200
Selisih Hasil		24 m	8751,21	400

2. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, dapat diketahui kinerja dari tiap-tiap stasiun yang terjadi seperti persentase *busy* dan *idle* dan besar *output* yang dihasilkan dari *layout* awal dan *layout* usulan.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Simulasi Witness

<i>Layout</i>	St. Daun Palet	Pembuatan Kaki Palet	Assembly	St. Oven	St. Clean and Dry	<i>Output</i> (unit)
% <i>Busy</i> Awal	50,43	39,60	99,99	76,92	74,82	4800
% <i>Busy</i> Usulan	100	49,31	99,98	92,28	81,71	5200
% Peningkatan	49,57	9,71	-0,01	15,36	6,89	400

Meningkatnya persen *busy* ini disebabkan dari semakin dekatnya jarak antar stasiun kerja yang saling berhubungan akan memperlancar perpindahan bahan sehingga waktu untuk menunggu dapat dikurangi. Maka dapat disimpulkan *layout* usulan lebih baik karena meningkatnya persentase *busy* yang berdampak pada bertambahnya jumlah *output* yang dapat dihasilkan.

Daftar Pustaka

- [1] Apple, J. M. “*Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*”. Edisi ke-3. ITB, Bandung. 1990.
- [2] Ardianto, A. “Usulan Perbaikan Tata Letak Fasilitas pada Usaha Kecil Menengah Konveksi Adios”. Jurnal Penulisan Teknik Industri FTI Guna Dharma. 2011.
- [3] Arifin, M. “*Simulasi Sistem Industri*”. Edisi ke-1. Graha Ilmu, Yogyakarta. 2009.
- [4] Asmungi. “*Simulasi Komputer Sistem Dikrit*”. Andi, Yogyakarta. 2006.
- [5] Hadiguna, R. A, Heri Setiawan. “*Tata Letak Pabrik*”. Andi, Yogyakarta. 2008.
- [6] Lanner Group Limited. “*WITNESS Getting Started Materials*”. Lanner Group. 2009.
- [7] Lestari, S. “Analisa Tata Letak Pabrik Untuk Meminimalisasi Material Handling di Pabrik Sheet Metal dengan Software Promodel”. Jurnal Teknik Industri, ISSN: 1411-6340. 2011.
- [8] Purnomo, H. “*Perencanaan & Perancangan Fasilitas*”. Edisi ke-1. Graha Ilmu, Yogyakarta. 2004.
- [9] Suryani, E. “*Pemodelan & Simulasi*”. Edisi ke-1. Graha Ilmu, Yogyakarta. 2006.
- [10] Sitalaksana, I. “*Teknik Tata Cara Kerja*”. ITB, Bandung. 1995.
- [11] Wignjosoebroto, S. “Ergonomi: Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja”. Guna Widya, Surabaya. 1995.
- [12] Wignjosoebroto, S. “*Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*”. Edisi ke-3 cetakan ke-4. Guna Widya, Surabaya. 2009.
- [13] Yurianto. “Perancangan Ulang Tata Letak Lantai Produksi dengan Menggunakan Metode Pairwise Exchange di PT. Cahaya Kawi Ultra Polyntraco”. Tugas Akhir Teknik Industri Universitas Sumatra Utara. 2009.