

# Usulan Perbaikan *Layout* Produksi *Project Fab Of Resin* Untuk Meminimasi Ongkos *Material Handling* Menggunakan Metode *Simulated Annealing*

Eva Marella Sihite<sup>1</sup>, Evi Febianti<sup>2</sup>, M. Adha Ilhami<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
[eva.sihite48@yahoo.com](mailto:eva.sihite48@yahoo.com)<sup>1</sup>, [evifebianti@yahoo.com](mailto:evifebianti@yahoo.com)<sup>2</sup>, [adha@untirta.ac.id](mailto:adha@untirta.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Permintaan produk yang cukup dinamis mengharuskan sistem manufaktur untuk memiliki kemampuan yang fleksibel, produktif, efektif, dan efisien, dengan berbagai cara misalnya menata ulang mesin (*re-layout*) untuk meminimasi ongkos produksi. Parameter yang dijadikan tolak ukur perencanaan tata letak fasilitas yang dinamis adalah minimasi ongkos *Material Handling* (OMH). PT. DEF salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang pengolahan baja. Perusahaan ini berdiri pada tahun 1983. Perusahaan ini telah menangani berbagai proyek, baik proyek besar maupun proyek kecil. PT. DEF memiliki 2 bagian ada konstruksi dan fabrikasi. Sedangkan dalam penelitian ini diambil bagian fabrikasi. Tata letak mesin pada PT. DEF tidak teratur dan jarak tempuh yang panjang dalam proses pemindahan bahannya dari satu mesin ke mesin yang lain membuat ongkos *material handling* jauh lebih mahal atau mengalami kerugian. Pada penelitian ini tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengurangi kerugian yang disebabkan tata letak mesin yang tidak sesuai, dan meminimasi ongkos *material handling*. Merancang ulang tata letak (*re-layout*) lantai fabrikasi *project fab of resin* PT. DEF dapat meminimumkan ongkos *material handling* dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*. Merancang ulang tata letak (*re-layout*) lantai fabrikasi bukan berarti merancang tata letak yang baru, namun merancang ulang tata letak yang sudah ada. Algoritma *simulated annealing* diperkenalkan oleh Metropolis *et al.* pada tahun 1953, dan aplikasinya dalam masalah optimasi (Panggabean, H., 2002). Algoritma *simulated annealing* merupakan algoritma metaheuristik yang berarti algoritma dengan metode optimisasi yang dilakukan dengan memperbaiki kandidat penyelesaian secara iteratif sesuai dengan fungsi objektifnya. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah bentuk usulan alternatif tata letak yang terbaik.

**Kata kunci:** *Re-layout, Material Handling, Simulated Annealing*

## PENDAHULUAN

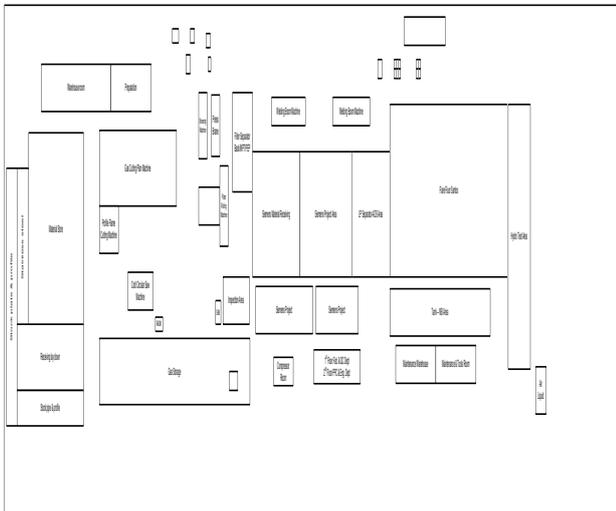
Menurut Darmawan Giri, dkk (2004) dalam menghadapi pasar bebas, pelaku bisnis dituntut untuk menghasilkan produk yang memenuhi kriteria biaya murah, kualitas produk yang baik, pengiriman produk tepat waktu, dan produk yang memenuhi keinginan konsumen (*product customized*). Permintaan produk yang cukup dinamis mengharuskan sistem manufaktur untuk memiliki kemampuan yang fleksibel, produktif, efektif, dan efisien, dengan berbagai cara misalnya menata ulang mesin (*re-layout*) untuk meminimasi ongkos produksi. Semakin tingginya laju inovasi teknologi dan kebutuhan konsumen yang semakin meningkat pada masa yang akan datang, kegiatan merancang ulang tata letak yang ada merupakan keharusan dan akan menjadi lebih sering untuk mencapai sistem manufaktur yang fleksibel dalam rangka menghasilkan produk seperti yang diinginkan konsumen perusahaan (Darmawan Giri, dkk.2004). Parameter yang dijadikan tolak ukur perencanaan tata letak fasilitas yang dinamis adalah minimasi ongkos *Material Handling* (OMH). Menurut Tomkins (1996) dalam Nazromi, A. (2011) menyatakan bahwa 20-50% dari total biaya operasi manufaktur berasal dari ongkos *Material Handling* (OMH) maka tataletak yang efektif dapat mengurangi biaya tersebut sekitar 10%-30%.

Pentingnya rancangan fasilitas seperti aliran bahan merupakan tulang punggung fasilitas produksi, dan harus dirancang dengan cermat serta tidak dibiarkan tumbuh atau berkembang menjadi satu pola lalu lintas yang membingungkan seperti benang kusut menurut Apple (1990).

Algoritma *simulated annealing* diperkenalkan oleh Metropolis *et al.* pada tahun 1953, dan aplikasinya dalam masalah optimasi (Panggabean, H., 2002). Algoritma *simulated annealing* merupakan algoritma metaheuristik yang berarti algoritma dengan metode optimisasi yang dilakukan dengan memperbaiki kandidat penyelesaian secara iteratif sesuai dengan fungsi objektifnya. Metode ini mampu menghasilkan penyelesaian yang baik dalam waktu yang cepat (*acceptable*), tetapi tidak menjamin bahwa penyelesaian yang dihasilkan merupakan penyelesaian terbaik (*optimal*). Berbasiskan probabilitas dan mekanika statistik. Masalah yang membutuhkan pendekatan *simulated annealing* adalah masalah-masalah optimasi kombinatorial, dimana ruang pencarian solusi yang ada terlalu besar, sehingga hampir tidak mungkin ditemukan solusi eksak terhadap permasalahan itu. Hal inilah yang menyebabkan solusi dari algoritma ini tidak terjebak pada lokal optimal.

PT. DEF merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang pengolahan baja. Perusahaan ini

berdiri pada tahun 1983. Perusahaan ini telah menangani berbagai proyek, baik proyek besar maupun proyek kecil. PT. DEF memiliki 2 bagian ada konstruksi dan fabrikasi. Sedangkan dalam penelitian ini diambil bagian fabrikasi. Tata letak mesin pada PT. DEF tidak teratur dan jarak tempuh yang panjang dalam proses pemindahan bahannya dari satu mesin ke mesin yang lain membuat ongkos *material handling* jauh lebih mahal atau mengalami kerugian. Ini terbukti pada gambar *layout* dibawah ini :



Gambar 1 *Layout* Mesin Aktual

Pada gambar *layout* tersebut terlihat bahwa setiap mesin tidak teratur dalam penempatannya. Hal tersebut yang membuat jarak antar mesin semakin besar dan mempengaruhi ongkos *material handling* yang semakin besar juga.

Jarak antar mesin sebelum diatur dengan jarak antar mesin sesudah diatur mengalami perbedaan yang cukup signifikan. Sebagai buktinya dapat dilihat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 1 Perbandingan *Layout* Mesin

Perbandingan	Luas (m <sup>2</sup> )
Luas <i>layout</i> mesin awal	19.98
Luas <i>layout</i> mesin setelah diatur	17.58

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, dilakukan serangkaian langkah penelitian sebagai berikut :

1. Melakukan analisis terhadap *layout* mesin di lantai fabrikasi yang ada
2. Merancang ulang (*re-layout*) tata letak mesin lantai fabrikasi yang ada
3. Menghitung frekuensi *material handling* dan ongkos *material handling* awal
4. Menambahkan stasiun area kosong I dan II diantara

kelima stasiun di lantai fabrikasi

5. Merancang ulang (*re-layout*) tata letak produksi pada lantai fabrikasi PT. DEF dengan menggunakan metode *simulated annealing*
6. Menghitung ongkos *material handling layout* perbaikan
7. Mengevaluasi hasil perbaikan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data *Layout* Stasiun Awal

Dibawah ini merupakan gambar *layout* stasiun awal yang sudah diatur dari *layout* aktual dan ada penambahan area kosong I dan II diantara kelima stasiun tersebut :

4,65	8,35	5,9	5,95	3,3	3,3	2,2
Material Receive	Marking, Cutting, Bending, Drilling	Area Kosong I	Prefab Nozzle/Support	Area Kosong II	Assembly & Welding	Hydrotest Area

Gambar 2 *Layout* Stasiun Awal

### Dimensi Stasiun dalam Proses Produksi

Dibawah ini merupakan tabel dimensi 5 stasiun yang digunakan dalam proses produksi yaitu stasiun *material receive*; stasiun *marking, cutting, bending, drilling*; stasiun *prefab nozzle/support*; stasiun *assembly & welding*; stasiun *hydrotest area* dan 2 stasiun yang ditambahkan di dalam penelitian ini yaitu stasiun area kosong I dan stasiun area kosong II. Namun stasiun ini hanya area kosong, tidak ada mesin di dalam stasiun tersebut.

Tabel 2 Dimensi Stasiun

Nama Stasiun	Dimensi stasiun		Luas
	Panjang	Lebar	
Material Receive	4,65	4,5	20,93
Marking, Cutting, bending, drilling	8,35	4,5	37,58
Area kosong I	5,9	4,5	26,55
Prefab Nozzle/Support	5,95	4,5	26,78
Area kosong II	3,3	4,5	14,85
Assembly & Welding	3,3	4,5	14,85
Hydrotest Area	2,2	4,5	9,9

### Data Pengeluaran *Material Handling* (OMH)

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa *material handling* yang digunakan dalam project *Fab of Resin*, yaitu *overhead crane*. Harga pembelian *overhead crane* itu seharga Rp 90.000.000 dengan umur pakai 10 tahun atau 120 bulan. Harga perawatan (ganti oli) sebesar Rp 500.000 dan harga biaya bahan bakar Rp 3.900.000/bulan.

### Penentuan Sub-sub Komponen dengan Konsep Pareto

Kalkulasi ongkos *material handling* (OMH) dalam penelitian ini untuk komporasi antara OMH awal dan OMH perbaikan. Karena sub komponen yang diperhitungkan sangat banyak maka untuk menyederhanakan permasalahan tanpa mengurangi keakuratan perhitungan OMH dilakukan dengan pendekatan konsep pareto, yakni hanya 80% dari total sub komponen yang diperhitungkan. Di dalam 8 komponen dengan jumlah 355 setiap sub komponen maka dari itu diambil 80% dari 355 sub komponen menggunakan perhitungan Pareto. Dari perhitungan tersebut diperoleh 284 sub komponen.

### Frekuensi Material Handling

Frekuensi *material handling* ditentukan dari seberapa banyak jumlah produksi dalam setiap sub-sub komponen.

### Koordinat Stasiun Kerja

Berikut ini contoh perhitungan koordinat stasiun *assembly & welding* :

Tabel 3 Contoh Perhitungan Koordinat

Nama Stasiun	Dimensi Stasiun		Luas (m <sup>2</sup> )	Koordinat	
	Panjang	Lebar		X	Y
Assembly & Welding	3,3	4,5	14,85	32,5	2,25

Sehingga koordinat stasiun *assembly & welding* adalah sebagai berikut :

$$TB_x = \frac{M_x}{L_x} = \frac{\sum XiLi}{\sum Li} = \frac{(32,5 \times 14,85)}{14,85} = 32,5 \dots \dots \dots (1)$$

$$TB_y = \frac{M_y}{L_y} = \frac{\sum YiLi}{\sum Li} = \frac{(2,25 \times 14,85)}{14,85} = 2,25 \dots \dots \dots (2)$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan koordinat setiap stasiun. yaitu :

Tabel 4 Koordinat Stasiun Kerja

Nama Stasiun	Dimensi stasiun		Koordinat Stasiun		Momen Stasiun	
	Panjang	Lebar	X	Y	X	Y
Material Receive	4,65	4,5	2,33	2,25	2,33	2,25
Marking, Cutting, bending, drilling	8,35	4,5	9,25	2,25	9,25	2,25
Area kosong I	5,9	4,5	16,35	2,25	16,35	2,25
Prefab Nozzle/Support	5,95	4,5	22,35	2,25	22,35	2,25
Area kosong II	3,3	4,5	26,95	2,25	26,95	2,25
Assembly & Welding	3,3	4,5	32,5	2,25	32,5	2,25
Hydrotest Area	2,2	4,5	30,25	4,7	30,25	4,7

### Total Jarak Material Handling Layout Awal

Setelah didapatkan koordinat stasiun. selanjutnya menghitung jarak antar stasiun. Perhitungan jarak antar stasiun dilakukan dengan menghitung jarak antar

stasiun *i* dengan stasiun *j* secara *rectiliner*. Dengan (*x<sub>i</sub>*, *y<sub>i</sub>*) adalah koordinat pusat stasiun ke-*i* dan (*x<sub>j</sub>*, *y<sub>j</sub>*) adalah koordinat pusat stasiun *j*. Berikut ini contoh perhitungan jarak antar stasiun *material receive* dengan *marking, cutting, bending, dan drilling* pada sub komponen *ladder rung* :

$$D_{ij} = |2,33 - 9,25| - |2,25 - 2,25| = 6,93 \text{ m} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan jarak antar stasiun yang dirangkum menjadi *from to chart* jarak sebagai berikut :

Tabel 5 From to Chart Jarak antar stasiun

From / to	Material Receive	Mrk, Cut, Bdg, Dr	Area kosong I	Prefab	Area kosong II	Assembly & welding	Hydrotest Area
Material Receive		6,93	0	0	0	0	0
Mrk, Cut, Bdg, Dr	0		7,10	0	0	0	0
Area kosong I	0	0		6	0	0	0
Prefab	0	0	0		4,60	0	0
Area kosong II	0	0	0	0		6	0
Assembly & welding	0	0	0	0	0		4,70
Hydrotest Area	0	0	0	0	0	0	

Contoh perhitungan untuk jarak total antar stasiun *material receive* dengan *marking, cutting, bending, dan drilling*. Diketahui jarak antar stasiun *material receive* dengan *marking, cutting, bending, dan drilling* pada sub komponen *ladder rung* adalah sebagai berikut :

$$Z(L_{1,3}) = M_{1,3} D(L_{1,3}) \dots \dots \dots (4)$$

$$= 30 \times 6,93$$

$$= 207,75$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan total jarak *material handling layout* awal pada sub komponen *ladder rung* sebagai berikut :

Tabel 6 From to Chart Total Jarak Material Handling Layout Awal

From/to	Material Receive	Mrk. Cut. Bdg. Dr	Area kosong I	Prefab	Area kosong II	Assembly & welding	Hydrotest Area	Total
Material Receive		207,75	0	0	0	0	0	207,75
Mrk. Cut. Bdg. Dr	0		213	0	0	0	0	213
Area kosong I	0	0		180	0	0	0	180
Prefab	0	0	0		138	0	0	138
Area kosong II	0	0	0	0		166,5	0	166,5
Assembly & welding	0	0	0	0	0		141	141
Hydrotest Area	0	0	0	0	0	0		0
Total								1.046,25

Setelah diketahui total jarak *material handling* untuk sub komponen *ladder rung*. maka total jarak *material handling layout* awal dari setiap sub komponen adalah 11.983,20 meter.

### Ongkos *Material Handling Layout* Awal

ongkos *material handling* (OMH) merupakan hasil perkalian faktor biaya *material handling* dengan total jarak antar stasiun. Berikut ini ongkos *material handling* dari *layout* awal :

Tabel 7 Ongkos *Material Handling Layout* Awal

Alat <i>Material Handling</i>	OMH/meter (Rp/m)	Total Jarak <i>Material Handling</i> (m)	OMH Total (Rp)
<i>Overhead Crane</i>	434,08	11.983,20	5.201.631

$$\begin{aligned} \text{OMH total} &= \text{OMH/meter} \times \text{total jarak MH} \dots \dots \dots (5) \\ &= 434,08 \times 11.983,20 \\ &= \text{Rp } 5.201.631 \end{aligned}$$

Jadi, ongkos *material handling* (OMH) total untuk *layout* awal setiap sub komponen adalah Rp 5.201.631.

### Konversi *Layout* Awal Kedalam *Block Layout*

Proses konversi *layout* awal menjadi *block layout* dilakukan untuk mempermudah proses pertukaran stasiun, dan perhitungan jarak antar stasiun. Konversi ini dilakukan dengan cara mengubah *layout* menjadi sebuah kisi-kisi atau disebut *cell-cell* dalam ms.excel, dimana satu kisi memiliki ukuran tertentu. Berikut ini langkah-langkah proses konversi *layout* awal :

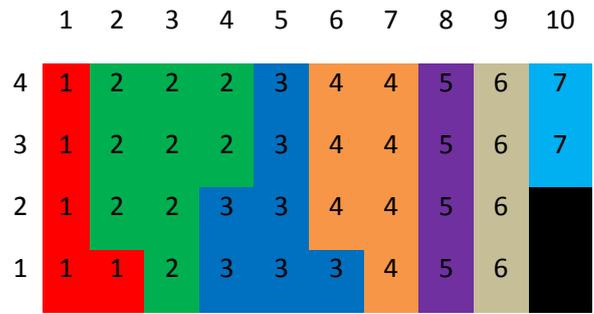
1. Membagi panjang dan lebar lantai fabrikasi dengan suatu koefisien pembagi, dimana hasil pembagian panjang dan lebar dengan koefisien tersebut harus bilangan positif. Koefisien pembagi inilah yang menjadi ukuran panjang dan lebar setiap satu kisi. Pada penelitian ini, koefisien yang didapat adalah 2 satuan. Ini berarti setiap satu kisi memiliki luas = (panjang  $\times$  lebar) =  $2 \times 2 = 4$  satuan luas.
2. Setelah itu masing-masing luas stasiun dibagi dengan luas kisi dengan pembulatan. Hasil pembagian ini merupakan jumlah kisi masing-masing stasiun.

Berikut ini luas masing-masing stasiun setelah dilakukan konversi ke dalam *block layout* :

Tabel 8 Luas Stasiun *Block Layout* Awal

No	Nama Stasiun	Jumlah Cell
1	<i>Material Receive</i>	5
2	<i>Marking.Cutting. bending.drilling</i>	9
3	Area kosong I	7
4	<i>Prefab Nozzle/Support</i>	7
5	Area kosong II	4
6	<i>Assembly &amp; Welding</i>	4
7	<i>Hydrotest Area</i>	2
Total		38

Berikut ini *layout* awal setelah dikonversikan ke dalam *block layout* :



Gambar 3 *Block Layout* Awal

### Total Jarak *Material Handling Block Layout* Awal

Langkah berikutnya yaitu menghitung total jarak *material handling block layout*. Dari total jarak *material handling block layout* ini akan dijadikan inputan algoritma *simulated annealing* sebagai parameter fungsi tujuan. Proses perhitungan total jarak *material handling* sama seperti proses perhitungan total jarak *material handling* perhitungan *layout* actual. Dibawah ini merupakan *from to chart* total jarak *material handling block layout* awal untuk sub komponen *ladder rung* :

Tabel 9 *Form to Chart* Total Jarak *Material Handling Block Layout* Awal

From/to	<i>Material Receive</i>	<i>Mrk.Cut.Bdg.Dr</i>	Area kosong I	<i>Prefab</i>	Area kosong II	<i>Assembly &amp; welding</i>	<i>Hydrotest Area</i>	Total
<i>Material Receive</i>		71,33	0	0	0	0	0	71,33
<i>Mrk.Cut.Bdg.Dr</i>	0		85,71	0	0	0	0	85,71
Area kosong I	0	0		72,86	0	0	0	72,86
<i>Prefab</i>	0	0	0		49,29	0	0	49,29
Area kosong II	0	0	0	0		30	0	30
<i>Assembly &amp; welding</i>	0	0	0	0	0		60	60
<i>Hydrotest Area</i>	0	0	0	0	0	0		0
Total								369,19

Setelah didapat total jarak *material handling* pada sub komponen *ladder rung*, maka total jarak *material handling block layout* awal setiap sub komponen yaitu 3.683,08 satuan.

### Penetapan Parameter *Simulated Annealing*

Ada beberapa hal yang harus ditetapkan sebagai parameter sebelum melakukan iterasi *simulated annealing*, yaitu :

1. Penentuan Fasilitas atau stasiun  
Aliran produksi di PT. DEF adalah *flowshop*. Maka dari itu penentuan fasilitas atau stasiun ini dibentuk secara berurutan kecuali 2 stasiun yang tidak mempengaruhi urutan aliran produksinya, yaitu stasiun area kosong I dan area kosong II.
2. Penentuan parameter-parameter kendali *simulated annealing*. Parameter-parameter berikut yang menjalankan mekanisme *simulated annealing* :

- a. Nilai awal parameter kendali (temperatur awal)  
 Nilai awal parameter kendali yang digunakan pada penelitian ini adalah total jarak *material handling block layout* awal, yaitu 3.683,08.
- b. Nilai akhir parameter kendali (temperatur akhir)  
 Nilai akhir parameter kendali digunakan sebagai kriteria berhentinya proses *annealing*. Pada penelitian ini ditentukan nilai akhir parameter kendali adalah 2,5% dari temperatur awal (3.683,08).
- c. Laju pendinginan ( $\alpha$ )

Laju pendinginan merupakan koefisien yang mempengaruhi berapa lama suatu sistem “didinginkan”. Dimana laju pendinginan digunakan untuk menentukan temperatur baru dengan rumus :

$$T' = \alpha \times T \dots\dots\dots(6)$$

Pada penelitian besar nilainya  $\alpha$  ditetapkan sebesar 0,9. Ini dikarenakan tidak ada ketentuan khusus mengenai besarnya  $\alpha$ .

- d. Operator penentuan pertukaran  
 Operator yang dimaksud di sini merupakan suatu aturan-aturan yang dibuat untuk menentukan stasiun-stasiun yang harus dipertukarkan. Pada penelitian ini operator yang digunakan adalah aturan *swap mutation*, dengan rumus :

$$\text{Posisi} = \text{round} \{1 + r (n - 1)\} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :  $r$  = bilangan random  
 $n$  = jumlah fasilitas maksimum  
 $1$  = jumlah fasilitas minimum

**Proses Algoritma *Simulated Annealing***

Proses algoritma *simulated annealing* ini sesuai dengan diagram alir pengolahan data menggunakan algoritma *simulated annealing* pada bab sebelumnya. Proses ini dimulai dengan temperatur awal. temperatur awal merupakan kondisi awal (*layout* awal).

Temperatur awal :  $T = 3.683,08$

- 1. Langkah 1 : Penentuan stasiun yang dipertukarkan  
 Urutan stasiun :



- 2. Langkah 2 : Perhitungan nilai fungsi tujuan baru ( $Z'$ ), karena temperatur awal merupakan kondisi awal (*layout* awal) maka  $Z' = 3.683,08$
- 3. Langkah 3 : Evaluasi fungsi tujuan  
 $Z' = 3.683,08 \leq Z = 3.683,08$  Keputusan terima solusi baru. tetapkan  $Z'$  untuk iterasi selanjutnya
- 4. Langkah 4 : Perbaharui temperatur  
 $T' = \alpha \times T = 0,9 \times 3.683,08 = 3.314,77$   
 Tetapkan  $T'$  sebagai  $T$  untuk iterasi berikutnya

**Temperatur 1 :  $T = 3.314,77$   $Z = 3.683,08$**

- 1. Langkah 1 : Penentuan stasiun yang dipertukarkan  
 Urutan sebelumnya :

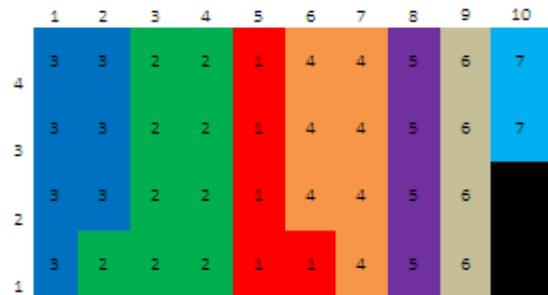


$$\begin{aligned} \text{Posisi} &= \text{round} \{1 + r (n - 1)\} \\ P1 &= 1 + 0,3178 (7-1) = 3 \\ P2 &= 1 + 0,0407 (7-1) = 1 \end{aligned}$$



Urutan setelah dipertukarkan :

- 2. Langkah 2 : Perhitungan nilai fungsi tujuan baru ( $Z'$ )



Gambar 4 *Block Layout* Temperatur 1 ( $T = 3.314,77$ )

Berikut ini tabel *from to chart* total jarak *material handling block layout* temperatur 1 dari sub komponen *Gusset Plate* :

Tabel 10 *From to Chart* Total Jarak *Material Handling Block Layout* Temperatur 1

	Area kosong I	Mrk, Cut, Bdg, Dr	Material Receive	Prefab	Area kosong II	Assembly & welding	Hydrotest Area	Total
From/to								
Area kosong I		36,57	0	0	0	0	0	36,57
Mrk, Cut, Bdg, Dr	0		32	0	0	0	0	32
Material Receive	0	0		30,17	0	0	0	30,17
Prefab	0	0	0		26,29	0	0	26,29
Area kosong II	0	0	0	0		16	0	16
Assembly & welding	0	0	0	0	0		32	32
Hydrotest Area	0	0	0	0	0	0		0

- 3. Langkah 3 : Evaluasi fungsi tujuan  
 Total  $Z'$  dari setiap sub komponen = 3.355,91  
 $Z' = 3.355,91 \leq Z = 3.683,08$   
 Keputusan : Terima solusi baru. Tetapkan  $Z'$  sebagai  $Z$  untuk iterasi selanjutnya

4. Langkah 4 : Perbaharui temperatur  
 $T' = \alpha \times T = 0,9 \times 3314,77 = 2983,30$ .  
 Tetapkan  $T'$  sebagai  $T$  untuk iterasi selanjutnya

Proses *simulated annealing* ini terus berlanjut sampai kriteria berhenti terpenuhi, yaitu ketika temperatur mencapai 92,19 , untuk keseluruhan perhitungan bisa dilihat di lampiran. Berikut ini rekapitulasi proses *simulated annealing* :

Tabel 11 Rekapitulasi Proses *Simulated Annealing*

No temp	T	urutan stasiun							T	Z	Z'	Prob.	Bilangan Random	Keputusan
Awal	3.683,08	1	2	3	4	5	6	7	3.314,77	3.683,08				Terima
1	3.314,77	3	2	1	4	5	6	7	2.983,30	3.683,08	3.355,91	-	lanjut	Terima
2	2.983,30	3	2	1	4	6	5	7	2.684,97	3.355,91	3.426,45	0,9766	0,4088	Terima
3	2.684,97	3	6	1	4	2	5	7	2.416,47	3.426,45	3.270,68	-	lanjut	Terima
4	2.416,47	3	5	1	4	2	6	7	2.174,82	3.270,68	3.177,96	-	lanjut	Terima
5	2.174,82	5	3	1	4	2	6	7	1.957,34	3.177,96	3.152,25	-	lanjut	Terima
6	1.957,34	5	3	4	1	2	6	7	1.761,61	3.152,25	3.233,05	0,9596	0,1752	Terima
7	1.761,61	5	3	2	1	4	6	7	1.585,45	3.233,05	3.171,49	-	lanjut	Terima
8	1.585,45	5	4	2	1	3	6	7	1.426,90	3.171,49	3.503,34	0,8111	0,2411	Terima
9	1.426,90	4	5	2	1	3	6	7	1.284,21	3.503,34	3.658,91	0,8967	0,3478	Terima
10	1.284,21	4	5	3	1	2	6	7	1.155,79	3.658,91	4.003,28	0,7648	0,3971	Terima
11	1.155,79	4	3	3	1	5	6	7	1.040,21	4.003,28	3.423,25	-	lanjut	Terima
12	1.040,21	4	2	3	1	6	5	7	936,19	3.423,25	3.423,25	-	lanjut	Terima
13	936,19	4	2	3	1	6	7	842,57	3.423,25	3.170,25	-	lanjut	Terima	
14	842,57	4	2	3	1	7	6	758,31	3.170,25	2.933,05	-	lanjut	Terima	
15	758,31	7	2	3	1	4	6	682,48	2.933,05	4.048,13	0,2298	0,1466	Terima	
16	682,48	7	2	5	1	4	6	614,23	4.048,13	4.296,18	0,6953	0,3008	Terima	
17	614,23	6	2	5	1	4	7	552,81	4.296,18	3.088,19	-	lanjut	Terima	
18	552,81	6	2	3	1	4	7	497,53	3.088,19	3.195,53	0,8235	0,0027	Terima	
19	497,53	6	2	3	1	7	4	447,78	3.195,53	3.089,25	-	lanjut	Terima	
20	447,78	6	2	7	1	3	4	403,00	3.089,25	2.753,82	-	lanjut	Terima	
21	403,00	2	6	7	1	3	4	362,70	2.753,82	3.028,29	0,5061	0,0298	Terima	
22	362,70	7	6	7	1	3	4	326,43	3.028,29	2.768,42	-	lanjut	Terima	
23	326,43	7	6	2	1	3	5	4	293,79	2.768,42	3.592,99	0,0800	0,0490	Terima
24	293,79	4	6	2	1	3	5	7	264,41	3.592,99	3.736,68	0,6132	0,3574	Terima
25	264,41	1	6	2	4	3	5	7	237,97	3.736,68	3.618,83	-	lanjut	Terima
26	237,97	1	2	6	4	3	5	7	214,17	3.618,83	3.734,83	0,6142	0,1074	Terima
27	214,17	1	5	6	4	3	2	7	192,75	3.734,83	4.004,39	0,2840	0,0109	Terima
28	192,75	1	5	4	6	3	2	7	173,48	4.004,39	3.656,39	-	lanjut	Terima
29	173,48	1	5	4	6	2	3	7	156,13	3.656,39	3.833,15	0,3610	0,1569	Terima
30	156,13	1	5	4	6	7	3	2	140,52	3.833,15	3.086,45	-	lanjut	Terima
31	140,52	1	5	6	4	7	3	2	126,47	3.086,45	3.385,25	0,1193	0,1146	Terima
32	126,47	1	5	3	4	7	6	2	113,82	3.385,25	3.242,74	-	lanjut	Terima
33	113,82	1	2	3	4	7	6	5	102,44	3.242,74	2.788,40	-	lanjut	Terima
34	102,44	1	2	3	6	7	4	5	92,19	2.788,40	2.926,77	0,2590	0,1534	Terima
35	92,19	1	2	4	6	7	3	5	82,97	2.926,77	2.453,20	-	STOP	Terima

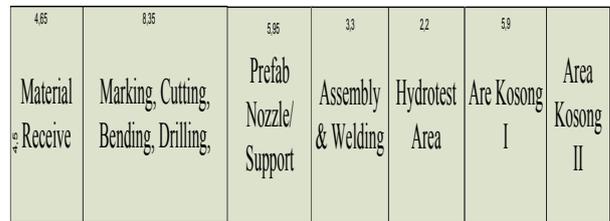
Dari tabel rekapitulasi tersebut diketahui nilai fungsi tujuan ( $Z'$ ) terkecil sebesar 2.453,20 terjadi pada temperatur ke 35 ( $T = 82,97$ ). Dengan bentuk *layout* sebagai berikut :



Gambar 5 *Block Layout* Akhir dengan Nilai Fungsi Tujuan ( $Z'$ ) Terkecil

**Konversi *Block Layout* Perbaikan Kedalam *Layout* Aktual**

Setelah mendapatkan *layout* perbaikan dengan algoritma *simulated annealing*, maka *layout* tersebut dikonversikan kembali menjadi ukuran yang sebenarnya. Proses konversi tersebut dilakukan dengan cara mengalikan jumlah kisi-kisi (*cell-cell*) tiap stasiun dengan 4 satuan. Sehingga didapatkan luas tiap stasiun sesuai ukuran aslinya. Berikut ini gambar *layout* yang sudah dikonversikan kembali menjadi ukuran yang sebenarnya :



Gambar 6 *Layout* Perbaikan Setelah Dikonversikan ke Ukuran Aktual

**Total Jarak *Material Handling* *Layout* Perbaikan**

Berikut ini hasil perhitungan total jarak *material handling* perbaikan dengan ukuran aktual dengan salah satu contoh pada sub komponen *ladder rung* :

Tabel 12 *From to Chart* Total Jarak *Material Handling* *Layout* Perbaikan Aktual

	Material Receive	Mrk, Cut, Bdg, Dr	Prefab	Assembly & welding	Hydrotest Area	Area kosong I	Area kosong II	Total
Material Receive	232	0	0	0	0	0	0	232
Mrk, Cut, Bdg, Dr	0	302,86	0	0	0	0	0	302,86
Prefab	0	0	317,14	0	0	0	0	317,14
Assembly & welding	0	0	0	240	0	0	0	240
Hydrotest Area	0	0	0	0	0	0	0	0
Area kosong I	0	0	0	0	0	0	0	0
Area kosong II	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>								1.092

Setelah diketahui total jarak *material handling* sub

komponen *ladder rung* sebesar 1.092 meter. maka total jarak *material handling layout* awal dari setiap sub komponen adalah 9.812,80 meter.

### Ongkos *Material Handling Layout* Perbaikan

Sama seperti perhitungan ongkos *material handling* pada *layout* awal, maka perhitungan ongkos *material handling* pada *layout* perbaikan juga dilakukan dengan cara yang sama. Ongkos *material handling* didapat dengan mengalikan ongkos *material handling* per meter dengan total jarak *material handling*nya.

Tabel 13 Ongkos *Material Handling Layout* Perbaikan

Alat <i>Material Handling</i>	OMH/meter (Rp/m)	Total Jarak <i>Material Handling</i> (m)	OMH Total (Rp)
<i>Overhead Crane</i>	434,08	9.812,80	4.259.510

$$\begin{aligned} \text{OMH total} &= \text{OMH/meter} \times \text{total jarak MH} \dots \dots \dots (8) \\ &= 434,08 \times 9.812,80 \\ &= \text{Rp } 4.259.510 \end{aligned}$$

### Evaluasi Data Hasil Usulan Perbaikan *Layout* dengan Algoritma *Simulated Annealing*

1. Penghematan total jarak *material handling*  

$$\% \text{ Penghematan} = \frac{\text{total jarak awal} - \text{total jarak akhir}}{\text{total jarak awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{11.983,20 - 9.812,80}{11.983,20} \times 100\% \\ &= 18,11\% \end{aligned}$$
2. Penghematan ongkos *material handling*  

$$\% \text{ Penghematan} = \frac{\text{OMH awal} - \text{OMH akhir}}{\text{OMH awal}} \dots \dots \dots (10)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{5.201.631 - 4.259.510}{5.201.631} \times 100\% \\ &= 18,11\% \end{aligned}$$

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan :  
 Dari hasil penelitian dengan menggunakan algoritma *simulated annealing* diperoleh susunan stasiun yang mampu meminimasi ongkos *material handling*, secara berurutan adalah : 1 (*material receive*), 2 (*marking, cutting, bending, drilling*), 4 (*prefab nozzle/support*), 6 (*assembly & welding*), 7 (*hydrotest area*), 3 (area kosong a), 5 (area kosong b). Setelah diperoleh urutan stasiun maka dapat diketahui total jarak *material handling* sebesar 9.812,80 meter, ongkos *material handling* sebesar Rp 4.259.510, penghematan total jarak *material handling* sebesar 18,11% dan penghematan ongkos *material handling* sebesar 18,11%.

### Saran

Dibawah ini merupakan saran bagi perusahaan yang diteliti maupun pembaca laporan penelitian ini dalam pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan parameter perbaikan yang lain misalkan parameter perbaikan berdasarkan waktu produksi, waktu *material handling*, dan utilitas lantai produksinya
2. Jika perusahaan ingin menerapkan usulan perbaikan ini, sebaiknya lakukan juga pertimbangan dari segi biaya yang harus dikeluarkan untuk perancangan ulang *layout* lantai fabrikasi tersebut.

### DAFTAR PUSTAKA

Apple, JM. *Tata Letak Pabrik dan Pemandangan Bahan*. Bandung : ITB. 1990.  
 Heragu, S. *Facilities Design*. Boston : PWS Publishing Company. 1997.  
 Kusumadesi, Sri dan Purnomo, Hari. *Aplikasi Simulated Annealing untuk Penentuan Tata Letak Mesin*. Yogyakarta : UII.  
 Kirkpatrick, S. *Optimization by Simulated Annealing*, Science, Vol 220, Number 4598, pages 671-680, 1983. <http://citeseer.ist.psu.edu/kirkpatrick83optimization.htm>  
 Nazromi, A. *Perbaikan Layout Lantai Produksi dengan Algoritma Simulated Annealing dalam Rangka Menerapkan Quality Improvement Team-Quality Cost Delivery (QIT-QCD)*. Skripsi. Banten. 2007  
 Panggabean, Henry Pantas. *Penjadwalan Job Shop dengan Algoritma Simulated Annealing*. Jurnal. Bandung. 2002.  
 Wirdianto, Eri., dkk. 2007. *Penerapan Algoritma Simulated Annealing pada Penjadwalan Distribusi Produk*. Jurnal Optimasi Sistem Industri, Vol. 7 No. 1, Oktober 2007; 7-20.