

Usulan Perbaikan Tata Letak dengan Menggunakan Metode Fraktal (Studi Kasus di Perusahaan Mebel X)

Fia Anggraini, Theresia Sunarni*

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Katolik Musi Charitas
Jalan Bangau No. 60, Palembang

Article Info

Article history:

Received
6 August 2019

Accepted
17 January 2020

Keywords:

Layout,
Fractal method,
Distance between
machines,
Material handling cost

Abstract

Production is the main thing in a manufacturing industry. Production activity would work well if the flow pattern of the material in the production floor smoothly. Better transfer of material will speed up the completion of a product. Intense competition in the manufacturing industry forced the industry to make the material flow to be short. This can be done by resetting the engine layout in such a way. Industry Furniture X as one of the furniture industry in the city of Palembang that manufacture products based on the make to order. The product has so many variations of high material flow and higher material handling costs. The distance between the machines far enough too play a role in the cost of material handling. The layout of the fractal method can produce a short distance between the machine and more flexible to address the varying conditions of the product. This method will form fractals that have the same ability to make the production process, in which fractal is formed of two pieces, each of which consists of 9 pieces of machinery. In the proposed layout is formed, the machines were experiencing engine displacement is 1A, 1B, 1C, 2B, 3B, 4, 5, 6A, 6B, 7, 8A, 8B, 10A, and 10B. This method was successful in reducing the material displacement distance during research periode of 58,125 meter or 6.251% and the cost of material movement during research periode Rp 27.971,9375 and during one year Rp 559.438,75 or 3,066 %.

1. PENDAHULUAN

Kegiatan produksi merupakan hal utama dalam sebuah industri manufaktur. Kegiatan produksi akan berjalan dengan baik jika didukung dengan setiap area kerja yang mempunyai keterkaitan disusun dengan baik pula. Saat ini, industri manufaktur berada pada persaingan yang ketat dengan industri manufaktur sejenis lainnya. Untuk itu industri manufaktur harus memiliki strategi yang baik sehingga dapat terus bertahan dan menguasai pasar. Strategi usaha yang dapat dikembangkan oleh sebuah industri antara lain adalah strategi ketepatan waktu, biaya, kualitas dan lainnya. Strategi ketepatan waktu dapat dipengaruhi oleh faktor pekerja, tata letak antar area kerja, distribusi, dan lain sebagainya.

Tata letak kerja merupakan masalah yang paling sering dijumpai dalam sebuah industri manufaktur. Salah satu industri manufaktur di Palembang yaitu Industri X merupakan salah satu industri yang berbasis pesanan (*make to order*). Tata letak area kerja yang digunakan industri saat ini menunjukkan bahwa jarak antar mesin masih cukup jauh, meskipun digunakan oleh hampir setiap komponen. Tata letak area kerja yang digunakan

industri saat ini menunjukkan bahwa jarak antar mesin masih cukup jauh, meskipun digunakan oleh hampir setiap komponen. Berdasarkan observasi awal yang dilakukan, besarnya biaya perpindahan material yang dikeluarkan oleh industri pada tata letak awal selama satu taun sebesar 25-30 milyar rupiah (observasi awal penulis di Industri X). Jumlah komponen produk yang dibuat dapat mencapai 70 buah dengan rata-rata jarak perpindahan yang harus dilalui produk dari proses awal hingga selesai dibuat sebesar 25 meter dan luas area produksi sebesar 180 m². Hal ini menunjukkan bahwa aliran perpindahan material besar dan menghasilkan biaya perpindahan yang besar, dikarenakan pengerjaan suatu produk melalui beberapa rute yang berulang.

Pada tata letak fraktal akan dirancang fraktal-fraktal yang membuat setiap sel memiliki kemampuan sama, sehingga memiliki keuntungan dalam menghadapi perubahan produk *mix*, efisien dalam aliran produk karena merupakan miniatur *shop* (Zuchroh, 2007). Tata letak ini dapat digunakan dalam lingkungan *job shop* karena tata letak ini memiliki tingkat fleksibilitas yang cukup tinggi. Bahkan dengan adanya pabrik yang besar, di mana *part* memiliki jalur perpindahan masing-masing antara satu departemen (produksi) dengan

*Corresponding author. Theresia Sunarni
Email address: nani_ys@yahoo.com

departemen lainnya, jarak perpindahan antar operasi dapat diminimasi untuk masing-masing fraktal. Beberapa penelitian yang menggunakan metode fraktal adalah Nurbaya, B. (2008) yang melakukan perancangan tata letak fraktal dengan studi kasus di PT Dirgantara Indonesia; Halim, C.S (2012) membuat usulan tata letak fraktal untuk pabrik baru pada CV Prima Bangun Nusantara; Kartika, C.S (2011) membuat usulan tata letak mesin dengan metode fractal studi kasus di PT “X” Cimahi.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan tata letak area kerja yang dapat meminimasi jarak dan fleksibel, meminimasi jarak perpindahan material, dan meminimasi biaya perpindahan pada area produksi di industri X dengan menggunakan metode fraktal . Produk yang diamati adalah produk yang sedang dibuat saat penelitian berlangsung dan dilakukan pada lantai produksi.

2. METODOLOGI

2.1 Terminologi

2.1.1 Pengertian tata letak

Tata letak adalah susunan fasilitas-fasilitas produksi untuk memperoleh efisiensi pada suatu produksi, meliputi aktivitas pengaturan tata letak fasilitas operasi dengan memanfaatkan area yang tersedia untuk penempatan semua peralatan serta fasilitas yang digunakan dalam proses produksi. Tata letak pabrik pada dasarnya merupakan penempatan dan pengaturan dari bermacam-macam fasilitas produksi yang ada. Menurut Apple (1990), tata letak pabrik merupakan suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen-komponen suatu produk untuk mendapatkan interelasi yang efisien dan efektif antara pekerja dan peralatan serta pemindahan material dari bagian penerimaan, fabrikasi menuju bagian pengiriman produk jadi. Tujuan utama perancangan tata letak adalah optimasi pengaturan fasilitas operasi sehingga nilai yang diciptakan oleh sistem produksi maksimal (Wignjosoebroto, 1996).

2.1.2 Tata letak Fraktal

Tata letak fraktal merupakan tata letak yang muncul akibat perkembangan tata letak selular (Montreuil *et. al*, 1997).Tata letak fraktal dirancang untuk menjadi pabrik-pabrik kecil dalam suatu pabrik besar. Tata letak ini dapat digunakan dalam lingkungan *job shop* karena tata letak ini memiliki tingkat fleksibilitas yang cukup tinggi.Langkah-langkah dalam pembuatan tata letak fraktal, adalah sebagai berikut (Montreuil *et. al*, 1997):

1. Perencanaan Kapasitas

$$N_t = \left[\frac{\sum_{j \in t} D_j A_{jt}}{M_t} \right] \dots\dots\dots(1)$$

di mana:

[*] = nilai bilangan bulat terkecil yang lebih dari atau sama dengan *

Nt = jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan oleh mesin t

Dj = besar permintaan untuk produk j

Ajt = waktu yang dipergunakan di mesin t untuk mengerjakan unit produk j

Mt =waktu tersedia pada mesin t selama periode permintaan

2. Pembentukan Sel

i. Penentuan jumlah sel

Jumlah sel ditentukan berdasarkan rata-rata jumlah stasiun kerja untuk setiap jenis mesin, selain itu bisa ditentukan juga dari populasi sel yang mengacu pada jumlah jenis mesin yang tersedia.

$$JumlahSel = \frac{JumlahMesin}{JenisMesin} \dots\dots\dots(2)$$

ii. Penugasan masing-masing mesin ke tiap sel

Perhitungan jumlah mesin yang dibutuhkan untuk setiap jenisnya tidak perlu menjadi suatu permasalahan dalam menentukan mesin yang berada pada setiap sel, akan tetapi perlu dipertimbangkan biaya yang dikeluarkan untuk penambahan mesin tersebut. Dalam menghadapi permasalahan seperti ini, ada beberapa alternatif yang dapat dilakukan:

a. Tempatkan 1 unit mesin untuk setiap jenis mesin pada sel yang tersedia (untuk jenis mesin yang memiliki jumlah sama dengan jumlah sel). Selain jenis mesin tadi, tempatkan mesin tambahan untuk salah satu jenis mesin saja di salah satu sel, dan tidak untuk yang lainnya.

b. Sediakan tambahan mesin (untuk jenis mesin yang jumlahnya tidak sama dengan rata-rata) sehingga tiap sel memiliki jumlah yang sama untuk jenis mesin tersebut.

c. Penambahan mesin tidak perlu dilakukan akan tetapi letakkan jenis mesin tersebut di antara fraktal yang membutuhkan.

Jika jumlah sel telah ditetapkan dan tidak diinginkan adanya duplikasi, maka dapat diikuti langkah-langkah di bawah ini:

a. Untuk semua jenis mesin yang jumlahnya sama dengan jumlah sel, tempatkan 1 replikasi di tiap sel.

b. Letakkan sisa replikasi tersebut dalam suatu daftar di mana mesin yang jenisnya sama dikelompokkan bersama-sama. Tempatkan replikasi pertama yang berada dalam daftar pada sel pertama, replikasi kedua pada sel kedua, dan begitu seterusnya. Ulangi dari sel pertama jika semua sel sudah ditempatkan satu kali. Jika semua mesin yang berada dalam daftar sudah ditempatkan, maka prosedur ini dapat dihentikan.

iii. Penentuan tata letak awal

Tata letak awal ini dibuat berdasarkan jumlah mesin yang ada pada masing-masing sel dan belum memperhatikan letak dari sel tersebut maupun letak dari mesin-mesin yang berada di dalam sel tersebut. Penyusunannya dapat dilakukan dengan membuat *Activity Relationship Diagram* (ARD).

3. Perhitungan *Flow Assignment*

Perhitungan *flow assignment* dilakukan untuk meminimasi jarak perpindahan material. *Flow assignment* dijelaskan melalui model berikut:

Minimize

$$z = \sum_j \sum_k C_{jk} x_{jk} \dots \dots \dots (3)$$

Subject to $\sum_k x_{jk} \geq D_j \forall j$
 $\sum_j \sum_k A_{jkt} x_{jk} \leq M_t \forall t$
 $x_{jk} \geq 0 \forall j, k$

di mana:

- C_{jk} = jarak yang termasuk jalur k untuk produk j
- x_{jk} = jumlah produk j yang menggunakan jalur k
- D_j = besar permintaan produk j (fraksi waktu dari total permintaan produk)
- M_t = kapasitas mesin dari replikasi t
- A_{jt} = waktu terpakai dari replikasi t oleh 1 unit produk j (*processing time*)
- $A_{jkt} = \begin{cases} A_{jt}, & \text{jika jalur k memakai replikasi t untuk produk j} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$

Formulasi di atas dikenal sebagai *the arc-path formulation of multicommodity network flow model* (MCNF).

4. Pembentukan Tata Letak Sel dan Tata Letak Akhir

Masalah tata letak fraktal terdiri dari dua langkah yaitu tata letak sel dan tata letak akhir. Tata letak sel menyangkut bagaimana replikasi diletakkan di dalam sel, sedangkan tata letak akhir menyangkut tata letak dari setiap sel dalam suatu lahan atau area. Prosedur mendasar dalam membuat tata letak akhir adalah:

- i. Sel yang bentuknya persegi dapat diletakkan relatif satu sama lain, berdasarkan jumlah sel yang ada.
- ii. Sel cukup besar untuk menyesuaikan replikasi yang menempati sel.
- iii. Untuk tata letak yang bentuknya sangat persegi, penempatan sel biasanya sama dengan area/luas sel yang dibutuhkan.

Untuk tata letak yang tidak memiliki bentuk tertentu, penempatan sel biasanya lebih besar dari area/luas sel yang dibutuhkan.

2.1.3 *Material handling*

Material handling adalah seni dan ilmu yang meliputi penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), pembungkusan (*packing*), penyimpanan (*storing*) sekaligus pengawasan atau pengendalian (*controlling*) (Wignjosuebrototo, 1996). Perhitungan

ongkos *material handling* (OMH) menggunakan persamaan berikut:

$$OMH = \frac{UpahMinimumRegional}{waktukerja/bulan} \times waktuperpindahanmaterial/m \dots (4)$$

Untuk menentukan lokasi area kerja dapat dilakukan dengan perhitungan melalui titik tengah area kerja. Titik tengah atau perpotongan garis diagonal dapat diperoleh dengan rumus:

Titik koordinat = (koordinat X ; koordinat Y)

Koordinat X = $X_a + \frac{(X_i - X_a)}{2} \dots \dots \dots (5)$

Koordinat Y = $Y_a + \frac{(Y_i - Y_a)}{2} \dots \dots \dots (6)$

Apabila ingin menghitung jarak 2 buah stasiun kerja yang koordinatnya ditunjukkan sebagai (X_0, Y_0) dan (X_1, Y_1) , maka dapat dihitung jarak antar titik tengah (d_{ij}) dengan cara *Rectilinear Distance* yaitu sebagai berikut:

$$d_{ij} = |X_0 - X_1| + |Y_0 - Y_1| \dots \dots \dots (7)$$

2.1.4 *Momem perpindahan*

Jumlah momen perpindahan material dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Nahmias dalam Sitanggang, 2009):

$$M_o = F \times d$$

Keterangan:

- M_o = Jumlah momen perpindahan material
- F = Frekuensi aliran perpindahan antar departemen
- d = Jarak antar departemen

2.1.5 *From to chart*

From to Chart adalah suatu diagram yang digunakan untuk menggambarkan secara grafis aliran material, produk, informasi, manusia dan sebagainya atau bisa juga dipergunakan untuk menggambarkan hubungan kerja antar satu departemen (fasilitas kerja) dengan departemen yang lain.

2.1.6 *Perhitungan outflow-inflow relationship chart, tabel skala prioritas, dan activity relationship diagram*

Outflow Relationship Chart mempunyai kegunaan untuk menunjukkan aliran barang dari satu stasiun ke stasiun lainnya. Dalam *Outflow Relationship Chart*, ongkos *material handling* yang terdapat dalam *From To Chart* harus dibandingkan dengan total barang yang masuk atau keluar. Dari stasiun tersebut akan terlihat keeratan hubungan pada akhirnya. Masing-masing sel pada tabel akan diisi berdasarkan perhitungan dengan rumus sebagai berikut: (Nasution, 2008 dalam Saputra, 2015)

$$O_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_i} \dots \dots \dots (8)$$

dimana:

- O_{ij} = koefisien *outflow* dari lokasi i ke tujuan j
- X_{ij} = OMH dari lokasi asal i ke lokasi tujuan j
- X_i = total OMH pada lokasi asal i

$$I_{ij} = \frac{X_{ij}}{Y_i} \dots \dots \dots (9)$$

dimana:

I_{ij} = koefisien *inflow* dari lokasi i ke lokasi tujuan j

X_{ij} = OMH dari lokasi asal i ke lokasi tujuan j

Y_i = total OMH pada lokasi asal i

Tabel Skala Prioritas adalah suatu tabel yang menggambarkan urutan prioritas antara departemen/mesin dalam suatu lintas produksi (Apple, 1990). Referensi tabel ini didapat dari perhitungan *Outflow-Inflow*, dimana prioritas diurutkan berdasarkan harga koefisien ongkosnya. Tujuan pembuatan tabel skala prioritas antara lain untuk meminimumkan ongkos, memperkecil jarak *material handling* dan mengoptimalkan *layout*.

Menurut Apple (1990), *Activity Relationship Diagram* adalah diagram hubungan antar aktivitas (departemen/mesin) berdasarkan tingkat prioritas kedekatan, sehingga diharapkan ongkos *handling* minimum. Dasar untuk membuat ARD adalah Tabel Skala Prioritas, jadi yang menempati prioritas pertama pada Tabel Skala Prioritas harus didekatkan letaknya lalu diikuti prioritas berikutnya. Area pada ARD diasumsikan sama, baru pada revisi disesuaikan berdasarkan ARD ini.

2.2 Langkah perbaikan tata letak dengan metode Fraktal

Langkah-langkah untuk perbaikan tata letak dengan metode Fraktal disajikan pada Gambar 1. Langkah-langkah dimulai dari studi lapangan dilengkapi dengan studi literatur. Setelah proses ini dirumuskan masalah yang sesuai dengan tujuan penelitian.

2.2.1 Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan meliputi data jam kerja efektif, data jenis dan jumlah mesin saat ini, jam kerja efektif industri X, data jenis mesin dan jumlah mesin, aliran produksi produk yang dibuat, luas area kerja dan ongkos perpindahan, gambaran tata letak awal, data jenis produk, serta volume produksi tahun 2015.

2.2.2 Pemilihan metode

Pembentukan tata letak dilakukan dengan pemilihan metode diawali dengan penghitungan jumlah kebutuhan mesin. Tata letak awal industri didapatkan dengan metode *by process* meliputi tahapan penghitungan luas lantai, penghitungan OMH (Ongkos Material *Handling*) awal, mencari hunungan antar stasiun kerja, penghitungan *outflow* dan *inflow*, membuat ARD (*Activity Relationship Diagram*), menghitung OMH, ARD dengan metode *by process* terpilih, dan penggambaran tata letak awal. Tata letak usulan industri didapatkan dengan metode *by fractal* meliputi tahapan penentuan jumlah fraktal dan mesin dalam fraktal, penghitungan luas lantai, mencari hubungan antar mesin di dalam fraktal, penghitungan *outflow* dan

inflow, membuat ARD dalam fraktal, menggabungkan ARD fraktal, membuat penugasan mesin dalam fraktal, menghitung OMH, ARD dengan metode *by fractal* terpilih, penggambaran tata letak usulan.

2.2.3 Perhitungan jumlah kebutuhan mesin

Jumlah kebutuhan mesin dihitung berdasarkan perencanaan kapasitas. Industri X memiliki jam kerja per hari sebanyak 591,43 menit (4140 menit jam kerja dalam 1 minggu). Jumlah hari kerja untuk menyelesaikan keenam produk selama periode penelitian adalah selama 16 hari kerja dan jumlah kebutuhan mesin didapat sebanyak 11 buah mesin.

2.2.4 Metode Fraktal untuk perbaikan tata letak

Berdasarkan jumlah kebutuhan mesin dilakukan perhitungan jumlah fraktal, pengalokasian mesin dalam fraktal, penyusunan fraktal, pembagian part-produk dalam fraktal. Hasil pembagian dilanjutkan dengan penyusunan *from to chart* untuk mendapatkan *outflow-inflow relationship chart*, skala prioritas, dan ARD.

2.2.5 Tata letak usulan

Berdasarkan ARD yang telah terbentuk pada fraktal pertama dan fraktal kedua, maka akan dibentuk tata letak usulan beserta *aisle* dan kelonggaran.

2.2.6 Perbandingan Tata letak awal dan usulan

Tata letak usulan yang telah dihitung menunjukkan hasil penurunan jarak perpindahan material dan biaya perpindahan material dibandingkan tata letak awal industri.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tata letak awal

Industri Mebel X yang berlokasi di kota Palembang telah beroperasi sejak tahun 1993. Luasan area produksi di industri ini sebesar 160 m². Tata letak awal (saat ini) pada industri yang diteliti disajikan pada Gambar 2. Kode untuk setiap stasiun kerja dapat dilihat pada Tabel 1. Sementara itu, kode untuk produk, part dan volume produksi disajikan pada Tabel 2.

3.2 Perbaikan tata letak

Tahapan-tahapan perhitungan menggunakan metode Fraktal dan hasil untuk perbaikan tata letak disajikan sebagai berikut:

3.2.1 Hasil perhitungan jumlah mesin

Perhitungan jumlah mesin dihitung dengan menggunakan rumus (1) yang merupakan perhitungan perencanaan kapasitas. Jam kerja per hari industri di perusahaan ini sebesar 591,43 menit (4140 menit jam kerja selama satu minggu dibagi 7

hari kerja). Jumlah hari kerja untuk menyelesaikan keenam produk selama periode penelitian adalah selama 16 hari kerja. Jumlah kebutuhan mesin pada setiap stasiun kerja dihitung sebagai berikut:

$$N_t = \left\lceil \frac{12 \times 4}{591,43 \times 16} \right\rceil = \left\lceil \frac{48}{9462,88} \right\rceil$$

$$N_t = 0,005$$

Dengan demikian, hasil jumlah kebutuhan mesin pada setiap stasiun kerja dapat dilihat pada Tabel 3. Perhitungan jumlah mesin dihitung dengan menggunakan rumus (1) yang merupakan perhitungan perencanaan kapasitas. Berdasarkan perhitungan jumlah kebutuhan mesin di atas, maka

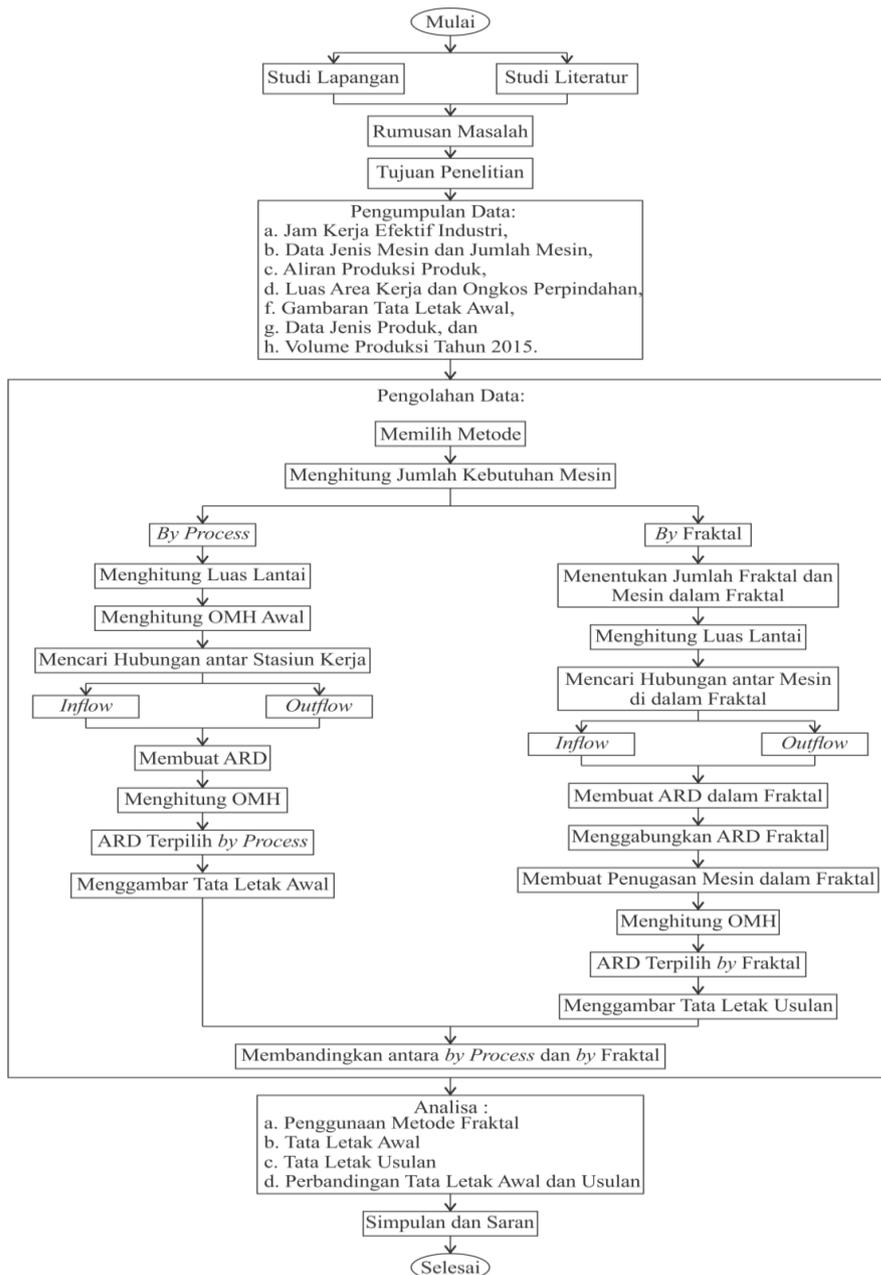
jumlah kebutuhan mesin yang dibutuhkan untuk proses produksi pada industri mebel ini seluruhnya sebanyak 11 buah mesin.

3.2.2 Hasil perhitungan jumlah fraktal

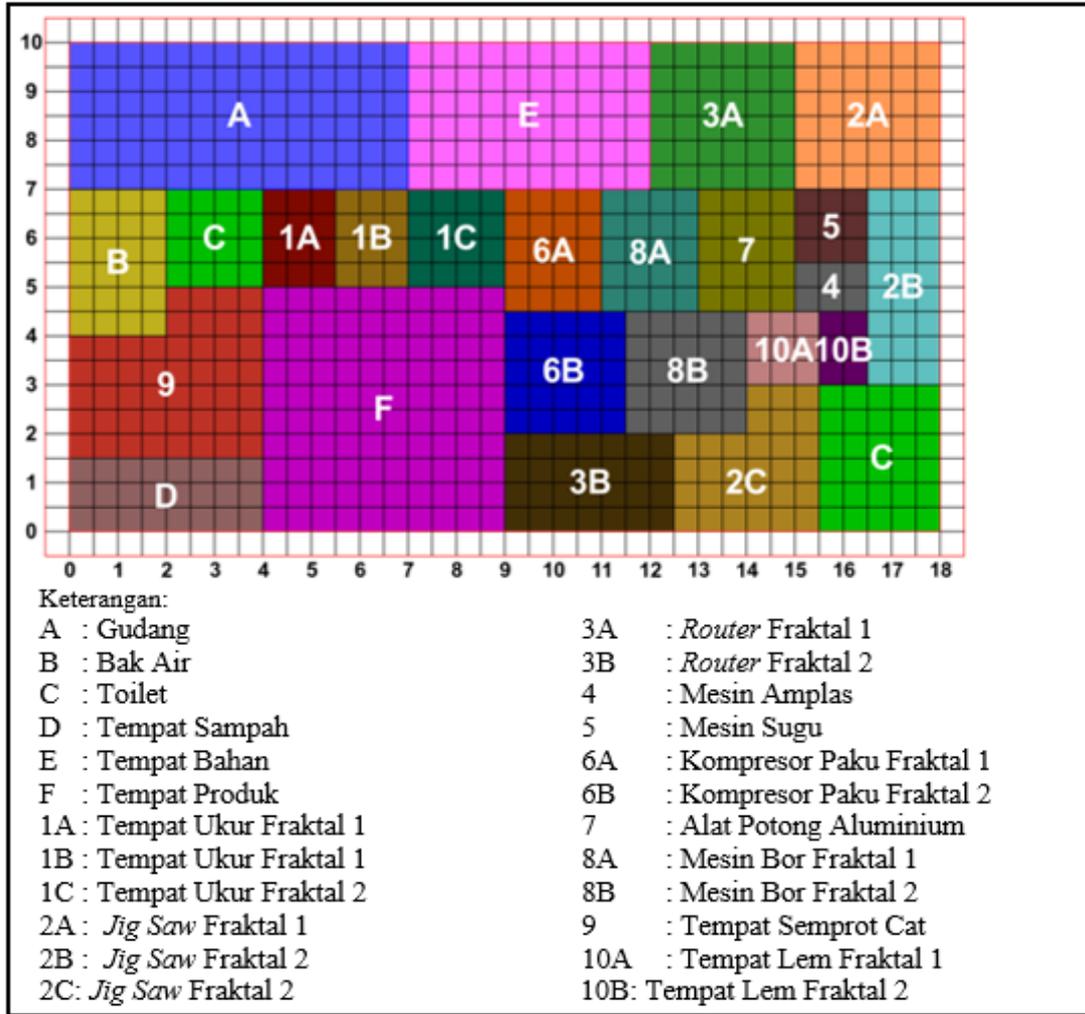
Perhitungan jumlah fraktal yang terbentuk pada industri mebel X menggunakan rumus (2) dan hasil yang didapatkan adalah:

$$= \frac{11}{10} = 1,1 \approx 2$$

Jumlah fraktal yang terbentuk sebanyak dua buah fraktal di mana masing-masing fraktal yang terbentuk akan dialokasikan mesin-mesin pada industri mebel ini sebanyak 18 buah mesin.



Gambar 1. Langkah-langkah dalam penelitian



Gambar 2.
Tata letak awal beserta aisle dan kelonggaran

Tabel 1.
Kode stasiun kerja

Kode	Stasiun Kerja	Jumlah
1	Stasiun Pengukuran (Meteran)	3
2	Stasiun Pemotongan (Jig Saw)	3
3	Stasiun Penumpulan Sisi (Router)	2
4	Stasiun Penghalusan (Mesin Amplas)	1
5	Stasiun Perataan (Mesin Sugu)	1
6	Stasiun Perakitan (Kompresor & Paku Tembak)	2
7	Stasiun Pemotongan (Alat Potong Aluminium)	1
8	Stasiun Perakitan (Mesin Bor)	2
9	Stasiun Pewarnaan (Mesin Semprot Cat)	1
10	Stasiun Penyatuan (Lem)	2

Tabel 2.
Kode dan volume produk - part

Produk	Part	Kode	Unit /Produk	Volume	Produk	Part	Kode	Unit /Produk	Volume
Lemari Pakaian		1		6	Meja Kasir		5		3
	Part 1	1.1	2	12		Part 1	5.1	2	6
	Part 2	1.2	3	18		Part 2	5.2	2	6
	Part 3	1.3	1	6		Part 3	5.3	1	3
	Part 4	1.4	2	12		Part 4	5.4	3	9
	Part 5	1.5	4	24		Part 5	5.5	3	9
	Part 6	1.6	1	6		Part 6	5.6	1	3
	Part 7	1.7	1	6		Part 7	5.7	6	18
	Part 8	1.8	1	6		Part 8	5.8	1	3
	Part 9	1.9	1	6		Part 9	5.9	1	3
	Part 10	1.10	6	36		Part 10	5.10	6	18
	Part 11	1.11	2	12		Part 11	5.11	6	18
Daun Meja		2		39	Lemari Roti		6		20
	Part 1	2.1	1	39		Part 1	6.1	2	40
	Part 2	2.2	1	39		Part 2	6.2	2	40
Backdrop TV		3		3		Part 3	6.3	1	20
	Part 1	3.1	1	3		Part 4	6.4	4	80
	Part 2	3.2	3	9		Part 5	6.5	6	120
	Part 3	3.3	3	9		Part 6	6.6	2	40
	Part 4	3.4	1	3		Part 7	6.7	2	40
Kursi		4		30		Part 8	6.8	4	80
	Part 1	4.1	1	30		Part 9	6.9	1	20
	Part 2	4.2	1	30		Part 10	6.10	1	20
	Part 3	4.3	4	120		Part 11	6.11	8	160

3.2.3 Pengalokasian mesin dalam fraktal

Berdasarkan perhitungan jumlah fraktal di atas, maka dilakukan pengalokasian mesin ke dalam dua buah fraktal yang telah terbentuk. Setiap fraktal mencakup mesin-mesin yang tersedia pada industri mebel ini. Pembagian mesin ke dalam fraktal dapat dilihat pada Tabel 4.

3.2.4 Penyusunan fraktal

Berdasarkan pengalokasian mesin di atas, dapat dilakukan penyusunan dua buah fraktal yang terbentuk. Penyusunan fraktal dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 3.
Hasil perhitungan jumlah kebutuhan mesin

Part	Mesin									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.1	0,005	0,006		0,013	0,008	0,003				0,013
1.2	0,011	0,011		0,029	0,017	0,006				0,029
1.3	0,001	0,001		0,004	0,002	0,001				0,003
1.4	0,005	0,006		0,013	0,008	0,003				0,013
1.5	0,013	0,01		0,02				0,02		
1.6	0,003	0,003		0,003	0,003			0,001		0,005
1.7	0,001							0,001		
1.8	0,01	0,013	0,013	0,013						0,019
1.9	0,01	0,013	0,013	0,013						0,019
1.10	0,011							0,023		
1.11	0,001							0,001		
2.1	0,008	0,012		0,021	0,012	0,004				0,021
2.2	0,008	0,012	0,062	0,021						0,041
3.1	0,001	0,001		0,002	0,001	0,001				0,002
3.2	0,003	0,004		0,008	0,008	0,002				0,01
3.3	0,003	0,004		0,008	0,008	0,002				0,01
3.4	0,002	0,003	0,005	0,005						0,006
4.1	0,006	0,006		0,013	0,01	0,003			0,095	0,016
4.2	0,006	0,006		0,013	0,01	0,003			0,095	0,016
4.3	0,051	0,051		0,101	0,076	0,038			0,761	0,127
5.1	0,003	0,003		0,006	0,004	0,001				0,006
5.2	0,003	0,003		0,006	0,004	0,001				0,006
5.3	0,001	0,001		0,002	0,001	0,001				0,002
5.4	0,009	0,01		0,014	0,014			0,006		0,014
5.5	0,006	0,008		0,014	0,009	0,002				0,014
5.6				0,002						0,002
5.7	0,008			0,023			0,023	0,011		0,029
5.8	0,005	0,006	0,006	0,006						0,014
5.9	0,005	0,006	0,006	0,006						0,014
5.10	0,006							0,011		
5.11	0,006							0,006		
6.1	0,013	0,017		0,042	0,025	0,008				0,042
6.2	0,013	0,017		0,042	0,025	0,008				0,042
6.3	0,004	0,004		0,011	0,006	0,002				0,011
6.4	0,059	0,085		0,169	0,101	0,025				0,169
6.5	0,038	0,076		0,127	0,076	0,038				0,19
6.6	0,004	0,013		0,025	0,017	0,008				0,025
6.7	0,004	0,008		0,017	0,013	0,004				0,021
6.8	0,025			0,068			0,068	0,034		0,085
6.9	0,032	0,053	0,042	0,042						0,095
6.10	0,032	0,053	0,042	0,042						0,095
6.11	0,068							0,135		
KM	0,503	0,525	0,189	0,964	0,458	0,164	0,091	0,249	0,951	1,226
JD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

Fraktal 1	Fraktal 2
-----------	-----------

Gambar 3.
Jumlah fraktal yang terbentuk di industri ini

3.2.5 Hubungan antar stasiun kerja dalam fraktal

Jumlah fraktal yang terbentuk di industri mebel ini sebanyak dua buah. Pada fraktal pertama jenis

part-produk akan diproses dalam meteran, *jig saw*, *router*, mesin amplas, kompresor dan alat paku tembak, alat potong aluminium, mesin bor, dan lem. Pembagian *part*-produk pada fraktal pertama dapat dilihat pada Tabel 5. Pada fraktal kedua jenis *part*-produk akan diproses dalam meteran, *jig saw*, *router*, mesin sugu, kompresor dan alat paku tembak, mesin bor, mesin semprot cat, dan lem. Pembagian *part*-produk pada fraktal kedua dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 4.
Pembagian stasiun kerja ke dalam fraktal

Stasiun Kerja	Fraktal 1	Fraktal 2
Stasiun Pengukuran (Meteran)	2	1
Stasiun Pemotongan (<i>Jig Saw</i>)	1	2
Stasiun Penumpulan Sisi (<i>Router</i>)	1	1
Stasiun Penghalusan (Mesin Amplas)	1	
Stasiun Perataan (Mesin Sugu)		1
Stasiun Perakitan (Kompresor dan Paku Tembak)	1	1
Stasiun Pemotongan (Alat Potong Aluminium)	1	
Stasiun Perakitan (Mesin Bor)	1	1
Stasiun Pewarnaan (Mesin Semprot Cat)		1
Stasiun Penyatuan (Lem)	1	1
Jumlah Stasiun Kerja	9	9

Tabel 5.
Pembagian *Part-Produk* Dalam Fraktal Pertama

Mesin	<i>Part-Produk</i>
1	<i>Part 1.1, part 1.2, part 1.3, part 1.4, part 1.5, part 1.6, part 1.7, part 1.8, part 1.9, part 1.10, part 1.11, part 2.1, part 2.2, part 3.1, part 3.2, part 3.3, part 3.4, part 4.1, part 4.2, part 4.3, part 5.1, part 5.2, part 5.3, part 5.4, part 5.5, part 5.7, part 5.8</i>
2	<i>Part 1.1, part 1.2, part 1.3, part 1.4, part 1.5, part 1.6, part 1.8, part 1.9, part 2.1, part 2.2, part 3.1</i>
3	<i>Part 1.8, part 1.9, part 2.2, part 3.4</i>
4	<i>Part 1.1, part 1.2, part 1.3, part 1.4, part 1.5, part 1.6, part 1.8, part 1.9, part 2.1, part 2.2, part 3.1, part 3.2, part 3.3, part 3.4, part 4.1, part 4.2, part 4.3, part 5.1, part 5.2, part 5.3, part 5.4, part 5.5, part 5.6, part 5.7, part 5.8, part 5.9, part 6.1, part 6.2, part 6.3, part 6.4, part 6.5, part 6.6, part 6.7, part 6.8, part 6.9, part 6.10</i>
6	<i>Part 1.1, part 1.2, part 1.3, part 1.4, part 2.1, part 3.1, part 3.2, part 3.3, part 4.1, part 4.2, part 4.3</i>
7	<i>Part 5.7, part 6.8</i>
8	<i>Part 1.5, part 1.6, part 1.7, part 1.10, part 1.11</i>
10	<i>Part 1.1, part 1.2, part 1.3, part 1.4, part 1.6, part 1.8, part 1.9, part 2.1, part 2.2, part 3.1, part 3.2, part 3.3, part 3.4, part 4.1, part 4.2, part 4.3, part 5.1</i>

Tabel 6.
Pembagian *Part-Produk* Dalam Fraktal Kedua

Mesin	<i>Part-Produk</i>
1	<i>Part 5.9, part 5.10, part 5.11, part 6.1, part 6.2, part 6.3, part 6.4, part 6.5, part 6.6, part 6.7, part 6.8, part 6.9, part 6.10, part 6.11</i>
2	<i>Part 3.2, part 3.3, part 3.4, part 4.1, part 4.2, part 4.3, part 5.1, part 5.2, part 5.3, part 5.4, part 5.5, part 5.8, part 5.9, part 6.1, part 6.2, part 6.3, part 6.4, part 6.5, part 6.6, part 6.7, part 6.9, part 6.10</i>
3	<i>Part 5.8, part 5.9, part 6.9, part 6.10</i>
5	<i>Part 1.1, part 1.2, part 1.3, part 1.4, part 1.6, part 2.1, part 3.1, part 3.2, part 3.3, part 4.1, part 4.2, part 4.3, part 5.1, part 5.2, part 5.3, part 5.4, part 5.5, part 6.1, part 6.2, part 6.3, part 6.4, part 6.5, part 6.6, part 6.7</i>
6	<i>Part 5.1, part 5.2, part 5.3, part 5.5, part 6.1, part 6.2, part 6.3, part 6.4, part 6.5, part 6.6, part 6.7</i>
8	<i>Part 5.4, part 5.7, part 5.10, part 5.11, part 6.8, part 6.11</i>
9	<i>Part 4.1, part 4.2, part 4.3</i>
10	<i>Part 5.2, part 5.3, part 5.4, part 5.5, part 5.6, part 5.7, part 5.8, part 5.9, part 6.1, part 6.2, part 6.3, part 6.4, part 6.5, part 6.6, part 6.7, part 6.8, part 6.9, part 6.10</i>

Tabel 7.
From to Chart Pada Fraktal Pertama

To From	1	2	3	4	6	7	8	10	Total
1	-	2136	-	-	-	214	108	-	2458
2	-	-	-	412	-	-	-	-	412
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	96	2263	2359
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	214	-	-	-	-	214
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	316	-	1676	-	316	-	2308
Total	-	2136	316	626	1676	214	520	2263	7751

Tabel 8.
From to Chart Pada Fraktal Pertama

To From	1	2	3	5	6	8	9	10	Total
1	-	2882	-	-	-	392	-	-	3274
2	-	-	-	2698	-	-	-	-	2698
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	540	-	540
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	184	-	2656	318	-	-	3158
Total	-	2882	184	2698	2656	710	540	-	9670

Tabel 9.
Outflow Relationship Chart Fraktal Pertama

To From	1	2	3	4	6	7	8	10
1	-	0,869	-	-	-	0,087	0,044	-
2	-	-	-	1	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	0,042	0,096
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	1	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	0,137	-	0,726	-	0,137	-

Tabel 10.
Inflow Relationship Chart Fraktal Pertama

To From	1	2	3	4	6	7	8	10
1	-	1	-	-	-	1	0,207	-
2	-	-	-	0,658	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	0,185	1
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	0,342	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	1	-	1	-	0,608	-

Tabel 11.
Outflow Relationship Chart Fraktal Kedua

To From	1	2	3	5	6	8	9	10
1	-	0,88	-	-	-	0,12	-	-
2	-	-	-	1	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	1	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	0,058	-	0,841	0,101	-	-

Tabel 12.
Inflow Relationship Chart Fraktal kedua

To From	1	2	3	5	6	8	9	10
1	-	1	-	-	-	0,552	-	-
2	-	-	-	1	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	1	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	1	-	1	0,448	-	-

Tabel 13.
Skala prioritas outflow dan inflow fraktal pertama

Prioritas Mesin	I	II	III
1	-	-	-
2	1	-	-
3	10	-	-
4	2	7	-
6	10	-	-
7	1	-	-
8	10	1	4
10	4	-	-

Tabel 14.
Skala prioritas outflow dan inflow fraktal kedua

Prioritas Mesin	I	II
1	-	-
2	1	-
3	10	-
5	2	-
6	10	-
8	1	10
9	6	-
10	-	-

Berdasarkan pembagian part-produk ke dalam dua fraktal di atas, maka dilakukan penyusunan *from to chart* yang didapatkan dari urutan pengerjaan (*routing*) part-produk disesuaikan dengan volume produksi part-produk tersebut. *From to chart* yang terbentuk akan digunakan untuk mendapatkan tata letak usulan dengan menggunakan *outflow-inflow relationship chart*, skala prioritas, dan ARD.

Untuk mendapatkan volume kebutuhan part-produk yang ada pada *from to chart* perhitungannya adalah *From* mesin 4 *to* mesin 8 pada fraktal pertama dilalui oleh part 1.5 yang terdapat pada mesin 1, mesin 2, mesin 4, dan mesin 8 = 24 + 24 + 24 + 24 = 96. *From to chart* yang terbentuk pada fraktal pertama dan kedua dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8. Berdasarkan *from to chart*, dilakukan penghitungan *outflow* yang ada pada masing-masing fraktal. Koefisien *outflow* dan *inflow* pada masing-masing fraktal dihitung menggunakan rumus (11) dan (12) di bawah ini:

$$O_{1-2} = 2136 : 2458 = 0,869$$

$$I_{2-4} = 412 : 626 = 0,658$$

Outflow relationship chart dan *inflow relationship chart* yang terbentuk pada fraktal pertama dan fraktal kedua dapat dilihat pada Tabel 9, Tabel 10, Tabel 11, dan Tabel 12. Berdasarkan *outflow* dan *inflow relationship chart*, maka didapatkan skala prioritas yang berguna untuk menunjukkan departemen tujuan yang harus dilayani terlebih dahulu dari departemen kerja

lainnya. Penentuan skala prioritas pada fraktal pertama dan fraktal kedua dapat dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14.

3.2.6 Tata Letak Usulan

Tata letak usulan dapat dilihat pada Gambar 5. Tata letak usulan terbentuk berdasarkan pembagian part produk ke dalam dua fraktal dengan menggunakan *outflow-inflow relationship chart*, skala prioritas, dan ARD.

3.2.7 Ongkos material handling

Dalam menentukan biaya perpindahan, dibutuhkan input berupa UMR dan momen perpindahan material antar mesin. UMR untuk wilayah Sumatera Selatan dalam 1 bulan adalah sebesar Rp 2.206.000,-. Besarnya UMR dalam 1 hari adalah Rp 88.240,- sehingga selama 16 hari total UMR sebesar Rp 1.411.840,-. Waktu kerja selama periode penelitian didapatkan dari waktu kerja per hari selama 35.485,71 detik dikali 16 hari waktu penelitian. Biaya perpindahan material per meter adalah:

$$= \text{UMR}/(\text{waktu kerja/periode}) \times 4 \text{ detik}$$

$$= (\text{Rp } 1.411.840,-)/(567.771,36 \text{ detik}) \times 4 \text{ detik}$$

$$= \text{Rp } 9,95$$

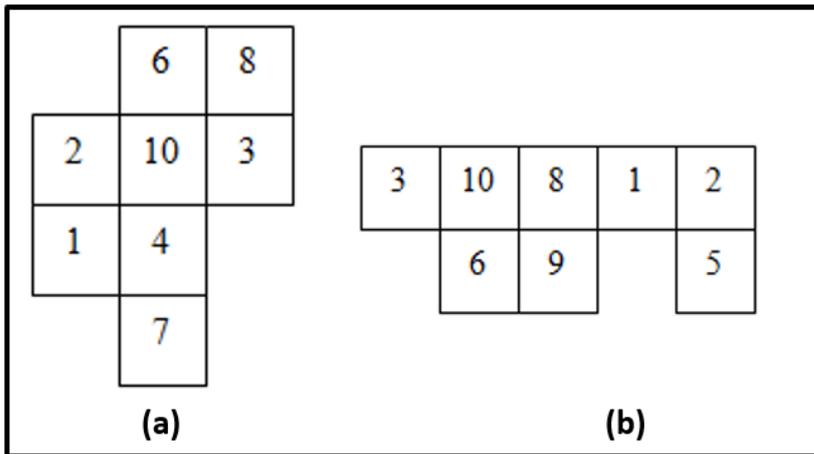
Momen perpindahan didapat dari jarak mesin dengan mesin berikutnya dengan frekuensi perpindahan. Contoh perhitungan momen perpindahan part 1.1 untuk mesin 5 ke 4 adalah sebagai berikut:

Frekuensi perpindahan mesin 5 ke 4 = 24
 perpindahan selama 16 hari
 Jarak mesin 5 ke 4 = 1 satuan
 Maka momen perpindahan dari mesin 5 ke 4 adalah:
 Momen = 24 perpindahan × 1 satuan
 = 24 satuan perpindahan selama 16 hari

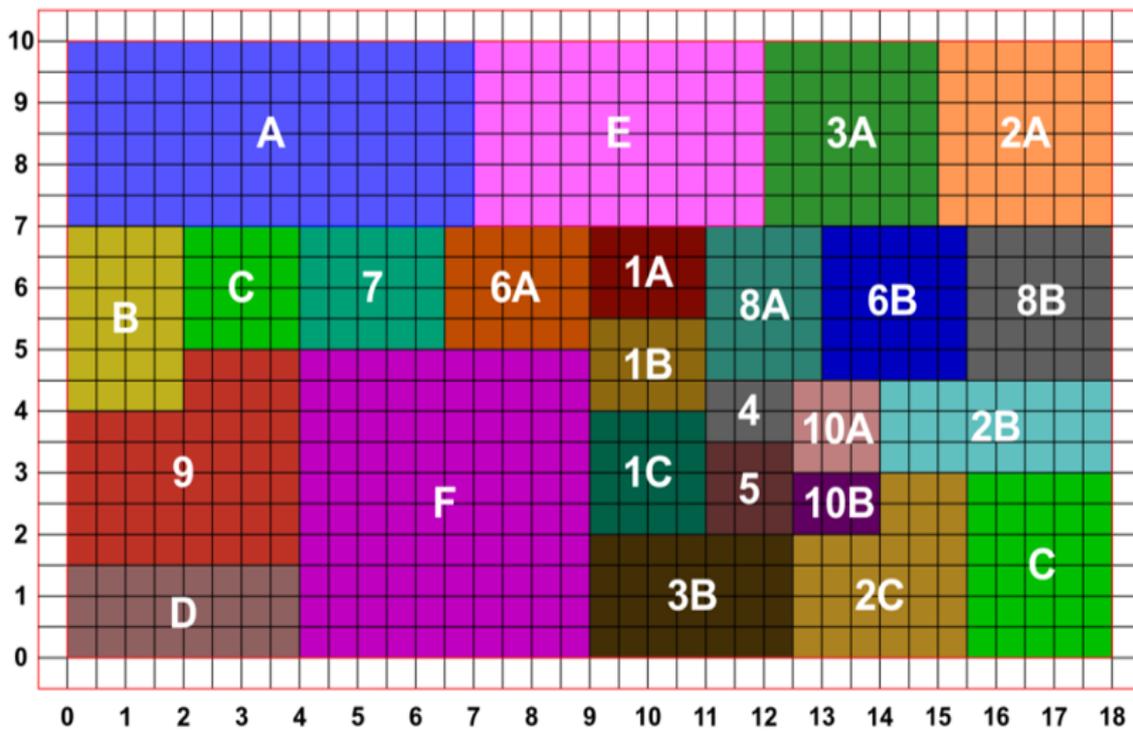
3.2.8 Perbandingan jarak dan biaya perpindahan

Tabel 15 menyajikan biaya perpindahan awal. Sementara Tabel 16 menyajikan biaya perpindahan usulan. Tabel 17 dan Tabel 18 menunjukkan

perbandingan jarak dan biaya perpindahan antara tata letak saat ini dengan tata letak usulan. Tata letak usulan berdasarkan enam produk mengalami penurunan terhadap tata letak awal. Berdasarkan penyajian tabel dan gambar, terlihat adanya penurunan jarak dan biaya perpindahan setelah dilakukan perubahan pada tata letak awal. Berdasarkan metode fraktal, jarak perpindahan turun sebesar 58,12 meter atau 6,251 % dan selama periode penelitian biaya perpindahan material turun sebesar Rp 27.971,93 (dalam setahun sebesar Rp 559.438,75) atau sebesar 3,066 %.



Gambar 4.
ARD Fraktal pertama (a) dan fraktal kedua (b)



Gambar 5.
Tata letak usulan

Tabel 15.
Rekapitulasi biaya perpindahan awal

No.	Produk (Kode)	Jarak (m)	Momen Perpindahan	Biaya (Rp)
1	Lemari Pakaian (1.1-1.11)	221,75	7.656	76.177,2
2	Daun Meja (2.1-2.2)	55	2.145	21.342,75
3	Backdrop TV (3.1-3.4)	76,25	1.676,25	16.678,6875
4	Kursi (4.1-4.3)	104,625	20.407,5	203.054,625
5	Meja Kasir (5.1-5.11)	214	6.359,25	63.274,5375
6	Lemari Roti (6.1-6.11)	258,25	53.435	531.678,25
Total		929,875	91.679	912.206,05

Tabel 16.
Rekapitulasi biaya perpindahan tata letak usulan

No.	Produk (Kode)	Jarak (m)	Momen Perpindahan	Biaya (Rp)
1	Lemari Pakaian (1.1-1.11)	195,75	6.426	63.938,7
2	Daun Meja (2.1-2.2)	43,75	1.706,25	16.977,1875
3	Backdrop TV (3.1-3.4)	91,25	1.431,75	14.245,9125
4	Kursi (4.1-4.3)	108,5	17.880	177.906
5	Meja Kasir (5.1-5.11)	198	5.763,75	57.349,3125
6	Lemari Roti (6.1-6.11)	234,5	55.660	553.817
Total		871,75	88.867,75	884.234,1125

Tabel 17.
Perbandingan jarak perpindahan tata letak awal dengan tata letak usulan

No.	Produk (Kode)	Jarak (m)	
		Awal	Usulan
1	Lemari Pakaian (1.1 – 1.11)	221,75	195,75
2	Daun Meja (2.1 – 2.2)	55	43,75
3	Backdrop TV (3.1 – 3.4)	76,25	91,25
4	Kursi (4.1 – 4.3)	104,625	108,5
5	Meja Kasir (5.1 – 5.11)	214	198
6	Lemari Roti (6.1 – 6.11)	258,25	234,5
Total		929,875	871,75
Selisih (m)		58,125	
Selisih (%)		6,251	

Tabel 18.
Perbandingan biaya perpindahan tata letak awal dengan tata letak usulan

No.	Produk (Kode)	Biaya Perpindahan (Rp)	
		Awal	Usulan
1	Lemari Pakaian (1.1 – 1.11)	76.177,2	63.938,7
2	Daun Meja (2.1 – 2.2)	21.342,75	16.977,1875
3	Backdrop TV (3.1 – 3.4)	16.678,6875	14.245,9125
4	Kursi (4.1 – 4.3)	203.054,625	177.906
5	Meja Kasir (5.1 – 5.11)	63.274,5375	57.349,3125
6	Lemari Roti (6.1 – 6.11)	531.678,25	553.817
Total (selama periode penelitian)		912.206,05	884.234,1125
Selisih selama periode penelitian (Rp)		27.971,9375	
Total (selama satu tahun)		18.244.121,00	17.684.682,25
Selisih selama satu tahun (Rp)		559.438,75	
Selisih (%)		3,066	

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Industri Mebel X ini dapat disimpulkan:

- a. Tata letak usulan yang dilakukan pada industri Mebel X ini adalah dengan membagi menjadi dua bagian/fraktal yaitu fraktal 1 (stasiun 1A, 1B, 2A, 3A, 4, 6A, 7, 8A, 10A) dan fraktal 2 (1C, 2B, 2C, 3B, 5, 6B, 8B, 9, 10B), sehingga jarak yang terjadi menjadi lebih pendek dan hampir semua produk bisa masuk ke semua sel fraktal tersebut sehingga fleksibel.
- b. Jarak perpindahan yang dihasilkan dengan tata letak usulan ini selama periode penelitian mengalami penurunan sebesar 58,125 meter dari 929,875 meter menjadi 871,75 meter atau sebesar 6,251 %.
- c. Biaya perpindahan material dengan tata letak usulan ini mengalami penurunan sebesar Rp 27.971,9375 dari Rp 912.206,05 menjadi Rp 884.234,1125 (selama 16 hari periode penelitian) dan sebesar Rp 559.438,75 dari Rp 18.244.121,00 menjadi Rp 17.684.682,25 (selama satu tahun) atau sebesar 3,066 %.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Apple, J., M. 1990. *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan* (terjemahan: Nurhayati, M.). Bandung: Penerbit ITB. Bandung.
2. Nurbaya, B. 2008. Perancangan Tata Letak Fraktal (Studi Kasus PT Dirgantara Indonesia). *Tugas Akhir*. Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung.
3. Halim, C. S. (2012). Usulan Tata Letak Fraktal untuk Pabrik Baru dari CV Prima Bangun Nusantara. *Tugas Akhir*. Universitas Kristen Maranatha. Bandung.
4. Saputra, O. A. (2015). Usulan Tata Letak dengan Filosofi *Group Technology* pada PD Gasing Lestari. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, STT Musi Palembang.
5. Sitanggang, D. N. 2009. Perancangan Ulang Tata Letak Menggunakan Travel Chart pada Bagian Produksi di PT Cahaya Kawi Ultra Polyintraco. *Tugas Akhir*. Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
6. Wignjosoebroto, S. 1996. *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*. Edisi ke-3. Surabaya: Guna Widya.
7. Zuchroh, T. A. 2007. Perancangan Tata Letak Fraktal dengan Mempertimbangkan Ukuran Mesin yang Berbeda. *Tesis Magister*. Departemen Teknik Industri, ITB. Bandung.
8. Nasution, A., H. 2008. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.