

Judul Artikel: Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Menggunakan Metode Fraktal di Manufaktur Spare Part

Jurnal: Journal of Industrial and Manufacture Engineering (JIME)

Penulis: Yoela Senni Stefianti, Rainisa Maini Heryanto, Kartika Suhada

Volume 6 Nomor 2 Tahun 2022

1. Bukti tanggal submit artikel awal: 4 September 2022

The screenshot shows the submission page for the Journal of Industrial and Manufacture Engineering (JIME). The page title is "JOURNAL OF INDUSTRIAL AND MANUFACTURE ENGINEERING". The breadcrumb trail is "7976 / Stefianti et al. / Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Menggunakan Metode Fraktal di Manufaktur Spare Part". The page has a "Library" button in the top right corner. The main content area is divided into two tabs: "Workflow" and "Publication". The "Publication" tab is active, showing a table of submission files. The table has columns for "Submission Files", "Date", and "Article Text". The first row shows a submission from "admin, Journal JIME.docx" on September 4, 2022. The second row shows a submission from "32501 7976 SR.docx" on October 25, 2022. There is a "Download All Files" button at the bottom of the table. Below the table is a section for "Pre-Review Discussions" with an "Add discussion" button. The table for discussions is empty, showing "No Items".

Submission Files	Date	Article Text
admin, Journal JIME.docx	September 4, 2022	Article Text
32501 7976 SR.docx	October 25, 2022	Article Text

2. Bukti review artikel: 26 Oktober 2022

The screenshot shows the review page for the Journal of Industrial and Manufacture Engineering (JIME). The page title is "JOURNAL OF INDUSTRIAL AND MANUFACTURE ENGINEERING". The breadcrumb trail is "7976 / Stefianti et al. / Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Menggunakan Metode Fraktal di Manufaktur Spare Part". The page has a "Library" button in the top right corner. The main content area is divided into two tabs: "Workflow" and "Publication". The "Publication" tab is active, showing a table of reviewer's attachments. The table has columns for "Reviewer's Attachments", "Date", and "Article Text". The first row shows a submission from "admin, *journal+JIME (1).docx" on October 26, 2022. The second row shows a submission from "admin, *journal+JIME (2).docx" on October 26, 2022. There is a "Search" button at the bottom of the table. Below the table is a section for "Revisions" with a "Search" button and an "Upload File" button. The table for revisions is empty, showing "No Items". Below the table is a section for "Review Discussions" with an "Add discussion" button. The table for discussions is empty, showing "No Items".

Reviewer's Attachments	Date	Article Text
admin, *journal+JIME (1).docx	October 26, 2022	Article Text
admin, *journal+JIME (2).docx	October 26, 2022	Article Text

3. Bukti pengiriman revisi artikel: 29 Oktober 2022

Revisi Artikel ×

Participants [Edit](#)

Admin Jime (adminjime)

Bakhtiar Bakhtiar (bakhtiar12)

Rainisa Maini Heryanto (rainisa)

Messages

Note	From
Yth. Bapak/Ibu, Terima kasih untuk informasi yang diberikan. Kami sudah melakukan revisi sesuai dengan permintaan (layout awal sudah ditambahkan, skema penelitian sudah ditambahkan), namun jumlah halaman jadi bertambah menjadi 20 halaman (padahal seharusnya 10 – 12 halaman), kemudian ada beberapa hal yang tidak dapat kami revisi di antaranya adalah: 1. Perhitungan efisiensi layout: hal ini tidak kami lakukan dalam penelitian, kami hanya menghitung dari sisi penghematan ongkos material handling (OMH). 2. Kode warna pada gambar untuk membedakan antar masing-masing fraktal. Berikut kami kirimkan file revisi yang sudah kami upload. Kami juga sudah melakukan biaya publikasi jurnal sebesar Rp. 500.000,- bukti terlampir. Demikian yang dapat kami sampaikan, apabila masih terdapat revisi, mohon diinfokan kembali kepada kami. Terima kasih. Salam, Rainisa Maini Heryanto  Bukti Bayar Jurnal JIME.jpeg	rainisa 2022-10-29 06:23 PM

[Add Message](#)

4. Terbit online: 23 November 2022



Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Menggunakan Metode Fraktal di Manufaktur Spare Part

Relayout of Production Facilities using Fractal Method at Spare Part Manufacturer

Yoela Senni Stefianti¹, Rainisa Maini Heryanto^{2*}, Kartika Suhada³

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Kristen Maranatha

*Corresponding author: rainisa.mh@eng.maranatha.edu

Abstrak

Perancangan ulang tata letak fasilitas produksi perlu dilakukan oleh sebuah manufaktur apabila ada produk baru yang diproduksi dan memiliki aliran material yang berbeda dari produk yang ada. Jika tata letak fasilitas lama tetap dipertahankan maka aliran material akan menjadi tidak teratur dan menimbulkan jarak perpindahan material yang jauh serta ongkos material handling yang cukup besar. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk merancang ulang tata letak fasilitas produksi adalah metode fraktal. Metode ini cocok digunakan untuk sistem job shop karena dapat memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi dan total ongkos material handling yang rendah. Hal ini terbukti dari studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebuah manufaktur spare part yang awalnya menerapkan tata letak by process. Tata letak awal kurang fleksibel seiring dengan kondisi manufaktur saat ini dimana ada penambahan variasi jenis produk yang diproduksi. Jarak antar mesin dengan jenis yang berbeda menjadi berjauhan. Dengan perancangan ulang tata letak fasilitas produksi menggunakan metode fraktal, diperoleh penghematan ongkos material handling sebesar Rp. 157.868,64/minggu atau sebesar 60.75%/minggu dan penghematan total jarak perpindahan sebesar 186,365 meter/minggu atau sebesar 38,93%/minggu. Metode fraktal terbukti dapat digunakan untuk merancang tata letak fasilitas produksi serta mengurangi ongkos material handling dan jarak perpindahan material.

Kata kunci: fleksibel, jarak perpindahan, job order, metode fraktal, ongkos material handling

Abstract

The relayout of the production facilities needs to be carried out by a manufacturer if there is a new product produced that has a different material flow from the existing product. If the layout of the initial facility is maintained, the material flow will become irregular and lead to long material transfer distances and substantial material handling costs. One method that can be used for relayout production facilities is the fractal method. This method is suitable for job shop system because it could provide a high level of flexibility and low total material handling costs. The case study used in this research, which is a spare part manufacturer that initially applied the by-process layout. The initial layout is less flexible in line with the current manufacturing conditions where there are additional variations in the types of products produced. The distance between machines with different types becomes far apart. By relayout of the production facilities using the fractal method, the material handling cost savings of IDR 157,868.64/week or 60.75%/week and the total savings in moving distance is 186,365 meters/week or 38.93%/week. Fractal method is proven to be used to design the layout of production facilities and reduce material handling costs and material transfer distances.

Keywords: flexible, fractal method, job order, material handling cost, transfer distance

How to cite:

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, khususnya industri manufaktur, tata letak fasilitas merupakan hal yang penting untuk diperhatikan. Perancangan tata letak pabrik merupakan suatu kegiatan merancang fasilitas fisik yang berada di pabrik, diantaranya adalah peralatan, mesin, bangunan dan fasilitas-fasilitas lainnya (Apple, 1990). Perencanaan tata letak lantai produksi dalam industri manufaktur dilakukan untuk memperlancar aliran proses produksi yang ada. Perencanaan fasilitas akan menentukan bagaimana aset tetap yang berwujud akan mendukung tercapainya suatu tujuan kegiatan. Untuk perusahaan manufaktur, perencanaan fasilitas melibatkan penentuan bagaimana fasilitas manufaktur dapat mendukung produksi (Santoso & Heryanto, 2020).

Perancangan tata letak pabrik (*relayout*) dilakukan berdasarkan pabrik yang sudah ada namun memiliki beberapa alasan tertentu sehingga perlu dilakukan perancangan ulang tata letak

(Wignjosuebrotto, 1996).

Perancangan ulang tata letak fasilitas produksi perlu dilakukan oleh sebuah manufaktur apabila ada produk baru yang diproduksi dan memiliki aliran material yang berbeda dari produk yang ada. Jika tata letak fasilitas lama tetap dipertahankan maka aliran material akan menjadi tidak teratur dan menimbulkan jarak perpindahan material yang jauh serta Ongkos *Material Handling* (OMH) yang cukup besar.

Terdapat beberapa jenis tata letak untuk suatu fasilitas salah satunya adalah tata letak dengan menggunakan metode fraktal. Metode fraktal dalam tata letak muncul sebagai akibat perkembangan tata letak selular (Anggraini & Sunarni, 2019). Tata letak fraktal ini dilakukan untuk membuat pabrik-pabrik kecil di dalam satu pabrik besar. Pada tata letak fraktal dilakukan perancangan beberapa sel yang terdiri dari berbagai jenis mesin sesuai dengan kebutuhannya, sehingga hal tersebut akan dimungkinkan terjadinya banyak perpindahan material dalam sel dan meminimasi

Commented [A1]: Tampilkan layout awal

perpindahan material antar selnya. Dengan begitu maka jarak perpindahan antar operasi yang dihasilkan dapat diminimasi, sehingga tata letak fraktal ini cocok digunakan untuk perusahaan dengan lingkungan *job shop* karena memiliki fleksibilitas yang tinggi.

Terdapat beberapa penelitian tentang tata letak fasilitas yang menggunakan metode fraktal diantaranya adalah penelitian Suhada, dkk (2012) yang mempertimbangkan dua alternatif dalam penugasan produk yaitu jalur terpendek dan jalur yang dapat memproduksi keseluruhan produk (Suhada et al., 2012). Penelitian lain adalah penelitian Santoso dan Halim (2012) pada perusahaan produksi kulit dan menghasilkan selisih OMH sebesar 39% dibandingkan tata letak *by process* (Santoso & Halim, 2012). Penelitian Anggraini dan Sunari (2019) yang menerapkan metode fraktal pada perusahaan mebel yang menghasilkan penurunan jarak perpindahan sebesar 6.251% dan penurunan OMH sebesar 3.066%/tahun (Anggraini & Sunarni, 2019)

Dalam penelitian ini digunakan sebuah kasus tata letak fasilitas produksi pada sebuah manufaktur *spare part*. Manufaktur ini menerapkan sistem *job shop* dan seiring waktu terdapat pengembangan dalam variasi jenis produk yang diproduksi sehingga memiliki aliran produksi yang berbeda-beda. Tata letak awal yang digunakan adalah tata letak *by process* dan menjadi kurang fleksibel dengan adanya penambahan variasi jenis produk.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perancangan ulang tata letak fasilitas produksi dengan metode fraktal sehingga didapatkan total OMH dan jarak perpindahan yang dapat diminimasi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode fraktal yang memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perencanaan Kapasitas

$$N_t = \left\lceil \frac{\sum_{j \in t} D_j A_{jt}}{M_t} \right\rceil^* \quad (1)$$

Keterangan:

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

N_t = jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan oleh mesin t

D_j = besar permintaan untuk produk j

A_{jt} = waktu yang digunakan di mesin t untuk mengerjakan 1 unit produk j

M_t = waktu yang tersedia pada mesin t selama periode permintaan

Nilai perencanaan kapasitas sama dengan jumlah mesin yang dibutuhkan.

2. Perhitungan Jumlah Fraktal

a. Penentuan jumlah fraktal

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 dengan rumus:

$$\text{Jumlah fraktal} = \frac{\text{Jumlah Mesin}}{\text{Jumlah Jenis Mesin}} \quad (2)$$

b. Penugasan masing-masing mesin ke tiap fraktal

Terdapat tiga alternatif untuk menugaskan mesin ke tiap

fraktal, yaitu: (Santoso & Halim, 2012)

- 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.
- Sediakan tambahan mesin (untuk jenis mesin yang jumlahnya tidak sama dengan rata-rata) sehingga tiap sel memiliki jumlah yang sama untuk jenis mesin tersebut.
- Penambahan mesin tidak perlu dilakukan akan tetapi letakkan jenis mesin tersebut diantara fraktal yang membutuhkan.

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

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

- Letakkan sisa replikasi tersebut dalam suatu daftar dimana 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.

c. 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). ARD adalah percobaan tata letak pertama dan merupakan hasil dari *Activity Relationship Chart* (ARC) dan *worksheet* (Stephens & Meyers, 2019).

3. Perhitungan *Flow Assignment*

Perhitungan *flow assignment* dilakukan untuk meminimasi jarak perpindahan material. *Flow assignment* dijelaskan melalui model berikut ini: (Anggraini & Sunarni, 2019)

$$\text{Minimize } z = \sum_j \sum_k C_{jk} X_{jk} \quad (3)$$

$$\text{Subject to } \sum_k X_{jk} \geq D_j \quad \forall_j \quad (4)$$

$$\sum_j \sum_k A_{jkt} X_{jk} \leq M_t \quad \forall_t \quad (5)$$

$$X_{jk} \geq 0 \quad \forall_j \forall_k \quad (6)$$

Keterangan:

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 2 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:

- a. Sel yang bentuknya persegi dapat diletakkan relatif satu sama lain, berdasarkan jumlah sel yang ada.
- b. Sel cukup besar untuk menyesuaikan replikasi yang menempati sel.
- c. Untuk tata letak yang bentuknya sangat persegi, penempatan sel biasanya sama dengan area/luas sel yang dibutuhkan.
- d. Untuk tata letak yang tidak memiliki bentuk tertentu, penempatan sel biasanya lebih besar dari area/luas sel yang dibutuhkan.

Metode perhitungan jarak yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *aisle* yang merupakan metode perhitungan jarak aktual yang dilalui oleh

material handling (Heragu, 1997).

Jarak yang dihitung merupakan jarak yang dialami oleh *material* ketika berpindah fasilitas dengan akumulasi jarak sumbu. Metode ini dapat digunakan ketika telah dilakukan penempatan gang pada tata letak fasilitas. Pada metode ini tidak ada rumus yang pasti karena perhitungan jarak disesuaikan dengan tata letak fasilitas.

Dalam penelitian ini juga digunakan *from to chart* yang merupakan sebuah diagram yang menggambarkan aliran material dari satu departemen ke departemen lainnya (Apple, 1990). Dengan adanya *from to chart* dapat diketahui total OMH yang dikeluarkan dari awal gudang bahan baku hingga akhir gudang barang jadi. *From to chart* merupakan salah satu teknik konvensional yang digunakan dalam pemindahan material dalam proses produksi (Wignjosoebroto, 1996). Dengan adanya *from to chart* ini dapat diketahui bagaimana hubungan yang terjadi antara satu departemen dengan departemen lainnya (Santoso & Heryanto, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan perancangan ulang tata letak lantai produksi dengan studi kasus pada sebuah manufaktur *spare part* yang memiliki permintaan *job order* yang diterima selama satu minggu. Terdapat delapan jenis produk yang diteliti yaitu PAD 3 Hole, *Lifting Bar Capella Netto*, *Vertical Bolt KS MK III sz 1*, *Lock Mount Plate Assy Top Lock*, *Lock Mount Plate (0.3)*, *Front Bolt*, *Guide Tube*, dan *Spindle Handle Bush*.

Waktu siklus yang dimiliki oleh setiap prosesnya didapatkan dari data banyaknya unit yang diproses dan total waktu yang digunakan oleh operator dalam melakukan proses produksi. Perhitungan waktu siklus ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan masing-masing proses untuk memenuhi permintaan yang ada.

Tata letak awal dari manufaktur *spare part* adalah tata letak *by process*. OMH dihitung sesuai dengan penggunaan alat *material handling* yang digunakan untuk masing-masing perpindahan bahan yang dilakukan. Perhitungan

ini berdasarkan faktor frekuensi (f), jarak (d) dan biaya (c). Frekuensi yang digunakan berdasarkan jumlah dari produk yang dilakukan produksi dan kapasitas pengangkutan dengan jenis alat *material handling* yang digunakan.

Alat *material handling* yang digunakan dalam studi kasus termasuk ke dalam *transporters* (truk industri) yang merupakan kendaraan tangan atau bertenaga yang digunakan untuk pergerakan dari beban campuran atau seragam, berselang-seling, melalui berbagai jalur dan memiliki fungsi utama sebagai transportasi (Diaz & Smith, 2008). Kapasitas dari masing-masing alat *material handling* berbeda, untuk perpindahan manual dapat dilakukan hanya 2 unit per satu kali perpindahan sedangkan untuk *hand trolley* dan *forklift* adalah sesuai dengan kapasitas volume yang dapat dipindahkan.

Tabel 1 merupakan perhitungan frekuensi perpindahan yang dilakukan untuk masing-masing aliran produk. Perhitungan OMH tata letak *by process* terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Perhitungan Frekuensi Tata Letak *by Process*

No	Aliran	Komponen	Friskid	Material Handling	Jumlah Produk	Dimensi Produk (mm)	Material Handling (mm)	Frekuensi	Remarks
1	Start	Re							
1	Receiving	Cutting Machine	11 PAD 3 Hole	Manual	25	25 x 4	-	25	
2			24 Lifting Bar Capello Neno	Manual	53	-	-	26	
3			21 Lifting Bar Capello Neno	Hand Trrolley	84	430 x 380	730 x 470	1	84
4			Vertical, Boli KS MK III s1	Hand Trrolley	178	120	730 x 470	1	30.333
5	Receiving	Cutting Machine	15 Locomt Plate (0.3)	Hand Trrolley	22	100 x 100	730 x 470	28	0.786
6			61 Front Boli	Hand Trrolley	15	476 x 410	730 x 470	1	15
7			81 Guide Tube	Hand Trrolley	72	510	730 x 470	1	72
8			81 Spindle Handle Bush	Hand Trrolley	46	240 x 210	730 x 470	4	11.500
9	Cutting Plasma	Drilling Machine	12 PAD 3 Hole	Hand Trrolley	51	526 x 240	730 x 470	4	12.778
10			24 Locomt Plate, Assy, Top Lock	Manual	100	100 x 100	300 x 1100	1	36.500
11	Drilling Machine	CNC Milling (MCV)	13 PAD 3 Hole	Hand Trrolley	51	526 x 220	730 x 470	4	13.75
12			46 Lock Mount Plate, Assy, Top Lock	Hand Trrolley	53	250 x 220	730 x 470	4	13.250
13			81 Locomt Plate (0.3)	Hand Trrolley	22	100 x 100	730 x 470	28	0.786
14	CNC Milling (MCV)	Meja Inspekti	33 Vertical, Boli KS MK III s1	Hand Trrolley	91	378 x 120	730 x 470	3	30.333
15			22 Lifting Bar Capello Neno	Hand Trrolley	84	430 x 380	720 x 470	1	84
16			81 Guide Tube	Hand Trrolley	72	510	730 x 470	1	72
17	CNC Turning (CL)		83 Spindle Handle Bush	Hand Trrolley	46	280 x 210	730 x 470	4	11.500
18			32 Vertical, Boli KS MK III s1	Hand Trrolley	91	378 x 120	730 x 470	3	30.333
19			15 Locomt Plate (0.3)	Hand Trrolley	22	100 x 100	730 x 470	28	0.786
20	Cutting Machine		62 Front Boli	Manual	15	100 x 730	470 x 730	1	15
21			23 Lifting Bar Capello Neno	Manual	84	-	-	26	
22			71 Guide Tube	Manual	72	-	-	26	
23	CNC Turning (CL)		83 Spindle Handle Bush	Manual	46	-	-	23	
24			26 Lifting Bar Capello Neno	Hand Trrolley	84	430 x 380	730 x 470	1	84
25			81 Guide Tube	Hand Trrolley	72	510	730 x 470	1	72
26			83 Spindle Handle Bush	Hand Trrolley	46	280 x 210	730 x 470	4	11.500
27			24 Lifting Bar Capello Neno	Manual	84	-	-	26	
28			71 Guide Tube	Manual	72	-	-	26	
29	CNC Turning (UT)	CNC Turning (CL)	84 Spindle Handle Bush	Manual	46	-	-	23	
30			34 Vertical, Boli KS MK III s1	Hand Trrolley	91	378 x 120	730 x 470	3	30.333
31	Milling Manual		44 Lock Mount Plate, Assy, Top Lock	Hand Trrolley	53	250 x 220	730 x 470	4	13.250
32			35 Vertical, Boli KS MK III s1	Hand Trrolley	80	378 x 120	730 x 470	3	30.333
33	Tapping Machine	Meja Inspekti	63 Front Boli	Hand Trrolley	15	476 x 410	730 x 470	1	15
34			45 Lock Mount Plate, Assy, Top Lock	Hand Trrolley	53	-	-	26	
35	Stamping Machine	Scrap Machine	44 Lock Mount Plate, Assy, Top Lock	Manual	53	250 x 220	730 x 470	4	13.250
36			44 Lock Mount Plate, Assy, Top Lock	Manual	53	-	-	26	
37			13 PAD 3 Hole	Manual	51	-	-	25	
38			26 Lifting Bar Capello Neno	Manual	84	-	-	26	
39			36 Vertical, Boli KS MK III s1	Manual	91	-	-	25	
40			48 Lock Mount Plate, Assy, Top Lock	Manual	53	-	-	26	
41	Meja Inspekti	Meja Packing	54 Lock Mount Plate (0.3)	Manual	22	-	-	28	
42			64 Front Boli	Manual	15	-	-	26	
43			76 Guide Tube	Manual	72	-	-	7	
44			81 Spindle Handle Bush	Manual	46	-	-	23	

Tabel 2. OMH Tata Letak *by Proses*.

No	Aliran		Komponen	Produk	Frekuensi (per minggu)	Jarak (m)	Jenis Material Handling	Biaya (per m)	OMH (per minggu)
1	Dari	Ke							
2	Receiving	Cutting Plasma	11	PAD 3 Hole	26	6.110	Manual	Rp 14.07	Rp 2.234,39
3			41	Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	6.110	Manual	Rp 14.07	Rp 2.320,33
4			21	Lifting Bar Capella Netto	84	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 13.147,4
3			31	Vertical, Bolt KS MK III sz 1	31	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 4.852,07
5			51	Lock Mount Plate (0.3)	11	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.566,63
6	Receiving	Cutting Machine	61	Front Bolt	15	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 2.347,77
7			71	Guide Tube	72	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 11.269,2
8			81	Spindle Handle Bush	12	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.878,29
9	Cutting Plasma	Drilling Machine	12	PAD 3 Hole	13	10.295	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.935,4
10		Stamping Machine	42	Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	19.604	Forklift	Rp 72.81	Rp 38.536,5
11	Drilling Machine	CNC Milling (MCV)	13	PAD 3 Hole	13	9.836	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.849,19
12		Milling Manual	14	Lock Mount Plate Assy. Top Lock	14	19.400	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 5.927,70
13			16	PAD 3 Hole	14	11.098	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 2.086,47
14	CNC Milling (MCV)	Meja Inspeksi	53	Lock Mount Plate (0.3)	11	11.098	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.604,9
15		Milling Manual	33	Vertical, Bolt KS MK III sz 1	31	19.528	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 8.754,5
16			22	Lifting Bar Capella Netto	84	18.023	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 21.893,7
17		CNC Turning (CL)	72	Guide Tube	72	18.023	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 18.766,0
18			82	Spindle Handle Bush	12	18.023	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 3.127,63
19	Cutting Machine	CNC Milling (MCV)	32	Vertical, Bolt KS MK III sz 1	31	3.774	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.691,9
20			52	Lock Mount Plate (0.3)	1	3.774	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 54,55
21		Tapping Machine	62	Front Bolt	8	3.586	Manual	Rp 14.07	Rp 402,39
22			23	Lifting Bar Capella Netto	8	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 3.384,7
23		CNC Turning (UT)	73	Guide Tube	36	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 2.900,08
24			83	Spindle Handle Bush	23	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 1.853,3
25	CNC Turning (CL)		25	Lifting Bar Capella Netto	84	26.832	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 32.594,6
26		Meja Inspeksi	75	Guide Tube	72	26.832	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 27.938,2
27			85	Spindle Handle Bush	12	26.832	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 4.656,3
28			24	Lifting Bar Capella Netto	42	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 3.384,3
29	CNC Turning (UT)	CNC Turning (CL)	74	Guide Tube	36	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 2.900,8
30			84	Spindle Handle Bush	23	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 1.853,3
31		Tapping Machine	34	Vertical, Bolt KS MK III sz 1	31	17.998	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 8.068,6
32	Milling Manual		47	Lock Mount Plate Assy. Top Lock	14	28.457	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 5.761,4
33		Meja Inspeksi	35	Vertical, Bolt KS MK III sz 1	31	16.020	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 7.181,8
34	Tapping Machine		63	Front Bolt	15	16.020	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 3.475,1
35		Drilling Machine	45	Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	1.408	Manual	Rp 14.07	Rp 534,70
36	Stamping Machine	Scrap Machine	43	Lock Mount Plate Assy. Top Lock	14	20.163	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 4.082,2
37	Scrap Machine	Tapping Machine	15	PAD 3 Hole	27	3.484	Manual	Rp 14.07	Rp 1.320,0
38			16	PAD 3 Hole	26	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 781,8
39			26	Lifting Bar Capella Netto	42	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 2.263,0
40			36	Vertical, Bolt KS MK III sz 1	46	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 1.352,3
41			48	Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 811,9
42	Meja Inspeksi	Meja Packing	54	Lock Mount Plate (0.3)	11	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 330,7
43			64	Front Bolt	8	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 240,5
44			76	Guide Tube	36	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 1.

kebutuhan mesin yang dilakukan untuk setiap produknya dapat dilihat pada Tabel 3. Selanjut akan dilakukan perbandingan kebutuhan mesin dengan jumlah ketersediaan mesin yang dimiliki perusahaan yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Perhitungan Kebutuhan Mesin

Item	Nonor Operasi	Nama Operasi	Mesin	Waktu Siklus (menit/um)	Jumlah Produksi Unit/menit	Unit/jam	Kapasitas Mesin (unit/jam)	Jumlah Mesi
PAD 3 Hole	11	Pemotongan	Cutting Plasma	2,15	51	2	52,8	0,038
	12	Drilling	Drilling Machine	1,34	55	2	25,5	0,078
	13	Milling	CNC Milling (MCV)	8,09	51	2	7,414	0,270
Lifting Bar Capella Netto	21	Pemotongan	Cutting Machine	2,28	84	3	26,286	0,114
	22	Pengeboran	CNC Turning (CL)	2,18	84	3	27,483	0,109
	23	Pengeboran	CNC Turning (UT)	6,42	84	3	9,353	0,321
	24	Pemubotongan	CNC Turning (CL)	2,29	84	3	26,174	0,115
	31	Pemotongan	Cutting Machine	1,16	91	3	51,864	0,088
	32	Pengeboran	CNC Milling (MCV)	2,86	91	3	12,721	0,193
Vertical , Bolt KS MK III sz 1	33	Slotting	Milling Manual	3,87	91	3	15,492	0,142
	34	Tapping	Tapping Machine	2,11	91	3	28,421	0,106
	41	Pemotongan	Cutting Plasma	1,61	53	2	37,333	0,054
	42	Press	Stamp Machine	0,94	53	2	64	0,031
	43	Slotting	Scrap Machine	3,57	53	2	16,791	0,119
	44	Tapping	Tapping Machine	0,33	53	2	180	0,011
Lock Mount Plate Assy. Top Lock	45	Pengeboran	Drill Machine	3,80	53	2	15,789	0,127
	46	Milling	Milling Manual	5,00	53	2	12	0,167
	51	Pemotongan	Cutting Machine	1,69	22	1	54,887	0,038
Lock Mount Plate (0.5)	52	Pengeboran	CNC Milling (MCV)	10,65	22	1	5,635	0,177
	61	Pemotongan	Cutting Machine	1,01	15	1	59,924	0,017
	62	Tapping	Tapping Machine	1,03	15	1	58	0,017
	71	Pemotongan	Cutting Machine	1,45	72	2	41,484	0,048
	72	Pengeboran	CNC Turning (CL)	3,30	72	2	18,182	0,110
	73	Pengeboran	CNC Turning (UT)	2,25	72	2	26,640	0,075
Guide Tube	74	Pemubotongan	CNC Turning (CL)	1,86	72	2	32,339	0,062
	81	Pemotongan	Cutting Machine	1,15	46	2	52	0,038
	82	Pengeboran	CNC Turning (CL)	6,55	46	2	9,167	0,218
Spindle Handle Bush	83	Pengeboran	CNC Turning (UT)	2,27	46	2	26,579	0,075
	84	Pengeboran	CNC Turning (CL)	5,43	46	2	11,054	0,181

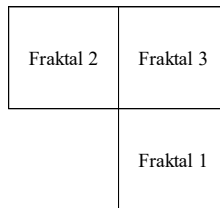
Tabel 4. Perbandingan Kebutuhan Mesin dan Ketersediaan Mesin

No	Mesin	Produk								Kebutuhan Mesin		Ketersediaan Mesin
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1	Cutting Plasma	0,038			0,054					0,091	1	2
2	Cutting Machine		0,114	0,058		0,018	0,017	0,048	0,038	0,294	1	5
3	Welding Machine									0	0	3
4	Stamping Machine				0,031					0,031	1	4
5	Bending Machine									0	0	1
6	Shearing Machine									0	0	1
7	Grinding Machine									0	0	2
8	Turning Manual									0	0	3
9	Milling Manual			0,194	0,167					0,360	1	6
10	Drilling Machine	0,078			0,127					0,205	1	2
11	Tapping Machine			0,106	0,011		0,017			0,134	1	1
12	Slotting Machine									0	0	1
13	Scrap Machine				0,119					0,119	1	1
14	CNC Turning (UT)		0,321				0,075	0,076		0,472	1	1
15	CNC Turning (CL)		0,224				0,172	0,399		0,795	1	8
16	CNC Milling (Brother)									0	0	2
17	CNC Milling (CQV)									0	0	1
18	CNC Milling (MCV)	0,270		0,143		0,177				0,59	1	2
19	Buffing Machine									0	0	2
20	Grinding Buritory									0	0	4
21	Meja Inspeksi									0	0	2
22	Meja Packing									0	0	1
					Jumlah Mesin					10		55

Jumlah mesin berdasarkan perhitungan kebutuhan memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan ketersediaan pada aktualnya. Penyebab dari hal ini adalah bahwa perhitungan yang dilakukan hanya berdasarkan delapan produk *job order* yang menjadi penelitian. Jika dilakukan hanya dengan menggunakan kebutuhan produk yang diteliti, maka perancangan tata letak yang dilakukan tidak mencakup keseluruhan mesin yang dimiliki perusahaan. Maka dari itu, jumlah mesin yang dilakukan perhitungan selanjutnya adalah berdasarkan dari jumlah ketersediaan mesin aktualnya sebanyak 55 mesin dengan 22 jenis mesin.

Setelah didapatkan jumlah mesin dan diketahui jumlah jenis mesin yang dimiliki manufaktur, maka dapat dihitung jumlah fraktal atau jumlah sel yang dibutuhkan untuk penyusunan mesin-mesin ke dalamnya. Berdasarkan perhitungan jumlah fraktal, didapatkan fraktal yang diperlukan adalah sebanyak tiga fraktal. Gambar 1 merupakan urutan tata letak untuk ketiga fraktal dengan

membentuk huruf “L” terbalik sesuai dengan bentuk dari pabrik yang dimiliki perusahaan.



Gambar 1. Urutan Tata Letak Fraktal

Jumlah fraktal sebanyak tiga berarti untuk setiap jenis mesin yang memiliki jumlah unit sebanyak kelipatan tiga akan dialokasikan merata ke setiap masing-masing fraktalnya. Hal tersebut dilakukan untuk *welding machine*, *turning manual*, dan *milling manual*. Selain dari mesin-mesin tersebut akan dialokasikan dengan mempertimbangkan beberapa hal, seperti penggunaan mesin untuk memproses suatu produk, dimensi mesin atau kesulitan pemindahan mesin dan keseimbangan pengalokasian mesin pada fraktal.

Pengalokasian mesin dapat dilihat pada Tabel 5 dan ARD keseluruhan berdasarkan urutan tata letak fraktal dengan menghasilkan penalti 0 dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 5. Alokasi Mesin dalam Fraktal

No	Mesin	Jumlah Mesin	Fraktal 1	Fraktal 2	Fraktal 3
1	Cutting Plasma	2	1		1
2	Cutting Machine	5	2	2	1
3	Welding Machine	3	1	1	1
4	Stamping Machine	4	1	2	1
5	Bending Machine	1			1
6	Shearing Machine	1			1
7	Grinding Machine	2	1	1	
8	Turning Manual	3	1	1	1
9	Milling Manual	6	2	2	2
10	Drilling Machine	2	1		1
11	Tapping Machine	1		1	
12	Slotting Machine	1		1	
13	Scrap Machine	1	1		
14	CNC Turning (UT)	1	1		
15	CNC Turning (CL)	8	3	3	2
16	CNC Milling (Brother)	2	1		1
17	CNC Milling (COV)	1		1	
18	CNC Milling (MCV)	2		1	1
19	Buffing Machine	2	1	1	
20	Grinding Buritory	4			4
21	Meja Inspeksi	2	2		
22	Meja Packing	1	1		
Jumlah Mesin		55	20	17	18
			55		

12 Slotting Machine	3 Welding Machine	19 Buffing Machine	4 Stamping Machine	9 Milling Manual	4 Stamping Machine	3 Welding Machine	
7 Grinding Machine	8 Turning Manual	18, 11 9 Milling Manual	9 11 Tapping Machine	15 CNC Turning (CL)	16 CNC Milling (Brother)	5 Bending Machine	20 Grinding Baritory
15 CNC Turning (CL)	17 CNC Milling (COV)	9 18 CNC Milling (MCV)	18 2 Cutting Machine	10 18 CNC Milling (MCV)	18, 1 10 Drilling Machine	6 Shearing Machine	
			18 2 Cutting Machine	10 1 Cutting Plasma	8 Turning Manual		
			9 10 Drilling Machine	7 Grinding Machine	8 Turning Manual	3 Welding Machine	
			21, 10 9 Milling Manual	15 14 CNC Turning (UT)	16 CNC Milling (Brother)	13 Scrap Machine	4
			15 21 Meja Inspeksi	21, 2 15 CNC Turning (CL)	15, Re 2 Cutting Machine	4 Stamping Machine	1
			21 22 Meja Packing	19 Buffing Machine	2 Re Receiving	4 1 Cutting Plasma	

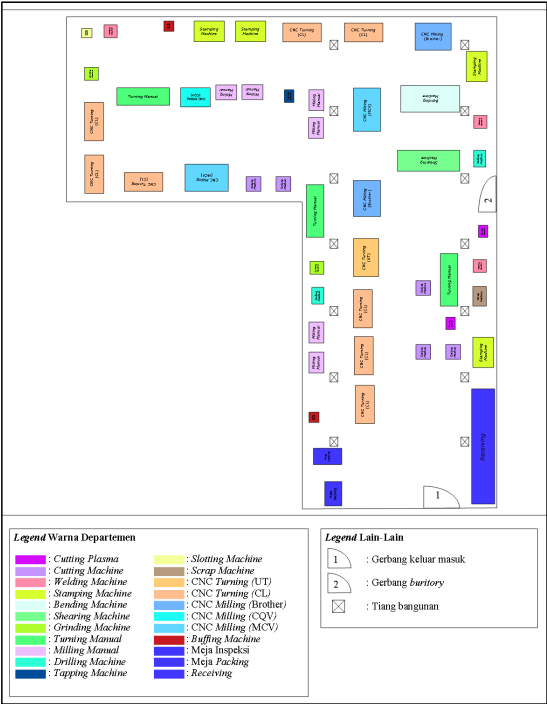
Keterangan Warna:
 Fraktal 1
 Fraktal 2
 Fraktal 3

Gambar 2. ARD Keseluruhan

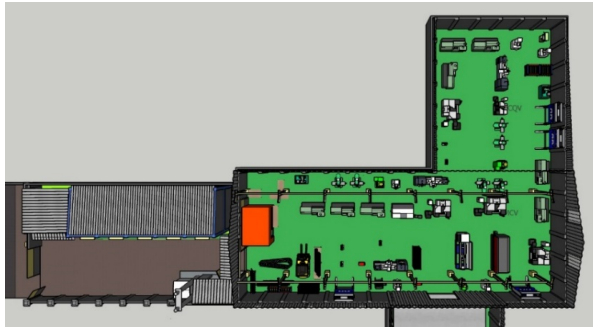
ARD keseluruhan terbentuk dengan penggabungan ARD untuk masing-masing fraktalnya. ARD dari setiap fraktalnya didapatkan berdasarkan perhitungan dari *from to chart*, *relationship chart*, dan skala prioritas yang didapatkan. Pada fraktal satu mesin yang ada dialokasikan untuk memproduksi *Lifting Bar Capella Netto*, *Lock Mount Plate Assy Top Lock*, *Guide Tube*, dan *Spindle Handle Bush*. Pada fraktal dua mesin yang ada

dialokasikan untuk memproduksi *Vertical Bolt KS MK III sz 1* dan *Front Bolt*. Sedangkan pada fraktal tiga mesin yang ada dialokasikan untuk memproduksi *PAD 3 Hole* dan *Lock Mount Plate* (0.3).

Setelah didapatkan ARD keseluruhan maka dilakukan penggambaran kembali untuk tata letak lantai produksi dengan menggunakan skala 1:100 pada Gambar 3 dan Gambar 4 dengan menggunakan *SketchUp*.



Gambar 3. Tata Letak Lantai Produksi Metode Fraktal



Gambar 4. Tata Letak Keseluruhan Metode Fraktal

Perhitungan OMH akan dimulai dengan perhitungan frekuensi perpindahan yang disajikan pada Tabel 6, selanjutnya dilakukan perhitungan jarak dengan menggunakan metode *aisle* dan didapatkan beberapa lintasan jarak yang dapat digunakan untuk selanjutnya akan dipilih jarak

terendah. Alternatif pilihan jarak dan jarak terpilih tersaji pada Tabel 7. Setelah didapatkan frekuensi dan jarak dari tata letak usulan ini, maka dapat dihitung OMH untuk tata letak usulan. Tabel 8 merupakan rincian perhitungan OMH tata letak fraktal dan terdapat frekuensi (f), jarak (d) dan juga OMH per meter ©.

Tabel 6. Perhitungan Frekuensi Metode Fraktal

No	Area	Ke	Komponen	Produk	Material Handling	Jumlah Produk	Dimensi Produk (mm)	Material Handling (mm)	Frekuensi
							P	I	
1			11	PAD 3 Hole	Hand Trrolley	51	326	230	710
2	Receiving	Cutting Plams	41	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
3			21	Lifting Bar Capella Nemo	Hand Trrolley	84	430	380	710
4			31	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Hand Trrolley	91	170	120	710
5			51	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
6			61	Frame Bolt	Hand Trrolley	110	470	410	710
7			71	Slide Tube	Hand Trrolley	72	510	454	710
8			81	Sheddy Handle Bush	Hand Trrolley	46	780	210	710
9	Cutting Plams	Drilling Machine	12	PAD 3 Hole	Manual	51			470
10		Swapping Machine	42	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
11			51	PAD 3 Hole	Hand Trrolley	51	326	230	710
12	Drilling Machine	Drilling Manual	46	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
13			14	PAD 3 Hole	Hand Trrolley	51	326	230	710
14	CNC Milling (MCV)	Meja Inspeksi	23	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	170	120	710
15		Milling Manual	21	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
16			22	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
17			23	Slide Tube	Manual	72			470
18			82	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
19	Cutting Machine	CNC Milling (MCV)	22	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
20			52	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
21			24	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
22			25	Lifting Bar Capella Nemo	Hand Trrolley	84	430	380	710
23			26	Slide Tube	Hand Trrolley	72	510	454	710
24			83	Sheddy Handle Bush	Hand Trrolley	46	780	210	710
25			84	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
26			85	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
27			86	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
28			87	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
29			88	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
30			89	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
31			90	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
32			91	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
33			92	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
34			93	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
35			94	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
36			95	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
37			96	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
38			97	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
39			98	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
40			99	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
41			100	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
42			101	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
43			102	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
44			103	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
45			104	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470

Tabel 7. Alternatif Pilihan Jarak Tata Letak Fraktal

No	Dari	Ke	Komponen	Jarak (m)			Jarak Terampil (m)	
				1	2	3		
1	Receiving	Cutting Plasma	11	18.181	10.382	10.382		
2			41	4.227	1.676			
3			21	7.631	6.148			
4	Receiving	Cutting Machine	31	24.508	21.933	21.933		
5			51	12.127	8.479			
6			61	24.508	21.933			
7			71	7.631	6.148			
8	Cutting Plasma	Drilling Machine	81	7.631	6.148	6.148		
9			42	4.132	3.822			
10			12	3.898	3.897			
11	CNC Milling (MCV)	CNC Milling (MCV)	13	8.039	7.015	7.015		
12			Milling Manual	46	1.568	4.65	1.568	
13			Meja Inspekti	14	21.109	18.857	18.857	
14	CNC Milling (MCV)	Milling Manual	53	21.109	18.857	18.857		
15			53	5.23	3.831	3.831		
16			22	2.701	5.519	5.15		
17	Cutting Machine	CNC Turning (CL)	22	2.701	5.519	5.15		
18			82	2.701	5.519	5.15		
19			32	5.939	1.731	1.731		
20	Cutting Machine	CNC Milling (MCV)	52	11.67	10.713	10.713		
21			Tapping Machine	62	4.375		4.375	
22			CNC Turning (UT)	73	2.296	5.593	2.296	
23	73	2.296		5.593	2.296			
24	CNC Turning (CL)	83		2.296	5.593	2.296		
25		Meja Inspekti	25	10.73	4.431	4.431		
26			75	10.73	4.431	4.431		
27	85		10.73	4.431	4.431			
28	CNC Turning (UT)	CNC Turning (CL)	24	2.296	5.593	2.296		
29			74	2.296	5.593	2.296		
30			84	2.296	5.593	2.296		
31	Milling Manual	Tapping Machine	34	3.303	1.655	1.655		
32			Meja Inspekti	47	8.715	6.742	6.742	
33			35	25.853	21.067	21.067		
34	Tapping Machine	Meja Inspekti	63	25.853	21.067	21.067		
35			Drilling Machine	45	14.132		14.132	
36				Scrap Machine	43	2.92	21.94	2.92
37	Scrap Machine	Tapping Machine			44	19.725	22.563	19.725
38			Meja Inspekti		Meja Packing	15	1.558	
39				26		1.558		1.558
40	36	1.558				1.558		
41	Meja Inspekti	Meja Packing	48	1.558		1.558		
42			54	1.558		1.558		
43			64	1.558		1.558		
44			76	1.558		1.558		
45			86	1.558		1.558		

Tabel 8. OMH Tata Letak Fraktal

No	Aliran	komponen	Produk	Frekuensi (per minggu)	Jarak (m)	Jenis Material Handling	Biaya (per m)	OMH (per minggu)
1	Dari	Ke						
1	Receiving	Cutting Plasma	11 PADI 3 Hole	12	10,382	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp51,851
2			21 Lifting Bar Capella Assy. Top Lock	21	1,676	Manual	Rp. 14,46	Rp36,848
3			22 Lifting Bar Capella Neth	14	6,448	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp75,183
4			31 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	31	21,933	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp183,721
5			53 Lock Mount Plate (0.3)	1	8,479	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp12,362
6	Receiving	Cutting Machine	61 Front Bolt	11	21,933	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp75,183
7			71 Guide Tube	72	6,448	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp40,640
8			81 Spindle Handle Bush	12	6,448	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp1,066,91
9	Cutting Plasma	Drilling Machine	12 PADI 3 Hole	26	8,825	Manual	Rp. 14,47	Rp97,688
10			21 Lifting Bar Capella Assy. Top Lock	21	1,687	Manual	Rp. 14,47	Rp479,92
11			22 Lifting Bar Capella Neth	14	7,015	Hand Trolley	Rp. 14,47	Rp1,318,872
12	Drilling Machine	CNC Milling (MCV)	31 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	31	1,688	Manual	Rp. 14,47	Rp90,416
13			53 Lock Mount Plate (0.3)	1	18,857	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp545,611
14	CNC Milling (MCV)	Meja Inspeksi	61 Front Bolt	8	18,857	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp1,810,601
15			71 Guide Tube	46	3,831	Manual	Rp. 14,47	Rp2,478,65
16			22 Lifting Bar Capella Neth	42	2,701	Manual	Rp. 14,47	Rp1,595,58
17	CNC Turning (CL)	Drilling Machine	72 Guide Tube	36	2,701	Manual	Rp. 14,47	Rp1,367,64
18			81 Spindle Handle Bush	12	2,701	Manual	Rp. 14,47	Rp373,72
19	Cutting Machine	CNC Milling (MCV)	32 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	46	1,731	Manual	Rp. 14,47	Rp1,119,95
20			52 Lock Mount Plate (0.3)	1	10,713	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp154,93
21	Tapping Machine		62 Front Bolt	21	4,473	Manual	Rp. 14,47	Rp92,28
22			22 Lifting Bar Capella Neth	42	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp1,356,33
23	CNC Turning (UT)		73 Guide Tube	36	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp1,163,57
24			83 Spindle Handle Bush	21	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp742,75
25			25 Lifting Bar Capella Neth	12	4,431	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp58,663
26	Meja Inspeksi		72 Guide Tube	72	4,431	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp613,68
27			85 Spindle Handle Bush	84	4,431	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp2,963,65
28			24 Lifting Bar Capella Neth	42	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp1,356,33
29	CNC Turning (UT)	Cutting Machine	74 Guide Tube	36	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp1,163,57
30			86 Spindle Handle Bush	21	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp742,75
31	Milling Manual	Tapping Machine	34 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	46	1,655	Manual	Rp. 14,47	Rp1,070,78
32			47 Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	6,742	Manual	Rp. 14,47	Rp250,34
33			35 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	31	21,087	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp444,487
34	Tapping Machine	Meja Inspeksi	44 Bolt	14	9,087	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp4,560,46
35			45 Lock Mount Plate Assy. Top Lock	14	13,132	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp2,181,183
36	Scrap Machine	Scrap Machine	43 Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	2,292	Manual	Rp. 14,47	Rp1,060,29
37	Scrap Machine	Tapping Machine	44 Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	19,775	Manual	Rp. 14,47	Rp2,700,46
38			26 Lifting Bar Capella Neth	42	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp409,75
39			26 Lifting Bar Capella Neth	42	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp920,37
40			36 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	46	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp1,000,32
41	Meja Inspeksi	Meja Packing	43 Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp91,67
42			54 Lock Mount Plate (0.3)	1	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp241,05
43			64 Front Bolt	8	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp173,31
44			76 Guide Tube	36	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp788,89
45			86 Spindle Handle Bush	21	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp501,01
			Total OMH	23	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp10,003,87

Jarak tempuh untuk perpindahan dari *receiving* hingga perpindahan *material* dihitung berdasarkan urutan proses dari delapan jenis produk yang digunakan dalam penelitian. Jarak yang dihitung berdasarkan perpindahan meja *packing* dan siap untuk dilakukan pengiriman produk. Perbandingan jarak tata letak *by process* dan fraktal dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Jarak Tata Letak *by Process* dan Fraktal

No	Produk	Aliran		Jarak Tata Letak Awal	Jarak Tata Letak Usulan	Minimisi Jarak		Presentase Perubahan Jarak
		Dari	Ke					
1	PAD 3 Hole	Receiving	Cutting Plasma	6,11	10,382	-4,272		
		Cutting Plasma	Drilling Machine	10,295	3,822	6,473		
		Drilling Machine	CNC Milling (MCV)	9,836	7,015	2,821	-2,157	-5,18%
		CNC Milling (MCV)	Meja Inspeksi	11,098	18,857	-7,759		
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580		
2	Lifting Bar Capella Netto	Receiving	Cutting Machine	10,823	6,148	4,675		
		Cutting Machine	CNC Turning (CL)	18,023	2,701	15,322		
		CNC Turning (CL)	CNC Turning (UT)	5,729	2,296	3,433	49,844	71,95%
		CNC Turning (UT)	CNC Turning (CL)	5,729	2,296	3,433		
		CNC Turning (CL)	Meja Inspeksi	26,832	4,431	22,401		
3	Vertical Bolt KS MK III sz 1	Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580		
		Receiving	Cutting Machine	10,823	21,933	-11,110		
		Cutting Machine	CNC Milling (MCV)	3,774	1,731	2,043		
		CNC Milling (MCV)	Milling Manual	19,528	3,831	15,697	18,506	26,33%
		Milling Manual	Tapping Machine	17,998	1,655	16,343		
4	Lock Mount Plate Assy. Top Lock	Tapping Machine	Meja Inspeksi	16,02	21,067	-5,047		
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580		
		Receiving	Cutting Plasma	6,11	1,676	4,434		
		Cutting Plasma	Stamping Machine	19,604	3,897	15,707		
		Stamping Machine	Scrap Machine	20,163	2,792	17,371		
5	Lock Mount Plate (0.3)	Scrap Machine	Tapping Machine	3,484	19,775	-16,291	48,624	48,26%
		Tapping Machine	Drilling Machine	1,408	14,132	-12,724		
		Drilling Machine	Milling Manual	19,4	1,468	17,933		
		Milling Manual	Meja Inspeksi	28,457	6,742	21,715		
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580		
6	Front Bolt	Receiving	Cutting Machine	10,823	8,479	2,344		
		Cutting Machine	CNC Milling (MCV)	3,774	10,713	-6,939	-11,774	-29,73%
		CNC Milling (MCV)	Meja Inspeksi	11,098	18,857	-7,759		
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580		
		Receiving	Cutting Machine	10,823	21,933	-11,110		
7	Guide Tube	Cutting Machine	Tapping Machine	3,586	4,375	-0,789		
		Tapping Machine	Meja Inspeksi	16,02	21,067	-5,047	-16,366	-33,45%
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580		
		Receiving	Cutting Machine	10,823	6,148	4,675		
		Cutting Machine	CNC Turning (CL)	18,023	2,701	15,322		
8	Spindle Handle Bush	CNC Turning (CL)	CNC Turning (UT)	5,729	2,296	3,433	49,844	71,95%
		CNC Turning (UT)	CNC Turning (CL)	5,729	2,296	3,433		
		CNC Turning (CL)	Meja Inspeksi	26,832	4,431	22,401		
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580		
		Receiving	Cutting Machine	10,823	6,148	4,675		
TOTAL				478,744	292,379	186,365	38,93%	

Keterangan:

Nilai (-) menandakan bahwa jarak yang dihasilkan pada tata letak usulan lebih jauh dibandingkan dengan tata letak awal.

Keterangan:
 Nilai (-) menandakan bahwa jarak yang dihasilkan pada tata letak usulan lebih jauh dibandingkan dengan tata letak awal.
 Nilai (+) menandakan bahwa jarak yang dihasilkan pada tata letak usulan lebih dekat dibandingkan dengan tata letak awal.

OMH pada tata letak fraktal lebih kecil dibandingkan dengan OMH pada tata letak *by process*. Dapat terlihat pada Tabel 2 dan Tabel 8 bahwa perubahan ongkos *material handling* adalah dari Rp 259.872,51/minggu menjadi Rp

102.003,87/minggu, sehingga minimasi yang dihasilkan adalah sebesar 60,75%. Berdasarkan OMH yang telah didapatkan, maka tata letak fraktal merupakan tata letak yang lebih baik untuk diterapkan oleh manufaktur *spare part*.

Kelebihan yang didapatkan dari tata letak fraktal berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini dapat dilihat dari segi kuantitatif dan kualitatif yang seperti pada Tabel 10 berikut ini:

Tabel 10. Kelebihan Tata Letak Fraktal

Kuantitatif	
Penghematan OMH :	60,75%
Penghematan Jarak :	38,93%
Kualitatif	
Penghematan OMH → Jarak Lebih Dekat → Waktu Setup Berkurang → Produktivitas Meningkat → Due Date Terpenuhi atau Lebih Cepat → Konsumen Puas → Adanya Re-order dari Konsumen → Profit	

Tata letak fraktal memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi. Dalam hal ini adalah jika manufaktur mendapatkan jenis produk dengan urutan proses yang berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan, tetap akan dapat diproduksi dengan menggunakan tata letak ini. Hal itu dikarenakan pada tata letak usulan ini mesin-mesin sudah dialokasikan secara merata ke tiga fraktal sehingga untuk masing-masing fraktal memiliki jenis mesin yang berbeda-beda.

Ketika mendapatkan produk baru dengan urutan proses yang baru, produk tersebut dapat

dialokasikan untuk diproduksi di salah satu fraktal. Pengalokasian yang dilakukan adalah dengan melihat fraktal yang dapat memenuhi kebutuhan mesin paling banyak terhadap produk tersebut. Terdapat dua kondisi kemungkinan yang akan terjadi pada proses produksi dengan tata letak fraktal ini. Kondisi pertama adalah produk dapat dilakukan proses produksi langsung pada salah satu fraktal karena seluruh jenis mesin yang dibutuhkan untuk produk tersebut sudah tersedia di salah satu fraktal. Kondisi kedua adalah ketika terdapat mesin yang tidak tersedia pada fraktal terpilih karena mesin tersebut ada di fraktal lain. Pada kondisi ini maka proses produksi dapat dilakukan dengan meminjam mesin yang paling dekat dengan fraktal terpilih atau paling dekat dengan proses sebelumnya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah tata letak fraktal terbukti dapat digunakan untuk merancang tata letak fasilitas produksi serta

Commented [A2]: Tampilkan data efisiensi dari final layout

mengurangi OMH dan jarak perpindahan material. Dalam studi kasus sebuah manufaktur *spare part* yang digunakan dalam penelitian ini, tata letak fraktal mampu menghemat OMH sebesar Rp. 157.868,64/minggu atau sebesar 60.75%/minggu dan penghematan total jarak perpindahan sebesar 186,365 meter/minggu atau sebesar 38,93%/minggu.

Terdapat tiga sel fraktal yang ada disusun berdasarkan bentuk dari rantai produksi yang dimiliki perusahaan yaitu berbentuk "L" terbalik. Pengalokasian mesin ke dalam fraktal mempertimbangkan beberapa hal, seperti penggunaan mesin untuk memproses suatu produk, dimensi mesin atau kesulitan pemindahan mesin dan keseimbangan pengalokasian mesin pada fraktal.

Penelitian lanjutan yang dapat diberikan adalah penggunaan ukuran kinerja lainnya selain berdasarkan jarak dan OMH, seperti waktu perpindahan, efisiensi pekerjaan, atau tingkat produktivitas pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, F., & Sunarni, T. (2019). *Usulan Perbaikan Tata Letak dengan Menggunakan Metode Fraktal (Studi Kasus di Perusahaan Mebel X)*. <http://ojs.atmajaya.ac.id/index.php/metris>
- Apple, J. M. (1990). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*. ITB.
- Diaz, A. G., & Smith, J. M. (2008). *Facilities Planning and Design*. Pearson International Ed. Prentice Hall.
- Heragu, S. (1997). *Facilities Design*. PWS Publishing Company.
- Santoso, S., & Halim, C. (2012). *Usulan Tata Letak Fraktal untuk Pabrik Baru dari CV Prima Bangun Nusantara. Inasea, 13(2)*.
- Santoso, S., & Heryanto, R. M. (2020). *Perancangan Tata Letak Fasilitas* (1st ed., Vol. 1). Alfabeta.
- Stephens, M. P., & Meyers, F. E. (2019). *Manufacturing Facilities Design and Material Handling* (6th ed.).
- Suhada, K., Arisandhy, V., & Cahyadi, D. A. (2012). *Usulan Perbaikan*

Tata Letak Mesin dengan
Menggunakan Metode Fraktal
(Studi Kasus di PT." X", Cimahi).
Integra, 1(1).

Wignjosoebroto, S. (1996). *Tata
Letak Pabrik dan Pemindahan
Bahan* (3rd ed.). Guna Widya.

Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Menggunakan Metode Fraktal di Manufaktur Spare Part

Relayout of Production Facilities using Fractal Method at Spare Part Manufacturer

Yoela Senni Stefianti¹, Rainisa Maini Heryanto^{2*}, Kartika Suhada³
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Kristen Maranatha

*Corresponding author: rainisa.mh@eng.maranatha.edu

Abstrak

Perancangan ulang tata letak fasilitas produksi perlu dilakukan oleh sebuah manufaktur apabila ada produk baru yang diproduksi dan memiliki aliran material yang berbeda dari produk yang ada. Jika tata letak fasilitas lama tetap dipertahankan maka aliran material akan menjadi tidak teratur dan menimbulkan jarak perpindahan material yang jauh serta ongkos material handling yang cukup besar. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk merancang ulang tata letak fasilitas produksi adalah metode fraktal. Metode ini cocok digunakan untuk sistem job shop karena dapat memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi dan total ongkos material handling yang rendah. Hal ini terbukti dari studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebuah manufaktur spare part yang awalnya menerapkan tata letak by process. Tata letak awal kurang fleksibel seiring dengan kondisi manufaktur saat ini dimana ada penambahan variasi jenis produk yang diproduksi. Jarak antar mesin dengan jenis yang berbeda menjadi berjauhan. Dengan perancangan ulang tata letak fasilitas produksi menggunakan metode fraktal, diperoleh penghematan ongkos material handling sebesar Rp. 157.868,64/minggu atau sebesar 60.75%/minggu dan penghematan total jarak perpindahan sebesar 186,365 meter/minggu atau sebesar 38,93%/minggu. Metode fraktal terbukti dapat digunakan untuk merancang tata letak fasilitas produksi serta mengurangi ongkos material handling dan jarak perpindahan material.

Kata kunci: fleksibel, jarak perpindahan, job order, metode fraktal, ongkos material handling

Abstract

The relayout of the production facilities needs to be carried out by a manufacturer if there is a new product produced that has a different material flow from the existing product. If the layout of the initial facility is maintained, the material flow will become irregular and lead to long material transfer distances and substantial material handling costs. One method that can be used for relayout production facilities is the fractal method. This method is suitable for job shop system because it could provide a high level of flexibility and low total material handling costs. The case study used in this research, which is a spare part manufacturer that initially applied the by-process layout. The initial layout is less flexible in line with the current manufacturing conditions where there are additional variations in the types of products produced. The distance between machines with different types becomes far apart. By relayout of the production facilities using the fractal method, the material handling cost savings of IDR 157,868.64/week or 60.75%/week and the total savings in moving distance is 186,365 meters/week or 38.93%/week. Fractal method is proven to be used to design the layout of production facilities and reduce material handling costs and material transfer distances.

Keywords: flexible, fractal method, job order, material handling cost, transfer distance

How to cite:

Commented [A1]: Sesuaikan Template
Layout awal tidak ada
Tulisan pada table tidak terbaca
Variabel penelitian tidak terlihat
Buat skema penelitian
Jangan memberi kode warna pada gambar

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, khususnya industri manufaktur, tata letak fasilitas merupakan hal yang penting untuk diperhatikan. Perancangan tata letak pabrik merupakan suatu kegiatan merancang fasilitas fisik yang berada di pabrik, diantaranya adalah peralatan, mesin, bangunan dan fasilitas-fasilitas lainnya (Apple, 1990). Perencanaan tata letak lantai produksi dalam industri manufaktur dilakukan untuk memperlancar aliran proses produksi yang ada. Perencanaan fasilitas akan menentukan bagaimana aset tetap yang berwujud akan mendukung tercapainya suatu tujuan kegiatan. Untuk perusahaan manufaktur, perencanaan fasilitas melibatkan penentuan bagaimana fasilitas manufaktur dapat mendukung produksi (Santoso & Heryanto, 2020).

Perancangan tata letak pabrik (*relayout*) dilakukan berdasarkan pabrik yang sudah ada namun memiliki beberapa alasan tertentu sehingga perlu dilakukan perancangan ulang tata letak

(Wignjosoebroto, 1996).

Perancangan ulang tata letak fasilitas produksi perlu dilakukan oleh sebuah manufaktur apabila ada produk baru yang diproduksi dan memiliki aliran material yang berbeda dari produk yang ada. Jika tata letak fasilitas lama tetap dipertahankan maka aliran material akan menjadi tidak teratur dan menimbulkan jarak perpindahan material yang jauh serta Ongkos *Material Handling* (OMH) yang cukup besar.

Terdapat beberapa jenis tata letak untuk suatu fasilitas salah satunya adalah tata letak dengan menggunakan metode fraktal. Metode fraktal dalam tata letak muncul sebagai akibat perkembangan tata letak selular (Anggraini & Sunarni, 2019). Tata letak fraktal ini dilakukan untuk membuat pabrik-pabrik kecil di dalam satu pabrik besar. Pada tata letak fraktal dilakukan perancangan beberapa sel yang terdiri dari berbagai jenis mesin sesuai dengan kebutuhannya, sehingga hal tersebut akan dimungkinkan terjadinya banyak perpindahan material dalam sel dan meminimasi

perpindahan material antar selnya. Dengan begitu maka jarak perpindahan antar operasi yang dihasilkan dapat diminimasi, sehingga tata letak fraktal ini cocok digunakan untuk perusahaan dengan lingkungan *job shop* karena memiliki fleksibilitas yang tinggi.

Terdapat beberapa penelitian tentang tata letak fasilitas yang menggunakan metode fraktal diantaranya adalah penelitian Suhada, dkk (2012) yang mempertimbangkan dua alternatif dalam penugasan produk yaitu jalur terpendek dan jalur yang dapat memproduksi keseluruhan produk (Suhada et al., 2012). Penelitian lain adalah penelitian Santoso dan Halim (2012) pada perusahaan produksi kulit dan menghasilkan selisih OMH sebesar 39% dibandingkan tata letak *by process* (Santoso & Halim, 2012). Penelitian Anggraini dan Sunari (2019) yang menerapkan metode fraktal pada perusahaan mebel yang menghasilkan penurunan jarak perpindahan sebesar 6.251% dan penurunan OMH sebesar 3.066%/tahun (Anggraini & Sunarni, 2019)

Dalam penelitian ini digunakan sebuah kasus tata letak fasilitas produksi pada sebuah manufaktur *spare part*. Manufaktur ini menerapkan sistem *job shop* dan seiring waktu terdapat pengembangan dalam variasi jenis produk yang diproduksi sehingga memiliki aliran produksi yang berbeda-beda. Tata letak awal yang digunakan adalah tata letak *by process* dan menjadi kurang fleksibel dengan adanya penambahan variasi jenis produk.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perancangan ulang tata letak fasilitas produksi dengan metode fraktal sehingga didapatkan total OMH dan jarak perpindahan yang dapat diminimasi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode fraktal yang memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perencanaan Kapasitas

$$N_t = \left\lceil \frac{\sum_{j \in t} D_j A_{jt}}{M_t} \right\rceil^* \quad (1)$$

Keterangan:

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

N_t = jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan oleh mesin t

D_j = besar permintaan untuk produk j

A_{jt} = waktu yang digunakan di mesin t untuk mengerjakan 1 unit produk j

M_t = waktu yang tersedia pada mesin t selama periode permintaan

Nilai perencanaan kapasitas sama dengan jumlah mesin yang dibutuhkan.

2. Perhitungan Jumlah Fraktal

a. Penentuan jumlah fraktal

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 dengan rumus:

$$\text{Jumlah fraktal} = \frac{\text{Jumlah Mesin}}{\text{Jumlah Jenis Mesin}} \quad (2)$$

b. Penugasan masing-masing mesin ke tiap fraktal

Terdapat tiga alternatif untuk menugaskan mesin ke tiap

fraktal, yaitu: (Santoso & Halim, 2012)

- 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.
- Sediakan tambahan mesin (untuk jenis mesin yang jumlahnya tidak sama dengan rata-rata) sehingga tiap sel memiliki jumlah yang sama untuk jenis mesin tersebut.
- Penambahan mesin tidak perlu dilakukan akan tetapi letakkan jenis mesin tersebut diantara fraktal yang membutuhkan.

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

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

- Letakkan sisa replikasi tersebut dalam suatu daftar dimana 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.

c. 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). ARD adalah percobaan tata letak pertama dan merupakan hasil dari *Activity Relationship Chart* (ARC) dan *worksheet* (Stephens & Meyers, 2019).

3. Perhitungan *Flow Assignment*

Perhitungan *flow assignment* dilakukan untuk meminimasi jarak perpindahan material. *Flow assignment* dijelaskan melalui model berikut ini: (Anggraini & Sunarni, 2019)

$$\text{Minimize } z = \sum_j \sum_k C_{jk} X_{jk} \quad (3)$$

$$\text{Subject to } \sum_k X_{jk} \geq D_j \quad \forall_j \quad (4)$$

$$\sum_j \sum_k A_{jkt} X_{jk} \leq M_t \quad \forall_t \quad (5)$$

$$X_{jk} \geq 0 \quad \forall_j \forall_k \quad (6)$$

Keterangan:

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*)

$$A_{jkt} = \begin{cases} A_{jt}, & \text{jika jalur k memakai} \\ & \text{replikasi t untuk produk j} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

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 2 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:

- a. Sel yang bentuknya persegi dapat diletakkan relatif satu sama lain, berdasarkan jumlah sel yang ada.
- b. Sel cukup besar untuk menyesuaikan replikasi yang menempati sel.
- c. Untuk tata letak yang bentuknya sangat persegi, penempatan sel biasanya sama dengan area/luas sel yang dibutuhkan.
- d. Untuk tata letak yang tidak memiliki bentuk tertentu, penempatan sel biasanya lebih besar dari area/luas sel yang dibutuhkan.

Metode perhitungan jarak yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *aisle* yang merupakan metode perhitungan jarak aktual yang dilalui oleh

material handling (Heragu, 1997).

Jarak yang dihitung merupakan jarak yang dialami oleh *material* ketika berpindah fasilitas dengan akumulasi jarak sumbu. Metode ini dapat digunakan ketika telah dilakukan penempatan gang pada tata letak fasilitas. Pada metode ini tidak ada rumus yang pasti karena perhitungan jarak disesuaikan dengan tata letak fasilitas.

Dalam penelitian ini juga digunakan *from to chart* yang merupakan sebuah diagram yang menggambarkan aliran material dari satu departemen ke departemen lainnya (Apple, 1990). Dengan adanya *from to chart* dapat diketahui total OMH yang dikeluarkan dari awal gudang bahan baku hingga akhir gudang barang jadi. *From to chart* merupakan salah satu teknik konvensional yang digunakan dalam pemindahan material dalam proses produksi (Wignjosoebroto, 1996). Dengan adanya *from to chart* ini dapat diketahui bagaimana hubungan yang terjadi antara satu departemen dengan departemen lainnya (Santoso & Heryanto, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan perancangan ulang tata letak lantai produksi dengan studi kasus pada sebuah manufaktur *spare part* yang memiliki permintaan *job order* yang diterima selama satu minggu. Terdapat delapan jenis produk yang diteliti yaitu PAD 3 Hole, *Lifting Bar Capella Netto*, *Vertical Bolt KS MK III sz 1*, *Lock Mount Plate Assy Top Lock*, *Lock Mount Plate (0.3)*, *Front Bolt*, *Guide Tube*, dan *Spindle Handle Bush*.

Waktu siklus yang dimiliki oleh setiap prosesnya didapatkan dari data banyaknya unit yang diproses dan total waktu yang digunakan oleh operator dalam melakukan proses produksi. Perhitungan waktu siklus ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan masing-masing proses untuk memenuhi permintaan yang ada.

Tata letak awal dari manufaktur *spare part* adalah tata letak *by process*. OMH dihitung sesuai dengan penggunaan alat *material handling* yang digunakan untuk masing-masing perpindahan bahan yang dilakukan. Perhitungan

ini berdasarkan faktor frekuensi (f), jarak (d) dan biaya (c). Frekuensi yang digunakan berdasarkan jumlah dari produk yang dilakukan produksi dan kapasitas pengangkutan dengan jenis alat *material handling* yang digunakan.

Alat *material handling* yang digunakan dalam studi kasus termasuk ke dalam *transporters* (truk industri) yang merupakan kendaraan tangan atau bertenaga yang digunakan untuk pergerakan dari beban campuran atau seragam, berselang-seling, melalui berbagai jalur dan memiliki fungsi utama sebagai transportasi (Diaz & Smith, 2008). Kapasitas dari masing-masing alat *material handling* berbeda, untuk perpindahan manual dapat dilakukan hanya 2 unit per satu kali perpindahan sedangkan untuk *hand trolley* dan *forklift* adalah sesuai dengan kapasitas volume yang dapat dipindahkan.

Tabel 1 merupakan perhitungan frekuensi perpindahan yang dilakukan untuk masing-masing aliran produk. Perhitungan OMH tata letak *by process* terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Perhitungan Frekuensi Tata Letak *by Process*

No	Aliran	Komponen	Friskid	Material Handling	Jumlah Produk	Dimensi Produk (mm)	Material Handling (mm)	Frekuensi	Remarks
1	Start	Re							
1	Receiving	Cutting Machine	11 PAD 3 Hole	Manual	25	25 x 4	-	25	25
2			24 Lifting Bar Capello Neno	Manual	53	-	-	26	26
3			21 Lifting Bar Capello Neno	Hand Trrolley	84	430	380	730	470
4			Vertical, Bolt KS MK III sz 1	Hand Trrolley	77	170	170	730	470
5	Receiving	Cutting Machine	15 Lock Mount Plate (0.3)	Hand Trrolley	22	100	100	730	470
6			61 Front Bolt	Hand Trrolley	15	476	410	730	470
7			81 Guide Tube	Hand Trrolley	71	510	470	730	470
8			81 Spindle Handle Bush	Hand Trrolley	46	240	210	730	470
9	Cutting Plasma	Drilling Machine	12 PAD 3 Hole	Hand Trrolley	51	526	240	730	470
10			24 Lock Mount Plate, Azs, Top Lock	Manual	100	100	300	1300	-
11			CNC Milling (MCV)	Hand Trrolley	51	526	230	730	470
12	Drilling Machine	CNC Milling Machine	11 PAD 3 Hole	Hand Trrolley	51	526	220	730	470
13			46 Lock Mount Plate, Azs, Top Lock	Hand Trrolley	53	250	220	730	470
14			PAD 3 Hole	Hand Trrolley	61	526	230	730	470
15	CNC Milling (MCV)	Meja Inspekti	83 Lock Mount Plate (0.3)	Hand Trrolley	22	100	100	730	470
16			33 Vertical, Bolt KS MK III sz 1	Hand Trrolley	91	378	120	730	470
17			22 Lifting Bar Capello Neno	Hand Trrolley	84	430	380	730	470
18			83 Guide Tube	Hand Trrolley	71	510	450	730	470
19	CNC Turning (CL)		83 Spindle Handle Bush	Hand Trrolley	46	280	210	730	470
20			CNC Milling (MCV)	Hand Trrolley	91	378	120	730	470
21			52 Lock Mount Plate (0.3)	Hand Trrolley	100	100	730	470	28
22	Turning Machine		62 Front Bolt	Manual	15	100	100	730	470
23			23 Lifting Bar Capello Neno	Manual	84	-	-	-	-
24			71 Guide Tube	Manual	71	-	-	-	-
25	CNC Turning (CL)		83 Spindle Handle Bush	Manual	46	-	-	-	-
26			24 Lifting Bar Capello Neno	Hand Trrolley	84	430	380	730	470
27			83 Guide Tube	Hand Trrolley	71	510	450	730	470
28			83 Spindle Handle Bush	Hand Trrolley	46	280	210	730	470
29	CNC Turning (UT)		24 Lifting Bar Capello Neno	Manual	84	-	-	-	-
30			83 Guide Tube	Manual	71	-	-	-	-
31			84 Spindle Handle Bush	Manual	46	-	-	-	-
32	Milling Manual	Tapping Machine	34 Vertical, Bolt KS MK III sz 1	Hand Trrolley	91	378	120	730	470
33			Meja Inspekti	44 Lock Mount Plate, Azs, Top Lock	53	250	220	730	470
34			35 Vertical, Bolt KS MK III sz 1	Hand Trrolley	80	378	120	730	470
35	Tapping Machine	Meja Inspekti	63 Front Bolt	Hand Trrolley	15	476	410	730	470
36			45 Lock Mount Plate, Azs, Top Lock	Manual	53	-	-	-	-
37	Stamping Machine	Scrap Machine	44 Lock Mount Plate, Azs, Top Lock	Manual	53	250	220	730	470
38			Tapping Machine	44 Lock Mount Plate, Azs, Top Lock	53	-	-	-	-
39			12 PAD 3 Hole	Manual	51	-	-	-	-
40			26 Lifting Bar Capello Neno	Manual	84	-	-	-	-
41			36 Vertical, Bolt KS MK III sz 1	Manual	91	-	-	-	-
42	Meja Inspekti	Meja Packing	48 Lock Mount Plate, Azs, Top Lock	Manual	53	-	-	-	-
43			54 Lock Mount Plate (0.3)	Manual	22	-	-	-	-
44			64 Front Bolt	Manual	15	-	-	-	-
45			76 Guide Tube	Manual	71	-	-	-	-
46			83 Spindle Handle Bush	Manual	46	-	-	-	-

Tabel 2. OMH Tata Letak *by Proses*.

No	Aliran		Komponen	Produk	Frekuensi (per minggu)	Jarak (m)	Jenis Material Handling	Biaya (per m)	OMH (per minggu)	
1	Dari	Ke								
2	Receiving	Cutting Plasma	11	PAD 3 Hole	26	6.110	Manual	Rp 14.07	Rp 2.234,39	
41			Lock Mount Plate Assy, Top Lock	27	6.110	Manual	Rp 14.07	Rp 2.320,33		
21			Lifting Bar Capella Netto	84	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 13.147,4		
31			Vertical, Bolt KS MK III sz 1	31	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 4.852,07		
5	Receiving	Cutting Machine	51	Lock Mount Plate (0.3)	11	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.566,63	
61			Front Bolt	15	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 2.347,77		
71			Guide Tube	72	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 11.269,2		
81			Spindle Handle Bush	12	10.823	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.878,29		
9	Cutting Plasma	Drilling Machine	12	PAD 3 Hole	13	10.295	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.935,4	
10			Stamping Machine	42	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	27	19.604	Forklift	Rp 72.81	Rp 38.536,5
11	Drilling Machine	CNC Milling (MCV)	13	PAD 3 Hole	13	9.836	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.849,19	
12			Milling Manual	14	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	14	19.400	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 5.927,70
13	CNC Milling (MCV)	Meja Inspeksi	16	PAD 3 Hole	14	11.098	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 2.086,47	
14			Milling Manual	53	Lock Mount Plate (0.3)	11	11.098	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.604,9
15			Milling Manual	33	Vertical, Bolt KS MK III sz 1	31	19.528	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 8.754,5
16				22	Lifting Bar Capella Netto	84	18.023	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 21.893,7
17	Cutting Machine	CNC Turning (CL)	72	Guide Tube	72	18.023	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 18.766,0	
18				82	Spindle Handle Bush	12	18.023	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 3.127,63
19				32	Vertical, Bolt KS MK III sz 1	31	3.774	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 1.691,9
20				52	Lock Mount Plate (0.3)	1	3.774	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 54,55
21	Cutting Machine	Tapping Machine	62	Front Bolt	8	3.586	Manual	Rp 14.07	Rp 402,39	
22				23	Lifting Bar Capella Netto	8	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 3.384,2
23				73	Guide Tube	36	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 2.900,08
24				83	Spindle Handle Bush	23	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 1.853,33
25	CNC Turning (CL)	Meja Inspeksi	25	Lifting Bar Capella Netto	84	26.832	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 32.594,6	
26				75	Guide Tube	72	26.832	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 27.938,2
27				85	Spindle Handle Bush	12	26.832	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 4.656,33
28				24	Lifting Bar Capella Netto	42	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 3.384,3
29	CNC Turning (UT)	CNC Turning (CL)	74	Guide Tube	36	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 2.900,08	
30				84	Spindle Handle Bush	23	5.729	Manual	Rp 14.07	Rp 1.853,33
31				34	Vertical, Bolt KS MK III sz 1	31	17.998	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 8.068,6
32				47	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	14	28.457	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 5.761,4
33	Tapping Machine	Meja Inspeksi	35	Vertical, Bolt KS MK III sz 1	31	16.020	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 7.181,8	
34				63	Front Bolt	15	16.020	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 3.475,1
35				45	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	27	1.408	Manual	Rp 14.07	Rp 534,70
36				43	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	14	20.163	Hand Trolley	Rp 14.46	Rp 4.082,2
37	Scrap Machine	Tapping Machine	15	PAD 3 Hole	27	3.484	Manual	Rp 14.07	Rp 1.320,0	
38				16	PAD 3 Hole	26	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 781,8
39				26	Lifting Bar Capella Netto	42	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 2.263,07
40				36	Vertical, Bolt KS MK III sz 1	46	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 1.352,3
41	Meja Inspeksi	Meja Packing	48	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	27	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 811,9	
42				54	Lock Mount Plate (0.3)	11	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 330,7
43				64	Front Bolt	8	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 240,5
44				76	Guide Tube	36	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 1.082,5
45				86	Spindle Handle Bush	23	2.138	Manual	Rp 14.07	Rp 691,6

kebutuhan mesin yang dilakukan untuk setiap produknya dapat dilihat pada Tabel 3. Selanjut akan dilakukan perbandingan kebutuhan mesin dengan jumlah ketersediaan mesin yang dimiliki perusahaan yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Perhitungan Kebutuhan Mesin

Item	Nonor Operasi	Nama Operasi	Mesin	Waktu Siklus (menit/um)	Jumlah Produksi Unit/menit	Unit/jam	Kapasitas Mesin (unit/jam)	Jumlah Mesi
PAD 3 Hole	11	Pemotongan	Cutting Plasma	2,15	51	2	52,8	0,038
	12	Drilling	Drilling Machine	1,34	55	2	25,5	0,078
	13	Milling	CNC Milling (MCV)	8,09	51	2	7,414	0,270
Lifting Bar Capella Netto	21	Pemotongan	Cutting Machine	2,28	84	3	26,286	0,114
	22	Pengeboran	CNC Turning (CL)	2,18	84	3	27,483	0,109
	23	Pengeboran	CNC Turning (UT)	6,42	84	3	9,353	0,321
	24	Pemubotan	CNC Turning (CL)	2,29	84	3	26,174	0,115
	31	Pemotongan	Cutting Machine	1,16	91	3	51,864	0,088
	32	Pengeboran	CNC Mill (MCV)	2,86	91	3	12,721	0,193
Vertical , Bolt KS MK III sz 1	33	Slotting	Milling Manual	3,87	91	3	15,492	0,142
	34	Tapping	Tapping Machine	2,11	91	3	28,421	0,106
	41	Pemotongan	Cutting Plasma	1,61	53	2	37,333	0,054
Lock Mount Plate Assy. Top Lock	42	Press	Stamp Machine	0,94	53	2	64	0,031
	43	Slotting	Scrap Machine	3,57	53	2	16,791	0,119
	44	Tapping	Tapping Machine	0,33	53	2	180	0,011
	45	Pengeboran	Drill Machine	3,80	53	2	15,789	0,127
	46	Milling	Milling Manual	5,00	53	2	12	0,167
	51	Pemotongan	Cutting Machine	1,69	22	1	54,887	0,038
Lock Mount Plate (0,5)	52	Pengeboran	CNC Milling (MCV)	10,65	22	1	5,635	0,177
	61	Pemotongan	Cutting Machine	1,01	15	1	59,924	0,017
Front Bolt	62	Tapping	Tapping Machine	1,03	15	1	58	0,017
	71	Pemotongan	Cutting Machine	1,45	72	2	41,484	0,048
	72	Pengeboran	CNC Turning (CL)	3,30	72	2	18,182	0,110
Guide Tube	73	Pengeboran	CNC Turning (UT)	2,25	72	2	26,640	0,075
	74	Pemubotan	CNC Turning (CL)	1,86	72	2	32,339	0,062
	81	Pemotongan	Cutting Machine	1,15	46	2	52	0,038
Spindle Handle Bush	82	Pengeboran	CNC Turning (CL)	6,55	46	2	9,167	0,218
	83	Pengeboran	CNC Turning (UT)	2,27	46	2	26,579	0,075
	84	Pengeboran	CNC Turning (CL)	5,43	46	2	11,054	0,181

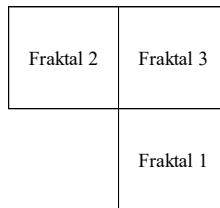
Tabel 4. Perbandingan Kebutuhan Mesin dan Ketersediaan Mesin

No	Mesin	Produk								Kebutuhan Mesin		Ketersediaan Mesin
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1	Cutting Plasma	0,038			0,054					0,091	1	2
2	Cutting Machine		0,114	0,058		0,018	0,017	0,048	0,038	0,294	1	5
3	Welding Machine									0	0	3
4	Stamping Machine				0,031					0,031	1	4
5	Bending Machine									0	0	1
6	Shearing Machine									0	0	1
7	Grinding Machine									0	0	2
8	Turning Manual									0	0	3
9	Milling Manual			0,194	0,167					0,360	1	6
10	Drilling Machine	0,078			0,127					0,205	1	2
11	Tapping Machine			0,106	0,011		0,017			0,134	1	1
12	Slotting Machine									0	0	1
13	Scrap Machine				0,119					0,119	1	1
14	CNC Turning (UT)		0,321				0,075	0,076		0,472	1	1
15	CNC Turning (CL)		0,224				0,172	0,399		0,795	1	8
16	CNC Milling (Brother)									0	0	2
17	CNC Milling (CQV)									0	0	1
18	CNC Milling (MCV)	0,270		0,143		0,177				0,59	1	2
19	Buffing Machine									0	0	2
20	Grinding Buritory									0	0	4
21	Meja Inspeksi									0	0	2
22	Meja Packing									0	0	1
					Jumlah Mesin					10		55

Jumlah mesin berdasarkan perhitungan kebutuhan memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan ketersediaan pada aktualnya. Penyebab dari hal ini adalah bahwa perhitungan yang dilakukan hanya berdasarkan delapan produk *job order* yang menjadi penelitian. Jika dilakukan hanya dengan menggunakan kebutuhan produk yang diteliti, maka perancangan tata letak yang dilakukan tidak mencakup keseluruhan mesin yang dimiliki perusahaan. Maka dari itu, jumlah mesin yang dilakukan perhitungan selanjutnya adalah berdasarkan dari jumlah ketersediaan mesin aktualnya sebanyak 55 mesin dengan 22 jenis mesin.

Setelah didapatkan jumlah mesin dan diketahui jumlah jenis mesin yang dimiliki manufaktur, maka dapat dihitung jumlah fraktal atau jumlah sel yang dibutuhkan untuk penyusunan mesin-mesin ke dalamnya. Berdasarkan perhitungan jumlah fraktal, didapatkan fraktal yang diperlukan adalah sebanyak tiga fraktal. Gambar 1 merupakan urutan tata letak untuk ketiga fraktal dengan

membentuk huruf “L” terbalik sesuai dengan bentuk dari pabrik yang dimiliki perusahaan.



Gambar 1. Urutan Tata Letak Fraktal

Jumlah fraktal sebanyak tiga berarti untuk setiap jenis mesin yang memiliki jumlah unit sebanyak kelipatan tiga akan dialokasikan merata ke setiap masing-masing fraktalnya. Hal tersebut dilakukan untuk *welding machine*, *turning manual*, dan *milling manual*. Selain dari mesin-mesin tersebut akan dialokasikan dengan mempertimbangkan beberapa hal, seperti penggunaan mesin untuk memproses suatu produk, dimensi mesin atau kesulitan pemindahan mesin dan keseimbangan pengalokasian mesin pada fraktal.

Pengalokasian mesin dapat dilihat pada Tabel 5 dan ARD keseluruhan berdasarkan urutan tata letak fraktal dengan menghasilkan penalti 0 dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 5. Alokasi Mesin dalam Fraktal

No	Mesin	Jumlah Mesin	Fraktal 1	Fraktal 2	Fraktal 3
1	Cutting Plasma	2	1		1
2	Cutting Machine	5	2	2	1
3	Welding Machine	3	1	1	1
4	Stamping Machine	4	1	2	1
5	Bending Machine	1			1
6	Shearing Machine	1			1
7	Grinding Machine	2	1	1	
8	Turning Manual	3	1	1	1
9	Milling Manual	6	2	2	2
10	Drilling Machine	2	1		1
11	Tapping Machine	1		1	
12	Slotting Machine	1		1	
13	Scrap Machine	1	1		
14	CNC Turning (UT)	1	1		
15	CNC Turning (CL)	8	3	3	2
16	CNC Milling (Brother)	2	1		1
17	CNC Milling (COV)	1		1	
18	CNC Milling (MCV)	2		1	1
19	Buffing Machine	2	1	1	
20	Grinding Buritory	4			4
21	Meja Inspeksi	2	2		
22	Meja Packing	1	1		
Jumlah Mesin		55	20	17	18
			55		

12 Slotting Machine	3 Welding Machine	19 Buffing Machine	4 Stamping Machine	9 Milling Manual	4 Stamping Machine	3 Welding Machine	
7 Grinding Machine	8 Turning Manual	18, 11 9 Milling Manual	9 11 Tapping Machine	15 CNC Turning (CL)	16 CNC Milling (Brother)	5 Bending Machine	20 Grinding Baritory
15 CNC Turning (CL)	17 CNC Milling (COV)	9 18 CNC Milling (MCV)	18 2 Cutting Machine	10 18 CNC Milling (MCV)	18, 1 10 Drilling Machine	6 Shearing Machine	
				18 2 Cutting Machine	10 1 Cutting Plasma	8 Turning Manual	
				9 10 Drilling Machine	7 Grinding Machine	8 Turning Manual	3 Welding Machine
				21, 10 9 Milling Manual	15 14 CNC Turning (UT)	16 CNC Milling (Brother)	4 13 Scrap Machine
				15 21 Meja Inspeksi	21, 2 15 CNC Turning (CL)	15, Re 2 Cutting Machine	1 4 Stamping Machine
				21 22 Meja Packing	19 Buffing Machine	2 Re Receiving	4 1 Cutting Plasma

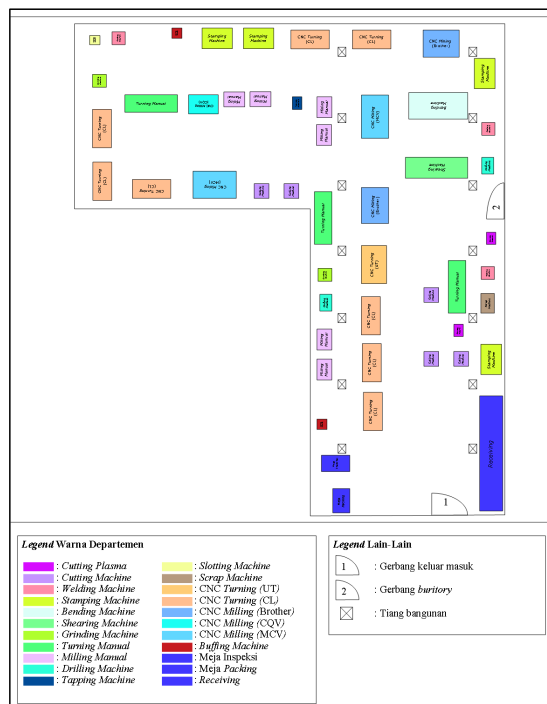
Keterangan Warna:
 Fraktal 1
 Fraktal 2
 Fraktal 3

Gambar 2. ARD Keseluruhan

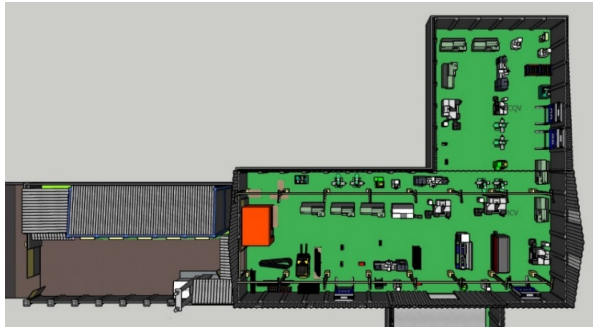
ARD keseluruhan terbentuk dengan penggabungan ARD untuk masing-masing fraktalnya. ARD dari setiap fraktalnya didapatkan berdasarkan perhitungan dari *from to chart*, *relationship chart*, dan skala prioritas yang didapatkan. Pada fraktal satu mesin yang ada dialokasikan untuk memproduksi *Lifting Bar Capella Netto*, *Lock Mount Plate Assy Top Lock*, *Guide Tube*, dan *Spindle Handle Bush*. Pada fraktal dua mesin yang ada

dialokasikan untuk memproduksi *Vertical Bolt KS MK III sz 1* dan *Front Bolt*. Sedangkan pada fraktal tiga mesin yang ada dialokasikan untuk memproduksi *PAD 3 Hole* dan *Lock Mount Plate* (0.3).

Setelah didapatkan ARD keseluruhan maka dilakukan penggambaran kembali untuk tata letak lantai produksi dengan menggunakan skala 1:100 pada Gambar 3 dan Gambar 4 dengan menggunakan *SketchUp*.



Gambar 3. Tata Letak Lantai Produksi Metode Fraktal



Gambar 4. Tata Letak Keseluruhan Metode Fraktal

Perhitungan OMH akan dimulai dengan perhitungan frekuensi perpindahan yang disajikan pada Tabel 6, selanjutnya dilakukan perhitungan jarak dengan menggunakan metode *aisle* dan didapatkan beberapa lintasan jarak yang dapat digunakan untuk selanjutnya akan dipilih jarak

terendah. Alternatif pilihan jarak dan jarak terpilih tersaji pada Tabel 7. Setelah didapatkan frekuensi dan jarak dari tata letak usulan ini, maka dapat dihitung OMH untuk tata letak usulan. Tabel 8 merupakan rincian perhitungan OMH tata letak fraktal dan terdapat frekuensi (f), jarak (d) dan juga OMH per meter ©.

Tabel 6. Perhitungan Frekuensi Metode Fraktal

No	Area	Ke	Komponen	Produk	Material Handling	Jumlah Produk	Dimensi Produk (mm)	Material Handling (mm)	Frekuensi
							P	I	
1	Receiving	Cutting Plams	11	PAD 3 Hole	Hand Trrolley	51	326	230	710
2			41	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
3			21	Lifting Bar Capella Nemo	Hand Trrolley	84	430	380	710
4			31	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Hand Trrolley	91	170	120	710
5			51	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
6	Receiving	Cutting Machine	61	Frame Bolt	Hand Trrolley	110	470	410	710
7			71	Slide Tube	Hand Trrolley	72	510	454	710
8			81	Sheddy Handle Bush	Hand Trrolley	46	780	210	710
9			91	PAD 3 Hole	Manual	51			470
10			42	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
11	Cutting Plams	Drilling Machine	131	PAD 3 Hole	Hand Trrolley	51	326	230	710
141			Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470	
12	Drilling Machine	Milling Manual	46	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
131			PAD 3 Hole	Hand Trrolley	51	326	230	710	
13	CNC Milling (MCV)	Meja Inspeksi	51	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
14			31	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
15			21	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
16			22	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
17			23	Slide Tube	Manual	72			470
18	CNC Turning (CL)	CNC Turning (CL)	24	Slide Tube	Manual	72			470
25			25	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
26			26	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
27			27	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
28			28	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
29	CNC Turning (LT)	CNC Turning (LT)	29	Slide Tube	Manual	72			470
30			30	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
31			31	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
32			32	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
33			33	PAD 3 Hole	Manual	51			470
34	CNC Turning (CL)	Meja Inspeksi	34	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
35			35	Slide Tube	Manual	72			470
36			36	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
37			37	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
38			38	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
39	CNC Turning (LT)	CNC Turning (LT)	39	Slide Tube	Manual	72			470
40			40	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
41			41	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
42			42	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
43			43	PAD 3 Hole	Manual	51			470
44	Tapping Machine	Meja Inspeksi	44	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
45			45	Slide Tube	Manual	72			470
46			46	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
47			47	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
48			48	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
49	Tapping Machine	Meja Inspeksi	49	Slide Tube	Manual	72			470
50			50	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
51			51	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
52			52	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
53			53	PAD 3 Hole	Manual	51			470
54	Tapping Machine	Meja Inspeksi	54	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
55			55	Slide Tube	Manual	72			470
56			56	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
57			57	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
58			58	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
59	Tapping Machine	Meja Inspeksi	59	Slide Tube	Manual	72			470
60			60	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
61			61	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
62			62	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
63			63	PAD 3 Hole	Manual	51			470
64	Tapping Machine	Meja Inspeksi	64	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
65			65	Slide Tube	Manual	72			470
66			66	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
67			67	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
68			68	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
69	Tapping Machine	Meja Inspeksi	69	Slide Tube	Manual	72			470
70			70	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
71			71	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
72			72	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
73			73	PAD 3 Hole	Manual	51			470
74	Tapping Machine	Meja Inspeksi	74	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
75			75	Slide Tube	Manual	72			470
76			76	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
77			77	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
78			78	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
79	Tapping Machine	Meja Inspeksi	79	Slide Tube	Manual	72			470
80			80	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
81			81	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
82			82	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
83			83	PAD 3 Hole	Manual	51			470
84	Tapping Machine	Meja Inspeksi	84	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
85			85	Slide Tube	Manual	72			470
86			86	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
87			87	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
88			88	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
89	Tapping Machine	Meja Inspeksi	89	Slide Tube	Manual	72			470
90			90	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
91			91	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
92			92	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
93			93	PAD 3 Hole	Manual	51			470
94	Tapping Machine	Meja Inspeksi	94	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
95			95	Slide Tube	Manual	72			470
96			96	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
97			97	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
98			98	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
99	Tapping Machine	Meja Inspeksi	99	Slide Tube	Manual	72			470
100			100	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
101			101	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
102			102	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
103			103	PAD 3 Hole	Manual	51			470
104	Tapping Machine	Meja Inspeksi	104	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
105			105	Slide Tube	Manual	72			470
106			106	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
107			107	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
108			108	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
109	Tapping Machine	Meja Inspeksi	109	Slide Tube	Manual	72			470
110			110	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
111			111	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
112			112	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
113			113	PAD 3 Hole	Manual	51			470
114	Tapping Machine	Meja Inspeksi	114	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
115			115	Slide Tube	Manual	72			470
116			116	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
117			117	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
118			118	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
119	Tapping Machine	Meja Inspeksi	119	Slide Tube	Manual	72			470
120			120	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
121			121	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
122			122	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
123			123	PAD 3 Hole	Manual	51			470
124	Tapping Machine	Meja Inspeksi	124	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
125			125	Slide Tube	Manual	72			470
126			126	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
127			127	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
128			128	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
129	Tapping Machine	Meja Inspeksi	129	Slide Tube	Manual	72			470
130			130	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
131			131	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
132			132	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
133			133	PAD 3 Hole	Manual	51			470
134	Tapping Machine	Meja Inspeksi	134	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
135			135	Slide Tube	Manual	72			470
136			136	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
137			137	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
138			138	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
139	Tapping Machine	Meja Inspeksi	139	Slide Tube	Manual	72			470
140			140	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
141			141	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
142			142	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
143			143	PAD 3 Hole	Manual	51			470
144	Tapping Machine	Meja Inspeksi	144	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
145			145	Slide Tube	Manual	72			470
146			146	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
147			147	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
148			148	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
149	Tapping Machine	Meja Inspeksi	149	Slide Tube	Manual	72			470
150			150	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
151			151	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
152			152	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
153			153	PAD 3 Hole	Manual	51			470
154	Tapping Machine	Meja Inspeksi	154	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
155			155	Slide Tube	Manual	72			470
156			156	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
157			157	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
158			158	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
159	Tapping Machine	Meja Inspeksi	159	Slide Tube	Manual	72			470
160			160	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
161			161	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
162			162	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
163			163	PAD 3 Hole	Manual	51			470
164	Tapping Machine	Meja Inspeksi	164	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
165			165	Slide Tube	Manual	72			470
166			166	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
167			167	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
168			168	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
169	Tapping Machine	Meja Inspeksi	169	Slide Tube	Manual	72			470
170			170	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
171			171	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
172			172	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
173			173	PAD 3 Hole	Manual	51			470
174	Tapping Machine	Meja Inspeksi	174	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
175			175	Slide Tube	Manual	72			470
176			176	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
177			177	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
178			178	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
179	Tapping Machine	Meja Inspeksi	179	Slide Tube	Manual	72			470
180			180	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
181			181	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
182			182	Lock Mount Plate (H-3)	Hand Trrolley	25	100	100	710
183			183	PAD 3 Hole	Manual	51			470
184	Tapping Machine	Meja Inspeksi	184	Lifting Bar Capella Nemo	Manual	84			470
185			185	Slide Tube	Manual	72			470
186			186	Sheddy Handle Bush	Manual	46			470
187			187	Vertical Bolt KS MK-10 as 1	Manual	91			470
188			188	Lock Mount Plate Assy, Top Lock	Manual	51			470
189	Tapping Machine	Meja Inspeksi	189	Slide Tube	Manual	72			470
190			190	Shed					

Tabel 7. Alternatif Pilihan Jarak Tata Letak Fraktal

No	Dari	Ke	Komponen	Jarak (m)			Jarak Terampil (m)
				1	2	3	
1	Receiving	Cutting Plasma	11	18.181	10.382	10.382	
2			41	4.227	1.676		
3			21	7.631	6.148		
4	Receiving	Cutting Machine	31	24.508	21.933	21.933	
5			51	12.127	8.479		
6			61	24.508	21.933		
7			71	7.631	6.148		
8	Cutting Plasma	Drilling Machine	81	7.631	6.148	6.148	
9			42	4.132	3.822		
10			12	3.898	3.897		
11	CNC Milling (MCV)	CNC Milling (MCV)	13	8.039	7.015	7.015	
12			Milling Manual	46	1.568	4.65	
13			14	21.109	18.857		
14	CNC Milling (MCV)	Meja Inspekti	53	21.109	18.857	18.857	
15			Milling Manual	53	5.23	3.831	3.831
16				22	2.701	5.519	5.15
17	CNC Turning (CL)	22		2.701	5.519	5.15	
18		Cutting Machine	82	2.701	5.519	5.15	
19			CNC Milling (MCV)	32	5.939	1.731	
20	52			11.67	10.713		
21	Tapping Machine	62		4.375			
22		CNC Turning (UT)	73	2.296	5.593		
23			73	2.296	5.593		
24	CNC Turning (CL)		83	2.296	5.593		
25		Meja Inspekti	25	10.73	4.431		
26			75	10.73	4.431		
27	85		10.73	4.431			
28	CNC Turning (UT)	CNC Turning (CL)	24	2.296	5.593		
29			74	2.296	5.593		
30			84	2.296	5.593		
31	Milling Manual	Meja Inspekti	34	3.303	1.655		
32			47	8.715	6.742		
33			35	25.853	21.067		
34	Tapping Machine	Meja Inspekti	63	25.853	21.067		
35			Drilling Machine	45	14.132		
36				Scrap Machine	43	2.92	21.94
37	Scrap Machine	Tapping Machine			44	19.725	22.563
38			Meja Inspekti		Meja Packing	15	1.558
39				26		1.558	
40	36	1.558					
41	Meja Inspekti	Meja Packing	48	1.558			
42			54	1.558			
43			64	1.558			
44			76	1.558			
45			86	1.558			

Tabel 8. OMH Tata Letak Fraktal

No	Aliran	komponen	Produk	Frekuensi (per minggu)	Jarak (m)	Jenis Material Handling	Biaya (per m)	OMH (per minggu)
1	Dari	Ke						
1	Receiving	Cutting Plasma	11 PADI 3 Hole	12	10,382	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp51,851
2			21 Lifting Bar Capella Assy. Top Lock	21	1,676	Manual	Rp. 14,46	Rp36,480
3			22 Lifting Bar Capella Neth	14	6,485	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp78,138
4			31 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	31	21,933	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp183,721
5			53 Lock Mount Plate (0.3)	1	8,499	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp12,662
6	Receiving	Cutting Machine	61 Front Bolt	11	21,933	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp77,790
7			71 Guide Tube	72	6,485	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp40,640
8			81 Scintille Handle Bush	12	6,485	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp1,066,91
9	Cutting Plasma	Drilling Machine	12 PADI 3 Hole	26	8,825	Manual	Rp. 14,47	Rp97,688
10			21 Lifting Bar Capella Assy. Top Lock	21	1,687	Manual	Rp. 14,47	Rp479,92
11			22 Lifting Bar Capella Neth	14	7,015	Hand Trolley	Rp. 14,47	Rp318,872
12	Drilling Machine	CNC Milling (MCV)	31 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	31	1,688	Manual	Rp. 14,47	Rp90,46
13			53 Lock Mount Plate (0.3)	1	18,857	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp545,611
14	CNC Milling (MCV)	Meja Inspeksi	61 Front Bolt	8	18,857	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp1,801,60
15			71 Guide Tube	46	3,831	Manual	Rp. 14,47	Rp2,476,65
16			22 Lifting Bar Capella Neth	42	2,701	Manual	Rp. 14,47	Rp1,595,58
17	CNC Turning (CL)	CNC Turning (CL)	72 Guide Tube	36	2,701	Manual	Rp. 14,47	Rp1,367,64
18			81 Scintille Handle Bush	12	2,701	Manual	Rp. 14,47	Rp373,77
19	Cutting Machine	CNC Milling (MCV)	32 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	46	1,731	Manual	Rp. 14,47	Rp11,995
20			52 Lock Mount Plate (0.3)	1	10,713	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp154,93
21	Tapping Machine	Tapping Machine	62 Front Bolt	21	4,473	Manual	Rp. 14,47	Rp92,28
22			72 Guide Tube	42	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp3,563,33
23	CNC Turning (UT)	CNC Turning (UT)	73 Guide Tube	36	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp1,162,57
24			83 Scintille Handle Bush	24	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp742,75
25			25 Lifting Bar Capella Neth	12	4,431	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp58,665
26		Meja Inspeksi	72 Guide Tube	42	4,431	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp613,68
27			85 Scintille Handle Bush	84	4,431	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp2,963,69
28			24 Lifting Bar Capella Neth	42	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp1,356,33
29	CNC Turning (UT)	CNC Turning (CL)	74 Guide Tube	36	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp1,162,57
30			86 Scintille Handle Bush	24	2,296	Manual	Rp. 14,47	Rp742,75
31	Milling Manual	Tapping Machine	34 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	46	1,655	Manual	Rp. 14,47	Rp1,070,78
32			47 Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	6,742	Manual	Rp. 14,47	Rp2,560,34
33		Meja Inspeksi	35 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	31	21,087	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp444,487
34	Tapping Machine		44 Lifting Bolt	14	9,087	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp4,560,67
35			45 Lock Mount Plate Assy. Top Lock	14	13,132	Hand Trolley	Rp. 14,46	Rp2,181,18
36	Scrap Machine	Scrap Machine	43 Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	2,292	Manual	Rp. 14,47	Rp1,060,29
37	Scrap Machine	Tapping Machine	44 Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	19,775	Manual	Rp. 14,47	Rp2,700,46
38			26 Lifting Bar Capella Neth	42	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp409,75
39			26 Lifting Bar Capella Neth	42	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp920,37
40			36 Vertical, Bolt KS MK II sz 1	46	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp1,000,62
41			43 Lock Mount Plate Assy. Top Lock	27	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp91,67
42	Meja Inspeksi	Meja Packing	54 Lock Mount Plate (0.3)	1	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp241,05
43			64 Front Bolt	8	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp175,31
44			76 Guide Tube	36	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp788,89
45			86 Scintille Handle Bush	24	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp501,01
			Total OMH	231	1,558	Manual	Rp. 14,47	Rp10,003,87

Jarak tempuh untuk perpindahan dari *receiving* hingga perpindahan *material* dihitung berdasarkan urutan proses dari delapan jenis produk yang digunakan dalam penelitian. Jarak yang dihitung berdasarkan perpindahan meja *packing* dan siap untuk dilakukan pengiriman produk. Perbandingan jarak tata letak *by process* dan fraktal dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Jarak Tata Letak *by Process* dan Fraktal

No	Produk	Aliran		Jarak Tata Letak Awal	Jarak Tata Letak Usulan	Minimisi Jarak		Presentase Perubahan Jarak		
		Dari	Ke							
1	PAD 3 Hole	Receiving	Cutting Plasma	6,11	10,382	-4,272		-2,157	-5,18%	
		Cutting Plasma	Drilling Machine	10,295	3,822	6,473				
		Drilling Machine	CNC Milling (MCV)	9,836	7,015	2,821				
		CNC Milling (MCV)	Meja Inspeksi	11,098	18,857	-7,759				
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580				
2	Lifting Bar Capella Netto	Receiving	Cutting Machine	10,823	6,148	4,675		49,844	71,95%	
		Cutting Machine	CNC Turning (CL)	18,023	2,701	15,322				
		CNC Turning (CL)	CNC Turning (UT)	5,729	2,296	3,433				
		CNC Turning (UT)	CNC Turning (CL)	5,729	2,296	3,433				
		CNC Turning (CL)	Meja Inspeksi	26,832	4,431	22,401				
3	Vertical Bolt KS MK III sa 1	Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580		18,506	26,33%	
		Receiving	Cutting Machine	10,823	21,933	-11,110				
		Cutting Machine	CNC Milling (MCV)	3,774	1,731	2,043				
		CNC Milling (MCV)	Milling Manual	19,528	3,831	15,697				
		Milling Manual	Tapping Machine	17,998	1,655	16,343				
4	Lock Mount Plate Assy. Top Lock	Tapping Machine	Meja Inspeksi	16,02	21,067	-5,047		48,624	48,26%	
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580				
		Receiving	Cutting Plasma	6,11	1,676	4,434				
		Cutting Plasma	Stamping Machine	19,604	3,897	15,707				
		Stamping Machine	Scrap Machine	20,163	2,792	17,371				
5	Lock Mount Plate (0.3)	Scrap Machine	Tapping Machine	3,484	19,775	-16,291		48,624	48,26%	
		Tapping Machine	Drilling Machine	1,408	14,132	-12,724				
		Drilling Machine	Milling Manual	19,4	1,468	17,932				
		Milling Manual	Meja Inspeksi	28,457	6,742	21,715				
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580				
6	Front Bolt	Receiving	Cutting Machine	10,823	8,479	2,344		49,833	-16,366	-33,45%
		Cutting Machine	CNC Milling (MCV)	3,774	10,713	-6,939				
		CNC Milling (MCV)	Meja Inspeksi	11,098	18,857	-7,759				
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580				
		Receiving	Cutting Machine	10,823	21,933	-11,110				
7	Guide Tube	Cutting Machine	Tapping Machine	3,586	4,375	-0,789		49,844	71,95%	
		Tapping Machine	Meja Inspeksi	16,02	21,067	-5,047				
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580				
		Receiving	Cutting Machine	10,823	6,148	4,675				
		Cutting Machine	CNC Turning (CL)	18,023	2,701	15,322				
8	Spindle Handle Bush	CNC Turning (CL)	CNC Turning (UT)	5,729	2,296	3,433	49,844	49,844	71,95%	
		CNC Turning (UT)	CNC Turning (CL)	5,729	2,296	3,433				
		CNC Turning (CL)	Meja Inspeksi	26,832	4,431	22,401				
		Meja Inspeksi	Meja Packing	2,138	1,558	0,580				
		Receiving	Cutting Machine	10,823	6,148	4,675				
TOTAL				478,744	292,379	186,365	38,93%			

Keterangan:
Nilai (-) menandakan bahwa jarak yang dihasilkan pada tata letak usulan lebih jauh dibandingkan dengan tata letak awal.

Keterangan:
 Nilai (-) menandakan bahwa jarak yang dihasilkan pada tata letak usulan lebih jauh dibandingkan dengan tata letak awal.
 Nilai (+) menandakan bahwa jarak yang dihasilkan pada tata letak usulan lebih dekat dibandingkan dengan tata letak awal.

OMH pada tata letak fraktal lebih kecil dibandingkan dengan OMH pada tata letak *by process*. Dapat terlihat pada Tabel 2 dan Tabel 8 bahwa perubahan ongkos *material handling* adalah dari Rp 259.872,51/minggu menjadi Rp

102.003,87/minggu, sehingga minimasi yang dihasilkan adalah sebesar 60,75%. Berdasarkan OMH yang telah didapatkan, maka tata letak fraktal merupakan tata letak yang lebih baik untuk diterapkan oleh manufaktur *spare part*.

Kelebihan yang didapatkan dari tata letak fraktal berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini dapat dilihat dari segi kuantitatif dan kualitatif yang seperti pada Tabel 10 berikut ini:

Tabel 10. Kelebihan Tata Letak Fraktal

Kuantitatif	
Penghematan OMH :	60,75%
Penghematan Jarak :	38,93%
Kualitatif	
Penghematan OMH → Jarak Lebih Dekat → Waktu Setup Berkurang → Produktivitas Meningkat → Due Date Terpenuhi atau Lebih Cepat → Konsumen Puas → Adanya Re-order dari Konsumen → Profit	

Tata letak fraktal memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi. Dalam hal ini adalah jika manufaktur mendapatkan jenis produk dengan urutan proses yang berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan, tetap akan dapat diproduksi dengan menggunakan tata letak ini. Hal itu dikarenakan pada tata letak usulan ini mesin-mesin sudah dialokasikan secara merata ke tiga fraktal sehingga untuk masing-masing fraktal memiliki jenis mesin yang berbeda-beda.

Ketika mendapatkan produk baru dengan urutan proses yang baru, produk tersebut dapat

dialokasikan untuk diproduksi di salah satu fraktal. Pengalokasian yang dilakukan adalah dengan melihat fraktal yang dapat memenuhi kebutuhan mesin paling banyak terhadap produk tersebut. Terdapat dua kondisi kemungkinan yang akan terjadi pada proses produksi dengan tata letak fraktal ini. Kondisi pertama adalah produk dapat dilakukan proses produksi langsung pada salah satu fraktal karena seluruh jenis mesin yang dibutuhkan untuk produk tersebut sudah tersedia di salah satu fraktal. Kondisi kedua adalah ketika terdapat mesin yang tidak tersedia pada fraktal terpilih karena mesin tersebut ada di fraktal lain. Pada kondisi ini maka proses produksi dapat dilakukan dengan meminjam mesin yang paling dekat dengan fraktal terpilih atau paling dekat dengan proses sebelumnya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah tata letak fraktal terbukti dapat digunakan untuk merancang tata letak fasilitas produksi serta

mengurangi OMH dan jarak perpindahan material. Dalam studi kasus sebuah manufaktur *spare part* yang digunakan dalam penelitian ini, tata letak fraktal mampu menghemat OMH sebesar Rp. 157.868,64/minggu atau sebesar 60.75%/minggu dan penghematan total jarak perpindahan sebesar 186,365 meter/minggu atau sebesar 38,93%/minggu.

Terdapat tiga sel fraktal yang ada disusun berdasarkan bentuk dari rantai produksi yang dimiliki perusahaan yaitu berbentuk "L" terbalik. Pengalokasian mesin ke dalam fraktal mempertimbangkan beberapa hal, seperti penggunaan mesin untuk memproses suatu produk, dimensi mesin atau kesulitan pemindahan mesin dan keseimbangan pengalokasian mesin pada fraktal.

Penelitian lanjutan yang dapat diberikan adalah penggunaan ukuran kinerja lainnya selain berdasarkan jarak dan OMH, seperti waktu perpindahan, efisiensi pekerjaan, atau tingkat produktivitas pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, F., & Sunarni, T. (2019). *Usulan Perbaikan Tata Letak dengan Menggunakan Metode Fraktal (Studi Kasus di Perusahaan Mebel X)*. <http://ojs.atmajaya.ac.id/index.php/metris>
- Apple, J. M. (1990). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*. ITB.
- Diaz, A. G., & Smith, J. M. (2008). *Facilities Planning and Design*. Pearson International Ed. Prentice Hall.
- Heragu, S. (1997). *Facilities Design*. PWS Publishing Company.
- Santoso, S., & Halim, C. (2012). *Usulan Tata Letak Fraktal untuk Pabrik Baru dari CV Prima Bangun Nusantara. Inasea, 13(2)*.
- Santoso, S., & Heryanto, R. M. (2020). *Perancangan Tata Letak Fasilitas* (1st ed., Vol. 1). Alfabeta.
- Stephens, M. P., & Meyers, F. E. (2019). *Manufacturing Facilities Design and Material Handling* (6th ed.).
- Suhada, K., Arisandhy, V., & Cahyadi, D. A. (2012). *Usulan Perbaikan*

Tata Letak Mesin dengan
Menggunakan Metode Fraktal
(Studi Kasus di PT." X", Cimahi).
Integra, 1(1).

Wignjosoebroto, S. (1996). *Tata
Letak Pabrik dan Pemindahan
Bahan* (3rd ed.). Guna Widya.