



Re-Layout Galangan dengan Penerapan Algoritma CRAFT untuk Meningkatkan Efektivitas Galangan

Muhammad Fuadi Irsyad¹⁾, Imam Pujo Mulyatno¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾

¹⁾ Laboratorium Teknologi Material, dan Produksi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail :muhammadfuadiirsyad@students.undip.ac.id

Abstrak

Galangan kapal, memiliki peran dalam mendorong pertumbuhan ekonomi masyarakat dan merupakan sektor bisnis yang menjanjikan bagi industri perkapalan di Indonesia. Keberhasilan pembangunan kapal dipengaruhi oleh efisiensi dan efektifitas kerja. Salah satu cara meningkatkan efektifitas yaitu mempersingkat waktu material handling dan mempersingkat jarak antar fasilitas yang jauh. Dalam hal ini dilakukan dengan cara re-layout galangan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efektifitas material handling alternatif layout jika dibandingkan dengan existing layout. Penelitian ini menggunakan metode algoritma CRAFT dengan objek penelitian PT. Batamec Shipyard. Berdasarkan penelitian, dihasilkan alternatif layout yang lebih singkat dan efisien. Alternatif layout memiliki perubahan jarak pada departemen new building dari 8661,38 m menjadi 6642,81 m atau berubah sebesar 23,3%. Jarak rectilinear material handling departemen repair pada alternatif layout berubah dari 1556,21 m menjadi 1471,08 m atau berubah sebesar 5,4%. Waktu rectilinear material handling departemen new building berubah dari 255 menjadi 195 dan departemen repair berubah dari 46 menit menjadi 43 menit. Sementara itu, setelah menghitung investasi lahan dan fasilitas yang ada. Dengan asumsi pembangunan dilakukan pada lahan baru, alternatif layout dapat menghemat investasi lahan dibanding existing layout dari Rp 553.500.000.000,00 menjadi Rp. 469.500.000.000 atau mengalami perubahan sebesar Rp. 84.000.000.000,00 dan estimasi investasi fasilitas sebesar Rp. 187.393.262.000,00

Kata Kunci : Shipyard Layout, CRAFT, From to Chart, Facilities, Investasi

1. PENDAHULUAN

Seiring waktu teknologi dalam industri perkapalan terus mengalami kemajuan pesat. Galangan kapal yang berperan sebagai fasilitas pembuatan kapal memiliki peran krusial dalam mendorong pertumbuhan ekonomi serta menjadi sektor bisnis yang sangat potensial bagi industri perkapalan di Indonesia. Galangan dapat mencapai keuntungan maksimal dengan menerapkan pengelolaan optimal sumber daya, tenaga kerja, peralatan, bahan mentah dan sebagainya [1].

Kemajuan galangan dipengaruhi oleh keahlian dan teknologi yang semakin terspesialisasi. Hal tersebut mempengaruhi kualitas pelayanan [2]. Salah satu aspek yang mempengaruhi keberhasilan pembangunan kapal adalah efisiensi dan efektifitas dalam proses produksi. Efektivitas kerja berperan

mengurangi waktu tunggu dalam *material handling* dan memperpendek jarak antar fasilitas yang ada. Salah satu langkah strategis yang bisa dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut adalah dengan mengubah tata letak fasilitas di galangan kapal.

Tata letak fasilitas berpengaruh terhadap penanganan material dan secara langsung mempengaruhi kelancaran proses produksi di perusahaan galangan. Pengaturan tata letak yang efektif tidak hanya dapat menekan biaya *material handling*, tetapi juga meningkatkan produktivitas secara keseluruhan [3].

PT. Batamec Shipyard memiliki jarak antar fasilitas yang jauh dan pemanfaatan lahan yang belum optimal mempengaruhi waktu *material handling* dan secara tidak langsung memperlambat proses produksi kapal.

Masalah yang dihadapi PT. Batamec Shipyard dapat diatasi dengan menata ulang tata letak fasilitas galangan guna mencapai efektivitas yang lebih optimal dengan menggunakan metode CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique).

Sebagai perbandingan, penelitian tentang tata letak fasilitas galangan kapal PT Yasa Wahana Tirta Samudera yang menggunakan metode *Systematic Layout Planning*. *Alternative layout 1* memiliki perubahan jarak *Rectilinear* dan *Euclidean* dari *Material Handling facility – graving dock* menjadi 111,9 m dan 95,7 m atau berubah sebesar 52,6% dan 52,4% dengan waktu menjadi 7 menit dan 6 menit atau berubah sebesar 53,3% dan 53,8%, jarak *Rectilinear* dan *Euclidean* dari *Material Handling facility – building berth* menjadi 142,4m dan 127,9 m atau berubah sebesar 46,4% dan 44,8% dengan waktu menjadi 9 menit dan 8 menit atau berubah sebesar 43,7% dan 42,8% [4].

Selanjutnya penelitian tentang tata letak fasilitas galangan kapal PT. Samudra Marine Indonesia 1 departemen *new building* yang menggunakan metode BLOCPLAN. *Alternative layout* memiliki mengalami perubahan jarak total *rectilinear* dari *material handling facility – bonded area* sebesar 846,3 m menjadi 1281,7 m atau mengalami perubahan sebesar 33,97% .Biaya modal investasi pada *alternative layout* yang memiliki luas sebesar 13 Ha bernilai sebesar Rp. 174,250.000.000 [5].

Pada penelitian tentang tata letak PT. Legenda Bintang Bola menggunakan metode algoritma CRAFT. Jarak tempuh material handling untuk existing layout adalah sebesar 777,5 m serta biaya material handling sebesar Rp. 35.731.936. Setelah dilakukan perancangan, dihasilkan layout alternatif yang memiliki jarak material handling sebesar 603,5 m atau turun sebesar 22,3% dari jarak tempuh awal. Sedangkan untuk biaya material handling mengalami penurunan Rp. 25.001.448 atau berubah 30,3% [6].

Penelitian lain tentang tata letak fasilitas galangan kapal fiberglass PT.Merpati Marine Service menggunakan metode algoritma CRAFT. *Layout* alternatif 1 mampu memperkecil jarak material handling sebesar 111,71 m dan menekan ongkos *material handling* dari Rp. 462.072 menjadi Rp. 419.174 atau berubah sebesar 9,28%. *Layout* alternatif 2 menunjukkan penurunan jarak *material handling* sebesar 58,99 m serta mampu menekan ongkos *material handling* dari Rp. 462.072 menjadi Rp 439.420 atau berkurang sebesar 4,9% [7].

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan penelitian dengan menggunakan

metode CRAFT , yang berjudul “Re-Layout galangan dengan penerapan algoritma CRAFT untuk Meningkatkan Produktivitas Galangan”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai perubahan *material handling* berdasarkan pada existing layout PT Batamec Shipyard dan menentukan perubahan *layout* untuk mendapatkan nilai jarak dan waktu Material Handling yang lebih baik.

Metode CRAFT yang diterapkan akan menghasilkan tata letak galangan yang terorganisir dan terkomputerisasi. Penelitian ini diharapkan dapat membantu PT. Batamec Shipyard dalam merancang ulang tata letaknya sehingga dapat meningkatkan efektivitas *material handling* dan memperlancar proses produksi.

2. METODE

2.1. Material Handling

Material handling merupakan proses manufaktur dan distribusi material dalam jumlah tepat, waktu yang sesuai dan tempat yang cocok. *Material handling* memiliki tujuan utama yaitu mengurangi biaya produksi perusahaan. *Material handling* yang kurang optimal dapat mempengaruhi perpindahan material, sehingga proses produksi terhambat. Hal tersebut dapat merugikan perusahaan karena produksi yang lama memiliki biaya produksi yang mahal [8].

Sistem *material handling* memiliki tumpuan utama yaitu peralatan *material handling*. Peralatan tersebut memiliki karakteristik, fungsi dan harga yang berbeda. Peralatan *material handling* terdiri dari beberapa jenis fungsi, seperti penerimaan, pengiriman, perakitan, pengecatan dan pergudangan.

2.2. Produktivitas

Produktivitas merupakan konsep yang bersifat universal dan bertujuan untuk menyediakan lebih banyak barang dengan penggunaan sumber material yang semakin sedikit. Produktivitas dapat ditentukan oleh tiga faktor, yaitu manusia, mesin dan tata letak fasilitas [9].

2.3. From to Chart

Diagram *from to chart* merupakan adaptasi mileage chart yang angka-angka dalam chart nya menunjukkan biaya total dari *material handling* untuk tiap-tiap perpindahan yang terjadi [10]. Biaya yang terdapat dalam diagram *from to chart* didapat dari biaya penanganan material oleh alat berat seperti *crane*, *forklift* dan *truck semitrailer*.

Setelah menghitung biaya penanganan material per meter, biaya tersebut dikali dengan jarak yang ditempuh setiap harinya.

2.4. CRAFT (*Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*)

CRAFT merupakan algoritma berbasis komputer yang membantu menentukan pengaturan terbaik fasilitas atau area kerja di suatu lokasi. Metode ini berfungsi untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan aktivitas-aktivitas perkantoran, seperti produksi, pergudangan, transportasi, dan lainnya [11].

CRAFT memperkirakan biaya yang dikeluarkan berdasarkan tata letak awal sebagai MHC (*material handling cost*) sehingga nantinya dilakukan pertukaran departemen. Tujuan utama perubahan antar departemen adalah untuk mengurangi biaya perpindahan material [12].

2.5. Investasi

Investasi merupakan kegiatan penanaman modal untuk jangka waktu tertentu, yang diikuti oleh sejumlah pengeluaran yang harus dipersiapkan secara berkala, untuk mendapatkan suatu keuntungan atau penambahan nilai [13].

Penelitian dimulai dengan menghitung efektivitas Penelitian dimulai dengan menghitung efektifitas *existing layout* PT. Batamec Shipyard, perhitungan jarak dilakukan dengan metode *rectilinear*. Langkah berikutnya, hasil perhitungan efektifitas *existing layout* tersebut akan menjadi pedoman untuk pembuatan *alternative layout* PT Batamec Shipyard. Perhitungan jarak dan waktu *rectilinear* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (1)$$

Di mana x_i menunjukkan koordinat x dari fasilitas i, x_j adalah koordinat x dari fasilitas j, y_i merujuk pada koordinat y dari fasilitas i, dan y_j adalah koordinat y dari fasilitas j

$$V = \frac{\Delta r}{\Delta t} \quad (2)$$

Dimana Δr adalah perpindahan benda dalam satuan meter, Δt adalah lama waktu benda berpindah dalam satuan detik dan V adalah kecepatan benda berpindah dalam satuan m/s.

Penyusunan tata letak alternatif menggunakan metode algoritma CRAFT memiliki langkah kompleks seperti berikut:

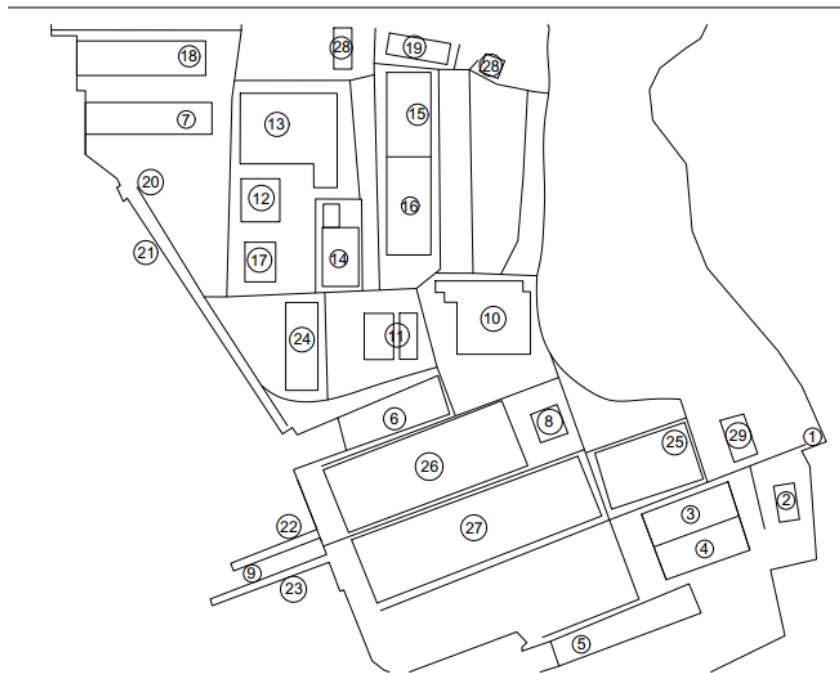
1. Menganalisis *flow material*
Proses ini biasanya melibatkan penggunaan peta atau diagram, seperti *from-to chart*, untuk mengevaluasi aliran material di dalam sebuah fasilitas.
2. Pembuatan *from to chart*
FTC dibuat berdasarkan harga *material handling* antar departemen galangan.
3. Pembuatan *alternative layout*
Alternatif tata letak galangan ini dirancang menggunakan metode CRAFT. Setelah memperoleh iterasi terbaik, alternatif *layout* akan digambar menggunakan AutoCAD 2024 dengan pertimbangan jarak *rectilinear* antar *workstation*.
4. Perhitungan efektivitas *existing layout* dan pembuatan *alternative layout*
Perhitungan ini didasarkan pada data *material handling*, di mana jarak dan waktu antar *workstation* diperlukan untuk menghitung kebutuhan *material handling*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Efektivitas dan Analisis *Material handling* pada *Existing Layout*

Material handling yang ada pada galangan PT. Batamec Shipyard dibagi menjadi 2, yaitu *material handling* departemen *new building* dan *material handling* departemen *repair*. Jalur *material handling* departemen *new building*, yaitu *storage - blasting - workshop CNC - assembly area 1-4; workshop 2;6-7 - slipway 1-3*. Departemen *repair* memiliki jalur *material handling* yang berbeda, yaitu *storage - workshop CNC - syncrolift/graving dock*.

Berikut merupakan *existing layout* dari PT. Batamec Shipyard dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Existing layout PT. Batamec Shipyard

Koordinat workstation dari existing layout PT. Batamec Shipyard didapat dengan menggunakan persamaan (1). Koordinat tersebut dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Koordinat workstation existing layout

Titik	Nama Station	Koordinat	
		x	y
1	Storage/Warehouse	665,39	624,96
2	Workshop 4 (CNC)	556,67	873,61
3	Blasting	541,34	595,93
4	Workshop 5 (Piping)	556,67	752,41
5	Workshop 1 (Electrical)	370,86	766,55
6	Workshop 2 (Hull)	406,19	856,82
7	Workshop 3 (Mechanical)	471,15	695,39
8	Workshop 6	909,5	371,85
9	Workshop 7	924,15	329,82
10	Graving Dock	221,5	944,96
11	Assembly Area 1	422,65	583,11
12	Assembly Area 2	856,4	435,08
13	Assembly Area 3	578,23	429,34
14	Assembly Area 4	641,1	354,21
15	Slipway 3	230,84	849,44
16	Slipway 1	538,35	499,69
17	Slipway 2	827,33	232,04
18	Sincrolift	561,67	423,7
19	Piping Workshop	586,6	956,78

Material handling pada existing layout PT. Batamec Shipyard dibantu oleh alat berat seperti forklift, crawler crane dan truck semitrailer. Forklift digunakan pada semua workstation untuk membawa material karena memiliki fleksibilitas dalam di ruang sempit. Crawler crane digunakan pada area terbuka seperti assembly area untuk mengangkat block-block maupun struktur besar. Selanjutnya, truck semitrailer digunakan untuk membawa block-block dari assembly area menuju slipway. Penggunaan ketiga alat berat tersebut akan menunjang proses maupun efisiensi material handling.

Material handling yang ada di PT. Batamec Shipyard terbagi atas 2 departemen yaitu departemen new building dan departemen repair.

Material handling pada departemen new building memiliki material handling facility yaitu Storage – Blasting – CNC – Assembly Area 1-4; Workshop 2;6-7 – Slipway 1-3.

Jarak dan waktu material handling departemen new building secara rectilinear dapat menggunakan persamaan (2). Adapun hasil material handling dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 sebagai berikut

Tabel 2. Perhitungan *material handling* departemen *new building existing layout*

No	Aliran Material		Rectilinear	Titik 4	Titik 3-4	Titik 5	Titik 4-5	Total (meter)
	Titik 1-2	Titik 3						
1				Assembly Area 1	131,51		199,12	971,03
2				Assembly Area 3	203,48	Slipway 1	110,23	954,11
3				Assembly Area 4	341,48		248,23	1230,11
4	Storage - CNC	Blasting	640,4	Assembly Area 2	475,91		232,11	1348,42
5				Workshop 6	592,24	Slipway 2	221,98	1454,62
6				Workshop 7	648,92		194,6	1483,92
7				Workshop 2	396,04	Slipway 3	182,73	1219,17

Tabel 3. Perhitungan waktu *material handling* departemen *new building existing layout*

No	Aliran Material			Kecepatan	Waktu (menit)
	Titik 1-2	Titik 3	Titik 4		
1	Assembly Area 1				29
2	Assembly Area 3 Slipway 1				28
3	Assembly Area 4				36
4	Storage-CNC	Assembly Area 2		2 km/jam = 0,566 m/s	40
5	Workshop 6	Slipway 2			43
6	Workshop 7				44
7	Workshop 2	Slipway 3			36

Tabel 4. Perhitungan *material handling* departemen *repair existing layout*

No	Aliran Material		Rectilinear	Titik 3	Titik 2-3	Total (meter)
	Titik 1	Titik 2				
1				Graving Dock	454,91	802,3
2	Storage	CNC	347,39	Sincrolift	406,52	753,91

Tabel 5. Perhitungan waktu *material handling* departemen *repair existing layout*

No	Aliran Material			Kecepatan	Total (menit)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		
1	Storage	CNC	Graving Dock	2 km/jam =	24
2			Sincrolift	0,566 m/s	22

Material handling pada departemen *repair* yaitu *Storage- CNC – Graving Dock; Syncrolift*. Jarak dan waktu *material handling* departemen *repair* dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5 berikut:

Pada *existing layout* terdapat biaya *material handling* sebesar Rp.100.082.530 dengan total jarak 10217 meter. Biaya tersebut didapat dari akumulasi nilai yang ada pada tabel *from to chart*.

3.2. Diagram *From to Chart*

Adapun biaya penanganan material menggunakan alat berat seperti *forklift*, *crawler crane* dan *semitrailer* di PT. Batamec Shipyard dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Perhitungan peralatan penanganan material

Elemen	Jumlah		
	Forklift	Crawler Crane	Truck Semitrailer
Depresiasi/Tahun (Rp)	64.480.000	500.000.000	37.766.800
Hari Kerja/Bulan	26	26	26
Jam Kerja/Hari	8	8	8
Biaya Perbaikan/Bulan (Rp)	7.500.000	15.000.000	7.500.000
Biaya Operator/Bulan (Rp)	3.500.000	10.000.000	3.500.000
Depresiasi/Hari (Rp)	206.667	1.602.564	121.047
Biaya Perbaikan/Hari (Rp)	288.462	576.923	288.462
Biaya Operator/Hari (Rp)	34.615	384.615	134.615
Total Biaya/Hari (Rp)	629.744	2.564.103	44.124
Total Jarak (meter)	8828,59	676	446
Biaya Penanganan Material/meter (Rp)	71	3.793	1.220

Setelah memperoleh perhitungan biaya material, selanjutnya dicari aliran material antar

workstation yang ada di PT. Batamec Shipyard. Aliran material tersebut digunakan untuk mencari

nilai matriks *from to chart*. Matriks *from to chart* PT. Batamec Shipyard dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Matrix *from to chart* dengan satuan Rp

From / To	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
A		122.653																	
B				24.409		144.473		36.502	39.995			8.105	29.332	12.541	21.047				
C																			
D															693.104				
E				13.953				46.958	50.451	30.769	9.909	39.788	22.997	31.503					18.993
F				10.309				52.671	56.165	25.055	8.105	29.332	28.711	37.216					24.706
G								45.201	48.695			18.695	38.031	21.241	29.746	26.062	16.705	48.754	
H																			270.818
I																			237.414
J				17.280				55.953	59.446			33.135	48.783	40.497	40.497	28.542	31.146	59.505	
K																			
L																	242.928		
M																			283.176
N																			134.482
O																			302.843
P																			
Q																			
R																			
S																			

Alfabet pada *from to chart* diatas mewakili *workstation* yang ada di PT.Batamec Shipyard sebagai berikut :

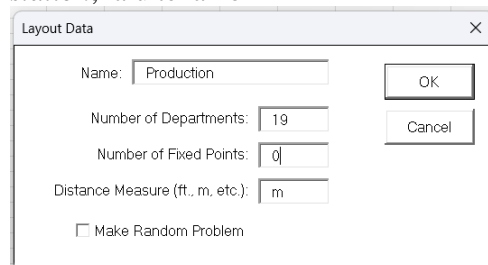
- | | |
|-----------------------------|------------------|
| A : Storage | K : Graving Dock |
| B : Blasting Chamber | L : Assembly 1 |
| C : Workshop 1(Electrical) | M : Assembly 2 |
| D : Workshop 2(Hull) | N : Assembly 3 |
| E : Workshop 3 (Mechanical) | O : Assembly 4 |
| F : Workshop 4 (CNC) | P : Slipway 3 |
| G : Workshop 5 (Pipe) | Q : Slipway 1 |
| H : Workshop 6 | R : Slipway 2 |
| I : Workshop 7 | S : Sincrolift |
| J : Piping Workshop | |

3.3. Desain Layout Alternatif dengan Algoritma CRAFT

Proses ini dilakukan secara berulang hingga ditemukan tata letak optimal dengan biaya penanganan material yang paling rendah.

Langkah-langkah penggunaan algoritma CRAFT adalah sebagai berikut:

1. Input jumlah *workstation* dan jumlah *fix station*, lalu tekan ok



Gambar 2. Tampilan awal *layout.exe*

2. Mengisi skala serta ukuran *Area* yang digunakan pada *layout.exe*

Tabel 8. Skala dan *Area* yang digunakan

Scale-m/unit	10	Cells
Length-m	500	50
Width-m	500	50
Area-sq.m	250000	2500

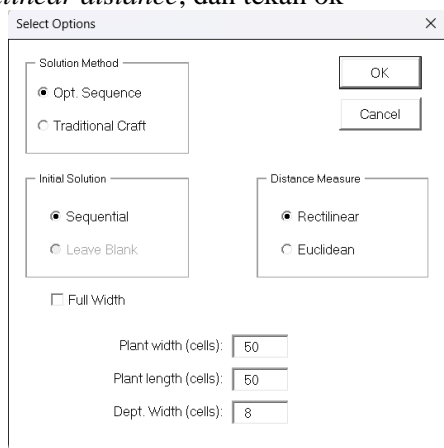
1 *cells* mewakili 10 meter pada dimensi yang telah direncanakan

3. Mengisi halaman nama departemen dan luas departemen yang ada

Tabel 9. Luas masing-masing *workshop*

Dept	Name	F/V	Area	Cells
Dept. 1	Storage/Warehouse	V	8800	88
Dept. 2	Blasting Chamber	V	2000	20
Dept. 3	Workshop 1 (Electical)	V	1200	12
Dept. 4	Workshop 2 (Hull)	V	8000	80
Dept. 5	Workshop 3 (Mechanical)	V	2400	24
Dept. 6	Workshop 4 (CNC)	V	6800	68
Dept. 7	Workshop 5 (Piping)	V	4000	40
Dept. 8	Workshop 6	V	2800	28
Dept. 9	Workshop 7	V	2800	28
Dept. 10	Piping Workshop	V	2800	28
Dept. 11	Graving Dock	V	6000	60
Dept. 12	Assembly Area1	V	4400	44
Dept. 13	Assembly Area2	V	8800	88
Dept. 14	Assembly Area3	V	17500	175
Dept. 15	Assembly Area4	V	15600	156
Dept. 16	Slipway 3	V	7200	72
Dept. 17	Slipway 1	V	4800	48
Dept. 18	Slipway 2	V	10000	100
Dept. 19	Sincrolift	V	2000	20

4. Input biaya *material handling* yang ada pada tabel 6
5. Pada *layout.exe* pilih menu *define layout*, lalu pilih *optimal sequence* dengan *rectilinear distance*, dan tekan ok



Gambar 3. Menu *layout.exe*

6. Selanjutnya pilih menu *solve, do not stop* menu lalu tekan ok. Akan muncul *initial layout* dengan *initial cost*



Gambar 4. Menu pilihan untuk iterasi

7. Dari iterasi yang muncul akan dipilih *layout* dengan *final cost* terendah.

Pada iterasi tersebut iterasi terbaik adalah iterasi ke 8

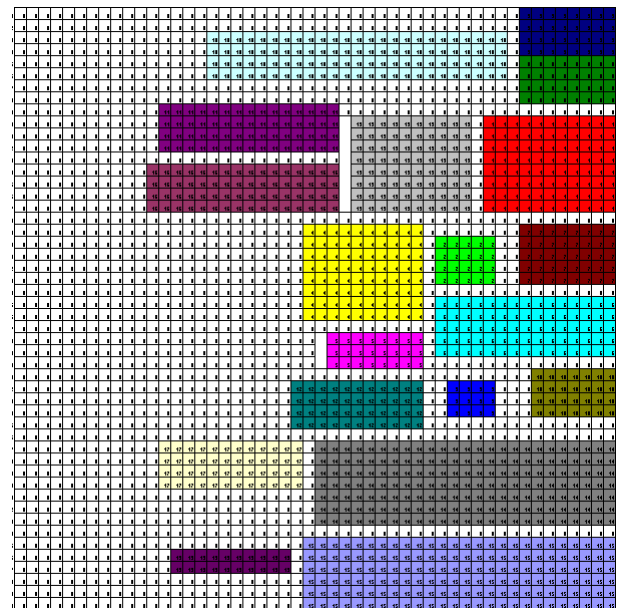
Tabel 10. Hasil iterasi *layout.exe*

Iterations 8			
iter.	Type	Action	Cost
1	Switch	6 and 3	205207936
2	Switch	18 and 14	174601632
3	Switch	16 and 15	156700464
4	Switch	17 and 11	147235552
5	Switch	19 and 11	139953152
6	Switch	5 and 4	136526128
7	Switch	3 and 5	136206672
8	Switch	7 and 5	135608208

3.4. Desain *Layout Alternatif*

Setelah memperoleh tata letak terbaik dari hasil iterasi, langkah berikutnya adalah merancang ulang tata letak tersebut menggunakan metode *CRAFT*.

Berikut merupakan hasil terbaik *layout* dari algoritma *CRAFT*. Dengan beberapa station memiliki kode nama pada autocad, yaitu:



Gambar 5. *Layout* hasil algoritma *CRAFT*

Tabel 11. Warna yang mewakili masing-masing *workshop*

Nama Fasilitas	No / Warna	Luas (m ²)
Storage/Warehouse	1 (Red)	8800
Blasting Chamber	2 (Green)	2000
Workshop 1 (Electical)	3 (Blue)	1200
Workshop 2 (Hull)	4 (Yellow)	8000
Workshop 3 (Mechanical)	5 (Magenta)	2400
Workshop 4 (CNC)	6 (Cyan)	6800
Workshop 5 (Piping)	7 (Brown)	4000
Workshop 6	8 (Dark Green)	2800

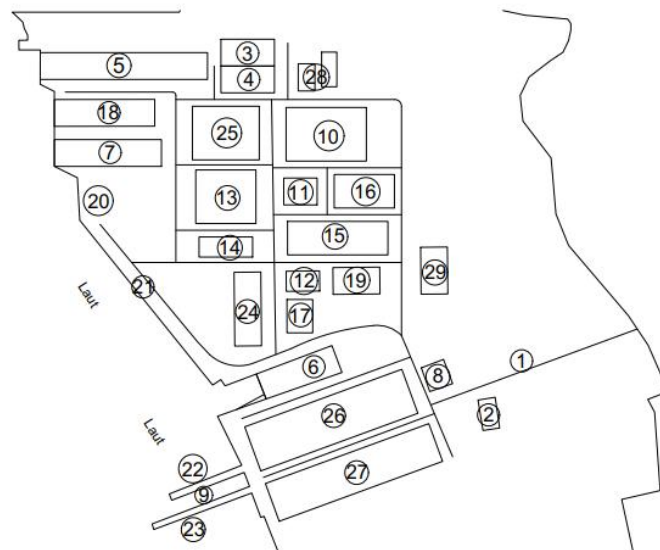
<i>Workshop 7</i>	9	2800
<i>Piping Workshop</i>	10	2800
<i>Graving Dock</i>	11	6000
<i>Assembly Area 1</i>	12	4400
<i>Assembly Area 2</i>	13	8800
<i>Assembly Area 3</i>	14	17500
<i>Assembly Area 4</i>	15	15600
<i>Slipway 3</i>	16	7200
<i>Slipway 1</i>	17	4800
<i>Slipway 2</i>	18	10000
<i>Sincrolift</i>	19	20

Tabel 11 menggambarkan workstation di galangan dengan menggunakan elemen warna, nomor, dan luas area. Tabel ini memberikan informasi terstruktur yang mengenai distribusi fasilitas kerja di galangan, mulai dari area

penyimpanan (storage/warehouse) hingga slipway. *Workshop-workshop* pada iterasi terbaik dari algoritma CRAFT yang diwakili oleh tabel 11, selanjutnya akan dikelola hingga akhirnya terbentuk sebuah layout.

Pembuatan *layout* alternatif akan mengalami penyesuaian karena harus mengikuti kemiringan lahan. Penyesuaian ini mengakibatkan perubahan pada posisi *workstation* sehingga *material handling* menjadi lebih dekat dan efisien. Hal tersebut sesuai dengan *from to chart* yang telah dihitung sebelumnya.

Alternatif *layout* akan disusun menggunakan aplikasi AutoCAD 2024, dan berikut adalah hasil pembuatan layout alternatif tersebut di AutoCAD:



Gambar 6. *Layout* alternatif PT. Batamec Shipyard

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1. <i>Main Gate</i> | 16. <i>Workshop 5 (Piping)</i> |
| 2. <i>Main Office</i> | 17. <i>Engineering Dept</i> |
| 3. <i>Workshop 6</i> | 18. <i>Graving Dock</i> |
| 4. <i>Workshop 7</i> | 19. <i>Piping Workshop</i> |
| 5. <i>Slipway 1</i> | 20. <i>Bollard Pull Area</i> |
| 6. <i>Slipway 2</i> | 21. <i>Wharf 1</i> |
| 7. <i>Slipway 3</i> | 22. <i>Wharf 2</i> |
| 8. <i>HSE Dept</i> | 23. <i>Wharf 3</i> |
| 9. <i>Syncrolift</i> | 24. <i>Assembly Area 1</i> |
| 10. <i>Warehouse</i> | 25. <i>Assembly Area 2</i> |
| 11. <i>Blasting Chamber</i> | 26. <i>Assembly Area 3</i> |
| 12. <i>Workshop 1 (Electrical)</i> | 27. <i>Assembly Area 4</i> |
| 13. <i>Workshop 2 (Hull)</i> | 28. <i>TPS (Tempat pembuangan sampah)</i> |
| 14. <i>Workshop 3 (Mechanical)</i> | 29. <i>Open Storage Area</i> |
| 15. <i>Workshop 4 (CNC)</i> | |

3.5. Perhitungan dan Analisis *Layout* Alternatif

Efektivitas *layout* alternatif akan dihitung berdasarkan jarak dan waktu *material handling*. Metode *rectilinear* digunakan untuk menghitung jarak dan waktu *material handling* dengan menggunakan koordinat dari masing-masing *workstation*. Koordinat dari alternatif *layout* dapat dilihat pada tabel 12 sebagai berikut:

Tabel 12. Koordinat *workstation* alternatif *layout*

No	Nama Station	Koordinat	
		x	y
1	Storage/Warehouse	565,26	835,18
2	Workshop 4 (CNC)	582,42	680,18
3	Blasting	526,71	749,87
4	Workshop 5 (Fabrication Pipe)	750,18	752,41
5	Workshop 1 (Electical)	530,03	615,83
6	Workshop 2 (Hull)	415,22	742
7	Workshop 3 (Mechanical)	415,22	667
8	Workshop 6	447,87	957
9	Workshop 7	447,87	917
10	Graving Dock	233,92	872,25
11	Assembly Area1	447,49	574,63
12	Assembly Area2	415,22	837
13	Assembly Area3	572,85	408,77
14	Assembly Area4	606,78	330,68
15	Slipway 3	238,48	822,25
16	Slipway 1	524,71	479,21
17	Slipway 2	262,87	937
18	Sincrolift	561,67	423,7
10	Piping Workshop	610,25	617,02

Posisi *workshop* pada *existing layout* mengalami perubahan di alternatif *layout* karena penerapan algoritma CRAFT yang bertujuan untuk meminimalkan biaya *material handling*. Seperti contoh, posisi *storage* dan *blasting chamber* mengalami pergeseran ke arah *workshop CNC*. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan jarak *material handling*.

Tabel 15. Jarak *material handling* departemen *new building* alternatif *layout*

No	Aliran Material		<i>Rectilinear</i>	Titik 4	Titik 3-4	Titik 5	Titik 4-5	Total (meter)
	Titik 1-2	Titik 3						
1				Assembly Area 1	254,46		172,64	760,51
2				Assembly Area 3	387,24	Slipway 1	118,58	839,23
3				Assembly Area 4	499,26		230,6	1063,27
4	Storage - CNC	Blasting	333,41	Assembly Area 2	198,62		252,35	784,38
5				Workshop 6	732,29	Slipway 2	205	1270,7
6				Workshop 7	692,29		205	1230,7
7				Workshop 2	103,62	Slipway 3	256,99	694,02

Alternatif *layout* yang telah didapat menggunakan algoritma CRAFT. Selanjutnya, akan dicari efektivitas *material handling* departemen *new building* dan departemen *repair*.

Departemen *repair* memiliki alur *material handling* yaitu *material handling facility – graving dock; sincrolift*. Berikut jarak dan waktu *material handling* departemen *repair* terdapat pada tabel 13 dan 14 sebagai berikut:

Tabel 13. Jarak *material handling* departemen *repair* alternatif *layout*

No	Aliran Material		<i>Rectilinear</i>	Titik 3	Titik 2-3	Total (meter)
	Titik 1	Titik 2				
1				Graving Dock	235,73	583,12
2	Storage	CNC	347,39	Sincrolift	540,57	887,96

Tabel 14. Waktu *material handling* departemen *repair* alternatif *layout*

No	Aliran Material			Kecepatan	Total (menit)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		
1			Graving Dock	2 km/jam =	17
2	Storage	CNC	Sincrolift	0,566 m/s	26

Departemen *new building* memiliki alur *material handling* yaitu *material handling facility - assembly area 1-4; workshop 2;6-7 – slipway 1-3*. Perhitungan jarak dan waktu *material handling* yang ada pada departemen *new building* terdapat pada tabel 15 dan 16 sebagai berikut:

Tabel 16. Waktu *material handling* departemen *new building* alternatif *layout*

No	Aliran Material			Satuan Waktu	Total Waktu
	Titik 1-2	Titik 3	Titik 4		
1		Assembly Area 1			22
2		Assembly Area 3	Slipway 1		25
3		Assembly Area 4		2 km/jam	31
4	Storage-CNC	Assembly Area 2		= 0,566	23
5		Workshop 6	Slipway 2	m/s	37
6		Workshop 7			36
7		Workshop 2	Slipway 3		20

Alternatif *layout* memiliki biaya *material handling* sebesar Rp. 64.098.305 dengan total jarak *material handling* sebesar 8113 meter.

Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas jarak dan waktu penanganan material dari tata letak alternatif, dapat disimpulkan bahwa tata letak alternatif tersebut lebih efektif dibandingkan dengan *existing layout* di PT. Batamec Shipyard.

Dalam merencanakan tata letak fasilitas ada beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan, salah satunya lebar jalan yang dilalui oleh alat *material handling*. Oleh karena itu, jarak antar fasilitas pada alternatif *layout* direncanakan sebesar 20 meter. Hal tersebut dibuat berdasarkan jalan untuk 2 alat *material handling* seperti *crane* yang memiliki radius putar 6 meter. Lebar jalan ini telah memenuhi ketentuan yang berlaku saat ini, khususnya Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2020 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pesawat Angkat dan Pesawat Angkut Pasal 54, yang menyatakan bahwa Lintasan operasi keran angkat yang bermuatan harus diberi ruang bebas dengan lebar paling sedikit 90 cm di kiri dan kanan sepanjang lintasannya. Sehingga *alternative layout* sudah memenuhi persyaratan dan peraturan yang ada.

3.6. Investasi Lahan dan Fasilitas Galangan

Galangan kapal dilengkapi dengan berbagai mesin dan bangunan yang mendukung aktivitas produksi, mulai dari penyaluran material hingga perakitan di *assembly area*. Adapun fasilitas mesin yang digunakan pada PT. Batamec Shipyard terdapat pada tabel 17 sebagai berikut:

Tabel 17. Fasilitas yang ada di PT. Batamec Shipyard

Nama Fasilitas	Kapasitas	Kuantitas
OHC 3,2T	3,2 ton	1
OHC 10T	10 ton	27
Forming Press 300T	300 ton	1
Frame Bender 400T	400 ton	1

Rolling Machine	4m/menit	1
Plate Bender 300T	300 ton	1
Plate bender 500T	500 ton	1
CNC Cutting	6000 mm/menit	3
Bending Pipe	13"	4
OHC 30T	30 ton	3
Chamber Blasting	0,5-5 m/menit	2
Gantry Crane 160T	160 ton	1
Gantry Crane 100T	100 ton	3
Heavy Transport 200T	200 ton	1
Heavy Transport 150T	150 ton	1
SandBlasting	5-30 m3/h	8
Painting Equipment	7hp 3300psi	30
Electric Compressor bar	14 bar	20
Oxygen Tank	104,6 L	4
Welding Machine	220/380v	789
Autogas Cutting	750mm/menit	100
Handgrinder	220v 1400w	400
Air Compresor	70 cfm-1850 cfm	9
Crawler Crane	20-250 ton	9
Forklift	3-16 tom	16
Jib Crane	10-50 ton	5
Lathes	10 m	16
Chain Block	5 ton	50
Hidraulic Crimping	4-70 mm	20
Flanges Facing Machine	1250 mm	1
Airbags	24m	50
Generator	15-800 Kva	12
Electric Winch	50 ton	3
Balancing Machine	10 ton	1
Bulldozer	4m3	2

Investasi fasilitas dapat dihitung setelah mengetahui harga mesin-mesin maupun fasilitas yang digunakan di galangan kapal, Berikut perhitungan investasi galangan kapal

Tabel 18. Harga fasilitas yang ada di PT. Batamec Shipyard

Nama Fasilitas	Total
OHC 3,2T	Rp 76.800.000,00
OHC 10T	Rp 2.419.200.000,00
Forming Press 300T	Rp 1.070.064.000,00
Frame Bender 400T	Rp 708.130.000,00
Rolling Machine	Rp 298.988.000,00
Plate Bender 300T	Rp 283.252.000,00
Plate bender 500T	Rp 409.142.000,00
CNC Cutting	Rp 847.338.000,00
Bending Pipe	Rp 226.600.000,00
OHC 30T	Rp 472.086.000,00
Chamber Blasting	Rp 942.280.000,00
Gantry Crane 160T	Rp 564.931.000,00
Gantry Crane 100T	Rp 3.726.825.000,00
Heavy Transport 200T	Rp 188.834.000,00
Heavy Transport 150T	Rp 70.813.000,00
SandBlasting	Rp 125.888.000,00
Painting Equipment	Rp 660.900.000,00
Electric Compressor bar	Rp 830.860.000,00
Oxygen Tank	Rp 7.552.000,00
Welding Machine	Rp 4.752.147.000,00
Autogas Cutting	Rp 340.000.000,00
Handgrinder	Rp 261.200.000,00
air compresor	Rp 1.417.968.000,00
Crawler Crane	Rp 21.195.000.000,00
Forklift	Rp 2.512.736.000,00
Jib Crane	Rp 15.975.000.000,00
Lathes	Rp 1.608.144.000,00
Chain Block	Rp 590.100.000,00
Hidraulic Crimping	Rp 16.300.000,00
Flanges Facing Machine	Rp 327.000.000,00
Airbags	Rp 590.000.000,00
Generator	Rp 1.319.184.000,00
Electric Winch	Rp 468.000.000,00
Balancing Machine	Rp 1.004.000.000,00
Bulldozer	Rp 1.086.000.000,00
Biaya Bangunan	Rp 120.000.000.000,00
Total	Rp 187.393.262.000,00

Investasi modal pada fasilitas dan bangunan yang ada pada *existing layout* dan *alternatif layout* akan bernilai sama karena menggunakan jenis dan jumlah fasilitas yang sama. Biaya bangunan didapat dari perkalian antara luas total fasilitas dengan estimasi harga pembangunan per meter nya yaitu 1 juta/m². Investasi modal fasilitas dan bangunan yaitu sebesar Rp. 187.393.262.000,00 Selanjutnya, Investasi lahan dihitung dengan cara mencari perubahan luas lahan pada *existing layout* dan *alternatif layout* yang ada dengan asumsi sama-sama dibangun baru. Berikut hasil perubahan investasi lahan ada.

Tabel 19. Perubahan Investasi Lahan PT.Batamec Shipyard

No	Layout	Luas (m ²)	Harga Tanah/m ²	Harga Total
1	Existing	369.000	Rp 1.500.000,00	Rp. 553.500.000.000,00
2	Alternatif	313.000		Rp. 469.500.000.000,00

Tabel 19 menunjukkan investasi lahan yang ada pada *existing layout* maupun *alternatif layout* PT. Batamec Shipyard. Pada *alternatif layout* mengalami perubahan investasi lahan dari Rp 553.500.000.000,00 menjadi Rp. 469.500.000.000 atau mengalami perubahan sebesar Rp. 84.000.000.000,00. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa luas lahan sebesar 31,3 Ha dapat memuat semua kebutuhan bengkel produksi yang digunakan pada PT. Batamec Shipyard dengan nilai investasi yang lebih ekonomis.

3.7. Pembahasan

Jarak *material handling* departemen *new building* pada *alternatif layout* berubah dari total jarak *material handling facility – Assembly Area 1-4; Workshop 2;6;7 – Slipway 1-3* sebesar 8661,38 m menjadi 6642,81 m atau berkurang sebanyak 23,3% dan jarak *material handling* departemen *repair* berkurang dari total jarak *material handling facility – Graving Dock; syncrolift* sebesar 1556,21 m menjadi 1471,08 m atau berkurang sebesar 5,4%. Sementara itu, waktu *rectilinear* pada *alternatif layout* juga mengalami perubahan. Waktu *material handling* pada departemen *new building* berubah dari total waktu 255 menit menjadi 195 menit dan waktu *material handling* departemen *repair* berubah dari total waktu 46 menit menjadi 43 menit. Total jarak tempuh *material handling* berdasarkan perhitungan *rectilinear* berubah menjadi 8113,89 m dari 10217,59 m atau mengalami pengurangan sebesar 20,5%. Total waktu *rectilinear material handling* juga mengalami perubahan dari 301 menit menjadi 238 menit. Biaya *material handling* pada *alternatif layout* mengalami penurunan dari Rp. 100.082.530 menjadi Rp. 64.098.305 atau berubah sebesar 35,9%.

Investasi fasilitas yang ada pada PT.Batamec Shipyard bernilai sebesar Rp. 187.393.262.000,00 yang mencakup seluruh harga mesin-mesin dan bangunan yang dipakai. Pada *alternatif layout* terdapat penghematan investasi lahan terhadap *existing layout* dari Rp 553.500.000.000,00 menjadi Rp. 469.500.000.000 atau sebesar Rp. 84.000.000.000,00 jika dibangun pada lahan baru yang sama. Perubahan tersebut menunjukkan

bahwa luas lahan sebesar 31,3 Ha dapat memuat semua kebutuhan bengkel produksi PT. Batamec Shipyard dengan nilai investasi yang lebih ekonomis.

4. KESIMPULAN

Hasil perhitungan efektivitas alternatif *layout* departemen *new building* dan departemen *repair* PT. Batamec Shipyard menunjukkan bahwa alternatif *layout* memiliki hasil yang lebih efektif dan efisien dibanding *existing layout*. Hal tersebut dibuktikan dengan berubahnya jarak total *material handling* dari 10217,59 meter menjadi 8113,89 meter atau sebesar 20,5%, sedangkan waktu total *material handling* juga mengalami perubahan dari 301 menit menjadi 238 menit. Biaya *material handling* pada alternatif *layout* mengalami penurunan dari Rp. 100.082.530 menjadi Rp. 64.098.305 atau berubah sebesar 35,9%. Terdapat investasi modal pada fasilitas yang ada pada PT. Batamec Shipyard sebesar Rp. 187.393.262.592,00 yang mencakup seluruh harga mesin-mesin dan bangunan yang dipakai. Pada alternatif *layout* terdapat penghematan investasi lahan terhadap *existing layout* dari Rp 553.500.000.000,00 menjadi Rp. 469.500.000.000 atau sebesar Rp. 84.000.000.000,00 jika dibangun pada lahan baru yang sama.

Perubahan investasi lahan yang dialami alternatif *layout* menunjukkan bahwa luas lahan sebesar 31,3 Ha dapat memuat semua kebutuhan bengkel produksi PT. Batamec Shipyard dengan nilai investasi yang lebih ekonomis

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa *re-layout* menyebabkan jarak dan waktu *material handling* lebih singkat, sehingga investasi yang dibutuhkan juga lebih murah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supriyatin, Manajemen Produksi dan Operasi, 2 ed. Yogyakarta: Mitra Kreatif, 2014.
- [2] J. Heizer dan Jones Professor, Manajemen Operasi, 11 ed. Jakarta Selatan: Salemba Empat, 2014. [Daring]. Tersedia pada: <http://www.penerbitsalemba.com>
- [3] K. H. E. Kroemer, *Ergonomic Design of Material Handling Systems*, Blacksburg, Virginia: CRC Press, 1997.
- [4] O. R. Oceandy, W. Amiruddin, dan A. F. Zakki, Analisis Efektifitas *Material*

Handling Re-Layout Galangan Kapal PT. Yasa Wahana Tirta Samudera dengan Metode *Systematic Layout Planning*,” Jurnal Teknik Perkapalan, vol. 11, no. 4, 2023,

- [5] A. I. Dewangga, S. Jokosisworo, dan A. W. B. Santosa, “Analisis Efektivitas *Material Handling Re-Layout* Galangan Kapal di PT. Samudra Marine Indonesia 1 Departemen *New Building* dengan Metode BLOCPLAN,” Jurnal Teknik Perkapalan, 2024,
- [6] A. B. Patria, B. Suhardi, dan I. Iftadi, “Perancangan Tata Letak Fasilitas Menggunakan Algoritma CRAFT untuk Meminimasi Biaya *Material Handling*,” *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, vol. 21, no. 2, hlm. 119–129, Okt 2022, doi: 10.20961/performa.21.2.53445.
- [7] E. W. Maulana, “*Re-Layout* Guna Meningkatkan Efektivitas *Material Handling* di Galangan Kapal (Studi Kasus: PT. Merpati Marine Service),” *UPNVJ*, 2017, Diakses: 25 November 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.upnvj.ac.id/1508/1/ABS-TRAK.pdf>
- [8] M. P. Stephens dan F. E. Meyers, *Manufacturing Facilities Design and Material Handling*, 5 ed. West Lafayette, Indiana: Purdue University Press, 2013.
- [9] C. H. Wahyuni, Analisa Produktivitas. Sidoarjo: Umsida Press.
- [10] N. E. Triana, “Modul Perkuliahan : Perancangan Tata Letak Pabrik,” Jakarta, 2017. [Daring]. Tersedia pada: <http://www.mercubuana.ac.id>
- [11] S. S. . Heragu, *Facilities Design*, 4 ed. Florida, Amerika Serikat: CRC Press, 2016.
- [12] A. Sugiyono, Buku Ajar Perencanaan Tata Letak Fasilitas (PTLF), Semarang, 2018.
- [13] L. Blank dan A. Tarquin, *Engineering Economy*, 7 ed. New York: McGrawHill, 2012.