



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Re-Layout dengan Metode Systematic Layout Planning untuk Meningkatkan Efektivitas Material Handling pada Galangan Kapal PT Batamec Shipyard

Aditiya Febrian¹⁾, Imam Pujo Mulyatno¹⁾, Kiryanto¹⁾

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 : aditiyafebrian@students.undip.ac.id

Abstrak

Galangan kapal memerlukan jangkauan yang efektif dan waktu Material Handling untuk mengembangkan industri perkapalan, perusahaan galangan kapal di Indonesia dapat meningkatkan proses produksi kapal karena dengan kondisi lautan dan aktivitas perkapalan di negara tersebut. Untuk meningkatkan produksi dan keuntungan bagi pihak galangan kapal dan pemilik kapal, proses kerja yang efektif sangat diperlukan. Mendesain ulang galangan kapal memungkinkan transportasi material menjadi lebih efisien. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai efektivitas Material Handling berdasarkan pada existing layout dan menentukan perubahan layout untuk mendapatkan nilai jarak dan waktu Material Handling yang lebih baik. Penelitian ini menggunakan metode Systematic Layout Planning. Galangan dalam penelitian ini adalah PT. Batamec Shipyard. Berdasarkan hasil perhitungan, dihasilkan alternative layout PT. Batamec Shipyard. Hasil penelitian ini menyimpulkan alternative layout memiliki jarak dan waktu Material Handling lebih singkat. Alternative layout bangunan kapal baru mengalami perubahan jarak Rectilinear yang awal mula memiliki jarak 7323 m menjadi 5237 m atau berubah sebesar 28,5%, dan mengalami perubahan waktu dari 216 menit menjadi 155 menit. Jarak Euclidean juga mengalami perubahan yang awal mula memiliki jarak 2920,7 m menjadi 2189,3 m atau berubah sebesar 25,03%, dan mengalami perubahan waktu dari 86 menit menjadi 65 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. 451.000.000.000 atau mengalami perubahan sebesar Rp. 102.000.000.000,00.

Kata Kunci : Systematic Layout Planning, Material Handling, Activity Relation Chart, Shipyard Layout

1. PENDAHULUAN

Galangan kapal adalah perusahaan penyedia jasa pembangunan kapal baru dan reparasi kapal. Perusahaan galangan kapal dapat menyediakan pelayanan reparasi kapal di tempat ataupun ada beberapa galangan kapal yang dapat melakukan reparasi kapal di laut, sehingga galangan kapal merupakan salah satu penyedia kebutuhan kapal untuk menentukan kelaikan kapal di laut [1]. Melihat dari kondisi laut Indonesia yang luas dan perkembangan industrinya, perusahaan galangan kapal memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan. Kondisi lautan dan aktivitas perkapalan di Indonesia akan mendorong

perusahaan galangan kapal untuk meningkatkan proses produksi. Untuk mengembangkan industri perkapalan, diperlukan efisiensi dalam proses kerja guna mencapai target produksi dan keuntungan, baik bagi galangan kapal maupun pemilik kapal. Efisiensi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah dengan mempersingkat jarak dan waktu Material Handling di galangan kapal. Optimalisasi Material Handling ini dapat dicapai melalui perubahan tata letak galangan kapal, yang juga dapat mempengaruhi nilai investasi lahan sebuah galangan. Dengan demikian, tata letak galangan menjadi faktor utama dalam meningkatkan efektivitas Material Handling dan menghemat biaya investasi lahan yang digunakan.

Tata letak sebuah galangan sangat mempengaruhi *Material Handling* dan berlaku sebaliknya, sehingga dapat mendukung kelancaran proses produksi dari perusahaan galangan kapal [2]. Hal ini terlihat pada galangan PT. Batamec Shipyards, yang memiliki jarak antar bengkel produksi yang terlalu jauh. Kondisi ini mempengaruhi waktu *Material Handling* dan kelancaran produksi di PT. Batamec Shipyards. Jarak antar bengkel yang terlalu jauh juga berdampak pada biaya investasi lahan, karena semakin besar lahan yang digunakan, semakin tinggi biaya investasi lahan yang harus dikeluarkan.

Permasalahan tata letak di PT. Batamec Shipyards dapat diatasi dengan menggunakan pendekatan *Systematic Layout Planning* (SLP). Metode SLP dipilih karena sangat sesuai untuk perusahaan dengan banyak bengkel atau stasiun kerja, sehingga lebih efektif dibandingkan metode lainnya. Metode *Systematic Layout Planning* tidak hanya mempertimbangkan aliran *Material Handling*, tetapi juga luas bangunan masing-masing bengkel, sehingga dapat diterapkan dalam proses penataan ulang. Proses kerja metode SLP tidak hanya melibatkan penukaran antar departemen, tetapi juga memungkinkan pemindahan departemen, tergantung pada tingkat ketergantungan dan luas bangunan.

Sebagai perbandingan, penelitian tentang permasalahan *layout* yang dilakukan di perusahaan internasional industri kaleng Crown Cork and Can menggunakan metode *Systematic Layout Planning*. Ditemukan bahwa tata letak awal memerlukan jarak tempuh sebesar 389,7 meter dan waktu *Material Handling* produksi selama 901 detik. Setelah penerapan metode SLP, tata letak baru menunjukkan pengurangan jarak tempuh menjadi 311,2 meter dan waktu *Material Handling* menjadi 750 detik [3].

Selanjutnya penelitian tentang tata letak di 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 142,4 m 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].

Pada penelitian tentang tata letak fasilitas produksi yang dilakukan di Sbu Galangan Pelni Surya menggunakan metode ARC dan ARD.

Diperoleh jarak *Material Handling* yang lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan *layout* awal. Perbandingan jarak *layout* awal yaitu sebesar 221,97m dengan *layout* alternatif sebesar 159,12m. Dengan persentase hasil perbandingan sebesar 28,3% [5]

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan penelitian dengan menggunakan teknik *Systematic Layout Planning*, yang berjudul “*Re-Layout* dengan Metode *Systematic Layout Planning* untuk Meningkatkan Efektivitas *Material Handling* pada Galangan Kapal PT Batamec Shipyards”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai efisiensi *Material Handling* berdasarkan pada *existing layout* PT Batamec Shipyards dan menentukan perubahan *layout* untuk mendapatkan nilai jarak dan waktu *Material Handling* yang lebih baik.

Metode *Systematic Layout Planning* yang diterapkan akan menghasilkan tata letak galangan yang terorganisir dan terkomputerisasi. Penelitian ini diharapkan dapat membantu PT. Batamec Shipyards dalam merancang ulang tata letaknya sehingga dapat meningkatkan efektivitas *Material Handling* dan memperlancar proses produksi.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam proses re-*layout* adalah metode *Systematic Layout Planning*. Metode ini merupakan cara terorganisir untuk melakukan perencanaan tata letak, yang terdiri dari kerangka fase, prosedur pola, dan seperangkat peraturan untuk mengidentifikasi, memberi peringkat, dan memvisualisasikan elemen dan area yang terlibat dalam tata letak perencanaan.

2.1. *Material Handling*

Material Handling adalah proses yang melibatkan manufaktur dan distribusi, mencakup penggunaan dan pembuangan material dalam jumlah yang tepat, pada waktu yang sesuai, dan di tempat yang cocok. Proses ini dilakukan dengan memperhatikan urutan yang benar, biaya yang efisien, dan metode yang tepat [6].

Material Handling memiliki tujuan utama yaitu mengurangi biaya produksi perusahaan. Selain itu, *Material Handling* bertujuan untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas produk, mengurangi kerusakan, mendukung keselamatan kerja, serta meningkatkan produktivitas.

2.2. Efektivitas

Efektivitas merupakan hubungan antara keluaran suatu pusat tanggung jawab dengan sasaran yang mesti dicapai, semakin besar kontribusi daripada keluaran yang dihasilkan terhadap nilai pencapaian sasaran tersebut, maka dapat dikatakan efektif pula unit tersebut[7]. Efektivitas dapat diartikan sebagai suatu proses pencapaian suatu tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

2.3. Systematic Layout Planning

Systematic Layout Planning merupakan cara terorganisir untuk melakukan perencanaan tata letak, yang terdiri dari kerangka fase, prosedur pola, dan seperangkat peraturan untuk mengidentifikasi, memberi peringkat, dan memvisualisasikan elemen dan area yang terlibat dalam tata letak perencanaan. Metode ini berfungsi untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan aktivitas-aktivitas perkantoran, seperti produksi, pergudangan, transportasi, dan lainnya. Metode *Systematic Layout Planning* memiliki fokus terhadap hubungan tiap-tiap aktivitas dengan urutan proses pada setiap aktivitas yang terdapat pada layout dan fasilitas yang ada[8].

2.4. Activity Relation Chart

Activity Relation Chart merupakan sebuah diagram yang memberikan informasi mengenai hubungan antar kegiatan dalam sebuah proses produksi yang terdapat pada *layout*, menggunakan analisa hubungan aktivitas menggunakan data seperti, jarak antar ruang, aliran proses kegiatan, dan kondisi ruangan [8].

Penelitian dimulai dengan menghitung efektifitas *existing layout* PT. Batamec Shipyard, perhitungan jarak dilakukan secara 3 metode yaitu *Aisle*, *Rectilinear*, dan *Euclidean*. Langkah berikutnya, hasil perhitungan efektifitas *existing layout* tersebut akan menjadi pedoman untuk pembuatan *alternative layout* PT Batamec Shipyard.

Perhitungan jarak *Rectilinear* dan *Euclidean* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

$$d_{ij} = \sqrt{[(x_i - x_j) + (y_i - y_j)]^2} \quad (2)$$

Dimana x_i adalah koordinat x untuk fasilitas i, x_j adalah koordinat x untuk fasilitas j, y_i adalah

koordinat y untuk fasilitas i, dan y_j adalah koordinat y untuk fasilitas j.

Pembuatan *alternative layout* menggunakan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) memiliki proses yang kompleks, seperti beberapa langkah berikut:

1. Menganalisis *Flow of Material*.

Proses ini biasanya menggunakan peta atau diagram dalam pembuatannya.

2. Pembuatan *Activity Relation Chart* (ARC). ARC dibuat berdasarkan data keterkaitan antar bengkel-bengkel yang ada di galangan kapal PT. Batamec Shipyard.

3. Pembuatan *Alternative layout* Galangan Kapal.

Pembuatan *alternative layout* galangan ini memperhitungkan jarak *Euclidean* dan *Rectilinear* antar bengkel kerja.

4. Perhitungan Efektivitas dan Pembuatan *Alternative layout* terhadap *Existing layout*.

Perhitungan ini berdasarkan data waktu *Material Handling*. *Alternative layout* harus lebih efektif dan ekonomis daripada *existing layout*. Pembuatan *alternative layout* menggunakan *software* AutoCAD.

Perhitungan waktu yang dibutuhkan dalam proses *Material Handling* di PT. Batamec Shipyard yang menggunakan *forklift* dengan rata-rata kecepatan 2 km/jam adalah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = \frac{s}{v} \quad (3)$$

Dimana t adalah waktu dalam menit, s adalah jarak antar titik dalam meter, dan v adalah kecepatan *forklift* dalam m/s²

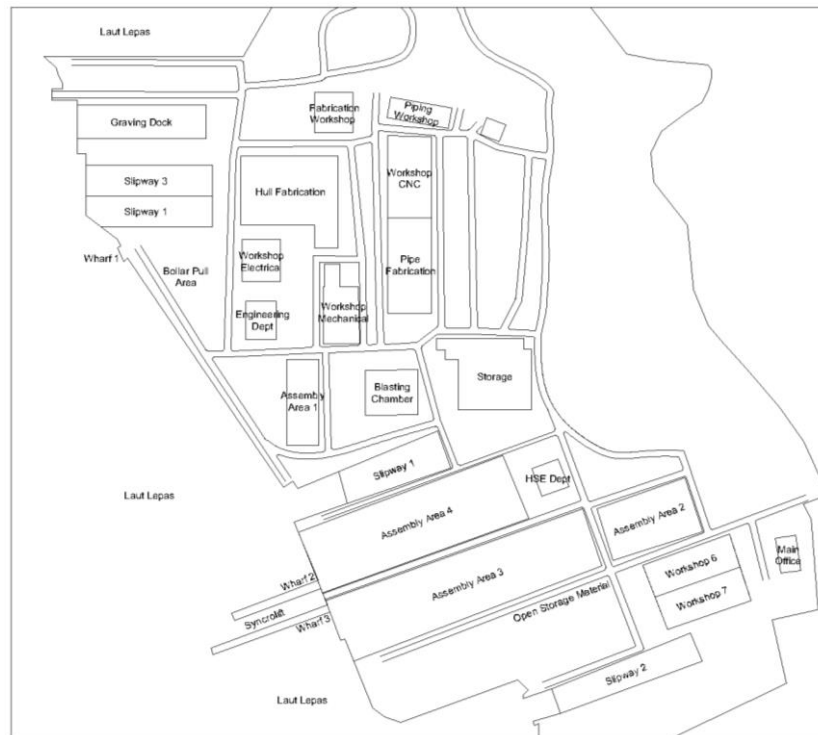
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Analisis *Flow of Material Existing Layout*

Material Handling yang ada pada galangan PT Batamec Shipyard dibagi menjadi 2, yaitu *Material Handling* pembangunan kapal baru dan *Material Handling* reparasi kapal. Jalur *Material Handling* untuk bangunan kapal baru, yaitu *Storage - Blasting - Workshop CNC - Fabrikasi Area 1/2 - Assembly Area 1/2/3/4 - Slipway 1/2/3*. Berbeda dengan reparasi kapal yang memiliki jalur *Material Handling*, yaitu *Storage - Workshop CNC - Syncrolift/Graving Dock*.

Perhitungan jarak *Rectilinear* menggunakan persamaan (1) dan perhitungan jarak *Euclidean* menggunakan persamaan (2). Penentuan jarak

Rectilinear dan *Euclidean* menggunakan titik koordinat x dan y pada tabel 1.



Gambar 1. *Existing Layout* PT Batamec Shipyard

Penentuan titik koordinat masing masing stasiun kerja adalah dengan mengambil titik tengah atau perpotongan diagonal dari setiap stasiun kerja. Penentuan garis horizontal dan vertikal dari

koordinat x dan y dimulai dari sebelah kiri bawah dari posisi galangan kapal PT Batamec Shipyard.

Berikut koordinat *workstation* pada *Existing layout*:

Tabel 1. Tabel Koordinat *Existing Layout*

Titik	Nama Station	Kordinat	
		x	y
1	<i>Storage/Warehouse</i>	665,39	624,96
2	<i>Workshop CNC</i>	556,67	873,61
3	<i>Blasting</i>	541,34	595,93
4	<i>Pipe Fabrication</i>	556,67	752,41
5	<i>Workshop Electrical</i>	370,86	766,55
6	<i>Workshop Mechanical</i>	406,19	856,82
7	<i>Engineering Dept</i>	471,15	695,39
8	<i>Fabrication Hull 1</i>	909,5	371,85
9	<i>Fabrication Hull 2</i>	924,15	329,82
10	<i>Graving Dock</i>	221,5	944,96
11	<i>Assembly Area 1</i>	422,65	583,11
12	<i>Assembly Area 2</i>	856,4	435,08
13	<i>Assembly Area 3</i>	634,01	350,97
14	<i>Assembly Area 4</i>	558,27	424,24
15	<i>Slipway 3</i>	230,84	849,44
16	<i>Slipway 1</i>	538,35	499,69
17	<i>Slipway 2</i>	827,33	232,04
18	<i>Syncrolift 1</i>	375,97	305,48

- Jalur *Material Handling* Bangunan Kapal Baru

Tabel 2. Perhitungan Jarak *Material Handling* Bangunan Kapal Baru *Existing Layout*

No	Aliran Material		Rectilinear	Euclidean	Titik 4	Rectilinear (Titik 3-4)	Euclidean (Titik 3-4)	Total (meter)	
	Titik 1-2	Titik 3						Rectilinear	Euclidean
1					Assembly 1	131,51	119,38	781,89	668,86
2					Assembly 2	475,91	353,75	1126,29	353,75
3	Storage	Blasting	650,38	549,48	Fabrikasi 1	592,24	430,99	1242,62	430,99
4	- CNC				Fabrikasi 2	648,92	738,93	1299,3	738,93
5					Assembly 3	337,63	261,90	988,01	261,90
6					Assembly 4	188,62	172,52	839	172,52

Tabel 3. Perhitungan Waktu *Material Handling* Bangunan Kapal Baru *Existing Layout*

No	Aliran Material			Satuan Waktu	Total (menit)	
	Titik 1-2	Titik 3	Titik 4		Rectilinear	Euclidean
1			Assembly 1		23	20
2			Assembly 2	2	33	10
3	Storage-CNC	Blasting	Fabrikasi 1	km/jam	37	13
4			Fabrikasi 2	= 0,566	38	22
5			Assembly 3	m/s	29	8
6			Assembly 4		25	5

Tabel 2 & 3 menunjukkan hasil perhitungan jarak dan waktu dari *Material Handling* bangunan kapal baru pada *existing layout* yang menggunakan *Rectilinear* dan *Euclidean*.

Perhitungan total waktu *Rectilinear* dan *Euclidean* menggunakan persamaan (3) dimana

jarak antar titik dibagi dengan kecepatan *forklift* sebesar 2 km/jam

- Jalur *Material Handling* Reparasi Kapal

Tabel 4. Perhitungan Jarak *Material Handling Repair Existing Layout*

No	Aliran Material		Rectilinear	Euclidean	Titik 3	Rectilinear (Titik 2-3)	Euclidean (Titik 2-3)	Total (meter)	
	Titik 1	Titik 2						Rectilinear	Euclidean
1	Storage	Workshop	357,37	271,38	syncrolift	748,83	596,17	1106,2	867,55
2		CNC			Graving dock	406,52	342,68	763,89	342,68

Tabel 5. Perhitungan Waktu *Material Handling Repair Existing Layout*

No	Aliran Material			Satuan Waktu	Total (menit)	
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		Rectilinear	Euclidean
1	Open	Workshop	syncrolift	2 km/jam	33	26
2	Storage Material	CNC	Graving dock	= 0,566 m/s	22	10

Tabel 4 & 5 menunjukkan hasil perhitungan jarak dan waktu dari *Material Handling* reparasi kapal pada *existing layout* yang menggunakan persamaan *Rectilinear* dan *Euclidean*.

- Pengukuran Jarak dan waktu *Aisle* antar *Workstation*

Tabel 6. Jarak *Aisle* Antar *Workstation Material Handling* Bangunan Baru

From	To	Traveling Distance (meter)	Waktu (menit)
Storage	Blasting	238,52	7
Blasting	CNC	352,02	10
CNC	Fabrikasi 1	807,74	24
CNC	Fabrikasi 2	851,72	25
CNC	Assembly 1	444,72	13
CNC	Assembly 2	509,71	15
CNC	Assembly 3	700,51	21
CNC	Assembly 4	721,82	21

Tabel 7. Jarak *Aisle* Antar *Workstation Material Handling* Reparasi Kapal

From	To	Traveling Distance (meter)	Waktu (menit)
Storage	Blasting	109,26	3
Blasting	CNC	136,44	4
CNC	Syncrolift	714,81	21
CNC	Graving Dock	405,66	12

Tabel 6 & 7 menunjukkan hasil pengukuran jarak dan waktu dari *Material Handling* bangunan baru serta reparasi kapal pada existing layout secara langsung atau *Aisle Distance*.

3.2. Diagram Activity Relationship Chart

Activity Relationship Chart merupakan kegiatan ataupun aktivitas antara masing-masing bagian yang menggambarkan berguna tidaknya korelasi ruangan. Dengan kata lain, *Activity Relationship Chart* (ARC) adalah peta yang disusun guna mengenali tingkatan ikatan antar kegiatan yang terjalin di tiap zona satu dengan zona yang lain secara berpasangan. *Activity Relationship Chart* digunakan buat menganalisis tingkatan ikatan ataupun keterkaitan kegiatan dari suatu ruangan dengan ruangan yang lain [9]. Menentukan aktivitas yang harus berdekatan dan mana yang harus tidak berdekatan atau berjauhan dalam penataan fasilitas, formula yang digunakan pada (ARC) *Activity Relationship Chart* menggunakan simbol A, E, I, O, U, X untuk menunjukkan tingkat derajat kedekatan hubungan antar seluruh kegiatan ARC [10].

Pembuatan *Activity Relation Chart* (ARC), alat atau transportasi *Material Handling* PT. Batamec Shipyard menggunakan *forklift*, *Crawler Crane*, dan Truk Semitrailer.

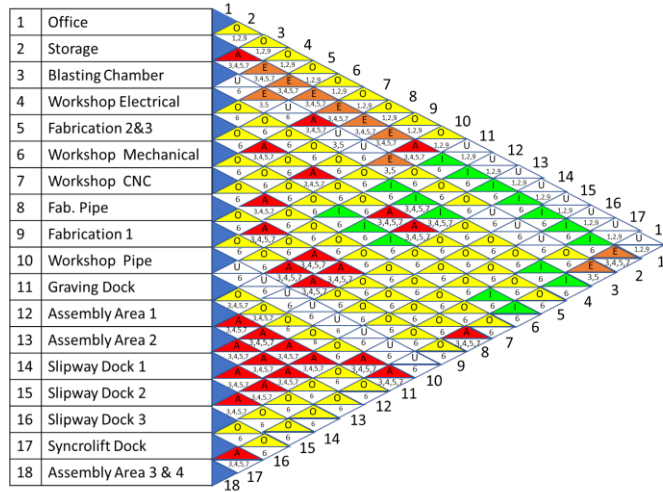
Spesifikasi di atas menjadi kriteria dalam pembuatan ARC, untuk mempersingkat jarak workshop yang harus memperhitungkan radius putar dari alat *Material Handling* tersebut, supaya hasil *alternative layout* lebih reliabel. Terdapat

beberapa kriteria dalam pembuatan ARC selain spesifikasi di atas, yaitu sebagai berikut:

- Jalur *Material Handling* bangunan kapal baru memiliki jalur, yaitu *Storage – Blasting – Workshop CNC – Area Fabrikasi 1/2/3/4/Workshop 2/6/7*. Jalur ini harus mutlak berdekatan sesuai dengan urutan jalurnya karena memiliki hubungan manfaat antar *workshop*.
- Jalur *Material Handling* reparasi kapal memiliki jalur, yaitu *Storage – Workshop CNC – Syncrolift/Graving Dock*. Jalur ini harus mutlak berdekatan sesuai dengan urutan jalurnya karena memiliki hubungan manfaat antar *workshop*.
- Bengkel yang tidak termasuk dalam jalur utama *Material Handling*, baik bangunan kapal baru ataupun reparasi kapal (selain jalur di atas) dapat diartikan tidak harus berdekatan.
- Penggunaan *forklift* dilakukan di semua bengkel pada galangan, sedangkan *mobile crane* dan *heavy transport* digunakan pada *slipway dock 1/2/3*, *graving dock*, dan *syncrolift dock*. Berdasarkan penggunaan alat berat tersebut, pada *slipway dock 1/2/3*, *graving dock*, *syncrolift dock* harus memiliki lebar jalur minimal sesuai dengan radius putar, yaitu sebesar 7,5 m dan selain pada *workshop* tersebut minimal harus memiliki lebar jalur minimal sebesar radius putar *forklift*, yaitu sebesar 3,5 m.
- Seluruh jarak di atas diukur berdasarkan jarak *Rectilinear*.

Dari gambar 2 menunjukkan derajat hubungan aktivitas dalam metode ini menggunakan simbol simbol yang sudah distandarisasi, yaitu A (mutlak harus berdekatan), E (sangat penting utk berdekatan), I (penting untuk berdekatan), O (tidak harus berdekatan), U (tidak perlu berdekatan), dan yang terakhir X (tidak boleh berdekatan).

Dengan menghasilkan diagram ARC yang telah disertakan dengan keterangan dan hubungan antar workstation yang ada di layout. Maka berdasarkan kriteria-kriteria di atas, *activity relation chart* pada galangan PT Batamec Shipyard adalah sebagai berikut:

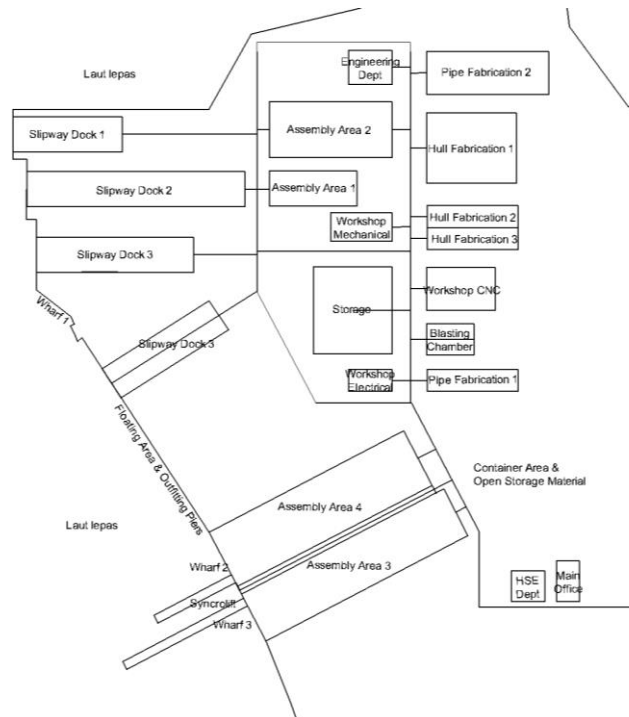


Gambar 2. Diagram ARC Workstation PT. Batamec Shipyard

3.3. Pembuatan Desain *Alternative Layout*

Pembuatan desain *alternative layout* diawali dengan pembuatan sketsa layout alternatif. Pembuatan sketsa ini mempertimbangkan dari *activity relation chart* yang sudah dibuat sebelumnya. Derajat kedekatan pada ARC akan diproyeksikan pada *block alternative layout*. Selanjutnya mendesain ulang layout alternatif yang telah dibuat tersebut menggunakan aplikasi AutoCad.

Gambar 2 adalah *layout* alternatif yang mengalami perubahan, setelah menggunakan metode SLP. Perubahan ini karena tempat *workstation* berubah, yang memungkinkan *Material Handling facility* lebih dekat dengan fabrikasi area dan juga semua *dock* yang ada pada PT Batamec Shipyard, perubahan ini sesuai dengan kondisi mutlak berdekatan pada ARC yang telah ditentukan.



Gambar 3. Desain AutoCAD *Alternative Layout* PT Batamec Shipyard

3.4. Perhitungan dan Analisis *Alternative Layout*

Alternative layout selanjutnya akan dihitung efektifitasnya berdasarkan waktu serta jarak dari *Material Handling*. Dengan menggunakan metode *Rectilinear* untuk menentukan waktu serta jarak

Material Handling antar *workstation* yang ada pada *alternative layout* dengan menggunakan koordinat setiap *workstation* yang ada pada *alternative layout*.

Berikut koordinat *workstation* pada *alternative layout*:

Tabel 8. Tabel Koordinat *Alternative Layout*

Titik	Nama Station	Kordinat	
		x	y
1	Storage/Warehouse	511,17	820,93
2	Workshop CNC	614,97	867,17
3	Blasting	602,97	816,73
4	Pipe Fabrication	645,47	1070,23
5	Workshop Electrical	530,97	751,15
6	Workshop Mechanical	626,97	997,73
7	Engineering Dept	520,7	894,77
8	Hull Fabrication 1	627,97	937,23
9	Hull Fabrication 2	627,97	912,23
10	Graving Dock	400,00	870,00
11	Assembly Area 1	465,97	938,73
12	Assembly Area 2	485,97	1005,73
13	Assembly Area 3	513,44	509,32
14	Assembly Area 4	474,35	573,35
15	Slipway 3	239,57	863,06
16	Slipway 1	185,34	1000,29
17	Slipway 2	263,24	937,64
18	Syncrolift 1	312,77	444,3

Perhitungan pada tabel 7 akan menghasilkan waktu yang diperlukan untuk mengangkut material. Dengan membagi perhitungan jarak dengan kecepatan *forklift* yang ada di PT Batamec Shipyards yaitu dengan rata-rata kecepatan *forklift* 2 km/jam. Hasil perhitungan jarak dan waktu

pengangkutan dari *Material Handling* adalah sebagai berikut:

- Jalur *Material Handling* Bangunan Kapal Baru

Tabel 9. Perhitungan Jarak *Material Handling* Bangunan Kapal Baru *Alternative Layout*

No	Aliran Material		Rectilinear	Euclidean	Titik 4	Rectilinear (Titik 3-4)	Euclidean (Titik 3-4)	Total (meter)	
	Titik 1-2	Titik 3						Rectilinear	Euclidean
1					Assembly 1	15	183,45	227,48	348,93
2					Assembly 2	306	222,28	518,48	222,28
3	Storage - CNC	Blasting	212,48	165,48	Fabrikasi 1	145,5	123,07	357,98	123,07
4					Fabrikasi 2	120,5	85,51	332,98	85,51
5					Assembly 3	217,88	320,18	430,36	320,18
6					Assembly 4	114,76	275,28	327,24	275,28

Tabel 10. Perhitungan Waktu *Material Handling* Bangunan Kapal Baru *Alternative Layout*

No	Aliran Material			Satuan Waktu	Total (menit)	
	Titik 1-2	Titik 3	Titik 4		Rectilinear	Euclidean
1			Assembly 1		7	10
2			Assembly 2		15	7
3			Fabrikasi 1		11	4
4	Storage-CNC	Blasting	Fabrikasi 2	2 km/jam = 0,566 m/s	10	3
5			Fabrikasi 3		11	5
6			Assembly 3		13	9
7			Assembly 4		10	8

Tabel 9 & 10 menunjukkan hasil perhitungan jarak dan waktu dari *Material Handling* bangunan kapal baru pada *alternative layout* yang menggunakan persamaan *Rectilinear* dan *Euclidean*.

Jarak *Rectilinear Storage – Slipway 1/2/3* berkurang dari **7323 m** menjadi **5237 m**, mengalami penurunan sebesar **28,5%**, Jarak *Euclidean Storage – Slipway 1/2/3* berkurang dari **2920,7 m** menjadi **2189,3 m**, mengalami penurunan sebesar **25,03%**.

Waktu *Material Handling* dalam tata letak alternatif juga menunjukkan perubahan. Terlihat waktu dari *Storage – Slipway 1/2/3* dan *Fabrication Area* yang semula memakan waktu **216 menit** untuk jarak *Rectilinear* kini menjadi **155 menit**, mengalami pengurangan sebesar **28,24%**. Selanjutnya, pada jarak *Euclidean* dari *Storage – Slipway 1/2/3* yang semula memakan waktu **86 menit** kini menjadi **65 menit**, mengalami pengurangan sebesar **24,41%**.

- Jalur *Material Handling* Reparasi Kapal

Tabel 10. Perhitungan Jarak *Material Handling* Reparasi Kapal *Alternative Layout*

No	Aliran Material		Rectilinear	Euclidean	Titik 3	Rectilinear (Titik 2-3)	Euclidean (Titik 2-3)	Total (meter)	
	Titik 1	Titik 2						Rectilinear	Euclidean
1					<i>sincrolift</i>	725,07	519,75	875,11	633,39
2	<i>Storage</i>	<i>Workshop CNC</i>	150	113,63	<i>Graving dock</i>	217,8	214,99	367,84	214,99

Tabel 11. Perhitungan Waktu *Material Handling* Reparasi Kapal *Alternative Layout*

No	Aliran Material			Satuan Waktu	Total (menit)	
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		Rectilinear	Euclidean
1	<i>Open Storage</i>	<i>Workshop</i>	<i>sincrolift</i>	2 km/jam =	26	19
2	<i>Material</i>	<i>CNC</i>	<i>Graving dock</i>	0,566 m/s	11	6

Tabel 10 & 11 menunjukkan hasil perhitungan jarak dan waktu dari *Material Handling* bangunan kapal baru pada *alternative layout* yang menggunakan persamaan *Rectilinear* dan *Euclidean*.

Jarak *Rectilinear Storage – Syncrolift / Graving Dock* berkurang dari **1870,1 m** menjadi **1242,9 m**, mengalami penurunan sebesar **33,53%**, jarak *Euclidean Storage – Syncrolift / Graving Dock* berkurang dari **1210,2 m** menjadi **848,38 m**, mengalami penurunan sebesar **29,9%**.

Waktu *Material Handling* dalam tata letak alternatif juga menunjukkan perubahan. Terlihat waktu dari *Storage – Syncrolift / Graving Dock* yang semula memakan waktu **55 menit** untuk jarak *Rectilinear* kini menjadi **37 menit**, mengalami pengurangan sebesar **32,7%**. Selanjutnya, pada jarak *euclidean* dari *Storage – Syncrolift / Graving Dock* yang semula memakan waktu **36 menit** kini menjadi **25 menit**, mengalami pengurangan sebesar **30,5%**.

3.5. Investasi Lahan Galangan

Investasi lahan dihitung dengan cara mencari perubahan luas lahan pada existing dan alternatif layout yang ada dengan asumsi sama-sama dibangun baru. Berikut hasil perubahan investasi lahan ada.

Tabel 12. Perubahan Investasi Lahan PT. Batamec Shipyard

No	Layout	Luas (m ²)	Harga Tanah/m ²	Harga Total
1	<i>Existing</i>	369.00	Rp	553.500.000.00
		0	1.500.00	0
2	Alternatif	301.00	0	451.500.000.00
		0		0

Tabel 12 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. 451.000.000.000 atau mengalami perubahan sebesar Rp. 102.000.000.000,00. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa luas lahan sebesar 30,1 Ha dapat memuat semua kebutuhan bengkel produksi yang digunakan pada PT. Batamec Shipyard dengan nilai investasi yang lebih ekonomis.

3.5. Pembahasan

Jarak dan waktu *Material Handling* pada *alternative layout* mengalami perubahan, Jarak *Rectilinear Storage – Slipway 1/2/3* dan *Fabrication Area* berkurang dari **7323 m** menjadi **5237 m**, mengalami penurunan sebesar **28,5%**, Jarak *Euclidean Storage – Slipway 1/2/3* dan

Fabrication Area berkurang dari **2920,7 m** menjadi **2189,3 m**, mengalami penurunan sebesar **25,03 %**.

Waktu *Material Handling* dalam tata letak alternatif juga menunjukkan perubahan. Terlihat waktu dari *Storage – Slipway 1/2/3* dan *Fabrication Area* yang semula memakan waktu **216 menit** untuk jarak *Rectilinear* kini menjadi **155 menit**, mengalami pengurangan sebesar **28,24%**. Selanjutnya, pada jarak *Euclidean* dari *Storage – Slipway 1/2/3* yang semula memakan waktu **86 menit** kini menjadi **65 menit**, mengalami pengurangan sebesar **24,41%**.

Jarak *Rectilinear Storage – Syncrolift / Graving Dock* berkurang dari **1870,1 m** menjadi **1242,9 m**, mengalami penurunan sebesar **33,53%**, Jarak *Euclidean Storage – Syncrolift / Graving Dock* berkurang dari **1210,2 m** menjadi **848,38 m**, mengalami penurunan sebesar **29,9%**.

Waktu *Material Handling* dalam tata letak alternatif reparasi kapal juga menunjukkan perubahan. Terlihat waktu dari *Storage – Syncrolift / Graving Dock* yang semula memakan waktu **55 menit** untuk jarak *Rectilinear* kini menjadi **37 menit**, mengalami pengurangan sebesar **32,7%**. Selanjutnya, pada jarak *Euclidean* dari *Storage – Syncrolift / Graving Dock* yang semula memakan waktu **36 menit** kini menjadi **25 menit**, mengalami pengurangan sebesar **30,5%**. Pada alternatif *layout* terdapat penghematan investasi lahan dari Rp 553.500.000.000,00 menjadi Rp. 451.000.000.000 atau sebesar Rp. 102.000.000.000,00. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa luas lahan sebesar 30,1 Ha dapat memuat semua kebutuhan bengkel produksi PT. Batamec Shipyard dengan nilai investasi yang lebih ekonomis. Biaya investasi yang murah menjadi dasar mencapai return on investment (ROI) dengan lebih cepat

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu penelitian *re-layout* pabrik peralatan bahan bangunan PT. Cahaya Benteng Mas yang menggunakan metode SLP. Dimana jarak perpindahan awal sebesar 512,6 meter berhasil dikurangi menjadi 215,5 meter, menunjukan pengurangan jarak *Material Handling* sebesar 57,9% [11].

Penelitian tentang perbaikan tata letak di galangan PT Janata Marina Indah menggunakan algoritma *Craft*. Didapatkan hasil waktu total produksi yaitu 4017,31 jam, waktu *Material Handling* 25,31 jam, jarak total perpindahan material sebesar 7506,06 meter, total momen perpindahan 111175, utilisasi 80,35%. *Alternative layout 2* tipe pola aliran zig-zag dengan waktu total produksi 4019,48 jam, waktu *Material Handling* 27,48 jam, total jarak perpindahan material sebesar 8457,88 meter, total momen perpindahan 130037, dan utilisasi 80,39% [12].

Penelitian lain menggunakan metode SLP yang dilakukan oleh Camerawati, Febriani Lenshi dan Handoyo. Mereka melakukan penelitian perancangan ulang tata letak fasilitas pada UD. Pintu Air dengan menggunakan metode ARC (*Activity Relationship Chart*) dan *Systematic Layout Planning*. Dimana hasilnya dapat mengurangi jarak perpindahan material sebesar 6,75 meter. Penerapan metode *shared storage* mengakibatkan penurunan terhadap jarak total *Material Handling* dengan selisih 387 meter yang menyebabkan terjadinya pengurangan pada jarak sebesar 60,36% [13].

Beberapa Studi sebelumnya menunjukkan bahwa metode *Systematic Layout Planning* dapat mempersingkat jarak dan waktu pengangkutan material, yang berarti proses produksi galangan PT. Batamec Shipyard lebih efektif.

Adapun dengan permasalahan akses jalan akibat perubahan dari *layout, alternative layout* harus memiliki lebar jalan yang bisa mudah dilalui oleh kendaraan *Material Handling* yang dimiliki oleh PT Batamec Shipyard, kendaraan *Material Handling* seperti *forklift, crawler crane, dan truck semitrailer*. PT Batamec Shipyard ini memiliki *forklift* dengan radius putar 2,89 m dan lebar unit 2,24 m, *crawler crane* dengan beban maksimal 30 ton dan lebar unit 2,4 m, *truck semitrailer* dengan bobot mati 48 ton dan lebar unit 5,5 m. Berdasarkan pada *alternative layout* ukuran lebar jalan *Material Handling* dengan kendaraan *forklift* lebar jalan minimal sebesar 8 m dan pada *crawler crane* maupun *truck semitrailer* lebar jalan minimal sebesar 10 m. Ini dilakukan untuk menyesuaikan ruang gerak dari kendaraan *Material Handling*. 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.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil dari perhitungan efektifitas *re-layout* galangan kapal PT Batamec Shipyard, dapat disimpulkan bahwa *alternative layout* jauh lebih efektif jika dibandingkan dengan *existing layout*, dikarenakan *alternative layout* memiliki jarak dan waktu *Material Handling* tersingkat. *Alternative layout* bangunan kapal baru mengalami perubahan jarak *Rectilinear* yang awal

mula memiliki jarak 7323 m menjadi 2564 m atau berubah sebesar 64,9%, dan mengalami perubahan waktu dari 216 menit menjadi 76 menit. Jarak *Euclidean* juga mengalami perubahan yang awal mula memiliki jarak 2920,7 m menjadi 1557,8 m atau berubah sebesar 46,6%, dan mengalami perubahan waktu dari 86 menit menjadi 46 menit.

Mendekatkan fasilitas antar departemen seperti, *Storage, Blasting Painting Chamber, CNC* ke semua bagian *Fabrication Area* dan mendekatkan semua fasilitas *Dock* seperti *Slipway Dock 1/2/3, Graving Dock, Syncrolift Dock*. Untuk mengurangi jarak serta waktu *Material Handling* pada galangan PT Batamec Shipyard.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Zhang and L. Tang, “*Ship management: Theory and practice*,” New York, *Routledge Maritime Masters*, 2022.
- [2] K. H. E. Kroemer, “*Ergonomic Design of Material handling Systems*,” Blacksburg, Virginia: CRC Press, 1997.
- [3] A. P. Singh and M. Yilma, “*Production Floor Layout Using Systematic Layout Planning in Can Manufacturing Company*,” in 2013 *International Conference on Control, Decision and Information Technologies*, CoDIT 2013, 2013, pp. 822–828.
- [4] O. R. Oceandy, W. Amiruddin, and 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. D. Alamsyah and Suhartini, “*Analisis Efektifitas Material Handling Re Layout Galangan Kapal PT. Yasa Wahana Tirta Samudera dengan Metode Systematic Layout Planning*,” *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan I*, 2021.
- [6] M. P. Stephens, “*Manufacturing Facilities Design & Material Handling*,” West Lafayette, Indiana: Purdue University Press, 2020.
- [7] Supriyono, “*Sistem Pengendalian Manajemen*,” Yogyakarta, 2000.
- [8] R. Muther and L. Hales, “*Systematic Layout Planning Pattern*,” River Cliff Chase, Marietta, 2015.
- [9] Azhar, K. M., “*Shopfloor Layout Design Using Blocplan Algorithm To Reduce*,” Yogyakarta, 2021.
- [10] M. Sharma dan A. Mor, “*Method to Generate Activity Relationship Chart in Facility Layout Problems*,” Haryana, 2015
- [11] Sunardi, J. A. Esya, and B. Santoso, “*Redesign of the Production Facility Layout by Using Systematic Layout Planning Method at Cahaya Bintang Mas Company Surabaya*,” in *Journal of Physics: Conference Series*, *Institute of Physics Publishing*, Jul. 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1569/3/032007.
- [12] R. Septerina, I. P. Mulyatno, and Kiryanto, “*Re-layout galangan kapal JMI unit 2 untuk meningkatkan efektivitas Material Handling dengan metode simulasi dan algoritma craft*,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol 3. 11, no. 1, 2015.
- [13] Camerawati, Febriani L., Handoyo., *Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Gudang Bahan Baku Dengan Metode Systematic Layout Planning Di Inka Multi Solusi*, *Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*, Volume 02, Nomor 03 Tahun 2021.