



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Efektifitas *Material Handling Re-Layout* Galangan Kapal PT. Yasa Wahana Tirta Samudera dengan Metode *Systematic Layout Planning*

Oryza Rafi Oceandy¹⁾, Wilma Amiruddin²⁾, Ahmad Fauzan Zakki^{3)*}

¹⁾Laboratorium Teknologi Material, Las, dan Produksi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

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

Abstrak

Galangan kapal memerlukan efektifitas jarak dan waktu material handling untuk memperlancar target produksi. Pengefektifan material handling ini dilakukan dengan cara melakukan re-layout galangan kapal. Hasil Re-layout ini juga berpengaruh pada nilai investasi lahan minimum yang dapat digunakan untuk membuat sebuah galangan. Galangan dalam penelitian ini adalah PT. Yasa Wahana Tirta Samudera. Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Layout Planning*. Berdasarkan hasil perhitungan, dihasilkan 2 alternative layout PT. Yasa Wahana Tirta Samudera. Alternative layout 1 dan 2 tidak mengalami perubahan pada bagian reparasi kapal. Hasil penelitian ini dipilih alternative layout 1 menjadi alternative layout dengan jarak dan waktu material handling tersingkat. Alternative layout 1 pada bangunan kapal baru, 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%. Perubahan layout PT. Yasa Wahana Tirta Samudera menghasilkan harga investasi lahan pada alternative layout 1 sebesar Rp 226.800.000.000 dengan luas area produksi sebesar 4,5 Ha. Nilai investasi lahan yang lebih rendah ini dapat membuat BEP atau ROI yang lebih cepat.

Kata Kunci : *Layout, Systematic layout planning, Material handling, Investasi*

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]. Galangan kapal memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan. Kondisi tersebut dapat memacu perusahaan-perusahaan galangan kapal di Indonesia untuk meningkatkan proses produksi kapal. Diperlukan keefektifan jarak dan waktu *material handling* dalam sebuah proses bekerja untuk memperlancar proses produksi. *Material handling* merupakan suatu proses manufaktur dan

distribusi termasuk proses penggunaan dan pembuangan material, dalam jumlah yang tepat, waktu yang sesuai, dan tempat yang cocok. Proses ini memperhatikan urutan yang sesuai dengan biaya yang murah dan metode yang benar [2]. Pengefektifan *material handling* ini dapat dilakukan dengan cara melakukan re-layout sebuah galangan kapal.

Tata letak sebuah galangan sangat mempengaruhi *material handling* dan berlaku sebaliknya, sehingga dapat mendukung kelancaran proses produksi dari perusahaan seperti galangan kapal [3]. Tata letak juga mempengaruhi nilai minimal investasi lahan yang dapat digunakan untuk membuat galangan kapal. Hal ini sesuai dengan kenyataan yang terjadi di lapangan, yaitu pada galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera. Galangan kapal ini memiliki jarak antar tiap-tiap

bengkel produksi yang terlalu jauh. Kondisi ini tentunya akan mempengaruhi waktu *material handling*, yang akan berpengaruh terhadap kelancaran produksi dan *material handling* galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera. Jarak bengkel yang terlalu jauh juga berpengaruh pada investasi lahan yang akan digunakan. Semakin besar lahan yang digunakan karena jarak bengkel yang terlalu jauh, semakin besar pula biaya investasi lahan yang harus dikeluarkan

Permasalahan tata letak yang ada di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera seperti di atas dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *Systematic Layout Planning* (SLP). Dibanding metode lainnya, metode SLP dipilih karena metode ini cocok untuk perubahan tata letak perusahaan yang memiliki banyak bengkel atau stasiun kerja dan kondisi ini sesuai dengan yang ada pada galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera [4].

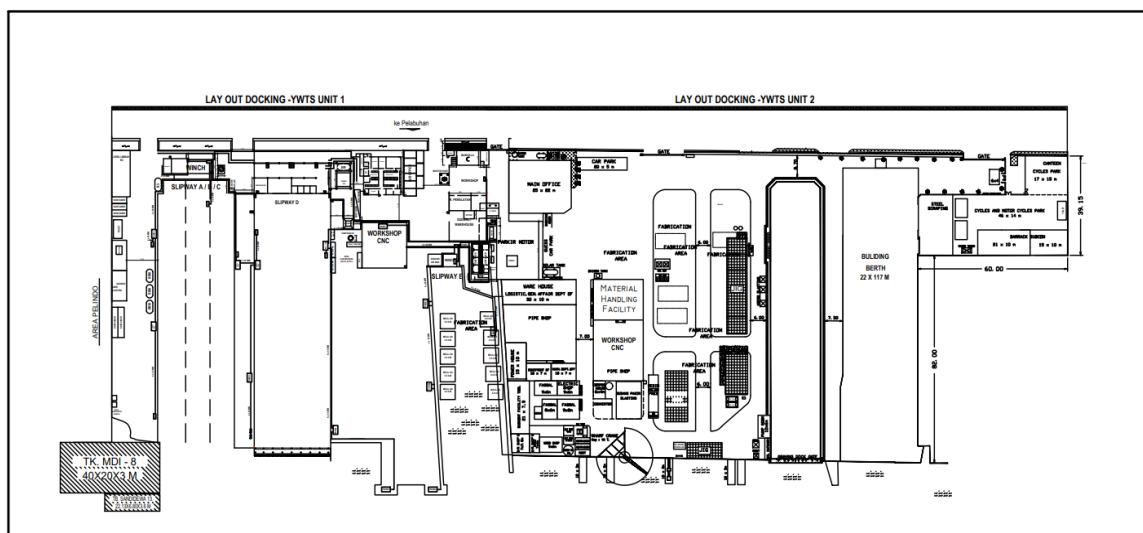
Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang menggunakan metode *Systematic Layout Planning* (SLP), yaitu pada *re-layout* perusahaan internasional industri kaleng Crown Cork and Can, ditemukan pada layout awal memerlukan jarak tempuh sebesar 389,7 m dan memerlukan waktu *material handling* produksi selama 901 detik. Penggunaan metode SLP pada kasus ini dihasilkan layout baru dengan jarak tempuh sejauh 311,2 m dan total waktu *material handling* produksi selama 750 detik [5].

bengkel atau stasiun kerja yang terlalu jauh guna mendapatkan lahan minimal yang diinginkan pernah dilakukan pada pabrik UKM Roti Rizki di Bontang dengan lahan yang dimiliki sebesar 100 m² dan memiliki 12 stasiun kerja yang mampu diperkecil menjadi 67,5992 m², di mana pada layout terbarunya sudah mampu mencukupi 12 stasiun kerja yang ada [7]. Hal tersebut dapat menghemat biaya investasi lahan, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan yang ada di pabrik UKM Roti Rizki.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui efisiensi *material handling* berdasarkan pada *existing layout* galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera dan menentukan perubahan layout untuk mendapatkan waktu *material handling* yang lebih baik dan mendapatkan nilai investasi lahan minimal yang lebih ekonomis.

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.



Gambar 1. *Existing Layout* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera

Penggunaan metode yang sama juga pernah dilakukan pada penelitian *re-layout* pabrik peralatan bahan bangunan PT. Cahaya Benteng Mas yang memiliki jarak perpindahan pada tata letak awal sebesar 512,6 m, dengan metode SLP, dihasilkan total jarak perpindahan sejauh 215,5 m atau mengalami perubahan jarak *material handling* sebesar 57,9% [6]. Penelitian *re-layout* bengkel-

Penelitian ini dimulai dengan menghitung efektifitas *existing layout* galangan PT. Yasa Wahana Tirta, ditinjau dari waktu dan jarak *material handling* yang didapat dari *Technical Report* dan *Existing layout* galangan. Langkah selanjutnya, hasil perhitungan efektifitas *existing layout* (Gambar 1) tersebut akan dijadikan acuan

untuk pembuatan *alternative layout* galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera.

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, salah satunya adalah diagram From to Chart.

2. Pembuatan *Activity Relation Chart* (ARC).

ARC dibuat berdasarkan data keterkaitan antar bengkel-bengkel yang ada di galangan kapal PT. Yasa Wahana Tirta Samudera [4].

3. Pembuatan *Block Alternative layout Galangan Kapal*.

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

4. Perhitungan Efektifitas 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.

BPN tahun 2023. Hasil dari investasi lahan *alternative layout* akan dibandingkan dengan biaya investasi lahan *existing layout*.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu variabel bebas dan terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah tata letak galangan. Variabel terikat pada penelitian ini adalah jarak dan waktu *material handling*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Efektifitas dan Analisis *Flow of Material Existing layout*

• **Jalur *Material handling* Reparasi Kapal**

Material handling yang ada di galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera dibagi menjadi 2, yaitu *material handling* reparasi kapal dan *material handling* pembangunan kapal baru. Jalur *material handling* untuk reparasi kapal, yaitu *Material handling Facility* (MHF) – Bengkel CNC – *Dock Slipway A/B/C/D/E*. Berbeda dengan bangunan kapal baru, jalur *material handling* bangunan kapal baru memiliki jalur *Material handling Facility* (MHF) – Bengkel CNC – Bengkel Fabrikasi – Bengkel *Assembly* – Bengkel *Erection* – *Graving Dock/Building Berth*. Jarak dari tiap jalur tersebut yang dihitung dengan metode Euclidean dan Rectilinear adalah sebagai berikut pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Tabel Perhitungan Jarak *Material handling* Reparasi Kapal *Existing layout*

No	Aliran Material		Rectilinear	Euclidean	Titik 3	Rectilinear (Titik 2-3)	Euclidean (Titik 2-3)	Total (m)	
	Titik 1	Titik 2						Rectilinear	Euclidean
1	<i>Material handling Facility</i>	Workshop CNC	35,8	26,9	Slipway A/B/C	95,7	74,3	131,5	101,2
2					Slipway D	59,2	41,9	95	68,8
3					Slipway E	83,9	59,5	119,7	86,4

Tabel 2 Tabel Perhitungan Waktu *Material handling* Reparasi Kapal *Existing layout*

No	Aliran Material			Rectilinear (Titik 2-3)	Total (menit)	
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		Rectilinear	Euclidean
1	<i>Material handling Facility</i>	Workshop CNC	Slipway A/B/C	1 km/jam \approx 0,278 m/s	9	7
2			Slipway D		7	5
3			Slipway E		8	6

5. Perhitungan Biaya Investasi Lahan.

Perhitungan ini berdasarkan luasan *alternative layout* yang akan dikalikan dengan harga lahan per meter persegi pada galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera. Harga tanah diambil dari data

- Jalur *Material handling* Bangunan Kapal Baru

Tabel 3 Tabel Perhitungan Jarak *Material Handling* Bangunan Kapal Baru *Existing Layout*

No	Aliran Material		Rectilinear (35,8 + x)	Euclidean (26,9 + x)	Titik 4	Rectilinear (Titik 3-4)	Euclidean (Titik 3-4)	Total (m)	
	Titik 1-2	Titik 3 (x)						Rectilinear	Euclidean
1	MHF - Workshop	Fabrication/ Assembly/ Erection Area	35,8+158,75 = 194,6	26,9+136,26 = 163,2	Graving Dock	41,6	37,9	236,2	201,1
2	CNC				Building Berth	72,1	70,1	266,7	233,3

Tabel 4 Tabel Perhitungan Waktu *Material Handling* Bangunan Kapal Baru *Existing Layout*

No	Aliran Material			Rectilinear (Titik 2-3)	Total (menit)	
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		Rectilinear	Euclidean
1	<i>Material handling</i> Facility	Workshop CNC	Graving Dock	1 km/jam ≈ 0,278 m/s	15	13
2			Building Berth		16	14

Data-data yang diambil dari *existing layout* dan *technical report* galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera pada Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan adanya perbedaan jarak dan waktu *material handling* yang signifikan pada proses bangunan kapal baru dibandingkan dengan *material handling* reparasi kapal. Perbedaan jarak dan waktu tersebut dapat diefektifkan dengan perubahan layout galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera.

3.2. Pembuatan *Activity Relation Chart* (ARC)

Pembuatan *Activity Relation Chart* (ARC) tidak lepas dari memperhitungkan spesifikasi dari peralatan *material handling* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera, yaitu *mobile crane* dan *forklift* dengan spesifikasi pada Tabel 5 dan Tabel 6:

Tabel 5 Tabel Spesifikasi Mobile Crane

No.	Spesifikasi	Satuan
1.	Kapasitas Crane	50t pada jangkauan 3 m
2.	Panjang keseluruhan	10,1 m
3.	Lebar keseluruhan	2,8 m
4.	Tinggi keseluruhan	3,6 m
5.	Bobot mati	41.490 kg
6.	Radius Putar	7,50 m

Tabel 6 Tabel Spesifikasi Forklift

No.	Spesifikasi	Satuan
1.	Daya angkat beban aman maksimum	8t
2.	Ketinggian angkat maksimum	3 m
3.	Ketinggian mast normal	2,85 m
4.	Radius putar	3,50 m
5.	Panjang unit dengan garpu angkat	5,47 m
6.	Lebar unit	2,24 m

Terdapat beberapa kriteria selain spesifikasi pada Tabel 5 dan 6 dalam pembuatan ARC, untuk membuat *layout* reliabel, yaitu sebagai berikut:

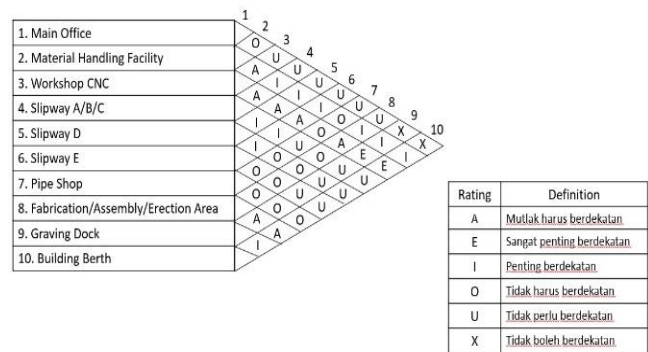
- Jalur *material handling* reparasi kapal (bagian barat) memiliki jalur, yaitu MHF – Workshop CNC – Slipway A/B/C/D/E. Jalur ini harus mutlak berdekatan sesuai dengan urutan jalurnya karena memiliki hubungan kegunaan antar bengkel.
- Jalur *material handling* bangunan kapal baru (bagian timur), yaitu MHF – Workshop CNC – Bengkel Fabrikasi – Graving Dock/Building Berth. Jalur ini harus mutlak berdekatan sesuai dengan urutan jalurnya karena memiliki hubungan kegunaan antar bengkel.

- Bengkel yang tidak termasuk pada jalur utama *material handling*, baik reparasi kapal maupun bangunan kapal baru (selain pada jalur di atas), dapat diartikan tidak harus berdekatan.
- Penggunaan *forklift* dilakukan di semua bengkel pada galangan, sedangkan *mobile crane* digunakan *slipway* A/B/C/D/E, *graving dock*, dan *building berth*. Berdasarkan penggunaan peralatan tersebut, pada *slipway* A/B/C/D/E, *graving dock*, dan *building berth* harus mempunyai lebar jalur minimal sesuai dengan radius putar *mobile crane*, yaitu sebesar 7,5 m dan selain pada bengkel tersebut minimal harus mempunyai lebar jalur minimal sebesar radius putar *forklift*, yaitu sebesar 3,50 m.
- Seluruh jarak di atas diukur berdasarkan jarak rectilinear.

Pembuatan *Activity Relation Chart* (ARC) dimulai dengan melakukan identifikasi derajat hubungan antar kegiatan pada galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera. Hubungan antar kegiatan ini disesuaikan dengan jalur *material handling* reparasi kapal dan bangunan kapal baru. Derajat hubungan aktivitas dalam metode ini menggunakan simbol-simbol yang sudah distandardisasi, yaitu A (mutlak harus berdekatan), E (sangat penting untuk berdekatan), I (penting untuk berdekatan), O (Tidak harus berdekatan), U (Tidak perlu berdekatan), dan X (tidak boleh berdekatan) [8]. Bengkel dan fasilitas yang ada di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera adalah:

1. *Main Office*
2. *Material handling Facility* (MHF)
3. *Workshop* CNC
4. *Slipway* A/B/C
5. *Slipway* D
6. *Slipway* E
7. *Pipe Shop*
8. *Fabrication/Assembly/Erection Area*
9. *Graving Dock*
10. *Building Berth*

Berdasarkan fasilitas dan bengkel di atas, *activity relation chart* pada galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera adalah seperti pada Gambar 2. *Activity relation chart* pada Gambar 2 menggunakan metode kualitatif berdasarkan pertimbangan dengan pihak galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera berdasarkan kriteria yang ada. Hasil ARC Gambar 2 bisa diperkuat dengan membuat ARC secara kuantitatif, dengan menggunakan data intensitas aliran *material handling* tiap bengkel pada tabel *From to Chart* Tabel 7 dan Tabel 8.



Gambar 2 Hasil *Activity Relation Chart* (Kualitatif)

Tabel 7 Tabel *From To Chart* Aliran *Material Handling*

From/To	1. Main Office	2. MHF	3. Workshop CNC	4. Slipway A/B/C	5. Slipway D	6. Slipway E	7. Pipe shop	8. Fabrication Area	9. Graving Dock	10. Building Berth
1. Main Office	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. MHF	0	39	42	47	44	14	38	31	34	34
3. Workshop CNC	0	46	44	58	57	26	82	21	23	23
4. Slipway A/B/C	0	24	49	17	16	7	16	7	5	5
5. Slipway D	0	26	44	13	14	6	12	4	2	2
6. Slipway E	0	32	42	13	15	9	4	2	1	1
7. Pipe Shop	0	8	14	4	3	4	21	19	14	14
8. Fabrication Area	0	7	30	11	8	9	53	51	51	51
9. Graving Dock	0	14	19	3	2	1	8	34	21	21
10. Building Berth	0	13	17	3	4	4	8	13	13	13

Tabel 8 Tabel Total Kuantitas Aliran *Material Handling*

From - To	Kuantitas	From - To	Kuantitas	From - To	Kuantitas
1 ↔ 2	0	2 ↔ 4	66	3 ↔ 7	40
1 ↔ 3	0	2 ↔ 5	73	3 ↔ 8	112
1 ↔ 4	0	2 ↔ 6	76	3 ↔ 9	40
1 ↔ 5	0	2 ↔ 7	22	3 ↔ 10	40
1 ↔ 6	0	2 ↔ 8	45	4 ↔ 5	30
1 ↔ 7	0	2 ↔ 9	45	4 ↔ 6	29
1 ↔ 8	0	2 ↔ 10	47	4 ↔ 7	11
1 ↔ 9	0	3 ↔ 4	93	4 ↔ 8	27
1 ↔ 10	0	3 ↔ 5	102	4 ↔ 9	10
2 ↔ 3	85	3 ↔ 6	99	4 ↔ 10	8
5 ↔ 6	29	7 ↔ 9	27		
5 ↔ 7	9	7 ↔ 10	22		
5 ↔ 8	20	8 ↔ 9	87		
5 ↔ 9	6	8 ↔ 10	85		
5 ↔ 10	6	9 ↔ 10	34		
6 ↔ 7	13				
6 ↔ 8	13				
6 ↔ 9	3				
6 ↔ 10	5				
7 ↔ 8	25				

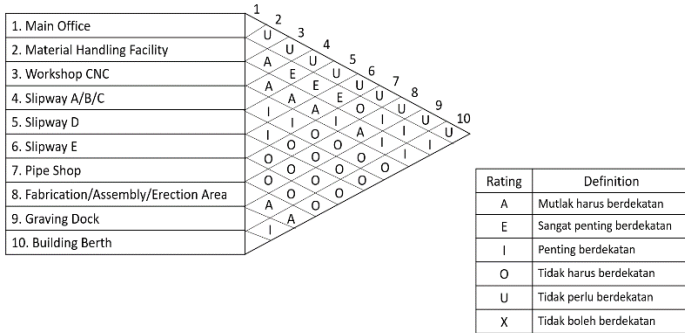
Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6, diambil nilai tertinggi dan kemudian akan dibagi dengan konstanta 4 (skala huruf A, E, I, O), sebagai berikut:

$$\frac{\text{Nilai Tertinggi}}{4} = \frac{112}{4} = 28$$

Hasil perhitungan di atas akan dibuat sebuah skala dengan kriteria sebagai berikut:

- Nilai 0 → U
- Nilai 1 – 28 → O
- Nilai 29 – 56 → I
- Nilai 57 – 84 → E
- Nilai 85 – 112 → A

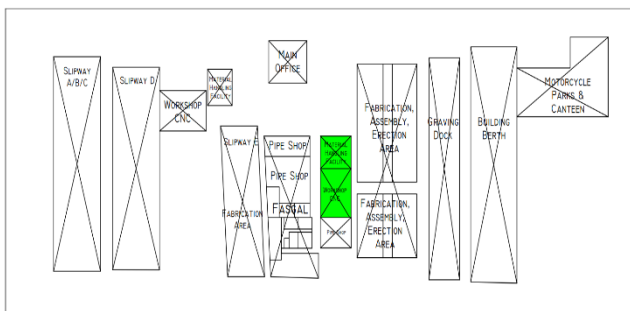
Berdasarkan skala tersebut, ARC kuantitatif adalah sebagai berikut:



Gambar 2 Gambar Pembuatan Activity Related Chart (Kuantitatif)

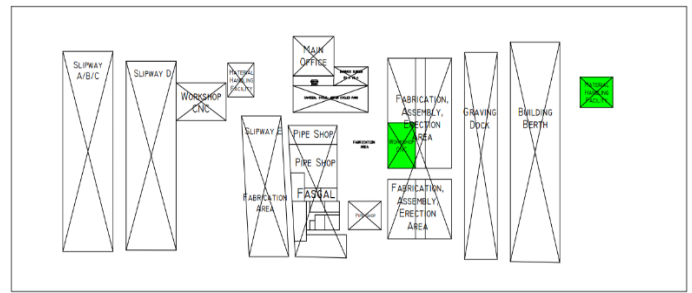
3.3. Pembuatan Block Alternative layout

Pembuatan *block alternative layout* digunakan untuk mempermudah penyusunan *alternative layout* aslinya. Pembuatan *block alternative layout* ini mempertimbangkan dari *activity relation chart* yang sudah dibuat sebelumnya. Derajat kedekatan pada ARC akan diproyeksikan pada *block alternative layout*. Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan *block alternative layout* dari galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera.



Gambar 4 Block Alternative Layout 1

Terdapat perubahan layout yang ditunjukkan pada kedua *block alternative layout* tersebut. *Block alternative layout 1* mengalami perubahan pada penambahan area *Material Handling Facility* (MHF) dan *Workshop CNC*, sehingga lebih dekat dengan bagian *Fabrication/Assembly/Erection Area*. *Block alternative layout 2* tidak memiliki penambahan bengkel/fasilitas, tetapi mengalami pertukaran letak *Fabrication/Assembly/Erection Area*, *Graving Dock*, dan *Building Berth* dengan area *Pipe Shop* dan *Fasgal*.



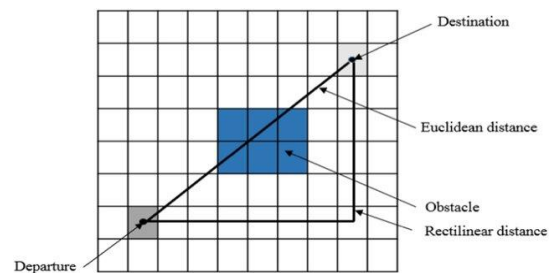
Gambar 5 Block Alternative Layout 2

diproyeksikan menjadi *alternative layout* yang kemudian dihitung efektifitasnya berdasarkan jarak dan waktu *material handling*. Hasil efektifitas *alternative layout* harus lebih efektif dibanding dengan *existing layout* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera.

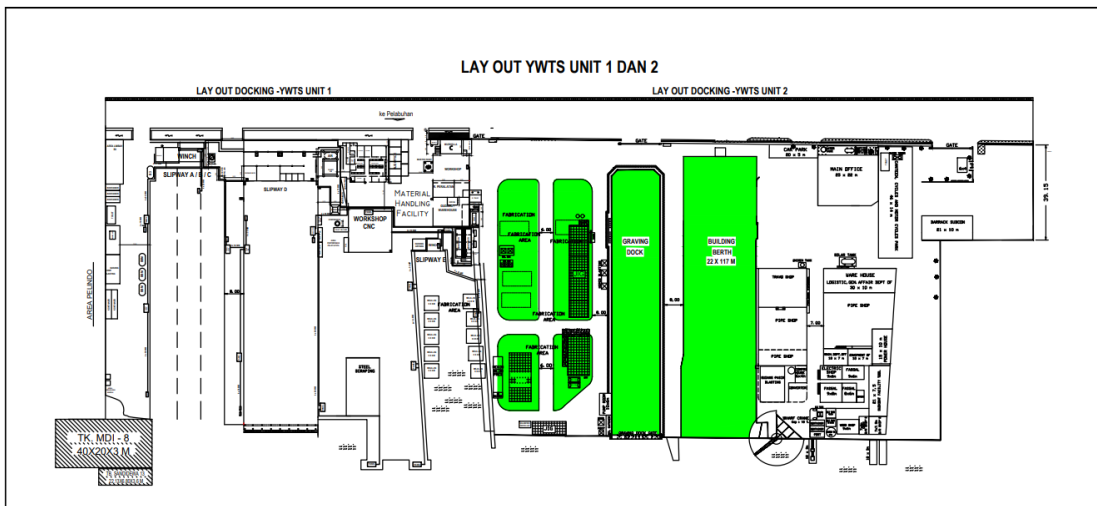
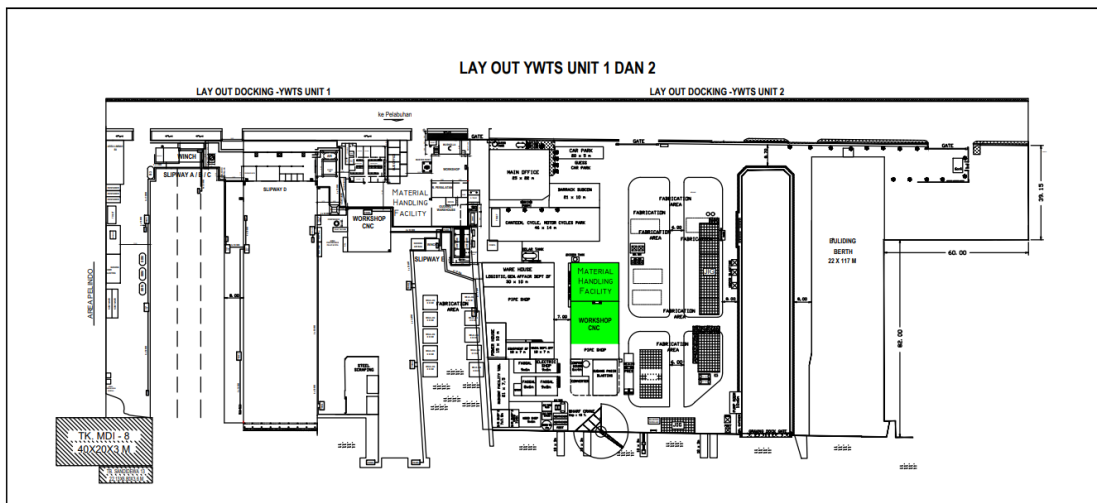
3.4. Pembuatan dan Perhitungan Efektifitas Alternative layout

Berdasarkan *block alternative layout* yang sudah dibuat sebelumnya, maka *alternative layout* galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera menjadi seperti Gambar 6.

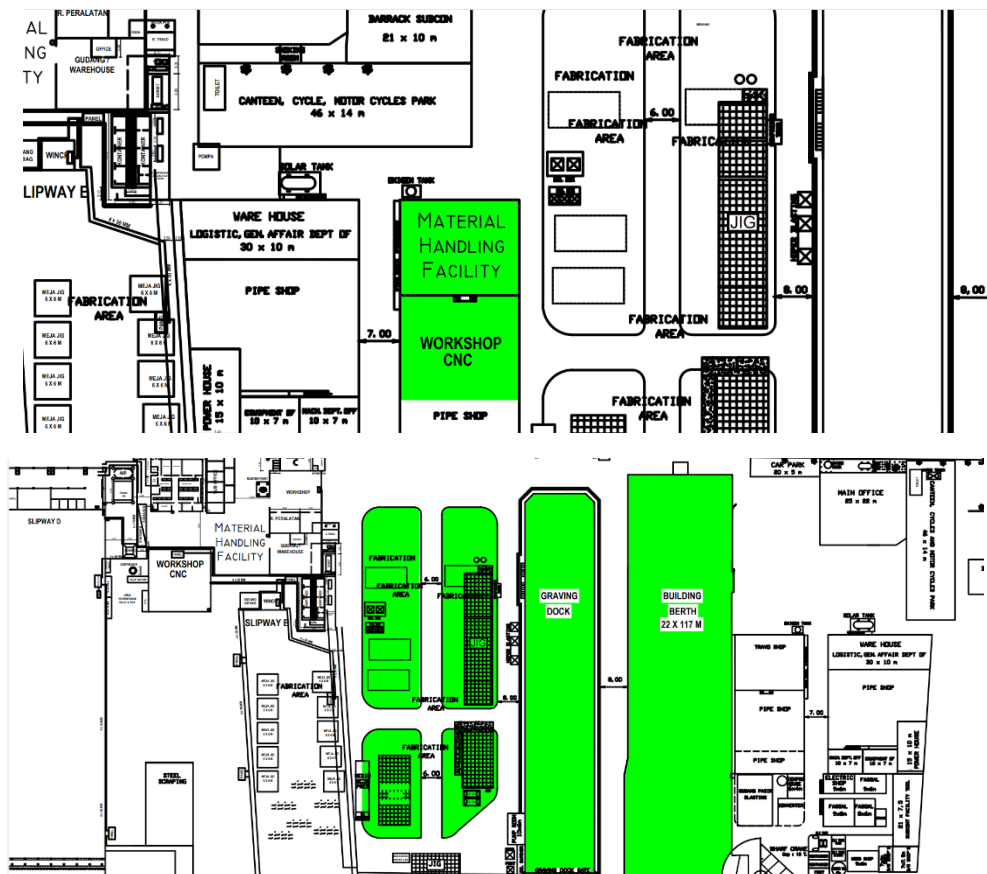
Hasil dari *alternative layout* pada Gambar 7 dan Gambar 8 akan dihitung efektifitasnya berdasarkan jarak dan waktu *material handling*. Jarak kedua *alternative layout* tersebut diukur menggunakan dua metode, yaitu metode Rectilinear dan Euclidean. Jarak Rectilinear adalah jarak tegak lurus terpendek antara dua titik (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) [9]. Jarak Euclidean adalah jarak garis segmen antara dua vektor di dalam ruang euklid [10] seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 Jarak Rectilinear dan Euclidean



Gambar 7 Alternative layout 1 (Atas) dan Alternative layout 2 (Bawah)



Gambar 8 Perubahan Alternative layout 1 (Atas) dan 2 (Bawah)

memfasilitasi pemungutan waktu dapat material

handling dengan cara membagi setiap jarak tersebut menggunakan kecepatan *forklift*, yaitu dengan rata-rata kecepatan *forklift* di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera sebesar 1 km/jam. Berikut merupakan hasil perhitungan jarak dan waktu *material handling* di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera:

3.4.1 Alternative layout 1

- Jalur *Material handling* Reparasi Kapal

Tabel 9 Tabel Perhitungan Jarak *Material Handling* Reparasi Kapal *Alternative layout 1*

No	Aliran Material		Rectilinear	Euclidean	Titik 3	Rectilinear (Titik 2-3)	Euclidean (Titik 2-3)	Total (m)	
	Titik 1	Titik 2						Rectilinear	Euclidean
1	<i>Material handling</i> Facility	Workshop CNC	35,8	26,9	Slipway A/B/C	95,7	74,3	131,5	101,2
2					Slipway D	59,2	41,9	95	68,8
3					Slipway E	83,9	59,5	119,7	86,4

Tabel 10 Tabel Perhitungan Waktu *Material handling* Reparasi Kapal *Existing layout*

No	Aliran Material			Rectilinear (Titik 2-3)	Total (menit)	
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		Rectilinear	Euclidean
1	<i>Material handling</i> Facility	Workshop CNC	Slipway A/B/C	1 km/jam \approx 0,278 m/s	9	7
2			Slipway D		7	5
3			Slipway E		8	6

Berdasarkan hasil perhitungan jarak dan waktu *material handling* reparasi kapal pada *alternative layout 1* (Tabel 9 dan Tabel 10), terlihat bahwa tidak adanya perubahan jarak dan waktu dikarenakan tidak ada perubahan tata letak bengkel-bengkel pada bagian reparasi kapal.

- Jalur *Material Handling* Bangunan Kapal Baru

Tabel 11 Tabel Perhitungan Jarak *Material Handling* Bangunan Kapal Baru *Alternative layout 1*

No	Aliran Material		Rectilinear (20,3 + x)	Euclidean (20,3 + x)	Titik 4	Rectilinear (Titik 3-4)	Euclidean (Titik 3-4)	Total (m)	
	Titik 1-2	Titik 3 (x)						Rectilinear	Euclidean
1	MHF - Workshop CNC	Fabrication/ Assembly/ Erection Area	20.3+49.95 = 70,3	20.3+37.48 = 57,8	Graving Dock	41,6	37,9	111,9	95,7
2					Building Berth	72,68	70,83	142,9	128,6

Tabel 12 Tabel Perhitungan Waktu *Material Handling* Bangunan Kapal *Alternative Layout 1*

No	Aliran Material			Rectilinear (Titik 2-3)	Total (menit)	
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		Rectilinear	Euclidean
1	<i>Material handling</i> Facility	Workshop CNC	Graving Dock	1 km/jam \approx 0,278 m/s	6,7 \approx 7	5,7 \approx 6
2			Building Berth		8,5 \approx 9	7,7 \approx 8

Waktu yang dibutuhkan dalam proses *material handling* bangunan kapal baru, Tabel 11, pada *alternative layout 1* menggunakan *forklift*

dengan kecepatan rata-rata 1 km/jam, dengan menggunakan rumus:

$$t = \frac{s}{v}$$

t = waktu

s = jarak

v = kecepatan

Menghasilkan waktu seperti pada Tabel 12.

Berdasarkan hasil perhitungan jarak dan waktu *material handling* bangunan kapal baru, pada Tabel 11 dan Tabel 12, pada *alternative layout 1*, terlihat bahwa jarak *material handling* bangunan kapal baru berubah dari total jarak Rectilinear *Material handling Facility* (MHF) – *Graving Dock* sebesar **236,2 m** menjadi **111,9 m** atau berubah sebesar **52,6%**,

– *Graving Dock* sebesar **201,1 m** menjadi **95,7 m** atau berubah sebesar **52,4%**, jarak Rectilinear *Material handling Facility* (MHF) – *Building Berth*

sebesar **266,7 m** menjadi **142,9 m** atau berubah sebesar **46,4%**, dan jarak Euclidean *Material handling Facility* (MHF) – *Building Berth* sebesar **233,3 m** menjadi **127,9 m** atau berubah sebesar **44,8%**.

Berdasarkan hasil perhitungan jarak dan waktu *material handling* reparasi kapal, pada Tabel 13 dan Tabel 14, pada *alternative layout 2*, terlihat bahwa tidak adanya perubahan jarak dan waktu dikarenakan tidak ada perubahan tata letak bengkel-bengkel pada bagian reparasi kapal.

Tabel 13 Tabel Perhitungan Jarak *Material Handling* Reparasi Kapal *Alternative layout 2*

No	Aliran Material		Rectilinear	Euclidean	Titik 3	Rectilinear (Titik 2-3)	Euclidean (Titik 2-3)	Total (m)	
	Titik 1	Titik 2						Rectilinear	Euclidean
1	<i>Material handling Facility</i>	Workshop CNC	35,8	26,9	Slipway A/B/C	95,7	74,3	131,5	101,2
2					Slipway D	59,2	41,9	95	68,8
3					Slipway E	83,9	59,5	119,7	86,4

Tabel 14 Tabel Perhitungan Waktu *Material handling* Reparasi *Alternative Layout 2*

No	Aliran Material			Rectilinear (Titik 2-3)	Total (menit)	
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		Rectilinear	Euclidean
1	<i>Material handling Facility</i>	Workshop CNC	Slipway A/B/C	1 km/jam \approx 0,278 m/s	9	7
2			Slipway D		7	5
3			Slipway E		8	6

Waktu *material handling* bangunan kapal baru pada *alternative layout 1* (Tabel 12) juga mengalami perubahan. Terlihat bahwa waktu *material handling* dari *Material Handling Facility* (MHF) hingga *Graving Dock* selama **15 menit** untuk jarak Rectilinear dan **13 menit** untuk jarak Euclidean menjadi **7 menit** untuk jarak Rectilinear atau berubah sebesar **53,3%** dan **6 menit** untuk jarak Euclidean atau berubah sebesar **53,8%**. Waktu *material handling* dari *Material Handling Facility* (MHF) hingga *Building Berth* membutuhkan waktu selama **16 menit** untuk jarak Rectilinear dan **14 menit** untuk jarak Euclidean menjadi **9 menit**

• **Jalur *Material handling* Bangunan Kapal Baru**

Waktu yang dibutuhkan dalam proses *material handling* bangunan kapal baru, Tabel 15, pada *alternative layout 2* menggunakan *forklift* dengan kecepatan rata-rata 1 km/jam, dengan menggunakan rumus:

$$t = \frac{s}{v}$$

t = waktu
s = jarak
v = kecepatan

Menghasilkan waktu seperti pada Tabel 16.

Tabel 15 Tabel Perhitungan Jarak *Material Handling* Bangunan Kapal Baru *Alternative layout 2*

No	Aliran Material		Rectilinear (0+x)	Euclidean (0+x)	Titik 4	Rectilinear (Titik 3-4)	Euclidean (Titik 3-4)	Total (m)	
	Titik 1-2	Titik 3 (x)						Rectilinear	Euclidean
1	MHF - Workshop CNC	Fabrication/ Assembly/ Erection Area	0+138,3 = 138,3	0+112,5 = 112,5	Graving Dock	41,56	37,85	179,9	150,4
2					Building Berth	72,68	70,83	211	183,3

untuk jarak Rectilinear atau berubah sebesar **43,7%** dan **8 menit** untuk jarak Euclidean atau berubah sebesar **42,8%**. Perhitungan ini menunjukkan bahwa *alternative layout 1* **memenuhi syarat lebih efektif** dibandingkan dengan *existing layout* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera.

3.4.2 Alternative layout 2

• **Jalur *Material handling* Reparasi Kapal**

Tabel 16 Tabel Perhitungan Waktu *Material Handling*

No	Aliran Material			Rectilinear (Titik 2-3)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	<i>Material handling Facility</i>	Workshop CNC	Graving Dock	1 km/jam \approx 0,278 m/s
2			Building Berth	

Berdasarkan hasil perhitungan jarak dan waktu *material handling* bangunan kapal baru, pada Tabel 15 dan Tabel 16, pada *alternative layout 2*, terlihat bahwa jarak *material handling* bangunan kapal baru berubah dari total jarak Rectilinear *Material handling Facility – Graving Dock* sebesar **236,2 m** menjadi **179,9 m** atau berubah sebesar **23,8%**, jarak Euclidean *Material handling Facility – Graving Dock* sebesar **201,1 m** menjadi **150,4 m** atau berubah sebesar **25,2%**, jarak Rectilinear *Material handling Facility – Building Berth* sebesar **266,7 m** menjadi **211 m** atau berubah sebesar **20,8%**, dan jarak Euclidean *Material handling Facility – Building Berth* sebesar **233,3 m** menjadi **183,3 m** atau berubah sebesar **21,4%**.

Waktu *material handling* bangunan kapal baru pada *alternative layout 1* (Tabel 16) juga mengalami perubahan. Terlihat bahwa waktu *material handling* dari *Material handling Facility* hingga *Graving Dock* selama **15 menit** untuk jarak Rectilinear dan **13 menit** untuk jarak Euclidean menjadi **11 menit** untuk jarak Rectilinear atau berubah sebesar **26,6%** dan **9 menit** untuk jarak Euclidean atau berubah sebesar **30,7%**. Waktu *material handling* dari *Material handling Facility* hingga *Building Berth* membutuhkan waktu selama **16 menit** untuk jarak Rectilinear dan **14 menit** untuk jarak Euclidean menjadi **13 menit** untuk jarak Rectilinear atau berubah sebesar **18,7%** dan **11 menit** untuk jarak Euclidean atau berubah sebesar **21,4%**.

Perhitungan ini menunjukkan bahwa *alternative layout 2* **memenuhi syarat lebih efektif** dibandingkan dengan *existing layout* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera.

3.5. Perhitungan Nilai Investasi Lahan

Berdasarkan *alternative layout* yang sudah dibuat, dapat dihitung nilai investasi lahan sebagai pembanding hasil perubahan layout, seperti berikut: (Harga tanah diambil dari Badan Pertanahan Nasional Tahun 2023)

Tabel 17 Tabel Perhitungan Nilai Investasi Lahan

No.	Layout	Ukuran (m)	Luas (m ²)	Harga Tanah/m ²	Harga total
1.	<i>Existing</i>	384x140	53.760	Rp	268.000.000.000
	<i>Layout</i>				
2.	<i>Alternative</i>	324x140	45.360	Rp	226.800.000.000
	<i>Layout 1</i>				
3.	<i>Alternative</i>	359x140	50.260	Rp	251.300.000.000
	<i>Layout 2</i>				

Tabel 17 menunjukkan harga investasi lahan pada *existing layout* galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera dibandingkan dengan *alternative layout 1* dan *alternative layout 2*. Terlihat bahwa nilai investasi lahan *alternative layout 1* mengalami perubahan sebesar Rp 41.200.000.000 menjadi Rp 226.800.000.000. *Alternative layout 2* menunjukkan adanya perubahan nilai investasi lahan sebesar Rp 16.700.000.000 menjadi Rp 251.300.000.000. Perubahan layout pada *alternative layout 1* menunjukkan bahwa dengan luas area sebesar 4,5 Ha dapat memuat semua kebutuhan bengkel produksi galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera dengan nilai investasi lahan yang lebih ekonomis.

3.6. Pembahasan

Berdasarkan apa yang sudah dipaparkan di atas, hasil dari penelitian ini sesuai dengan yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, yaitu oleh Febriandini dan Yuniaristanto, yang melakukan perubahan layout *Biopro Cosmeceutical Sdn. Bhd.* dengan jarak *material handling* awal sebesar 151,1 m dan menghasilkan dua *alternative layout* menggunakan metode SLP menjadi 114,1 m untuk *alternative layout 1* dan 107,3 m untuk *alternative layout 2* [11]. Pramija dan Meipen juga pernah melakukan penelitian yang serupa dengan metode yang sama pada *Pelangi Advertising Printing* menghasilkan *alternative layout* dengan jarak *material handling* menjadi 39,8 m, yang semula sebesar 43,5 m [12]. Adapun untuk permasalahan waktu *material handling* dengan menggunakan metode SLP, terdapat penelitian dengan hasil yang sejalan dengan hasil penelitian ini, yaitu pada penelitian *re-layout* PT. PMJ, yang mempunyai jarak dan waktu *material handling* awal sebesar 44,4 m dan 94,02 s, lalu menghasilkan dua *alternative layout* dengan masing-masing jarak dan waktu sebesar 35,36 m dan 64,09 s untuk *alternative layout 1*, 33,815 m dan 62,04 s untuk *alternative layout 2* [13]. Beberapa hasil penelitian terdahulu yang sejalan dengan hasil penelitian ini

menunjukkan bahwa penggunaan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) dapat mempersingkat jarak dan waktu *material handling*, sehingga dapat membuat proses produksi galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera lebih efektif [14].

Terkait dengan permasalahan akses jalan akibat perubahan *layout*, *Alternative layout 1* dan *alternative layout 2* memiliki lebar jalan yang dapat dilalui oleh peralatan *material handling* yang dimiliki PT. Yasa Wahana Tirta Samudera, seperti *forklift* dan *mobile crane*. PT. Yasa Wahana Tirta Samudera memiliki *forklift* dengan beban maksimal 10 ton dan *mobile crane* dengan beban maksimal 50 ton. Tabel 18 dan Tabel 19 merupakan spesifikasi kedua peralatan *material handling* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera:



Gambar 3 *Forklift* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera

Tabel 18 Tabel Spesifikasi Forklift

No.	Spesifikasi	Satuan
1.	Daya angkat beban aman maksimum	8t
2.	Ketinggian angkat maksimum	3 m
3.	Ketinggian mast normal	2,85 m
4.	Radius putar	3,50 m
5.	Panjang unit dengan garpu angkat	5,47 m
6.	Lebar unit	2,24 m



Gambar 4 *Mobile Crane* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera

Tabel 19 Tabel Spesifikasi *Mobile Crane*

No.	Spesifikasi	Satuan
1.	Kapasitas Crane	50t pada jangkauan 3 m
2.	Panjang keseluruhan	10,1 m
3.	Lebar keseluruhan	2,8 m
4.	Tinggi keseluruhan	3,6 m
5.	Bobot mati	41.490 kg
6.	Radius Putar	7,50 m

Berdasarkan ukuran lebar jalan pada Gambar 7, dapat diketahui bahwa jalan pada *alternative layout 1* dan *alternative layout 2* memiliki lebar minimal 8 m *slipway A/B/C/D/E*, *graving dock*, dan *building berth*, sedangkan selain pada bengkel tersebut memiliki lebar jalur minimal sebesar 6 m. Lebar jalan ini dapat dilalui oleh peralatan *material handling* yang dimiliki PT. Yasa Wahana Tirta Samudera, seperti *forklift* dan *mobile crane* dengan spesifikasi yang tertera pada tabel 10 dan Tabel 11. Khusus untuk *mobile crane* yang memiliki radius putar yang besar, pada *alternative layout 1* dan *alternative layout 2* juga disediakan beberapa tempat untuk semakin mempermudah melakukan manuver. Tempat ini juga tersedia pada *existing layout* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera.

Jarak *material handling* yang lebih singkat ini dapat berpengaruh pada biaya operasional dan biaya pemeliharaan yang lebih ekonomis, seperti ongkos *material handling* (OMH) dan biaya bahan bakar *material handling*. Terdapat penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa semakin singkat jarak *material handling*, semakin ekonomis pula biaya OMH dan bahan bakar alat *material handling*, seperti pada penelitian relokasi tata letak Gudang PT. MKM dengan menggunakan metode *Systematic Layout Planning* (SLP). PT.MKM

memiliki jarak awal 102,9 km/bulan dan mampu dirubah menjadi 83,8 km/bulan dengan biaya OMH sebesar Rp. 3.456.000/bulan menjadi Rp. 2.134.333/bulan dengan selisih Rp. 1.321.667 dan efisiensi biaya sebesar 38% dari tata letak awal. Berdasarkan perhitungan OMH tersebut, PT. MKM memiliki total biaya operasional pada *layout* awal sebesar Rp. 557.022.833,00, sedangkan *alternative layout* PT. MKM memiliki biaya operasional sebesar Rp. 347.795.285 dengan selisih Rp. 229.227.549 atau berubah sebesar 40% [15].

Proses *re-layout* galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera ini, meskipun memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jarak dan waktu *material handling*, tetapi *re-layout* ini tidak berpengaruh signifikan terhadap waktu pengerjaan proyek reparasi kapal maupun bangunan kapal baru. Percepatan pengerjaan proyek dapat berubah secara signifikan dengan melakukan penambahan tenaga kerja dan jam kerja pada lintasan kritis, seperti pada kasus PT. Trakindo Utama yang harus ditambahkan 3 jam kerja lembur, supaya proyek pengerjaan jam kerja yang berawal dari 21 hari dapat diselesaikan dalam 15 hari [16].

Re-layout galangan PT. Yasa Wahana Tirta Samudera ini berpengaruh pada nilai investasi lahan yang akan digunakan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian ini, yaitu dengan melakukan *re-layout* didapatkan jarak dan waktu *material handling* yang singkat, sehingga berpengaruh pada nilai investasi lahan yang lebih ekonomis dari *existing layout* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera. Investasi lahan yang ekonomis dapat menjadi modal untuk mendapatkan *breakeven point* (BEP) atau bahkan *Return of Investment* (ROI) yang lebih cepat [17]. Terdapat penelitian terdahulu mengenai teori tersebut, yaitu pada *re-layout* PT. XYZ Extension menggunakan metode *Systematic Layout Planning* (SLP), yang memiliki luas lahan sebesar 6000 m², dapat ditata ulang menjadi 507 m² untuk lantai produksi dari total luas area 2004,10 m² untuk area fasilitas penunjang dan area produksi. Hasil *re-layout* yang mempengaruhi aliran *material handling* ini merupakan faktor utama berkurangnya biaya operasional, sehingga PT. XYZ Extension dapat mencapai target pengembalian modal selama 10 tahun dan 26 hari, dengan perkiraan ROI sebesar 15% [18].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan efektifitas *re-layout* galangan kapal PT. Yasa Wahana Tirta Samudera, disimpulkan bahwa *alternative layout 1* dan *alternative layout 2* memiliki jarak dan waktu *material handling* yang lebih efektif daripada *existing layout* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera.

Alternative layout 1 dipilih menjadi *alternative layout* dengan jarak dan waktu *material handling* tersingkat. *Alternative layout 1* tidak memiliki perubahan jarak dan waktu *material handling* reparasi kapal, sedangkan untuk bangunan kapal baru, *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%**.

Perubahan *layout* PT. Yasa Wahana Tirta Samudera menghasilkan harga investasi lahan pada *alternative layout 1* sebesar Rp 226.800.000.000 dengan luas area produksi sebesar 4,5 Ha. Nilai investasi lahan yang lebih rendah ini dapat membuat BEP atau ROI yang lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Zhang and L. Tang, *Ship Management: Theory And Practice*. Routledge Maritime Masters, 2022. doi: 10.4324/9781003081241.
- [2] M. P. Stephens, *Manufacturing Facilities Design & Material Handling*. 2020. doi: 10.2307/j.ctv15wxptd.
- [3] K. H. E. Kroemer, *Ergonomic Design For Material Handling Systems*. 2017. doi: 10.1201/9780203756683.
- [4] J. A. White, Y. A. Bozer, J. M. A. Tanchoco, and J. A. Tompkins, "Facilities Planning Fourth Edition," 2010.
- [5] 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. doi: 10.1109/CoDIT.2013.6689649.
- [6] Sunardi, J. Ananda Esya, and S. Budi, "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.

- [7] M. A. Daya, F. D. Sitania, and A. Profita, "Perancangan Ulang (re-layout) Tata Letak Fasilitas Produksi dengan Metode Blocplan (Studi Kasus: UKM Roti Rizki, Bontang)," *PERFORMA Media Ilmiah Teknik Industri*, vol. 17, no. 2, Jul. 2019, doi: 10.20961/performa.17.2.29664.
- [8] A. Garcia-Diaz and J. M. Smith, *Facilities Planning and Design*. Pearson, 2014.
- [9] M. Miyagawa, "Effect of Road Pricing on Traffic Volume and Toll Revenue in Grid Network," Apr. 2023. doi: 10.15807/jorsj.66.142.
- [10] B. Albreiki, T. Habuza, and N. Zaki, "Extracting Topological Features to Identify At-Risk Students Using Machine Learning and Graph Convolutional Network Models," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 20, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1186/s41239-023-00389-3..
- [11] I. F. Febriandini and Yuniaristanto, "Re-design Facility Layout using Systematic Layout Planning Method: A Case Study : ro Cosmeceutical Sdn. Bhd.," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/495/1/012027.
- [12] S. Pramija and Meipen, "Redesign of Facility Layout at Pelangi Advertising Printing Using the SLP Method," *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace-Science and Engineering*, vol. 65, no. 2, pp. 77–81, 2021, [Online]. Available: www.isomase.org.,
- [13] B. Suhardi, E. Juwita, and R. D. Astuti, "Facility Layout improvement in Sewing Department with *Systematic layout planning* and Ergonomics Approach," *Cogent Eng*, vol. 6, no. 1, Jan. 2019, doi: 10.1080/23311916.2019.1597412.
- [14] S. B. Patil and S. S. Kuber, "Productivity Improvement In Plant By Using *Systematic Layout Planning* (SLP)-A Case Study Of Medium Scale Industry," 2014. doi: 10.15623/ijret.2014.0304136.
- [15] A. Fajri, "Perancangan Relokasi Tata Letak Gudang Dengan Menggunakan Metode Systematic Layout Planning Pada PT. MKM," Jakarta, 2021.
- [16] F. N. Wowor, B. F. Sompie, D. R. O. Walangitan, and G. Y. Malingkas, "Aplikasi Microsoft Project Dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 1, Jul. 2013.
- [17] L. Blank and A. Tarquin, "Engineering Economy Seventh Edition," New York, 2002.
- [18] I. A. Marie, D. Teofilus, and N. Chaiyadi, "Perancangan Tata Letak Pabrik Dan Analisis Ekonomi Pada PT XYZ Extension," 2015. doi: 10.24912/jitiuntar.v3i1.511.