



Pembuatan *Repair Schedule* 2 Unit Tongkang Dan 1 Unit Kapal Dengan Analisis Perbandingan Akurasi Metode MPERT Dan Metode PERT

Muhamad Zaki Fakhrian¹⁾, Ari Wibawa Budi Santosa¹⁾, Hartono Yudo¹⁾

¹⁾Laboratorium Kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

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

Abstrak

Kapal memiliki proses perbaikan dan proses perawatan yang harus sangat diperhitungkan, sehingga tahap yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :1) pengolahan data *Repair List* tongkang Buana Jaya 3002, tongkang Buana Jaya 3003, dan kapal LCT Santoso 3, 2) memperhitungkan volume, durasi pekerjaan, tenaga kerja, serta peralatan, fasilitas galangan beserta mobilitasnya, 3) membuat *Repair Schedule* dari 3 objek penelitian dengan Microsoft Project, 4) melakukan perhitungan produktivitas dan produktivitas alternatif percepatan dengan Microsoft Excel, 5) melakukan perhitungan akurasi dengan metode *Manual Project Evaluation And Review Technique* (MPERT). Dari hasil perhitungan *Crashing* didapatkan durasi dengan penambahan jam kerja untuk jenis pekerjaan Sand Blasting selama 9 hari, Steelwork 30 hari, Propulsion Service selama 3 hari, Painting selama 9 hari, dan untuk durasi dengan penambahan tenaga kerja jenis pekerjaan Sand Blasting selama 9 hari, Steelwork 30 hari, Propulsion Service selama 3 hari, Painting selama 9 hari. Untuk hasil akurasi metode MPERT memiliki akurasi sempurna untuk 2 jenis pekerjaan, dan akurasi senilai 99,30% untuk jenis pekerjaan Steelwork, dan 95,86% untuk jenis pekerjaan Sand Blasting. Untuk hasil akurasi metode PERT memiliki akurasi sempurna untuk 2 jenis pekerjaan, dan akurasi senilai 90,00% untuk jenis pekerjaan Steelwork, dan 69,23% untuk jenis pekerjaan Sand Blasting.

Kata Kunci : Penjadwalan, M-PERT, Perbaikan, *Crashing*, Kapal

1. PENDAHULUAN

Perusahaan galangan kapal harus memperhatikan manajemen pemilihan waktu, durasi perawatan, dan perbaikan kapal karena memiliki pengaruh dalam durasi / waktu operasional dari kapal, oleh karena itu, pemilihan waktu *Maintenance* dari kapal harus tepat, dan durasi *Maintenance* yang direncanakan harus ditekan sampai batas minimum, karena durasi waktu operasional dari kapal harus signifikan lebih lama daripada durasi *Maintenance* kapal, tetapi kualitas ataupun hasil dari perawatan dan perbaikan kapal harus memenuhi regulasi / peraturan yang telah ditentukan oleh lembaga klasifikasi kapal (*Class*). *Maintenance* kapal merupakan proses untuk mengidentifikasi dan memulihkan kondisi kapal milik perusahaan dalam kondisi yang baik dan sesuai regulasi, serta memastikan kondisi dari material kapal serta

kondisi operasional kapal berada dalam kondisi prima atau dalam kondisi yang diharapkan oleh perusahaan [1].

Perusahaan galangan kapal harus memastikan durasi dan waktu dari perawatan ataupun perbaikan kapal sesuai dengan perencanaan, perusahaan galangan kapal harus memiliki sistem penjadwalan proyek yang baik. Penjadwalan pengerjaan suatu proyek, baik dalam proyek pembangunan ataupun proyek perbaikan, harus mempertimbangkan seluruh aktivitas yang repetitif / tidak repetitif, strategi pengelolaan tenaga kerja, serta memiliki tujuan untuk meminimalisir biaya pengerjaan proyek, dan meminimalisir keterlambatan proses pengerjaan proyek [2].

Sistem manajemen yang harus dimiliki oleh perusahaan galangan kapal untuk mengantisipasi adanya keterlambatan adalah dengan cara *Crashing Project*. *Crashing Project* adalah suatu

tindakan ataupun upaya yang diambil untuk memperpendek / mempersingkat durasi pengerjaan proyek, dan mempercepat proses pengerjaan proyek dari jadwal original proyek dengan menerapkan penambahan sumber daya yang bersifat materialistis [3].

Berdasarkan hasil pada penelitian sebelumnya yaitu *Crashing* durasi pengerjaan proyek perbaikan kapal MT. Asumi XXVI, dari proses *Crashing* memberikan hasil pengerjaan proyek menjadi lebih cepat 4 hari, dan total durasi waktu pengerjaan proyek tersebut menjadi 17 hari, dengan menambah jumlah tenaga kerja menjadi 46 pekerja secara total [4].

Pada penelitian yang menganalisis item pekerjaan menggunakan metode *Work Breakdown Structure* pada proyek perbaikan kapal MV. Awu, terdapat 61 rincian pekerjaan. Setelah dilakukan analisis terhadap *Main Schedule* galangan, dan diputuskan untuk mengambil langkah percepatan kerja (*Crashing*) berupa penambahan jumlah tenaga kerja, dan diperkirakan durasi waktu pengerjaan proyek dapat diselesaikan lebih cepat, yaitu dapat diselesaikan selama 16 hari dengan total pekerja sebanyak 55 orang [5].

Perusahaan galangan kapal juga dapat mengambil langkah antisipasi untuk mencegah terjadinya keterlambatan dalam penjadwalan ataupun pengerjaan suatu proyek adalah dengan cara memperhatikan serta mengukur akurasi dari metode yang akan digunakan dalam menyusun penjadwalan proyek, dan salah satu metode dalam penjadwalan proyek adalah metode MPERT. Metode *Manual Project Evaluation And Review Technique* (MPERT) merupakan metode reduksi dari setiap item pekerjaan dalam suatu proyek dengan cara menggabungkan beberapa item pekerjaan ataupun beberapa grup pekerjaan menjadi satu item / grup pekerjaan baru, proses penggabungan pada metode MPERT ini dilakukan sampai hanya tersisa satu item / grup pekerjaan dalam suatu proyek [6].

Berdasarkan penelitian lainnya, penjadwalan perbaikan kapal KMP Royal Nusantara, proyek perbaikan kapal yang memiliki durasi pengerjaan selama 25 hari, setelah dilakukan *Crashing* dengan melakukan penambahan tenaga kerja tersebut membuat peningkatan rata – rata *Manhour* sebesar 29,31 % dari semula [7].

Penelitian penjadwalan proyek yang menggunakan metode MPERT, yaitu penelitian terkait penjadwalan pembangunan Jembatan Selat Sunda, hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penjadwalan ataupun perhitungan menggunakan metode MPERT memberikan estimasi pengerjaan proyek selama 2104,38 hari dengan kesalahan estimasi sebesar kurang dari 1%, dan dalam hasil

penelitian ini juga memperhitungan ataupun menjadwalkan proyek tersebut menggunakan metode PERT menghasilkan estimasi pengerjaan proyek selama 2013 hari dengan kesalahan estimasi pengerjaan proyek sebesar 24%, dengan perbandingan hasil perhitungan dan tingkat eror penjadwalan proyek tersebut, penelitian tersebut menarik kesimpulan bahwa metode MPERT memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi daripada metode PERT [8].

Hasil penelitian lainnya terkait perbandingan akurasi dari metode MPERT dan metode PERT terkait pembangunan gedung 3 lantai, hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai standar deviasi dari metode MPERT bernilai 5,079, nilai standar deviasi dari metode PERT adalah 8,915, dan 5,25 untuk simulasi *Monte Carlo*, kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode MPERT memiliki nilai standar deviasi yang kecil serta memberikan hasil yang lebih akurat [9].

Pada penelitian lainnya dengan objek penelitian penjadwalan peningkatan jalan Menganti dengan metode CPM, PERT, dan Kurva S. Hasil penjadwalan dengan metode CPM didapatkan durasi selama 208 hari, sedangkan dengan metode PERT didapatkan durasi 209 hari, dan pada realisasinya proyek tersebut memakan waktu selama 210 hari [10].

Serta dalam penelitian yang membahas tentang aspek – aspek yang memengaruhi metode MPERT, didapatkan bahwa aspek seperti : presentase keterlambatan proyek, jadwal proyek, pemodelan aktivitas, dan kemiripan jaringan *Network Diagram* memiliki pengaruh dalam penjadwalan MPERT [11].

Pada penelitian lainnya terkait analisis akurasi penjadwalan menggunakan metode MPERT, metode MPERT miliki nilai akurasi 98,89%, dan metode MPERT menurunkan tingkat kesalahan serta dapat menurunkan tingkat penjadwalan yang kurang efektif sebesar 7,78% pada objek penelitian bangunan konstruksi baja [12].

Penelitian ini memiliki tujuan untuk membuat *Repair Schedule* yang sesuai dengan volume pekerjaan, jumlah tenaga kerja, durasi pengerjaan, dan peralatan serta fasilitas galangan. Hasil dari *Repair Schedule* didapatkan dari memperhitungkan nilai produktivitas normal, nilai produktivitas dengan penambahan jam kerja, dan nilai produktivitas penambahan tenaga kerja, lalu disesuaikan dengan jumlah tenaga kerja, durasi pengerjaan, dan ketersediaan sumber daya galangan.

Penelitian ini juga memiliki tujuan untuk mengukur akurasi tadi metode MPERT, dan metode PERT dalam sistem penjadwalan proyek

dengan membandingkan hasil durasi dari setiap metode dengan durasi aktual proyek.

2. METODE

Penelitian ini menganalisa *Repair List* dari tongkang Buana Jaya 3002, tongkang Buana Jaya 3003, dan kapal LCT Santoso 3. Penelitian ini menganalisis *Repair List* dari 3 objek penelitian tersebut, penelitian ini juga menganalisis fasilitas, mobilitas, dan kapasitas dari galangan PT. Fushor Galangan Sampit. Data *Repair List*, fasilitas galangan, kapasitas galangan, dan mobilitas dari galangan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh langsung dari hasil diskusi dan observasi secara langsung di galangan PT. Fushor Galangan Sampit. Metode yang digunakan untuk menjadwalkan proyek dalam penelitian ini adalah metode MPERT (*Manual Project Evaluation and Review Technique*), dan PERT (*Project Evaluation and Review Technique*), selain menggunakan 2 metode tersebut, penelitian ini melakukan *Crashing Project* dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.

2.1. Data Penelitian

Penelitian ini menganalisa *Repair List* dari tongkang Buana Jaya 3002, tongkang Buana Jaya 3003, dan kapal LCT Santoso 3. Gambar 1 merupakan gambar tongkang Buana Jaya 3002, gambar 2 merupakan gambar tongkang Buana Jaya 3003, dan gambar 3 merupakan gambar kapal LCT Santoso 3 serta pada tabel 1 merupakan data ukuran utama tongkang Buana Jaya 3002, tabel 2 merupakan data ukuran utama tongkang Buana Jaya 3003, dan tabel 3 merupakan data ukuran utama kapal LCT Santoso 3.



Gambar 1. Tongkang Buana Jaya 3002

Tabel 1. Ukuran Utama Tongkang Buana Jaya 3002

No	Ukuran Utama	Nilai	
1	LOA	91,44	meter
2	Breadth	24,38	meter
3	Height	6,96	meter
4	GT	3453	ton
5	NT	1036	ton



Gambar 2. Tongkang Buana Jaya 3003

Tabel 2. Ukuran Utama Tongkang Buana Jaya 3002

No	Ukuran Utama	Nilai	
1	LOA	91,44	meter
2	Breadth	24,38	meter
3	Height	6,96	meter
4	GT	3453	ton
5	NT	1036	ton



Gambar 3. Ukuran Utama Kapal LCT Santoso 3

Tabel 3. Ukuran Utama Kapal LCT Santoso 3

No	Ukuran Utama	Nilai	
1	LOA	30,50	meter
2	Breadth	7,20	meter
3	Height	2,30	meter
4	GT	135	ton
5	NT	41	ton

2.2. Pengolahan Data

Data primer dalam penelitian ini didapat dari PT. Fushor Galangan Sampit, dan data sekunder yang didapat dari hasil observasi dan diskusi langsung dengan penanggung jawab proyek perbaikan yang ada di galangan, maka tahap pengolahan data dapat dilakukan, karena dari data tersebut didapatkan volume kerja, jumlah tenaga kerja, durasi proses pengerjaan, data fasilitas galangan, dan aspek mobilitas dari setiap peralatan di galangan.

Dengan data yang diperoleh, maka tahap pengerjaan penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis Data Primer Dan Data Sekunder

Analisis data primer, dan data sekunder dilakukan agar mengetahui volume kerja, jumlah tenaga kerja, durasi pengerjaan,

fasilitas galangan, peralatan galangan, dan mobilitas galangan.

2. Menghitung Nilai Produktivitas

Perhitungan nilai produktivitas pada penelitian ini memiliki 3 jenis produktivitas, yaitu : produktivitas normal, produktivitas penambahan jam kerja, dan produktivitas penambahan tenaga kerja.

3. Menghitung Durasi Pengerjaan

Hasil dari perhitungan pada proses sebelumnya digunakan untuk menghitung durasi pekerjaan dari setiap item pekerjaan pada setiap jenis proses pekerjaan, lalu dibuat perbandingan dari setiap jenis durasi.

4. Mengkonversi Network Diagram

Proses konversi Network Diagram dilakukan agar bisa menggunakan metode MPERT (*Manual Project Evaluation and Review Technique*), karena dalam metode MPERT seluruh jenis *Precedence* dalam *Network Diagram* harus dalam bentuk *Finish To Start* (FS).

5. Penjadwalan Dengan Metode MPERT Dan Metode PERT

Penjadwalan menggunakan metode MPERT (*Manual Project Evaluation and Review Technique*), dan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) dilakukan setelah melakukan perhitungan sesuai dengan masing – masing metode.

6. Menghitung Akurasi Dari Setiap Metode

Hasil penjadwalan berupa durasi pengerjaan dari metode MPERT (*Project Evaluation and Review Technique*), dan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) akan dibandingkan durasi akhirnya dengan durasi aktual proyek.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari proses perhitungan serta penjadwalan proyek dari tongkang Buana Jaya 3002, tongkang Buana Jaya 3003, dan kapal LCT Santoso 3 pada penelitian ini berupa *Repair Schedule* gabungan dari 3 objek penelitian, hasil lainnya dalam penelitian ini adalah memberikan perhitungan akurasi dari metode MPERT (*Manual Project Evaluation and Review Technique*), dan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*), dengan cara membandingkan durasi metode MPERT, dan metode PERT terhadap durasi aktual proyek.

3.1. Analisis Repair List

Proses analisis *Repair List* ini memiliki tujuan untuk mengetahui beban kerja / volume kerja, durasi pengerjaan proyek, jumlah tenaga kerja, peralatan ataupun fasilitas galangan. Proses analisis ini hanya memiliki fokus pada item ataupun jenis pekerjaan yang termasuk dalam pekerjaan jalur kritis, pada tabel volume kerja memuat informasi tentang ID setiap pekerjaan, jenis ataupun item pekerjaan, dan volume pekerjaan dengan satuannya masing – masing, berikut tabel volume kerja :

Tabel 1. Volume Pekerjaan Jenis Pekerjaan *Sand Blasting*

ID	Item Pekerjaan	Volume Pekerjaan	
	<i>Sweep Sand Blasting</i>		
S1	<i>Underwater Area</i> tongkang Buana Jaya 3002	2108,00	m ²
	<i>Sweep Sand Blasting</i>		
S2	<i>Underwater Area</i> tongkang Buana Jaya 3003	2110,00	m ²
	<i>Sweep Sand Blasting</i>		
S3	<i>Underwater Area</i> kapal LCT Santoso 3	260,00	m ²
	<i>Sweep Sand Blasting Top Area</i> tongkang Buana Jaya 3002	1389,00	m ²
S5	<i>Sweep Sand Blasting Top Area</i> tongkang Buana Jaya 3003	1370,00	m ²
S6	<i>Sweep Sand Blasting Top Area</i> kapal LCT Santoso 3	100,00	m ²
S7	<i>Scraping</i> Karang Tongkang Buana Jaya 3002	357,00	m ²
S8	<i>Scraping</i> Karang Tongkang Buana Jaya 3003	402,00	m ²

(Jenis pekerjaan *Sand Blasting* dilakukan dengan total durasi 9 hari)

Tabel 2. Volume Pekerjaan Jenis Pekerjaan *Steelwork*

ID	Item Pekerjaan	Volume Pekerjaan	
	<i>Replating</i> Tangki No 10		
W1	<i>Portside</i> Tongkang Buana Jaya 3002	5151,01	Kg
	<i>Replating</i> Tangki No 05		
W2	<i>Starboard</i> Tongkang Buana Jaya 3002	296,65	Kg
	<i>Replating</i> Tangki No 07		
W3	<i>Starboard</i> Tongkang Buana Jaya 3003	756,74	Kg
	<i>Replating</i> Tangki No 09		
W4	<i>Starboard</i> Tongkang Buana Jaya 3003	19,33	Kg
	<i>Replating</i> Tangki No 10		
W5	<i>Starboard</i> Tongkang Buana Jaya 3003	32,37	Kg
	<i>Replating</i> Tangki No 10		
W6	<i>Portside</i> Tongkang Buana Jaya 3003	863,99	Kg

W7	<i>Replating Bulwark Starboard</i> Tongkang Buana Jaya 3003	15,35	Kg
W8	<i>Replating Bulwark Portside</i> Tongkang Buana Jaya 3003 Pemasangan H Beam	15,64	Kg
W9	<i>Sideboard</i> Tongkang Buana Jaya 3003	52,28	Kg
W10	<i>Replating</i> Rumah Mesin Jangkar Tongkang Buana Jaya 3003	98,16	Kg
W11	Modifikasi Plat Dudukan Mesin Jangkar Tongkang Buana Jaya 3003	98,47	Kg
W12	Pengelasan Ulang <i>Skeg Portside & Starboard</i> Tongkang Buana jaya 3003	2660,00	mm
W13	<i>Replating Hull (Bottom)</i> Kapal LCT Santoso 3	5581,08	Kg
W14	Pengelasan Ulang (<i>Hull</i>) Kapal LCT Santoso 3	150,00	mm
W15	Pengelasan Ulang (<i>Bottom</i>) Kapal LCT Santoso 3	32.510	mm
W16	<i>Replating Strip Filter Seachest</i> Kapal LCT Santoso 3	1,19	Kg

(Jenis pekerjaan *Steelwork* dilakukan dengan total durasi 30 hari)

Tabel 3. Volume Pekerjaan Jenis Pekerjaan *Propulsion Service*

ID	Item Pekerjaan	Volume Pekerjaan
M1	<i>Maintenance Propeller</i>	2 Unit

(Jenis pekerjaan *Propulsion Service* dilakukan dengan total durasi 3 hari, untuk jenis pekerjaan *Propulsion Service* hanya memiliki 1 item pekerjaan karena hanya kapal LCT Santoso 3 yang memiliki sistem penggerak propulsi)

Tabel 4. Volume Pekerjaan Jenis Pekerjaan *Painting*

ID	Item Pekerjaan	Volume Pekerjaan
S1	<i>Sweep Painting Underwater</i> Area Tongkang Buana Jaya 3002	4216,00 m ²
S2	<i>Sweep Painting Underwater</i> Area Tongkang Buana Jaya 3003	4220,00 m ²
S3	<i>Sweep Painting Underwater</i> Area Kapal LCT Santoso 3	780,00 m ²
S4	<i>Sweep Painting Top Area</i> Tongkang Buana Jaya 3002	2778,00 m ²
S5	<i>Sweep Painting Top Area</i> Tongkang Buana Jaya 3003	2740,00 m ²
S6	<i>Sweep Painting Top Area</i> Kapal LCT Santoso 3	100,00 m ²

(Jenis pekerjaan *Painting* dilakukan dengan total durasi 9 hari)

3.2. Perhitungan Produktivitas

Perhitungan nilai produktivitas pada proses pengerjaan proyek dalam penelitian ini, menghitung dalam beberapa kondisi yaitu : dalam kondisi normal, dalam kondisi dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja, dan dalam kondisi dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja. Proses percepatan proyek (*Crashing Project*) dengan penambahan jam kerja memperhatikan durasi penambahan jam kerja, dan nilai koefisien penurunan produktivitas, sedangkan percepatan proyek (*Crashing Project*) dengan penambahan tenaga kerja memperhatikan jumlah tenaga kerja dan keperluan penambahan tenaga kerja, serta memperhatikan ketersediaan peralatan ataupun fasilitas galangan agar alternatif penambahan tenaga kerja dapat diterapkan.

Tabel berikut akan menyajikan hasil perhitungan nilai produktivitas dari kondisi normal, penambahan jam kerja, dan penambahan tenaga kerja, untuk satuan unit dari nilai produktivitas menyesuaikan dengan item ataupun jenis pekerjaan proyek, perhitungan nilai produktivitas ini merupakan produktivitas pengerjaan dalam satu hari.

Tabel 5. Perhitungan Produktivitas Jenis Pekerjaan *Sand Blasting*

ID	A		B		C	
S1	1054	m ²	1422	m ²	1581	m ²
S2	1055	m ²	1424	m ²	1582	m ²
S3	130,0	m ²	175,5	m ²	195,0	m ²
S4	1389	m ²	1875	m ²	2083	m ²
S5	1370	m ²	1849	m ²	2055	m ²
S6	100,0	m ²	135,0	m ²	150,0	m ²
S7	178,5	m ²	240,9	m ²	267,7	m ²
S8	201,0	m ²	271,3	m ²	301,5	m ²

(Penambahan durasi jam kerja pada jenis pekerjaan *Sand Blasting* adalah 4 jam, sedangkan pada penambahan tenaga kerja memerlukan penambahan 2 tenaga kerja secara total untuk mengakomodasi percepatan seluruh item pekerjaan pada jenis pekerjaan *Sand Blasting*)

Tabel 6. Perhitungan Produktivitas Jenis Pekerjaan *Steelwork*

ID	A		B		C	
W1	303,0	kg	409,0	kg	454,5	kg
W2	148,3	kg	200,2	kg	222,4	kg
W3	126,1	kg	170,2	kg	189,1	kg
W4	19,33	kg	26,10	kg	38,66	kg
W5	32,37	kg	43,70	kg	64,74	kg
W6	96,00	kg	129,6	kg	192,2	kg
W7	15,35	kg	20,72	kg	30,70	kg
W8	15,64	kg	21,11	kg	31,28	kg
W9	13,07	kg	17,64	kg	26,14	kg
W10	98,16	kg	132,5	kg	147,2	kg
W11	98,47	kg	132,9	kg	147,7	kg
W12	2660	mm	3591	mm	5320	mm

W13	293,7	kg	396,5	kg	440,6	kg
W14	150,0	mm	202,5	mm	300,0	mm
W15	32510	mm	43888	mm	65020	mm
W16	1,19	kg	1,61	kg	2,38	kg

(Penambahan durasi jam kerja pada jenis pekerjaan *Steelwork* adalah 4 jam, sedangkan pada penambahan tenaga kerja memerlukan penambahan 7 tenaga kerja secara total untuk mengakomodasi percepatan seluruh item pekerjaan pada jenis pekerjaan *Steelwork*)

Tabel 7. Perhitungan Produktivitas Jenis Pekerjaan *Propulsion Service*

ID	A	B	C
M1	0,80 unit	0,90 unit	1,11 unit

(Penambahan durasi jam kerja pada jenis pekerjaan *Propulsion Service* adalah 4 jam, sedangkan pada penambahan tenaga kerja memerlukan penambahan 1 tenaga kerja secara total untuk mengakomodasi percepatan seluruh item pekerjaan pada jenis pekerjaan *Propulsion Service*)

Tabel 8. Perhitungan Produktivitas Jenis Pekerjaan *Painting*

ID	A	B	C
P1	2108 m ²	2845 m ²	3162 m ²
P2	2110 m ²	2848 m ²	3165 m ²
P3	390,0 m ²	526,5 m ²	585,0 m ²
P4	2778 m ²	3750 m ²	4167 m ²
P5	2740 m ²	3699 m ²	4110 m ²
P6	100,0 m ²	135,0 m ²	150,0 m ²

(Penambahan durasi jam kerja pada jenis pekerjaan *Painting* adalah 4 jam, sedangkan pada penambahan tenaga kerja memerlukan penambahan 1 tenaga kerja secara total untuk mengakomodasi percepatan seluruh item pekerjaan pada jenis pekerjaan *Painting*)

Keterangan :

- A : Nilai produktivitas normal / hari.
- B : Nilai produktivitas penambahan jam kerja / hari.
- C : Nilai produktivitas penambahan tenaga kerja / hari.

3.3. Perhitungan Durasi

Proses perhitungan durasi mencakup 3 perhitungan kondisi durasi, yaitu : kondisi normal, kondisi saat dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja, dan kondisi saat dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja. Perhitungan durasi ini hanya mencakup perhitungan durasi dari item pekerjaan yang termasuk dalam pekerjaan jalur kritis.

Durasi dari setiap kondisi didapatkan dari hasil perhitungan dari volume ataupun beban kerja dengan nilai produktivitas dari setiap kondisi,

dengan perhitungan ini didapatkan hasil durasi dari proses percepatan, serta dapat diketahui seberapa signifikan / besar pengurangan durasi waktu dari durasi normal apabila dilakukan proses percepatan (*Crashing Project*).

Tabel 9. Perhitungan Durasi Jenis Pekerjaan *Sand Blasting*

ID	A	B	C
S1	2 hari	1 hari	1 hari
S2	2 hari	1 hari	1 hari
S3	2 hari	1 hari	1 hari
S4	1 hari	1 hari	1 hari
S5	1 hari	1 hari	1 hari
S6	1 hari	1 hari	1 hari
S7	2 hari	1 hari	1 hari
S8	2 hari	1 hari	1 hari

(Hasil dari perhitungan durasi pada jenis pekerjaan *Sand Blasting*, durasi total A selama 9 hari, durasi total B selama 6 hari, dan durasi total C selama 6 hari)

Keterangan :

- A : Durasi normal jenis pekerjaan *Sand Blasting*.
- B : Durasi percepatan jenis pekerjaan *Sand Blasting* dengan alternatif penambahan jam kerja.
- C : Durasi percepatan jenis pekerjaan *Sand Blasting* dengan alternatif penambahan tenaga kerja.

Tabel 10. Perhitungan Durasi Jenis Pekerjaan *Steelwork*

ID	A	B	C
W1	17 hari	13 hari	11 hari
W2	2 hari	1 hari	1 hari
W3	6 hari	4 hari	4 hari
W4	1 hari	1 hari	1 hari
W5	1 hari	1 hari	1 hari
W6	9 hari	7 hari	5 hari
W7	1 hari	1 hari	1 hari
W8	1 hari	1 hari	1 hari
W9	4 hari	3 hari	2 hari
W10	1 hari	1 hari	1 hari
W11	1 hari	1 hari	1 hari
W12	1 hari	1 hari	1 hari
W13	19 hari	14 hari	13 hari
W14	1 hari	1 hari	1 hari
W15	1 hari	1 hari	1 hari
W16	1 hari	1 hari	1 hari

(Hasil dari perhitungan durasi pada jenis pekerjaan *Steelwork*, durasi total A selama 30 hari, durasi total B selama 23 hari, dan durasi total C selama 22 hari)

Keterangan :

- A : Durasi normal jenis pekerjaan *Steelwork*.

- B : Durasi percepatan jenis pekerjaan *Steelwork* dengan alternatif penambahan jam kerja.
- C : Durasi percepatan jenis pekerjaan *Steelwork* dengan alternatif penambahan tenaga kerja.

Tabel 11. Perhitungan Durasi Jenis Pekerjaan *Propulsion Service*

ID	A		B		C	
M1	3	hari	2	hari	2	hari

(Hasil dari perhitungan durasi pada jenis pekerjaan *Propulsion Service*, durasi total A selama 3 hari, durasi total B selama 2 hari, dan durasi total C selama 2 hari)

Keterangan :

- A : Durasi normal jenis pekerjaan *Propulsion Service*.
- B : Durasi percepatan jenis pekerjaan *Propulsion Service* dengan alternatif penambahan jam kerja.
- C : Durasi percepatan jenis pekerjaan *Propulsion Service* dengan alternatif penambahan tenaga kerja.

Tabel 12. Perhitungan Durasi Jenis Pekerjaan *Painting*

ID	A		B		C	
P1	2	hari	1	hari	1	hari
P2	2	hari	1	hari	1	hari
P3	2	hari	1	hari	1	hari
P4	1	hari	1	hari	1	hari
P5	1	hari	1	hari	1	hari
P6	1	hari	1	hari	1	hari

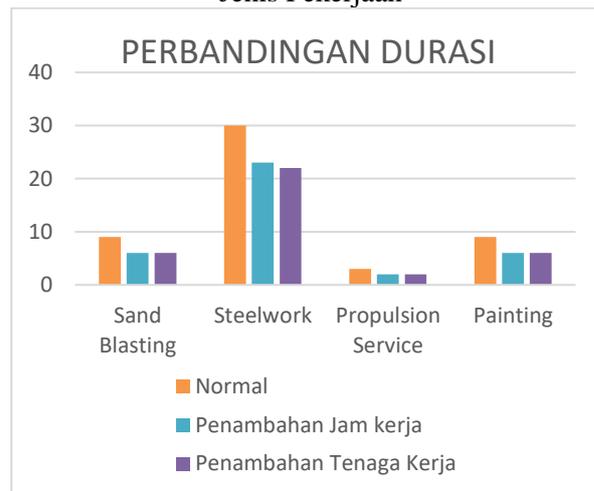
(Hasil dari perhitungan durasi pada jenis pekerjaan *Painting*, durasi total A selama 9 hari, durasi total B selama 6 hari, dan durasi total C selama 6 hari)

Keterangan :

- A : Durasi normal jenis pekerjaan *Painting*.
- B : Durasi percepatan jenis pekerjaan *Painting* dengan alternatif penambahan jam kerja.
- C : Durasi percepatan jenis pekerjaan *Painting* dengan alternatif penambahan tenaga kerja.

Perbandingan dari durasi normal, durasi penambahan jam kerja, dan durasi penambahan tenaga kerja dari seluruh item pekerjaan yang termasuk dalam pekerjaan jalur kritis dapat dilihat pada tabel grafik perbandingan durasi pengerjaan proyek sebagai berikut :

Tabel 13. Grafik Perbandingan Durasi Setiap Jenis Pekerjaan



Keterangan :

- Normal: Durasi normal dari setiap item pekerjaan .
- WH : Durasi percepatan dari setiap item pekerjaan dengan alternatif penambahan jam kerja.
- MP : Durasi percepatan dari setiap item pekerjaan dengan alternatif penambahan tenaga kerja.

(Nilai pada sumbu vertikal menunjukkan nilai durasi dalam satuan hari, sedangkan pada sumbu horizontal menunjukkan ID dari setiap item pekerjaan)

3.4. Perhitungan Metode PERT Dan Metode MPERT

Penggunaan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*), dan metode MPERT (*Manual Project Evaluation and Review Technique*) memiliki fokus perhitungan pada estimasi durasi tercepat pengerjaan proyek, durasi aktual proyek ataupun durasi pengerjaan proyek dengan probabilitas pelaksanaan tertinggi, dan durasi terlama pengerjaan proyek. Metode PERT, dan metode MPERT memiliki ketergantungan, karena metode MPERT merupakan metode perpanjangan dari metode PERT, sehingga syarat untuk bisa melakukan perhitungan metode MPERT harus sudah melaksanakan perhitungan metode PERT.

3.4.1. Perhitungan Metode PERT

Variabel dalam perhitungan metode PERT seperti : estimasi durasi tercepat pengerjaan proyek, durasi aktual proyek ataupun durasi pengerjaan proyek dengan probabilitas pelaksanaan tertinggi, dan durasi terlama pengerjaan proyek.

Metode PERT memiliki hasil berupa durasi estimasi (*Expected Durations*), standar deviasi (*Standard Deviation*), dan

variasi dari probabilitas alur penjadwalan (*Variance*), dari perhitungan metode PERT ini, setiap item pekerjaan dari setiap jenis pekerjaan memiliki durasi estimasi, serta perhitungan item pekerjaan dalam metode PERT ini memiliki fokus pada item pekerjaan yang termasuk dalam pekerjaan jalur kritis, berikut tabel hasil perhitungan menggunakan metode PERT :

Tabel 14. Perhitungan Metode PERT Jenis Pekerjaan *Sand Blasting*

ID	O	L	P	μ	σ
S1	3	2	1	2	0,28
S2	3	2	1	2	0,28
S3	3	2	1	2	0,28
S4	2	1	1	1	0,22
S5	2	1	1	1	0,22
S6	2	1	1	1	0,22
S7	3	2	1	2	0,28
S8	3	2	1	2	0,28

(Hasil dari perhitungan durasi metode PERT pada jenis pekerjaan *Sand Blasting*, didapatkan estimasi durasi total selama 13 hari, dengan nilai standar deviasi sebesar 0,73)

Keterangan :

- Normal: Estimasi / perkiraan durasi tercepat pengerjaan proyek dalam satuan hari.
- WH : Durasi aktual proyek / estimasi durasi pengerjaan proyek dengan probabilitas pelaksanaan tertinggi dalam satuan hari.
- MP : Estimasi / perkiraan durasi terlama pengerjaan proyek dalam satuan hari.
- μ : Durasi estimasi (*Expected Time*)
- σ : Standar deviasi (*Standard Deviations*)

Tabel 15. Perhitungan Metode PERT Jenis Pekerjaan *Steelwork*

ID	O	L	P	μ	σ
W1	18	17	11	16	1,11
W2	3	2	1	2	0,28
W3	7	6	4	6	0,50
W4	2	1	1	1	0,25
W5	2	1	1	1	0,25
W6	10	9	5	8	0,92
W7	2	1	1	1	0,25
W8	2	1	1	1	0,25
W9	5	4	2	4	0,50
W10	2	1	1	1	0,22
W11	2	1	1	1	0,22
W12	2	1	1	1	0,25
W13	20	19	13	18	1,22
W14	2	1	1	1	0,25
W15	2	1	1	1	0,25
W16	2	1	1	1	0,25

(Hasil dari perhitungan durasi metode PERT pada jenis pekerjaan *Steelwork*, didapatkan

estimasi durasi total selama 27 hari, dengan nilai standar deviasi sebesar 2,18)

Keterangan :

- Normal: Estimasi / perkiraan durasi tercepat pengerjaan proyek dalam satuan hari.
- WH : Durasi aktual proyek / estimasi durasi pengerjaan proyek dengan probabilitas pelaksanaan tertinggi dalam satuan hari.
- MP : Estimasi / perkiraan durasi terlama pengerjaan proyek dalam satuan hari.
- μ : Durasi estimasi (*Expected Time*)
- σ : Standar deviasi (*Standard Deviations*)

Tabel 16. Perhitungan Metode PERT Jenis Pekerjaan *Propulsion Service*

ID	O	L	P	μ	σ
W1	4	3	2	3	0,37

(Hasil dari perhitungan durasi metode PERT pada jenis pekerjaan *Propulsion Service*, didapatkan estimasi durasi total selama 3 hari, dengan nilai standar deviasi sebesar 0,37)

Keterangan :

- Normal: Estimasi / perkiraan durasi tercepat pengerjaan proyek dalam satuan hari.
- WH : Durasi aktual proyek / estimasi durasi pengerjaan proyek dengan probabilitas pelaksanaan tertinggi dalam satuan hari.
- MP : Estimasi / perkiraan durasi terlama pengerjaan proyek dalam satuan hari.
- μ : Durasi estimasi (*Expected Time*)
- σ : Standar deviasi (*Standard Deviations*)

Tabel 17. Perhitungan Metode PERT Jenis Pekerjaan *Painting*

ID	O	L	P	μ	σ
S1	3	2	1	2	0,28
S2	3	2	1	2	0,28
S3	3	2	1	2	0,28
S4	2	1	1	1	0,22
S5	2	1	1	1	0,22
S6	2	1	1	1	0,22

(Hasil dari perhitungan durasi metode PERT pada jenis pekerjaan *Painting*, didapatkan estimasi durasi total selama 9 hari, dengan nilai standar deviasi sebesar 0,62)

Keterangan :

- Normal: Estimasi / perkiraan durasi tercepat pengerjaan proyek dalam satuan hari.
- WH : Durasi aktual proyek / estimasi durasi pengerjaan proyek dengan probabilitas pelaksanaan tertinggi dalam satuan hari.
- MP : Estimasi / perkiraan durasi terlama pengerjaan proyek dalam satuan hari.
- μ : Durasi estimasi (*Expected Time*)

- σ : Standar deviasi (*Standard Deviations*)

3.4.2. Perhitungan Metode MPERT

Perhitungan metode MPERT menggunakan hasil perhitungan dari metode PERT, setelah dilakukan perhitungan estimasi durasi (*Expected Time*), serta standar deviasi (*Standard Deviations*), maka dilakukan proses penggabungan (*Merging*) pada *Network Diagram*, untuk metode MPERT harus menggunakan jenis *Activity On Node* (AON) dengan seluruh jenis *Precedence* pada setiap pekerjaan diubah terlebih dahulu menjadi bentuk *Finish To Start* (FS) hingga menyisakan satu item pekerjaan yang mewakili seluruh pekerjaan pada setiap jenis pekerjaan tertentu.

Hasil proses *Merging* ini menggunakan persamaan yang ada pada metode MPERT, berikut tabel hasil *Merging* setiap jenis pekerjaan :

Tabel 18. Volume Pekerjaan Jenis Pekerjaan *Sand Blasting*

ID _M	Merging (ID)	μ	σ
M _{SB1}	S1 + S7	2,1	0,28
M _{SB2}	S2 + S8	2,1	0,28
M _{SB3}	S3 + S6	3,2	0,36
M _{SB4}	M _{SB1} + S4	3,2	0,36
M _{SB5}	M _{SB2} + S5	3,1	0,36
M _{SB6}	M _{SB3} + M _{SB4} + M _{SB5}	9,4	0,62

(Hasil dari perhitungan durasi metode MPERT pada jenis pekerjaan *Sand Blasting*, didapatkan estimasi durasi total selama 9,4 hari, dengan nilai standar deviasi sebesar 0,62)

Keterangan :

- μ : Durasi estimasi (*Expected Time*)
- σ : Standar deviasi (*Standard Deviations*)

Tabel 19. Volume Pekerjaan Jenis Pekerjaan *Steelwork*

ID _M	Merging (ID)	μ	σ
M _{SW1}	W3 + W4	7	0,56
M _{SW2}	M _{SW1} + W5 + W7 + W8	10,2	0,71
M _{SW3}	W2 + W9	6	0,57
M _{SW4}	W15 + W16	2,2	0,35
M _{SW5}	W11 + W12	2,2	0,33
M _{SW6}	M _{SW3} + M _{SW5}	8,1	0,66
M _{SW7}	M _{SW4} + W10	3,3	0,42
M _{SW8}	M _{SW6} + M _{SW7} + W14	12,4	0,82
M _{SW9}	M _{SW1} + M _{SW2}	17,1	0,90
M _{SW10}	M _{SW9} + W6	25,5	1,29
M _{SW11}	M _{SW10} + W13	18,1	1,22
M _{SW12}	M _{SW11} + W1	17,8	1,43
M _{SW13}	M _{SW8} + M _{SW12}	30,21	1,65

(Hasil dari perhitungan durasi metode MPERT pada jenis pekerjaan *Steelwork*, didapatkan estimasi durasi total selama 30,21 hari, dengan nilai standar deviasi sebesar 1,65)

Keterangan :

- μ : Durasi estimasi (*Expected Time*)
- σ : Standar deviasi (*Standard Deviations*)

Tabel 20. Volume Pekerjaan Jenis Pekerjaan *Propulsion Service*

ID _M	Merging (ID)	μ	σ
M _{PS1}	M1	2	0,28

(Hasil dari perhitungan durasi metode MPERT pada jenis pekerjaan *Propulsion Service*, didapatkan estimasi durasi total selama 2 hari, dengan nilai standar deviasi sebesar 0,28)

Keterangan :

- μ : Durasi estimasi (*Expected Time*)
- σ : Standar deviasi (*Standard Deviations*)

Tabel 21. Volume Pekerjaan Jenis Pekerjaan *Painting*

ID _M	Merging (ID)	μ	σ
M _{SP1}	P1 + P4	3	0,36
M _{SP2}	P2 + P5	3	0,36
M _{SP3}	P3 + P6	3	0,36
M _{SP4}	M _{SP1} + M _{SP2} + M _{SP3}	9	0,62

(Hasil dari perhitungan durasi metode MPERT pada jenis pekerjaan *Painting*, didapatkan estimasi durasi total selama 9 hari, dengan nilai standar deviasi sebesar 0,62)

Keterangan :

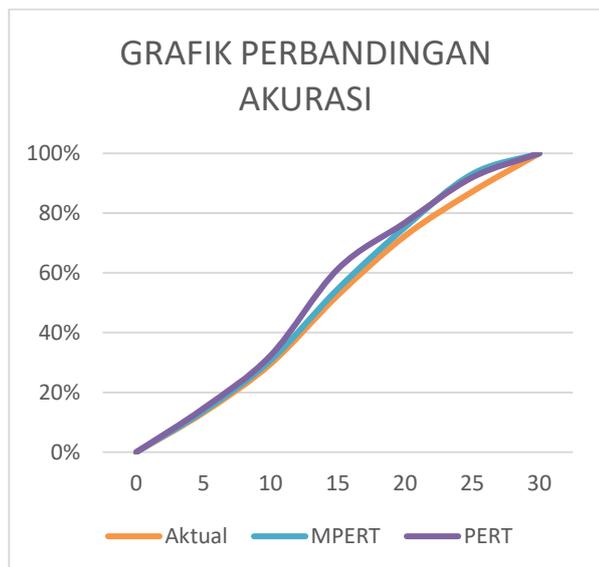
- μ : Durasi estimasi (*Expected Time*)
- σ : Standar deviasi (*Standard Deviations*)

3.5. Perhitungan Akurasi

Perhitungan akurasi dilakukan dengan melakukan perbandingan antara durasi aktual pengerjaan proyek dengan durasi dari metode PERT, dan durasi metode MPERT. Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, untuk metode PERT, pada jenis pekerjaan *Sand Blasting* menghasilkan durasi selama 13 hari, apabila dibandingkan dengan durasi aktual yaitu selama 9 hari, metode PERT memiliki nilai akurasi sebesar 69,23%, pada jenis pekerjaan *Steelwork* menghasilkan durasi selama 27 hari, apabila dibandingkan dengan durasi aktual yaitu selama 30 hari, metode PERT memiliki nilai akurasi sebesar 90,00%, pada jenis pekerjaan *Propulsion Service* menghasilkan durasi selama 2 hari, apabila dibandingkan dengan durasi aktual yaitu selama 2 hari, metode PERT memiliki nilai akurasi sebesar 100,00%, pada jenis pekerjaan *Painting*

menghasilkan durasi selama 13 hari, apabila dibandingkan dengan durasi aktual yaitu selama 9 hari, metode PERT memiliki nilai akurasi sebesar 100,00%.

Hasil dari perhitungan metode MPERT, pada jenis pekerjaan *Sand Blasting* menghasilkan durasi selama 9,4 hari, apabila dibandingkan dengan durasi aktual yaitu selama 9 hari, metode MPERT memiliki nilai akurasi sebesar 95,86%, pada jenis pekerjaan *Steelwork* menghasilkan durasi selama 30,21 hari, apabila dibandingkan dengan durasi aktual yaitu selama 30 hari, metode MPERT memiliki nilai akurasi sebesar 99,30%, pada jenis pekerjaan *Propulsion Service* menghasilkan durasi selama 2 hari, apabila dibandingkan dengan durasi aktual yaitu selama 2 hari, metode MPERT memiliki nilai akurasi sebesar 100,00%, pada jenis pekerjaan *Painting* menghasilkan durasi selama 13 hari, apabila dibandingkan dengan durasi aktual yaitu selama 9 hari, metode MPERT memiliki nilai akurasi sebesar 100,00%.



(Grafik perbandingan akurasi merupakan hasil dari proses penjadwalan dari setiap metode, dari hasil penjadwalan dilakukan penggabungan *Repair Schedule* dari setiap jenis pekerjaan sesuai dengan durasi dari setiap jenis pekerjaan)

3.6. Pembahasan

Berdasarkan hasil yang telah dipaparkan, percepatan proses pengerjaan dengan *Crashing Project* dilakukan dengan 2 alternatif yaitu dengan cara : penambahan jam kerja, dan penambahan tenaga kerja, apabila ditinjau dari aspek ekonomis, alternatif penambahan jam kerja akan meningkatkan durasi operasional dari setiap peralatan ataupun fasilitas galangan, dengan adanya peningkatan durasi operasional tersebut, maka akan terjadi peningkatan biaya konsumsi listrik, ataupun bahan bakar untuk menunjang penggunaan alat saat dilakukan penambahan jam

kerja, sedangkan alternatif penambahan tenaga kerja, apabila juga ditinjau dari aspek ekonomis, akan terjadi peningkatan biaya upah kerja apabila dilakukan penambahan tenaga kerja, apabila pihak perusahaan galangan melakukan penambahan tenaga kerja tetapi tidak memiliki peralatan yang dapat mengakomodasi penambahan tenaga kerja tersebut, maka tindakan pembelian peralatan, ataupun penyewaan peralatan akan menambahkan biaya operasional dari perusahaan galangan.

Alternatif dari 2 percepatan proyek tersebut juga harus ditinjau dari aspek utilitas peralatan galangan, apabila dilakukan penambahan jam kerja, maka akan berdampak pada durasi operasional peralatan, umur peralatan, dan kondisi operasional peralatan, maka konsekuensi dari penambahan jam kerja adalah memungkinkan peralatan rusak lebih cepat, memungkinkan produktivitas, ataupun umur peralatan berkurang, dan memungkinkan lebih intensifnya proses *Maintenance* dari peralatan, sedangkan konsekuensi dari alternatif penambahan tenaga kerja, penggunaan peralatan yang termasuk dalam kategori cadangan akan berdampak pada sisi operasional apabila terjadinya kerusakan pada peralatan utama, sedangkan peralatan kategori cadangan tersebut digunakan dalam proses penambahan tenaga kerja, dan pada akhirnya kerusakan peralatan dapat menghambat operasional proyek. Perusahaan galangan harus mempertimbangkan penambahan tenaga harus sesuai dengan kapasitas, serta peralatan galangan, dengan melakukan penambahan peralatan, maka perusahaan juga harus melakukan penambahan peralatan, ataupun fasilitas yang termasuk dalam kategori cadangan / darurat.

4. KESIMPULAN

Hasil dari proses analisis *Repair List* tongkang Buana Jaya 3002, tongkang Buana Jaya 3003, dan kapal LCT Santoso 3 serta proses perhitungan *Crashing*, didapatkan durasi pekerjaan dengan alternatif penambahan jam kerja, dan dengan alternatif penambahan tenaga kerja memiliki durasi yang sama pada jenis pekerjaan *Sand Blasting* memiliki durasi 6 hari dari 9 hari durasi normal, *Propulsion Service* memiliki durasi 2 hari dari 3 hari durasi normal, dan *Painting* memiliki durasi 6 hari dari 9 hari durasi normal, sedangkan pada jenis pekerjaan *Steelwork* alternatif penambahan jam kerja memiliki durasi 23 hari, sedangkan alternatif penambahan tenaga kerja memiliki durasi 22 hari dari 30 hari durasi normal.

Untuk hasil dari tingkat akurasi metode MPERT dan PERT memiliki tingkat akurasi 100% pada jenis pekerjaan *Propulsion Service*, dan *Painting*, sedangkan pada jenis pekerjaan

Steelwork, metode MPERT memiliki tingkat akurasi sebesar 99,30%, dan pada jenis pekerjaan *Sand Blasting* 95,86%. Untuk metode PERT pada jenis pekerjaan *Steelwork* memiliki akurasi 90,00%, dan pada jenis pekerjaan *Sand Blasting* 69,23%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. V. Dokkum. (2003) *Ship Knowledge Modern Encyclopedia*. 1600 AJ Enkhuizen, Netherlands: Dokmar.
- [2] H. Adeli. and A. Karim. (2001) *Construction Scheduling, Cost Optimization, and Managemet*. New Fetter Lane, London: Spon Press. Adeli, H. and Karim, A. (2001) *Construction Scheduling, Cost Optimization, and Managemet*.
- [3] Jr. Mantel., S.J. *et al.* (2011) *Project Management In Practice*. 4th edn. Danvers, United States Of America: John Wiley & Sons, Inc.
- [4] L. I. Saputra, U. Budiarto, and S. Jokosisworo, “Studi Penjadwalan Ulang, Produktivitas, Dan Alokasi Sumber Daya Manusia Pada Pekerjaan Reparasi Kapal MT. Asumi XXVI Dengan *Network Planning* Dan *Critical Path Method*,” *Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, pp. 421–430, 2017.
- [5] J.S. Hutapea, I.P. Mulyatno, and P. Manik, “Studi Penjadwalan Ulang Pekerjaan Reparasi pada Kapal MV. Awu dengan *Network Diagram* dan *Critical Path Method (CPM)*,” *Tek. Perkapalan*, vol. 6, no. 2, pp. 421–430, 2018.
- [6] P. Ballesteros-Pérez. (2017). M-PERT: Manual ProjectDuration Estimation Technique for Teaching Scheduling Basics. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(9), 04017063. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001358](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001358).
- [7] A. C. Armela, W. Amiruddin, and S. Hadi, “JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Implementasi Project Evaluation and Review Technique (PERT) Pada Penjadwalan Reparasi Kapal KMP Royal Nusantara,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 10, no. 2, p. 68, 2022.
- [8] R. F. Ashadi, A. E. Husin, and I. Guntorojati, “Infrastructure Construction Projects Scheduling Using Manual-Program Evaluation and Review Technique (M-PERT) Method. Case Study: Indonesian Sunda Strait Bridge,” *J. Tek. Sipil*, vol. 29, no. 2, pp. 125–132, 2022, doi: 10.5614/jts.2022.29.2.3.
- [9] J. G. Putra and J. Sekarsari, “Analisis Penjadwalan Proyek Gedung Bertingkat Dengan Metode Pert Dan M-Pert Menggunakan Simulasi Monte Carlo,” *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 3, no. 3, p. 533, 2020, doi: 10.24912/jmts.v3i3.8395.
- [10] D. P. Puspitasari., N.A.S. Purwono., & F. E. Poerwodihardjo. (2022). ANALISIS PERBANDINGAN PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE CPM, PERT, KURVA-S (Studi Kasus Peningkatan Jalan Menganti Kesugihan). *Teodolita: Media Komunikasi Ilmiah Di Bidang Teknik*, 23(1), 77–89.
- [11] A. E. Husin., & F. Sustiawan. (2021). Analisa RII (Relative Important Index) Terhadap Faktor-Faktor yang Berpengaruh dalam Mengimplementasikan BIM 4D dan M-PERT pada Pekerjaan Struktur Bangunan Hunian Bertingkat Tinggi. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(4), 417.
- [12] A. E. Husin., F. Fahmi., S. Rahardjo., I. P. Siregar., & B. D. Kussumardianadewi. (2019). M-PERT and lean construction integration on steel construction works of warehouse buildings. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(4), 696–702. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19873.66402>.