

Optimalisasi Penjadwalan Proses Pembangunan Lambung Kapal (AHTS) dengan metode *Critical Path Method*

Cindy Aulia Juti ^{*1}, Naufal Abdurrahman Prasetyo 1*, dan Ifti Luthviana Dewi 2*

* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹E-mail: auliac182@gmail.com

Abstrak

Dalam pembuatan kapal baru atau *new building* durasi dan biaya merupakan faktor penting yang mempengaruhi kinerja suatu perusahaan galangan kapal. Perusahaan galangan kapal akan mendapatkan banyak proyek kapal baru apabila bisa menyelesaikan pembangunan kapal dengan tepat waktu, namun tidak banyak galangan yang mengalami keterlambatan dikarenakan banyak hal-hal yang mempengaruhi seperti keterlambatan material, *manpower* yang kurang kompeten dan mengakibatkan *manhours* atau jam kerja yang tinggi. Dengan adanya keterlambatan penyelesaian pembangunan kapal baru maka biaya yang dikeluarkan akan semakin besar. Oleh karena itu, optimalisasi jadwal sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya keterlambatan proyek. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penjadwalan ulang proyek pembangunan kapal dengan metode yang akan digunakan adalah *Critical Path Method* (CPM). Penerapan CPM sebagai metode penjadwalan proyek pada pekerjaan pembangunan lambung kapal AHTS berhasil mengoptimalkan waktu pengerjaan dari 314 hari menjadi 216 hari dibanding dengan kondisi eksisting.

Kata kunci: *Critical Path Method* (CPM), Optimalisasi, Fabrikasi, Jalur Kritis

Abstract

In new shipbuilding, duration and cost significantly influence the progress of a shipbuilding company. Shipbuilding companies will secure many new ship projects if they can complete shipbuilding on time. However, many shipyards experience delays due to various factors, such as material delays, incompetent manpower, and high man-hours. Delays in the completion of new shipbuilding will increase costs. Therefore, schedule optimization is essential to prevent delays. This study aims to reschedule a shipbuilding project using the Critical Path Method (CPM). The application of CPM as a project scheduling method to the AHTS hull construction project successfully optimized the construction time from 314 days to 216 days compared to the existing situation.

Keywords: *Critical Path Method* (CPM), Optimization, Fabrication, Critical Path

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Penelitian

Industri galangan kapal merupakan salah satu sektor strategis dalam mendukung kegiatan maritim dan transportasi laut di Indonesia [1]. Pembangunan kapal baru di suatu perusahaan membutuhkan koordinasi yang baik antara berbagai departemen, seperti *engineering*, *hull work* dan *material handling*. Keterlambatan dalam satu tahapan pekerjaan dapat memicu efek domino yang mengakibatkan pembengkakan durasi proyek dan peningkatan biaya *manhours*, yang pada akhirnya mengurangi profitabilitas dan daya saing Perusahaan [4].

Penelitian ini mengambil data dari salah satu galangan kapal yang ada di Kabil, Kota Batam. Perusahaan tersebut bergerak di bidang pembangunan kapal baru, perbaikan kapal, serta fabrikasi struktur lepas pantai. Salah satu proyek yang tengah berjalan adalah pembangunan kapal jenis *Anchor Handling Tug and Supply* (AHTS) yang memiliki total panjang 70 meter serta lebar 17,2 meter dengan kecepatan maksimum 10 knot. Kapal ini terdiri dari 17 blok yang dimulai dari bagian buritan hingga blok akomodasi. Pada proyek ini departemen *hull work* memiliki peranan penting dalam proses fabrikasi dan perakitan blok kapal, karena bagian inilah yang membentuk struktur utama dari kapal tersebut.

Berdasarkan observasi awal, proses pembangunan kapal AHTS di galangan batam masih menghadapi kendala serius berupa ketidaksesuaian yang signifikan antara jadwal rencana (*planning*) dengan aktual yang ada di lapangan. Jadwal rencana pembangunan lambung kapal AHTS selama 314 hari tidak dapat dicapai karena keterlambatan pengadaan material serta belum seluruh *drawing block* dapat diterbitkan (*issued*) kepada *Production Department* secara bersamaan akibat masih terdapat status *on hold*. Kondisi tersebut menyebabkan beberapa aktivitas produksi tidak dapat dimulai sesuai jadwal sehingga berdampak pada keterlambatan penyelesaian proyek.

Oleh karena itu, diperlukan suatu metode analisis yang mampu mengidentifikasi secara presisi aktivitas mana yang paling krusial dan memiliki potensi terbesar penyebab keterlambatan. *Critical Path Method* (CPM) adalah metode untuk manajemen proyek yang cocok untuk penelitian ini, karena dapat menentukan jalur kritis (*Critical Path*) yang merupakan rangkaian aktivitas terpanjang, yang jika terlambat akan menunda keseluruhan penyelesaian proyek [5].

Berdasarkan latar belakang di atas, poin-poin permasalahan yang teridentifikasi dalam proses fabrikasi lambung kapal meliputi adanya perbedaan yang signifikan antara durasi waktu rencana dan aktual pada tahapan proses fabrikasi, namun belum teridentifikasi secara pasti rangkaian aktivitas yang membentuk jalur kritis (*Critical Path*) yang menentukan total durasi proyek.

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi objek penelitian pada tingkat proses fabrikasi lambung kapal *Anchor Handling Tug and Supply* (AHTS) di salah satu galangan Kabil, Batam. Analisis ini hanya difokuskan pada optimalisasi jadwal dan penentuan jalur kritis *critical path method* (CPM). Aktivitas yang dianalisis dibatasi pada pekerjaan utama di departemen *hull work* meliputi *marking*, *cutting*, *fit up*, *welding*, *assembly* dan *erection* blok kapal.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah pengoptimalisasian jadwal pada proses fabrikasi *hull section* kapal AHTS dibandingkan dengan waktu yang telah direncanakan. Aktivitas mana saja yang termasuk dalam jalur kritis (*critical path*) yang menentukan durasi penyelesaian proyek fabrikasi lambung kapal AHTS.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis jalur kritis aktivitas pekerjaan dengan metode *Critical path Method* (CPM) dan juga mengoptimalisasikan penjadwalan pembangunan kapal AHTS.

Penelitian terdahulu mengkonfirmasi efektivitas jalur kritis dengan mengoptimalkan durasi kerja dengan menambah waktu kerja (lembur) selama 4 jam dan melakukan penambahan tenaga kerja sebesar 30%. Alternatif tersebut menghasilkan durasi 13% lebih singkat dari durasi awal yaitu 434 hari menjadi 385 hari [4]. Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa penambahan jam kerja menghasilkan efisiensi durasi sebesar 18.03%, sedangkan penambahan jumlah pekerja memberikan efisiensi yang lebih tinggi, yaitu 19,67%, sehingga disimpulkan bahwa penambahan tenaga kerja merupakan opsi yang lebih efektif dibandingkan lembur.[5].

Kemudian dalam studi analisis perencanaan penjadwalan proyek kapal X dengan menggunakan metode Pert yang menentukan 3 durasi, yakni durasi optimis, durasi pesimis, dan durasi yang paling mungkin terjadi pada proses pekerjaan auxiliary machinery pada kapal X. Dengan menggunakan metode PERT memiliki hasil yang lebih efektif dibandingkan dengan perencanaan yang tidak menggunakan metode PERT [7].

Metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Project Evaluation and Review Technique* (PERT) merupakan dua metode yang umum digunakan dalam perencanaan dan pengendalian proyek. Perbedaan utama kedua metode tersebut terletak pada pendekatan estimasi durasi aktivitas. *CPM* menggunakan satu estimasi durasi yang bersifat deterministik berdasarkan data aktual atau pengalaman pelaksanaan proyek,

sehingga sesuai diterapkan pada proyek yang memiliki urutan pekerjaan dan durasi aktivitas yang telah diketahui dengan jelas. Sementara itu, *PERT* menggunakan tiga estimasi waktu, yaitu waktu optimis (*optimistic time*), waktu paling mungkin (*most likely time*), dan waktu pesimis (*pessimistic time*), sehingga lebih sesuai digunakan pada proyek yang memiliki tingkat ketidakpastian durasi aktivitas yang tinggi.

Pada penelitian ini dipilih metode *Critical Path Method* (CPM) karena data yang digunakan berasal dari jadwal aktual pembangunan kapal AHTS pada perusahaan galangan kapal, sehingga durasi setiap aktivitas telah diketahui secara pasti berdasarkan data proyek. Selain itu, tujuan utama penelitian ini adalah mengidentifikasi aktivitas yang berada pada jalur kritis serta melakukan optimalisasi penjadwalan melalui penyusunan ulang urutan pekerjaan dan pemanfaatan sumber daya secara lebih efektif. Dengan karakteristik tersebut, metode *CPM* dinilai lebih sesuai dibandingkan *PERT* karena mampu menunjukkan aktivitas yang secara langsung memengaruhi durasi total proyek sehingga dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan percepatan penyelesaian pekerjaan.

Dalam penelitian sebelumnya optimasi menggunakan CPM menghasilkan jalur kritis dengan 10 aktivitas dan 9 jalur yang memerlukan waktu pengerjaan selama 22,5 jam dan terjadi efisiensi sebesar 44%. Dengan penerapan metode CPM ini berhasil mengoptimalkan waktu pengerjaan reparasi kapal [3].

Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada proyek kapal reparasi dan kapal tugboat, dengan konteks dan karakteristik pekerjaan yang berbeda. Hingga saat ini masih terbatas penelitian yang membahas penerapan metode CPM secara spesifik pada pembangunan kapal AHTS (*Anchor Handling Tug & Supply*) yang memiliki kompleksitas pekerjaan, urutan aktivitas, serta kebutuhan sumber daya yang berbeda, khususnya pada galangan kapal yang ada di Batam. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat mengisi celah tersebut dengan menyajikan analisis jalur kritis dan optimalisasi penjadwalan yang lebih relevan untuk proyek pembangunan kapal AHTS.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

2.1.1 Lokasi Penelitian

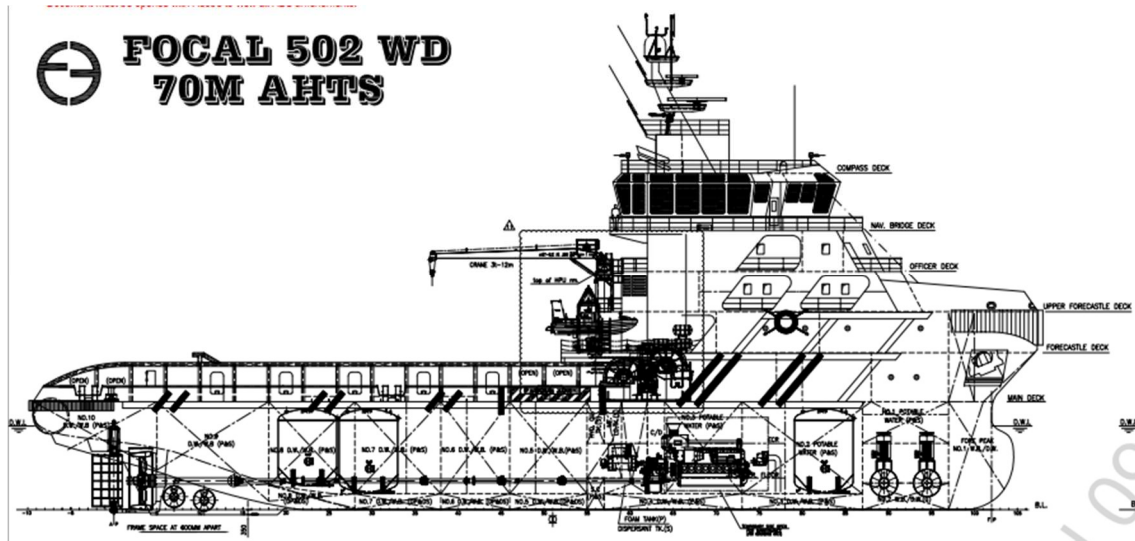
Penelitian ini dilakukan di perusahaan galangan kapal yang berlokasi di Kabil, Batam. Penelitian ini difokuskan pada proses fabrikasi di *Department Hull Work* pada proses Pembangunan kapal *Anchor Handling Tug and Supply* (AHTS).

2.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian dimulai setelah seminar proposal, pada bulan November 2025 meliputi tahap pengumpulan data, observasi lapangan dan analisis hasil.

2.2 Objek dan Subjek Penelitian

2.2.1 Objek utama dalam penelitian ini adalah proses pembangunan kapal AHTS milik galangan kapal di Batam. Dengan *General Arrangement* gambar 1 dan *principal dimension* gambar 2 yang tertera di bawah ini:



Gambar 1. General Arrangement AHTS

PRINCIPAL PARTICULARS	
LENGTH OA	70.00 M
LENGTH BP	61.20 M
BEAM MLD.	17.20 M
DEPTH MLD.	7.50 M
DRAFT DESIGNED	5.80 M
COMPLEMENT	50 MEN
F.O.(INCL. CFO.)	1,100 M ³
MUD/BRINE	580 M ³
POTABLE WATER	500 M ³
WB/DW	1,000 M ³
CEMENT	230 M ³
DECK CARGO SPACE	500 M ² @7.5T/M ²
MAIN ENGINE	5,000 HP X 2
BOLLARD PULL	ABT. 120 T
SERVICE SPEED(85%MCR)	ABT. 10 KTS
MAX DWT	ABT. 1,600 T

Gambar 2. Principal Dimension Kapal AHTS

2.2.2 Subjek penelitian adalah worker seperti *foreman*, *fitter*, *helper fitter*, *foreman welder*, *welder*, *helper welder* dan *production planner* yang terlibat langsung dalam pekerjaan ini.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data yang bersumber dari schedule proyek perusahaan galangan kapal tempat pengambilan data.

Berikut tahapan pengambilan data sebagai berikut:

1. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mengamati secara langsung aktivitas proses pengerjaan blok kapal, serta memonitor kesesuaian antara pelaksanaan pekerjaan dengan schedule penyelesaian *schedule complete block* yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

2. Data Waktu Pengerjaan Kapal

Data waktu pengerjaan kapal diperoleh dengan mencatat durasi pekerjaan sejak dimulainya proses fabrikasi setiap blok kapal hingga tahap erection selesai. Dalam penelitian ini, objek pengamatan terdiri dari 17 blok kapal yang merupakan pembagian blok pada perusahaan galangan tempat penelitian dilakukan.

2.4. Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif melalui beberapa tahapan berikut:

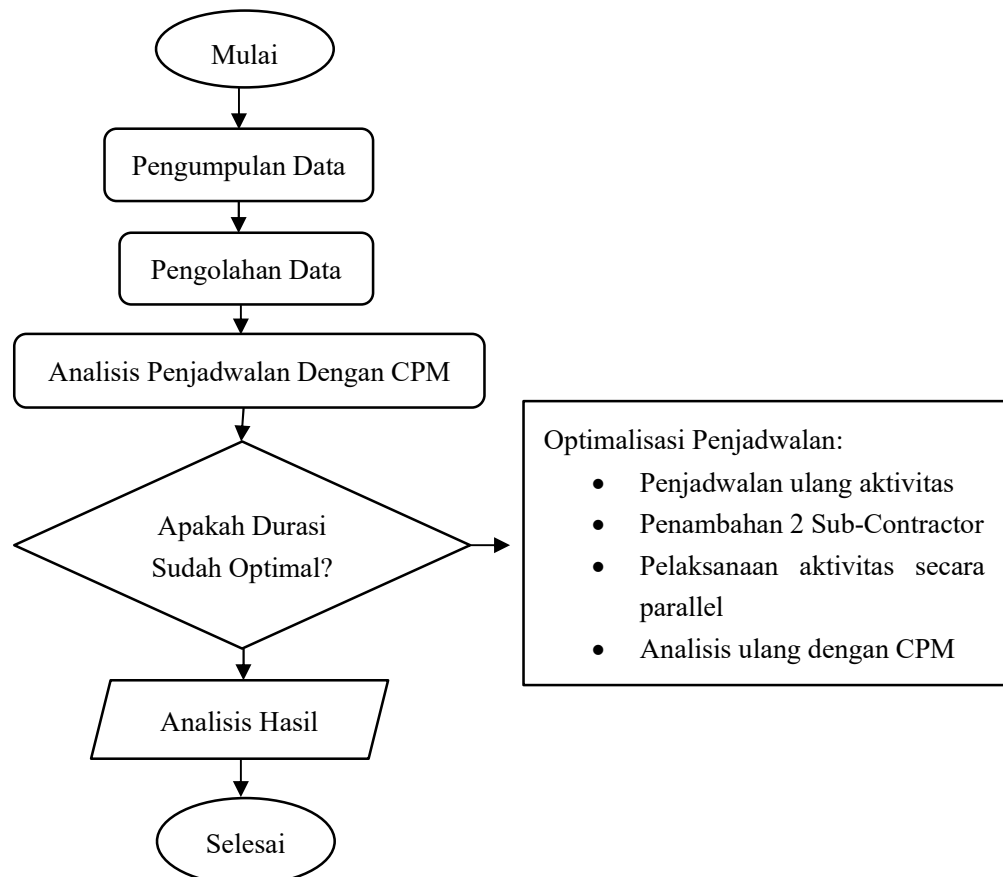
2.4.1. Penyusunan Work Breakdown Structure (WBS)

Penyusunan WBS dilakukan dengan melakukan analisis jadwal menggunakan *software Microsoft Project* untuk menguraikan pekerjaan menjadi sub-aktivitas yang terukur misalnya, *CNC Cutting, Fabrication and Assembly*. WBS ini juga mencakup ketergantungan *erection* antara kedua blok dan menetapkan *predecessor* untuk setiap aktivitas pekerjaan. WBS yang telah dibuat kemudian dianalisis untuk menghitung waktu mulai paling awal (*earliest start*), waktu paling awal selesai (*earliest finish*), waktu mulai paling akhir (*latest start*), waktu selesai paling akhir (*latest finish*) dan total *float* serta menganalisis jalur kritis dengan menggunakan CPM [6].

2.4.2 Analisis Critical Path Method (CPM)

Analisis *Critical Path Method* (CPM) dilakukan dengan memanfaatkan *software Microsoft project* sebagai alat bantu yang efektif untuk merencanakan, mengendalikan, dan mengoptimalkan waktu pelaksanaan proyek. Dengan mengidentifikasi jalur kritis, pihak manajemen dapat memfokuskan pengawasan pada aktivitas yang paling berpengaruh terhadap durasi proyek sehingga target penyelesaian dapat tercapai secara optimal.

2.5 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. Flowchart Penelitian

3. Analisa Data dan Pembahasan

Berdasarkan penelitian ini, penyusunan jadwal pekerjaan pembangunan lambung kapal *Anchor Handling Tug and Supply* (AHTS) dilakukan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Project* dengan membagi setiap pekerjaan ke dalam *Work Breakdown Structure (WBS)*. Setiap aktivitas ditentukan durasi pengerjaan serta hubungan ketergantungannya (*predecessor* dan *successor*), kemudian dimodelkan dalam bentuk *Gantt Chart* dan *Microsoft Excel* untuk memperoleh lintasan kritis.

Aktivitas yang harus diselesaikan sebelum aktivitas lain dapat dimulai disebut sebagai *predecessor* (pendahulu), sedangkan aktivitas yang dilaksanakan setelah aktivitas pendahulu rampung disebut sebagai *successor* [8]. Hubungan antar aktivitas dalam penjadwalan proyek dinyatakan dalam empat jenis hubungan ketergantungan, yaitu *Finish to Start (FS)*, *Start to Start (SS)*, *Finish to Finish (FF)*, dan *Start to Finish (SF)* [9]. Urutan aktivitas pekerjaan pembangunan kapal AHTS ditunjukkan pada lampiran 1.

Data pada lampiran 1 memperlihatkan terdapat 67 aktivitas pada proses pekerjaan lambung kapal AHTS sampai aktivitas *erection*. Setiap aktivitas memiliki durasi pengerjaan dan kegiatan pendahulu (*predecessor*). Diketahui total durasi waktu pengerjaan selama 314 hari.

Jalur kritis merupakan rangkaian kegiatan yang menjadi pekerjaan kritis dari awal kegiatan sampai akhir aktivitas kegiatan dalam suatu proyek. Jalur lintasan kritis yang diformulasikan dengan *software Microsoft Project* menghasilkan jalur merah sebagaimana tampak pada lampiran 1.

Pada tampilan *Gantt Chart* yang dihasilkan oleh *Microsoft Project*, aktivitas yang ditampilkan dengan garis berwarna merah menunjukkan aktivitas yang termasuk dalam jalur kritis (*critical path*), yaitu aktivitas yang memiliki nilai *total float* sama dengan nol sehingga tidak memiliki kelonggaran waktu. Keterlambatan pada salah satu aktivitas tersebut akan secara langsung mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan. Sementara itu, aktivitas yang ditampilkan dengan garis berwarna hitam merupakan aktivitas non-kritis (*non-critical activity*) yang masih memiliki kelonggaran waktu (*float*). Oleh karena itu, keterlambatan pada aktivitas non-kritis masih dapat ditoleransi selama tidak melebihi nilai *float* yang dimiliki sehingga tidak memengaruhi durasi total proyek.

Data pada lampiran 1 menerangkan bahwa jalur kritis berada di aktivitas fabrikasi blok 02, blok 06, blok 01 dan blok 05 yang mana blok-blok ini yang akan menjadi blok utama untuk erection blok-blok akomodasi di atasnya. *Block* yang memiliki jalur kritis ini merupakan *main block* yang mana jika 4 *block* ini belum selesai maka pengerjaan *erection block* selanjutnya tidak bisa dilakukan. Keempat *block* tersebut menjadi jalur kritis karena berfungsi sebagai struktur utama (*main block*) yang menjadi dasar pelaksanaan proses *erection* untuk *block-block* berikutnya. Seluruh aktivitas pada *block* akomodasi memiliki hubungan ketergantungan (*predecessor*) terhadap penyelesaian *block 02*, *block 06*, *block 01*, dan *block 05*. Apabila salah satu dari keempat *block* tersebut mengalami keterlambatan, maka aktivitas pemasangan *block* di atasnya tidak dapat dilaksanakan sesuai jadwal. Kondisi ini menunjukkan bahwa aktivitas pada jalur kritis memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap durasi total pembangunan kapal sehingga memerlukan pengawasan, pengendalian, dan alokasi sumber daya yang lebih intensif dibandingkan aktivitas lainnya.

Perhitungan penjadwalan proyek menggunakan metode *Critical Path Method (CPM)* dilakukan dengan menentukan nilai *Early Start (ES)*, *Early Finish (EF)*, *Late Start (LS)*, dan *Late Finish (LF)* pada setiap aktivitas [7]. Perhitungan ES dan EF dilakukan melalui proses *forward pass*, sedangkan perhitungan LS dan LF dilakukan melalui proses *backward pass*. Selanjutnya dilakukan perhitungan *total float (TF)*

untuk menentukan aktivitas yang termasuk dalam jalur kritis. Perhitungan *total float* menggunakan rumus $TF = LS - ES$ atau $TF = LF - EF$ aktivitas dengan nilai *total float* sama dengan nol merupakan aktivitas kritis yang mempengaruhi durasi total proyek seperti yang ditampilkan pada lampiran 2.

Proses optimalisasi dilakukan dengan penjadwalan ulang dengan menempatkan 2 sub-contractor untuk menyelesaikan 17 *block* dalam waktu yang bersamaan dan memulai 4 *block* yang *critical* di waktu yang sama, hasil setelah optimalisasi penjadwalan ulang ada pada lampiran 3. Berdasarkan data realisasi pengerjaan kapal AHTS terdapat 67 aktivitas. Dimana aktivitas-aktivitas tersebut memerlukan durasi selama 314 hari. Pada penjadwalan ulang dengan CPM menggunakan *Microsoft project*, dihasilkan 67 aktivitas pengerjaan yang membutuhkan durasi selama 216 hari.

Optimalisasi penjadwalan pada penelitian ini dilakukan melalui penambahan dua *sub-contractor* sehingga beberapa aktivitas fabrikasi dan *assembly* dapat dikerjakan secara paralel tanpa mengubah urutan ketergantungan antaraktivitas. Penambahan sumber daya tersebut memungkinkan pekerjaan pada blok-blok yang berada pada jalur kritis dapat diselesaikan lebih cepat sehingga durasi total proyek berhasil dipersingkat dari 314 hari menjadi 216 hari.

Apabila penambahan *sub-contractor* tidak dilakukan, maka seluruh aktivitas pada jalur kritis tetap bergantung pada kapasitas tenaga kerja yang tersedia sehingga potensi keterlambatan akan semakin besar. Keterlambatan tersebut tidak hanya memengaruhi penyelesaian pekerjaan pada Departemen *Hull Work*, tetapi juga menyebabkan keterlambatan pekerjaan pada departemen *piping*, *electrical*, *mechanical*, serta proses *commissioning* yang seluruhnya bergantung pada selesainya pekerjaan struktur lambung kapal. Kondisi tersebut mengakibatkan terjadinya peningkatan *manhours*, bertambahnya biaya tenaga kerja, biaya *overhead* proyek, serta berpotensi menimbulkan keterlambatan penyerahan kapal kepada *owner*.

Efisiensi waktu pengerjaan yang tinggi menunjukkan bahwa terjadi disparitas antara kondisi saat ini dengan kondisi hasil penelitian. Dengan kata lain, proses pengerjaan pada kondisi sebelumnya belum optimal dalam hal waktu pengerjaan. Kondisi ini berpotensi meningkatkan biaya operasional karena keterlambatan waktu penyelesaian apalagi dibagian lambung kapal karena jika lambung kapal terlambat dari *schedule* atau *planning* maka departemen lain seperti *piping*, *electrical*, dan *mechanical* juga mengalami dampak keterlambatannya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengerjaan lambung kapal dapat dioptimalkan melalui penjadwalan ulang berpotensi mengurangi biaya operasional karena durasi waktu pengerjaan yang lebih singkat. Selain memberikan pengaruh terhadap durasi penyelesaian proyek, optimalisasi penjadwalan juga memberikan dampak terhadap aspek biaya. Semakin singkat durasi pelaksanaan proyek, semakin kecil kebutuhan biaya tenaga kerja, biaya pengawasan lapangan, penggunaan peralatan, konsumsi utilitas, serta biaya *overhead* harian proyek. Sebaliknya, keterlambatan penyelesaian proyek akan meningkatkan akumulasi *manhours* dan memperbesar biaya operasional perusahaan. Oleh karena itu, penerapan *Critical Path Method* (CPM) tidak hanya memberikan manfaat dalam pengendalian waktu, tetapi juga berkontribusi terhadap efisiensi biaya pelaksanaan proyek pembangunan kapal.

Pada penelitian ini membuktikan bahwa penerapan CPM dapat menghasilkan jadwal (waktu) pekerjaan dengan optimalisasi pada aspek waktu, serta menggambarkan hubungan antar aktivitas [2]. Hal tersebut dapat dilihat pada pekerjaan lambung kapal AHTS yang menghasilkan waktu pengerjaan selama 314 hari. Sementara temuan optimasi waktu pengerjaan dengan menerapkan CPM mampu mengurangi waktu pekerjaan dari 314 hari menjadi 216 hari.

Penggunaan CPM dalam proses penjadwalan proyek memberi keuntungan, diantaranya adalah menghasilkan lintasan kritis sehingga dapat dilakukan percepatan dalam pengerjaan sebuah proyek.

Semakin cepat waktu pengerjaan sebuah proyek maka akan meningkatkan kinerja industri galangan kapal yang diindikasikan dengan peningkatan pemasukan [17].

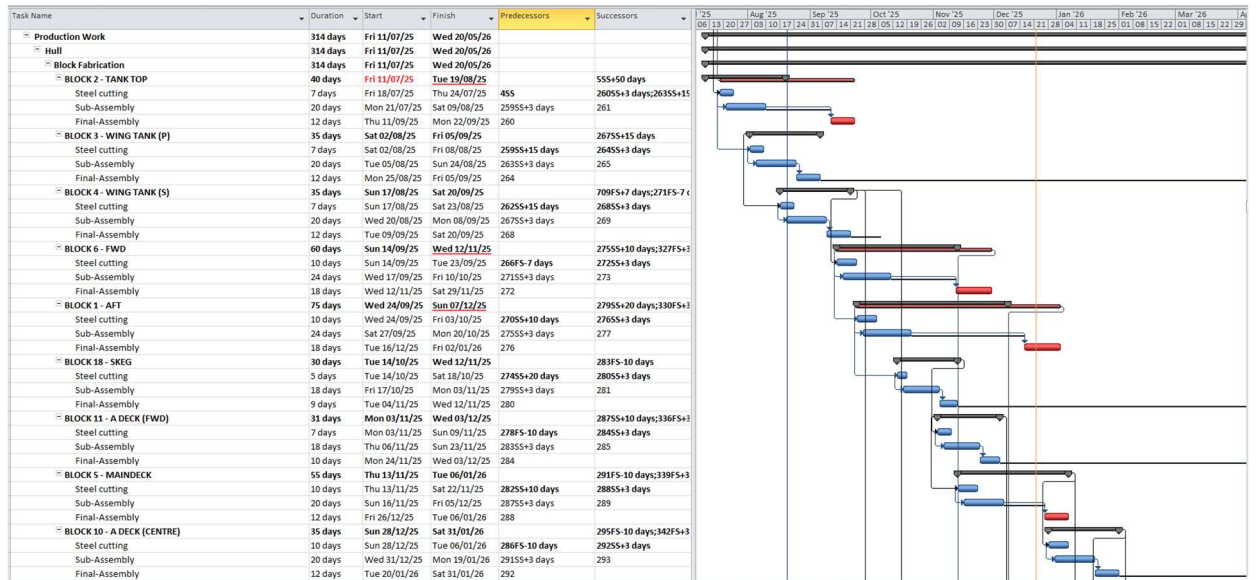
4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penjadwalan pembangunan lambung kapal *Anchor Handling Tug and Supply* (AHTS) menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM), diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis *Critical Path Method* (CPM) menunjukkan bahwa terdapat empat aktivitas utama yang berada pada jalur kritis, yaitu *final assembly* blok 02, blok 06, blok 01, dan blok 05. Keempat aktivitas tersebut memiliki nilai *total float* sama dengan nol sehingga setiap keterlambatan yang terjadi akan secara langsung memengaruhi durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, aktivitas pada blok-blok tersebut memerlukan pengendalian dan pengawasan yang lebih intensif dibandingkan aktivitas lainnya.
2. Penerapan metode *Critical Path Method* (CPM) melalui penjadwalan ulang serta penambahan dua *sub-contractor* berhasil mengoptimalkan durasi pembangunan lambung kapal AHTS dari 314 hari menjadi 216 hari. Strategi tersebut memungkinkan beberapa aktivitas fabrikasi dan *assembly* dilaksanakan secara paralel tanpa mengubah hubungan ketergantungan antaraktivitas, sehingga jalur kritis dapat dipersingkat dan target penyelesaian proyek menjadi lebih optimal.
3. Apabila penambahan *sub-contractor* tidak dilakukan, maka aktivitas pada jalur kritis akan tetap menjadi hambatan utama (*bottleneck*) dalam proses pembangunan kapal. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan durasi penyelesaian proyek, menambah *manhours*, meningkatkan biaya tenaga kerja dan biaya *overhead*, serta menyebabkan keterlambatan pekerjaan pada departemen lain seperti *piping*, *electrical*, dan *mechanical* yang bergantung pada penyelesaian struktur lambung kapal.
4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Critical Path Method* (CPM) tidak hanya efektif dalam mengidentifikasi aktivitas yang menentukan durasi proyek, tetapi juga memberikan manfaat dalam meningkatkan efisiensi waktu dan biaya pelaksanaan proyek. Dengan durasi penyelesaian yang lebih singkat, perusahaan berpotensi mengurangi biaya operasional, meningkatkan produktivitas sumber daya, menjaga ketepatan waktu penyerahan kapal kepada *owner*, serta meningkatkan daya saing perusahaan galangan kapal dalam memperoleh proyek pembangunan kapal baru.

5. Daftar Pustaka

- [1] M.I. Nudin, dan K. Abdullah, "Penjadwalan Reparasi Tug Boat Menggunakan Metode CPM dan PDM," *Jurnal Jalasena*, vol. 5, no. 1, pp. 8–11, 2023.
- [2] M. Simion, G. Vasile, C. Dinu, R. Scutariu, "CPM and PERT Techniques For SmallScale R&D Projects," in *Proceedings Book International Symposium The Environment And The Industry SIMI with Fuzzy Logic Technique*, pp. 166–174, 2019.
- [3] H. Mandaku, Afifudin Thezar M, Parera C Gloria "Penerapan Metode Critical Path Method (CPM) pada penjadwalan reparasi kapal patrol XVI, 2012.
- [4] Diswanoro, Galuh P, M. Imam P, Rindo, Good, "Analisis Optimalisasi Jadwal dengan menggunakan Critical Path Method (CPM) pada proyek Pembangunan kapal Tugboat 156.67 DWT, 2024
- [5] Rahmawati, R. D., Mulyatno, I. P., & Kiryanto. (2024). Analisa penerapan schedule reparasi 4 unit kapal secara simultan berbasis critical path method serta pengaruhnya terhadap progress pekerjaan. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 12(1).
- [6] Saean, I., Kiryanto, & Mulyatno, I. P. (2023). Analisa shop level planning dengan metode CPM pada kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 11(2).
- [7] Valentino, E., & Rochmoeljati, Rr. (2024). Analisis perencanaan penjadwalan proyek kapal X menggunakan metode PERT. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, 9(1).
- [8] Akhsal, Muhammad., & Rachman T. (2024). Estimasi Waktu Reparasi KM. Wilis Menggunakan Critical Path Methode. *SENSISTEK*, 7(2).
- [9] Aminata, R. S., & Basuki, M. (2023). Analisis perbandingan produktivitas jam kerja pada proyek reparasi kapal TB. Ampenan 01 dengan metode *Critical Path Method & Critical Chain Project Management* di Galangan Kapal Madura.
- [10] Manik, P., Afrodiyanti, R., & Hakim, M. L. (2023). Study of rescheduling of MV Alfa Trans Satu ship repair using Critical Path Method (CPM) and Project Evaluation and Review Technique (PERT). *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 8(4), 644-657.
- [11] Andhani, Y. T., Mulyatno, I. P., & Santosa, A. W. B. (2020). Reschedule reparasi kapal KN. KUMBA 470 DWT dengan *Critical Path Method* di Galangan Semarang. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(3).
- [12] Griyantia, C. R., Mulyatno, I. P., & Kiryanto. (n.d.). Studi rancang *reschedule* pembangunan kapal baru menggunakan *Full Outfitting Block System* (FOBS) dengan *Project CPM* pada kapal LCT 200 GT.
- [13] Hardiana, Prasetyawati, D., & Syahrir, I. (n.d.). Analisa manajemen proyek pada proses pembangunan kapal keruk di Galangan X.
- [14] Perdana, G. A., & Wiwi, U. (2013). Penerapan penjadwalan produksi pada pembuatan blok kapal di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) untuk meminimasi makespan. *JTM (Jurnal Teknik Mesin)*, 1(2), 32-41.
- [15] Padhil, A., Anwari, M. S., Mail, A., Wahyuni P, A. D., & Hafid, M. F. (2022). Evaluasi penjadwalan proyek kapal penyeberangan RO-RO 500 GT melalui pendekatan metode CPM dan PERT studi kasus PT. XYZ. *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 4(2).



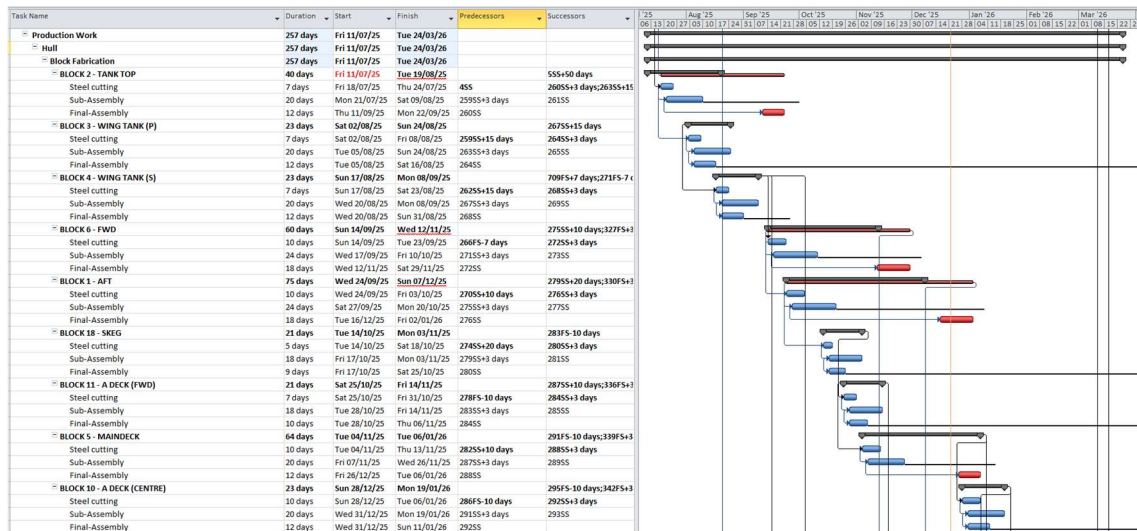
Lampiran 1 Urutan aktivitas pekerjaan kapal *AHTS*

No	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Successors	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Total Float	Critical
1	Production Work	314 days	Fri 11/07/25	Wed 20/05/26			Fri 11/07/25	Wed 20/05/26	Fri 11/07/25	Fri 06/11/26	0 days	Yes
2	Hull	314 days	Fri 11/07/25	Wed 20/05/26			Fri 11/07/25	Wed 20/05/26	Fri 11/07/25	Fri 06/11/26	0 days	Yes
3	Block Fabrication	314 days	Fri 11/07/25	Wed 20/05/26			Fri 11/07/25	Wed 20/05/26	Fri 11/07/25	Fri 06/11/26	0 days	Yes
4	Block 02 - Tank Top	40 days	Fri 11/07/25	Tue 19/08/25		55S+50 days	Fri 11/07/25	Tue 19/08/25	Tue 19/08/25	Mon 22/09/25	34 days	No
5	Steel cutting	7 days	Fri 18/07/25	Thu 24/07/25	45S	260SS+3 days;263SS+15 days	Fri 18/07/25	Thu 24/07/25	Tue 19/08/25	Mon 25/08/25	32 days	No
6	Sub-Assembly	20 days	Mon 21/07/25	Sat 09/08/25	259SS+3 days	261	Mon 21/07/25	Sat 09/08/25	Fri 22/08/25	Wed 10/09/25	32 days	No
7	Final-Assembly	12 days	Thu 11/09/25	Mon 22/09/25	260		Thu 11/09/25	Mon 22/09/25	Thu 11/09/25	Mon 22/09/25	0 days	Yes
8	Block 03 - Wing Tank (P)	35 days	Sat 02/08/25	Fri 05/09/25		267SS+15 days	Sat 02/08/25	Fri 05/09/25	Sat 03/10/26	Fri 06/11/26	427 days	No
9	Steel cutting	7 days	Sat 02/08/25	Fri 08/08/25	259SS+15 days	264SS+3 days	Sat 02/08/25	Fri 08/08/25	Sat 03/10/26	Fri 09/10/26	427 days	No
10	Sub-Assembly	20 days	Tue 05/08/25	Sun 24/08/25	263SS+3 days	265	Tue 05/08/25	Sun 24/08/25	Tue 06/10/26	Sun 25/10/26	427 days	No
11	Final-Assembly	12 days	Mon 25/08/25	Fri 05/09/25	264		Mon 25/08/25	Fri 05/09/25	Mon 26/10/26	Fri 06/11/26	427 days	No
12	Block 04 - Wing Tank (S)	35 days	Sun 17/08/25	Sat 20/09/25		709FS+7 days;271FS-7 days;324FS+25 days	Sun 17/08/25	Sat 20/09/25	Mon 01/09/25	Sun 05/10/25	15 days	No
13	Steel cutting	7 days	Sun 17/08/25	Sat 23/08/25	262SS+15 days	268SS+3 days	Sun 17/08/25	Sat 23/08/25	Mon 01/09/25	Sun 07/09/25	15 days	No
14	Sub-Assembly	20 days	Wed 20/08/25	Mon 08/09/25	267SS+3 days	269	Wed 20/08/25	Mon 08/09/25	Thu 04/09/25	Tue 23/09/25	15 days	No
15	Final-Assembly	12 days	Tue 09/09/25	Sat 20/09/25	268		Tue 09/09/25	Sat 20/09/25	Wed 24/09/25	Sun 05/10/25	15 days	No
16	Block 06 - Fwd	60 days	Sun 14/09/25	Wed 12/11/25		275SS+10 days;327FS+3 days	Sun 14/09/25	Wed 12/11/25	Thu 16/10/25	Sat 29/11/25	17 days	No
17	Steel cutting	10 days	Sun 14/09/25	Tue 23/09/25	266FS-7 days	272SS+3 days	Sun 14/09/25	Tue 23/09/25	Thu 16/10/25	Sat 25/10/25	32 days	No
18	Sub-Assembly	24 days	Wed 17/09/25	Fri 10/10/25	271SS+3 days	273	Wed 17/09/25	Fri 10/10/25	Sun 19/10/25	Tue 11/11/25	32 days	No
19	Final-Assembly	18 days	Wed 12/11/25	Sat 29/11/25	272		Wed 12/11/25	Sat 29/11/25	Wed 12/11/25	Sat 29/11/25	0 days	Yes
20	Block 01 - Aft	75 days	Wed 24/09/25	Sun 07/12/25		279SS+20 days;330FS+3 days	Wed 24/09/25	Sun 07/12/25	Wed 19/11/25	Fri 02/01/26	26 days	No
21	Steel cutting	10 days	Wed 24/09/25	Fri 03/10/25	270SS+10 days	276SS+3 days	Wed 24/09/25	Fri 03/10/25	Wed 19/11/25	Fri 28/11/25	56 days	No
22	Sub-Assembly	24 days	Sat 27/09/25	Mon 20/10/25	275SS+3 days	277	Sat 27/09/25	Mon 20/10/25	Sat 22/11/25	Mon 15/12/25	56 days	No
23	Final-Assembly	18 days	Tue 16/12/25	Fri 02/01/26	276		Tue 16/12/25	Fri 02/01/26	Tue 16/12/25	Fri 02/01/26	0 days	Yes
24	Block 18 - Skeg	30 days	Tue 14/10/25	Wed 12/11/25		283FS-10 days	Tue 14/10/25	Wed 12/11/25	Tue 09/06/26	Wed 08/07/26	238 days	No
25	Steel cutting	5 days	Tue 14/10/25	Sat 18/10/25	274SS+20 days	280SS+3 days	Tue 14/10/25	Sat 18/10/25	Tue 09/06/26	Sat 13/06/26	238 days	No
26	Sub-Assembly	18 days	Fri 17/10/25	Mon 03/11/25	279SS+3 days	281	Fri 17/10/25	Mon 03/11/25	Fri 12/06/26	Mon 29/06/26	238 days	No
27	Final-Assembly	9 days	Tue 04/11/25	Wed 12/11/25	280		Tue 04/11/25	Wed 12/11/25	Tue 30/06/26	Wed 08/07/26	238 days	No
28	Block 11 - A Deck	31 days	Mon 03/11/25	Wed 03/12/25		287SS+10 days;336FS+3 days	Mon 03/11/25	Wed 03/12/25	Mon 29/06/26	Wed 29/07/26	238 days	No
29	Steel cutting	7 days	Mon 03/11/25	Sun 09/11/25	278FS-10 days	284SS+3 days	Mon 03/11/25	Sun 09/11/25	Mon 29/06/26	Sun 05/07/26	238 days	No
30	Sub-Assembly	18 days	Thu 06/11/25	Sun 23/11/25	283SS+3 days	285	Thu 06/11/25	Sun 23/11/25	Thu 02/07/26	Sun 19/07/26	238 days	No
31	Final-Assembly	10 days	Mon 24/11/25	Wed 03/12/25	284		Mon 24/11/25	Wed 03/12/25	Mon 20/07/26	Wed 29/07/26	238 days	No
32	Block 05 - Main Deck	55 days	Thu 13/11/25	Tue 06/01/26		291FS-10 days;339FS+3 days	Thu 13/11/25	Tue 06/01/26	Wed 03/12/25	Tue 06/01/26	0 days	Yes
33	Steel cutting	10 days	Thu 13/11/25	Sat 22/11/25	282SS+10 days	288SS+3 days	Thu 13/11/25	Sat 22/11/25	Wed 03/12/25	Fri 12/12/25	20 days	No
34	Sub-Assembly	20 days	Sun 16/11/25	Fri 05/12/25	287SS+3 days	289	Sun 16/11/25	Fri 05/12/25	Sat 06/12/25	Thu 25/12/25	20 days	No
35	Final-Assembly	12 days	Fri 26/12/25	Tue 06/01/26	288		Fri 26/12/25	Tue 06/01/26	Fri 26/12/25	Tue 06/01/26	0 days	Yes
36	Block 10 - A Deck	35 days	Sun 28/12/25	Sat 31/01/26		295FS-10 days;342FS+3 days	Sun 28/12/25	Sat 31/01/26	Thu 16/04/26	Wed 20/05/26	109 days	No
37	Steel cutting	10 days	Sun 28/12/25	Tue 06/01/26	286FS-10 days	292SS+3 days	Sun 28/12/25	Tue 06/01/26	Thu 16/04/26	Sat 25/04/26	109 days	No
38	Sub-Assembly	20 days	Wed 31/12/25	Mon 19/01/26	291SS+3 days	293	Wed 31/12/25	Mon 19/01/26	Sun 19/04/26	Fri 08/05/26	109 days	No

39	Final-Assembly	12 days	Tue 20/01/26	Sat 31/01/26	292		Tue 20/01/26	Sat 31/01/26	Sat 09/05/26	Wed 20/05/26	109 days	No
40	Block 09 - A Deck Aft	35 days	Thu 22/01/26	Wed 25/02/26		2995S+10 days;549;345F+3 days	Thu 22/01/26	Wed 25/02/26	Mon 11/05/26	Sun 14/06/26	109 days	No
41	Steel cutting	10 days	Thu 22/01/26	Sat 31/01/26	290FS-10 days	2965S+3 days	Thu 22/01/26	Sat 31/01/26	Mon 11/05/26	Wed 20/05/26	109 days	No
42	Sub-Assembly	20 days	Sun 25/01/26	Fri 13/02/26	2955S+3 days	297	Sun 25/01/26	Fri 13/02/26	Thu 14/05/26	Tue 02/06/26	109 days	No
43	Final-Assembly	12 days	Sat 14/02/26	Wed 25/02/26	296		Sat 14/02/26	Wed 25/02/26	Wed 03/06/26	Sun 14/06/26	109 days	No
44	Block 12 - B Deck	38 days	Sun 01/02/26	Tue 10/03/26		3035S+10 days;348F+3 days	Sun 01/02/26	Tue 10/03/26	Mon 22/06/26	Wed 29/07/26	141 days	No
45	Steel cutting	10 days	Sun 01/02/26	Tue 10/02/26	2945S+10 days	3005S+3 days	Sun 01/02/26	Tue 10/02/26	Mon 22/06/26	Wed 01/07/26	141 days	No
46	Sub-Assembly	20 days	Wed 04/02/26	Mon 23/02/26	2995S+3 days	301	Wed 04/02/26	Mon 23/02/26	Thu 25/06/26	Tue 14/07/26	141 days	No
47	Final-Assembly	15 days	Tue 24/02/26	Tue 10/03/26	300		Tue 24/02/26	Tue 10/03/26	Wed 15/07/26	Wed 29/07/26	141 days	No
48	Block 13 - Nav Bridge Deck	38 days	Wed 11/02/26	Fri 20/03/26		307FS-10 days;351F+3 days	Wed 11/02/26	Fri 20/03/26	Sat 30/05/26	Mon 06/07/26	108 days	No
49	Steel cutting	10 days	Wed 11/02/26	Fri 20/02/26	2985S+10 days	3045S+3 days	Wed 11/02/26	Fri 20/02/26	Sat 30/05/26	Mon 08/06/26	108 days	No
50	Sub-Assembly	20 days	Sat 14/02/26	Thu 05/03/26	3035S+3 days	305	Sat 14/02/26	Thu 05/03/26	Tue 02/06/26	Sun 21/06/26	108 days	No
51	Final-Assembly	15 days	Fri 06/03/26	Fri 20/03/26	304		Fri 06/03/26	Fri 20/03/26	Mon 22/06/26	Mon 06/07/26	108 days	No
52	Block 15 - Fwd Bulwark	33 days	Wed 11/03/26	Sun 12/04/26		3115S+10 days;354F+3 days	Wed 11/03/26	Sun 12/04/26	Sat 27/06/26	Wed 29/07/26	108 days	No
53	Steel cutting	7 days	Wed 11/03/26	Tue 17/03/26	302FS-10 days	3085S+3 days	Wed 11/03/26	Tue 17/03/26	Sat 27/06/26	Fri 03/07/26	108 days	No
54	Sub-Assembly	15 days	Sat 14/03/26	Sat 28/03/26	3075S+3 days	309	Sat 14/03/26	Sat 28/03/26	Tue 30/06/26	Tue 14/07/26	108 days	No
55	Final-Assembly	15 days	Sun 29/03/26	Sun 12/04/26	308		Sun 29/03/26	Sun 12/04/26	Wed 15/07/26	Wed 29/07/26	108 days	No
56	Block 16 - Cargo Rail	33 days	Sat 21/03/26	Wed 22/04/26		315FS-10 days;357F+3 days	Sat 21/03/26	Wed 22/04/26	Thu 26/03/26	Mon 27/04/26	5 days	No
57	Steel cutting	7 days	Sat 21/03/26	Fri 27/03/26	3065S+10 days	3125S+3 days	Sat 21/03/26	Fri 27/03/26	Thu 26/03/26	Wed 01/04/26	5 days	No
58	Sub-Assembly	15 days	Tue 24/03/26	Tue 07/04/26	3115S+3 days	313	Tue 24/03/26	Tue 07/04/26	Sun 29/03/26	Sun 12/04/26	5 days	No
59	Final-Assembly	15 days	Wed 08/04/26	Wed 22/04/26	312		Wed 08/04/26	Wed 22/04/26	Mon 13/04/26	Mon 27/04/26	5 days	No

60	Block 14 - Wheelhouse	38 days	Mon 13/04/26	Wed 20/05/26		689;3195S+7 days;619;650;360F+3 days	Mon 13/04/26	Wed 20/05/26	Tue 09/06/26	Thu 16/07/26	57 days	No
61	Steel cutting	10 days	Mon 13/04/26	Wed 22/04/26	310FS-10 days	3165S+3 days	Mon 13/04/26	Wed 22/04/26	Tue 09/06/26	Thu 18/06/26	57 days	No
62	Sub-Assembly	20 days	Thu 16/04/26	Tue 05/05/26	3155S+3 days	317	Thu 16/04/26	Tue 05/05/26	Fri 12/06/26	Wed 01/07/26	57 days	No
63	Final-Assembly	15 days	Wed 06/05/26	Wed 20/05/26	316		Wed 06/05/26	Wed 20/05/26	Thu 02/07/26	Thu 16/07/26	57 days	No
64	Block 17 - Main Mast	20 days	Mon 20/04/26	Sat 09/05/26			Mon 20/04/26	Sat 09/05/26	Sun 18/10/26	Fri 06/11/26	181 days	No
65	Steel cutting	5 days	Mon 20/04/26	Fri 24/04/26	3145S+7 days	3205S+3 days	Mon 20/04/26	Fri 24/04/26	Sun 18/10/26	Thu 22/10/26	181 days	No
66	Sub-Assembly	10 days	Thu 23/04/26	Sat 02/05/26	3195S+3 days	321	Thu 23/04/26	Sat 02/05/26	Wed 21/10/26	Fri 30/10/26	181 days	No
67	Final-Assembly	7 days	Sun 03/05/26	Sat 09/05/26	320		Sun 03/05/26	Sat 09/05/26	Sat 31/10/26	Fri 06/11/26	181 days	No

Lampiran 2 Perhitungan Jalur Kritis di Block 02



Lampiran 3 Hasil Optimalisasi Jadwal menjadi 216 hari