



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

ANALISA SHOP LEVEL PLANNING DENGAN METODE CPM PADA KAPAL TB. EQUATOR 06 dan TK SML 3001

Indra Saeon^{1*)}, Kiryanto¹⁾, Imam Pujo Mulyatno²⁾

Laboratorium Kapal – kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*)e-mail : indrasaeon1@gmail.com , kiryanto@yahoo.com , PujoMulyatno2@gmail.com

Abstrak

Critical Path Method adalah suatu metode yang memanfaatkan adanya jalur kritis untuk mengetahui durasi waktu proyek., pada penelitian ini menggabungkan jadwal dan repair list kapal TB Equator 06 dan TK. SML 3001 secara simultan sehingga diperoleh jalur kritis yang baru. Dilanjutkan dengan analisa shop level planning untuk mendapat produktivitas bengkel. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai produktivitas bengkel dengan penambahan tenaga kerja dan penambahan waktu, mendapatkan alternatif schedule baru berbasis critical path method, mendapatkan ulasan percepatan waktu pada alternatif schedule proyek. Dalam penelitian menunjukkan hasil 20 critical path baru di network diagram. setelah dilakukan penjadwalan baru dan memperoleh tiga varian jadwal baru yaitu variasi A, variasi B, dan variasi C dan dilakukan crashing dengan penambahan tenaga kerja pada proyek, didapatkan percepatan waktu proyek dari durasi awal 73 hari menjadi 50 hari (31%) pada variasi A , 42 hari (42%) pada variasi B dan 30 hari (58%) pada variasi C. Sementara produktivitas bengkel didapatkan nilai terbaik pada variasi penjadwalan C yaitu pada bengkel sandblasting dan scrubbing dengan nilai 202,5 m²/mandays; bengkel sistem propulsi 0,125 unit/mandays; bengkel outfitting 0,0923 unit/mandays; 0,0717 set/mandays; 0,706 pcs/mandays dan bengkel fabrikasi 0,22 unit/manday. Hal ini menunjukkan shop level planning dapat digunakan untuk perhitungan produktivitas kapal secara simultan.

Kata Kunci : Reparasi Kapal, Shop Level Planning, Critical Path Method, Crash Duration, Produktivitas

1. PENDAHULUAN

Kapal perlu dilakukan perawatan secara berkala untuk memastikan kondisinya masih layak untuk melakukan kegiatan operasional. Perawatan kapal termasuk di dalamnya pemeriksaan kapal baik konstruksi maupun permesinan, serta perbaikan atau penggantian bagian kapal yang memerlukan perbaikan maupun penggantian. Lamanya kegiatan ini bergantung pada kondisi kapal itu sendiri serta kapasitas dan efektifitas galangan kapal dalam melakukan kegiatan reparasi kapal. Galangan kapal sendiri adalah kawasan yang disediakan untuk melakukan aktivitas pembangunan serta reparasi kapal yang merupakan salah satu industri transportasi laut yang akan sangat dibutuhkan dalam proses pengembangan pembangunan wilayah maritim. Sebelum dilakukan kegiatan reparasi kapal tentu diperlukan adanya pembuatan jadwal, dengan maksud supaya galangan dapat mengatur

pengerjaan perbaikan kapal dan proses pengerjaannya dapat dilaksanakan secara efektif.

Dalam proses reparasi kapal, waktu adalah salah satu hal penting yang harus diperhatikan. Pihak galangan diharapkan dapat melaksanakan kegiatan reparasi sesuai dengan penjadwalan yang telah dibuat sebelumnya. Sehingga efisiensi waktu dalam proses pengerjaan proyek merupakan salah satu tolak ukur keberhasilan dalam pelaksanaan suatu proyek. Namun sering kali terdapat perbedaan antara waktu perencanaan dengan realisasinya yang disebabkan oleh banyak faktor di lapangan. seperti pada studi kasus reparasi kapal MV. BLOSSOM penyebab terbesar dari keterlambatan proyek reparasi kapal yaitu, peralatan kerja yang terbatas, peralatan yang jarang dirawat, dan jumlah tenaga kerja yang kurang. Pada studi kasus MV. BLOSSOM dilakukan penjadwalan ulang menggunakan CPM dan diperoleh waktu 41 hari untuk menyelesaikan proyek yang sebelumnya memerlukan waktu 101

hari dengan asumsi pekerjaan dilakukan secara runtut tanpa hambatan [1].

Pada studi kasus reparasi kapal TB. Pancaran 811 dan BG. Alike 101 dilakukan usaha untuk menghindari terjadinya keterlambatan, yaitu dengan cara penggabungan *schedule* yang berasal dari repair list kedua kapal tersebut dengan menerapkan metode *Shop Level Planning* and *Schedulling* dan *Critical Path Method*. Dari penelitian tersebut didapatkan *schedule* baru dengan percepatan sebesar 3 hari dari durasi awal 33 hari menjadi 30 hari dengan alternatif penambahan jam kerja, serta percepatan sebesar 4 hari dari durasi awal 33 hari menjadi 29 hari dengan alternatif penambahan tenaga kerja [2]. Tujuan dari *rescheduling* sendiri yaitu untuk mendapatkan percepatan waktu sehingga keterlambatan dapat dihindari dan diantisipasi karena proyek dapat diselesaikan lebih awal dari awal awal proyek.

Karena pada proses penyusunan jadwal masih menggunakan metode manual, maka adanya ketidaksesuaian waktu antara pelaksanaan pekerjaan di lapangan dengan waktu yang telah ditetapkan pada *schedule* sangat mungkin didapati. Untuk mengatasi permasalahan tersebut serta meminimalisir terjadinya keterlambatan dalam pengerjaan reparasi kapal maka diperlukan metode lain dalam penyusunan jadwal yaitu dengan menggunakan metode *network planning*. *Network planning* dibagi menjadi 2 yaitu *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Keunggulan penjadwalan menggunakan CPM dapat dilihat dari perbandingan jadwal yang dibuat menggunakan metode manual seperti pada penelitian Analisa Perhitungan Pekerjaan Reparasi kapal dengan metode CPM dimana penjadwalan dengan CPM didapatkan pengurangan waktu penyelesaian sebanyak 4 hari kerja dari 22 hari menjadi 18 hari kerja, dan terjadi kenaikan jumlah kapasitas produksi reparasi per tahunnya sebesar 4-5 unit kapal dengan persentase kenaikan produktivitas sebesar 20% pertahunnya [3].

Dengan metode CPM ini pekerjaan dapat dilakukan percepatan penyelesaian dengan menggunakan cara penambahan jumlah pekerja dan penambahan jam kerja (lembur). Pada penelitian yang dilakukan pada proyek pembangunan ruang bersalin dan pembangunan instalasi bedah sentral RSUD Ambarawa yang menggunakan alternatif metode *crashing* didapatkan waktu optimum 28 minggu dari waktu rencana 29 minggu, didapatkan juga efisiensi biaya sebesar Rp.2.125.000,- untuk alternatif penambahan jam lembur dan jam kerja shift serta Rp. 12.560.000,- untuk alternatif percepatan

waktu dengan penambahan jumlah pekerja dan menggunakan *shift* pada pekerjaan *finishing*. [4].

Project atau Proyek merupakan suatu kegiatan yang dilakukan dengan waktu dan sumber daya terbatas untuk mencapai hasil akhir yang ditentukan. Dalam mencapai hasil akhir, kegiatan proyek dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu, yang dikenal sebagai tiga kendala (*triple constraint*) [5]. Sebuah proyek dapat dikatakan berhasil pelaksanaannya apabila tujuan proyek dapat dicapai dengan menggunakan manajemen proyek yang digunakan. Dari pengertian proyek, ada tiga hal yang perlu diperhatikan untuk mencapai hasil akhir yang diharapkan dalam pelaksanaan sebuah proyek, yaitu dana yang dianggarkan, penjadwalan proyek, dan kualitas yang dihasilkan.

Critical Path Method adalah suatu metode yang memanfaatkan adanya jalur kritis untuk mengetahui durasi waktu proyek. Jalur kritis merupakan suatu jalur yang mempunyai deretan aktivitas kegiatan dengan rentan waktu penyelesaian pelaksanaan terlama hingga rentan waktu penyelesaian tercepat [6]. Proses analisis guna mengatasi permasalahan lewat waktu atau keterlambatan dalam pelaksanaan proyek dapat dibantu dengan software Microsoft Project sehingga akan didapatkan waktu terefektif dalam penyelesaian pekerjaan.

Sebagai acuan pengerjaan reparasi kapal dan selanjutnya dilakukan *crashing* pada jalur kritis untuk memperoleh jadwal dengan waktu yang lebih singkat penelitian ini merujuk pada penelitian *reschedule* reparasi kapal KM. Kumba 470 DWT yang juga melakukan *crashing* pada jalur kritis untuk memperoleh jadwal dengan waktu yang lebih singkat dan didapati jalur kritis dengan jumlah aktivitas kritis 12 dengan $slack=0$ dari total 41 hari pengerjaan induk [7].

Crashing adalah suatu bentuk upaya yang bertujuan untuk mempercepat jalannya suatu proyek. Pada proses *crashing* diperlukan penentuan lintasan kritis melalui diagram *network* guna mendapatkan kegiatan yang kritis pada proyek tersebut. Kegiatan *crashing* (percepatan proyek) perlu dilaksanakan mengingat sering terjadinya delay dalam penyelesaian. Pada *crashing* dalam penelitian reparasi kapal SPB Titan 70, proyek mengalami kemajuan dari durasi awal 42 hari yang mengalami keterlambatan dari target, menjadi 32 hari, sesuai dengan target awal proyek dengan penambahan 22 pekerja [8].

Dalam suatu penambahan jumlah tenaga kerja atau *time work*, perlu memperhatikan beberapa aspek yang sesuai dengan kebutuhan jumlah pekerja, produktivitas, dan keterbatasan sumber daya. Jadi *crashing* merupakan suatu

upaya untuk melakukan efisiensi dalam suatu proyek pekerjaan melalui beberapa alternatif penyelesaian seperti penambahan pada jumlah pekerja serta penambahan waktu pada jam kerja. Penambahan waktu kerja ini dapat mempersingkat waktu durasi proyek, seperti pada penelitian yang dilakukan pada proyek pengerjaan jembatan Sungai Berangas dengan penambahan jam kerja didapati kemajuan durasi proyek, dengan penambahan 1 jam kerja didapati durasi 251 hari, dua jam kerja didapati durasi proyek 250 hari dan tiga jam kerja 249 hari [9].

Berdasarkan kajian terdahulu terdapat kesimpulan penerapan sistem *Critical Path Method* dan *Network Diagram* dapat menghasilkan percepatan waktu dalam melaksanakan proyek.

Berdasarkan permasalahan tersebut, sebagai sebuah upaya untuk meminimalkan adanya keterlambatan dalam proses pengerjaan reparasi kapal, maka dalam melakukan penelitian penulis melakukan upaya percepatan proyek dengan rescheduling dan penggabungan *schedule* menggunakan metode *Critical Path Method* yang dibantu dengan software Microsoft Project dengan judul penelitian “Analisa Shop Level Planning Dengan Metode CPM Pada Kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001”. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan alternatif *schedule* baru berbasis *critical path method*, mendapatkan ulasan percepatan waktu pada alternatif *schedule* proyek setelah dilakukan penambahan durasi kerja dan *manpower*, serta menghitung produktivitas bengkel di galangan dengan *Shop Level Planning*.

Penelitian ini dilakukan dengan data yang diperoleh dari PT. Citra Bahari Shipyard. PT. Citra Bahari Shipyard merupakan sebuah industri yang bergerak pada bidang Docking repair. PT. Citra Bahari Shipyard memiliki beberapa fasilitas galangan yang tentu akan menunjang proses reparasi kapal di galangan. Melalui fasilitas yang tersedia di galangan, PT. Citra Bahari Shipyard memerlukan waktu 32 hari untuk mengerjakan reparasi kapal TB Equator 06 dan 41 hari untuk reparasi kapal TK SML 3001. Kapal TB. Equator 06 melaksanakan reparasi kapal di galangan PT. Citra Bahari Shipyard pada bulan November 2021 sedangkan TK SML 3001 melaksanakan reparasi pada Desember 2021. Pada penelitian ini menggabungkan dua *main schedule* kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001. Diasumsikan bahwa pelaksanaan proyek reparasi kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 dilakukan secara berlanjut yang menghasilkan *critical path* dengan kegiatan kritis yang berjumlah 30 kegiatan kritis. Proyek reparasi kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 berlangsung selama 73 hari yang

terdiri dari 32 hari proses reparasi kapal TB. Equator 06 dan 41 hari proses reparasi kapal TK SML 3001.

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini berupa *main schedule* dan *repair list* kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001. Kegiatan perbaikan kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 dilakukan di PT. Citra Bahari Shipyard Tegal. Dari data *main schedule* selanjutnya ditentukan jalur pekerjaan yang merupakan jalur kritis, dan selanjutnya digunakan untuk mengoptimalkan durasi proyek. Pengolahan data menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) serta *shop level planning* dengan bantuan software *Microsoft Project* dengan *alternative* berupa penambahan waktu atau *timework*, dan penambahan *manpower* pada bagian kegiatankegiatan yang berada di jalur kritis.

Tabel 1. *Ship Particular* T TB. Equator 06 dan TK SML 3001.

Dimensi	TB. Equator 06	TK. SML 3001
<i>Length Overall</i>	23,50 m	91,50 m
Lebar (Moulded)	6,50 m	24,40 m
Tinggi (Moulded)	2,80 m	5,50 m
GT	112 GRT	3.147 GRT
NT	37 NT	-

2.2. Pengumpulan Data

Pengolahan data dan analisa pada penelitian ini didapatkan dari pihak PT. Citra Bahari Shipyard yang berupa data sekunder. Data kapal yang digunakan adalah *main schedule*, *ship particular*, serta *repair list* kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001.

Data pendukung lainnya yang digunakan untuk mendukung penelitian ini antara lain berupa artikel, buku, penelitian terdahulu yang relevan dan telah diteliti sebelumnya.

2.3. Pengolahan Data

Tahapan penelitian pada penelitian ini terdiri dari:

1. Penggabungan 2 *schedule* kapal TB. Equator 06 dan TK SML, yang kemudian menyusun dan menentukan *Work Breakdown Structure* (WBS) dan *workflow* dari *repair list* serta *main schedule*.

2. Penentuan *predecessor* atau hubungan antar pekerjaan ditentukan.
3. Penginputan *schedule* baru ke *Microsoft Project* selanjutnya menghitung durasi maju dan mundur berupa *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF) dan diperoleh pula data *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF).
4. Penentuan *critical path* yang terdapat pada *network diagram* yang ditandai dengan nilai *slack time* menunjukkan angka 0.
5. Perhitungan produktivitas pada *critical path*. Produktivitas harian atau *daily productivity* didapatkan dari perbandingan antara volume kegiatan dengan durasi pekerjaan. Untuk menghitung produktivitas harian atau *daily productivity* dihitung menggunakan persamaan:

$$P_n = \frac{V}{W} \quad (1)$$

Dimana P_n adalah Produktivitas Harian/ Produktivitas normal, V untuk Volume, W adalah waktu.

6. Perhitungan *crash duration* pada jalur kritis atau *critical path* dengan menggunakan opsi penambahan *manpower*
- $$P_l = (P_n + (J_l \times K_l \times P_j)) \quad (2)$$

Dimana P_n adalah *Productivity* normal (kg/hari), P_j *Productivity* perjam(kg/jam), K_l Koefisien pengurangan dari *productivity* karena adanya lembur, J_l Penambahan jam kerja, serta P_l *Productivity* penambahan waktu lembur kerja.

Perhitungan percepatan waktu akibat peninkatan jam kerja dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini :

$$C_{dl} = \frac{V}{P_l} \quad (3)$$

Dimana C_{dl} merupakan *Crash duration* jam kerja, V untuk Volume, dan P_l adalah Produktivitas setelah penambahan jam kerja.

7. Perhitungan *crash duration* pada jalur kritis atau *critical path* dengan menggunakan opsi penambahan waktu lembur

$$P_t = P_n + (P_n \times T_p)/T_n \quad (4)$$

Dimana P_n adalah *Productivity* normal, T_n Jumlah *manpower* normal, T_p penambahan *manpower* serta P_t adalah Produktivitas penambahan *manpower*. Perhitungan percepatan akibat penambahan *manpower* dapat diaplikasikan melalui rumus berikut ini :

$$C_{dt} = \frac{V}{P_t} \quad (5)$$

Dimana C_{dt} merupakan *Crash duration* tenaga kerja, V untuk Volume, dan P_t adalah Produktivitas setelah penambahan jam kerja

8. Analisa *shop productivity* atau produktivitas tiap bengkel. Perhitungan *productivity* tingkatan bengkel atau *shop level planning* pada penelitian ini mencakup bengkel-bengkel antara lain bengkel sandblasting dan scrubbing, sistem propulsi, outfitting, pengecatan, machinery, bengkel fabrikasi, dan pipa. Perhitungan nilai *shp productivity* dapat didapatkan menggunakan persamaan:

$$P_m = \frac{V}{T \times W} \quad (6)$$

P_m merupakan *Productivity* mandays, V untuk Volume, W adalah Durasi dan T adalah *manpower* /Tenaga Kerja .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian setelah dilakukannya pengumpulan dan dilakukannya pengolahan data, adalah :

3.1. Penyusunan *Schedule* Dengan *Shop Level Planning* dan Penjadwalan dengan *Critical Path Method*

Penyusunan kegiatan proyek dilakukan berlandaskan *Work Breakdown Structure* (WBS) dengan penggabungan 2 *schedule* proyek menjadi satu rangkaian *schedule* agar didapatkan alternatif *schedule* dan dapat menghasilkan jadwal proyek baru yang sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

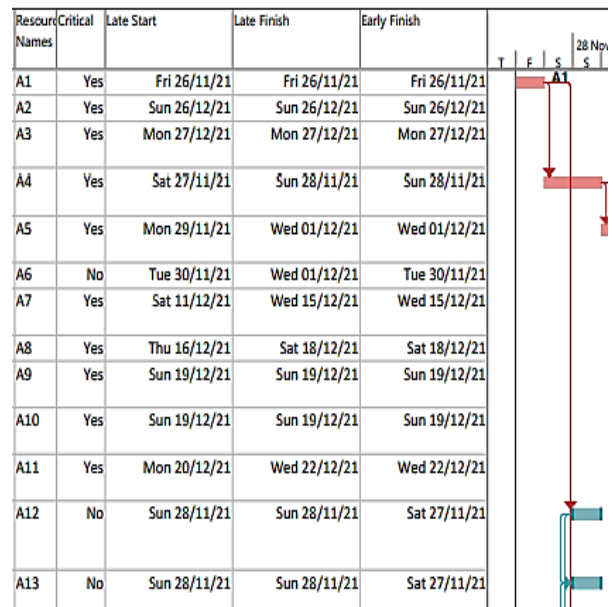
Kapal TB Equator 06 melakukan reparasi di galangan pada bulan November hingga Desember dengan durasi 32 hari, sedangkan kapal TK. SML 3001 melaksanakan reparasi dari bulan Desember hingga Januari dengan durasi 41 hari. Penggabungan jadwal dilakukan dengan asumsi kapal datang di galangan secara bersamaan.

Penyusunan *schedule* kegiatan proyek menggunakan *software Microsoft Project* dan menentukan *predecessor* atau kegiatan pendahulu ke *sowftware microsoft project* sehingga dapat diperoleh jalur kritis suatu kegiatan. Relasi antara kegiatan dapat dilihat dari hubungan *start to finish* (SF), *start to start* (SS), *finish to start* (FS), serta *finish to finish* (FF)

3.2. Analisis Network Diagram

Network diagram adalah hubungan antar aktivitas alur kerja yang harus diselesaikan secara berurutan yang menunjukkan manajemen proyek. Perencanaan jaringan atau *network diagram* bertujuan untuk menyelesaikan *project* dengan durasi serta biaya yang lebih minimum.

Network diagram ditentukan setelah rangkaian urutan pekerjaan dari kedua kapal ditentukan. Dari *network diagram* yang telah dibuat, hasil yang meunjukkan terdapat 20 *critical path* atau jalur kritis dari jumlah keseluruhan aktivitas proyek sebanyak 66 aktivitas kegiatan.



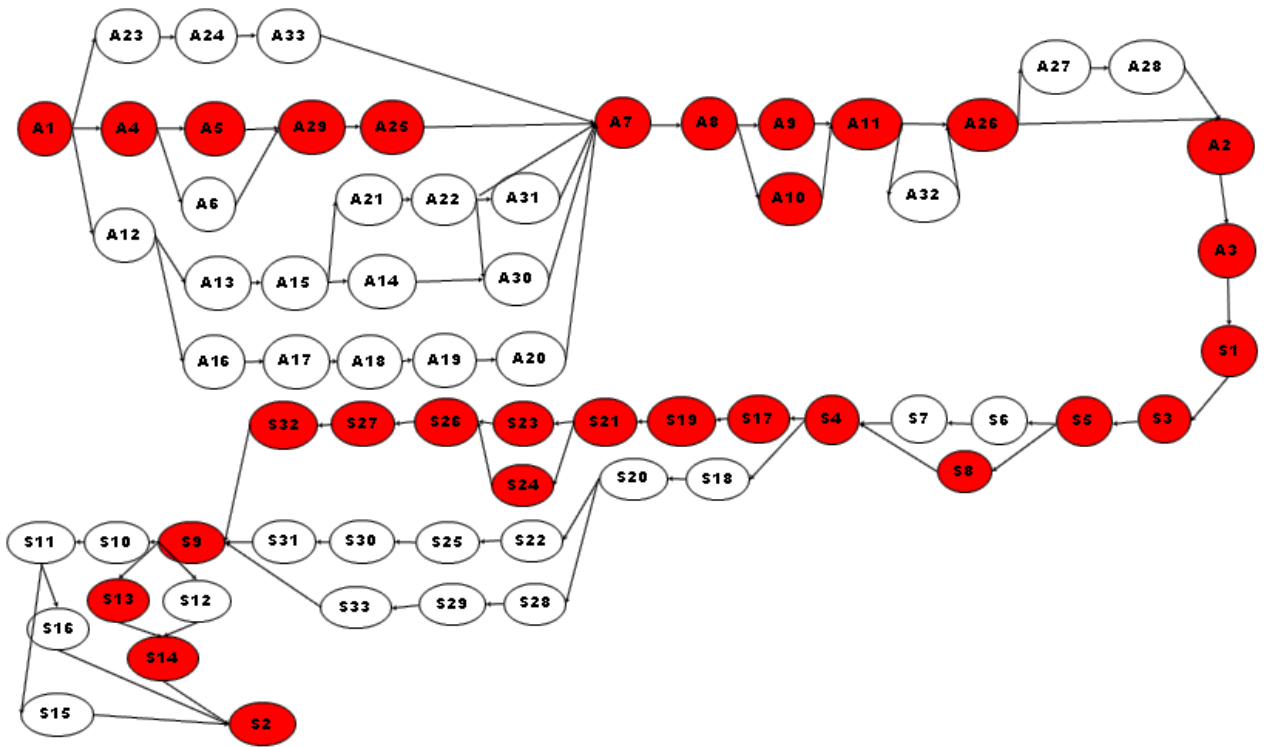
Gambar 1. Tampilan *Gant Chart* di *Microsoft Project*

Tabel 2. Repair List Kapal TB. Equator 06

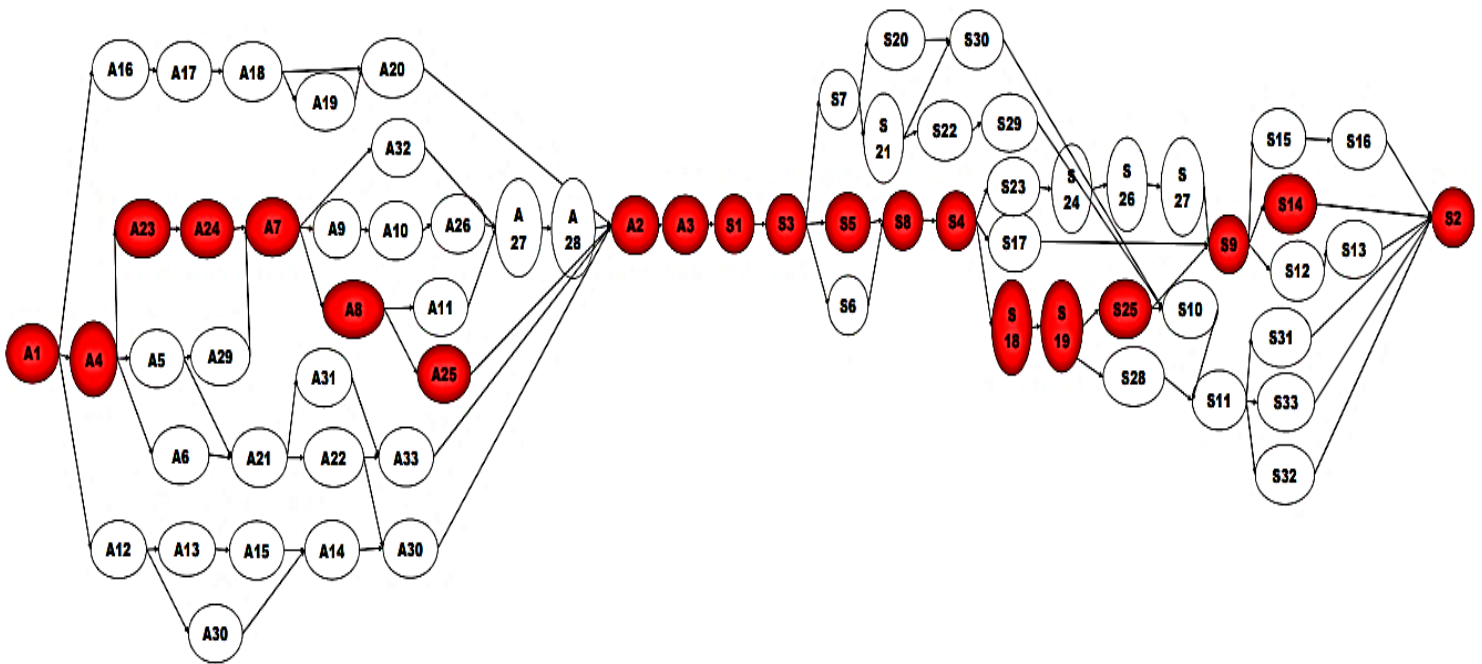
No.	Item Kegiatan	Kode
1	Docking	A1
2	Undocking	A2
3	Diberikan personil untuk sea trial	A3
4	Pekerjaan scraping (dibawah garis air)	A4
5	Full blasting bottom & lambung	A5
6	Full blasting Top Side Area	A6
7	Pekerjaan pengecatan Bootom area	A7
8	Pengecatan top side area	A8
9	Marking Water Line dengan Anti Fouling	A9
10	Pengecatan plimsol mark, garis air dan nama kapal	A10
11	Pasang zink anode (mat dr. owner)	A11
12	Jangkar dinaikan, digelar untuk inspeksi	A12
13	Sandblasting jangkar dan rantai jangkar	A13
14	Painting jangkar dan rantai jangkar (cat dari owner)	A14
15	Kalibrasi jangkar dan rantai jangkar	A15
16	Semen ulang propeller kanan / kiri	A16
17	Bongkar pasang mur propeller kanan / kiri	A17
18	Ganti baru boud mur propeller 7/8 x 3' x 2Pcs	A18
19	Propeller dibawa ke bengkel untuk perawatan	A19
20	Semen ulang daun kemudi kanan / kiri	A20
21	Cleaning pumping main deck dan anjungan	A21
22	Pipa udara sechest di kamar mesin kanan/kiri	A22
23	Bongkar pasang rantai dapra dan ban dapra	A23
24	Ganti baru kupingan dapra yang rusak	A24
25	Supply dan pasang Ban daprah :	A25
26	Rec push haluan	A26
27	Rec nama kapal di bulwark buirtan kanan/kiri	A27
28	Rec tanda pelabuhan di bulwark buirtan kanan/kiri	A28
29	Las ulang linggi haluan	A29
30	Rec pondasi motoran winch jangkar	A30
31	Kotak saringan air laut dibersihkan dan dicat	A31
32	Pemasangan Zink Anode (mat owner supply)	A32
33	Service valve sechest 8'	A33

Tabel 3. Repair List Kapal TK. SML 3001

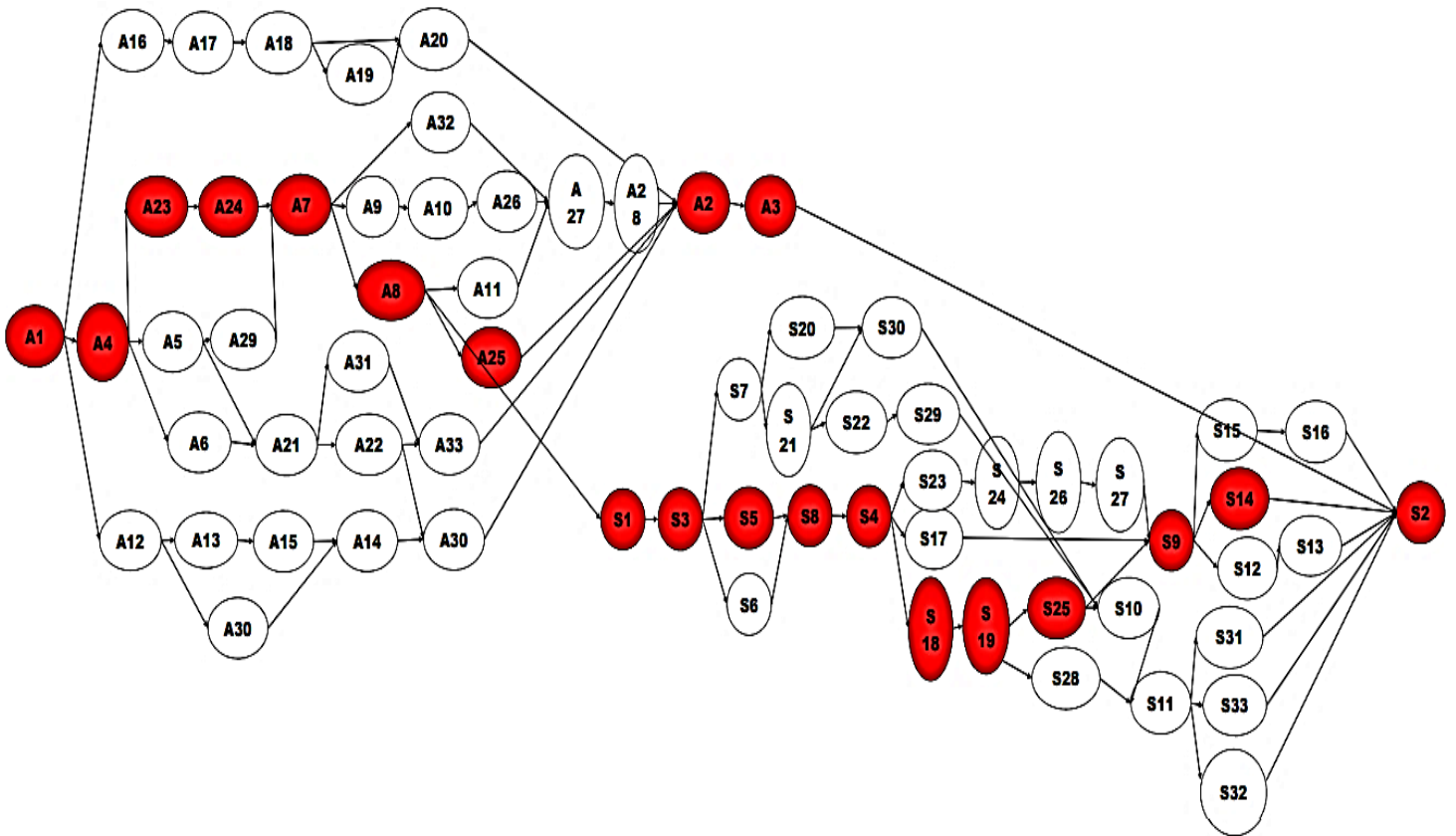
No.	Item Kegiatan	Kode
1	Docking	S1
2	Undoncking	S2
3	Pekerjaan scraping	S3
4	Pekerjaan UT	S4
5	Full blassting bottom s/d batas garis air	S5
6	Full blassting lambung kapal (top side area)	S6
7	Full blassting deck	S7
8	Swep blassting side board bagian luar +siku + h beam	S8
9	Pengecatan dibawah garis air / bottom area	S9
10	Pengecatan Top side / bottop	S10
11	Pengecatan deck	S11
12	Pengecatan side board bagian luar + siku + H beam	S12
13	Pengecatan plimsol mark, draft dan nama kapal	S13
14	Pasang zink anode (mat dr. owner)	S14
15	Penggantian kupingan + ban daprah	S15
16	Penggantian ban daprah	S16
17	Rec side board kanan/kiri depan dan belakang	S17
18	Rec stansion dan diagonal side board kanan dan depan	S18
19	Dibuat lubang air dan pintu sleding di side board	S19
20	Rec bulwark kanan/kiri	S20
21	Rec plat transom buritan kiri	S21
22	Rec tutup bolder kanan/kiri	S22
23	Rec plat lambung kanan fr 13/14 - 14/15	S23
24	Rec plat lambung kanan fr 19/20 - 20/21	S24
25	Rec ring manhole dalam side board,ganti mur baud	S25
26	Rec lambung kiri	S26
27	Rec logo di lambung kiri	S27
28	Rec rumah winch	S28
29	Rec bolder single kiri haluan	S29
30	Rec fender kiri buritan	S30
31	Rec push kanan depan	S31
32	Pasang tulisan 'PUSH PAD' kanan/kiri di push	S32
33	Pasang tulisan 'PUSH ' kanan/kiri di fender	S33



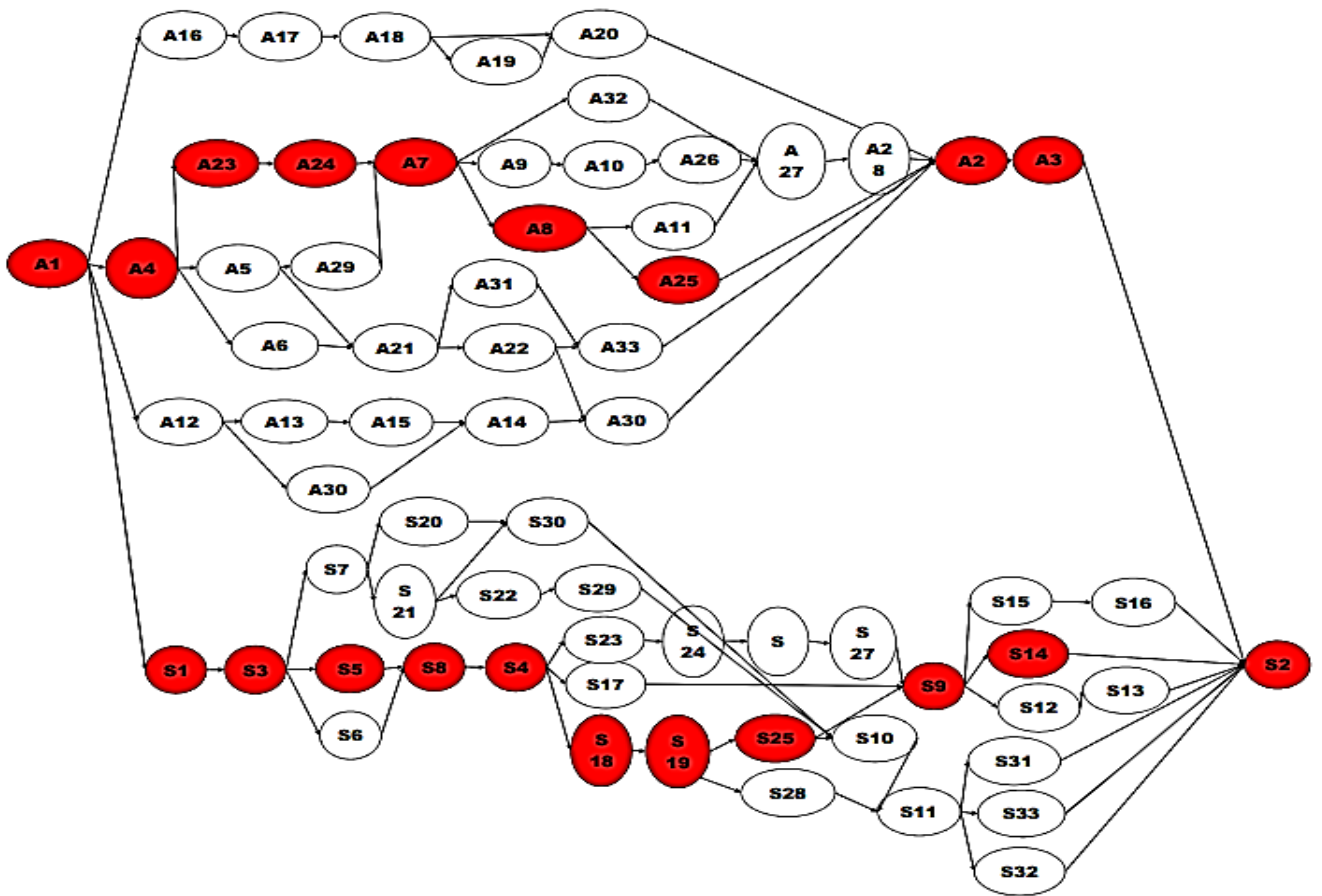
Gambar 2. Network Diagram Main Schedule Galangan



Gambar 3. Network Planning Schedule Variasi A



Gambar 4. Network Planning Schedule Variasi B



Gambar 5. Network Planning Schedule Variasi C

Network diagram pada gambar 2 merupakan gabungan dari dua *main schedule* kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001. Diasumsikan bahwa pelaksanaan proyek reparasi kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 dilakukan secara berlanjut yang menghasilkan *critical path* dengan kegiatan kritis yang berjumlah 30 kegiatan kritis. Proyek reparasi kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 berlangsung selama 73 hari yang terdiri dari 32 hari proses reparasi kapal TB. Equator 06 dan 41 hari proses reparasi kapal TK SML 3001.

Network diagram pada gambar 3 merupakan gabungan dari dua *main schedule* kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 namun urutan dan hubungan antar kegiatan berbeda dengan *main schedule* galangan. Pada variasi penjadwalan ini diasumsikan bahwa pelaksanaan proyek reparasi kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 dilakukan secara berlanjut yang menghasilkan *critical path* dengan kegiatan kritis yang berjumlah 20 kegiatan kritis. Proyek reparasi kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 berlangsung selama 57 hari yang terdiri dari 23 hari proses reparasi kapal TB. Equator 06 dan 34 hari proses reparasi kapal TK SML 3001.

Network diagram pada gambar 4 merupakan gabungan dari dua *main schedule* kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 namun urutan dan hubungan antar kegiatan berbeda dengan *main schedule* galangan. Pada variasi penjadwalan ini diasumsikan bahwa pelaksanaan proyek reparasi kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 dilakukan secara berlanjut yang menghasilkan *critical path* dengan kegiatan kritis yang berjumlah 20 kegiatan kritis. Proyek reparasi kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 berlangsung selama 48 hari yang terdiri dari 23 hari proses reparasi kapal TB. Equator 06 dan 34 hari proses reparasi kapal TK SML 3001 yang dimulai pada hari ke-14 proses reparasi kapal TB. Equator 06 tepatnya setelah kegiatan A8 diselesaikan.

Network diagram pada gambar 5 merupakan gabungan dari dua *main schedule* kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 namun urutan dan hubungan antar kegiatan berbeda dengan *main schedule* galangan. Pada variasi penjadwalan ini diasumsikan bahwa pelaksanaan proyek reparasi kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 dilakukan secara bersamaan yang menghasilkan *critical path* dengan kegiatan kritis yang berjumlah 20 kegiatan kritis. Proyek reparasi kapal TB. Equator 06 dan TK SML 3001 berlangsung selama 35 hari yang terdiri dari 23 hari proses reparasi kapal TB. Equator 06 dan 34 hari proses reparasi kapal TK SML 3001 yang

dimulai setelah kegiatan A1 atau docking kapal TB. Equator 06 diselesai.

3.3. Jalur Kritis (*Critical Path*)

Jalur kritis sendiri merupakan rangkaian proyek yang memiliki deretan kegiatan kritis dari kegiatan mula sampai dengan kegiatan akhir [10]. Kegiatan kritis menentukan lamanya durasi minimum yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek.

Tabel 4. *Critical Path* Pada Kegiatan Proyek

KODE	Pekerjaan	Durasi (hari)	Jumlah Tenaga Kerja	Volume
A1	Docking	1	5	1 lot
A4	Scraping	2	2	180 m ²
A23	Bongkar rantai dapra dan ban dapra	2	4	1 lot
A24	Ganti baru kupingan dapra yang rusak	4	4	100 pcs
A7	pengecatan Bootom area	5	2	200 m ²
A8	Pengecatan top side area	3	2	20 m ²
A25	Supply dan pasang Ban daprah	7	4	50 pcs
A2	Undocking	1	4	1 lot
A3	Sea trial	1	2	1 lot
S1	Docking	1	4	1 lot
S3	Scraping	1	2	2,250 m ²
S5	Full blassting bottom	3	4	2250 m ²
S8	Swep blassting side board	2	2	750 m ²
S4	Pekerjaan UT	5	4	1 lot
S18	Rec stansion dan diagonal side board kanan dan depan	2	4	2 set
S19	Dibuat lubang air dan pintu sleding di side board	3	3	12 set
S25	Rec ring manhole	6	2	14 set
S9	Pengecatan bottom area	6	3	2250 m ²
S14	Pasang zink anode	3	4	70 pcs
S2	Undoncking	2	4	1 lot

3.4. Perhitungan Produktivitas Harian Pada *Critical Path*

Perhitungan produktivitas harian dilakukan pada lintasan kritis, karena dengan proses crasing hanya akan dilakukan pada kegiatan kritis yang nantinya akan menentukan durasi proyek itu sendiri. Perhitungan produktivitas harian pada kegiatan A4 sebagai berikut:

$$\text{Volume} = 180 \text{ m}^2$$

$$\text{Waktu} = 2 \text{ hari}$$

$$Pn = \frac{V}{\bar{V}}$$

$$= 180/2$$

$$= 90 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Tabel 5. Perhitungan Nilai Produktivitas Harian

Kode	V	W	Pn
A1	1.0 lot	1	1.0
A4	180.0 m ²	2	90.0
A23	1.0 lot	2	0.5
A24	100.0 pcs	4	25.0
A7	200.0 m ²	5	40.0
A8	20.0 m ²	3	6.7
A25	50.0 pcs	7	7.1
A2	1.0 lot	1	1.0
A3	1.0 lot	1	1.0
S1	1.0 lot m ²	1	1.0
S3	2250.0 m ²	1	2250.0
S5	2250.0 m ²	3	750.0
S8	750.0 m ²	2	375.0
S4	1.0 lot	5	0.2
S18	2.0 set	2	1.0
S19	12.0 set	3	4.0
S25	14.0 set	6	2.3
S9	2250.0 m ²	6	375.0
S14	70.0 pcs	3	23.3
S2	1.0 lot	2	0.5

Keterangan :

- V : volume pekerjaan
- W : durasi pekerjaan (hari)
- Pn : produktivitas harian (volume/hari)

3.5. Produktivitas serta Crash Duration Project dengan Penambahan Waktu Kerja (Lembur)

Crashing duration atau durasi crash sebuah proyek dapat diperoleh dengan dilakukannya penambahan waktu kerja. Waktu kerja ini dapat berupa waktu tambahan jam kerja dan penambahan jumlah pekerja.

Durasi normal untuk waktu sehari yaitu 8 jam kerja yang dimulai pukul 08.00 hingga 17.00 dan jeda waktu untuk istirahat 12.00 hingga 13.00. Penambahan waktu yang berupa lembur dicapai dengan menambah 2 jam kerja dari setelah jam kerja normal berakhir. Hal ini dapat mengurangi produktivitas menjadi hanya sebesar 80% dari produktivitas jam kerja normal.

Perhitungan produktivitas *crashing* dengan penambahan waktu kerja pada kegiatan dengan *code* A4 sebagai berikut:

Produktivitas Normal = 90 m²/hari
 Produktivitas per jam = 11,250 m²/jam
 Koefisien produktifitas = 0,8
 Penambahan waktu kerja = 2 jam
 - Produktivitas *crashing* dengan penambahan waktu
 $PI = (Pn + (Jl \times Kl \times Pj))$
 $= 90 \text{ m}^2/\text{hari} + (11,250 \text{ m}^2/\text{jam} \times 0,8 \times 2 \text{ jam})$
 $= 108 \text{ m}^2/\text{hari}$

Tabel 6. Perhitungan nilai *productivity* percepatan setelah penambahan waktu kerja

Kode	Pn	Pj	Kl	Jl	PI
A1	1.0	0.125	0.8	2	1.20
A4	90.0	11.250	0.8	2	108.00
A23	0.5	0.063	0.8	2	0.60
A24	25.0	3.125	0.8	2	30.00
A7	40.0	5.000	0.8	2	48.00
A8	6.7	0.833	0.8	2	8.00
A25	7.1	0.893	0.8	2	8.57
A2	1.0	0.125	0.8	2	1.20
A3	1.0	0.125	0.8	2	1.20
S1	1.0	0.125	0.8	2	1.20
S3	2250.0	281.250	0.8	2	2700.00
S5	750.0	93.750	0.8	2	900.00
S8	375.0	46.875	0.8	2	450.00
S4	0.2	0.025	0.8	2	0.24
S18	1.0	0.125	0.8	2	1.20
S19	4.0	0.500	0.8	2	4.80
S25	2.3	0.292	0.8	2	2.80
S9	375.0	46.875	0.8	2	450.00
S14	23.3	2.917	0.8	2	28.00
S2	0.5	0.063	0.8	2	0.60

Keterangan:

- Pn : *Productivity* normal (volume/hari)
- Pj : *Productivity* perjam (volume/jam)
- Kl : Koefisien pengurangan *productivity*
- Jl : Penambahan jam kerja
- PI : *Productivity* penambahan waktu lembur.

Perhitungan *crash duration* dilakukan dengan cara membagi volume pekerjaan dengan produktivitas kegiatan setelah *crashing*. Perhitungan *crash duration* jam kerja pada kegiatan A4 sebagai berikut:

Volume = 180 m²
 Produktivitas *crashing* jam kerja = 108 m²/hari
 - *Crash Duration* jam kerja

$$= \frac{180 \text{ m}^2}{108 \text{ m}^2/\text{hari}}$$

= 1,67 ≈ 2 hari

Tabel 7. Perhitungan *Crash Duration* Melalui Penambahan Waktu Kerja

Kode	V	PI	Cdl (hari)
A1	1.0 lot	1.200	1
A4	180.0 m ²	108.000	2
A23	1.0 lot	0.600	2
A24	100.0 pcs	30.000	3
A7	200.0 m ²	48.000	4
A8	20.0 m ²	8.000	3
A25	50.0 pcs	8.571	6
A2	1.0 lot	1.200	1
A3	1.0 lot	1.200	1
S1	1.0 lot m ²	1.200	1
S3	2250.0 m ²	2700.000	1
S5	2250.0 m ²	900.000	3
S8	750.0 m ²	450.000	2
S4	1.0 lot	0.240	4
S18	2.0 set	1.200	2
S19	12.0 set	4.800	3
S25	14.0 set	2.800	5
S9	2250.0 m ²	450.000	5
S14	70.0 pcs	28.000	3
S2	1.0 lot	0.600	2

Keterangan:

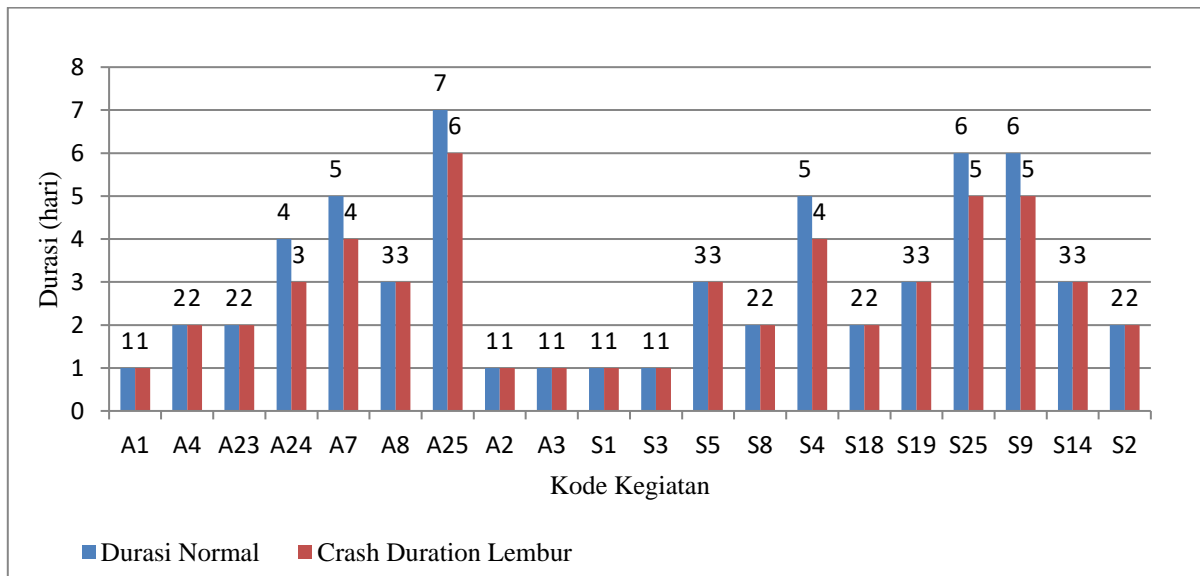
V : Volume

PI : *Productivity* penambahan waktu lembur.

Cdl : *Crash duration* penambahan waktu lembur

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa waktu pengerjaan kegiatan setelah dilakukannya penambahan waktu kerja pada *critical path* mengalami *crash duration*. Sehingga dapat mengurangi durasi proyek yang dilaksanakan menjadi lebih pendek.

Kegiatan kritis yang mengalami pengurangan durasi waktu antara lain yaitu kegiatan A24, A7, A25, S4, S25, dan S6 dengan total pengurangan durasi sebanyak enam hari. Dengan adanya pengurangan durasi pada lintasan kritis ini akan mengakibatkan durasi proyek secara keseluruhan juga semakin berkurang.



Gambar 6. Diagram Perbandingan antara Durasi Awal dengan *Crash Duration* Setelah Penambahan Jam Kerja

3.6 Produktivitas dan *Crashing Duration* Project setelah Penambahan Manpower

Penambahan *manpower* dilakukan sebagai opsi untuk mendapatkan *crash*. Pada penelitian ini diasumsikan penambahan *manpower* atau tenaga kerja sebanyak 20% dari tenaga kerja normal.

Perhitungan produktivitas *crashing* dengan penambahan tenaga kerja pada kegiatan dengan *code* S5 sebagai berikut:

Produktivitas Normal = 750 m²/hari

Tenaga kerja normal = 4 orang

Penambahan tenaga kerja = 1

- Produktivitas *crashing* dengan penambahan *manpower*

$$= 750 + \frac{750 \times 1}{4}$$

$$= 937,50 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Tabel 8. Perhitungan *productivity crashing* setelah penambahan *manpower*

Kode	Pn	Tn	Tp	Pt
A1	1.0	5	1	1.20
A4	90.0	2	0	90.00
A23	0.5	4	1	0.63
A24	25.0	4	1	31.25
A7	40.0	2	0	40.00
A8	6.7	2	0	6.67
A25	7.1	4	1	8.93
A2	1.0	4	1	1.25
A3	1.0	2	0	1.00
S1	1.0	4	1	1.25
S3	2250.0	2	0	2250.00
S5	750.0	4	1	937.50
S8	375.0	2	0	375.00
S4	0.2	4	1	0.25
S18	1.0	4	1	1.25
S19	4.0	3	1	5.33
S25	2.3	2	0	2.33
S9	375.0	3	1	500.00
S14	23.3	4	1	29.17
S2	0.5	4	1	0.63

Keterangan:

- Pn : *Productivity* normal (volume/hari)
- Tn : Jumlah tenaga kerja normal
- Tp : Penambahan tenaga kerja
- Pt : *Productivity* penambahan tenaga kerja (volume/hari)

Perhitungan *crash duration* dengan penambahan *manpower* pada kegiatan S5 sebagai berikut:

$$\text{Volume} = 2250 \text{ m}^2$$

$$\text{Produktivitas crashing manpower} = 937,50 \text{ m}^2/\text{hari}$$

- *Crash Duration* jam kerja

$$= \frac{2250 \text{ m}^2}{937,50 \text{ m}^2/\text{hari}}$$

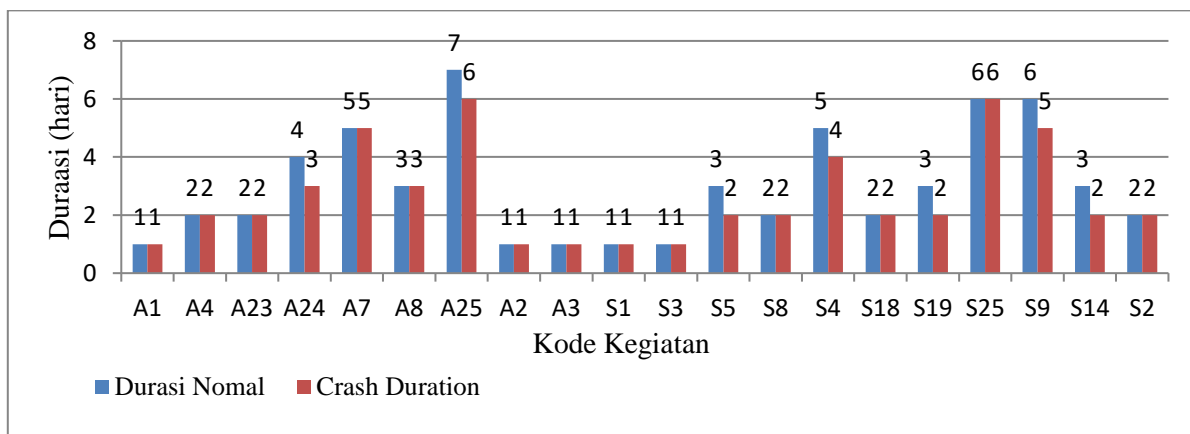
$$= 2,40 \approx 2 \text{ hari}$$

Tabel 9. Perhitungan Percepatan Durasi Melalui Penambahan Tenaga Kerja

Kode	V	Pt	Cdt (hari)
A1	1.0 lot	1.20	1
A4	180.0 m ²	90.00	2
A23	1.0 lot	0.63	2
A24	100.0 pcs	31.25	3
A7	200.0 m ²	40.00	5
A8	20.0 m ²	6.67	3
A25	50.0 pcs	8.93	6
A2	1.0 lot	1.25	1
A3	1.0 lot	1.00	1
S1	1.0 lot m ²	1.25	1
S3	2250.0 m ²	2250.00	1
S5	2250.0 m ²	937.50	2
S8	750.0 m ²	375.00	2
S4	1.0 lot	0.25	4
S18	2.0 set	1.25	2
S19	12.0 set	5.33	2
S25	14.0 set	2.33	6
S9	2250.0 m ²	500.00	5
S14	70.0 pcs	29.17	2
S2	1.0 lot	0.63	2

Keterangan:

- V : Volume pekerjaan
- Pt : *Productivity* penambahan tenaga kerja (volume/hari).
- Cdt : *Crash duration* penambahan tenaga kerja

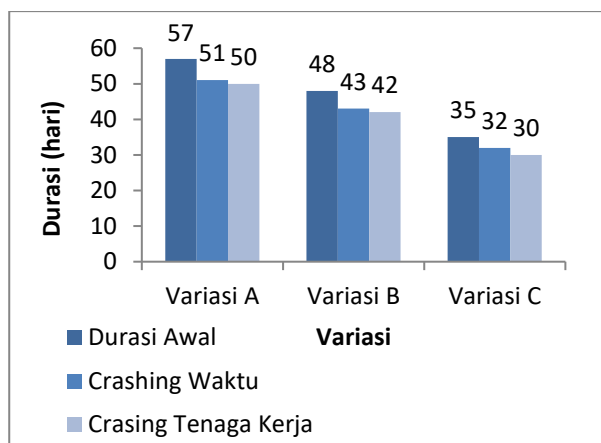


Gambar 7. Diagram Perbandingan Durasi Normal dengan *Crash Duration* Setelah Penambahan *Manpower*

Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa waktu kegiatan setelah dilakukannya penambahan *manpower* atau tenaga kerja pada *critical path* atau alur kritis mengalami *crash duration*. Sehingga dapat mengurangi durasi proyek yang dilaksanakan menjadi lebih pendek.

3.7 Perbandingan Durasi Proyek Awal, Crashing Waktu Kerja, dan Crashing Tenaga Kerja

Perbandingan waktu reparasi kapal pada durasi mula dan durasi setelah dilakukannya *crashing* penambahan waktu kerja atau lembur serta penambahan tenaga kerja atau *manpower*. Durasi jadwal awal yaitu 73 hari, setelah dilakukannya penjadwalan baru dan dilakukan *crashing* dengan cara penambahan waktu atau lembur dan tenaga kerja, terjadi percepatan durasi pada proyek reparasi kapal.



Gambar 8. Perbandingan antara Durasi Awal, Crashing Penambahan Tenaga Kerja dan Crashing Penambahan Waktu Kerja

Dari gambar 8 dapat dilihat perbandingan antara durasi mula, durasi sehabis *crashing* penambahan waktu kerja (lembur) dan durasi sehabis *crashing* penambahan tenaga kerja. *Crashing* waktu kerja diperoleh menjadi 51 hari dari durasi awal 57 hari pada variasi jadwal A, menjadi 43 hari dari durasi normal 48 hari pada variasi jadwal B dan menjadi 32 hari dari durasi awal 35 hari pada variasi jadwal C. Sementara setelah penambahan tenaga kerja/ *manpower* waktu kegiatan dipecepat menjadi 50 hari dari durasi awal 57 hari pada variasi jadwal A, menjadi 42 hari dari durasi normal 48 hari pada variasi jadwal B, dan menjadi 30 hari dari durasi awal 35 hari pada variasi jadwal C.

Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya dimana *crashing* pada proyek reparasi kapal dengan alternatif penambahan tenaga kerja menunjukkan hasil yang lebih efektif dengan percepatan waktu dari 60 hari menjadi 35 hari atau 43,67 % dibandingkan dengan alternatif penambahan jam lembur dengan hasil percepatan waktu menjadi 37 hari atau 38,33 % dari durasi awal [11].

3.8 Produktivitas Tingkat Bengkel (Shop Level Planning)

Perhitungan nilai produktivitas bengkel pada bengkel *painting* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 6440 \text{ m}^2 \\ \text{Durasi} &= 32 \text{ days} \\ \text{Jumlah Tenaga kerja} &= 19 \text{ orang} \\ \text{Produktivitas bengkel painting} &= \frac{6440}{32 \times 19} \\ &= 10,59 \text{ m}^2/\text{mandays} \end{aligned}$$

Tabel 10. Perhitungan Nilai Produktivitas Bengkel Main Schedule Galangan

Nama Bengkel	Pekejaan	Volume	Durasi (hari)	Tenaga Kerja	Produktivitas Tingkat bengkel
Bengkel Sandblasting and Scrubbing	Sandblasting	2430 m ²	3	6	135 m ² /mandays
	Scrubbing	6370 m	8	5	53,08 m ² /mandays
Bengkel Painting	Painting	6440 m	16	15	26,83 m ² /mandays
Bengkel Outfitting	Paint draft kapal	3 ls	4	6	0,125 ls/mandays
	Repair jangkar	12 unit	12	13	0,0769 unit/mandays
	Outfitting deck	28 set	22	30	0,0424 set/mandays
	Marking waterline	70 meter	1	2	35 meter/mandays
Bengkel fabrikasi	Pemasangan zinc anode dan daprah	346 pcs	30	35	0,3295 pcs/mandays
	Reparasi haluan	3 unit	4	3	0,25 unit/mandays
	Replating lambung	17 set	13	13	0,1 set/mandays
Bengkel Pipa	Pipa udara seachest	2 unit	3	3	0,22 unit/mandays
Bengkel Sistem Propulsi	Perbaikan propeler	6 unit	9	8	0,083 unit/mandays

Tabel 11. Perbandingan Nilai Produktivitas Bengkel Pada Masing-masing Variasi Penjadwalan

Nama Bengkel	Pekerjaan	Produktivitas Tingkat bengkel	Produktivitas Tingkat bengkel A	Produktivitas Tingkat bengkel B	Produktivitas Tingkat bengkel C
Bengkel <i>Sandblasting and Scrubbing</i>	<i>Sandblasting</i>	135 m ² / <i>mandays</i>	135 m ² / <i>mandays</i>	135 m ² / <i>mandays</i>	202,5 m ² / <i>mandays</i>
	<i>Scrubbing</i>	53,08 m ² / <i>mandays</i>	53,08 m ² / <i>mandays</i>	53,08 m ² / <i>mandays</i>	84,93 m ² / <i>mandays</i>
Bengkel <i>Painting</i>	<i>Painting</i>	10,59 m ² / <i>mandays</i>	28,245 m ² / <i>mandays</i>	28,245 m ² / <i>mandays</i>	28,245 m ² / <i>mandays</i>
Bengkel <i>Outfitting</i>	Paint draft kapal	0,125 ls/ <i>mandays</i>	0,125 ls/ <i>mandays</i>	0,125 ls/ <i>mandays</i>	0,125 ls/ <i>mandays</i>
	Repair jangkar	0,0769 unit/ <i>mandays</i>	0,0923 unit/ <i>mandays</i>	0,0923 unit/ <i>mandays</i>	0,0923 unit/ <i>mandays</i>
	Outfitting deck	0,0424 set/ <i>mandays</i>	0,0717 set/ <i>mandays</i>	0,0717 set/ <i>mandays</i>	0,0717 set/ <i>mandays</i>
	Marking waterline	35 meter/ <i>mandays</i>	35 meter/ <i>mandays</i>	35 meter/ <i>mandays</i>	35 meter/ <i>mandays</i>
Bengkel fabrikasi	Pemasangan zinc anode dan daprah	0,3295 pcs/ <i>mandays</i>	0,581 pcs/ <i>mandays</i>	0,581 pcs/ <i>mandays</i>	0,706 pcs/ <i>mandays</i>
	Reparasi haluan	0,25 unit/ <i>mandays</i>	0,25 unit/ <i>mandays</i>	0,25 unit/ <i>mandays</i>	0,25 unit/ <i>mandays</i>
	Replating lambung	0,1 set/ <i>mandays</i>	0,1307 set/ <i>mandays</i>	0,1307 set/ <i>mandays</i>	0,1307 set/ <i>mandays</i>
Bengkel Pipa	Pipa udara seachest	0,22 unit/ <i>mandays</i>	0,22 unit/ <i>mandays</i>	0,22 unit/ <i>mandays</i>	0,22 unit/ <i>mandays</i>
Bengkel Sistem Propulsi	Perbaikan propeler	0,083 unit/ <i>mandays</i>	0,125 unit/ <i>mandays</i>	0,125 unit/ <i>mandays</i>	0,125 unit/ <i>mandays</i>

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa setelah penggabungan jadwal didapatkan tiga variasi *schedule* baru yaitu Variasi A dengan durasi 57 hari, Variasi B dengan durasi 48 hari, dan Variasi C dengan durasi 35 hari menggunakan metode *Critical Path Method* dengan total 20 pekerjaan yang dilewati jalur kritis.

Setelah dilaksanakan crasing pada critical path jadwal baru didapatkan ulasan percepatan waktu (*crash duration*) pada variasi *schedule* A dari durasi awal 57 hari menjadi 51 hari dengan penambahan waktu kerja dan 50 hari dengan penambahan tenaga kerja, pada variasi *schedule* B dari 48 hari menjadi 43 hari dengan penambahan waktu kerja dan 42 hari dengan penambahan tenaga kerja, dan variasi *schedule* C dari 35 hari menjadi 32 hari dengan penambahan waktu kerja dan 30 hari dengan penambahan tenaga kerja.

Nilai *shop productivity* menunjukkan peningkatan hasil pada bengkel *sandblasting* dan *scrubbing* 135 m²/*mandays* menjadi 202,5 m²/*mandays* pada variasi C pada pekerjaan *sandblasting*; Bengkel *sandblasting* dan *scrubbing* 53,08 m²/*mandays* menjadi 84,93 m²/*mandays* pada variasi C pada pekerjaan *scrubbing*; Bengkel pengecatan 10,59 m²/*mandays* menjadi 28,245 m²/*mandays* pada variasi A,B, dan C; bengkel *outfitting* 0,0615 unit/*mandays* menjadi 0,0923

unit/*mandays* pada variasi A, B, dan C pada pekerjaan *repair jangkar*; bengkel *outfitting* 0,0424 set/*mandays* menjadi 0,0717 set/*mandays* pada variasi A, B, dan C pada pekerjaan *outfitting deck*; bengkel propulsi 0,063 unit/*mandays* menjadi 0,125 unit/*mandays* pada variasi A, B, dan C pada pekerjaan reparasi propeler.

Pada penelitian ini penambahan tenaga kerja menunjukkan hasil *crash duration* yang lebih efektif daripada penambahan jam lembur. Dengan adanya skenario penggabungan jadwal dan percepatan proyek ini galangan dapat menghemat waktu proses pengerjaan proyek reparasi kapal menjadi 50 hari (31%) pada variasi A, 42 hari (42%) pada variasi B dan 30 hari (58%) pada variasi C dengan asumsi proyek reparasi kapal dapat dilaksanakan secara bersamaan dan fasilitas galangan serta pekerja memadai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan ini saya ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan, terutama untuk PT. Citra Bahari Shipyard yang telah bersedia untuk memenuhi kebutuhan data sekunder berupa data *repair* kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. K. Padaga, I. Rochani, Y. Mulyadi, "Penjadwalan Berdasarkan Analisa Faktor-faktor Penyebab Proyek Reparasi Kapal: Studi Kasus MV. Blossom," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 07 No 1, pp. 2337-3520, 2018.
- [2] M. Fatimah, I. P. Mulyatno, D. Chrismianto, "Reschedule Reparasi Lambung Pada Kapal TB. Pancaran 811 dan BG. Alike 101 Dengan Shop Level Planning and Scheduling Berbasis CPM," *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 10, No. 4, Oktober 2022.
- [3] A. Alamsyah, T. Hidayat, R.S. Ismail, "Analisa Perhitungan Pekerjaan Reparasi Kapal dengan Metode Critical Path Method (CPM)," *Jurnal Institut Teknologi Kalimantan*, April 2020.
- [4] A. C. Siregar, I. Iffiginia, "Penggunaan Critical Path Method (CPM) untuk Evaluasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek," *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 15 No 2, pp. 102-111, 2019.
- [5] H. A. Rani, *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Deepublish, 2016.
- [6] I. Soeharto, *Manajemen Proyek*, 2nd ed. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [7] Y.T. Andhani, I. P. Mulyatno, A. W. B. Santosa, "Reschedule Reparasi Kapal KM. Kumba 470 DWT dengan Critical Path Method di Galangan Semarang," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 08 No. 3, Juli 2020.
- [8] G. Regatama, W. Amiuddin, I. P. Mulyatno, "Analisa Network Planning Reparasi Kapal SPB. Titan 70 dengan Critical Path Method," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 07 No. 04, 2019.
- [9] H. Tamimi, H. Cahyadi, A. Gazali, "Analisa Optimalisasi Waktu dan Biaya dengan Aplikasi Microsoft Project pada Proyek Penggantian Jembatan Sungai Beangas Dengan Penambahan Jam Kerja," *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Islam Kalimantan MAB*, 2020.
- [10] A. Ahmadi, S. Suparno, O. S. Suharyo, A. D. Susanto, "Time Scheduling And Cost Of The Indonesia Navy Ship Development Project Using Network Diagram And Earned Value Method (Evm) (Case Study Of Fast Missile Boat Development)," *International Journal of ASRO*, vol. 9, No. 2, pp. pp. 87-106, 2018.
- [11] W. D. Argiyan, I. P. Mulyatno, S. Jokosisworo., "Analisa Shop Level Planning dengan Metode Jalur Kritis pada Reparasi TB. Tanjung Buyut I-206 dan TB. Arek Suroboyo-3," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 10, No.4, Oktober 2022.