PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN III)
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 10 Juli 2021
ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

OPTIMALISASI WAKTU DAN BIAYA REPAIR PERPIPAAN PADA KAPAL X DENGAN METODE CPM (*CRITICAL PATH METHOD*) DI PT. NAJATIM SURABAYA

Achmad Sholeh [1], Minto Basuki [1], dan Pramudya I.S [1]

[1]Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jln. Arief Rachman Hakim, 100 Surabaya

e-mail: madsholeh19@gmail.com

ABSTRAK

PT. NAJATIM ialah galangan kapal yang mempunyai fasilitas graving *dock* dan bergerak dalam bidang reparasi kapal. Pada saat kapal X mulai *docking*, disana ada banyak permasalahan terutama pada bagian perpipaan di kamar mesin. Proses *repair* selalu membutuhkan penjadwalan proyek agar suatu kegiatan *repair* dapat berjalan sebagaimana mestinya dan tidak dapat merugikan pihak lain. Dengan permasalahan seperti ini maka dibuatkan *network planning* dengan menggunakan metode *CPM (Critical Path Method)* untuk mengatur kegiatan proyek agar lebih efektif, sehingga tidak dapat merugikan pihak lain. Untuk mengatasi melonjaknya biaya, maka bisa menggunakan metode *crashing* dengan cara menambah sumber daya manusia agar menghasilkan waktu dan biaya yang lebih efektif dari sebelumnya. berdasarkan perhitungan analisa waktu dan biaya *repair* perpipaan diperoleh kesimpulan bahwa Waktu pengoptimalan dalam pekerjaan repair perpipaan di lokasi kamar mesin pada kapal dengan menggunakan metode *CPM (Critical Path Method)* adalah 39 jam. Sedangkan untuk waktu penyelesaian karena adanya keterlambatan menjadi 55 jam. Sehingga lebih optimal menggunakan metode *CPM (Critical Path Method)*. Dan total biaya normal pada pekerjaan repair perpipaan adalah Rp. 44,593,000 dengan waktu 55 jam. Setelah dilakukannya network planning dengan metode *CPM (Critical Path Method)* sebesar Rp. 42,626,763. Sedangkan setelah pekerjaan repair perpipaan dilakukannya percepatan, total biaya menjadi sebesar Rp. 32,177,096 dengan total waktu 37 jam.

Kata kunci: *Repair*, Pipa, N*etwork Planning, CPM (Critical Path Method), Crashing.*

ABSTRACT

PT. NAJATIM is a shipyard that has a graving dock facility and is engaged in ship repair. When ship X started docking, there were many problems, especially in the piping in the engine room. The repair process always requires project scheduling so that a repair activity can run as it should and cannot harm other parties. With problems like this, network planning is made using the CPM (Critical Path Method) method to regulate project activities to be more effective, so that it cannot harm other parties. To overcome the soaring costs, it can use the crashing method by adding human resources to produce more time and cost effectively than before. Based on the calculation of the time and cost of piping repair analysis, it can be concluded that the optimization time in piping repair work at the engine room location on ships using the CPM (Critical Path Method) method is 39 hours. Meanwhile, the turnaround time due to delays is 55 hours. So it is more optimal to use the CPM (Critical Path Method). And the normal total cost for piping repair work is Rp. 44,593,000 with a time of 55 hours. After doing network planning with the CPM method (Critical Path Method) of Rp. 42,626,763. Meanwhile, after the piping repair work was accelerated, the total cost was Rp. 32,177,096 with a total time of 37 hours.

***Keywords** : Repair, Pipe, Network Planning, CPM (Critical Path Method), Crahsing*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara Maritim yang memiliki 17.504 pulau dengan area tutotrial laut yang sangat luas. Daratan Indonesia seluas 1.919.440 km^2 dan lautannya seluas 3.273.810 km^2 yang membentang sepanjang khatulistiwa (detikcom, 2020). Hal tersebut menunjukkan bahwa wilayah laut lebih luas dari wilayah daratan. Sejatinya laut merupakan penghubung antara pulau yang satu dengan lainnya. Bagi masyarakat Indonesia sebagai Negara Maritim, dengan ini perusahaan perkapalan menjadi kunci dalam tumbuh dan berkembangnya sektor kemaritiman di Indonesia, maka dari itu perusahaan perkapalan mempunyai peran penting dalam proses *repair* dan *maintenance* pada kapal.

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Negara Indonesia tidak asing dengan transportasi laut, yakni kapal yang berperan aktif dalam sektor Maritim. Akan tetapi kapal sangat butuh perawatan atau pemeliharaan supaya kapal dinyatakan baik dan layak untuk beroprasi. Salah satu perawatan atau pemeliharaan kapal yaitu perawatan atau pemeliharaan perpipaan. Pipa adalah benda selongsong berbentuk bundar yang mempunyai lubang ditengah-tengah yang berfungsi untuk mengalirkan cairan atau gas (Edoy, 2014). Pada saat pipa dioprasikan akan mengalami kerusakan seperti keropos pada area tertentu sehingga bisa mengakibatkan kebocoran yang bisa membahayakan area tersebut. Maka dari itu pipa yang sudah tidak layak harus di *repair*.

Dalam melakukan proses repair, maka dibutuhkan manajemen proyek yang berarti penerapan keterampilan, pengalaman, pengetahuan, metode dan proses untuk mencapai tujuan suatu proyek (Priharto, 2020) sehingga bisa membuat jadwal proyek yang guna untuk menetapkan jangka waktu kegiatan proyek yang harus diselesaikan, bahan baku bahkan tenaga kerja serta waktu yang dibutuhkan oleh setiap aktifitas (Supriyadi, 2016).

Di PT. NAJATIM Surabaya tidak mempunyai penjadwalan untuk suatu pekerjaan yang menyebabkan sebuah pekerjaan tidak berjalan semestinya dan dapat merugikan pihak lain. Dengan masalah ini maka dibuatkan *network planning* atau jaringan kerja untuk merencanakan atau mengendalikan proyek dengan memperlibatkan seluruh aktifitas yang terdapat dalam proyek demi kemajuan dari suatu proyek (Muhardi, 2011). Sesuai penjelasan diatas maka dilakukan metode CPM *(Critical Path Method)* yang berarti mencari jalur kritis atau bisa juga diartikan dengan membuat *schedule* yang berukuran besar pada proyek besar menjadi *schedule* yang lebih kecil. Bahwasanya schedule yang terlihat kecil lebih mudah untuk di kelola atau lebih *manageable.* Dan juga berfungsi untuk mengoptimalkan suatu proyek ada pekerjaan di PT. NAJATIM Surabaya (Adrian, 2012).

Setelah mendapatkan jalur kritis maka akan dilakukan *crash* program *(crashing)* dengan tujuan untuk mempercepat waktu penyelesaian pekerjaan dengan mereduksi waktu yang berada dalam lintasan kritis yang berpengaruh terhadap waktu dan biaya dalam suatu pekerjaan,maka dengan adanya ini pekerjaan akan lebih cepat, efisien dan dapat menghemat biaya Menurut Prasanta (2018), pengoptimalan biaya dan waktu dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) memiliki waktu lebih cepat serta dengan percepatan pekerjaan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan menjadi lebih hemat.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, peneliti ingin mengkaji permasalahan terkait pengoptimalan biaya dan waktu dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*). Peneliti berharap dapat memperoleh kesimpulan yang menjelaskan optimalisasi biaya dan waktu repair perpipaan pada kapal X dengan metode *CPM (Critical Path Method)*, untuk mendapatkan hasil yang baik sehingga pelanggan akan melakukan reparasi kembali ke PT. NAJATIM Surabaya. Pada saat skripsi telah dipublikasikan, dapat menjadikan acuan oleh PT. NAJATIM Surabaya untuk mengoptimalkan waktu dan biaya.

TINJAUAN PUSTAKA

Galangan Kapal

Galangan kapal adalah sebuah tempat yang digunakan khusus untuk mendukung proses pembuatan kapal, perbaikan kapal dan perawatan atau pemeliharaan kapal. Kapal – kapal yang ada disini berupa kapal kargo *(cargo ship)*, kapal tangker *(tanker ship)*, kapal container *(container ship)*, kapal penumpang *(passenger ship)*, *Tug boat* dan lain sebagainya. Galangan Kapal tentunya mempunyai fasilitas-fasilitas serta peralatan pemdukung untuk menunjang proses pembuatan kapal, perbaikan kapal dan perawatan atau pemeliharaan kapal.

Pipa

Pipa merupakan benda selongsong berbentuk bundar yang mempunyai lubang ditengah-tengah yang berfungsi untuk mengalirkan fluida yang berbentuk cair, gas maupun udara. Fluida yang berbentuk cair, gas maupun udara ini mengalir mempunyai tempratur dan tekanan yang berbeda-beda.

Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu pendekatan atau metode untuk mengelola suatu proyek dengan efektif dan efisien. Sistem ini hadir sebagai perangkat untuk membantu mengelola kegiatan-kegiatan berbentuk proyek, misalnya proyek konstruksi. Tanpanya, suatu proyek akan sulit dieksekusi baik dari segi biaya, waktu, atau bahkan kualitasnya. (Priharto, 2020). Fokus utama manajemen proyek adalah menyelesaikan tujuan dari proyek dengan segala waktu dan biaya yang disediakan. Manajemen Proyek terlaksana melalui tahapan-tahapan proses manajemen proyek yakni *initiating, planning, executing, monitoring*, dan *controlling* serta akhirnya *closing* keseluruhan proses proyek tersebut. Manajemen Proyek telah menjadi standar dan sudah menjadi umum karena banyaknya usaha perusahaan yang dikerjakan sebagai proyek.

Tujuan manajemen proyek adalah menyusun (*schedule*) semua penjadwalan dalam proyek, menentukan pekerjaan yang diselesaikan lebih

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

dahulu, serta menentukan total waktu yang digunakan dan biaya yang harus dikeluarkan guna menyelesaikan suatu proyek.

Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek adalah kegiatan menetapkan jangka waktu kegiatan proyek yang harus diselesaikan, bahan baku, tenaga kerja serta waktu yang dibutuhkan oleh setiap aktivitas (Supriyadi, 2016). Adapun macam metode penjadwalan proyek untuk merencanakan dari kegiatan, berikut metode yang biasa dipakai yaitu Metode Bagan Balok (*Gant Chart/Bar Chart),* adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat dimulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas sedangkan durasi digambarkan oleh panjanganya diagaram batang.

Work Breakdown Structure (WBS)

Work Breakdown Structure (WBS) merupakan metode berupa diagram pohon (tree structure diagram). *WBS* dibuat untuk membreakdown proses pekerjaan menjadi lebih detail lagi. Penyusunan *WBS* dilakukan dengan cara menurun dan terstruktur. *WBS* disusun berdasarkan dasar pembelajaran seluruh dokumen pekerjaan yang meliputi kontrak kerja, gambar dan spesifikasi. *Work Breakdown Structure* bertujuan agar proses pekerjaan berjalan dengan tujuan proyek. *Work Breakdown Structure* dibuat untuk membuat pengendalian proses pekerjaan lebih mudah, karena *WBS* menjadwalkan proses proyek menjadi bagian yang mengikuti pola struktur.

Network Planning

(Haedar, 1995) *Network Planning* adalah salah satu model yang digunakan dalam peneyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam *network* diagram proyek yang bersangkutan. Dari pengertian tersebut menyimpulkan bahwa *Network planning* adalah perencanaan yang menghubungkan antar setiap kegiatan yang digambarkan dalam diagram jaringan kerja. Diagram ini akan menunjukkan daftar kegiatan-kegiatan kerja yang harus dikerjakan secara berurutan atau secara bersamaan. Biasanya pada diagram dilambangkan dengan simbol anak panah, simbol lingkaran, simbol anak panah putus-putus.

Metode *CPM (Critical Path Method)*

Critical Path Method atau *CPM* adalah suatu rangkaian item pekerjaan dalam suatu proyek yang menjadi bagian kritis atas terselesainya proyek secara keseluruhan. Ini artinya, tidak terselesaikannya tepat waktu suatu pekerjaan yang masuk dalam pekerjaan kritis akan menyebabkan proyek akan mengalami keterlambatan karena waktu finish proyek akan menjadi mundur atau *delay*. *CPM* dibangun atas suatu *network* yang dihitung dengan cara tertentu dan dapat pula dengan *software* sehingga menghasilkan suatu rangkaian pekerjaan yang kritis (Levin dan Kirkpatrick 1972). Hal ini penting karena *CPM* merupakan alat penting untuk manajemen proyek yang efektif.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan *CPM (Critical Path Method)* yang berarti mengindentifikasikan jalur kritis pada sekumpulan aktifitas yang telah ditentukan ketergantungan antar aktifitasnya.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini diambil dalam penelitian yaitu perencaaan waktu, biaya dan tenaga kerja/pekerja yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Variabel Perencanaan Waktu
   Data yang berpengaruh dalam variable ini didapatkan dari PT. NAJATIM dan data yang dibutuhkan, sebagai berikut :
   a) Jenis Kegiatan
   b) Durasi Kegiatan
2. Variabel Biaya
   Data yang berpengaruh dalam variable ini didapatkan dari PT. NAJATIM dan data yang dibutuhkan, sebagai berikut :
   a) *Price List* terperinci
   b) *Price List* untuk opresional pekerjaan
   Data pekerjaan/proyek yang dibutuhkan untuk membuat laporan, meliputi :
   a) RAB (Rencana Anggaran Biaya)
   b) Analisa *Price List* satuan kegiatan pekerjaan/proyek
   c) *Time Schedule*
   d) Biaya tidak langsung
3. Varibel Tenaga Kerja/Pekerja
   Data yang dibutuhkan variabel ini ialah jumlah tenaga kerja/pekerja yang didapatkan dari PT. NAJATIM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Data Kapal

Kapal KM. X merupakan sebuah kapal niaga yang berjenis cargo yang dimilik oleh PT. K B M dan kapal ini yang digunakan dalam skripsi ini adalah kapal yang sedang repair di PT. Najatim Surabaya. untuk spesifikasi umum kapal akan dijelaskan sebagai berikut: Spesifikasi Umum Kapal :

Nama Kapal	: KM. X		
Pemilik Kapal	: PT. K B M		
Jenis Kapal	: Cargo		
Ukuran Utama	: LOA	:55.50	Meter
	LPP	:51.50	Meter

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

B	:9.50	Meter
H	:5.20	Meter
T	:3.50	Meter
GT	:651.00	Ton
NT	:266.00	Ton

Menyusun *WBS (Work Breakdown Structure)*

Work Breakdown Structure (WBS) merupakan metode berupa diagram pohon (*tree structure* diagram). *WBS* dibuat untuk membreakdown proses pekerjaan menjadi lebih detail lagi. Penyusunan *WBS* dilakukan dengan cara menurun dan terstruktur. Berikut merupakan *Work Breakdown Structure* dari pekerjaan *repair* perpipaan kapal.

Tabel 1: Penyusunan Work Breakdown Structure

Uraian Pekerjaan	Simbol
Pipa tekan GS 2	A
Pipa pendingin oli gearbox ME	B
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (a)	C
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (b)	D
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (c)	E
Pipa buang kamar mandi/dapur	F
Pipa isap pompa SW (a)	G
Pipa isap pompa SW (b)	H
Pipa pararel isap sea chest (a)	I
Cabang 1 (untuk pendingin AE kanan)	J
Pipa pararel isap sea chest (b)	K
Pipa pararel isap sea chest (c)	L
Pipa pararel isap sea chest (d)	M
Dudukan penyangga cooler AE	N
Pipa pendingin cooler	O
Pipa buang pendingin cooler	P
Pipa BBM AE (a)	Q
Pipa BBM AE (b)	R
Pipa BBM AE (c)	S
Pipa tekan pompa gendong AE	T
Pipa buangan got main deck	U
Pipa buangan got kamar mesin	V

Durasi Pekerjaan *Repair* Perpipaan

Setelah mengkaji suatu pekerjaan dan menguraikan pekerjaan ke dalam sebuah pekerjaan, selanjutnya yang perlu diketahui durasi setiap pekerjaan *repair* perpipaan kapal dengan cara mengumpulkan data tentang waktu semua pekerjaan supaya dapat mengetahui jalur kritis dari poyek tersebut. Berikut durasi pekerjaan *repair* perpipaan kapal dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2: Daftar Waktu Pekerjaan Repair Perpipaan

Uraian Pekerjaan	Simbol	Durasi
Pipa tekan GS 2	A	1
Pipa pendingin oli gearbox ME	B	3
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (a)	C	3
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (b)	D	2
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (c)	E	4
Pipa buang kamar mandi/dapur	F	2
Pipa isap pompa SW (a)	G	2
Pipa isap pompa SW (b)	H	3
Pipa pararel isap sea chest (a)	I	4
Cabang 1 (untuk pendingin AE kanan)	J	3
Pipa pararel isap sea chest (b)	K	2
Pipa pararel isap sea chest (c)	L	2
Pipa pararel isap sea chest (d)	M	2
Dudukan penyangga cooler AE	N	3
Pipa pendingin cooler	O	2
Pipa buang pendingin cooler	P	2
Pipa BBM AE (a)	Q	2
Pipa BBM AE (b)	R	3
Pipa BBM AE (c)	S	3
Pipa tekan pompa gendong AE	T	2
Pipa buangan got main deck	U	1
Pipa buangan got kamar mesin	V	4
TOTAL		55

Jumlah Pekerja dalam Pekerjaan *Repair* Perpipaan

Langkah berikutnya untuk menyelesaikan pekerjaan *repair* perpipaan yakni dengan menentukan jumlah pekerja yang bekerja untuk masing-masing kegiatan. Berikut adalah jumlah pekerja untuk masing-masing kegiatan pada proses *repair* perpipaan.

Tabel 3: Daftar Jumlah Pekerja Repair Perpipaan

Uraian Pekerjaan	Simbol	Durasi	Pekerja
Pipa tekan GS 2	A	1	1
Pipa pendingin oli gearbox ME	B	3	2
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (a)	C	3	2
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (b)	D	2	2

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Uraian Pekerjaan	Simbol	Durasi	Pekerja
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (c)	E	4	3
Pipa buang kamar mandi/dapur	F	2	1
Pipa isap pompa SW (a)	G	2	1
Pipa isap pompa SW (b)	H	3	1
Pipa pararel isap sea chest (a)	I	4	3
Cabang 1 (untuk pendingin AE kanan)	J	3	2
Pipa pararel isap sea chest (b)	K	2	1
Pipa pararel isap sea chest (c)	L	2	1
Pipa pararel isap sea chest (d)	M	2	1
Dudukan penyangga cooler AE	N	3	2
Pipa pendingin cooler	O	2	1
Pipa buang pendingin cooler	P	2	1
Pipa BBM AE (a)	Q	2	1
Pipa BBM AE (b)	R	3	2
Pipa BBM AE (c)	S	3	2
Pipa tekan pompa gendong AE	T	2	1
Pipa buangan got main deck	U	1	1
Pipa buangan got kamar mesin	V	4	3

Menyusun Hubungan Antar Pekerjaan *Repair*

Dalam menyusun komponen-komponen sesuai urutan logika ketergantungan merupakan dasar untuk membuat jaringan kerja, sehingga diketahui urutan kegiatan dari awal mulainya proyek sampai dengan selesainya proyek secara menyeluruh. Pekerjaan bisa dimulai apabila pekerjaan lain sudah selesai, namun ada juga pekerjaan yang bisa dimulai jika pekerjaan lain dikerjakan secara bersama. Hubungan ketergantungan semacam inilah yang bisa saja mempengaruhi selesainya suatu pekerjaan, dalam hal ini pekerjaan *repair* perpipaan.

Berikut adalah urutan pekerjaan yang ketergantungan antar pekerjaan pada pekerjaan repair perpipaan kapal dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4: Daftar Ketergantungan antar pekerjaan Repair Perpipaan

Uraian Pekerjaan	Simbol	Durasi	Ketergantungan
Pipa tekan GS 2	A	1	-
Pipa pendingin oli gearbox ME	B	3	A
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (a)	C	3	B
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (b)	D	2	B
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (c)	E	4	B
Pipa buang kamar mandi/dapur	F	2	C,D,E
Pipa isap pompa SW (a)	G	2	F
Pipa isap pompa SW (b)	H	3	F
Pipa pararel isap sea chest (a)	I	4	G,H
Cabang 1 (untuk pendingin AE kanan)	J	3	I
Pipa pararel isap sea chest (b)	K	2	J
Pipa pararel isap sea chest (c)	L	2	J
Pipa pararel isap sea chest (d)	M	2	J
Dudukan penyangga cooler AE	N	3	K,L,M
Pipa pendingin cooler	O	2	N
Pipa buang pendingin cooler	P	2	O
Pipa BBM AE (a)	Q	2	P
Pipa BBM AE (b)	R	3	P
Pipa BBM AE (c)	S	3	P
Pipa tekan pompa gendong AE	T	2	Q,R,S
Pipa buangan got main deck	U	1	T
Pipa buangan got kamar mesin	V	4	U

Membuat Grafik *Gantt Chart*

Setelah membreakdown seluruh kegiatan *repair* perpipaan pada kapal, dan menetapkan durasi pekerjaan, serta menyusun hubungan antar kegiatan pada kegiatan *repair* perpipaan pada kapal. Langkah selanjutnya yang dilakukan yaitu membuat atau menyusun suatu grafik *Gantt Chart*. Dari grafik *Gantt Chart* tersebut dapat dibuat menjadi diagram *network* dan selanjutnya dapat menentukan titik



Gambar 1: Gambar grafik Gantt Chart Kegiatan Repair Perpipaan

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Membuat Diagram *Network*

Untuk mendapatkan diagram *network* pada pekerjaan *repair* perpipaan, perlu dilakukannya perhitungan maju dan mundur. perhitungan maju memiliki perhitungan dengan menghitung ES dan EF pada tahap pertama, dan LS dan LF ditahap kedua. Perhitungan ES dan EF dilakukan secara maju (*forward pass*). Sedangkan perhitungan munudr memiliki perhitungan yang dilakukan secara mundur (*backward pass*) (Aulady & Orleans, 2016). Berikut hasil dari suatu perhitungan maju dan perhitungan mundur dibawah ini.

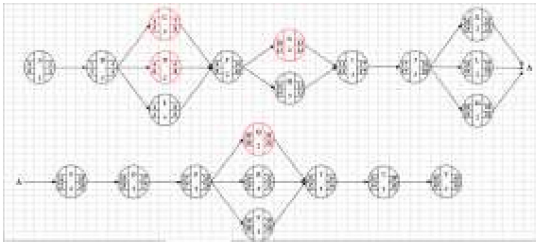
Tabel 5: Perhitungan Maju pekerjaan Repair Perpipaan

Kegiatan	Ketergantungan	Durasi /Jam	ES	EF
A	-	1	0	1
B	A	3	1	4
C	B	3	4	7
D	B	2	4	6
E	B	4	4	8
F	C,D,E	2	8	10
G	F	2	10	12
H	F	3	10	13
I	G,H	4	13	17
J	I	3	17	20
K	J	2	20	22
L	J	2	20	22
M	J	2	20	22
N	K,L,M	3	22	25
O	N	2	25	27
P	O	2	27	29
Q	P	2	29	31
R	P	3	29	32
S	P	3	29	32
T	Q,R,S	2	32	34
U	T	1	34	35
V	U	4	35	39

Tabel 6: Perhitungan Mundur pekerjaan Repair Perpipaan

Kegiatan	Ketergantungan	Durasi /Jam	LS	LF
A	-	1	0	1
B	A	3	1	4
C	B	3	5	8
D	B	2	6	8
E	B	4	4	8
F	C,D,E	2	8	10
G	F	2	11	13
H	F	3	10	13
I	G,H	4	13	17
J	I	3	17	20
K	J	2	20	22
L	J	2	20	22
M	J	2	20	22
N	K,L,M	3	22	25
O	N	2	25	27
P	O	2	27	29
Q	P	2	30	32
R	P	3	29	32
S	P	3	29	32
T	Q,R,S	2	32	34
U	T	1	34	35
V	U	4	35	39

Diatas merupakan hasil dari perhitungan maju dan perhitungan mundur yang hasilnya digunakan untuk membuat diagram *network* pada pekerjaan *repair* perpipaan. Diagram ini akan digambarkan dan menunjukkan daftar kegiatan-kegiatan kerja yang harus dikerjakan secara berurutan atau secara bersamaan. untuk lebih jelas, Gambar 2. diagram *network* pada pekerjaan repair perpipaan pada kapal dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 2: Gambar Diagram Network Pada Kegiatan Repair Perpipaan

Mengidentifikasi Jalur Kritis Dan *Slack*

Setelah mengetahui diagram *network* antar kegiatan, maka selanjutnya adalah menentukan jalur kritis. peristiwa kritis merupakan sebuah peristiwa yang tidak mempunyai tenggang waktu dalam kegiatan, sedangkan kegiatan kritis adalah sebuah kegiatan yang anti dengan adanya keterlambatan. Jalur kritis yang dimaksud adalah antar kegiatan yang saling berhubungan yang harus diselesaikan dengan waktu yang sudah direncanakan, jika tidak maka waktu pengerjaan mengalami keterlambatan.

Nilai *slack* merupakan nilai dari waktu tenggang dalam sebuah pekerjaan atau selisih antara waktu selesai dan selesai paling awal dari pekerjaan, bisa diartikan nilai *slack* adalah 0 atau bisa disebut jalur kritis, sedangkan untuk pekerjaan yang memiliki nilai *slack* lebih dari 0 disebut jalur non kritis. Berikut tabel hasil perhitungan dari *slack*.

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Tabel 7: Penentuan Jalur Kritis dan Slack Pada pekerjaan Repair Perpipaan

Simbol	ES	EF	LS	LF	SLACK	KRITIS
A	0	1	0	1	0	KRITIS
B	1	4	1	4	0	KRITIS
C	4	7	5	8	1	NON KRITIS
D	4	6	6	8	2	NON KRITIS
E	4	8	4	8	0	KRITIS
F	8	10	8	10	0	KRITIS
G	10	12	11	13	1	NON KRITIS
H	10	13	10	13	0	KRITIS
I	13	17	13	17	0	KRITIS
J	17	20	17	20	0	KRITIS
K	20	22	20	22	0	KRITIS
L	20	22	20	22	0	KRITIS
M	20	22	20	22	0	KRITIS
N	22	25	22	25	0	KRITIS
O	25	27	25	27	0	KRITIS
P	27	29	27	29	0	KRITIS
Q	29	31	30	32	1	NON KRITIS
R	29	32	29	32	0	KRITIS
S	29	32	29	32	0	KRITIS
T	32	34	32	34	0	KRITIS
U	34	35	34	35	0	KRITIS
V	35	39	35	39	0	KRITIS

Berdasarkan dari hasil tabel tersebut dapat diketahui bahwa jalur kritis adalah slack = 0, sedangkan yang nilainya lebih dari 0 bukanlah jalur kritis. Berikut diketahui lintasan jalur kritis pada proyek *repair* perpipaan adalah:
A – B – E – F – H – I – J – K – L – M – N –O – P – R – S – T – U – V

Sedangkan berdasarkan dari hasil metode jalur kritis *(Critical Path Method)* tersebut dapat ditentukan waktu penyelesaian proyek *repair* perpipaan membutuhkan waktu **39 jam**

Penentuan Biaya Pekerjaan *Repair* Perpipaan

Untuk melakukan sebuah perencanaan dan penentuan biaya dari suatu pekerjaan, diperlukannya data-data tentang seluruh biaya pekerjaan serta biaya pekerja. Berikut tabel biaya tiap pekerjaan *repair* perpipaan :

Tabel 8: Uraian Biaya Tiap Pekerjaan Repair Perpipaan

Uraian Pekerjaan	Biaya
Pipa tekan GS 2	Rp 2,076,000
Pipa pendingin oli gearbox ME	Rp 2,557,000
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (a)	Rp 1,900,000
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (b)	Rp 1,371,000
Pipa buang pendingin oli gearbox ME (c)	Rp 2,121,000
Pipa buang kamar mandi/dapur	Rp 600,000
Pipa isap pompa SW (a)	Rp 2,665,000
Pipa isap pompa SW (b)	Rp 2,386,000
Pipa pararel isap sea chest (a)	Rp 3,023,000
Cabang 1 (untuk pendingin AE kanan)	Rp 2,451,000
Pipa pararel isap sea chest (b)	Rp 2,304,000
Pipa pararel isap sea chest (c)	Rp 1,371,000
Pipa pararel isap sea chest (d)	Rp 1,395,000
Dudukan penyangga cooler AE	Rp 1,500,000
Pipa pendingin cooler	Rp 1,607,000
Pipa buang pendingin cooler	Rp 1,283,000
Pipa BBM AE (a)	Rp 1,316,000
Pipa BBM AE (b)	Rp 950,000
Pipa BBM AE (c)	Rp 1,272,000
Pipa tekan pompa gendong AE	Rp 1,067,000
Pipa buangan got main deck	Rp 1,118,000
Pipa buangan got kamar mesin	Rp 1,500,000
TOTAL	**Rp 37,833,000**

Sedangkan Untuk biaya pekerja pada pekerjaan *repair* perpipaan adalah Rp. 100.000/hari. Dengan ketentuan waktu kerja sebesar 8 jam, sehingga diketahui bahwa biaya pekerja tiap jam sebesar Rp. 12.500/jam.

Mempersingkat Waktu Penyelesaian Pekerjaan *Repair* Perpipaan (*Crash Time*)

Untuk jam kerja normal pada pekerjaan *repair* ini adalah pukul 08.30 – pukul 12.00, kemudian dilanjut pukul 13.00 – pukul 16.30, sehingga total waktu pekerja adalah 8 jam dalam 1 hari bekerja.

Setelah mempelajari kegiatan-kegiatan pekerjaan *repair* perpipaan yang berada pada lintasan kritis, kegiatan yang mungkin dapat dipercepat adalah kegiatan **B – E – H – I – J – R – S – V.** Penentuan kegiatan yang akan dipercepat dengan berdasarkan perkiraan dan observasi lapangan yang memungkinkan pekerjaan itu bisa dipercepat dengan menambah jam kerja (lembur) atau dengan menambah jumlah pekerja. Berikut ini adalah rincian perhitungan jika mempercepat pekerjaan yang dapat dipercepat dengan menambah jumlah pekerja :

Pekerjaan B (Pipa pendingin oli gearbox ME)

Waktu Normal = 3 jam
Waktu yang akan dipercepat = 1 jam
Waktu setelah dipercepat = 3 – 1 = 2 jam
Rencana penambahan pekerja = 1 pekerja
Upah Pekerja :
= 1 pekerja x 1 jam x Rp. 12.500 = Rp 12.500

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Pekerjaan E (Pipa buang pendingin oli gearbox ME (c))

Waktu Normal = 4 jam
Waktu yang akan dipercepat = 3 jam
Waktu setelah dipercepat = 4 – 3 = 1 jam
Rencana penambahan pekerja = 2 pekerja
Upah Pekerja :
= 2 pekerja x 3 jam x Rp. 12.500 = Rp. 75.000

Pekerjaan H (Pipa isap pompa SW (b))

Waktu Normal = 3 jam
Waktu yang akan dipercepat = 2 jam
Waktu setelah dipercepat = 3 – 2 = 1 jam
Rencana penambahan pekerja = 1 pekerja
Upah Pekerja :
= 1 pekerja x 2 jam x Rp. 12.500 = Rp 25.000

Pekerjaan I (Pipa pararel isap sea chest (a))

Waktu Normal = 4 jam
Waktu yang akan dipercepat = 3 jam
Waktu setelah dipercepat = 4 – 3 = 1 jam
Rencana penambahan pekerja = 2 pekerja
Upah Pekerja :
= 2 pekerja x 3 jam x Rp. 12.500 = Rp. 75.000

Pekerjaan J (Cabang 1 (untuk pendingin AE kanan))

Waktu Normal = 3 jam
Waktu yang akan dipercepat = 2 jam
Waktu setelah dipercepat = 3 – 2 = 1 jam
Rencana penambahan pekerja = 1 pekerja
Upah Pekerja :
= 1 pekerja x 2 jam x Rp. 12.500 = Rp 25.000

Pekerjaan R (Pipa BBM AE (b))

Waktu Normal = 3 jam
Waktu yang akan dipercepat = 2 jam
Waktu setelah dipercepat = 3 – 2 = 1 jam
Rencana penambahan pekerja = 1 pekerja
Upah Pekerja :
= 1 pekerja x 2 jam x Rp. 12.500 = Rp 25.000

Pekerjaan S (Pipa BBM AE (c))

Waktu Normal = 3 jam
Waktu yang akan dipercepat = 2 jam
Waktu setelah dipercepat = 3 – 2 = 1 jam
Rencana penambahan pekerja = 1 pekerja
Upah Pekerja :
= 1 pekerja x 2 jam x Rp. 12.500 = Rp 25.000

Pekerjaan V (Pipa buangan got kamar mesin)

Waktu Normal = 4 jam
Waktu yang akan dipercepat = 3 jam
Waktu setelah dipercepat = 4 – 3 = 1 jam
Rencana penambahan pekerja = 2 pekerja
Upah Pekerja :
= 2 pekerja x 3 jam x Rp. 12.500 = Rp 75.000

Dari perhitungan diatas maka dapat ditentukan biaya langsung dipercepat, berikut adalah tabel dari total biaya penambahan pekerja pada pekerjaan B – E – H – I – J – R – S – V.

Tabel 9: Total Biaya Tambahan Pekerja Tiap Pekerjaan Repair Perpipaan

P	BN	PP	TBT	TBLD
B	Rp 2,557,000	1	Rp 12,500	Rp 2,569,500
E	Rp 2,121,000	2	Rp 75,000	Rp 2,196,000
H	Rp 2,386,000	1	Rp 25,000	Rp 2,411,000
I	Rp 3,023,000	2	Rp 75,000	Rp 3,098,000
J	Rp 3,023,000	1	Rp 25,000	Rp 3,048,000
R	Rp 950,000	1	Rp 25,000	Rp 975,000
S	Rp 1,272,000	1	Rp 25,000	Rp 1,297,000
V	Rp 1,500,000	2	Rp 75,000	Rp 1,575,000

Keterangan :
P = Pekerjaan
BN = Biaya Normal
PP = Penambahan Pekerja
TBT = Total Biaya Tambahan
TBLD = Total Biaya Langsung Dipercepat

Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung Pekerjaan *Repair* Perpipaan

Biaya Langsung adalah biaya yang berhubungan langsung dengan sebuah proyek, biaya ini tergantung pada volume pekerjaan, contohnya biaya upah untuk para pekerja, upah lembur, biaya satuan pada tiap-tiap pekerjaan, dll. Untuk pekerjaan *repair* perpipaan ini sendiri biaya langsungnya dengan menunjukkan semua biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan *repair* perpipaan yang akan dikerjakan.

1. Untuk total biaya pada perencanaan normal yakni 55 jam dan setelah menggunakan *network planning* waktu pengerjaannya menjadi waktu 39 jam mempunyai jumlah total biaya langsung yang sama sebesar **Rp 37,833,000.**
2. Sedangkan untuk tahap percepatan dengan total waktu menjadi 37 jam memiliki jumlah biaya langsung sebesar **Rp. 27,291,667.**
3. Dan pada tahap percepatan dengan menambahkan pekerja dengan total waktu sama yakni 37 jam, namun untuk biaya langsung sebesar **Rp. 27,629,167.**

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Tabel 10: Tabel Biaya Langsung Pada Pekerjaan Repair Perpipaan

Perhitungan Biaya Langsung	Waktu /jam	Jumlah
Biaya Normal	55	Rp 37,833,000
Biaya Setelah *Network Planning*	39	Rp 37,833,000
Biaya Setelah Di Percepat	37	Rp 27,291,667
Biaya Setelah Penambahan Pekerja	37	Rp 27,629,167

Dalam proses *repair* perpipaan juga terdapat biaya tidak langsung yang merupakan biaya total yang tidak bergantung pada volume suatu pekerjaan, akan tetapi tergantung dari lamanya waktu selesainya suatu pekerjaan, beberapa biaya tidak langsung pada pekerjaan *repair* ini, yakni biaya *supplay* listrik dan biaya tambahan untuk sewa *dock.*

- harga satuan biaya *supplay* listrik sebesar Rp. 850,000/hari, dalam perhitungan dirubah dengan satuan jam, sehingga :
  = Rp. 850,000 / 24 jam = Rp. 35,417 per jam
- biaya sewa *dock* sebesar Rp. 2,100,000/hari, dalam perhitungan dirubah dengan satuan jam, sehingga :
  = Rp. 2,100,000 / 24 jam = Rp. 87,500 per jam

Dengan asumsi bahwa pekerjaan dikerjakan dalam 1 hari sama dengan 8 jam kerja. Berikut biaya tidak langsung dapat dilihat pada tabel.

Tabel 11: Tabel Biaya Tidak Langsung Pada Pekerjaan Repair Perpipaan

Perhitungan Biaya Tidak Langsung	Jam	Harga	Jumlah
Biaya Normal			
Lisrik	55	Rp 35,417	Rp 1,947,935
Sewa Dock	55	Rp 87,500	Rp 4,812,500
JUMLAH			Rp 6,760,435
Biaya Setelah *Network Planning*			
Lisrik	39	Rp 35,417	Rp 1,381,263
Sewa Dock	39	Rp 87,500	Rp 3,412,500
JUMLAH			Rp 4,793,763
Biaya Setelah Dipercepat dan Penambahan Pekerja			
Lisrik	37	Rp 35,417	Rp 1,310,429
Sewa Dock	37	Rp 87,500	Rp 3,237,500
JUMLAH			Rp 4,547,929

Hasil Perbandingan Waktu dan Biaya Sebelum dan Sesudah Dilakukan Percepatan Pelaksanaan Pekerjaan Repair Perpipaan

Berikut merupakan tabel dari total biaya hasil perbandingan waktu dan biaya sebelum dan sesudah dilakukan percepatan pelaksanaan pekerjaan repair rerpipaan.

Tabel 12: Tabel Perbandingan Total Biaya Keseluruhan Pada Pekerjaan Repair Perpipaan

Perhitungan Biaya Normal				
No	Biaya	Jam	Harga	Jumlah
1	Biaya Langsung			Rp 37,833,000
2	Biaya Tidak Langsung			
	Lisrik	55	Rp 35,417	Rp 1,947,935
	Sewa Dock	55	Rp 87,500	Rp 4,812,500
	Jumlah			**Rp 44,593,435**
Perhitungan Biaya Setelah *Network Planning*				
1	Biaya Langsung			Rp 37,833,000
2	Biaya Tidak Langsung			
	Lisrik	39	Rp 35,417	Rp 1,381,263
	Sewa Dock	39	Rp 87,500	Rp 3,412,500
	Jumlah			**Rp 42,626,763**
Perhitungan Biaya Setelah Dipercepat				
1	Biaya Langsung			Rp 27,291,667
2	Biaya Tidak Langsung			
	Lisrik	37	Rp 35,417	Rp 1,310,429
	Sewa Dock	37	Rp 87,500	Rp 3,237,500
	Jumlah			**Rp 31,839,596**
Perhitungan Biaya Setelah Dipercepat Penambahan Pekerja				
1	Biaya Langsung			Rp 27,629,167
2	Biaya Tidak Langsung			
	Lisrik	37	Rp 35,417	Rp 1,310,429
	Sewa Dock	37	Rp 87,500	Rp 3,237,500
	Jumlah			**Rp 32,177,096**

KESIMPULAN

Waktu pengoptimalan dalam pekerjaan *repair* perpipaan di lokasi kamar mesin pada kapal dengan menggunakan metode *CPM (Critical Path Method)* adalah 39 jam. Sedangkan untuk waktu penyelesaian karena adanya keterlambatan menjadi 55 jam. Sehingga lebih optimal menggunakan metode *CPM (Critical Path Method).*

Total biaya normal pada pekerjaan *repair* perpipaan adalah Rp. 44,593,000 dengan waktu 55 jam. Setelah dilakukannya *network planning* dengan metode *CPM (Critical Path Method)* sebesar Rp. 42,626,763. Sedangkan setelah pekerjaan *repair* perpipaan

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

dilakukannya percepatan, total biaya menjadi sebesar Rp. 32,177,096 dengan total waktu 37 jam.

DAFTAR PUSTAKA

Adrian, A. (2012). *Pengertian CPM*. Retrieved from berbagi ilmu: http://adrianade.blogspot.com/2012/11/pengertian-cpm.html

Amalia, D. (2020). *Pengertian dan Tahapan Manajemen Proyek*. Retrieved from Jurnal Enterpreneur: https://www.jurnal.id/id/blog/pengertian-dan-tahapan-manajemen-proyek/

Aulady, M., & Orleans, C. (2016). 13 Perbandingan Durasi Waktu Proyek Konstruksi Antara Metode Critical Path Method (CPM) dengan Metode Critical Chain Project Management (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Apartamen Menara Rungkut). Jurnal IPTEK Vol.20 No.1, 14-15.

Detikcom, T. (2020). *Luas Wilayah Indonesia Lengkap Daratan dan Lautan*. Retrieved from Detik Travel: https://travel.detik.com/travel-news/d-5262317/luas-wilayah-indonesia-lengkap-daratan-dan-lautan

Edoy. (2014). *Pengertian Pipa Sch 40 dan Cara Mengukurnya*. Retrieved from wartasaranamedia: https://www.wartasaranamedia.com/pengertian-pipa-sch-40-dan-cara-mengukurnya.html

Muhardi. (2011). *Manajemen Operasi : Suatu pendekatan kuantitatif untuk pengambilan keputusan.* Bandung: Refika Aditama.

Priharto, S. (2020). *Pengertian Manajemen Proyek, Tahapan, Komponen dan Fungsinya*. Retrieved from Aksaragama: https://aksaragama.com/manajemen/pengertian-manajemen-proyek-lengkap/

Supriyadi, D. (2016). *Pengertian Penjadwalan Proyek*. Retrieved from Perencanaan Dan Pengendalian Proyek: http://41113110088.blog.mercubuana.ac.id/2016/09/30/pengertian-penjadwalan-proyek/

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Lampiran 1



Lampiran 2

