

Comparative Analysis of CPM, PDM and PERT Methods in Ship Repair Scheduling Planning KN. RB 309 Ternate 01

(Analisa Perbandingan Metode CPM, PDM dan PERT dalam Perencanaan Penjadwalan Reparasi Kapal KN. RB 309 Ternate 01)

Laily Oktafiana, Intan Baroroh^{*)}

Universitas Hang Tuah Surabaya, Jl. Arif Rahman Hakim No. 150, Surabaya 60111, Indonesia

ABSTRACT

A ship that is still carrying out sailing activities must always be in a state that is in accordance with the classification and statutory. Maintenance or repair is needed for the ship in order to stay in good condition and fit to sail. In a ship repair project, there are several important aspects that need to be considered in order to complete project activities quickly and precisely. PT. XYZ has carried out ship repair activities, but the repair activities have been delayed due to weather factors, and the late procurement of spare parts. This research was conducted by analyzing the three models of scheduling fiberglass ship repair projects using Microsoft excel and using the CPM (Critical Path Method), PDM (Precedence Diagram Method) and PERT (Project Evaluation and Review Technique) methods. Results from the CPM method on 48-day A scheduling, 33-day B scheduling, and 21-day C scheduling. Pdm method results scheduling A 48 days, scheduling B 33 days, and scheduling C 21 days. In the PERT method the project can be completed in 48 days which is 48.67%, scheduling B 34 days 5 hours 21 minutes with the possibility of a KN ship repair project. RB 309 Ternate 01 can be completed in 48 days i.e. 99.35% and scheduling C 22 days 5 hours 21 minutes with the possibility of a KN ship repair project. RB 309 Ternate 01 can be completed in 48 days which is 99.99%.

Sebuah kapal yang masih melakukan kegiatan berlayar harus selalu dalam keadaan yang sesuai dengan klasifikasi maupun *statutory*. Sehingga dibutuhkan suatu perawatan atau perbaikan untuk kapal agar kapal selalu dalam keadaan baik dan layak berlayar. Dalam suatu proyek reparasi kapal, memiliki beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan agar dapat menyelesaikan kegiatan proyek secara cepat dan tepat. PT. XYZ telah melakukan kegiatan reparasi kapal, namun pada kegiatan reparasi tersebut mengalami keterlambatan dikarenakan faktor terlambatnya pengadaan *sparepart*. Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisa ketiga model penjadwalan proyek reparasi kapal fiberglass dengan menggunakan *Microsoft Excel* dan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*), metode PDM (*Precedence Diagram Method*) dan PERT (*Project Evaluation and Review Technique*). Hasil dari metode CPM pada penjadwalan A 48 hari, penjadwalan B 33 hari, dan penjadwalan C 21 hari. Hasil metode PDM penjadwalan A 48 hari, penjadwalan B 33 hari, dan penjadwalan C 21 hari. Pada metode PERT proyek dapat diselesaikan dalam 48 hari yaitu 48,67%, penjadwalan B 34 hari 5 jam 21 menit dengan kemungkinan proyek reparasi kapal KN. RB 309 Ternate 01 dapat diselesaikan dalam 48 hari yaitu 99,35% dan penjadwalan C 22 hari 5 jam 21 menit dengan kemungkinan proyek reparasi kapal KN. RB 309 Ternate 01 dapat diselesaikan dalam 48 hari yaitu 99,99%.

Keywords: Scheduling, Critical Path Method (CPM), Precedence Diagram Method (PDM), Project Evaluation and Review Technique (PERT).

^{*)} Corresponding author:
Intan Baroroh
E-mail: intan.baroroh@hangtuah.ac.id

PENDAHULUAN

Sebuah kapal yang masih melakukan kegiatan berlayar harus selalu dalam keadaan yang sesuai dengan klasifikasi maupun *statutory*. Sehingga dibutuhkan suatu perawatan atau perbaikan untuk kapal agar kapal selalu dalam keadaan baik dan layak berlayar. Dalam suatu proyek reparasi atau perbaikan kapal, memiliki beberapa aspek penting yang perlu

diperhatikan agar dapat menyelesaikan kegiatan proyek secara cepat dan tepat. Proyek dapat diselesaikan dengan cepat, relevan dan efisien dengan cara memaksimalkan dan teliti terhadap penjadwalan dan pengendalian proyek [1]. Penjadwalan yaitu suatu upaya mengelola atau menempatkan waktu dalam pengerjaan bagian - bagian dalam suatu proyek dengan memperhitungkan keterbatasan agar mencapai hasil yang maksimal [2]. Penjadwalan dibuat agar pekerjaan

yang dilakukan ketika kegiatan reparasi kapal berlangsung menjadi lebih tersusun secara rapih, dan juga dapat mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan baik disetiap pengerjaan kegiatan yang ada dalam proses reparasi kapal maupun waktu yang dibutuhkan secara menyeluruh untuk menyelesaikan proyek reparasi kapal agar tidak mengalami keterlambatan yang merugikan.

PT. XYZ merupakan salah satu galangan kapal yang memiliki fasilitas yang memadai untuk melakukan suatu proyek reparasi kapal, dan PT. XYZ telah melaksanakan suatu kegiatan reparasi pada kapal KN. RB 309 TERNATE 01 yang berbahan dasar *fiberglass reinforced plastic*. Namun saat proyek reparasi kapal berlangsung terdapat kendala yang menyebabkan keterlambatan yang cukup merugikan, dan kendala tersebut antara lain disebabkan oleh cuaca buruk, dan terlambatnya pengadaan *spare part* seperti *propeller* maupun lainnya. Keterlambatan yang tidak segera ditangani dapat menyebabkan masalah yang cukup serius sehingga perlu diadakannya penanganan agar pada penjadwalan di proyek reparasi kapal selanjutnya tidak mengalami keterlambatan seperti sebelumnya. Penjadwalan dapat dibuat dengan menggunakan beberapa metode, antara lain yaitu metode CPM (*Critical Path Method*), PDM (*Precedence Diagram Method*) maupun PERT (*Project Evaluation and Review Technique*). Metode CPM ialah metode yang menggunakan lintasan kritis dalam penyusunannya dengan catatan jika lintasan kritis merupakan suatu kegiatan yang membutuhkan perhatian lebih [1]. PDM yaitu suatu metode yang digunakan untuk menyusun penjadwalan yang jaringan kerjanya termasuk klasifikasi AON, pada setiap kegiatan dituliskan dalam node yang berbentuk segi empat dengan anak panah yang digunakan untuk menunjukkan hubungan antar kegiatan [3]. Dalam PDM terdapat lintasan kritis, untuk menentukan kegiatan yang bersifat kritis dan menentukan lintasan kritis dapat dilakukan dengan perhitungan ke depan (*forward analysis*) dan perhitungan ke belakang (*backward analysis*) [4]. PDM juga memiliki beberapa kelebihan, “Kelebihan *Precedence Diagram Method* (PDM) dibandingkan dengan CPM adalah PDM tidak memerlukan kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana [4]. PERT yaitu suatu metode yang digunakan untuk menyusun penjadwalan yang

pendekatan waktunya bergantung pada banyak faktor dan variasi, dengan maksud memakai tiga dugaan waktu pengerjaan proyek [5].

Dengan banyaknya metode yang dapat digunakan sebagai bahan referensi dalam pembuatan penjadwalan maka diperlukan adanya perbandingan metode manakah yang lebih efisien atau mudah dipahami untuk digunakan sebagai referensi penyusunan penjadwalan pada proyek reparasi kapal selanjutnya. Sehingga pada penelitian kali ini akan dilakukan perbandingan tiga metode dengan tiga variasi urutan pekerjaan yang berbeda – beda. Pada penjadwalan yang menggunakan metode CPM sudah didapatkan hasil dari penelitian sebelumnya dengan hasil yaitu penjadwalan A didapatkan 48 hari, penjadwalan B didapatkan 33 hari dan penjadwalan C 21 hari.

METODE PENELITIAN

CPM (*Critical path method*)

Critical Path Method (CPM) umumnya dikenal dengan sebutan metode jalur kritis guna untuk membantu membuat penjadwalan, memonitor, dan mengendalikan proyek besar dan kompleks [6]. *Critical path method* atau yang sering kita sebut dengan Metode CPM, metode ini merupakan salah satu dari beberapa metode yang sering digunakan untuk menganalisa atau membuat suatu urutan pekerjaan dalam suatu proyek dengan menganalisa bagian mana yang paling rumit atau yang durasinya panjang dalam suatu pengerjaannya. *Critical Path Method* (CPM) merupakan suatu jaringan terpadu yang terdiri dari rangkaian kegiatan yang satu dengan yang lainnya dimaksudkan untuk memperoleh efisiensi kerja yang maksimal [3]. Jika pengerjaan terlambat maka akan mempengaruhi proyek yaitu dengan menyebabkan keterlambatan secara menyeluruh [3]. CPM (*Critical Path Method*) digambarkan sebagai aktivitas pada anak panah AOA (*Activity On Arrow*). Pada AOA aktivitas ini digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang menjalankan dua kejadian, jadi pada CPM memiliki sebuah aktivitas semu yang aktivitasnya tidak memerlukan waktu biaya maupun sarana.

Tabel 1. Rumus Perhitungan Maju, Perhitungan Mundur dan Lintasan Kritis [7]

Perhitungan Maju (Forward Analysis)	Perhitungan Mundur (Backward Analysis)	Lintasan Kritis
Aktivitas awal – aktivitas baru bisa dikerjakan jika aktivitas sebelumnya sudah selesai. Waktu pertama kali diasumsikan = 0 $EF = ES + D$	Perhitungan mundur digunakan untuk menetapkan waktu yang paling akhir Perhitungan mundur dilakukan dari kanan ke kiri $LS = LF - D$	Kegiatan awal $ES = LS$ Kegiatan terakhir $LF = EF$ $TF = 0$

Kegiatan semu merupakan suatu aktivitas yang tidak memiliki durasi dan dalam metode CPM digambarkan dengan anak panah yang putus – putus. Kegiatan semu dipakai ketika 2 aktivitas atau lebih memiliki node i dan j yang sama dengan tujuan agar memiliki node yang berbeda [8].

PDM (Precedence Diagram Method)

PDM merupakan salah satu metode yang mengatur penjadwalan yang digunakan untuk menentukan aktivitas - aktivitas apa saja yang akan dilakukan selama proyek tersebut berjalan dan untuk menentukan selesainya proyek tersebut. Metode PDM berbeda dengan Metode CPM sebab pada metode PDM lebih memfokuskan aktivitas pada node sehingga disebut dengan Activity On Node/AON [9]. Aktivitas pada metode PDM ditunjukkan dengan node dan tanda panah yang menggambarkan suatu hubungan antar aktivitas – aktivitas yang dilakukan, pada metode PDM

kegiatan dapat dilakukan secara bersamaan atau tumpang tindih (*overlapping*) tanpa melihat pekerjaan sebelumnya telah selesai atau belum, sehingga pada metode PDM ini tidak ada aktivitas semu (*dummy*). Untuk menentukan aktivitas yang bersifat kritis dan menentukan lintasan kritis, kita dapat menentukan dengan cara melakukan perhitungan maju (*forward analysis*) dan perhitungan mundur (*backward analysis*). Perhitungan maju dihitung guna memperoleh *Earliest Start* dan *Earliest Finish*.

Dalam metode PDM terdapat konstrain yang digunakan untuk menghubungkan antara node awal dan node berikutnya. Dalam setiap konstrain terdapat simbol yang menyatakan sebuah aktivitas seperti; (S) yang disebut mulai atau sebuah awal dan (F) yang disebut sebagai selesai atau sebuah akhir. PDM sendiri memiliki 4 konstrain yang digunakan untuk menganalisa penjadwalan.

Tabel 2. Konstrain pada Metode PDM [10]

Konstrain Start to Start (SS)	Konstrain Start to Finish (SF)	Konstrain Finish to Start (FS)	Konstrain Finish to Finish (FF)
Hubungan yang menerangkan jika mulainya (<i>start</i>) aktivitas berikutnya (<i>successor</i>) dapat dimulai tergantung dengan mulainya (<i>start</i>) kegiatan sebelumnya (<i>predecessor</i>).	Hubungan yang menerangkan jika selesainya (<i>finish</i>) aktivitas berikutnya (<i>successor</i>) tergantung dengan mulainya (<i>start</i>) aktivitas sebelumnya (<i>predecessor</i>).	Hubungan yang menerangkan jika mulainya (<i>start</i>) aktivitas berikutnya (<i>successor</i>) dapat dimulai tergantung dengan selesainya (<i>finish</i>) kegiatan sebelumnya (<i>predecessor</i>).	Hubungan yang menerangkan jika selesainya (<i>finish</i>) aktivitas berikutnya (<i>successor</i>) tergantung dengan selesainya (<i>finish</i>) kegiatan sebelumnya (<i>predecessor</i>).
a. Perhitungan Maju $ES_j = ES_i + SS_{ij}$ $EF_j = EF_j + D_j$	a. Perhitungan Maju $EF_j = ES_i + SF_{ij}$ $ES_i = EF_j - D_j$	a. Perhitungan Maju $ES_j = EF_i + FS_{ij}$ $EF_j = ES_j + D_j$	Perhitungan Maju $EF_j = EF_i + FF_{ij}$ $S_j = EF_j - D_j$ Perhitungan Mundur $LF_i = LF_j - FF_{ij}$ $LS_i = LF_i - D_i$
b. Perhitungan Mundur $LS_i = LS_j - SS_{ij}$ $LF_i = LS_i + D_i$	Perhitungan Mundur $LS_i = LF_j - SF_{ij}$ $LF_i = LS_i + D_i$	Perhitungan Mundur $LF_j = LS_i - FS_{ij}$ $LS_i = LF_i - D_i$	

PERT (Program Evaluation and Review Technique)

Dalam upaya meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian proyek telah ditemukan metode

selain CPM (*Critical Path Method*), yaitu metode yang dikenal sebagai PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) [11]. Teknik metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) adalah suatu metode

yang digunakan dalam evaluasi suatu proyek yang bertujuan untuk mengurangi sebanyak mungkin adanya penundaan, konflik, maupun gangguan terhadap kegiatan suatu proyek, termasuk di dalamnya melakukan koordinasi dan sinkronisasi dengan berbagai bagian dari keseluruhan pekerjaan agar dapat dilakukan percepatan terhadap penyelesaian suatu proyek [12]. Salahsatu perbedaan yang substansial adalah dalam estimasi kurun waktu kegiatan, dimana PERT menggunakan tiga angka estimasi, yaitu a, b, dan m yang mempunyai arti sebagai berikut:

- a. a = kurun waktu optimistik (optimistic duration time). Waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan mulus. Waktu demikian diungguli hanya sekali dalam seratus kali bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama [11].
- b. m = kurun waktu paling mungkin (most likely time). Kurun waktu yang paling sering terjadi dibanding dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama [11].
- c. b = kurun waktu pesimistik (pessimistic duration time). Waktu yang paling lama untuk menyelesaikan kegiatan, yaitu bila segala sesuatunya serba tidak baik. Waktu demikian dilampaui hanya sekali dalam seratus kali, bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama [11].

Ketiga perkiraan waktu tersebut akan digabungkan menjadi satu nilai dengan menggunakan rumus, nilai tersebut dinamakan time expected. Nilai dari time expected didapatkan dari suatu persamaan yaitu:

$$Te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Keterangan:

Te = Waktu yang diharapkan

a = Waktu optimis

m = Waktu realistis

b = Waktu pesimis

Perhitungan standart deviasi didapatkan dengan melakukan penjumlahan terhadap varians pada pekerjaan yang termasuk dalam lintasan kritis dengan menggunakan persamaan rumus dibawah ini:

$$S = \sqrt{\left(\frac{b - a}{6}\right)^2}$$

S = Varians

b = Waktu pesimis

a = Waktu optimis

Menghitung suatu probabilitas kemungkinan proyek dapat diselesaikan dalam batas waktu hari tersebut yaitu dengan menggunakan persamaan rumus:

$$Z = \frac{T(d) - TE}{S}$$

Z = Probabilitas kemungkinan target dapat selesai pada

T(d) = Target waktu penyelesaian

TE = Jumlah nilai TE pada lintasan kritis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini didapatkan data proyek berupa tabel time schedule proyek reparasi kapal, tabel tersebut berisi daftar pekerjaan apa saja yang akan dilakukan pada proyek reparasi kapal KN. RB 309 Ternate 01, kemudian berisi durasi suatu pengerjaan kegiatan. Pada kegiatan reparasi kapal KN. RB 309 Ternate 01 terdapat kegiatan docking, kegiatan pemesanan sparepart, kegiatan perawatan engine, kegiatan perawatan propeller dan shaft rudder, kemudian final check, untuk rincian kegiatan - kegiatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan Ketergantungan Kegiatan Reparasi Kapal

No.	Urutan Pekerjaan	Simbol	Durasi (Hari)	Pendahulu pada Penjadwalan A	Pendahulu pada Penjadwalan B	Pendahulu pada Penjadwalan C
A	DOCKING					
1	Docking	A1	1			
2	Undocking	A2	1	E1	E1	E1
B	PEMESANAN SPAREPART					
1	Suplay Cutless Bearing/Bantalan	B1	15	D5	D5	

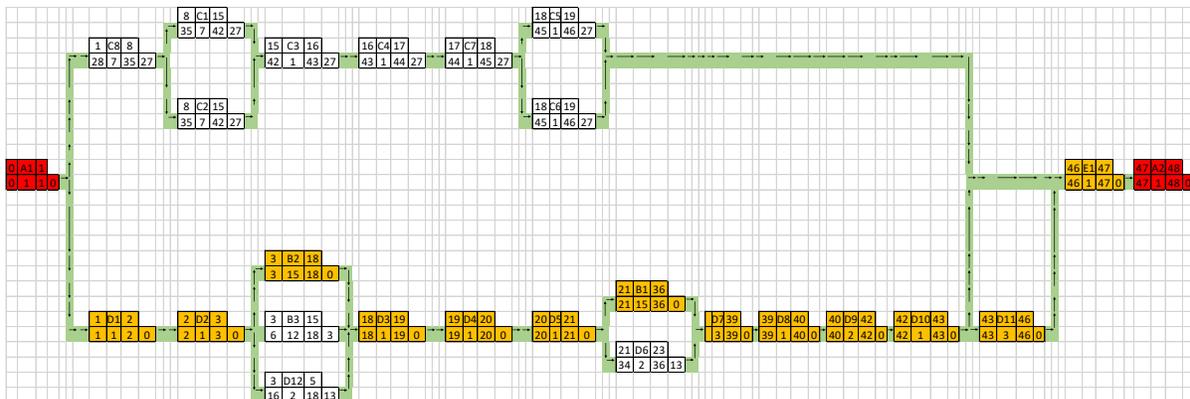
No.	Urutan Pekerjaan	Simbol	Durasi (Hari)	Pendahulu pada Penjadwalan A	Pendahulu pada Penjadwalan B	Pendahulu pada Penjadwalan C
2	Suplay propeller Kanan	B2	15	D2	D5	
3	Suplay propeller Kiri	B3	12	D2	D5	
C ENGINE						
1	Overhoul A/E kiri	C1	7	C8	C8	C8
2	Overhoul A/E kanan	C2	7	C8	C8	C8
3	Ganti Instrumen Panel A/E	C3	1	C1, C2	C1, C2	C1, C2
4	Istrumen Panel Box M/E	C4	1	C3	C3	C3
5	Switch On Off Accu M/E	C5	1	C7	C7	C7
6	Switch On Off Accu A/E	C6	1	C7	C7	C7
7	Ganti Water Cooler	C7	1	C4	C4	C4
8	Ganti Aluminium Foil	C8	7	A1	A1	A1
D PROPELER SHAFT RUDDER						
1	Pengukuran Clearance As	D1	1	A1	A1	A1
2	L/P Propeller ki/ka	D2	1	D1	D1	D1
3	L/P Daun kemudi ki/ka	D3	1	B2, B3, D12	D2	D2
4	L/P As Propeller ki/ka	D4	1	D3	D3	D3
5	L/P Bantalan As ki/ka	D5	1	D4	D4	D4
6	Bubut bantalan As ki/ka	D6	2	D5	D5	D5
7	Center Press AS ki/ka	D7	3	B1, D6	B1, B2, B3, D6, D12	D6, D12
8	Ganti remis paking	D8	1	D7	D7	D7
9	Aligment As terhadap gearbox	D9	2	D8	D8	D8
10	Ganti Ball Valve M/E uk. 4"	D10	1	D9	D9	D9
11	Service Pompa Hidrolik	D11	3	D10	D10	D10
12	Pemasangan Propeller Baru Ki/Ka	D12	2	D2	D5	D5
E FINAL CHECK						
1	Final check	E1	1	C5, C6, D10, D11	C5, C6, D11	C5, C6, D11

Penjadwalan pada Metode CPM

Menyusun *network planning* dengan menggunakan metode *Critical path method*, pada *network planning* ini ditemukan waktu tercepat maupun waktu terlama dalam pengerjaan suatu aktivitas kegiatan reparasi. Dari perhitungan tersebut maka akan ditemukan lintasan kritis pada penjadwalan, baik penjadwalan A, penjadwalan B maupun penjadwalan C.

1. Penjadwalan A

Pada penjadwalan model A, urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal dibuat sama dengan urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal yang telah dilaksanakan pada galangan XYZ. Sehingga didapatkan *network planning* seperti Gambar 1.

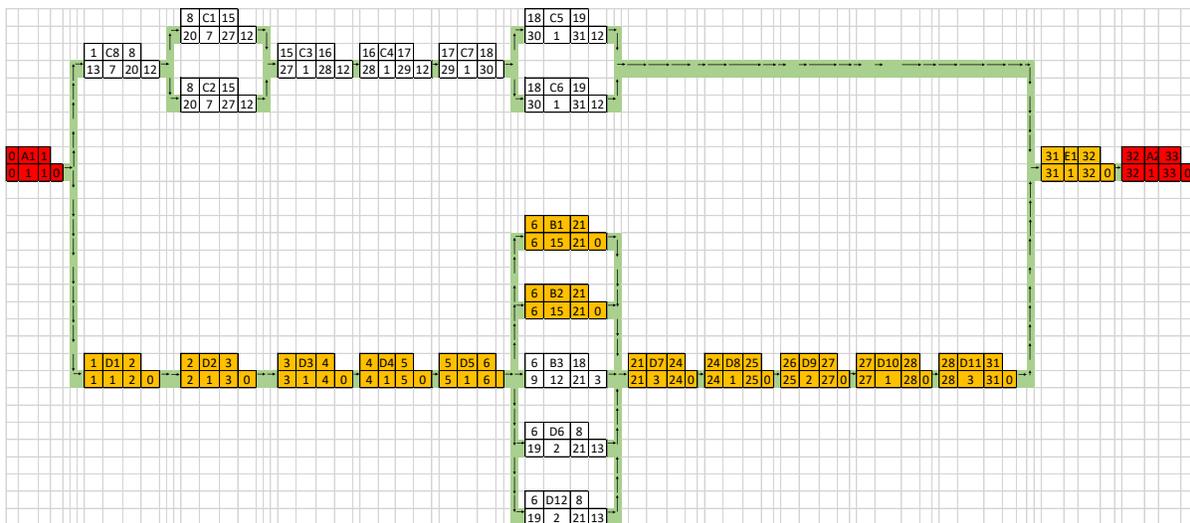


Gambar 1. *Network planning* Penjadwalan A pada Metode CPM

Pada penjadwalan A didapatkan nilai ES, EF, LS, dan LF, sehingga diperoleh lintasan kritis pada penjadwalan model A ada di pekerjaan kegiatan *docking*, kegiatan pemesanan *sparepart*, kegiatan perawatan *propeller* dan *shaft rudder* dan kegiatan *final check*. Rincian lintasan kritis dapat dilihat pada Gambar 1 (*Network planning* Penjadwalan A) dan Tabel 3 dengan demikian diperoleh total durasi pengerjaan menggunakan metode CPM yaitu selama 48 hari.

2. Penjadwalan B

Pada penjadwalan model B, urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal dibuat berbeda dengan yang sudah dilakukan digalangan XYZ, pada penjadwalan dengan model B, pemesanan *sparepart* dilakukan langsung setelah kapal melakukan kegiatan *docking*. Sehingga didapatkan *network planning* seperti Gambar 2.

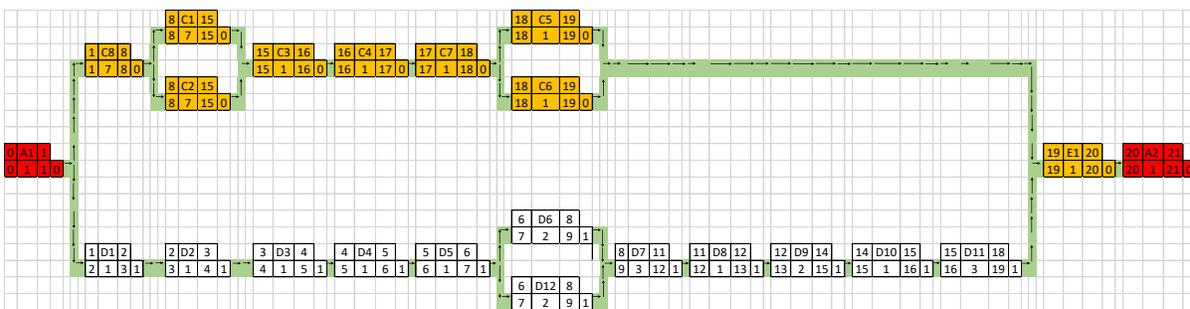


Gambar 2. *Network planning* Penjadwalan B pada Metode CPM

Pada penjadwalan B didapatkan nilai ES, EF, LS, dan LF, sehingga diperoleh lintasan kritis pada penjadwalan model B ada di pekerjaan kegiatan *docking*, kegiatan pemesanan *sparepart*, kegiatan perawatan *propeller* dan *shaft rudder* dan kegiatan *final check*. Rincian lintasan kritis dapat dilihat pada Gambar 2 (*Network planning* Penjadwalan B) dan Tabel 3 dengan demikian diperoleh total durasi pengerjaan menggunakan metode CPM yaitu selama 33 hari.

3. Penjadwalan C

Pada penjadwalan model C, urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal dibuat berbeda baik dengan penjadwalan model A maupun penjadwalan model B. Penjadwalan model C dibuat dengan mengasumsikan bahwa pemesanan *sparepart* dilakukan 2 minggu sebelum melakukan proses *docking*. Sehingga didapatkan *network planning* seperti Gambar 3.



Gambar 3. *Network planning* Penjadwalan C pada Metode CPM

Diasumsikan jika penjadwalan C:

1. *Suplay Cutless Bearing* atau Bantalan dilakukan sebelum proses *docking*.
2. *Suplay propeller* kanan dan kiri dilakukan sebelum proses *docking*.

Pada penjadwalan C didapatkan nilai ES, EF, LS, dan LF, sehingga diperoleh lintasan kritis pada penjadwalan model C ada di pekerjaan kegiatan *docking*, kegiatan perawatan *engine*, dan kegiatan *final check*. Rincian lintasan kritis dapat dilihat pada Gambar 3 (*Network planning* Penjadwalan C) dan Tabel 3 dengan demikian diperoleh total durasi pengerjaan menggunakan metode CPM yaitu selama 21 hari.

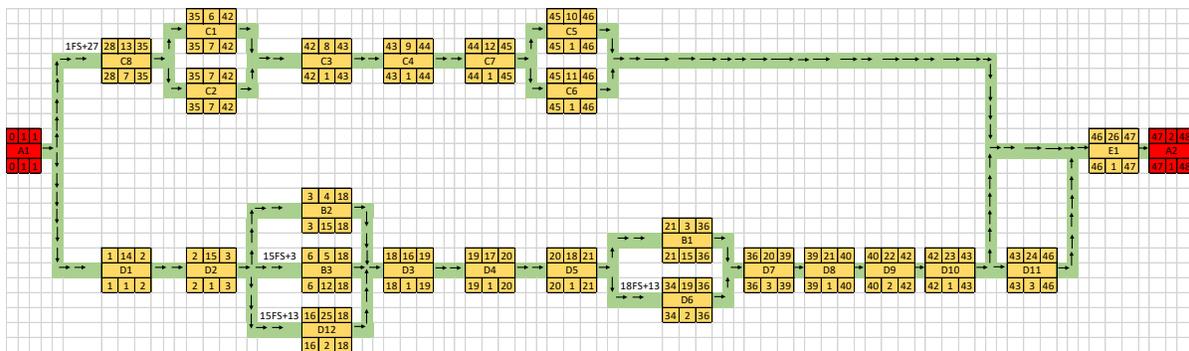
Penjadwalan pada Metode PDM

Sebelum menyusun jaringan kerja pada metode PDM, sudah terlebih dahulu ditentukan konstrain, sehingga didapatkan nilai total *float* dengan melihat nilai LS – ES maupun LF - EF. Perhitungan *float* yaitu waktu yang ada pada suatu kegiatan yang

menunjukkan jika kegiatan tersebut dapat ditunda atau diperlambat tanpa menyebabkan keterlambatan pada suatu proyek [13]. Pada metode PDM terdapat konstrain, penentuan konstrain pada hubungan ketergantungan suatu pekerjaan merupakan salah satu hal yang membuat berbeda antara metode pdm dengan metode cpm. Penentuan konstrain sendiri dilihat dari hubungan ketergantungan setiap kegiatan, sehingga lintasan kritis yang ada pada metode PDM berbeda dengan metode CPM dikarenakan terdapat konstrain yang mempengaruhi penjadwalan pada metode PDM.

1. Penjadwalan A

Pada penjadwalan model A, urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal dibuat sama dengan urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal yang telah dilaksanakan pada galangan XYZ. Sehingga didapatkan *network planning* seperti Gambar 4.



Gambar 4. *Network planning* Penjadwalan A pada Metode PDM

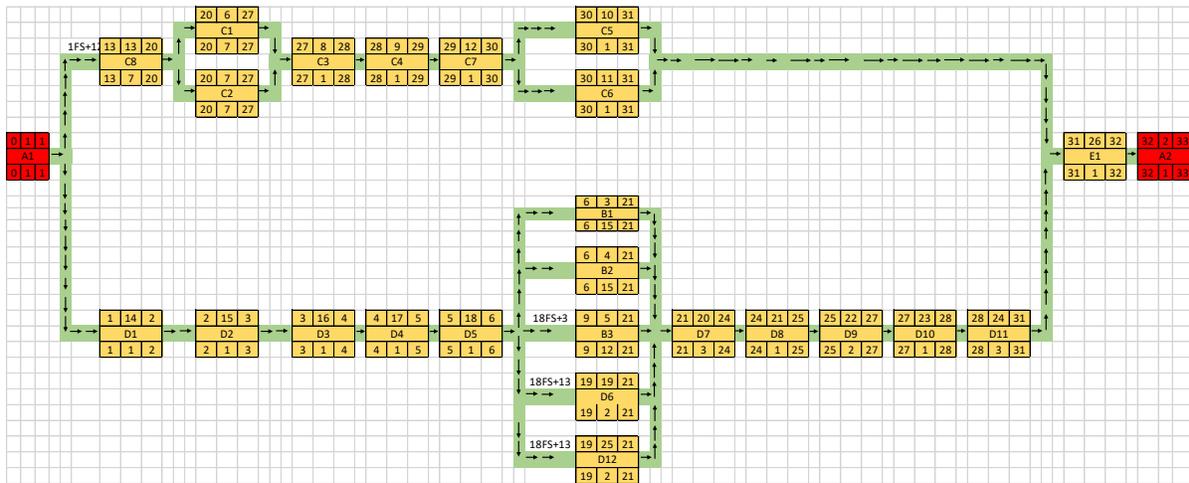
Berdasarkan Gambar 4 kegiatan *docking*, pemesanan *sparepart*, perawatan *engine*, perawatan *propeller* dan *shaft rudder* dan kegiatan *final check* memiliki total *float* = 0 sehingga kegiatan yang melewati kegiatan tersebut merupakan lintasan kritis. Hal tersebut dikarenakan pada kegiatan C8 menggunakan konstrain FS+27, kegiatan B3 menggunakan konstrain FS+3, kegiatan D12 menggunakan konstrain FS+13, dan kegiatan D6 menggunakan konstrain FS+13. Sehingga total waktu penyelesaian pekerjaan pada penjadwalan A menggunakan metode PDM sama dengan penjadwalan A dengan menggunakan metode CPM yaitu 48 hari.

2. Penjadwalan B

Pada penjadwalan model B, urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal dibuat berbeda dengan

yang sudah dilakukan digalangan XYZ, pada penjadwalan dengan model B, pemesanan *sparepart* dilakukan langsung setelah kapal melakukan kegiatan *docking*. Sehingga didapatkan *network planning* seperti Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 kegiatan *docking*, pemesanan *sparepart*, perawatan *engine*, perawatan *propeller* dan *shaft rudder* dan kegiatan *final check* memiliki total *float* = 0 sehingga kegiatan yang melewati kegiatan tersebut merupakan lintasan kritis. Hal tersebut dikarenakan pada kegiatan C8 menggunakan konstrain FS+1, kegiatan B3 menggunakan konstrain FS+3, kegiatan D6 menggunakan konstrain FS+13, dan kegiatan D12 menggunakan konstrain FS+13. Sehingga total waktu penyelesaian pekerjaan pada penjadwalan B menggunakan metode PDM sama dengan

penjadwalan B dengan menggunakan metode CPM yaitu 33 hari.

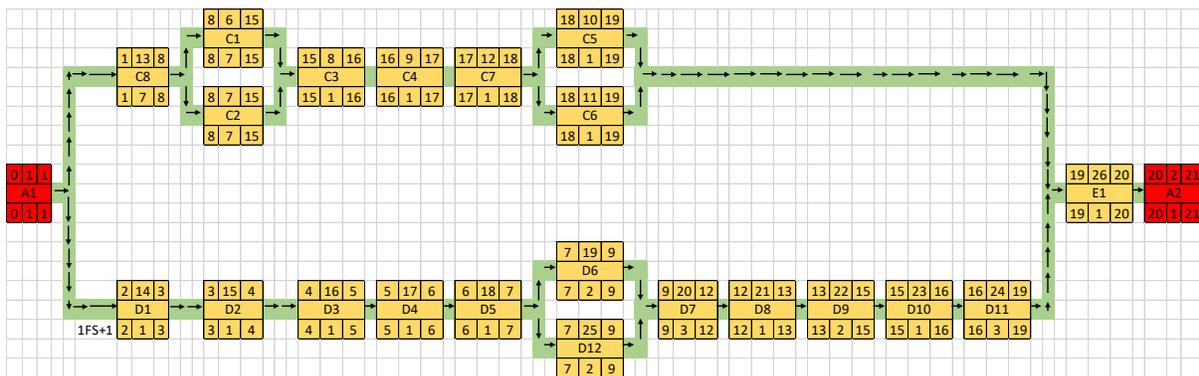


Gambar 5. Network planning Penjadwalan B pada Metode PDM

3. Penjadwalan C

Pada penjadwalan model C, urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal dibuat berbeda baik dengan penjadwalan model A maupun penjadwalan

model B. Penjadwalan model C dibuat dengan mengasumsikan bahwa pemesanan *sparepart* dilakukan 2 minggu sebelum melakukan proses *docking*. Sehingga didapatkan *network planning* seperti Gambar 6.



Gambar 6. Network planning Penjadwalan C pada Metode PDM

Diasumsikan jika penjadwalan C:

1. *Suplay Cutless Bearing* atau Bantalan dilakukan sebelum proses *docking*.
2. *Suplay propeller* kanan dan kiri dilakukan sebelum proses *docking*

Berdasarkan Gambar 6 Kegiatan *docking*, pemesanan *sparepart*, perawatan *engine*, perawatan *propeller* dan *shaft rudder* dan kegiatan *final check* memiliki total *float* = 0 sehingga kegiatan yang melewati kegiatan tersebut merupakan lintasan kritis. Hal tersebut dikarenakan pada kegiatan D1 menggunakan konstrain FS+1, sehingga total waktu penyelesaian pekerjaan pada penjadwalan C menggunakan metode

PDM sama dengan penjadwalan C dengan menggunakan metode CPM yaitu 21 hari.

Penjadwalan pada Metode PERT

Pada penyusunan penjadwalan dengan menggunakan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) tidak jauh berbeda dengan metode-metode sebelumnya. Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) adalah metode penjadwalan proyek yang berdasarkan jaringan yang memerlukan tiga dugaan waktu untuk setiap kegiatan [14]. Namun pada metode ini terdapat tambahan waktu yang sebelumnya pada metode CPM maupun PDM hanya terdapat waktu realistis, di metode PERT

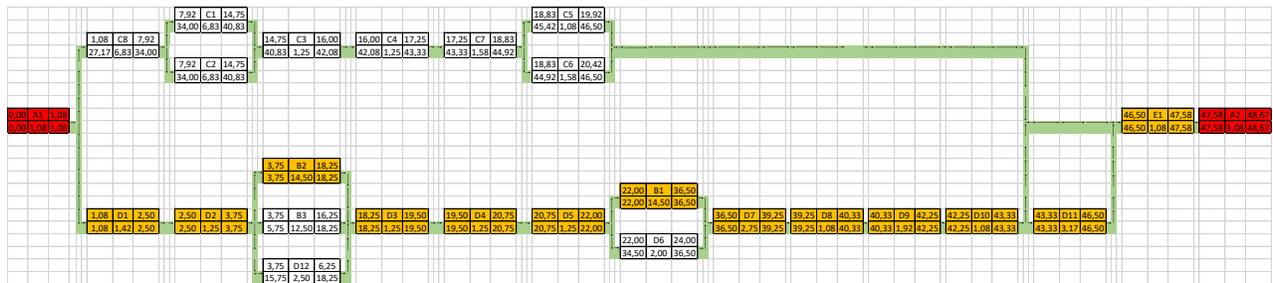
terdapat waktu pesimis dan waktu optimis. Jaringan PERT ditetapkan dalam tiga perkiraan waktu (*three times estimates*) untuk masing-masing jaringan aktivitas [15]. *Three times estimates* meliputi:

1. Waktu optimis (a): waktu terpendek kejadian yang mungkin terjadi. Waktu yang dibutuhkan oleh sebuah kegiatan jika semua hal berlangsung sesuai rencana.
2. Waktu pesimis (b): waktu terpanjang kejadian yang dibutuhkan. Waktu yang dibutuhkan suatu kegiatan dengan asumsi kondisi yang ada sangat tidak diharapkan.

3. Waktu realistis (m): waktu yang paling memungkinkan terjadi untuk penyelesaian aktivitas dalam jaringan PERT, merupakan waktu yang paling sering terjadi jika suatu aktivitas diulang beberapa kali.

1. Penjadwalan A

Pada penjadwalan model A, urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal dibuat sama dengan urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal yang telah dilaksanakan pada galangan XYZ. Sehingga didapatkan *network planning* seperti Gambar 7.

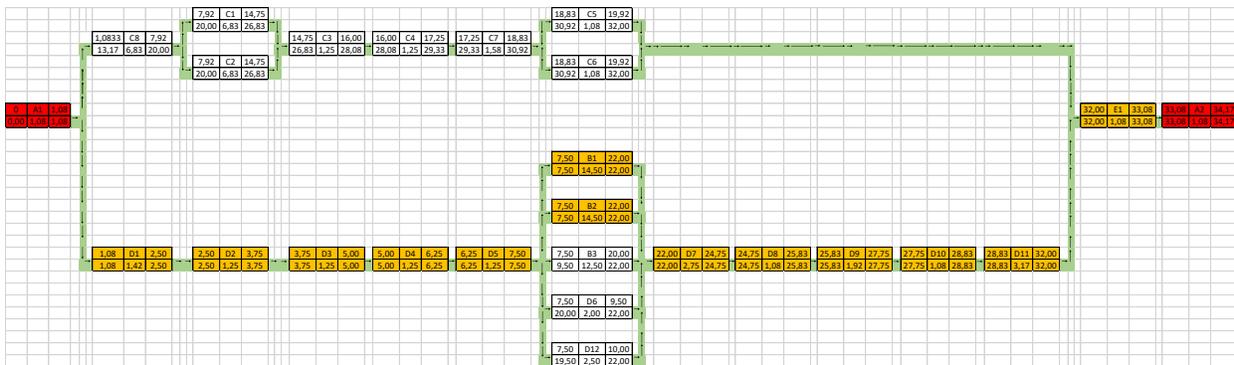


Gambar 7. *Network planning* Penjadwalan A pada Metode PERT

Pada Gambar 7, didapatkan hasil bahwa kegiatan *docking*, pemesanan *sparepart*, perawatan *propeller* dan *shaft rudder* dan *final check* merupakan lintasan kritis. Dengan didapatkan nilai Varians dari suatu lintasan kritis sebesar 31,6, nilai standar deviasi 5,6213, nilai z sebesar -0,1192. Maka didapatkan nilai probabilitas 0,4562 dengan melihat tabel distribusi normal, sehingga persentase kemungkinan proyek dapat dikerjakan selama 48 hari yaitu sebesar 45,62% karena pada perhitungan *network planning* pada metode PERT didapatkan total durasi sebesar 48,67 hari.

2. Penjadwalan B

Pada penjadwalan model B, urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal dibuat berbeda dengan yang sudah dilakukan digalangan XYZ, pada penjadwalan dengan model B, pemesanan *sparepart* dilakukan langsung setelah kapal melakukan kegiatan *docking*. Sehingga didapatkan *network planning* seperti Gambar 8.

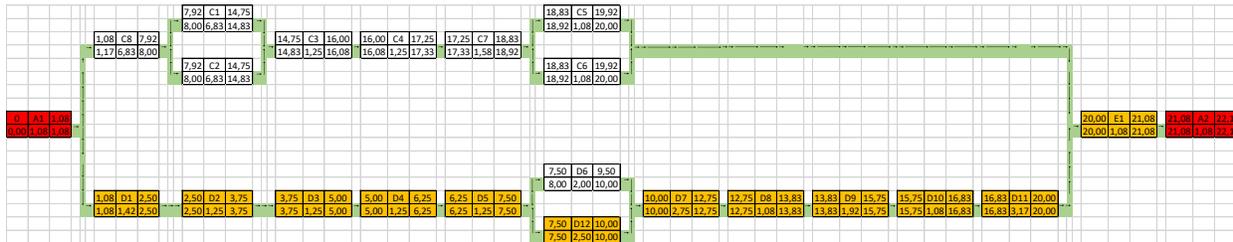


Gambar 8. *Network planning* Penjadwalan B pada Metode PERT

Pada Gambar 8, didapatkan hasil bahwa kegiatan *docking*, pemesanan *sparepart*, perawatan *propeller* dan

shaft rudder, dan *final check* merupakan lintasan kritis. Dengan didapatkan nilai Varians dari suatu lintasan

kritis sebesar 31,6, nilai standar deviasi 5,6213, nilai z sebesar 2,46 Maka didapatkan nilai probabilitas 0,9935 dengan melihat tabel distribusi normal, sehingga persentase kemungkinan proyek dapat dikerjakan selama 48 hari yaitu sebesar 99,35% karena pada perhitungan *network planning* pada metode pert didapatkan total durasi sebesar 34,17 hari.



Gambar 9. *Network planning* Penjadwalan C pada Metode PERT

Pada Gambar 9, didapatkan hasil bahwa kegiatan *docking*, kegiatan perawatan *propeller* dan *shaft rudder*, dan *final check* merupakan lintasan kritis. Dengan didapatkan nilai Varians dari suatu lintasan kritis sebesar 46,83, nilai standar deviasi 6,842, nilai z sebesar 3,77 Maka didapatkan nilai probabilitas 0,9999 dengan melihat tabel distribusi normal, sehingga persentase kemungkinan proyek dapat dikerjakan selama 48 hari yaitu sebesar 99,99% karena pada perhitungan *network planning* pada metode pert

3. Penjadwalan C

Pada penjadwalan model C, urutan ketergantungan suatu pekerjaan reparasi kapal dibuat berbeda baik dengan penjadwalan model A maupun penjadwalan model B. Penjadwalan model C dibuat dengan mengasumsikan bahwa pemesanan *sparepart* dilakukan 2 minggu sebelum melakukan proses *docking*. Sehingga didapatkan *network planning* seperti Gambar 9.

didapatkan total durasi sebesar 22,17 hari.

Hasil Analisa Perbandingan Durasi Pengerjaan Reparasi

1. Proses Komparasi antara Metode CPM, PDM dan PERT

Pada tahap ini terdapat proses komparasi antar ketiga metode, metode tersebut yaitu metode CPM, metode PDM dan metode PERT, proses komparasi antara lain:



Pada proses komparasi terdapat 3 hal penting yaitu *input*, proses dan *output*. *Input* berisi tentang data – data yang akan digunakan atau diolah pada kegiatan penelitian, data tersebut didapatkan dengan cara melakukan wawancara kepada pihak galangan. Data berupa nama kegiatan dan waktu pengerjaan kegiatan reparasi kapal yang sudah dilakukan oleh pihak galangan, setelah didapatkannya data-data tersebut maka data dimasukkan kedalam jurnal. Kemudian terdapat tahapan selanjutnya yaitu proses, proses merupakan tahap yang dilakukan setelah tahap *input*. Pada proses ini dilakukan kegiatan mengolah data, mengolah data dilakukan untuk mengetahui hasil penjadwalan dari masing – masing metode kemudian dilakukan perbandingan hasil antara ketiga metode tersebut. Penyusunan penjadwalan menggunakan metode CPM dilakukan dengan cara menyusun

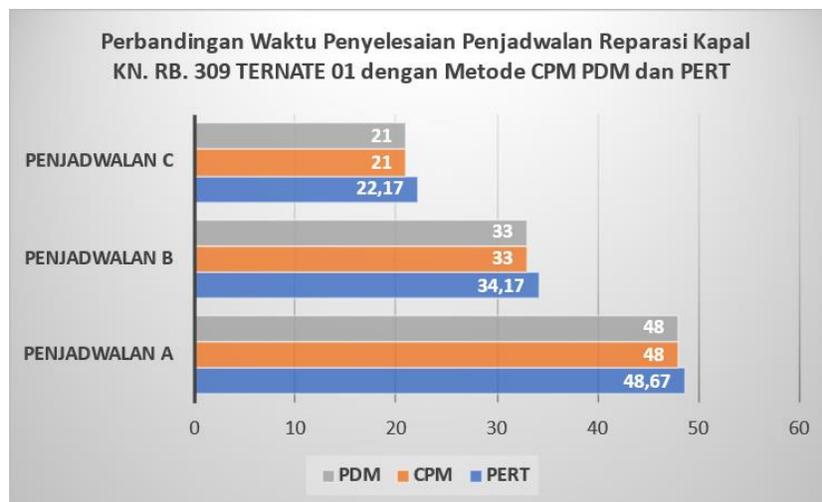
network planning terlebih dahulu kemudian mencari nilai ES, EF, LS dan LF, setelah menemukan nilai ES, EF, LS dan LF akan didapatkan lintasan kritis pada metode tersebut dan didapatkan hasil pengerjaan penjadwalan dengan metode CPM. Setelah menyusun penjadwalan dengan menggunakan metode CPM, maka akan dilakukan penyusunan penjadwalan dengan menggunakan metode PDM, penyusunan dengan menggunakan metode PDM dilakukan dengan cara membuat *network planning* terlebih dahulu, kemudian setelah membuat *network planning* akan dilakukan penentuan konstrain yang ada pada penjadwalan tersebut. Penentuan konstrain dilakukan untuk mengetahui hubungan ketergantungan yang ada pada penjadwalan tersebut, konstrain tersebut dapat berupa konstrain SS, SF, FS atau FF. Setelah ditentukannya konstrain tahap selanjutnya yaitu mencari nilai ES, EF,

LS dan LF untuk mendapatkan lintasan kritis. Setelah ditemukannya lintasan kritis maka didapatkan hasil durasi pengerjaan kegiatan reparasi kapal. Proses selanjutnya yaitu pembuatan penjadwalan dengan menggunakan metode PERT, metode PERT memiliki tiga perkiraan waktu yang akan digunakan untuk menyusun penjadwalan. Langkah menyusun penjadwalan dengan menggunakan metode PERT yaitu yang pertama dengan cara menghitung nilai *time expected*, setelah dilakukan perhitungan dan menemukan nilai *time expected* akan dilakukan perhitungan untuk menemukan nilai varians, nilai-nilai tersebut akan digunakan untuk menghitung nilai deviasi dan probabilitas kemungkinan proyek dapat dikerjakan tepat waktu. Setelah melakukan perhitungan nilai *time expected* dan varian maka akan dilakukan penyusunan *network planning* untuk menentukan nilai ES, EF, LS dan LF yang akan digunakan untuk menentukan lintasan kritis. Kemudian setelah ditentukannya lintasan kritis maka didapatkan hasil durasi pengerjaan proyek, namun terdapat proses lanjutan yaitu menghitung nilai deviasi yang akan digunakan untuk melihat probabilitas kemungkinan proyek dapat selesai tepat waktu. Setelah menyusun penjadwalan dengan menggunakan ketiga metode tersebut maka proses selanjutnya yaitu menganalisa perbandingan hasil dari ketiga metode tersebut dan kemudian dapat menarik kesimpulan dari hasil perbandingan ketiga metode tersebut. Setelah melakukan *input*, proses maka tahap selanjutnya yaitu

output, pada *output* didapatkan hasil durasi dari ketiga metode dengan tiga model penjadwalan dimasing-masing metode. Hasil durasi pengerjaan proyek reparasi akan digambarkan dengan grafik, dan akan dilakukan perbandingan. Kemudian didapatkan hasil bahwa perhitungan waktu pada metode CPM tidak ada perbedaan dengan metode PDM yang disebabkan karena tidak adanya waktu *dummy* pada pengerjaan kegiatan proyek reparasi kapal menggunakan metode CPM. Kemudian metode PDM menggunakan konstrain pada setiap hubungan antar kegiatan, konstrain tersebut dapat berupa konstrain SS, konstrain SF, konstrain FS, maupun konstrain FF sehingga membuat proses pengerjaan *network planning* pada metode PDM berbeda dengan metode CPM. Pada metode PERT terdapat tiga perkiraan waktu, perkiraan waktu tersebut digunakan untuk menghitung nilai *time expected* yang akan digunakan untuk mencari probabilitas berapa persen kemungkinan proyek dapat diselesaikan secara tepat waktu.

2. Grafik Perbandingan Waktu Penyelesaian dengan Menggunakan Metode CPM, PDM dan PERT

Setelah dilakukannya proses komparasi antara ketiga metode tersebut, maka dapat dilihat hasil perbandingan waktu antara ketiga metode tersebut pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Metode CPM, PDM dan PERT

Berdasarkan grafik diatas didapatkan hasil analisa dari metode CPM, PDM dan PERT dalam kegiatan

reparasi kapal KN. RB 309 Ternate 01 yaitu Pada metode CPM pada penjadwalan A didapatkan hasil

bahwa reparasi kapal KN. RB 309 Ternate 01 dapat diselesaikan dalam 48 hari, kemudian pada metode PDM pada penjadwalan A didapatkan hasil durasi pengerjaan reparasi kapal selama 48 hari dengan konstrain FS dan pada metode PERT penjadwalan A didapatkan durasi pengerjaan proyek reparasi kapal selama 48 hari 5 jam 21 menit dengan probabilitas kemungkinan reparasi kapal dapat selesai dalam waktu 48 hari yaitu 48,67%. Pada metode CPM pada penjadwalan B didapatkan hasil bahwa reparasi kapal KN. RB 309 Ternate 01 dapat diselesaikan dalam 33 hari, kemudian pada metode PDM pada penjadwalan B didapatkan hasil durasi pengerjaan reparasi kapal selama 33 hari dengan konstrain FS dan pada metode PERT penjadwalan B didapatkan durasi pengerjaan proyek reparasi kapal selama 34 hari 5 jam 21 menit dengan probabilitas kemungkinan reparasi kapal dapat selesai dalam waktu 48 hari yaitu 99,35%. Pada metode CPM pada penjadwalan C didapatkan hasil bahwa reparasi kapal KN. RB 309 Ternate 01 dapat diselesaikan dalam 21 hari, kemudian pada metode PDM pada penjadwalan C didapatkan hasil durasi pengerjaan reparasi kapal selama 21 hari dengan konstrain FS dan pada metode PERT penjadwalan C didapatkan durasi pengerjaan proyek reparasi kapal selama 22 hari 5 jam 21 menit dengan probabilitas kemungkinan reparasi kapal dapat selesai dalam waktu 48 hari yaitu 99,99%.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan ketiga metode dengan menggunakan *Microsoft excel* dan pembuatan *network planning* pada setiap metode dan penjadwalan reparasi kapal KN. RB 309 Ternate 01, maka didapatkan kesimpulan bahwa total durasi menggunakan metode CPM dan PDM memiliki hasil yang sama yaitu penjadwalan A 48 hari, penjadwalan B 33 hari, dan penjadwalan C 21 hari. Total durasi dengan menggunakan metode PERT didapatkan hasil durasi pengerjaan yang berbeda dengan metode CPM dan PDM yaitu penjadwalan A 48 hari 5 jam 21 menit dengan kemungkinan proyek reparasi kapal KN. RB 309 Ternate 01 dapat diselesaikan dalam 48 hari yaitu 48,67%, penjadwalan B 34 hari 5 jam 21 menit dengan kemungkinan proyek reparasi kapal KN. RB 309 Ternate 01 dapat diselesaikan dalam 48 hari yaitu 99,35% dan penjadwalan C 22 hari 5 jam 21 menit dengan kemungkinan proyek reparasi kapal KN. RB 309

Ternate 01 dapat diselesaikan dalam 48 hari yaitu 99,99%. Metode yang paling baik dan dapat digunakan dilapangan yaitu metode CPM karena pada metode CPM memiliki total float dibandingkan dengan metode PDM yang tidak memiliki total float. Hasil total durasi pada metode CPM dan PDM tidak berbeda dikarenakan pada metode CPM dihubungkan ketergantungan setiap kegiatan tidak ada yang memerlukan waktu *dummy*. Metode PERT tidak jauh berbeda dengan metode CPM, hanya saja pada metode PERT menggunakan tiga perkiraan waktu sehingga pada metode PERT dapat digunakan untuk melihat presentase kemungkinan proyek dapat selesai tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. M. Nocolas, Project management for Business and Engineering, Principles and Parctice 2nd ed. Burlington: Elsevier Inc, 2004.
- [2] L.A.P. Lynna and Syafriandi, Manajemen Konstruksi dengan Aplikasi Microsoft. Yogyakarta: Andi Offset, 2017
- [3] Safitri and Elfira, "Optimasi penjadwalan proyek menggunakan CPM dan PDM (Studi kasus: pembangunan gedung balai nikah dan manasik haji KUA Kecamatan Kateman Kabupaten Indragiri Hilir)," *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, vol. 5, no. 2, pp. 17-25, 2019
- [4] I.W. Ervianto, Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi. Yogyakarta: Andi Offset, 2005.
- [5] I. Soeharto, Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional. Penerbit Erlangga: Jakarta, 1995.
- [6] H.R. Zolfaghar Dolabi, A. Afshar, and R. Abbasnia, "CPM/LOB scheduling method for project deadline constraint satisfaction," *Autom. Constr.*, vol. 48, pp. 107-118, 2014.
- [7] M.S. Syah, Manajemen Proyek Kiat Sukses Mengelola Proyek. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2019.
- [8] I. Widiyanti, and Lenggogeni, Manajemen konstruksi. Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2013.
- [9] N.A. Hira, Project Management: Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, John Wiley & Sons, 1984.
- [10] D. Sanjaya, Studi perbandingan penjadwalan proyek metode line of balance (lob) dan precedence diagram method (PDM) pada pekerjaan berulang (repetitif) (Studi Kasus Proyek Perumahan Maysa Tamansari Residence), Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan, 2013
- [11] I. Soeharto, Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional. Penerbit Erlangga: Jakarta, 1995.

- [12] E. Irwansyah, *Sistem Informasi Geografis: Prinsip Dasar dan Pengembangan Aplikasi*, 1st ed. Yogyakarta: Digibooks, 2013.
- [13] A. Arianto, *Eksplorasi metode bar chart, CPM, PDM, PERT, Line of balance dan time chainage diagram dalam penjadwalan proyek konstruksi*, Thesis, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [14] Dimiyati and Nurjaman, *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Pustaka Setia, 2014.
- [15] H. Jay, and R. Barry, *Operations Management*. Jakarta: Salemba Empat, 2005.