

Analisis Penjadwalan Proyek menggunakan Metode *Critical Path Method (CPM)* dan *Project Evaluation Review Technique (PERT)* (Studi Kasus *Train Door* pada Kereta Ukur MYC 2020 di PT INKA Multi Solusi)

Dinda Septi Ayuningtyas^{1*}, Renanda Nia Rachmadita², Thina Ardliana³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia^{1*,3}

Program Studi Manajemen Bisnis Maritim, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia²
E-mail: dindaasepti51@gmail.com^{1*}

Abstract – *Train door* is one of the projects undertaken by PT INKA Multi Solusi. This project was expected to be completed on time, but actually it was delayed. The methods used in this research are the *Critical Path Method (CPM)* and *Project Evaluation Review Technique (PERT)*. The *CPM* and *PERT* methods are suitable for scheduling in order to obtain the fastest completion time by considering the estimated completion time of the project due to the uncertainty that occurs in the field, so that the percentage of possible completion of the project is obtained. The results found that the probability of delays in the planned schedule is 61.41%. To overcome this delay, it is necessary to accelerate the duration using an alternative 4 hours of overtime. Based on the analysis of the *Time Cost Trade Off* method, the optimal time and cost of the *train door*'s production on the MYC 2020 measuring train's project was obtained, namely the acceleration of duration to 199.6 days with total cost of Rp 462,280,692,-. Based on the *S-curve* diagram on the *train door*'s project, the curve of actual duration went under the curve of the plan duration because the completion process was delayed so the time required was longer than the plan.

Keyword: *Acceleration, Critical Path, Critical Path Method, Project Evaluation Review Technique, Train Door*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan industri manufaktur yang semakin maju, pembangunan di berbagai sektor semakin meningkat. Salah satu peningkatan tersebut dirasakan oleh sektor transportasi darat. Hal tersebut mendorong lembaga yang terkait untuk membuat kereta ukur yang berfungsi untuk melakukan pengukuran dan akurasi kondisi jalan rel sebelum dilakukan pemecokan atau pemadatan, serta perawatan jalan rel. Salah satu perusahaan yang terlibat dalam proyek pembuatan kereta ukur yaitu PT INKA Multi Solusi (PT IMS).

Pada umumnya, perusahaan manufaktur selalu menerapkan konsep manajemen proyek untuk menghindari atau mengurangi kegagalan dan resiko proyek. Pada kenyataannya, beberapa proyek yang dikerjakan oleh PT IMS mengalami keterlambatan, salah satunya *train door*. Banyak kasus yang terjadi di lapangan, salah satunya yaitu penentuan durasi dalam setiap kegiatan yang tidak dapat dipastikan apakah dapat terlaksana sesuai harapan. Hal itu dikarenakan adanya faktor-faktor yang mengandung ketidakpastian sehingga mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek.

Permasalahan tersebut menimbulkan dampak kurang baik bagi perusahaan, diantaranya perusahaan harus membayar denda keterlambatan yang terakumulasi tiap harinya dan dapat menyebabkan berkurangnya kepercayaan

customer.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui probabilitas pengerjaan *train door* mengalami keterlambatan berdasarkan penjadwalan menggunakan metode *PERT*, melakukan percepatan durasi proyek untuk mencapai waktu dan biaya yang optimal, dan membandingkan visualisasi kurva S antara jadwal rencana dengan aktual dan percepatan. Batasan masalah pada penelitian ini yaitu hanya membahas empat jenis *train door* pada kereta ukur MYC 2020 dan percepatan durasi menggunakan alternatif sistem lembur.

2. METODOLOGI

2.1 *Work Breakdown Structure (WBS)*

Work Breakdown Structure (WBS) merupakan suatu metode dalam pengorganisasian proyek yang digunakan mendefinisikan dan mengelompokkan pekerjaan dari sebuah proyek menjadi bagian-bagian yang lebih kecil sehingga lebih mudah dimengerti. *WBS* memiliki sifat hirarkis atau *multiple level* karena terdiri dari beberapa tingkatan atau level untuk mencapai hasil akhir pada proyek.

2.2 *Critical Path Method (CPM)*

Pada metode *CPM* terdapat jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu

terlama [1]. Cara untuk mengidentifikasi jalur kritis yaitu menggunakan dua perhitungan *two-pass*, yaitu [2]:

1. *Forward Pass* (Perhitungan Maju). Jika suatu kegiatan hanya memiliki satu kegiatan terdahulu, maka $ES = EF$ pendahulunya. Jika suatu kegiatan memiliki lebih dari satu kegiatan terdahulu, maka nilai $ES = \text{Max}$ (EF semua kegiatan pendahulu). Nilai EF pada suatu kegiatan adalah penjumlahan dari ES dan durasi kegiatannya. $EF = ES + \text{durasi kegiatan}$.
2. *Backward Pass* (Perhitungan Mundur). Jika suatu kegiatan adalah pendahulu langsung bagi hanya satu kegiatan, nilai $LF = LS$ dari kegiatan yang secara langsung mengikutinya (*successor*). Jika suatu kegiatan adalah pendahulu langsung bagi lebih dari satu kegiatan, maka $LF = \text{Min}$ (LS semua kegiatan yang mengikutinya). Nilai LS pada suatu kegiatan adalah hasil dari selisih antara LF dengan durasi kegiatannya. $LS = LF - \text{durasi kegiatan}$.

Setelah menghitung ES, EF, LS, dan LF, maka selanjutnya menghitung *slack*. *Slack* adalah waktu yang dimiliki oleh sebuah kegiatan untuk bisa diundur, tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan [2]. Kegiatan dengan nilai $slack = 0$ artinya kegiatan tersebut termasuk dalam lintasan kritis. $Slack = LS - ES$ atau $LF - EF$.

2.3 Project Evaluation Review Technique (PERT)

Bila CPM memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT digunakan untuk situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan [1]. Metode PERT mengasumsikan tiap kurun waktu dipengaruhi oleh berbagai faktor sehingga estimasi durasi kegiatan diberi rentang waktu, dimana rentang waktu tersebut dicerminkan dengan 3 angka estimasi, yaitu:

a = waktu optimis (*optimistic duration time*), merupakan waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan.

m = waktu yang paling mungkin (*most likely time*), merupakan kurun waktu yang memungkinkan atau paling sering terjadi untuk menyelesaikan kegiatan.

b = waktu pesimis (*pessimistic duration time*), merupakan kurun waktu paling lama untuk menyelesaikan kegiatan.

Setelah itu menghitung kurun waktu yang diharapkan (*Expected Duration Time*) dengan rumus:

$$Te = \frac{a+4m+b}{6} \quad (1)$$

Kemudian menghitung standar deviasi (S), dan varians (V(te)) dengan rumus:

$$S = \frac{(b-a)}{6} \quad (2)$$

$$V(te) = S^2 = \left(\frac{(b-a)}{6}\right)^2 \quad (3)$$

Selanjutnya yaitu perhitungan probabilitas penyelesaian proyek berdasarkan waktu yang diharapkan dengan menggunakan varians dan normal *z-value*. Berikut adalah rumus mencari *z-value*:

$$Z\text{-value} = \frac{(Td - Te)}{s} \quad (4)$$

Dimana:

- Td = Target penyelesaian
- Te = Waktu yang diharapkan
- S = Standar deviasi

2.4 Percepatan Waktu

Tindakan untuk mengurangi durasi waktu suatu proyek setelah menganalisa alternatif-alternatif yang ada (dari jaringan kerja) dengan tujuan untuk mengoptimalkan waktu kerja dengan biaya terendah disebut dengan *crashing project* [3]. Selain waktu dan sumber daya, biaya memiliki peran penting dalam perencanaan suatu proyek, dimana biaya yang dikeluarkan harus dikendalikan seminimal mungkin. Apabila waktu penyelesaian dipercepat maka akan terjadi kenaikan pada biaya yang dikeluarkan. Menurut [4] Cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek antara lain lembur, penambahan tenaga kerja, pergantian atau penambahan peralatan, dan penggunaan metode konstruksi yang efektif. Pada penelitian ini menggunakan alternatif jam lembur karena menyesuaikan dengan kondisi lapangan pada perusahaan.

Crashing dilakukan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis yang memungkinkan untuk dilakukan percepatan. Dalam melakukan *crashing*, agar biaya untuk melakukan percepatan seminimal mungkin maka percepatan dapat dilakukan mulai pada kegiatan dengan nilai *cost slope* yang paling kecil. Nilai dari *cost slope* dapat dicari menggunakan rumus:

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}} \quad (5)$$

$$\text{Crash cost} = \text{crash duration} \times \text{crash cost pekerja/hari} \quad (6)$$

$$\text{Crash cost pekerja/hari} = \text{normal cost pekerja/hari} + \text{biaya lembur per hari} \quad (7)$$

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Crash Productivity}} \quad (8)$$

$$\text{Crash productivity} = (8 \text{ jam} \times \text{produktivitas perjam}) + (a \times b \times \text{produktivitas perjam}) \quad (9)$$

2.5 Kurva S

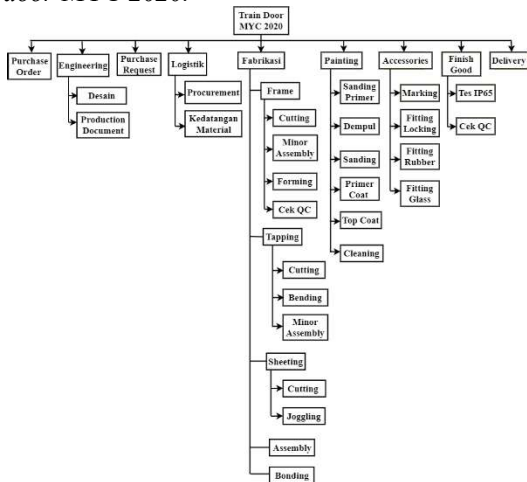
Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan

proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan proyek.[5]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Work Breakdown Structure (WBS)

WBS dari proses pengerjaan *train door* pada kereta ukur MYC 2020 ditunjukkan pada Gambar 1. WBS *train door* dibuat dengan model “*tree diagram*”. *Tree diagram* dapat mengikuti pekerjaan atau bahkan struktur organisasi perusahaan (yaitu, divisi, departemen, seksi, unit) [6]. Berikut ini WBS “*tree diagram*” dari *train door* MYC 2020.



Gambar 36. WBS Train Door pada Kereta Ukur MYC 2020

3.2 Analisis Metode Project Evaluation Review Technique (PERT)

Pada penelitian ini penentuan waktu optimis dan pesimis dilakukan dengan mewawancarai 2 orang karyawan yang terlibat pada beberapa proyek sebelumnya. *Optimistic time*, *most likely time*, dan *pessimistic time* diperkirakan oleh orang yang paling akrab dengan aktivitas tersebut. Hasil analisis waktu optimis, waktu realistis, dan waktu pesimis ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 14: Estimasi Waktu

Kegiatan	Uraian Kegiatan	a (Hari)	m (Hari)	b (Hari)
A	Purchase Order	3	4	6
B1	Design	30	35	55
B2	Production Document	30	35	56
C	Purchase Request	3	4	5
D1	Procurement	5	6	8
D2	Kedatangan Material	25	30	38
E11	Cutting Frame	2	3	5
E12	Minor Assembly Frame	2,5	4	5
E13	Forming	3	5	7
E14	Cek QC Fabrikasi	2	3	5

E21	Cutting Tapping	1	2	3
E22	Bending Minor Assembly	2	2,5	3
E23	Tapping	2	3	5
E31	Cutting Sheeting	2	2,5	4
E32	Jogging	5	10	12
E4	Assembly	3	5	7
E5	Bonding	5	8	9
F1	Sanding Primer	3	4	7
F2	Dempul	2,5	5	6
F3	Sanding	3	4	7
F4	Primer Coat	3	5	7
F5	Top Coat	2	4	5
F6	Cleaning	2	2,5	4
G1	Marking	2	3	5
G2	Fitting Rubber	2	3	6
G3	Fitting Locking	4	5	8
G4	Fitting Glass	3	5	8
H1	Tes IP 65	2	4	5
H2	Cek QC Finishing	3	5	7
I	Delivery	2	3	4

Tahap selanjutnya yaitu menghitung nilai *expected duration time* (TE) kemudian dicari lintasan kritisnya menggunakan perhitungan maju (*forward pass*) dan perhitungan mundur (*backward pass*).

Tabel 15: Expected Duration Time

Kegiatan	Uraian Kegiatan	Kegiatan Pendahulu	TE (Hari)
A	Purchase Order	-	4,17
B1	Design	A	37,50
B2	Production Document	B1	37,67
C	Purchase Request	B2	4,00
D1	Procurement	C	6,17
D2	Kedatangan Material	D1	30,50
E11	Cutting Frame	D2	3,17
E12	Minor Assembly Frame	E11	3,92
E13	Forming	E12	5,00
E14	Cek QC Fabrikasi	E13	3,17
E21	Cutting Tapping	E11	2,00
E22	Bending	E21	2,50
E23	Minor Assembly	E22	3,17
E31	Tapping	E23	3,17
E32	Cutting Sheeting	E11	2,67
E32	Jogging	E32	9,50
E4	Assembly	E14, E23	5,00
E5	Bonding	E4, E32	7,67
F1	Sanding Primer	E5	4,33
F2	Dempul	F1	4,75
F3	Sanding	F2	4,33
F4	Primer Coat	F3	5,00
F5	Top Coat	F4	3,83
F6	Cleaning	F5	2,67
G1	Marking	F6	3,17

G2	Fitting Rubber	G1	3,33
G3	Fitting Locking	G2	5,33
G4	Fitting Glass	G3	5,17
H1	Tes IP 65	G4	3,83
H2	Cek QC Finishing	H1	5,00
I	Delivery	H2	3,00

Tabel 16: Forward Pass dan Backward Pass

Kegiatan	ES	EF	LS	LF	Slack
A	0	4,17	0	4,17	0
B1	4,17	41,67	4,17	41,67	0
B2	41,67	79,33	41,67	79,33	0
C	79,33	83,33	79,33	83,33	0
D1	83,33	89,50	83,33	89,50	0
D2	89,50	120,00	89,50	120,00	0
E11	120,00	123,17	120,00	123,17	0
E12	123,17	127,08	123,17	127,08	0
E13	127,08	132,08	127,08	132,08	0
E14	132,08	135,25	132,08	135,25	0
E21	120,00	122,00	127,58	129,58	6,91
E22	122,00	124,50	129,58	132,08	6,91
E23	124,50	127,67	132,08	135,25	6,91
E31	120,00	122,67	128,08	130,75	5,25
E32	122,67	132,17	130,75	140,25	5,25
E4	135,25	140,25	135,25	140,25	0
E5	140,25	147,92	140,25	147,92	0
F1	147,92	152,25	147,92	152,25	0
F2	152,25	157,00	152,25	157,00	0
F3	157,00	161,33	157,00	161,33	0
F4	161,33	166,33	161,33	166,33	0
F5	166,33	170,17	166,33	170,17	0
F6	170,17	172,83	170,17	172,83	0
G1	172,83	176,00	172,83	176,00	0
G2	176,00	179,33	176,00	179,33	0
G3	179,33	184,67	179,33	184,67	0
G4	184,67	189,83	184,67	189,83	0
H1	189,83	193,67	189,83	193,67	0
H2	193,67	198,67	193,67	198,67	0
I	198,67	201,67	198,67	201,67	0

Dapat diketahui total waktu penyelesaian proyek *train door* kereta ukur MYC 2020 menggunakan metode PERT adalah selama 201,67 hari. Kegiatan yang memiliki *slack* = 0 termasuk lintasan kritis. Lintasan kritis pada proyek ini adalah kegiatan: A-B1-B2-C-D1-D2-E11-E12-E13-E14-E4-E5-F1-F2-F3-F4-F5-F6-G1-G2-G3-G4-H1-H2-I. Dari perhitungan diatas dapat diketahui pula bahwa lintasan kritis tersebut memiliki jumlah varian kejadian (*V*) sebesar:

$$V(te) = V(A) + V(B1) + V(B2) + V(C) + V(D1) + V(D2) + V(E11) + V(E12) + V(E13) + V(E14) + V(E4) + V(E5) + V(F1) + V(F2) + V(F3) + V(F4) + V(F5) + V(F6) + V(G1) + V(G2) + V(G3) + V(G4) + V(H1) + V(H2) + V(I)$$

$$V(te) = 0,25 + 17,36 + 18,78 + 0,11 + 0,25 + 4,69 + 0,25 + 0,17 + 0,44 + 0,25 + 0,44 + 0,44 + 0,44 + 0,34 + 0,44 + 0,44 + 0,25 + 0,11 + 0,11 + 0,25 + 0,44 + 0,44 + 0,69 + 0,25 + 0,44 + 0,11$$

$$V(te) = 30,99$$

Sehinga didapat deviasi standar sebesar:

$$S = \sqrt{V}$$

$$S = \sqrt{30,99} = 5,57$$

Maka dapat ditentukan probabilitas pengerjaan *train door* pada proyek kereta ukur MYC 2020 yang ditunjukkan sebagai berikut:

$$Z = \frac{200 - 201,67}{5,57}$$

$$Z = -0,29$$

Berdasarkan nilai tersebut, dapat dilihat pada tabel *standard normal probabilities* diperoleh nilai sebesar 0,3859 dimana bisa dikatakan bahwa peluang tercapainya target penyelesaian pada pengerjaan *train door* proyek kereta ukur MYC 2020 adalah 38,59%, sedangkan 61,41% mengalami keterlambatan. Hal ini sesuai dengan realisasi jadwal di lapangan dimana pada proses penyelesaiannya mengalami keterlambatan.

3.3 Analisis Metode Time Cost Trade Off

3.3.1 Crashing

Crashing merupakan suatu proses yang bertujuan untuk mempersingkat kurun waktu penyelesaian. Variabel yang digunakan untuk percepatan pada proyek kali ini adalah dengan menambahkan jam kerja selama 4 jam pada aktivitas yang terletak di lintasan kritis. Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan biaya normal masing-masing kegiatan. Besarnya biaya normal merupakan hasil perkalian antara durasi normal (aktual) dengan *normal cost* pekerja perhari (upah pekerja per hari). Langkah selanjutnya yaitu menghitung biaya dipercepat masing-masing kegiatan (*crash cost*) dan *crash duration* menggunakan Persamaan 6 kemudian menghitung nilai *cost slope* menggunakan Persamaan 5. Dari hasil perhitungan tersebut didapat nilai *cost slope* untuk masing-masing kegiatan dengan urutan seperti pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 17: Hasil *Crashing*

Kegiatan	Cost Slope	Selisih dengan Durasi Normal (Hari)	Total Crash Duration (Hari)
Durasi Normal	-	-	217
G2	Rp 56.875	1,6	215,4
G3	Rp 56.875	2	213,4
G4	Rp 56.875	1,6	211,8
I	Rp 75.147	1,7	210,1
G1	Rp 220.938	0,8	209,3
F5	Rp 253.750	1	208,3
F1	Rp 269.191	1,7	206,6
F2	Rp 275.625	1,2	205,4
F4	Rp 275.625	1,2	204,2
F3	Rp 291.250	1,4	202,8
F6	Rp 291.250	0,7	202,1
E5	Rp 507.500	2,5	199,6

Durasi percepatan yang dihasilkan pada alternatif 4 jam lembur adalah 199,6 hari dengan melakukan *crashing* sampai kegiatan *bonding*. Pada alternatif 4 jam lembur tidak mempercepat seluruh kegiatan karena hal tersebut dapat

mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk mempercepat durasi proyek.

3.3.2 Total Biaya

Biaya pada suatu proyek terdiri dari biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). Pada proyek ini, biaya langsung terdiri dari biaya tenaga kerja dan biaya material. Biaya material yang digunakan pada proyek ini yaitu biaya yang dikeluarkan untuk material sehingga tercipta sebuah produk, seperti plat, profil, cat, dan lain-lain. Sementara itu, yang termasuk biaya tidak langsung pada proyek ini adalah biaya *consumable*. Berdasarkan ketentuan perusahaan, biaya *consumable* dihitung 20% dari total biaya material. Total biaya yang dikeluarkan pada durasi normal dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 18: Total Biaya pada Durasi Normal

No	Jenis Biaya	Total Biaya
1	Biaya tenaga kerja	Rp 20.128.000
2	Biaya material	Rp 365.249.327
3	Biaya <i>consumable</i>	Rp 73.049.865
4	Biaya Denda	Rp 13.908.686
Total		Rp 472.335.878

Untuk total biaya pada durasi dipercepat dengan 4 jam lembur dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

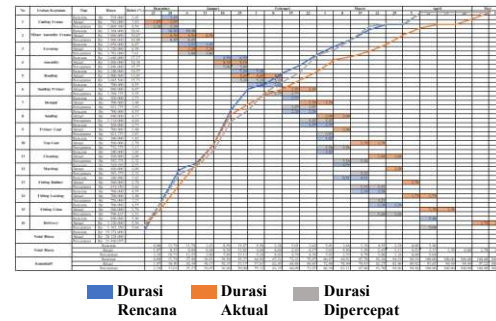
Tabel 19: Total Biaya pada Durasi Dipercepat

No	Jenis Biaya	Total Biaya
1	Biaya tenaga kerja	Rp 23.981.500
2	Biaya material	Rp 365.249.327
3	Biaya <i>consumable</i>	Rp 73.049.865
Total		Rp 462.280.692

Berdasarkan hasil penelitian, percepatan durasi menggunakan alternatif 4 jam lembur dengan durasi proyek 199,6 hari memiliki durasi yang lebih singkat dari durasi rencana yaitu 200 hari, sehingga telah memenuhi kriteria waktu optimal. Pada proyek ini total biaya normal lebih tinggi dari total biaya percepatan, hal ini dikarenakan pada saat proyek berumur 217 hari, terdapat biaya denda keterlambatan yang harus dikeluarkan sebesar Rp 13.908.686,-.

3.4 Kurva S

Pada penelitian ini, penggambaran kemajuan kerja menggunakan pengeluaran biaya untuk tenaga kerja. Kurva-S untuk pengerjaan *train door* pada proyek kereta ukur MYC 2020 diperlihatkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 37. Kurva S Proyek Train Door Kereta Ukur MYC 2020

Pada Gambar 2 terlihat dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan bentuk kurva S antara durasi rencana, durasi aktual dan durasi yang dipercepat. Untuk durasi normal (aktual) terlihat lebih landai dikarenakan waktu penyelesaiannya lebih lama dibandingkan dengan durasi rencana dan durasi yang dipercepat. Bila sebuah kurva S berada di atas kurva S lain, maka hal tersebut menunjukkan volume penyelesaian pekerjaan lebih besar sehingga dapat mempercepat durasi proyek.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Probabilitas pengerjaan *train door* pada proyek kereta ukur MYC 2020 mengalami keterlambatan berdasarkan metode PERT adalah 61,41%.
2. Proses percepatan durasi pengerjaan *train door* pada proyek kereta ukur MYC 2020 dilakukan dengan penambahan jam kerja selama 4 jam. Berdasarkan analisis metode *time cost trade off* didapatkan waktu dan biaya optimal dari pengerjaan *train door* pada proyek kereta ukur MYC 2020 yaitu percepatan durasi menjadi 199,6 hari dengan total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 462.280.692,-.
3. Analisis pengerjaan *train door* didapatkan bahwa kurva durasi aktual lebih landai, hal itu dikarenakan proses penyelesaiannya mengalami keterlambatan sehingga waktu yang dibutuhkan lebih lama dibandingkan dengan rencana. Kurva pada durasi percepatan mendekati kurva pada rencana, yang artinya tingkat kemajuan pada durasi percepatan tidak jauh berbeda dari tingkat kemajuan pada jadwal rencana.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Allah SWT. Kemudian keluarga penulis Bapak Supriyanto Kurniawan dan Ibu Enggar Widayanti yang telah mencurahkan kasih sayang dan dukungan dalam segala bentuk. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Renanda

Nia Rachmadita, S.T., M.T. dan Ibu Thina Ardliana, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan arahan, nasihat, petunjuk dan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.

6. PUSTAKA

- [1] Soeharto, I. (1999). **Manajemen Proyek Jilid 1 (Dari Konseptual sampai Operasional)**. Jakarta: Erlangga.
- [2] Dannyanti, E., dan B. Sudaryanto. (2010). **Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode PERT Dan CPM (Studi Kasus Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip)**. **Doctoral Dissertation**. Universitas Diponegoro.
- [3] Agustina, D. V., dan T. Tiyasmihadi (2020). **Analisa Penjadwalan Pembangunan Fishing Boat TRANS7 Dengan Metode Crashing Project. Tugas Akhir**. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [4] Priyo, M., dan M. R. U. Aulia. (2016). **Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia**. **Semesta Teknika**, 18(1), 30-43.
- [5] Husen, A. (2011). **Manajemen Proyek (Perencanaan, Penjadwalan, &Pengendalian Proyek)**. Yogyakarta: ANDI.