

Analisis Pengendalian Waktu dan Biaya Proyek Pembangunan Gudang X di PT.XYZ Menggunakan Critical Path Method (CPM) dan Time-Cost Tradeoff (TCTO)

Faisal Rahman Tristiadi, Muhardi, Eka Tresna Gumelar
Prodi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis
Universitas Islam Bandung
Bandung, Indonesia

faisalrahmantris@gmail.com, muhardi@unisba.ac.id, eka.tresna.gumelar@unisba.ac.id

Abstract—Implementation of construction projects requires good project management in terms of planning, controlling time and costs. This is intended to improve a sound and integrated project management system. It often happens that a project must be completed faster than normal. In this case the project leader is faced with the problem of how to accelerate the completion of the project with optimal time and cost, this study aims to identify critical networks and analyze the optimal duration and cost, this warehouse development project has total duration of completion of 277 days with a total cost of Rp. 27,948,200,395, according to the phenomenon in the field there is a delay due to lack of project supervision for 14 days, therefore it is necessary to control to get out of the problem. Based on the results of this analysis, it can be concluded that the warehouse development project has optimization with a time efficiency of 5% or 14 days faster than its normal duration of 277 days to 263 days with an increase in costs of Rp. 227,467,478 which was originally Rp. 27,948,200,395 to Rp. 28,175,667,873. With a 1%.

Keywords— Warehouse, Critical Line, Time and cost Exchange, Crashing, Time-Cost Tradeoff

Abstrak—Pelaksanaan proyek konstruksi memerlukan adanya manajemen proyek yang baik dari segi perencanaan, pengendalian waktu dan biaya. Hal ini dimaksudkan agar dapat meningkatkan sistem pengelolaan proyek yang baik dan terintegrasi. Sering terjadi suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat daripada waktu normalnya, Dalam hal ini pimpinan proyek dihadapkan kepada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang optimal, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jaringan kritis dan menganalisis durasi dan biaya optimal, proyek pembangunan Gudang X mempunyai total durasi penyelesaian 277 hari dengan total biaya Rp. 27,948,200,395, menurut fenomena dilapangan terjadi keterlambatan akibat kurangnya pengawasan proyek selama 14 hari, maka dari itu perlu dilakukan pengendalian untuk keluar dari masalah tersebut. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa proyek pembangunan Gudang mempunyai optimalisasi dengan efisiensi waktu 5% atau lebih cepat 14 hari dari durasi normalnya yaitu 277 hari menjadi 263 hari dengan kenaikan biaya sebesar Rp. 227,467,478 yang semula Rp. 27,948,200,395 menjadi Rp. 28,175,667,873.dengan presentase kenaikan biaya 1%..

Kata Kunci—Gudang, Jalur Kritis, Pertukaran Waktu dan biaya, Crashing, Time-Cost Tradeoff

I. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan Gudang X dibangun untuk meningkatkan produktifitas dan kapaistas produksi. PT. XYZ ditunjuk sebagai kontraktor pelaksana dalam proyek , PT. XYZ sebagai pihak kedua harus mampu menjalankan proyek ini dengan baik dan terencana agar proyek dapat berlangsung dengan maksimal, Proyek Pembangunan Gudang X dikerjakan dengan total durasi waktu pengerjaan selama 277 hari, dalam pelaksanaanya terjadi keterlambatan selama 14 hari karena kurangnya pengawasan, maka dari itu perlu dilakukan pengendalian guna mengetahui waktu dan biaya yang optimal dengan menggunakan Critical Path Method dan Time-Cost Tradeoff

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana Pengendalian Waktu dan Biaya Proyek Pembangunan Gudang X.
2. Bagaimana Pengendalian Waktu dan Biaya Proyek Pembangunan Gudang X dengan Menggunakan Critical Path Method dan Time-Cost Tradeoff.

II. LANDASAN TEORI

Chitkara, 2014 dalam bukunya menyebutkan “Project is a mission, undertaken to create a unique facility, product or service within the specified scope, quality, time, and costs” dapat diartikan Proyek adalah misi yang dilakukan untuk menciptakan fasilitas, produk, atau layanan yang unik dalam ruang lingkup, kualitas, waktu, dan biaya yang ditentukan.

Manajemen Proyek

Menurut Jacob and Chase, (2017) dalam bukunya “Project management can be defined as planning, directing, and controlling resources (people, equipment, material) to meet the technical, cost, and time constraints of the project.” diartikan Manajemen proyek merupakan kegiatan

merencanakan, mengarahkan, dan mengendalikan sumber daya (orang, peralatan, bahan) untuk memenuhi teknis, biaya, dan waktu kendala proyek.

Garold Oberlender, (2014) dalam bukunya manajemen proyek adalah "The art and science of coordinating people, equipment, materials, money, and schedules to complete a specified project on time and within approved cost." Dapat diartikan Seni dan ilmu mengkoordinasikan orang, peralatan, bahan, uang, dan jadwal untuk menyelesaikan proyek yang ditentukan tepat waktu dan dalam biaya yang disetujui.

Perencanaan dan Penjadwalan Proyek

Garold Oberlender (2014) dalam bukunya, Perencanaan proyek adalah proses mengidentifikasi semua kegiatan yang diperlukan untuk berhasil menyelesaikan proyek. Penjadwalan proyek adalah proses menentukan urutan dari kegiatan yang direncanakan, menetapkan waktu realistis untuk setiap aktivitas, dan menentukan tanggal mulai dan selesai untuk setiap kegiatan.

Menurut Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R (2010) Proses perencanaan proyek dan kontrol sangat dibantu oleh penggunaan teknik yang membantu manajer proyek untuk menangani kompleksitasnya dan sifat berbasis waktu.

Gantt Chart adalah alat visual yang populer untuk perencanaan dan penjadwalan sederhana proyek. Gantt chart memungkinkan seorang manajer untuk menjadwalkan kegiatan proyek dan memantau kemajuan dari waktu ke waktu dengan rencana kemajuan yang direncanakan untuk kemajuan actual (Stevenson, 2015)

Network planning (Jaringan Kerja) pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram network. Dengan demikian dapat dikemukakan bagian-bagian pekerjaan yang harus didahulukan, sehingga dapat dijadikan dasar untuk melakukan pekerjaan selanjutnya dan dapat dilihat pula bahwa suatu pekerjaan belum dapat dimulai apabila kegiatan sebelumnya belum selesai dikerjakan (Handayani, E., Mona, E., & Pebriyanto, H. 2019).

Heizer dan Render, (2017) dalam bukunya ada dua pendekatan untuk menggambarkan jaringan proyek ada dua yaitu: AON (Activity on Node) dan AOA (Activity on Arrow). pada konvensi AoN, titik menunjukkan kegiatan sedangkan pada AOA, panah Menunjukkan Kegiatan. Sebuah Kegiatan memerlukan waktu dan sumber daya. Berikut adalah perbandingan antara AOA dan AON.

Critical Path Method (CPM)

Critical path method CPM adalah sebuah metode dalam manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penjadwalan, mengatur, dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada didalam suatu proyek. Dari data yang telah diperoleh yaitu berbagai aktivitas yang dikerjakan pada suatu proses, hubungan antar aktivitas yang satu dengan yang lain dan durasi masing-masing aktivitas maka dapat dibuat suatu jaringan kerja untuk mengetahui kapan aktivitas itu dapat dilakukan dan dapat diselesaikan. Hal ini dapat diketahui dengan melakukan perhitungan maju

dan perhitungan mundur, (Nailul Izzah, 2017).

Forward Pass atau perhitungan maju adalah perhitungan yang dimulai dengan aktivitas pertama hingga akhir dalam proyek.

1. Aturan Waktu Mulai Paling Awal (ES), suatu kegiatan dapat dimulai, ketika semua pendahulu langsung nya harus selesai:

- Jika suatu kegiatan hanya memiliki satu pendahulu langsung, ES-nya sama dengan EF dari pendahulu.

- Jika suatu kegiatan memiliki beberapa pendahulu langsung, ES-nya adalah maksimum dari semua nilai EF dari para pendahulunya. Itu adalah: $ES = \text{Max} \{EF \text{ dari semua pendahulu langsung} \}$

2. Aturan Waktu Selesai Paling Awal (EF), Waktu selesai paling awal (EF) dari suatu kegiatan adalah jumlah dari waktu mulai paling awal (ES) dan waktu aktivitasnya. Itu adalah: $EF = ES + \text{Waktu aktivitas}$. (Heizer dan Render, 2017)

Backward Pass atau perhitungan mundur dimulai dengan aktivitas terakhir hingga awal dalam proyek. Berikut dua aturan yang digunakan dalam proses ini:

1. Aturan waktu selesai paling lambat (LF), aturan ini didasarkan pada fakta bahwa suatu kegiatan dapat Dimulai setelah Semua pendahulunya harus selesai:

- Jika suatu aktivitas adalah pendahulu langsung hanya untuk satu aktivitas, LF sama dengan LS dari kegiatan yang segera mengikutinya.

- Jika suatu kegiatan adalah pendahulu langsung untuk lebih dari satu kegiatan, LF adalah minimum semua nilai LS dari semua aktivitas yang segera mengikutinya. Yaitu: $LF = \text{min} \{LS \text{ semua kegiatan yang mengikutinya} \}$

2. Aturan waktu mulai paling lambat (LS), LS dari suatu aktivitas adalah selisih dari waktu selesai paling lambat (LF) dan waktu aktivitasnya. Yaitu: $LS = LF - \text{waktu aktivitas}$. (Heizer dan Render, 2017)

Heizer dan Render (2017) dalam bukunya, untuk menghitung waktu yang paling awal dan waktu yang paling lambat untuk semua kegiatan, akan ditemukan jumlah waktu longgar yang dimiliki setiap aktivitas. Kelonggaran/Slack adalah lamanya waktu suatu kegiatan bisa ditunda tanpa menunda seluruh proyek. Dengan rumus: $Slack = LS - ES$ atau $Slack = LF - EF$

Aktivitas dengan Slack 0 disebut aktivitas kritis dan dikatakan berada di jalur kritis. Jalur kritis adalah jalur berkelanjutan melalui jaringan proyek yang:

- Mulai pada aktivitas pertama dalam proyek
- Berakhir pada aktivitas terakhir dalam proyek
- Hanya mencakup aktivitas kritis

Time-Cost Tradeoff

Time-Cost Tradeoff merupakan metode yang dapat digunakan untuk melakukan percepatan guna memperoleh biaya dan durasi optimal. Di dalam analisa Time-Cost Tradeoff ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang. Dalam proses mempercepat penyelesaian

proyek dengan melakukan penekanan waktu aktivitas, diusahakan agar biaya yang ditimbulkan seoptimal mungkin. Disamping itu harus diperhatikan pula bahwa penekanannya hanya dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang ada pada lintasan kritis. (Kisworo, R. W., Handayani, F. S., & Sunarmasto, S., 2017)

Dalam proses mempercepat penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan waktu aktivitas, diusahakan agar biaya yang ditimbulkan seminimal mungkin. Disamping itu harus diperhatikan pula bahwa penekanannya hanya dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang ada pada lintasan kritis. Langkah-langkah analisisnya sebagai berikut Kisworo, R. W., Handayani, F. S., & Sunarmasto, S. (2017):

- a. Menyusun jaringan kerja proyek, mencari lintasan kritis dan menghitung cost slope tiap aktivitas.
- b. Melakukan kompresi pada aktivitas yang berada pada lintasan kritis dan mempunyai cost slope terendah.
- c. Menyusun kembali jaringan kerja.
- d. Mengulangi langkah kedua, dimana langkah kedua akan berhenti bila terjadi penambahan lintasan kritis dan bila terdapat lebih dari satu lintasan kritis, maka langkah kedua dilakukan secara serentak pada semua lintasan kritis dan perhitungan cost slope dijumlahkan.
- e. Langkah dihentikan bila terdapat salah satu lintasan kritis dimana aktivitas-aktivitasnya telah jenuh seluruhnya (tidak mungkin dikompres lagi sehingga pengendalian biaya telah optimum).

Untuk mempersingkat sebuah aktivitas dengan menambah sumber daya lebih pada aktivitas tersebut. Dengan rumus:

$$\text{Cost Slope} = \frac{(\text{biaya crash} - \text{biaya normal})}{\text{waktu normal} - \text{waktu crash}}$$

(Heizer dan Render, 2017)

Untuk menganalisis optimalisasi waktu dan biaya proyek hasil dari Critical Path Method dan Time-Cost Tradeoff ada dua hal yang perlu diperhatikan yaitu waktu dan biaya pada kondisi normal dan waktu dan biaya pada kondisi setelah terjadi crashing untuk dijadikan tolak ukur dalam pengoptimalan, dapat dilakukan dengan perbandingan dengan rumus sebagai berikut:

$$1. \text{ Efisiensi Waktu} = \frac{\text{Waktu Real} - \text{Trade Offs}}{\text{Waktu Real}} \times 100 \%$$

$$2. \text{ Kenaikan Biaya} = \frac{\text{Total Biaya setelah Trade Offs} - \text{Biaya Real}}{\text{Biaya Real}} \times 100 \%$$

Perlu diketahui sebelumnya fokus utama dari Time-Cost Tradeoff adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan kenaikan biaya yang paling optimal, dapat dikatan optimal apa bila menghasilkan output tertentu dengan input serendah-rendahnya, atau dengan input tertentu mampu menghasilkan output sebesar-besarnya.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

PT. XYZ melakukan pembangunan Gudang X selama 277 hari dengan 8 pekerjaan utama yaitu pondasi, Pilecap dan Pedestal wall, steel struktur Gudang, pekerjaan dinding dan lantai, jalan, pagar, elektrik dan pemadam kebakaran, terjadi keterlambatan karena kurangnya pengawasan selama 14 hari, maka dari itu perlu dilakukan percepatan waktu dan biaya dengan optimal.

Berikut adalah hasil penelitian mengenai proyek pembangunan Gudang yang dialukan oleh PT. XYZ.

A. Analisis Waktu dan Biaya Normal

TABEL 1. DURASI DAN BIAYA PROYEK

Ko de	Uraian Pekerja	Dur asi	Biaya Material	Tenaga Kerja
A	Pekerjaan Pondasi			
A1	Pengadaan tiang pancang	2	1.429.20 8.534	-
A2	pemancangan sequence 1-3	6	65.973.3 36	28.274.2 87
A3	pemancangan Sequence 4-7	6	87.964.4 48	37.699.0 49
A4	pemancangan Sequence 8-11	6	87.964.4 48	37.699.0 49
A5	pemancangan Sequence 12-13	4	43.982.2 24	18.849.5 25
A6	PDA test (4 titik)	6	58.315.9 97	24.992.5 70
A7	exsavasi	20	513.235. 899	-
A8	Pemotongan tiang pancang	14	13.330.6 73	5.713.14 5
B	Pekerjaan pile cap, pedestal & wall			
B1	LC 1-7	1	200.602. 680	85.972.5 77
B2	Pembesian pile cap 1-7	6	30.771.4 19	13.187.7 51
B3	Bekisting pile cap 1-7	1	10.785.5 43	4.622.37 6
B4	Pengecoran pile cap 1-7	1	27.890.5 91	11.953.1 10
B5	Pembesian pedestal dan wall 1-7	5	326.399. 393	139.885. 454
B6	Bekisting pedestal dan wall 1-7	2	327.911. 044	140.533. 304
B7	Penhgecoran colom pedestal 1-7	1	1.143.42 0.211	490.037. 233
B8	Pemadatan & test CBR 1-7	6	67.107.3 42	28.760.2 89
B9	LC 2 8-13	1	171.945. 155	73.690.7 81
B10	Pembesian pile cap 8-13	5	26.375.5 02	11.303.7 87
B11	Bekisting pile cap 8-13	2	9.244.75 2	3.962.03 6

Ko de	Uraian Pekerja	Dur asi	Biaya Material	Tenaga Kerja
B1 2	Pengecoran pile 8-13	1	23.906.21	10.245.523
B1 3	Pembesian pedestal dan wall 8-13	3	279.770.908	119.901.818
B1 4	Bekisting pedestal dan wall 8-13	1	281.066.609	120.457.118
B1 5	Penhgecoran colom pedestal 8-13	1	980.074.466	420.031.914
B1 6	Pemadatan & test CBR 8-13	6	57.520.579	24.651.677
C	Pekerjaan steel strukture gudang			
C1	Fabrikasi	60	9.881.043.364	-
C2	Instal roofing & Cladding grid 0-9	20	1.404.878.365	602.090.728
C3	Instal roofing & Cladding grid 10-15	17	842.927.019	361.254.437
D	Pekerjaan Dinding dan lantai			
D1	Pekerjaan dinding grid 0-9	7	246.862.775	105.798.332
D2	Pekerjaan dinding grid 10-15	4	137.145.986	58.776.851
D3	Pekerjaan lantai grid 0-9	5	143.019.983	61.294.278
D4	Pekerjaan lantai grid 10-15	3	79.455.546	34.052.377
D5	Pemasangan pintu & jendela	2	335.077.261	143.604.541
E	Pekerjaan jalan			
E1	Exavasi	4	186.774.690	-
E2	Pemadatan Tanah Dasar (CBR 5 %)	3	84.025.637	36.010.987
E3	Pemadatan Batu Kapur (CBR 20 %)	4	175.387.436	75.166.044
E4	Pemadatan Pasir Kerikil (CBR 35 %)	4	135.392.907	58.025.531
E5	Pemadatan Batu Pecah (CBR 85 %)	4	233.594.620	100.111.980
E6	Pemasangan Paving Block	7	295.995.333	126.855.143
F	Pekerjaan Pagar			
F1	Exavasi	2	2.888.028	-
F2	Lean Concrete	2	8.066.854	3.457.223
F3	Pembesian	3	65.970.689	28.273.153
F4	Bekisting	1	41.588.254	17.823.538
F5	Pengecoran	1	25.158.245	10.782.105
F6	Pemasangan Pagar BRC	6	192.394.395	82.454.741

Ko de	Uraian Pekerja	Dur asi	Biaya Material	Tenaga Kerja
F7	Pemasangan Pintu	2	44.951.914	19.265.106
G	Pekerjaan Eelektrikal			
G1	Pekerjaan panel listrik dan kabel	30	373.984.247	160.278.963
G2	Pekerjaan kabel tray	5	277.565.835	118.956.786
G3	Pekerjan sistem pentanahan dan penangkal petir	4	134.148.163	57.492.070
H	Pekerjaan Pemadam Kebakaran			
H1	Instalasi pompa & peralatan utama	5	875.393.642	375.168.704
H2	Instalasi piping rumah pompa	11	256.003.198	109.715.656
H3	Instalasi pipa hydrant	13	423.223.072	181.381.316
	Total		23.167.685.432	4.780.514.963

Berdasarkan tabel diatas dapat diperoleh total biaya material sebesar Rp. 23.167.685.432, dengan total tenaga kerja sebesar Rp. 4.780.514.963, maka total biaya dalam pembangunan Gudang ini sebesar Rp. 27,948,200,395.

B. Analisis Jaringan Kerja Waktu Normal dengan Menggunakan CPM

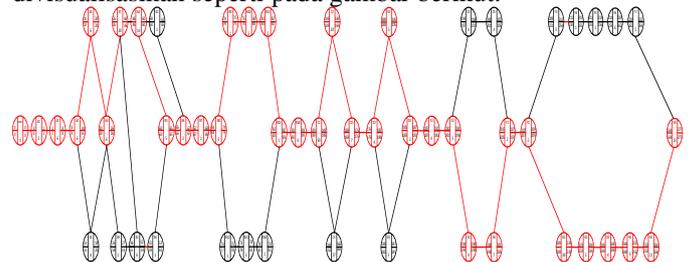
TABEL 2. PERHITUNGAN FORWARD PASS DAN BACKWARD PASS

Kode	Durasi	Pekerjaan	ES	EF	LS	LF	Slack
A1	2	Pengadaan tiang pancang	0	2	0	2	0
A2	6	pemancangan sequence 1-3	2	8	2	8	0
A3	6	pemancangan Sequence 4-7	8	14	8	14	0
A4	6	pemancangan Sequence 8-11	14	20	14	20	0
A5	4	pemancangan Sequence 12-13	14	18	16	20	2
A6	6	PDA test (4 titik)	20	26	20	26	0
A7	20	exsavasi	26	46	26	46	0
A8	14	Pemotongan tiang pancang	46	60	46	60	0
B1	1	LC 1-7	60	61	64	65	4
B2	6	Pembesian pile cap 1-7	46	52	53	59	7
B3	1	Bekisting pile cap 1-7	26	27	58	59	32
B4	1	Pengecoran pile cap 1-7	52	53	59	60	7

Kode	Durasi	Pekerjaan	ES	EF	LS	LF	Slack
B5	5	Pembesian pedestal dan wall 1-7	60	65	60	65	0
B6	2	Bekisting pedestal dan wall 1-7	65	67	65	67	0
B7	1	Pengecoran colom pedestal 1-7	67	68	67	68	0
B8	6	Pemadatan & test CBR 1-7	68	74	68	74	0
B9	1	LC 2 8-13	74	75	74	75	0
B10	5	Pembesian pile cap 8-13	75	80	75	80	0
B11	2	Bekisting pile cap 8-13	80	82	80	82	0
B12	1	Pengecoran pile 8-13	74	75	77	78	3
B13	3	Pembesian pedestal dan wall 8-13	75	78	78	81	3
B14	1	Bekisting pedestal dan wall 8-13	78	79	81	82	3
B15	1	Pengecoran colom pedestal 8-13	82	83	82	83	0
B16	6	Pemadatan & test CBR 8-13	83	89	83	89	0
C1	60	Fabrikasi	89	149	89	149	0
C2	20	Instal roofing & Cladding grid 0-9	149	169	149	169	0
C3	17	Instal roofing & Cladding grid 10-15	149	166	152	169	3
D1	7	Pekerjaan dinding grid 0-9	169	176	169	176	0
D2	4	Pekerjaan dinding grid 10-15	176	180	176	180	0
D3	5	Pekerjaan lantai grid 0-9	180	185	180	185	0
D4	3	Pekerjaan lantai grid 10-15	180	183	182	185	2
D5	2	Pemasangan pintu & jendela	185	187	185	187	0
E1	4	Exavasi	187	191	187	191	0
E2	3	Pemadatan Tanah Dasar (CBR 5 %)	191	194	191	194	0
E3	4	Pemadatan Batu Kapur (CBR 20 %)	194	198	197	201	3

Kode	Durasi	Pekerjaan	ES	EF	LS	LF	Slack
E4	4	Pemadatan Pasir Kerikil (CBR 35 %)	194	198	194	198	0
E5	4	Pemadatan Batu Pecah (CBR 85 %)	198	202	201	205	3
E6	7	Pemasangan Paving Block	198	205	198	205	0
F1	2	Exavasi	205	207	205	207	0
F2	2	Lean Concrete	207	209	207	209	0
F3	3	Pembesian	209	212	251	254	42
F4	1	Bekisting	212	213	254	255	42
F5	1	Pengecoran	213	214	255	256	42
F6	6	Pemasangan Pagar BRC	214	220	256	262	42
F7	2	Pemasangan Pintu	220	222	262	264	42
G1	30	Pekerjaan panel listrik dan kabel	209	239	209	239	0
G2	5	Pekerjaan kabel tray	239	244	239	244	0
G3	4	Pekerjaan sistem pentanahan dan penangkal petir	244	248	244	248	0
H1	5	Instalasi pompa & peralatan utama	248	253	248	253	0
H2	11	Instalasi piping rumah pompa	253	264	253	264	0
H3	13	Instalasi pipa hydrant	264	277	264	277	0

Berdasarkan perhitungan forward pass dan backward pass diperoleh waktu pengerjaan proyek 277 hari yang divisualisasikan seperti pada gambar berikut:



Gambar 1. Network Planning waktu normal

C. Analisis Waktu dan Biaya menggunakan Time-Cost Tradeoff.

Dalam mempercepat waktu pengerjaan, PT. XYZ menambahkan biaya tenaga kerja agar dapat menyelesaikan dalam waktu yang lebih singkat dari waktu normal.

TABEL 3. AKTIVITAS DAN BIAYA YANG DICRASH

AKTIVITAS	WAKTU (HARI)		Cost Slope	BIAYA (Rp.)		Total Biaya Normal	Total Biaya Crash
	Normal	Crash		Biaya Normal Pekerja	Biaya Crash pekerja		
A8	14	8	1,666,334	5,713,145	9,998,004	19,043,818	29,041,823
F2	2	1	6,914,446	3,457,223	6,914,446	11,524,077	18,438,523
B11	2	1	7,924,073	3,962,036	7,924,073	13,206,788	21,130,861
B10	5	4	14,129,733	11,303,787	14,129,733	37,679,289	51,809,022
B16	6	5	29,582,012	24,651,677	29,582,012	82,172,256	111,754,268
A2	6	5	33,929,144	28,274,287	33,929,144	94,247,623	128,176,767
B8	6	5	34,512,347	28,760,289	34,512,347	95,867,631	130,379,978
A3	6	5	45,238,859	37,699,049	45,238,859	125,663,497	170,902,356
A4	6	5	45,238,859	37,699,049	45,238,859	125,663,497	170,902,356
Total					227,467,478		

Dari Tabel diatas diketahui aktivitas-aktivitas yang akan dilakukan crash.

D. Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek Pembangunan Gudang

Berdasarkan hasil analisis proyek, terjadi perubahan waktu pengerjaan dan biaya proyek.

TABEL 4. PERUBAHAN WAKTU

WAKTU (HARI)	
Normal	277
Time-Cost Tradeoff	263

Hasil Analisis waktu pengerjaan proyek dalam waktu normal selama 277 hari setelah dilakukan crash pengerjaan proyek berubah menjadi 263 hari.

TABEL 5. PERUBAHAN BIAYA

Biaya (Rp.)	
Normal	Rp. 27,948,200,395

Time-Cost Tradeoff	Rp. 28,175,667,873
--------------------	--------------------

Dapat diketahui dari tabel diatas bahwa biaya proyek setelah dilakukan perhitungan CPM biaya proyek tetap Rp. 27,948,200,395. Setelah dilakukan Crash biaya proyek mengalami kenaikan menjadi Rp. 28,175,667,873.

Untuk menghitung tingkat efisiensi waktu dan kenaikan biaya dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Waktu} = \frac{277-263}{263} \times 100 \% = 0,53 \text{ atau } 5\%$$

$$\text{Kenaikan Biaya} = \frac{28,175,667,873 - 27,948,200,395}{27,948,200,395} \times 100 \% = 0,081 \text{ atau } 1\%$$

Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa proyek pembangunan Gudang X mempunyai optimalisasi dengan efisiensi waktu 5% atau lebih cepat 14 hari dari durasi normalnya yaitu 277 hari menjadi 263 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp. 227,467,478 yang semula Rp. 27,948,200,395 menjadi Rp. 28,175,667,873 dengan presentase kenaikan biaya 1%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Pekerja Pembangunan Proyek Gudang X di PT. XYZ dengan total biaya Rp. 27,948,200,395 dan memiliki waktu pengerjaan selama 277 hari yang disusun berdasarkan Gantt Chart, proyek pembangunan Gudang ini mempunyai 8 pekerjaan utama yaitu pekerjaan pondasi, pekerjaan pilecap dan pedestal, pekerjaan steel struktur, pekerjaan dinding dan lantai, pekerjaan pekerjaan jalan, pekerjaan pagar. pekerjaan Elektrikal dan pekerjaan Pemadam Kebakaran, dalam pelaksanaan dilapang terjadi keterlambatan akibat kurangnya pengawasan maka dari itu perlu dilakukan penjadwalan ulang untuk mengidentifikasi jalur kritis dan percepatan pada penyelesaian proyek
2. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan Critical Path Method proyek mempunyai 34 jalur kritis, dan berdasarkan perhitungan menggunakan Time-Cost Tradeoff, terjadi percepatan penyelesaian proyek selama 14 hari dari waktu normal, Pekerjaan waktu proyek pembangunan Gudang X sudah cukup efisien, hal ini dilihat dari pencapaian target waktu penyelesaian proyek yaitu 277 hari kerja menjadi 263 hari kerja dengan presentasi efisiensi 5%, hasil perhitungan Critical Path Method setelah Crashing Menunjukkan umur proyek yang lebih pendek 14 hari yaitu 263 dan membutuhkan biaya tambahan sebesar Rp.

227,467,478. Dengan total biaya proyek menjadi sebesar Rp. 28,175,667,873 atau 1% lebih besar dari biaya normal.

V. SARAN

1. Dalam merencanakan durasi kegiatan diharapkan pihak manajemen proyek menggunakan Critical Path Method diperoleh perencanaan durasi yang optimal serta dapat di jadikan sebagai acuan sebagai alat kontrol terhadap waktu.
2. Ketika terjadi sebuah keterlambatan dalam suatu kegiatan proyek diharapkan pihak manajemen proyek dapat menggunakan metode time-cost tradeoff sebagai langkah dalam mempercepat waktu penyelesaian proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] William J . Stevenson, S. C. (2015). Manajemen Operasi : Perspektif Asia Edisi 9 Buku 2
- [2] F. Robert Jacobs, R. B. (2017). Operations and Supply Chain Management 15th Edition. McGraw-Hill Higher Education
- [3] Heizer, J. &. (2017). Operations Management Sustainability and Supply Chain Management, 12thed..
- [4] Chitkara, K. K. (2014). Construction Project Management: Planning, Scheduling and Controlling 3rd Edition,. McGraw Hill India. NY: Pearson Education.
- [5] Izzah, N. (2017). Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT. X. Rekayasa, 10(1).
- [6] Kisworo, R. W. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur dan Jumlah Alat. Matriks Teknik Sipil, 5(3)
- [7] Handayani, E. M. (2019). Pengendalian Waktu pada Proyek Peningkatan Jalan Simpang Candi Muaro Jambi Metode CPM. Jurnal Civronlit Unbari, 4(1), 34-39.
- [8] Oberlender, G. D. (2014). Project Management for Engineering and Construction, Third Edition by Garold . MCGRAW-HILL Professional.
- [9] Slack, N. C. (2010). Operations management. Pearson Education.