

PERENCANAAN PROYEK DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI DAN EFEKTIFITAS JALAN TOL TERBANGI BESAR-KAYU AGUNG LAMPUNG PT WASKITA KARYA

Rizki Setiawan¹⁾, Handoyo²⁾

^{1,2} Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
e-mail: rizkisetiawan117@gmail.com¹⁾, handoyo.dosen@gmail.com²⁾

ABSTRAK

Proses kegiatan untuk melakukan perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengendalian atas sumber daya organisasi adalah definisi manajemen proyek yang mana dimiliki perusahaan untuk mencapai tujuan tertentu dalam waktu dan sumber daya tertentu pula. Proyek pembangunan jalan Tol Terbangi Besar-Kayu Agung Lampung merupakan proyek yang harus diselesaikan dengan waktu sesingkat mungkin serta melalui pemanfaatan sumber daya yang ada dengan semaksimal mungkin. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja proyek pembangunan jalan tol Terbangi Besar-Kayu Agung Lampung dengan menggunakan metode PERT dan CPM dengan Panjang jalan tol sebesar 189,2 Km (117,6 mil). Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan menggunakan kedua metode tersebut, waktu penyelesaian proyek yang awalnya adalah 238 hari dapat terselesaikan hanya dalam waktu 119. Dengan demikian, waktu pengerjaan proyek lebih efektif 50% dari waktu yang ditetapkan. Adapun beberapa alternatif usulan dengan menambahkan shift kerja yang telah mengalami crashing sebanyak 32 kali yang mana memiliki biaya optimal sebesar Rp 39,154,229,627.03 dan waktu optimal selama 119 hari. Sedangkan alternatif penambahan kapasitas alat menghasilkan waktu optimal selama 189 hari dan biaya optimal sebesar Rp 39,205,747,076.44 dengan proses crashing mencapai 12 kali crashing. Perencanaan Proyek Pembangunan Jalan Tol dijadwalkan akan memiliki waktu normal pengerjaan selama 238 hari dengan biaya total Rp 39,349,097,164.38.

Kata kunci : Manajemen Proyek, *Critical Path Method, Network Diagram, Crash Program, Project evaluation and review technique*

ABSTRACT

Project management is an activity process for planning, organizing, directing and controlling organizational resources owned by the company to achieve certain goals within certain time and resources as well. The project for the construction of the Terbangi Besar-Kayu Agung Lampung toll road is a project that must be completed in the shortest possible time and by making the most of existing resources. This study has purpose to evaluate the performance of the construction project of the Terbangi Besar-Kayu Agung Lampung toll road using the PERT and CPM methods with a toll road length of 189.2 km (117.6 miles). Based on the results obtained by using these two methods, the project completion time which was originally 238 days can be completed in just 119. Thus, the project processing time is 50% more effective than the set time. There are several alternative proposals. The alternative proposal by adding work shifts that have crashed 32 times has an optimal cost of Rp. 39,154,229,627.03 and an optimal time of 119 days. While the alternative of increasing the capacity of the equipment produces an optimal time of 189 days and an optimal cost of Rp. 39,205,747,076.44 with the crashing process reaching 12 times of crashing. The Toll Road Development Project Planning is scheduled to have a normal time to work for 238 days at a total cost of Rp. 39,349,097,164.38.

Keywords: *Project Management, Critical Path Method, Network Diagram, Crash Program, Project evaluation and review technique*

I. PENDAHULUAN

Proyek yang sesuai dengan tujuan yang direncanakan maka proyek tersebut harus diolah dengan profesional dan manajemen yang baik dan berbobok. Sukses tidaknya suatu proyek ditentukan oleh bagaimana sumber daya dalam proyek tersebut dikelola. Oleh karena itu, dalam memulai dan menyelesaikan suatu proyek perlu untuk direncanakan, diorganisasi, diarahkan, dikoordinasi dan diawasi dengan sebaik-baiknya. Perencanaan yang baik diperlukan dalam pembangunan yakni diantaranya dengan mempertimbangkan waktu dan biaya yang efisien serta mutu yang berkualitas.

Proyek pembangunan jalan Tol Terbangi Besar-Kayu Agung Lampung merupakan proyek yang harus diselesaikan dengan waktu sesingkat mungkin serta dengan memanfaatkan sumber daya yang ada secara semaksimal mungkin. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja proyek pembangunan jalan tol Terbangi Besar-Kayu Agung Lampung dengan Panjang jalan tol sebesar 189,2 Km (117,6 mil).

Pada penelitian ini, metode CPM dan PERT dipilih karena pada beberapa penelitian metode ini terbukti dapat diterapkan pada beberapa kasus penjadwalan. Metode CPM dan PERT telah banyak digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya dan terbukti dapat memberikan hasil yang optimal. Beberapa penelitian tersebut diantaranya Kholil dan Hariadi (2018) yang menggunakan metode CPM dan PERT untuk menjadwalkan proyek pengembangan rumah, Yuniarti, dan Djonaedi (2020) serta Badruzzaman et al. (2020) yang menggunakan kedua metode tersebut untuk mengefisienkan proses produksi suatu produk, Setiawati (2017) dan Ba'Its et al. (2020) yang menggunakan kedua metode tersebut pada penjadwalan proyek konstruksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Manajemen dan Proyek

Menurut Hasibuan manajemen proyek merupakan ilmu dan seni mengatur proses pemanfaatan sumber daya manusia dan sumber-sumber lainnya secara efektif dan efisien dalam mencapai suatu tujuan tertentu (Susan, 2019). Ada beberapa kegiatan utama dalam manajemen diantaranya *Planning, Organizing, Actuating, dan controlling* (POAC) (Aroododo dan Temesvari, 2017). Sedangkan proyek adalah suatu usaha yang memiliki awal dan akhir dan dijalankan untuk memenuhi tujuan yang telah ditetapkan dalam biaya, jadwal, dan sasaran kualitas (Sudarson, 2020).

B. Manajemen Proyek

Soeharto menuturkan bahwa manajemen proyek (2017) merupakan serangkaian proses perencanaan, pengorganisasian, memimpin, dan pengendalian baik dari sisi kegiatan serta sumber daya dari proyek dalam mencapai tujuan tertentu. Sedangkan menurut Tantra (setiawan, 2019), Manajemen proyek adalah pengaplikasian dari pengetahuan, keahlian, dan teknik untuk menjalankan suatu proyek. Dari definisi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa manajemen proyek adalah proses kegiatan untuk melakukan perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengendalian terhadap sumber daya organisasi yang dimiliki perusahaan agar dapat mencapai tujuan tertentu dalam waktu dan sumber daya tertentu pula.

Manajemen proyek dapat diartikan rangkaian aktivitas yang terdiri dari perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek yang terdiri dari beberapa kegiatan. Manajemen proyek juga bisa diaplikasikan pada jenis proyek apapun, dan digunakan secara luas dalam menyelesaikan proyek yang besar dan kompleks. Fokus utama dalam manajemen proyek adalah pencapaian tujuan akhir proyek dengan segala batasan yang ada baik berupa waktu, atau dana yang tersedia. Tujuan utamanya yakni mengatur penyusunan jadwal (*schedule*), menentukan total waktu yang digunakan, menentukan aktivitas/kegiatan yang perlu didahulukan, dan menentukan biaya yang diperlukan dalam menyelesaikan suatu proyek.

Semuanya diarahkan pada sasaran yang telah ditetapkan dan berlangsung terus-menerus dengan berjalannya waktu.

Pada umumnya kegiatan manajemen berfokus pada kegiatan perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian dari proses yang akan berlangsung seperti proses produksi atau penghantaran jasa. Begitupun manajemen proyek juga memiliki perbedaan dari kegiatan manajemen lain pada umumnya, karena sebuah proyek memiliki batasan-batasan seperti adanya batasan ruang lingkup dan biaya untuk suatu kegiatan yang penting, yang mana biasanya dibatasi oleh waktu.

C. Critical Path Method

Metode jalur kritis atau *critical path method* (CPM) adalah tools yang mana biasa digunakan dalam mengkoordinasikan beberapa kegiatan dalam sebuah proyek (Bishnoi, 2018). Metode CPM biasanya digunakan oleh kalangan industri atau proyek konstruksi. Cara ini juga dapat digunakan bila durasi pekerjaan dapat diketahui dan tidak terlalu berfluktuasi.

Sedangkan menurut Siswanto (Banjarnahor, 2018) menuturkan bahwa CPM adalah model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek yang dianalisis. CPM merupakan analisa jaringan kerja yang berupaya dalam mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek. Penggunaan metode CPM juga dapat menghemat waktu dalam penyelesaian berbagai tahap sebuah proyek. Langkah-langkah dalam menyusun jaringan kerja CPM (Suharto, 2020) yaitu:

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek kemudian menguraikan, dan memecahkannya menjadi beberapa kegiatan atau kelompok kegiatan yang mana merupakan komponen proyek.
2. Menyusun kembali komponen-komponen pada butir 1, menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai logika ketergantungan.
3. Memberikan perkiraan durasi waktu bagi tiap-tiap kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek.
4. Mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*) dan float pada jaringan kerja.

D. Durasi Kegiatan

Durasi kegiatan dalam metode jaringan kerja adalah lama waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan dari awal sampai akhir. Kurun waktu pada umumnya dinyatakan dengan satuan jam, hari, atau minggu. Penghitungan durasi pada metode CPM digunakan untuk memperkirakan waktu penyelesaian aktivitas, yaitu dengan cara *single duration estimate*. Cara ini dilakukan jika durasi dapat diketahui dengan akurat dan tidak terlalu berfluktuasi.

E. Jalur Kritis

Render dan Jay berpendapat bahwa (Ilhami, 2019) Jalur kritis adalah suatu rangkaian beberapa aktivitas dari sebuah proyek yang tidak bisa ditunda dalam waktu pelaksanaannya yang mana menunjukkan hubungan yang saling keterkaitan satu dengan yang lain. Semakin banyak jalur kritis dalam sebuah proyek, maka akan semakin banyak pula aktivitas yang harus diawasi. Akumulasi durasi waktu paling lama dalam jalur kritis akan dijadikan sebagai estimasi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Jalur kritis dapat diperoleh dari diagram jaringan yang memperlihatkan hubungan dan urutan kegiatan dalam suatu proyek.

F. Jadwal Aktivitas

Untuk mengetahui jalur kritis maka kita akan menghitung dua waktu awal dan akhir untuk setiap kegiatan, sebagai berikut (Ihwanuddin, 2018):

1. Mulai terdahulu (earliest start – ES), yakni waktu terdahulu suatu kegiatan bisa dimulai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai.
2. Selesai terdahulu (earliest finish – EF), yakni waktu terdahulu suatu kegiatan bisa selesai.
3. Mulai terakhir (latest start – LS), yakni waktu terakhir suatu kegiatan bisa dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan suatu proyek.
4. Selesai terakhir (latest finish – LF), yakni waktu terakhir suatu kegiatan bisa selesai sehingga tidak perlu menunda waktu penyelesaian keseluruhan suatu proyek.

G. *Project Evaluation and Review Technique (PERT)*

PERT atau *project evaluation and review technique* menurut Siswanto adalah sebuah model *management science* dalam merencanakan dan mengendalikan suatu proyek (Akbar, et al., 2019). Menurut Levin dan Krikpatrick, PERT yakni suatu metode yang bertujuan secara maksimal untuk mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan dan konflik produksi, mengkoordinasikan dan mensinkronisasikan sebagai bagian suatu keseluruhan pekerjaan dan juga dalam mempercepat selesainya suatu proyek (Utomo dan Aida, 2020). Render dan Jay juga berpendapat bahwa (Lokajaya, 2018) PERT juga digunakan dalam mendistribusikan peluang berdasarkan tiga perkiraan waktu untuk masing-masing kegiatan, diantaranya waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu realistis. Waktu optimis adalah suatu perkiraan waktu yang memiliki kemungkinan yang sangat kecil untuk dapat dicapai, kemungkinan terjadi hanya satu kali dari 100. Waktu pesimis adalah waktu dimana setiap kegiatan yang terjadi dalam kondisi yang tidak diinginkan atau terjadi halangan (Kevin, 2018). Waktu realistis adalah waktu yang paling mungkin dalam menyelesaikan suatu kegiatan (Kevin, 2018). Salah satu metode yang digunakan dalam manajemen proyek adalah metode PERT.

Menurut Heizer metode CPM (*Critical Path method*) adalah metode jalur kritis yang dikembangkan pada tahun 1950-an untuk mempermudah manajer dalam melakukan penjadwalan, pemantauan, serta pengendalian proyek besar dan kompleks (Hermawan, 2017). Persamaan PERT dan CPM adalah sama-sama mengukur waktu selesainya suatu proyek dan mengenal jalur kritis dan *slack*. Sedangkan perbedaan PERT dan CPM yakni diantaranya (Abdurrasyid et al., 2019):

1. PERT digunakan pada perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan. Namun CPM digunakan untuk melakukan penjadwalkan dan mengendalikan aktivitas yang sudah pernah dikerjakan sebelumnya sehingga data, waktu dan biaya setiap unsur aktivitas telah di ketahui oleh evaluator.
2. PERT juga menggunakan tiga jenis waktu pengerjaan yakni Optimis, *most likely* dan Pesimis. Namun CPM hanya mempunyai satu jenis informasi waktu pengerjaan yaitu waktu yang paling tepat dan layak dalam menyelesaikan sebuah proyek.
3. PERT fokus pada ketepatan waktu. Sedangkan CPM focus pada efisiensi biaya.
4. PERT anak panahnya menunjukkan tata urutan atau hubungan antar kegiatan. Namun CPM tanda panahnya menunjukkan kegiatan.

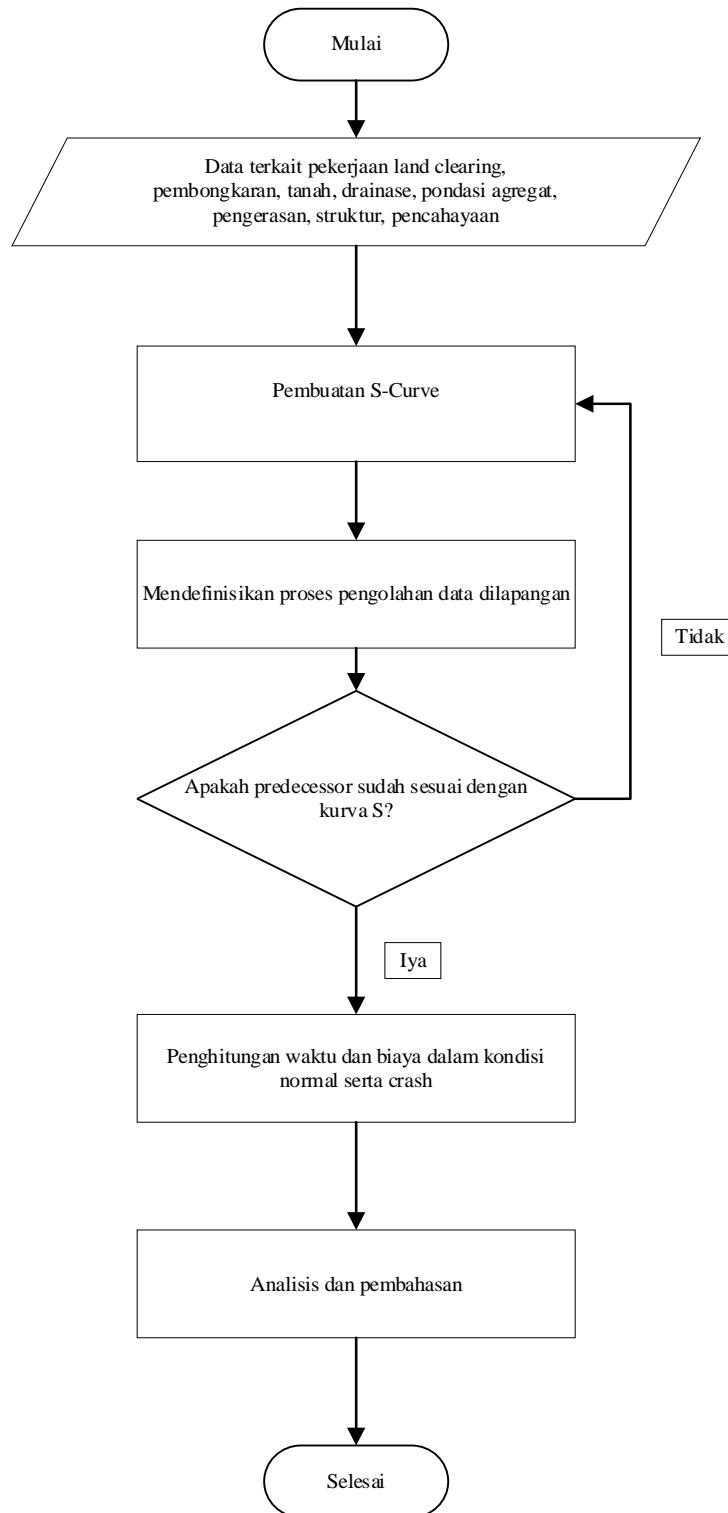
H. *Activity on Node*

Salah satu jaringan kerja proyek yaitu jaringan kerja AON atau kegiatan pada titik (activity on node – AON) Pada pendekatan AON, lingkaran atau *node* menunjukkan suatu kegiatan, sedangkan tanda panah mengidentifikasi hubungan antar beberapa kegiatan dan urutan dari kegiatan-kegiatan tersebut. Aktivitas adalah pekerjaan yang dibutuhkan dalam menyelesaikan suatu proyek. Titik tempuh sebagai penanda suatu kejadian awal dan akhir pada satu atau lebih aktivitas. Untuk mengidentifikasi titik tempuh dan aktivitas bisa menggunakan suatu jaringan agar dapat lebih mudah untuk dipahami dan ditambahkan informasi lain seperti urutan dan durasi. Urutan aktivitas adalah langkah yang dapat dilakukan secara bersamaan dengan identifikasi aktivitas. Analisa yang lebih dalam

diperlukan untuk menentukan urutan pengerjaan setiap pekerjaan.

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Project Evaluation and Review Technique* (PERT). Berikut ini adalah flowchart dari penelitian ini:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan Langkah-langkah dari flowchart tersebut:

1. Pengumpulan data meliputi data pekerjaan:
 - a) *land clearing*,
 - b) pembongkaran tanah,
 - c) drainase,
 - d) pondasi agregat,
 - e) pengerasan, struktur,
 - f) serta pencahayaan
2. Hubungan presentase pekerjaan yang dicapai dengan waktu pekerjaan yang dimonitor melalui S-Curve.
3. Mendefinisikan proses pengolahan data dilapangan sesuai dengan tujuan serta kebutuhan pengambilan keputusan.
4. Apakah predecessor sudah sesuai dengan kurva S bila tidak maka Kembali ke kurva S bila ya lanjut ke proses selanjutnya.
5. Penghitungan waktu dan biaya dalam kondisi normal serta dalam kondisi crash.
Waktu normal yakni waktu yang dibutuhkan oleh suatu proyek dalam melaksanakan rangkaian kegiatan sampai selesai tanpa mempertimbangkan sumber daya Biaya normal dan biaya langsung yang dikeluarkan selama menyelesaikan kegiatan proyek sesuai waktu normal. Waktu *crash* adalah waktu yang paling singkat dalam menyelesaikan suatu proye secara teknis baik dalam hal ini adalah sumber daya bukan sebagai hambatan biaya dalam percepatan waktu penyelesaian tidak berpengaruh terhadap sumber daya.
6. Pada tahap ini akan dilakukan analisa dan pembahasan tentang perhitungan menggunakan metode PERT dan CPM.
7. Penarikan kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan dan memberikan saran untuk penelitian berikutnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Telaah dokumendan interview langsung adalah teknik pengumpulan data yang penulis lakukan kepada staf teknik yang merancang jadwal proyek pembangunan jalan tol terbangi besar kayu agung yaitu time schedule proyek jalan tol di Lampung. terdiri dari bermacam-macam kegiatan. Data adalah sebagai berikut:

TABEL I
RINCIAN VOLUME PEKERJAAN PROYEK

No	Urian Pekerjaan	Porsi Japek Zona 2	
		Harga (Rp)	Bobot (%)
1	Umum	13,596,307,337.06	1,95730
2	Pembersihan tempat kerja	5,137,688,014.87	0,73960
3	Pembongkaran	44,094,902.56	0,00630
4	Pekerjaan Tanah	294,690,805,337.29	1,22890
5	Galian Struktur	4,831,819,855.80	0,69560
6	Drainase	9,062,475,210.91	1,30460
7	Subgrade	1,042,730,267.50	0,15010
8	Lapis Pondasi Agregat	28,903,814,279.97	4,16100
9	Perkerasan	133,713,596,132.98	19,24940
10	Struktur Beton	145,043,811,427.89	20,83100
11	Pekerjaan lain-lain	53,171,178,970.51	7,65450
12	Pencahayaan, Lampu lalu lintas & pek Listrik	2,796,984,179.25	0,40270

Sumber: Pengolahan data

B. Menentukan Jalur Kritis

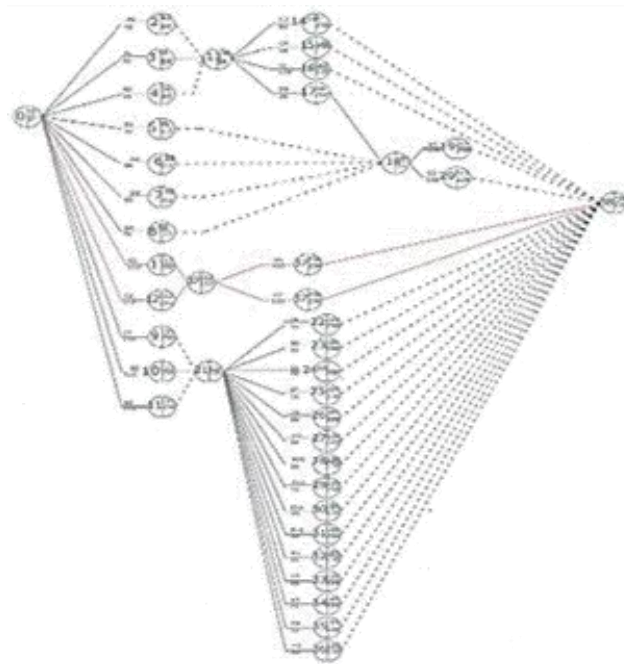
Pada Tabel II berikut dapat terlihat beberapa jalur kritis pada proyek ini yang jika terjadi keterlambatan pada aktivitas dalam jalur tersebut makan akan menyebabkan proyek menjadi molor juga penyelesaiannya.

TABEL II
MENENTUKAN JALUR KRITIS

No	Uraian Pekerjaan	Kode Kegiatan	Durasi (hari)	Predecessor
1	Pembersihan tempat kerja	A1	42	-
2	Pembongkaran Pasang batu/bata	B1	56	-
4	Pembongkaran beton	B2	56	-
5	Galian biasa untuk timbunan	C1	112	-
6	Galian biasa untuk dibuang	C2	112	-
7	Urugan material berbutir	C3	84	A1,B1,B2
8	Urugan Rembesan	C4	84	A1,B1,B2
9	Galian struktur kedalam 0-2 m	D1	56	-
10	Galian struktur kedalam 2-4 m	D2	56	-
11	Galian struktur kedalam 4-6 m	D3	56	-
12	Tambahan biaya galian diatas 5.01 m	D4	56	-
13	Pasangan batu kosong	D5	28	A1,B1,B2
14	Pipa gorong-gorong beton bertulang, P40	E1	133	-
15	Pipa gorong-gorong beton bertulang, P60	E2	133	-
16	Pipa gorong-gorong beton bertulang, 2	E3	133	-
17	Saluran U, Tipe DS-8	E4	56	E1,E2,E3
18	Catchbasin, Tipe DC-1	E5	56	E1,E2,E3
19	Catchbasin, Tipe DC-5	E6	56	E1,E2,E3
20	Inlet Drain, Tipe DI-1	E7	56	E1,E2,E3
21	Inlet Drain, Tipe DI-3	E8	56	E1,E2,E3
22	Outlet Drain, Tipe DO-1	E9	56	E1,E2,E3
23	Outlet Drain, Tipe DO-3	E10	56	E1,E2,E3
24	DV-10 (Ps Batu Dengan Mortar)	E11	56	E1,E2,E3
25	DS-4A (Ps Batu Dengan Mortar)	E12	56	E1,E2,E3
26	DS-4B (Ps Batu Dengan Mortar)	E13	56	E1,E2,E3
27	Persiapan Tanah Dasar	F1	126	A1,B1,B2
28	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	G1	126	D1,D2,D3,D4,D5
29	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	G2	126	D1,D2,D3,D4,D5
30	Bitumen Lapis Resap Pengikat (Prime)	H1	56	E1,E2,E3
31	Bitumen Lapis Resap Pengikat (Tack)	H2	56	E1,E2,E3
32	Asphalt Concrete Binder Course	H3	56	E1,E2,E3
33	Asphalt Concrete Wearing Course	H4	56	E1,E2,E3
34	Aspal Keras	H5	56	E1,E2,E3
35	Perkerasan Beton	H6	126	C1,C2
36	Wet Lean Concentrate	H7	126	C1,C2

Sumber: Pengolahan data

Setelah didapatkan Tabel II diatas, selanjutnya akan dilakukan pembuatan sebuah diagram atau jaringan kerja yang mana dalam penelitian ini menggunakan metode CPM seperti yang terlihat pada Gambar 2. CPM membantu dalam menentukan lintasan kritis yang ditentukan dengan melihat hasil perhitungan atau *Total Float*.



Gambar 2. Network Diagram Penentuan Jalur Kritis

Total float yang dihasilkan dari hasil pengurangan LET dan EET dengan melihat masing-masing durasi waktu pengerjaan. Kegiatan yang memiliki titik kritis di angka 0 atau total float = 0 maka bisa disebut dengan titik kritis. Lintasan kritis dari proyek pembangunan jalan tol adalah aktivitas kegiatan dimulai dari C1-H6 dan C1-H7, C2-H6 dan C2-H7 dengan waktu penyelesaian proyek sebesar 248 hari.

TABEL III
JALUR KRITIS

Kode Kegiatan	Durasi (hari)	EET		LET		Total Float G = F-C-B	Keterangan
		EET _i	EET _j	LET _i	LET _j		
A	B	C	D	E	F	G	H
A1	46	0	40	0	86	46	
B1	56	0	48	0	84	20	
B2	56	0	48	0	84	20	
C1	124	0	124	0	124	0	Kritis
C2	124	0	124	0	124	0	Kritis
C3	84	56	140	84	238	98	
C4	84	56	140	84	238	98	
D1	56	0	56	0	112	56	
D2	56	0	56	0	112	56	
D3	56	0	56	0	112	56	
D4	56	0	56	0	112	56	
D5	28	56	84	84	112	28	
E1	133	0	133	0	238	105	
E2	133	0	133	0	238	105	
E3	133	0	133	0	238	49	
E4	56	133	189	238	238	49	
E5	56	133	189	238	238	49	
E6	56	133	189	238	238	49	
E7	56	133	189	238	238	49	
E8	56	133	189	238	238	49	
E9	56	133	189	238	238	49	
E10	56	133	189	238	238	49	
E11	56	133	189	238	238	49	
E12	56	133	189	238	238	49	
E13	56	133	189	238	238	49	
F1	126	56	182	84	238	56	
G1	126	84	210	84	238	28	

G2	126	84	210	112	238	28	
H1	56	133	189	238	238	49	
H2	56	133	189	0	238	49	
H3	56	133	189	84	238	49	
H4	56	133	189	0	238	49	
H5	56	133	189	84	238	49	
H6	126	112	238	112	238	0	Kritis
H7	126	112	238	112	238	0	Kritis

Sumber: Pengolahan data

C. Perhitungan kegiatan yang dipercepat (*Crash program*)

Tabel IV berikut ini adalah hasil perhitungan dai kegiatan yang dipercepat (*Crash Program*). Dapat terlihat pada table tersebut bahwa total durasi terpendek adalah 119 hari sedangkan terpanjang adalah 238 hari.

TABEL IV
CRASH PROGRAM

Kode Kegiatan	Normal		Crash		Tenaga kerja		Total Durasi
	m ³ /hari	Durasi (hari)	m ³ /hari	Durasi (hari)	Shift 1	Shift 2	
C1	1135.07	112	2270.14	56	4	4	238
C2	42.97	112	85.95	56	3	3	210
B2	10.71	56	21.43	28	4	4	210
G2	46.21	126	92.43	63	5	5	210
G1	38.76	126	77.52	63	5	5	189
E4	2.11	56	4.21	28	5	5	189
E7	0.04	56	0.07	28	4	4	189
E8	0.04	56	0.07	28	4	4	189
E9	0.13	56	0.25	28	4	4	189
E10	0.04	56	0.07	28	4	4	189
H1	429.52	56	859.04	28	4	4	189
H2	104.45	56	208.89	28	4	4	189
E11	2.7	56	5.39	28	4	4	189
E12	30.89	56	61.79	28	4	4	189
E13	17.86	56	35.71	28	4	4	189
H3	61.98	56	123.96	28	5	5	189
H4	14.48	56	28.96	28	5	5	189
H5	4.77	56	9.54	28	2	2	189
E1	7.52	133	15.04	67	5	5	189
E2	1.84	133	3.68	67	5	5	189
E3	0.3	133	0.6	67	5	5	182
F1	506.63	126	1013.25	63	3	3	182
H6	43.98	126	87.97	63	10	10	182
H7	15.54	126	31.07	63	8	8	147
B1	12.2	56	24.39	28	6	6	133
A1	1319.6	42	2639.19	21	4	4	123
E6	0.13	56	0.26	28	9	9	123
E5	1.57	56	3.14	28	9	9	119
D1	17.86	56	35.71	28	2	2	119
D2	4.38	56	8.75	28	4	4	119
D3	0.71	56	1.43	28	4	4	119
D5	9.75	28	19.5	14	5	5	119

Sumber: Pengolahan data

D. Cost Slope

Cost slope atau suatu kegiatan yang dipercepat serta total biaya langsung dan tidak langsung. Total biaya terendah digunakan dalam menentukan biaya dan waktu yang optimal untuk shift kerja. Berikut ini adalah hasil total biaya pada kegiatan yang sudah dipersingkat durasinya dengan alternatif shift kerja.

TABEL V
COST SLOPE KEGIATAN

Tahap	Tot. Durasi	Cost slope (Rp/hari)	Tot. Float (Hari)	Tambahan biaya (Rp)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
Normal	238				35,133,122,468	4,215,974,696	39,349,097,164
C1	238	55,956,763	56	3,133,578,757	38,266,701,225	4,215,974,696	42,482,675,921
C2	210	55,977,763	56	3,134,754,757	38,267,877,225	4,133,308,525	42,401,185,751
B2	210	12,325,431	28	345,112,077	35,478,234,546	4,133,308,525	39,611,543,071
G2	210	32,093,474	63	2,021,888,872	37,155,011,340	4,133,308,525	41,288,319,865
G1	189	5,460,633	63	2,021,888,872	35,155,011,340	4,071,308,897	41,226,320,238
E4	189	5,460,633	28	152,897,746	35,286,020,215	4,071,308,897	39,357,329,112
E7	189	5,460,633	28	152,897,746	35,286,020,215	4,071,308,897	39,357,329,112
E8	189	5,460,633	28	152,897,746	35,286,020,215	4,071,308,897	39,357,329,112
E9	189	5,460,633	28	152,897,746	35,286,020,215	4,071,308,897	39,357,329,112
E10	189	5,460,633	28	152,897,746	35,286,020,215	4,071,308,897	39,357,329,112
H1	189	7,706,450	28	215,780,604	35,348,903,072	4,071,308,897	39,420,211,970
H2	189	7,706,450	28	215,780,604	35,348,903,072	4,071,308,897	39,420,211,970
E11	189	521,318	28	14,596,904	35,147,719,372	4,071,308,897	39,219,028,269
E12	189	521,318	28	14,596,904	35,147,719,372	4,071,308,897	39,219,028,269
E13	189	521,318	28	14,596,904	35,147,719,372	4,071,308,897	39,219,028,269
H3	189	124,730,069	28	3,492,441,958	38,625,564,427	4,071,308,897	42,696,873,324
H4	189	124,730,069	28	3,492,441,958	38,625,564,427	4,071,308,897	42,696,873,324
H5	189	124,730,069	28	3,492,441,958	38,625,564,427	4,071,308,897	42,696,873,324
E1	189	5,543,370	66	365,862,465	35,498,984,934	4,071,308,897	39,570,293,831
E2	189	5,543,370	66	365,862,465	35,498,984,934	4,071,308,897	39,570,293,831
E3	182	2,771,685	66	182,931,232	35,316,053,701	4,050,642,355	39,570,293,831
F1	182	18,901,298	63	1,190,781,816	36,323,904,284	4,050,642,355	40,374,546,639
H6	182	125,054,787	63	7,878,451,595	43,011,574,064	4,050,642,355	47,062,216,419
H7	147	4,840,742	63	304,966,786	35,438,089,255	3,947,309,642	39,385,398,897
B1	133	6,969,001	28	195,132,045	35,328,254,513	3,905,976,556	39,234,231,070
A1	123	10,350,541	21	217,361,364	35,350,483,832	3,876,452,924	39,226,936,757
E6	123	5,515,986	28	154,447,631	35,287,570,099	3,876,452,924	39,164,023,023
E5	119	5,587,988	28	154,463,687	35,289,586,155	3,864,643,471	39,154,229,627
D1	119	11,914,672	28	333,610,839	35,466,733,307	3,864,643,471	39,331,376,779

Sumber: Pengolahan data

Dari tabel tersebut didapat hasil dari crashing menghasilkan biaya optimal sebesar 39,154,229,627.03 dengan waktu optimal sebesar 119 hari. Cost slope per hari sebesar 5,587,988, tambahan biaya sebesar 154,463,687, biaya langsung sebesar 35,289,586,155, dan biaya tidak langsung sebesar 3,864,643,471. Biaya tak langsung yakni biaya yang berhubungan dengan tugas konsultasi administrasi dan pengawasan sementara biaya langsung adalah biaya yang berhubungan dengan upah kerja material peralatan.

E. Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Optimal

Sesuai dengan perencanaan awal proyek Pembangunan Jalan Tol yang membutuhkan waktu selama 248 hari dengan biaya total Rp 39,349,097,164.38, yang mana biaya langsung sebesar Rp. 35,133,122,468.20 dan biaya tidak langsung sebesar Rp. 4,215,974,696.18. Setelah dilakukan crashing dengan dua alternatif maka didapatkan durasi yang lebih singkat dan biaya yang lebih terjangkau dari sebelumnya.

TABEL VI
PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU OPTIMAL

Kegiatan	Waktu (hari)	Biaya (Rp)
Normal	238	39,349,097,164
Alternatif shift kerja	119	39,154,229,627
Alternatif penambahan kapasitas alat	189	39,205,747,076

V. KESIMPULAN

Sesuai dengan analisa dan pengolahan data diatas maka, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sesuai dengan perhitungan PERT dan CPM proyek tersebut dimana penyelesaiannya dapat dijadwalkan selama 119 hari dari waktu yang telah ditetapkan semula yakni selama 238 hari sehingga lebih efisien 119 hari lebih awal dari yang dijadwalkan. Maka lebih efektif 50% dari waktu yang ditetapkan
2. Alternatif penambahan shift kerja yang telah mengalami crashing sebanyak 32 kali memiliki biaya optimal sebesar Rp 39,154,229,627.03 dan waktu optimal selama 119 hari. Namun alternatif penambahan kapasitas alat menghasilkan waktu optimal selama 189 hari dan biaya optimal sebesar Rp 39,205,747,076.44 dengan proses crashing yang mencapai 12 kali crashing. Dari kedua kondisi optimum tersebut, biaya dan waktu yang paling optimal dipilih untuk proyek Proyek Pembangunan Jalan Tol yaitu dengan menggunakan percepatan dengan alternatif shift kerja yang produktivitasnya dua kali lipat dari produktivitas normal.
3. Perencanaan Proyek Pembangunan Jalan Tol yang semula dijadwalkan mempunyai waktu normal pengerjaan selama 238 hari dengan biaya total sebesar Rp 39,349,097,164.38. Waktu dan biaya proyek mengalami penurunan setelah dilakukan percepatan dengan metode *time cost trade off*, Percepatan yang dilakukan menggunakan dua alternatif tersebut dilakukan sampai mencapai lintasan kritis jenuh. Alternatif yang pertama yaitu penambahan shift kerja dengan menghasilkan biaya total akhir sebesar Rp 39,154,229,627.03 dengan waktu selesai proyek selama 119 hari. Dibandingkan dengan kondisi normalnya, alternatif tersebut lebih menghemat waktu selama 119 hari dengan selisih biaya sebesar Rp 194,867,537.35. Namun untuk alternatif penambahan kapasitas alat memiliki selisih waktu selama 49 hari dengan menghemat biaya sebesar Rp 143,350,087.94.

PUSTAKA

- Abdurrasyid, A., Luqman, L., Haris, A., & Indrianto, I. (2019). Implementasi Metode PERT dan CPM pada Sistem Informasi Manajemen Proyek Pembangunan Kapal. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 5(1), 28-36.
- Akbar, F. J., Mahachandra, M., & Handayani, N. (2019). Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Stasiun Kutablang Dengan Metode Project Evaluation and Review Technique (PERT) dan Critical Path Method (CPM). In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri 2019*. Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM.
- Arianie, G. P., & Puspitasari, N. B. (2017). Perencanaan Manajemen Proyek Dalam Meningkatkan Efisiensi Dan Efektifitas Sumber Daya Perusahaan (Studi Kasus: Qiscus Pte Ltd). *J@ ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 12(3), 189-196.
- Aroododo, A., & Temesvari, N. A. (2017). Peran Manajer Dalam Evaluasi POAC Unit Rekam Medis dan Informasi Kesehatan di RSUD Tarakan Jakarta. *Indonesian of Health Information Management Journal (INOHIM)*, 5(1), 1-5.
- Azis, A. (2020). Analisa manajemen waktu dengan metode CPM dan PERT pada proyek pembangunan kembali SDN 012 Kelurahan Rapak dalam Kecamatan Samarinda Seberang. *Kurva s Jurnal Mahasiswa*, 11(2), 43-58.
- Badruzzaman, F. H., Fajar, M. Y., Rohaeni, O., Gunawan, G., & Harahap, E. (2020). CPM and PERT technique efficiency model for child veil production.
- Ba'Its, H. A., Puspita, I. A., & Bay, A. F. (2020). Combination of Program Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM) for Project Schedule Development. *International Journal of Integrated Engineering*, 12(3), 68-75.
- Banjarnahor, W. W., & Pristiwanto, P. (2018). Analisis Pelaksanaan Proyek Perumahan Dengan Metode CPM (Critical Path Method) Dan PERT (Project Evaluation And Review Technique) (Studi Kasus Proyek Perumahan Citra Turi). *Pelita Informatika: Informasi dan Informatika*, 6(3), 363-368.
- Bishnoi, N. (2018). Critical path method (CPM): a coordinating tool. *International Research Journal of Management Science & Technology*, 9(1).
- Ihwanuddin, M. N. (2018). Analisa Penjadwalan Proyek Pipa Carbon Dengan Metode Fuzzy Logic Application For Scheduling. *MATRIK (Manajemen dan Teknik Industri-Produksi)*, 17(2), 29-42.
- Ilhami, R., Utama, L., & Khaidir, I. (2019). *Perencanaan penjadwalan waktu dengan metode jalur kritis (Critical Path Method) studi kasus RSUD dr. Rasinid Padang*. Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University, 2(2).
- Hermawan, H. (2017). *ANALISIS NETWORK PLANNING DENGAN CPM (CRITICAL PATH METHOD) DALAM RANGKA EFISIENSI WAKTU DAN BIAYA PROYEK PEMBUATAN KANDANG AYAM KOLONI KARYA REMAJA*

- POULTRY* (Doctoral dissertation, Universitas Widyatama).
- Kevin, K. (2018). ANALISA WAKTU KERJA AKTUAL PADA PROYEK KONSTRUKSI DENGAN METODE PERT PADA PROYEK X. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 7(2), 161-168.
- Kholil, M., Alfa, B. N., & Hariadi, M. (2018, April). Scheduling of House Development Projects with CPM and PERT Method for Time Efficiency (Case Study: House Type 36). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 140, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.
- Lokajaya, I. N. (2018). Analisis Pengendalian Waktu Dan Biaya Pada Proyek Peningkatan Jalan Dengan Metode Pert. *Sinteks: Jurnal Teknik*, 8(2), 57-65.
- Setiawan, E. (2019). Manajemen proyek Sistem Informasi Penggajian Berbasis Web. *Jurnal Teknik*, 17(2), 84-93.
- Setiawati, S. (2017). Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Rehabilitasi/Perbaikan Dan Peningkatan Infrastruktur Irigasi Daerah Lintas Kabupaten/Kota DI Pekan Dolok). *Jurnal Teknik Sipil USU*, 6(1).
- Sudarson, W. (2020). Evaluasi Penjadwalan Proyek Dengan Metode Line Of Balance. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 1(2), 85-91.
- Susan, E. (2019). Manajemen sumber daya manusia. *Adaara: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 9(2), 952-962
- Utomo, G., Hendriyani, I., & Aida, S. N. (2020). Evaluasi Pelaksanaan Proyek Drainase Dengan Metode CPM Dan PERT. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 9(1), 44-52.
- Yuniarti, E., & Djonaedi, E. (2020). Optimizing Production Time in Book Printing using PERT/CPM.