

Optimalisasi Waktu Dan Biaya Proyek Pembangunan Lapangan Kontainer Dengan Metode CPM, PERT, Dan Crashing Oleh PT. ABC

Wendi Juliansah¹, Muhamad As'adi², Sanika Sari³

^{1,2,3}Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta
Email: ¹wendijuliansyah@gmail.com, ²asadi@upnvjl.ac.id, ³santika.sari1801@gmail.com

Abstrak

Perencanaan proyek memerlukan aspek pendukung supaya tidak terjadi kesalahan seperti bertambahnya waktu penyelesaian. Keterlambatan terjadi dari pengaruh cuaca dan kurang terpenuhi kebutuhan pekerja. Penelitian ini menggunakan proyek lapangan kontainer yang memerlukan 147 hari. Proyek ini mengalami keterlambatan waktu proyek 12 hari sehingga diperlukannya percepatan, tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kegiatan kritis, menghitung peluang keberhasilan proyek, dan menentukan waktu dan biaya optimal. Metode penelitian ini yaitu CPM, PERT, dan Crashing. Metode CPM mengetahui 26 kegiatan kritis, kemudian metode PERT mengetahui peluang keberhasilan proyek 95.35%, crashing penambahan 1 jam kerja lembur memangkas 14 hari dengan biaya Rp. 7.520.647.067,57, penambahan 2 jam kerja lembur memangkas 24 hari dengan biaya Rp. 7.535.950.438,35. Alternatif optimal yaitu penambahan 1 jam kerja lembur dengan cost slope Rp. Rp. 355.256,82. Penerapan metode CPM, PERT, dan crashing mengeluarkan biaya Rp. 7.520.647.067,57 dan denda pinalti jika 12 hari penambahan waktu mengeluarkan biaya Rp. 7.554.362.977,69 dengan selisih biaya Rp. 33.715.910,12.

Kata kunci: CPM, Crashing, Keterlambatan, PERT, Proyek

Abstract

Project planning requires supporting aspects so that errors do not occur such as increasing completion time. Delays occur from the influence of weather and workers' needs are not met. This research uses a container field project that takes 147 days. This project has a project time delay of 12 days so that acceleration is needed, the purpose of this research is to identify critical activities, calculate the probability of project success, and determine the optimal time and cost. The research methods are CPM, PERT, and Crashing. The CPM method knows 26 critical activities, then the PERT method knows a 95.35% chance of project success, crashing the addition of 1 hour of overtime work cuts 14 days at a cost of Rp. 7,520,647,067.57, the addition of 2 hours of overtime work cuts 24 days at a cost of Rp. 7,535,950,438.35. The optimal alternative is the addition of 1 hour of overtime work with a cost slope of Rp. Rp. 355,256.82. The application of the CPM, PERT, and crashing methods costs Rp. 7,520,647,067.57 and a penalty if 12 days of extra time costs Rp. 7,554,362,977.69 with a cost difference of Rp. 33,715,910,12.

Keywords: CPM, Crashing, Delay, PERT, Project

1. Pendahuluan

Pembangunan disegala bidang semakin berkembang, terutama pada negara yang sedang berkembang seperti Indonesia. Banyaknya pertumbuhan yang harus dibuat, pertumbuhan ini diusahakan harus dibuat dengan pembangunan disegala wilayah. Pertumbuhan itu berupa pembangunan proyek dengan skala besar dan kecil, pembangunan sekolah, pembangunan jalan, industri besar atau kecil, dan lain-lain. Sebuah proyek pembangunan menggunakan banyak sekali macam ciri, memiliki jaringan antar kegiatan yang jelas dan keterkaitan yang begitu tinggi terhadap berbagai macam syarat internal dan eksternal sebagai akibatnya durasi kegiatan yang memiliki taraf ketidakpastian yang tinggi.[1]

Suatu proyek bisa dikatakan berkualitas tinggi bila pelaksanaan proyek tersebut sinkron dengan yang diharapkan, artinya bisa diselesaikan dengan sempurna [2]. Jika proyek tidak berjalan sinkron dengan durasi yang telah ditentukan, maka akan menyebabkan berbagai macam faktor-faktor seperti keterlambatan pada proyek. Keterlambatan pada proyek diartikan menjadi penundaan pada penyelesaian pekerjaan sesuai kontrak kerja yang sudah dibuat dimana secara aturan menyertakan beberapa keadaan yang mengakibatkan munculnya klaim. Penelitian kali ini menjelaskan pada PT. ABC mengalami keterlambatan yang disebabkan oleh beberapa pekerja terpapar covid-19 maka pembangunan lapangan kontainer tersebut mengalami pemberhentian

pelaksanaan selama 12 hari dan baru dimulai pada minggu ketiga. Proyek ini mengalami keterlambatan waktu proyek 12 hari sehingga diperlukannya percepatan, tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kegiatan kritis, menghitung peluang keberhasilan proyek, dan menentukan waktu dan biaya optimal. Metode penelitian ini yaitu CPM, PERT, dan Crashing. *Critical Path Method* yaitu metode yang berasal dari bagan balok yang bisa menyelesaikan berbagai pertanyaan-pertanyaan mengenai berapa lama durasi proyek untuk diselesaikan, menentukan dua kegiatan yaitu kritis dan nonkritis, dan lain-lain [3]. CPM memiliki manfaat untuk memberitahu berupa tampilan grafik alur kegiatan sebuah proyek dan memperkirakan waktu menyelesaikan sebuah proyek. PERT merupakan sebuah metode yang analisis diciptakan untuk memberitahu pada penjadwalan dan pengendalian proyek-proyek yang lengkap, yang membahas mengenai permasalahan utama yang dibahas yaitu perkara teknik yang bisa menentukan jadwal aktivitas beserta anggaran biayanya sehingga dapat diselesaikan secara tepat waktu dan biaya [4]. PERT mempunyai syarat tentang analisis jaringan teknik yang dipakai untuk mengukur waktu proyek ketika memperkirakan waktu aktivitas individu yang sangat tidak pasti. *Crashing project* yaitu perbuatan untuk mempersingkat waktu total pekerjaan setelah menerapkan metode CPM dan PERT yang berada pada jaringan kerja. Bertujuan untuk mengefisienkan waktu kerja dengan biaya terendah. Sering terjadi dalam crashing terjadi *trade-off*, yaitu pertukaran waktu dengan biaya.

Cost Slope adalah sebuah rancangan perbandingan antara penambahan anggaran dan waktu penyelesaian sebuah proyek yang dipercepat yang dapat diperoleh dari pengurangan antara biaya crashing dengan biaya normal proyek lalu dibagi dengan hasil pengurangan antar waktu normal dengan waktu percepatan. *Output* pada penelitian ini adalah kurva S proyek. Kurva S adalah Kurva S yaitu hasil plot dari barchart yang memiliki tujuan berupa memperlancar pekerja saat melihat aktivitas-aktivitas yang masuk dalam waktu pelaksanaan proyek [5]. Adapun fungsi kurva S adalah sebagai berikut [6] :

- a. Untuk menjelaskan kemajuan proyek secara jelas.
- b. Untuk menginformasikan dua aspek seperti pengeluaran dan kebutuhan anggaran pada saat proyek berjalan.
- c. Untuk menghindari penyebab yang akan terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S aktual.

Tabel 1. Jadwal Rencana Pekerjaan

No.	Kegiatan	Desember	Januari	Febuari	Maret	April	Mei	Juni
1	Pekerjaan Persiapan							
2	Pekerjaan Bongkaran Dan Galian							
3	Pekerjaan Timbunan Bawah Perkerasan							
4	Pekerjaan Lapangan Penumpukan							
5	Pekerjaan Saluran Dan Pagar							
6	Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Untuk Tiang Lampu							
7	Pekerjaan Jalur Mekanikal Elektrikal							
8	Pekerjaan Finishing Pekerjaan							
9	Mekanikal/Elektrikal							

Pada tabel 1 adalah jadwal rencana pekerjaan awal dan jadwal rencana pekerjaan libur selama 12 hari di PT. ABC pada proyek pembuatan lapangan container. Pembangunan lapangan kontainer ini direncanakan pada tanggal 1 Desember 2021 sampai dengan 11 Juni 2022. PT. ABC tidak ada kegiatan untuk pengerjaan proyek pada setiap hari minggu dan libur nasional. Pada tabel 1 menjelaskan pada PT. ABC mengalami keterlambatan yang disebabkan oleh beberapa pekerja terpapar covid-19 maka pembangunan lapangan kontainer tersebut mengalami pemberhentian pelaksanaan selama 12 hari dan baru dimulai pada tanggal 15 Desember 2021.

Tabel 2. Rincian Anggaran Proyek Lapangan Kontainer

No.	Kegiatan	Anggaran (Rp.)
1	Pekerjaan Persiapan	351.638.422,00
2	Pekerjaan Bongkaran Dan Galian	492.857.770,48
3	Pekerjaan Timbunan Bawah Perkerasan	2.078.994.490,00
4	Pekerjaan Lapangan Penumpukan	3.429.295.200,00
5	Pekerjaan Saluran Dan Pagar	548.149.616,13
6	Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Untuk Tiang Lampu	108.284.006,40
7	Pekerjaan Jalur Mekanikal Elektrikal	126.256.368,06
8	Pekerjaan <i>Finishing</i>	5.000.000,00
9	Pekerjaan Mekanikal/Elektrikal	269.994.790,00
Total		7.410.470.663,07

Pada pembuatan proyek lapangan kontainer memerlukan anggaran sebesar Rp. 7.410.470.663,07 dengan 9 pekerjaan diantaranya: Pekerjaan persiapan memerlukan biaya Rp 351.638.422,00; Pekerjaan bongkaran dan galian sebesar Rp. 492.857.770,00; Pekerjaan timbunan bawah perkerasan sebesar Rp. 2.078.994.490,00; Pekerjaan lapangan penumpukan sebesar Rp. 3.429.295.200,00; Pekerjaan saluran dan pagar sebesar Rp. 548.149.616,13; Pekerjaan pondasi tiang pancang untuk tiang lampu sebesar Rp. 108.284.006,40; Pekerjaan jalur mekanikal elektrikal sebesar Rp. 126.256.365,00; Pekerjaan finishing sebesar Rp. 5.000.000,00; Pekerjaan mekanikal/elektrikal sebesar Rp. 269.994.790,00.

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan sebuah penelitian. Flowchart pada penelitian ini yaitu tahapan proses kerja yang baru ditentukan sebelum melakukan penelitian. Dengan adanya flowchart ini peneliti akan lebih terencana dan memudahkan dalam menganalisis masalah yang ada di perusahaan tersebut. Berikut ini merupakan flowchart penelitian yang dilakukan.

2.1. Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi lapangan dan studi literatur. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan waktu dan anggaran sebuah proyek dengan metode CPM, PERT, dan Crashing pada proyek lapangan kontainer oleh PT. ABC. Berikut metode pengumpulan data yang dilakukan untuk penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

Studi lapangan adalah kegiatan yang bertujuan untuk memperoleh fakta-fakta langsung seperti jadwal proyek pada saat berjalan dan rancangan anggaran biaya dari objek yang diteliti di proyek lapangan kontainer oleh PT. ABC.

2. Studi Literatur

Studi literatur adalah kegiatan yang mengidentifikasi sebuah masalah guna dibahas dan mencari berbagai informasi yang sesuai dengan proyek lapangan kontainer oleh PT. ABC. Dalam penelitian ini penulis akan memahami metode yang digunakan untuk mengoptimalkan waktu dan biaya dengan metode CPM, PERT, dan Crashing dari berbagai sumber seperti buku, artikel, dan jurnal.

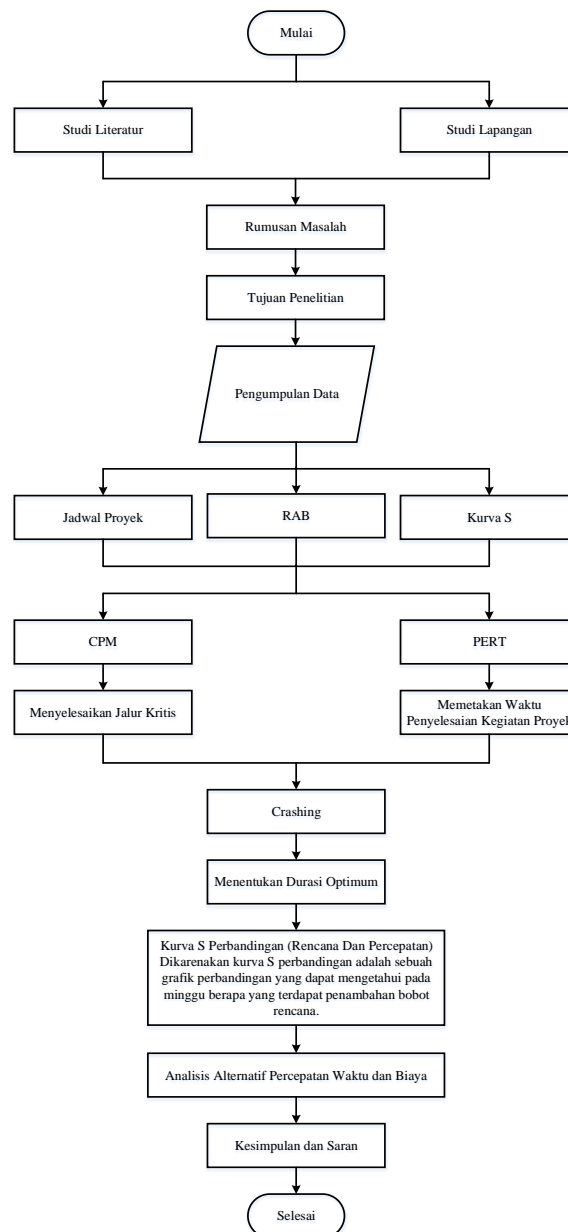
2.2. Prosedur Pengambilan Data

Pengumpulan data diperoleh dari PT. ABC yaitu penjadwalan proyek dan rancangan anggaran biaya.

Tempat pengambilan data : Pelabuhan Tanjung Priok

Waktu pengambilan data : 147 hari kerja

Pengumpulan data : Jadwal proyek, rancangan anggaran biaya, dan kurva S



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi lapangan dan studi literatur. Pada penelitian ini data sekunder yang digunakan adalah jadwal proyek, RAB, dan kurva S dari proyek perbaikan lapangan kontainer oleh PT. ABC. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif komparatif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengoptimalkan waktu dan biaya dengan metode CPM, PERT, dan Crashing. Kurva S perbandingan merupakan output yang dilakukan untuk menentukan perbandingan yang dapat mengetahui pada minggu berapa yang terdapat penambahan bobot rencana.

3. Hasil dan Analisa

Pengolahan data dilaksanakan untuk menganalisis estimasi durasi dan biaya yang optimal dalam pengerjaan proyek lapangan kontainer.

3.1. Analisis Metode CPM

Sebelum melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur harus dilakukan perhitungan CPM secara manual. Metode CPM bertujuan untuk menjadwalkan sekelompok

aktivitas proyek dan menentukan garis kritis dan nonkritis. Kegiatan kritis dapat ditentukan dengan menghitung *slack* atau waktu bebas yang dimiliki suatu kegiatan. Sebuah kegiatan dapat dikatakan kritis jika memiliki nilai *slack* = 0. Adapun perhitungan *slack* yaitu LS-ES atau LF-EF.

Tabel 3. Slack Proyek Lapangan Kontainer

Kode	Durasi (Hari)	Kegiatan Pendahulu	ES	EF	LS	LF	LS - ES	LF - EF	Keterangan
I									
A	5	-	0	5	0	5	0	0	Kritis
B	5	A	5	10	5	10	0	0	Kritis
C	3	B	10	13	10	13	0	0	Kritis
D	3	C	13	16	13	16	0	0	Kritis
E	3	C	13	16	14	17	1	1	Tidak Kritis
II									
F	5	D, E	16	21	17	22	1	1	Tidak Kritis
G	5	D, E	16	21	16	21	0	0	Kritis
H	7	F, G	21	28	23	30	2	2	Tidak Kritis
I	9	F, G	21	30	21	30	0	0	Kritis
J	5	I	30	35	30	35	0	0	Kritis
III									
K	10	J	35	45	35	45	0	0	Kritis
L	10	J	35	45	36	46	1	1	Tidak Kritis
M	11	K, L	45	56	45	56	0	0	Kritis
IV									
N	2	M	56	58	56	58	0	0	Kritis
O	3	N	58	61	58	61	0	0	Kritis
P	3	O	61	64	61	64	0	0	Kritis
Q	3	O	61	63	62	64	1	1	Tidak Kritis
R	3	O	61	63	62	64	1	1	Tidak Kritis
S	2	P, Q, R	64	66	64	66	0	0	Kritis
T	4	S	66	70	66	70	0	0	Kritis
U	3	T	70	73	70	73	0	0	Kritis
V									
V	3	U	73	76	73	76	0	0	Kritis
W	2	V	76	78	78	80	2	2	Tidak Kritis
X	3	V	76	80	76	80	0	0	Kritis
Y	3	W, X	80	83	80	83	0	0	Kritis
Z	5	Y	83	88	83	88	0	0	Kritis
AA	4	Z	88	92	88	92	0	0	Kritis
AB	6	AA	92	98	92	98	0	0	Kritis
VI									
AC	10	U	73	83	84	94	11	11	Tidak Kritis
AD	14	U	83	87	94	98	11	11	Tidak Kritis
AE	9	Z, AD	98	102	98	102	0	0	Kritis
AF	15	AE	102	112	102	112	0	0	Kritis
VII									
AG	14	U	73	82	85	94	12	12	Tidak Kritis
AH	10	Z, AD	98	101	100	103	2	2	Tidak Kritis
AI	14	AH	102	111	103	112	1	1	Tidak Kritis
AJ	16	AF, AI	112	128	112	128	0	0	Kritis
VIII									
AK	3	AJ	128	131	128	131	0	0	Kritis
IX									
AL	19	AJ	128	147	128	147	0	0	Kritis

Setelah melakukan perhitungan maju (*forward pass*) dan perhitungan mundur (*backward pass*) didapatkan sejumlah kegiatan yang memiliki waktu kelonggaran (*slack*) = 0 diantaranya A, B, C, D, G, I, J, K, M, N, O, P, S, T, U, V, X, Y, Z, AA, AB, AE, AF, AJ, AK, dan AL.

3.2. Analisis Metode PERT

Metode PERT yang bertujuan untuk mempermudah dalam penjadwalan dan pengendalian proyek yang dapat mengetahui peluang keberhasilan proyek dengan menerapkan tiga perkiraan waktu, yaitu waktu optimis, waktu normal, dan waktu pesimis.

Untuk mendapatkan nilai deviasi normal (*z*) diperlukan nilai varians proyek (jumlah varians kegiatan pada kegiatan kritis) dan standar varians proyek. Berikut rumus perhitungan:

1. Varian proyek

$$\Rightarrow \sum (\text{varian kegiatan pada kegiatan kritis})$$

$$\Rightarrow \text{Varian A} + \text{Varian B} + \text{Varian C} + \text{Varian D} + \text{Varian G} + \text{Varian I} + \text{Varian J} + \text{Varian K} + \text{Varian M} + \text{Varian N} + \text{Varian O} + \text{Varian P} + \text{Varian S} + \text{Varian T} + \text{Varian U} + \text{Varian V} + \text{Varian X} + \text{Varian Y} + \text{Varian Z} + \text{Varian AA} + \text{Varian AB} + \text{Varian AE} + \text{Varian AF} + \text{Varian AJ} + \text{Varian AK} + \text{Varian AL}$$

$$\Rightarrow 0.25 + 0.25 + 0.02 + 0.02 + 0.11 + 0.11 + 0.02 + 0.11 + 0.11 + 0.11 + 0.11 + 0.11 + 0.02 + 0.11 + 0.02 + 0.02 + 0.25 + 0.11 + 0.02 + 0.11 + 0.11 + 0.11 + 0.02 + 0.25 + 0.02 + 0.25$$

$$\Rightarrow 2.83$$

2. Standar varian proyek (Ve)

$$\Rightarrow \sqrt{\text{varian proyek}}$$

$$\Rightarrow \sqrt{2.83}$$

$$\Rightarrow 1.68$$

3. Nilai deviasi normal (z)

$$\Rightarrow \frac{[m - te]}{\frac{s}{1.68}}$$

$$\Rightarrow \frac{[210 - 207.16]}{1.68}$$

$$\Rightarrow 1.68$$

Hasil deviasi normal senilai 1.68 kemudian merujuk pada tabel distribusi z normal, didapatkan peluang sebesar 0.9535 yang artinya ada peluang sebesar 95.35% proyek pembuatan lapangan kontainer oleh PT. ABC.

3.3. Analisis Metode Crashing

Metode crashing dilaksanakan untuk mengoptimalkan waktu pada aktivitas suatu proyek, dimana aktivitas tersebut yang akan digunakan pada metode crashing adalah aktivitas yang berapa pada jalur kritis, melakukan metode crashing pada sebuah proyek untuk mengetahui durasi optimum yang didapatkan dengan berbagai alternatif seperti penambahan jam kerja lembur.

3.3.1. Crashing 1 Jam Kerja Lembur

Dalam menghitung crash duration dengan penambahan jam kerja lembur perlu mempertimbangkan produktivitas pekerja. Produktivitas kerja lembur pada 1 jam kerja adalah diasumsikan 90%. Alasan terjadinya penurunan produktivitas menjadi 90% pada saat penambahan 1 jam kerja lembur adalah kapasitas pekerja, cuaca yang tidak stabil, dan sumber penerangan pada malam hari. Hasil crash duration pada kegiatan A maksimal dipercepat menjadi 4 hari dengan melakukan penambahan 1 jam kerja lembur. Total hari yang dapat dipercepat sebesar 14 hari.

Tabel 4. Crash Total Dengan Alteratif 1 Jam Kerja Lembur

Kode	Durasi (Hari)	Crash Duration	TK	Upah Normal	Crash Total
A	5	4	3	Rp. 2.250.000,00	Rp. 2.359.550,56
B	5	4	3	Rp. 2.250.000,00	Rp. 2.359.550,56
C	3	3	4	Rp. 1.800.000,00	Rp. 1.887.640,45
D	3	3	4	Rp. 1.800.000,00	Rp. 1.887.640,45
G	5	4	4	Rp. 3.000.000,00	Rp. 3.146.067,42
I	9	8	5	Rp. 6.750.000,00	Rp. 7.078.651,69
J	5	4	6	Rp. 4.500.000,00	Rp. 4.719.101,12
K	10	9	6	Rp. 9.000.000,00	Rp. 9.439.202,25
M	11	10	5	Rp. 8.250.000,00	Rp. 8.651.685,39
N	2	2	3	Rp. 900.000,00	Rp. 943.820,22
O	3	3	3	Rp. 1.350.000,00	Rp. 1.415.730,34
P	3	3	4	Rp. 1.800.000,00	Rp. 1.887.640,45
S	2	2	4	Rp. 1.200.000,00	Rp. 1.258.426,97
T	4	4	3	Rp. 1.800.000,00	Rp. 1.887.640,45
U	3	3	4	Rp. 1.800.000,00	Rp. 1.887.640,45
V	3	3	4	Rp. 1.800.000,00	Rp. 1.887.640,45
X	4	4	6	Rp. 3.600.000,00	Rp. 3.775.280,90

Y	3	3	7	Rp. 3.150.000,00	Rp. 3.303.370,79
Z	5	4	5	Rp. 3.750.000,00	Rp. 3.932.584,27
AA	4	4	7	Rp. 4.200.000,00	Rp. 4.404.494,38
AB	6	5	3	Rp. 2.700.000,00	Rp. 2.831.460,67
AE	4	4	3	Rp. 1.800.000,00	Rp. 1.887.640,45
AF	10	9	4	Rp. 6.000.000,00	Rp. 6.292.134,83
AJ	16	14	4	Rp. 9.600.000,00	Rp. 10.067.415,73
AK	3	3	6	Rp. 2.700.000,00	Rp. 2.831.460,67
AL	16	14	6	Rp. 14.400.000,00	Rp. 15.101.123,60
Total				Rp. 102.150.000,00	Rp. 107.123.595,51

Dengan penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan hasil pertambahan biaya normal dari Rp. 102.150.000,00 menjadi Rp. 107.123.595,51 dengan total cost slope sebesar Rp. 355.256,82.

3.3.2. Crashing 2 Jam Kerja Lembur

Dalam menghitung *crash duration* dengan penambahan jam kerja lembur perlu mempertimbangkan produktivitas pekerja. Produktivitas kerja lembur pada 2 jam kerja adalah diasumsikan 80%. Alasan terjadinya penurunan produktivitas menjadi 80% pada saat penambahan 2 jam kerja lembur adalah kapasitas pekerja, cuaca yang tidak stabil, dan sumber penerangan pada malam hari. Hasil *crash duration* pada kegiatan A maksimal dipercepat menjadi 4 hari dengan melakukan penambahan 1 jam kerja lembur. Total hari yang dapat dipercepat sebesar 24 hari. Dengan cara yang sama didapat penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan hasil pertambahan biaya normal dari Rp. 102.150.000,00 menjadi Rp. 122.426.966,29 dengan total cost slope sebesar Rp. 844.873,60.

3.3.3. Crashing 3 Jam Kerja Lembur

Dalam menghitung *crash duration* dengan penambahan jam kerja lembur perlu mempertimbangkan produktivitas pekerja. Produktivitas kerja lembur pada 3 jam kerja adalah diasumsikan 70%. Alasan terjadinya penurunan produktivitas menjadi 70% pada saat penambahan 3 jam kerja lembur adalah kapasitas pekerja, cuaca yang tidak stabil, dan sumber penerangan pada malam hari. Hasil *crash duration* pada kegiatan A maksimal dipercepat menjadi 4 hari dengan melakukan penambahan 3 jam kerja lembur. Total hari yang dapat dipercepat sebesar 32 hari. Dengan cara yang sama penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan hasil pertambahan biaya normal dari Rp 102.150.000,00 menjadi Rp. 137.730.337,08 dengan total cost slope sebesar Rp. 1.111.885,53.

3.4. Cost Slope

Analisis percepatan waktu dan biaya dilakukan untuk mengidentifikasi perbandingan antara waktu dan biaya jika dilakukan penambahan 1 jam kerja lembur, 2 jam kerja lembur dan 3 jam kerja lembur. Adapun variabel yang dibandingkan adalah total biaya. Hasil perbandingan waktu dan biaya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Perbandingan Waktu dan Biaya

No	Waktu	Durasi (Hari)	Total Biaya	Cost Slope
1.	Normal	147	Rp. 7.410.470.663,07	Rp. 0
2.	Penambahan 1 jam lembur	133	Rp. 7.520.647.067,57	Rp. 355.256,82
3.	Penambahan 2 jam lembur	123	Rp. 7.535.950.438,35	Rp. 844.873,60
4.	Penambahan 3 jam lembur	115	Rp. 7.551.253.809,14	Rp. 1.111.885,53

Dari tabel didapatkan alternatif penambahan 1 jam kerja lembur dapat mempercepat 14 hari dengan biaya yang minimum dibandingkan dengan alternatif penambahan 2 jam lembur dapat mempercepat 24 hari dengan biaya yang sangat besar. Total cost slope atau biaya akselerasi per unit waktu dengan penambahan 1 jam kerja lembur Rp. 355.256,82 sedangkan penambahan 2 jam kerja lembur sebesar Rp. 844.873,60.



Gambar 2. Perbandingan Cost Slope

Pada gambar diatas memberi menunjukkan bahwa perbandingan biaya yang dikeluarkan oleh penerapan metode CPM, PERT, dan Crashing dengan denda jika proyek mengalami keterlambatan. Penerapan metode CPM, PERT, dan Crashing dengan alternatif penambahan 1 jam kerja lembur mengeluarkan total biaya sebesar Rp. 7.520.647.067,57 dan denda jika dilakukan 12 hari penambahan waktu pelaksanaan proyek mengeluarkan total biaya sebesar Rp. 7.554.362.977,69. Maka kesimpulan yang didapat adalah penerapan metode CPM, PERT, dan Crashing lebih baik diterapkan daripada melakukan pembayaran denda dengan selisih biaya sebesar Rp. 33.715.910,12.

4. Kesimpulan

Dari pengolahan data dapat disimpulkan bahwa:

1. Aktivitas-aktivitas yang berada di jalur kritis yaitu aktivitas A, B, C, D, G, I, J, K, M, N, O, P, S, T, U, V, X, Y, Z, AA, AB, AE, AF, AJ, AK, AL.
2. Peluang keberhasilan proyek Lapangan Kontainer diperkirakan selesai tepat waktu sebesar 95.35 %.
3. Durasi pelaksanaan proyek Lapangan Kontainer memerlukan waktu penyelesaian normal 147 hari dengan biaya sebesar Rp. 7.410.470.663,07 dapat dilakukan percepatan dengan menambahkan alternatif 1 jam kerja lembur menjadi 133 hari serta penambahan biaya menjadi Rp. 7.520.647.067,57 kemudian dengan menambah 2 jam kerja lembur dapat dipercepat menjadi 123 hari dengan penambahan biaya menjadi Rp. 7.535.950.438,35 Biaya yang dikeluarkan masih dibawah biaya kontrak kerja yaitu Rp. Rp. 8.151.517.729,38.
4. Perbandingan penerapan metode CPM, PERT, dan Crashing lebih baik dibandingkan membayar denda penalti. Penerapan metode CPM, PERT, dan crashing mengeluarkan total biaya sebesar Rp. 7.520.647.067,57 dan denda penalti jika dilakukan 12 hari penambahan waktu pelaksanaan proyek mengeluarkan total biaya sebesar Rp. 7.554.362.977,69 dengan selisih biaya sebesar Rp. 33.715.910,12.

Referensi

- [1] S. Suparno, "Perencanaan Dan Penjadwalan Proyek Pada Pembangunan Gedung," *Bangun Rekaprima Maj. Ilm. Pengemb. Rekayasa, Sos. dan Hum.*, vol. 1, no. 2, Oktober, 2016.
- [2] M. F. Sufa, "Identifikasi Kriteria Keberhasilan Proyek," *Performa Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 1, 2012.
- [3] T. Jahja, "Analisis Penerapan Manajemen Waktu pada Proyek Peningkatan Struktur Jalan By Pass (Studi Kasus: PT. Lia Membangun Persada)," *RADIAL J. Perad. Sains, Rekayasa dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, pp. 40–51, 2018.
- [4] D. Caesaron and A. Thio, "Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode Jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No. 20 Glodok)," *JIEMS (Journal Ind. Eng. Manag. Syst.*, vol. 8, no. 2, 2017.
- [5] R. H. Alim and S. Anwar, "PERENCANAAN MANAJEMEN KONSTRUKSI PEMBANGUNAN KYRIAD BOUTIQUE HOTEL KABUPATEN BANDUNG BARAT," *J. Konstr. dan Infrastruktur*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [6] F. G. A. Ningrum, W. Hartono, and S. Sugiyarto, "Penerapan Metode Crashing Dalam Percepatan

Durasi Proyek Dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur Dan Shift Kerja (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta),” *Matriks Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, 2017.