

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Umum Proyek

Proyek Hotel X Surabaya terletak di Jl. Gunungsari, Dukuh Pakis, Surabaya, dengan luas lahan 5,1 hektare yang terdiri dari bangunan hotel, villa, dan mice. Nilai kontrak mencapai Rp464.500.000.000,- (termasuk PPN 11%) dengan jenis kontrak lumpsum. Jadwal pelaksanaan awalnya adalah 28 November 2024 hingga 14 Juli 2026. Namun, pekerjaan mengalami keterlambatan pada periode Desember 2025 hingga Februari 2026 (berhenti 3 bulan). Setelah resume pada 1 Maret 2026, berdasarkan reschedule di Primavera P6, pekerjaan sisa memerlukan 219 hari kerja dengan estimasi penyelesaian 31 Desember 2026, tertinggal 5,5 bulan dari target kontrak.

Penelitian ini berfokus pada bangunan hotel dengan luas 22.345,87 m² dan 8 lantai + atap. Delay terjadi khususnya pada pekerjaan Arsitektur (ARSI), dan *Mechanical Electrical Plumbing* (MEP), yang dipicu oleh perubahan desain dari owner sehingga menyebabkan deviasi biaya dan keterlambatan progresif. Untuk mengatasi delay sambil mengoptimalkan biaya, penelitian ini menerapkan metodologi *Time-Cost Trade-Off* (TCTO) menggunakan *Software* Primavera P6. Analisis difokuskan pada pekerjaan ARSI dan MEP sebagai critical activities dengan skenario *Crash ing* berupa penambahan tenaga kerja dan jam kerja lembur. Berikut adalah beberapa tahapan yang dilakukan dalam perhitungan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*:

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini mencakup tahapan penentuan wbs dan pekerjaan sisa, penyusunan baseline, kemudian menentukan jalur kritis.

4.2.1 Penentuan WBS Pekerjaan Sisa Dan Durasi Pekerjaan Sisa

Analisis data dalam penelitian ini dimulai dengan penyusunan *Work Breakdown Structure* (WBS) menggunakan aplikasi *Primavera P6*. WBS disusun untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan seluruh pekerjaan yang masih tersisa (*remaining works*) dari Proyek Hotel X Surabaya setelah terjadinya

keterlambatan akibat perubahan desain oleh pemilik proyek (*owner*). Penyusunan WBS ini bertujuan untuk memecah lingkup pekerjaan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan terstruktur, sehingga memudahkan proses penjadwalan, pengendalian, dan analisis durasi serta biaya untuk setiap aktivitas pada tahap percepatan (*Crash ing*).

Setelah dilakukan identifikasi terhadap seluruh komponen pekerjaan yang belum terselesaikan, ditemukan bahwa pekerjaan sisa utama yang masih berjalan dan menjadi penyebab keterlambatan signifikan adalah pekerjaan pada bagian Arsitektur dan MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*). Kedua kelompok pekerjaan inilah yang kemudian menjadi fokus utama dalam penelitian ini, karena berdasarkan hasil identifikasi WBS, durasi penyelesaian pekerjaan Arsitektur dan MEP masih sangat panjang. Dengan demikian, WBS yang telah disusun menjadi dasar untuk menentukan aktivitas-aktivitas kritis yang memerlukan percepatan, serta menjadi acuan dalam perhitungan durasi dan biaya pada setiap skenario percepatan yang akan dianalisis. Dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Gambar 4. 1 *Work Breakdown Structure* (WBS)

Level 1	Level 2	Level 3
PROYEK HOTEL X SURABAYA	Pekerjaan Arsitektur	Pekerjaan Dinding Dan Pelapis Dinding
		Pekerjaan Pintu Jendela
		Pekerjaan Pelapis Lantai
		Pekerjaan Plafond
		Pekerjaan Sanitair
	Pekerjaan MEP (<i>Mechanical, Electrical, Plumbing</i>)	Pekerjaan Mekanikal
		Pekerjaan Elektrikal
		Pekerjaan Plumbing

Lebih detail dapat di lihat pada lampiran *Work Breakdown Structure*.

4.2.2 Penyusunan Baseline

Sebelum melakukan identifikasi jalur kritis, langkah awal yang harus dilakukan adalah menyusun *baseline* proyek. *Baseline* merupakan rencana awal yang disepakati sebagai acuan resmi dalam pelaksanaan proyek, yang mencakup jadwal, biaya, dan ruang lingkup pekerjaan. Dalam penelitian ini, *baseline* disusun menggunakan aplikasi *Primavera P6* dengan menginput seluruh aktivitas pekerjaan sisa, durasi normal (*original duration*), hubungan ketergantungan antar aktivitas (*predecessor*), serta alokasi sumber daya yang tersedia. *Baseline* yang telah disusun kemudian ditetapkan sebagai *project baseline* yang berfungsi sebagai titik referensi untuk membandingkan kemajuan aktual dengan rencana awal, serta menjadi dasar dalam analisis jalur kritis dan evaluasi kinerja proyek secara keseluruhan. Dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Gambar 4. 2 Penyusunan Baseline



Activity ID	Activity Name	Original Duration	Remaining Duration	Start	Finish
PATRA-01 - B1 BASELINE HOTEL X SBY		219	219	02-Mar-26	31-Dec-26
PATRA-01 - B1.01 PEKERJAAN ARSITEKTUR HOTEL		219	219	02-Mar-26	31-Dec-26
PATRA-01 - B1.01.01 PEK. DINDING DAN PELAPIS DINDING		219	219	02-Mar-26	31-Dec-26
PATRA-01 - B1.01.02 PEK. PINTU JENDELA		38	38	02-Mar-26	22-Apr-26
PATRA-01 - B1.01.03 PEK. PELAPIS LANTAI		214	214	02-Mar-26	24-Dec-26
PATRA-01 - B1.01.04 PEK. PLAFOND		138	138	02-Mar-26	09-Sep-26
PATRA-01 - B1.01.05 PEK. SANITAIR		35	35	16-Jul-26	02-Sep-26
PATRA-01 - B1.02 PEKERJAAN MEP (MEKANIKAL, ELEKTRIKAL, DAN PLUMBING)		195	195	02-Mar-26	27-Nov-26
PATRA-01 - B1.02.01 PEKERJAAN MEKANIKAL		195	195	02-Mar-26	27-Nov-26
PATRA-01 - B1.02.02 PEKERJAAN ELEKTRIKAL		188	188	02-Mar-26	18-Nov-26
PATRA-01 - B1.02.03 PEKERJAAN PLUMBING		138	138	02-Mar-26	09-Sep-26

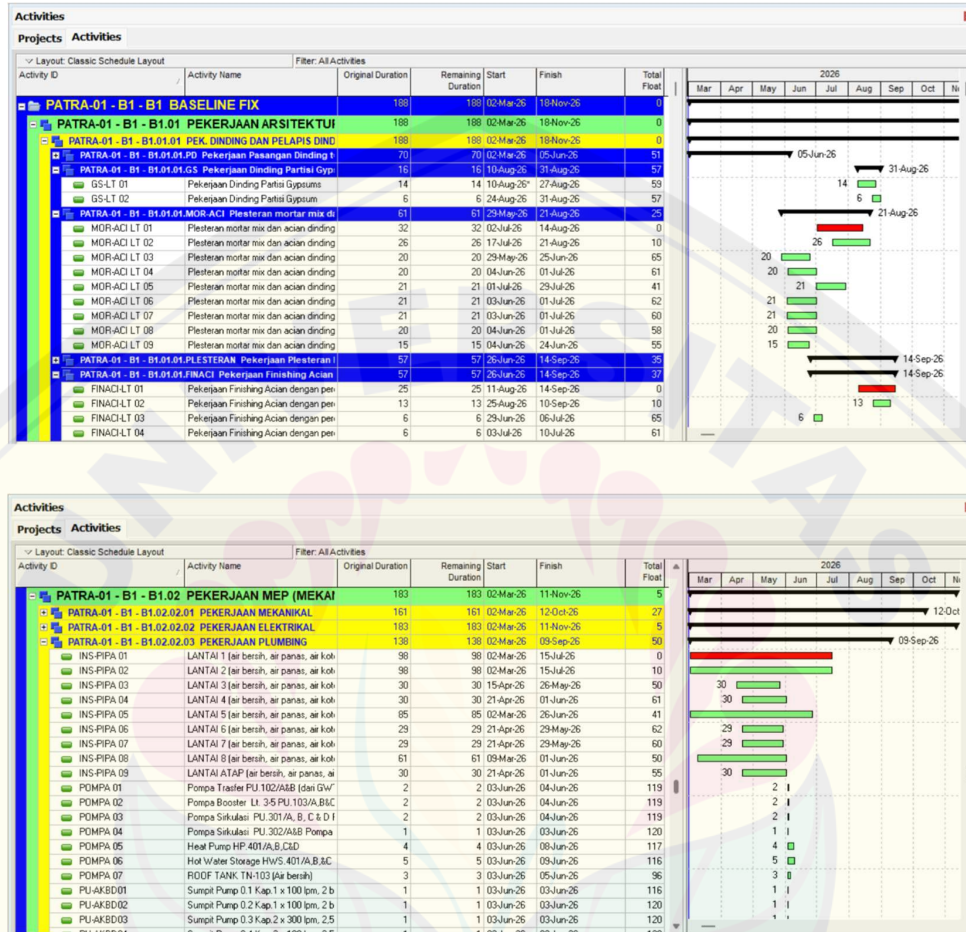
Lebih detail dapat di lihat pada lampiran baseline.

4.2.3 Penentuan jalur kritis

Setelah *baseline* proyek berhasil disusun menggunakan aplikasi *Primavera P6*, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*) dari seluruh rangkaian aktivitas pekerjaan sisa. Jalur kritis merupakan lintasan terpanjang dalam jaringan kerja proyek yang menentukan durasi total penyelesaian proyek. Aktivitas-aktivitas yang berada pada jalur kritis memiliki nilai *Total Float* sama dengan nol, yang berarti tidak ada kelonggaran waktu dan setiap keterlambatan pada aktivitas tersebut akan berdampak langsung terhadap durasi akhir proyek. Dengan demikian, aktivitas-aktivitas inilah yang menjadi prioritas

utama dalam pelaksanaan percepatan (*Crash ing*). Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan *Primavera P6*, ditemukan 3 aktivitas kritis pada pekerjaan sisa MEP dan Arsitektur, seperti yang disajikan pada Gambar 4.3.

Gambar 4. 3 Pekerjaan Kritis Pada Primavera P6



Ketiga aktivitas ini merupakan pekerjaan sisa pada bagian MEP dan Arsitektur yang masih berjalan dan menjadi penentu utama durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan. Karena tidak memiliki kelonggaran waktu, setiap keterlambatan pada aktivitas-aktivitas tersebut akan berdampak langsung terhadap durasi akhir proyek. Oleh karena itu, aktivitas-aktivitas inilah yang menjadi prioritas utama dalam pelaksanaan percepatan (*Crash ing*). Adapun rincian ketiga aktivitas kritis tersebut disajikan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 1 Jalur Kritis

No	Kode	Pekerjaan	Durasi (Hari)	Satuan	Volume
1	1.3	Plesteran mortar mix dan acian dinding mortar mix LT 1	32	m2	3797,13
2	1.5	Pekerjaan Finishing Acian dengan perekat jenis mortar kolom beton expos LT 1	25	m2	2228,91
3	16.3.1	Pekerjaan Plumbing LT 1	98	Unit	1

Sumber: hasil analisis peneliti (2026)

4.3 Penambahan Jam Lembur

Penambahan jam lembur dalam penelitian ini merupakan strategi *crashing* yang diterapkan pada aktivitas-aktivitas kritis untuk mempercepat durasi penyelesaian proyek. Upaya ini dilakukan dengan menambah jam kerja di luar jam normal (8 jam/hari) guna meningkatkan produktivitas harian, yang selanjutnya akan dihitung pengaruhnya terhadap durasi baru (*crash duration*) pada setiap aktivitas.

4.3.1 Perhitungan Durasi *Crash ing* Pada Penambahan Jam Lembur

Untuk menentukan seberapa besar pengaruh penambahan jam lembur terhadap percepatan proyek, dilakukan perhitungan durasi *Crash ing* pada setiap aktivitas kritis. Perhitungan ini dilakukan secara bertahap, dimulai dari menghitung produktivitas harian normal, produktivitas per jam, hingga produktivitas setelah adanya penambahan jam lembur. Dari hasil tersebut, kemudian dapat ditentukan durasi baru (*Crash Duration*) untuk masing-masing skenario lembur.

Sebagai contoh, berikut adalah langkah-langkah perhitungan durasi *Crash ing* pada pekerjaan Plesteran mortar mix dan acian dinding mortar mix LT 1 dengan skenario penambahan jam lembur sebesar 1 jam:

- a. Perhitungan produktivitas harian

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}}$$

$$= \frac{3797,13}{32}$$

$$= 119 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- b. Produktivitas perjam

$$= \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja Normal}}$$

$$= \frac{119}{8}$$

$$= 15 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- c. Produktivitas *Crash*

$$= (1) + (\text{penambahan jam lembur} \times (2) \times \text{produktivitas tenaga kerja})$$

$$= 119 + (1 \times 15 \times 90\%)$$

$$= 132 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- d. Durasi *Crash*

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{produktivitas crash}}$$

$$= \frac{3797,13}{132}$$

$$= 29 \text{ hari}$$

Berdasarkan hasil kalkulasi menggunakan rumus tersebut, durasi percepatan untuk masing-masing skenario kerja lembur (1 jam, 2 jam, dan 3 jam) disajikan secara rinci pada Tabel 4.2, Tabel 4.3, dan Tabel 4.4.

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Durasi Dengan Penambahan 1 Jam Lembur

Jam Lembur 1 Jam			
Produktivitas Harian	Produktivitas Perjam	Produktivitas <i>Crash</i> ing	Durasi <i>Crash</i> ing
119	15	132	29
89	11	99	22
38	5	42	88

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Durasi Dengan Penambahan 1 Jam Lembur

Jam Lembur 2 Jam			
Produktivitas	Produktivitas	Produktivitas <i>Crash</i>	Durasi <i>Crash</i>
Harian	Perjam	<i>ing</i>	<i>ing</i>
119	15	142	27
89	11	107	21
38	5	45	82

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Durasi Dengan Penambahan 3 Jam Lembur

Jam Lembur 3 Jam			
Produktivitas	Produktivitas	Produktivitas <i>Crash</i>	Durasi <i>Crash</i>
Harian	Perjam	<i>ing</i>	<i>ing</i>
119	15	152	25
89	11	114	20
38	5	48	76

4.3.2 Perhitungan *Crash Cost* Dan *Cost slope* Jam Lembur

Setelah durasi *Crash* untuk setiap skenario penambahan jam lembur berhasil dihitung, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya percepatan (*Crash Cost*) dan nilai *cost slope* dari masing-masing aktivitas kritis. Perhitungan ini penting dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tambahan biaya yang harus dikeluarkan jika suatu aktivitas dipercepat, serta untuk menentukan aktivitas mana yang paling efisien untuk dikejar (*Crash ing*).

Crash Cost diperoleh dengan menjumlahkan biaya normal (normal cost) aktivitas dengan total biaya tambahan yang timbul akibat percepatan, seperti upah lembur atau penambahan tenaga kerja. Sementara itu, *cost slope* dihitung sebagai rasio antara selisih *Crash Cost* dan normal cost terhadap selisih durasi normal dan durasi *Crash*. Nilai *cost slope* ini menunjukkan besarnya biaya tambahan yang diperlukan untuk mempercepat durasi aktivitas sebesar satu hari. Semakin kecil nilai *cost slope*, semakin murah aktivitas tersebut untuk dipercepat.

Skenario penambahan jam lembur yang diuji terdiri dari tiga variasi, yaitu lembur 1 jam, 2 jam, dan 3 jam per hari, sesuai dengan batas maksimal yang diatur

dalam regulasi ketenagakerjaan (KEP.102/MEN/VI/2004) pada pasal 3, pasal 7, pasal 8, pasal 11 untuk standar upah lembur adalah sebagai berikut.

- a. Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (tiga) jam dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu.
- b. Memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila kerja lembur dilakukan selama 3 (tiga) jam atau lebih.
- c. Perhitungan upah lembur didasarkan pada upah bulanan. Cara menghitung upah sejam adalah $1/173$ kali upah sebulan.
- d. Untuk jam kerja lembur pertama harus dibayar upah sebesar 1,5 (satu setengah) kali upah sejam dan untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 (dua) kali upah sejam.

Berikut adalah contoh perhitungan upah, *Crash Cost* dan *cost slope* pada pekerjaan Plesteran mortar mix dan acian dinding mortar mix LT 1 dengan skenario penambahan jam lembur 1 jam.

- 1) Upah perbulan

$$\begin{aligned}
 &= \text{upah normal} \times 25 \\
 &= 150.000 \times 25 \\
 &= 3.750.000,00
 \end{aligned}$$

- 2) Upah normal perjam

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{173} \times \text{upah perbulan} \\
 &= \frac{1}{173} \times 3.750.000,00 \\
 &= 21.676,30
 \end{aligned}$$

- 3) Total upah lembur

$$\begin{aligned}
 &= \text{durasi crash} \times \text{perkalian lembur} \times \text{tenaga kerja} \times \text{upah normal perjam} \\
 &= 29 \times 1,5 \times 30 \times 21.878,30 \\
 &= 28.287.572,25
 \end{aligned}$$

- 4) *Crash Cost*

$$\begin{aligned}
 &= \text{normal cost} \times \text{total upah lembur} \\
 &= 406.110.647,76 \times 28.287.572
 \end{aligned}$$

$$= 434.398.220,01$$

5) *Cost slope*

$$= \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

$$= \frac{434.398.220,01 - 406.110.647,76}{32 - 29}$$

$$= 9.429.190,75$$

Dengan mengacu pada rumus-rumus di atas, maka dilakukan perhitungan biaya percepatan (*Crash Cost*) untuk setiap skenario penambahan jam lembur. Hasil perhitungan tersebut kemudian dirangkum dalam Tabel 4.5, Tabel 4.6, dan Tabel 4.7 berikut, yang memuat rincian durasi normal, durasi *Crash*, biaya normal, biaya *Crash*, serta nilai *cost slope* dari masing-masing alternatif.

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Total Biaya Upah Jam Lembur

Kode	Upah Jam Lembur		
	1 Jam	2 Jam	3 Jam
1.3	Rp28.287.572,25	Rp66.004.335,26	Rp103.721.098,27
1.5	Rp17.882.947,98	Rp41.726.878,61	Rp65.570.809,25
16.3.1	Rp2.351.965.317,92	Rp5.487.919.075,14	Rp8.623.872.832,37
Total	Rp2.398.135.838,15	Rp5.595.650.289,02	Rp8.793.164.739,88

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Biaya Percepatan Dengan Penambahan Jam Lembur

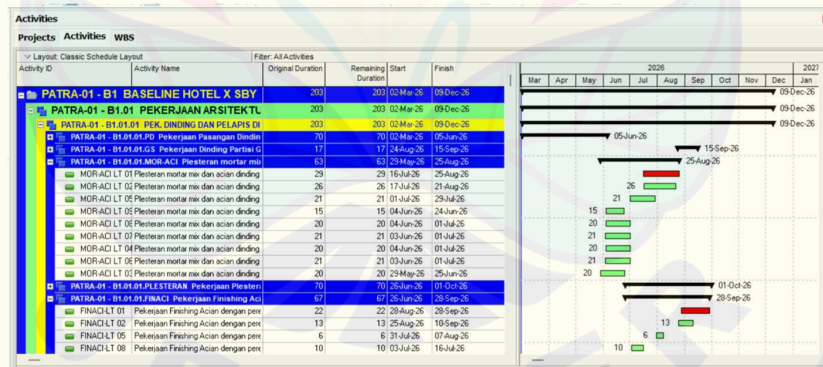
Kode	<i>Crash Cost</i>		
	1 Jam	2 Jam	3 Jam
1.3	Rp434.398.220,01	Rp472.114.983,02	Rp509.831.746,03
1.5	Rp109.778.678,37	Rp133.622.609,00	Rp157.466.539,64
16.3.1	Rp3.349.244.644,66	Rp6.485.198.401,88	Rp9.621.152.159,11
Total	Rp3.893.421.543,04	Rp7.090.935.993,91	Rp10.288.450.444,77

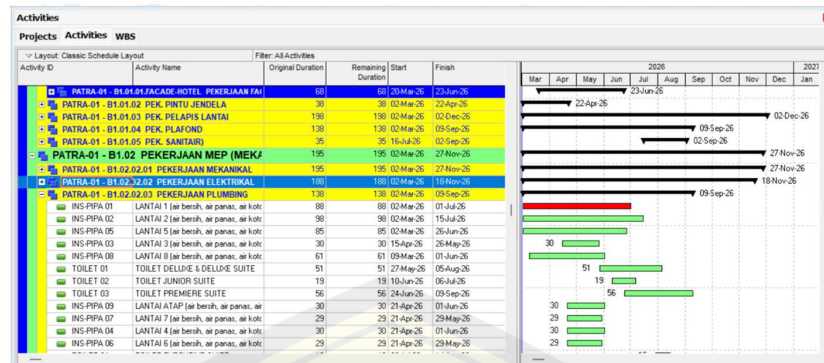
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan *Cost slope*

Kode	<i>Cost slope</i>		
	1 Jam	2 Jam	3 Jam
1.3	Rp9.429.190,75	Rp13.200.867,05	Rp14.817.299,75
1.5	Rp5.960.982,66	Rp10.431.719,65	Rp13.114.161,85
16.3.1	Rp235.196.531,79	Rp342.994.942,20	Rp391.994.219,65

4.3.3 Perhitungan Durasi *Crash* Ke Dalam Primavera P6

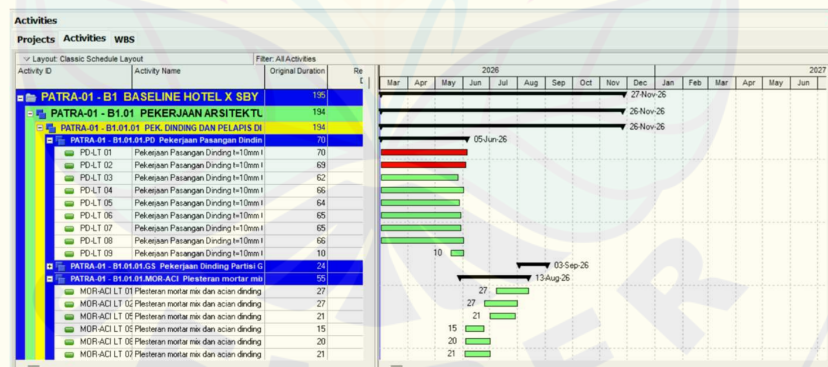
Setelah durasi *Crash* dan biaya percepatan (*Crash Cost*) untuk setiap skenario penambahan jam lembur berhasil dihitung, langkah selanjutnya adalah menentukan prioritas percepatan berdasarkan nilai *Cost slope* terkecil. Setelah prioritas ditentukan, durasi *Crash* dari masing-masing aktivitas kemudian dimasukkan secara bertahap ke dalam aplikasi *Primavera P6* sesuai dengan urutan prioritas tersebut. Proses ini dilakukan dengan memperbarui (*update*) durasi aktivitas-aktivitas kritis yang telah teridentifikasi sebelumnya, yaitu pekerjaan Plesteran (1.3), Finishing Acian (1.5), dan Plumbing LT 1 (16.3.1). Setiap kali satu aktivitas dipercepat, dilakukan penjadwalan ulang (*rescheduling*) untuk memantau apakah terjadi pergeseran jalur kritis atau muncul jalur kritis baru. Dapat dilihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.5, Gambar 4.6.

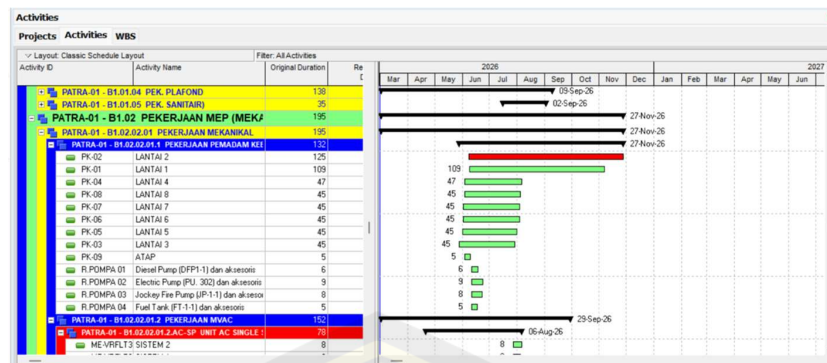
Gambar 4. 4 Hasil *Crash ing* Penambahan Jam Lembur 1 Jam



Pada skenario penambahan jam lembur 1 jam, ketiga aktivitas kritis yang telah teridentifikasi sebelumnya yaitu Plesteran mortar mix dan acian dinding LT 1 (kode 1.3), Finishing Acian dengan perekat jenis mortar kolom beton expos LT 1 (kode 1.5), dan Pekerjaan Plumbing LT 1 (kode 16.3.1) mengalami percepatan durasi. Berdasarkan perhitungan produktivitas, durasi ketiga aktivitas tersebut berhasil dipersingkat masing-masing menjadi 29 hari, 22 hari, dan 88 hari. Setelah durasi *Crash* tersebut diinput ke dalam aplikasi Primavera P6 dan dilakukan penjadwalan ulang, durasi total proyek mengalami penurunan dari 219 hari menjadi 203 hari. Namun, berdasarkan hasil simulasi, tidak terbentuk jalur kritis baru. Ketiga aktivitas yang sama tetap menjadi jalur kritis dengan nilai Total Float sama dengan nol (TF = 0).

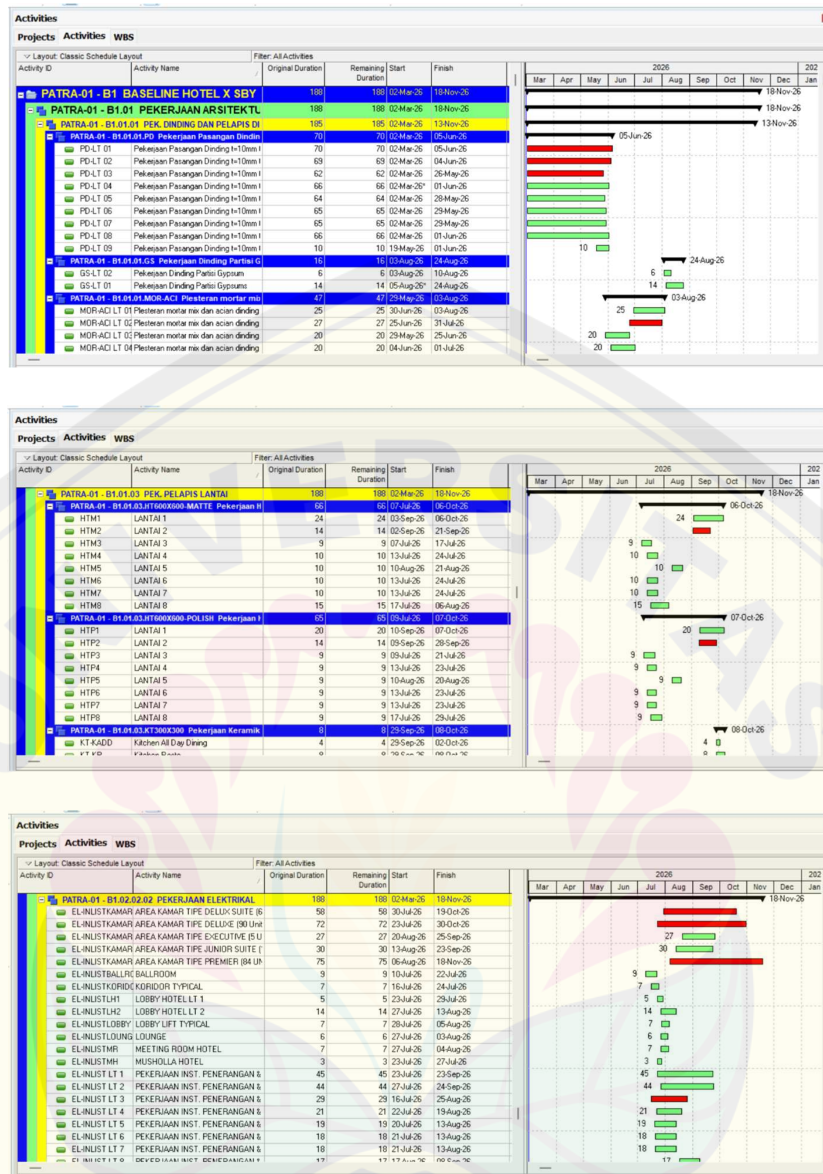
Gambar 4. 5 Hasil *Crash ing* Penambahan Jam Lembur 2 Jam

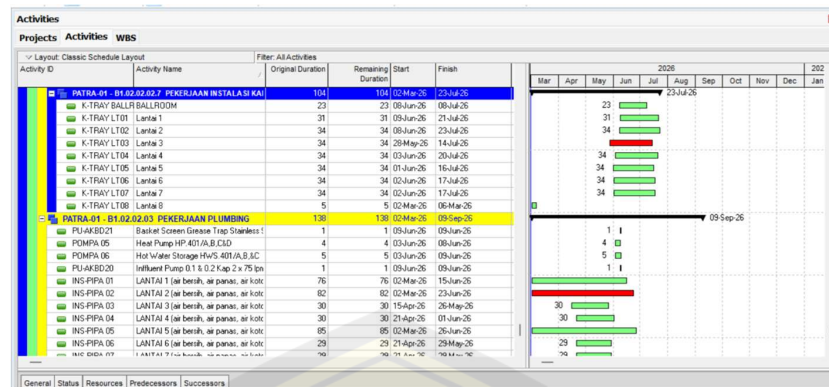




Pada skenario penambahan jam lembur 2 jam, ketiga aktivitas kritis yang sebelumnya mendominasi jalur kritis yaitu Plesteran mortar mix dan acian dinding LT 1 (kode 1.3), Finishing Acian dengan perekat jenis mortar kolom beton expos LT 1 (kode 1.5), dan Pekerjaan Plumbing LT 1 (kode 16.3.1) mengalami percepatan durasi yang cukup signifikan. Berdasarkan perhitungan produktivitas, durasi ketiga aktivitas tersebut berhasil dipersingkat masing-masing menjadi 27 hari, 21 hari, dan 82 hari. Setelah durasi *Crash* tersebut diinput ke dalam aplikasi Primavera P6 dan dilakukan penjadwalan ulang, durasi total proyek mengalami penurunan dari 219 hari menjadi 195 hari.

Namun terjadi pergeseran jalur kritis. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan Primavera P6, jalur kritis pertama yang semula terdiri dari ketiga aktivitas tersebut (1.3, 1.5, dan 16.3.1) kini tidak lagi menjadi jalur kritis karena durasinya sudah cukup pendek sehingga tidak lagi mendominasi durasi proyek. Sebagai gantinya, muncul jalur kritis baru yang melibatkan aktivitas-aktivitas lain yang sebelumnya memiliki *float* positif, tetapi kini menjadi kritis karena durasinya relatif lebih panjang dibandingkan aktivitas-aktivitas yang sudah dipercepat. Aktivitas-aktivitas baru tersebut kini memiliki nilai *Total Float* sama dengan nol ($TF = 0$) dan menjadi penentu utama durasi akhir proyek.

Gambar 4. 6 Hasil *Crash ing* Penambahan Jam Lembur 3 Jam



Pada skenario penambahan jam lembur 3 jam, ketiga aktivitas kritis awal yaitu Plesteran mortar mix dan acian dinding LT 1 (kode 1.3), Finishing Acian dengan perekat jenis mortar kolom beton expos LT 1 (kode 1.5), dan Pekerjaan Plumbing LT 1 (kode 16.3.1) mengalami percepatan durasi yang paling signifikan dibandingkan skenario lembur sebelumnya. Berdasarkan perhitungan produktivitas, durasi ketiga aktivitas tersebut berhasil dipersingkat masing-masing menjadi 25 hari, 20 hari, dan 76 hari. Setelah durasi *Crash* tersebut diinput ke dalam aplikasi Primavera P6 dan dilakukan penjadwalan ulang, durasi total proyek mengalami penurunan dari 219 hari menjadi 188 hari.

Pada skenario ini, terjadi fenomena yang cukup kompleks. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan Primavera P6, jalur kritis yang lama yang terdiri dari aktivitas 1.3, 1.5, dan 16.3.1 tetap ada dan masih memiliki nilai *Total Float* sama dengan nol ($TF = 0$). Artinya, meskipun durasi ketiga aktivitas tersebut sudah dipersingkat secara maksimal, ketiganya masih menjadi penentu durasi proyek karena durasinya masih cukup panjang dan mendominasi jalur kritis. Namun di sisi lain, muncul juga jalur kritis baru yang melibatkan aktivitas-aktivitas lain yang sebelumnya tidak kritis. Aktivitas-aktivitas baru tersebut kini juga memiliki $TF = 0$, sehingga terdapat lebih dari satu jalur kritis yang berjalan secara paralel dalam proyek.

4.3.4 Perhitungan biaya langsung dan tidak langsung

Setelah durasi *Crash* dan biaya percepatan (*Crash Cost*) untuk setiap skenario penambahan jam lembur berhasil dihitung, langkah selanjutnya adalah

menghitung biaya langsung dan biaya tidak langsung dari proyek. Kedua komponen biaya ini menjadi dasar utama dalam analisis *Time Cost Trade-Off* (TCTO) karena hubungannya yang saling bertolak belakang ketika proyek mengalami percepatan. Berikut adalah contoh perhitungan durasi *Crash ing* jam lembur pada pekerjaan Plesteran mortar mix dan acian dinding mortar mix LT 1 pada scenario penambahan jam lembur 1 jam.

1. Biaya langsung

$$= \text{biaya total} + \text{total crash cost}$$

$$= 192.200.000.000,00 + 3.893.42.543,04$$

$$= 194.598.135.838,15$$
2. Biaya tidak langsung

$$\text{total gaji} + \text{air} + \text{listrik} + \text{atk} + \text{denda keterlambatan}$$

$$= 11.946.074.000,00$$

Tabel 4. 8 Biaya Langsung Penambahan Jam Lembur

Biaya Langsung	
Skenario	Total Biaya
Normal	Rp 192.200.000.000,00
Tambah jam lembur 1 jam	Rp 194.598.135.838,15
Tambah jam lembur 2 jam	Rp 197.795.650.289,02
Tambah jam lembur 3 jam	Rp 200.993.164.739,88

Tabel 4. 9 Biaya Tidak Langsung Penambahan Jam Lembur

Biaya Tidak Langsung	
Skenario	Total Biaya
Normal	Rp 23.938.102.000,00
Tambah jam lembur 1 jam	Rp 11.946.074.000,00
Tambah jam lembur 2 jam	Rp 15.936.152.000,00
Tambah jam lembur 3 jam	Rp 19.926.230.000,00

Pada Tabel 4.8, biaya langsung menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan bertambahnya jam lembur. Pada kondisi normal, biaya langsung

tercatat sebesar Rp192,200 miliar. Setelah dilakukan percepatan dengan lembur 1 jam, biaya langsung naik menjadi Rp194,598 miliar, kemudian terus meningkat pada lembur 2 jam (Rp197,796 miliar) dan mencapai puncaknya pada lembur 3 jam sebesar Rp200,993 miliar. Peningkatan ini disebabkan oleh adanya tambahan biaya upah lembur yang harus dibayarkan kepada pekerja, di mana semakin banyak jam lembur yang diterapkan, semakin besar pula biaya tambahan yang dikeluarkan.

Sementara itu, pada Tabel 4.9, biaya tidak langsung menunjukkan pola yang berbeda. Pada kondisi normal, biaya tidak langsung tercatat sebesar Rp23,938 miliar. Setelah proyek dipercepat dengan lembur 1 jam, biaya tidak langsung turun drastis menjadi Rp11,946 miliar karena durasi proyek yang lebih pendek mengurangi biaya operasional harian seperti gaji staf, sewa, dan utilitas. Namun, pada lembur 2 jam, biaya tidak langsung justru naik kembali menjadi Rp15,936 miliar, dan terus meningkat pada lembur 3 jam menjadi Rp19,926 miliar. Kenaikan ini terjadi karena meskipun durasi proyek semakin pendek, biaya tidak langsung yang bersifat tetap per hari tidak selalu proporsional dengan durasi, terutama jika ada komponen biaya seperti denda keterlambatan atau biaya overhead tambahan yang justru muncul akibat percepatan yang terlalu ekstrem.

Tabel 4. 10 biaya total penambahan jam lembur

	Total biaya
Normal	Rp 216.138.102.000,00
Tambah jam lembur 1 jam	Rp 206.544.209.838,15
Tambah jam lembur 2 jam	Rp 213.731.802.289,02
Tambah jam lembur 3 jam	Rp 220.919.394.739,88

Berdasarkan Tabel 4.10 yang menyajikan rekapitulasi total biaya proyek untuk setiap skenario penambahan jam lembur, terlihat bahwa total biaya proyek mengalami fluktuasi seiring dengan bertambahnya durasi lembur yang diterapkan. Pada kondisi normal (tanpa percepatan), total biaya proyek tercatat sebesar Rp216.138.102.000,00. Setelah dilakukan percepatan dengan penambahan jam lembur 1 jam, total biaya proyek turun menjadi Rp206.544.209.838,15, yang merupakan nilai terendah di antara semua skenario. Penurunan ini terjadi karena

penghematan biaya tidak langsung (akibat durasi proyek yang lebih pendek) masih lebih besar dibandingkan peningkatan biaya langsung akibat upah lembur. Namun, pada skenario lembur 2 jam, total biaya proyek kembali naik menjadi Rp213.731.802.289,02, dan semakin meningkat pada lembur 3 jam yang mencapai Rp220.919.394.739,88 bahkan melebihi biaya normal. Kenaikan ini disebabkan oleh peningkatan biaya langsung yang sudah terlalu besar (karena upah lembur $1,5\times$ dan $2\times$), sementara biaya tidak langsung tidak lagi turun secara signifikan karena durasi proyek sudah sangat pendek dan biaya tetap seperti denda atau overhead tambahan justru muncul akibat percepatan ekstrem.

4.4 Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja merupakan strategi *crashing* lainnya yang dilakukan dengan menambah jumlah pekerja pada aktivitas-aktivitas kritis guna mempercepat durasi proyek. Peningkatan jumlah tenaga kerja ini akan mempengaruhi produktivitas harian total, yang selanjutnya menjadi dasar perhitungan untuk menentukan durasi baru (*crash duration*) pada setiap aktivitas yang ditinjau.

4.4.1 Uji Kelayakan penambahan tenaga kerja

Sebelum skenario penambahan tenaga kerja diterapkan ke dalam perhitungan durasi *Crash* dan biaya percepatan, terlebih dahulu dilakukan uji kelayakan untuk memastikan bahwa setiap skenario penambahan tenaga kerja masih realistis dan aman untuk diterapkan di lapangan. Uji kelayakan ini sangat penting karena penambahan tenaga kerja tidak hanya berdampak pada durasi dan biaya, tetapi juga pada aspek teknis operasional, seperti ketersediaan ruang kerja (*working space*), koordinasi antar pekerja, serta risiko keselamatan dan kesehatan kerja.

Dalam penelitian ini, uji kelayakan dilakukan dengan membandingkan jumlah pekerja tambahan pada setiap skenario (25%, 35%, dan 50%) dengan kapasitas area kerja yang tersedia untuk masing-masing aktivitas kritis. Parameter yang digunakan adalah kepadatan pekerja, yaitu rasio antara jumlah total pekerja dengan luas area kerja. Semakin tinggi kepadatan pekerja, semakin besar risiko

penurunan produktivitas, gangguan koordinasi, dan potensi kecelakaan kerja. Oleh karena itu, skenario penambahan tenaga kerja dinyatakan layak jika kepadatan pekerja masih dalam batas yang wajar. Dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4. 11 Uji Kelayakan Scenario Penambahan Tenaga Kerja

Normal	Volume pekerjaan	Penambahan Tenaga Kerja			kelayakan		
		25%	35%	50%	25%	35%	50%
30	3797,13 m ²	8	11	15	Layak	layak	Layak
35	2228,91 m ²	6	9	13	Layak	Layak	Layak
530	1 unit	206	288	411	Layak	Tidak layak	Tidak layak

Berdasarkan hasil uji kelayakan pada Tabel 4.11, dilakukan evaluasi terhadap setiap skenario penambahan tenaga kerja dengan mempertimbangkan kapasitas area kerja dan tingkat kepadatan pekerja. Uji kelayakan ini bertujuan untuk memastikan bahwa penambahan jumlah pekerja masih berada dalam batas yang aman dan tidak mengganggu produktivitas serta keselamatan kerja di lapangan.

Pada aktivitas Plesteran mortar mix dan acian dinding LT 1 dengan volume 3.797,13 m², jumlah pekerja normal adalah 30 orang. Penambahan tenaga kerja sebesar 25%, 35%, dan 50% masing-masing menambahkan 8, 11, dan 15 orang pekerja. Ketiga skenario ini dinyatakan layak karena luas area kerja yang besar masih mampu menampung tambahan pekerja tanpa menyebabkan kepadatan yang berarti. Hal serupa juga terjadi pada aktivitas Finishing Acian LT 1 dengan volume 2.228,91 m², di mana jumlah pekerja normal adalah 35 orang dengan tambahan 6, 9, dan 13 orang pada masing-masing skenario. Ketiga skenario pada aktivitas ini juga dinyatakan layak. Namun, kondisi berbeda terjadi pada aktivitas Pekerjaan Plumbing LT 1 yang hanya memiliki volume 1 unit dengan area kerja yang sangat terbatas. Jumlah pekerja normal mencapai 530 orang yang sudah sangat besar. Pada

skenario penambahan 25%, tambahan pekerja sebanyak 206 orang masih dinyatakan layak. Namun, pada skenario penambahan 35% dan 50% dengan tambahan masing-masing 288 dan 411 orang, dinyatakan tidak layak karena akan menyebabkan kepadatan ekstrem yang berisiko menurunkan produktivitas, mengganggu koordinasi, serta meningkatkan potensi kecelakaan kerja.

Dengan demikian, berdasarkan uji kelayakan ini, skenario penambahan tenaga kerja yang dapat diterapkan lebih lanjut ke dalam analisis *Crash ing* dan perhitungan biaya adalah seluruh skenario (25%, 35%, dan 50%) untuk aktivitas Plesteran dan Finishing Acian, serta hanya skenario 25% untuk aktivitas Plumbing. Hasil ini menjadi dasar dalam menentukan batas maksimal penambahan tenaga kerja yang aman dan realistis untuk Proyek Hotel X Surabaya.

4.4.2 Perhitungan Durasi *Crash ing* Pada Penambahan Jam Lembur

Dalam analisis penambahan tenaga kerja, terdapat beberapa tahapan perhitungan yang harus dilakukan untuk menentukan durasi *Crash* pada setiap aktivitas kritis. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan jumlah pekerja terhadap percepatan durasi proyek. Skenario penambahan tenaga kerja yang diuji dalam penelitian ini adalah 25%, 35%, dan 50% dari jumlah tenaga kerja normal, dengan tetap mempertimbangkan ketersediaan area kerja (*working space*) serta koordinasi tim di lapangan.

Secara umum, perhitungan durasi *Crash ing* pada penambahan tenaga kerja dilakukan melalui dua tahap utama, yaitu menghitung indeks tenaga kerja per hari. Indeks ini menunjukkan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan per hari dalam kondisi normal. Nilai indeks diperoleh dari hasil bagi antara volume pekerjaan dikali koefisien tenaga kerja dengan durasi normal. Dan menghitung durasi *Crash* tenaga kerja

Durasi *Crash* diperoleh dari hasil bagi antara volume pekerjaan dikali koefisien tenaga kerja dengan indeks tenaga kerja per hari dikali faktor penambahan tenaga kerja. Faktor penambahan disesuaikan dengan skenario yang diuji. Berikut adalah contoh perhitungan durasi *Crash ing* pada pekerjaan Plesteran mortar mix dan acian dinding mortar mix LT 1 dengan skenario penambahan tenaga kerja sebesar 25%.

1. Indeks tenaga kerja per hari

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Volume Pekerjaan} \times \text{koefisien tenaga kerja}}{\text{Durasi Normal}} \\
 &= \frac{3.797,13 \times (0,2 + 0,1)}{32} \\
 &= 30
 \end{aligned}$$

2. Durasi *Crash* tenaga kerja

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Volume Pekerjaan} \times \text{koefisien tenaga kerja}}{\text{indeks tenaga kerja perhari} \times \text{penambahan tenaga kerja}} \\
 &= \frac{3.797,13 \times (0,2 + 0,1)}{30 \times 1,25} \\
 &= 26
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil kalkulasi menggunakan rumus tersebut, durasi percepatan untuk masing-masing tenaga kerja (25%, 35%, 50%) disajikan secara rinci pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Durasi Dengan Penambahan Tenaga Kerja

Indeks	Tenaga Kerja		
	25%	35%	50%
30	26	24	21
22	20	19	17
2108	78	73	65

Berdasarkan hasil perhitungan durasi *Crash* pada skenario penambahan tenaga kerja, diperoleh rekapitulasi durasi percepatan untuk masing-masing aktivitas kritis yang disajikan pada Tabel 4.11. Tabel ini memuat tiga variasi penambahan tenaga kerja, yaitu 25%, 35%, dan 50% dari jumlah tenaga kerja normal, yang diterapkan pada tiga aktivitas kritis yang telah teridentifikasi sebelumnya.

Pada tabel tersebut, kolom Indeks menunjukkan jumlah tenaga kerja normal yang dibutuhkan per hari untuk menyelesaikan masing-masing aktivitas. Untuk aktivitas Plesteran mortar mix dan acian dinding LT 1 (kode 1.3), indeks tenaga

kerja normal adalah 30 orang. Dengan penambahan tenaga kerja sebesar 25%, durasi aktivitas berhasil dipersingkat dari 32 hari menjadi 26 hari. Pada penambahan 35%, durasi turun menjadi 24 hari, dan pada penambahan 50%, durasi semakin pendek menjadi 21 hari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase penambahan tenaga kerja, semakin pendek durasi penyelesaian aktivitas. Untuk aktivitas Finishing Acian dengan perekat jenis mortar kolom beton expos LT 1 (kode 1.5), indeks tenaga kerja normal adalah 22 orang. Durasi normal aktivitas ini adalah 25 hari. Dengan penambahan tenaga kerja 25%, durasi menjadi 20 hari, kemudian turun menjadi 19 hari pada penambahan 35%, dan menjadi 17 hari pada penambahan 50%. Sementara itu, untuk aktivitas Pekerjaan Plumbing LT 1 (kode 16.3.1), indeks tenaga kerja normal adalah 2.108 orang—angka yang sangat besar karena volume pekerjaan hanya 1 unit dengan koefisien tenaga kerja yang tinggi. Durasi normal aktivitas ini adalah 98 hari. Dengan penambahan tenaga kerja 25%, durasi menjadi 78 hari, kemudian turun menjadi 73 hari pada penambahan 35%, dan menjadi 65 hari pada penambahan 50%.

4.4.3 Perhitungan *Crash Cost* Dan *Cost slope* Tenaga Kerja

Dalam penelitian ini, skenario penambahan tenaga kerja diterapkan dalam dua variasi, yaitu penambahan sebesar 25%, 35% dan 50%, dari jumlah tenaga kerja normal. Berikut adalah contoh perhitungan durasi *Crash ing* jam lembur pada pekerjaan Plesteran mortar mix dan acian dinding mortar mix LT 1 pada scenario penambahan tenaga kerja 25%.

1. Tenaga kerja tambahan

$$= \text{total tenaga kerja normal} \times \text{skenario penambahan tenaga kerja}$$

$$= 30 \times 25\%$$
2. Upah pekerja *Crash*

$$= \text{tenaga kerja tambahan} \times \text{upah normal perhari} \times \text{durasi crash}$$

$$= 8 \times 150.000 \times 26$$

$$= 29.250.000,00$$
3. *Crash Cost*

$$= \text{normal cost} \times \text{upah pekerja Crash}$$

$$= 406.110.647,76 \times 29.250.000,00$$

$$= 435.360.647,76$$

4. *Cost slope*

$$= \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

$$= \frac{435.360.647,76 - 406.110.647,76}{30 - 26}$$

$$= 4.875.000,00$$

Dengan mengacu pada rumus-rumus di atas, maka dilakukan perhitungan biaya percepatan (*Crash Cost*) untuk setiap skenario penambahan jam lembur. Hasil perhitungan tersebut kemudian dirangkum dalam Tabel 4.13, Tabel 4.14, dan Tabel 4.15 berikut, yang memuat rincian durasi normal, durasi *Crash*, biaya normal, biaya *Crash*, serta nilai *cost slope* dari masing-masing alternatif.

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Total Biaya Upah Tenaga Kerja

Kode	Upah Tenaga Kerja		
	25%	35%	50%
1.3	Rp29.250.000,00	Rp37.800.000,00	Rp47.250.000,00
1.5	Rp18.750.000,00	Rp24.937.500,00	Rp31.875.000,00
16.3.1	Rp2.404.350.000,00	Rp3.150.315.000,00	Rp4.007.250.000,00
Total	Rp2.452.350.000,00	Rp3.213.052.500,00	Rp4.086.375.000,00

Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Biaya Percepatan Dengan Penambahan Jam Lembur

Kode	<i>Crash Cost</i>		
	25%	35%	50%
1.3	Rp435.360.647,76	Rp443.910.647,76	Rp453.360.647,76
1.5	Rp110.645.730,39	Rp116.833.230,39	Rp123.770.730,39
16.3.1	Rp3.401.629.326,74	Rp4.147.594.326,74	Rp5.004.529.326,74
Total	Rp3.947.635.704,89	Rp4.708.338.204,89	Rp5.581.660.704,89

Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan *Cost slope*

Kode	<i>Cost slope</i>		
	25%	35%	50%
1.3	Rp4.875.000,00	Rp4.725.000,00	Rp4.295.454,55
1.5	Rp3.750.000,00	Rp4.156.250,00	Rp3.984.375,00
16.3.1	Rp120.217.500,00	Rp126.012.600,00	Rp121.431.818,18

4.4.4 Hasil Perhitungan Durasi *Crash* Ke Dalam Primavera P6

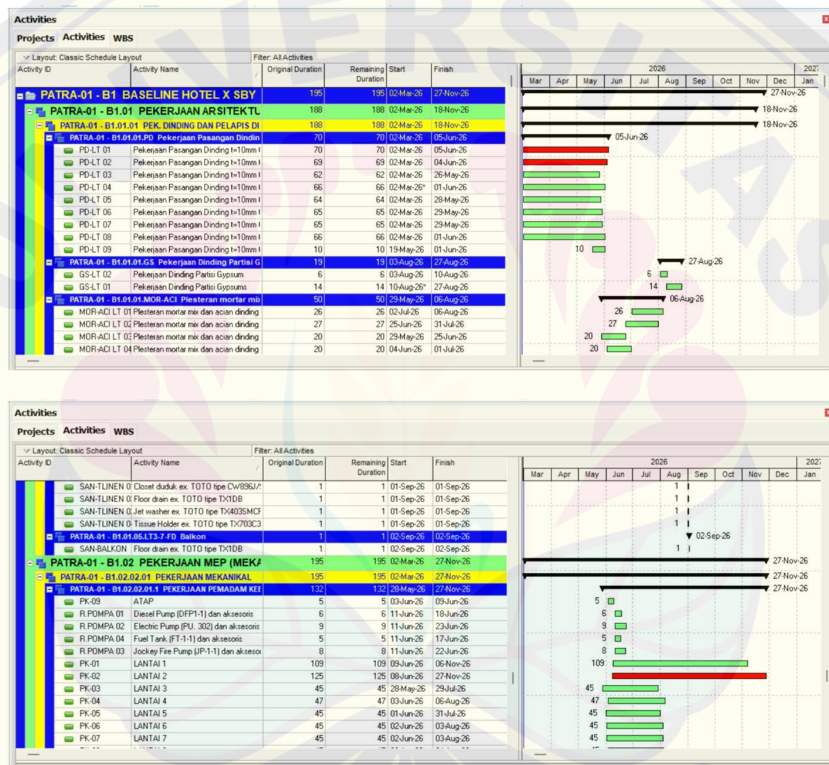
Setelah durasi *Crash* untuk setiap skenario penambahan tenaga kerja berhasil dihitung dan uji kelayakan telah dilakukan, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya percepatan (*Crash Cost*) dan nilai *cost slope* dari masing-masing aktivitas kritis yang layak untuk dipercepat. Perhitungan ini penting dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tambahan biaya yang harus dikeluarkan jika suatu aktivitas dipercepat melalui penambahan tenaga kerja, serta untuk menentukan aktivitas mana yang paling efisien untuk dikejar (*Crash ing*).

Crash Cost pada penambahan tenaga kerja diperoleh dengan menjumlahkan biaya normal (*normal cost*) aktivitas dengan total biaya tambahan yang timbul akibat penambahan jumlah pekerja. Biaya tambahan ini dihitung berdasarkan upah harian pekerja normal dikalikan dengan jumlah pekerja tambahan dan durasi proyek pada skenario percepatan tersebut. Sementara itu, *cost slope* dihitung sebagai rasio antara selisih *Crash Cost* dan *normal cost* terhadap selisih durasi normal dan durasi *Crash*. Nilai *cost slope* ini menunjukkan besarnya biaya tambahan yang diperlukan untuk mempercepat durasi aktivitas sebesar satu hari.

Dalam menentukan prioritas percepatan, aktivitas dengan nilai *cost slope* terkecil menjadi prioritas utama karena dianggap paling efisien secara biaya. Artinya, aktivitas yang memiliki *cost slope* paling rendah adalah aktivitas yang paling murah untuk dipercepat terlebih dahulu. Skenario penambahan tenaga kerja yang diuji dalam penelitian ini terdiri dari tiga variasi, yaitu penambahan sebesar 25%, 35%, dan 50% dari jumlah tenaga kerja normal, dengan tetap mempertimbangkan hasil uji kelayakan yang telah dilakukan sebelumnya.

Berdasarkan uji kelayakan, aktivitas Plumbing LT 1 (16.3.1) hanya dapat dipercepat hingga skenario 25%, sedangkan aktivitas Plesteran (1.3) dan Finishing Acian (1.5) dapat dipercepat hingga skenario 50%. Dengan demikian, perhitungan *Crash Cost* dan *cost slope* pada penambahan tenaga kerja menjadi dasar penting dalam menentukan strategi percepatan yang paling efisien. Aktivitas dengan *cost slope* terendah diprioritaskan untuk dipercepat terlebih dahulu agar durasi proyek dapat dipersingkat dengan biaya tambahan yang seminimal mungkin, tanpa mengabaikan aspek kelayakan teknis di lapangan. Dapat dilihat pada Gambar 4.7, Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.

Gambar 4. 7 Hasil *Crash ing* Penambahan Tenaga Kerja 25%

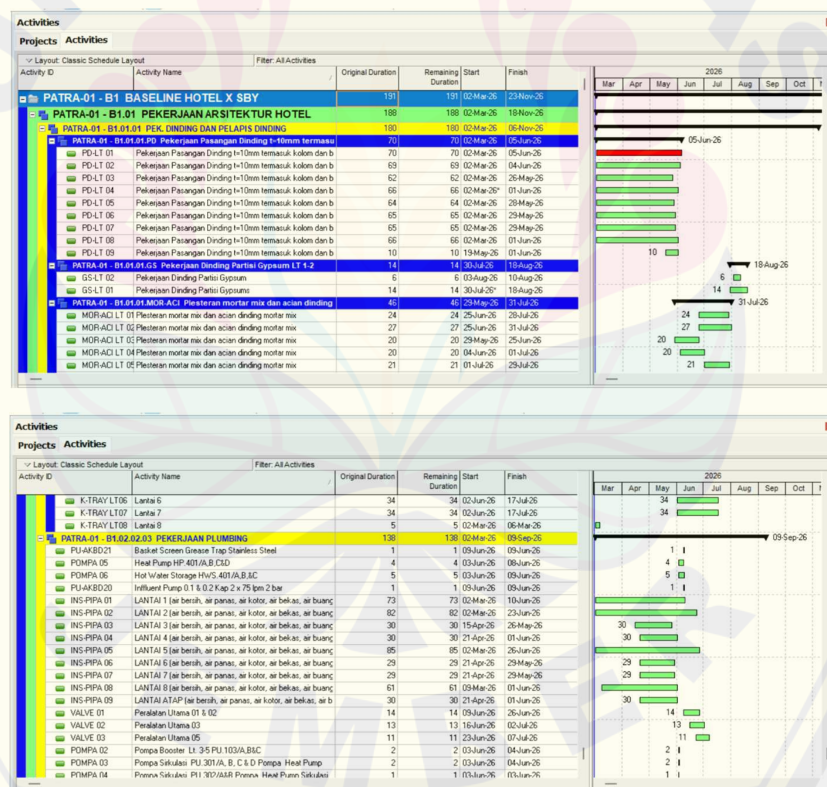


Setelah dilakukan percepatan dengan menambahkan tenaga kerja sebesar 25% pada ketiga aktivitas kritis tersebut, durasi masing-masing aktivitas berhasil dipersingkat. Pekerjaan Plesteran (1.3) yang semula berdurasi 32 hari menjadi lebih pendek, Finishing Acian (1.5) dari 25 hari berkurang, dan Pekerjaan Plumbing

(16.3.1) dari 98 hari juga mengalami pengurangan durasi yang cukup signifikan. Setelah durasi *Crash* tersebut diinput ke dalam *Primavera P6* dan dilakukan penjadwalan ulang, durasi total proyek mengalami penurunan dari 219 hari menjadi 195 hari.

Namun, dari skenario ini adalah terjadinya pergeseran jalur kritis. Berdasarkan hasil simulasi yang ditampilkan pada Gambar 4.7, jalur kritis sebelumnya yang terdiri dari ketiga aktivitas tersebut (1.3, 1.5, dan 16.3.1) kini tidak lagi menjadi jalur kritis. Hal ini terjadi karena percepatan yang dilakukan pada ketiga aktivitas utama telah cukup besar sehingga durasinya tidak lagi mendominasi jalur proyek. Sebagai gantinya, muncul jalur kritis baru yang melibatkan aktivitas-aktivitas lain yang sebelumnya memiliki *float* positif, tetapi kini menjadi kritis karena durasinya relatif lebih panjang dibandingkan aktivitas-aktivitas yang sudah dipercepat.

Gambar 4. 8 Hasil *Crash ing* Penambahan Tenaga Kerja 35%

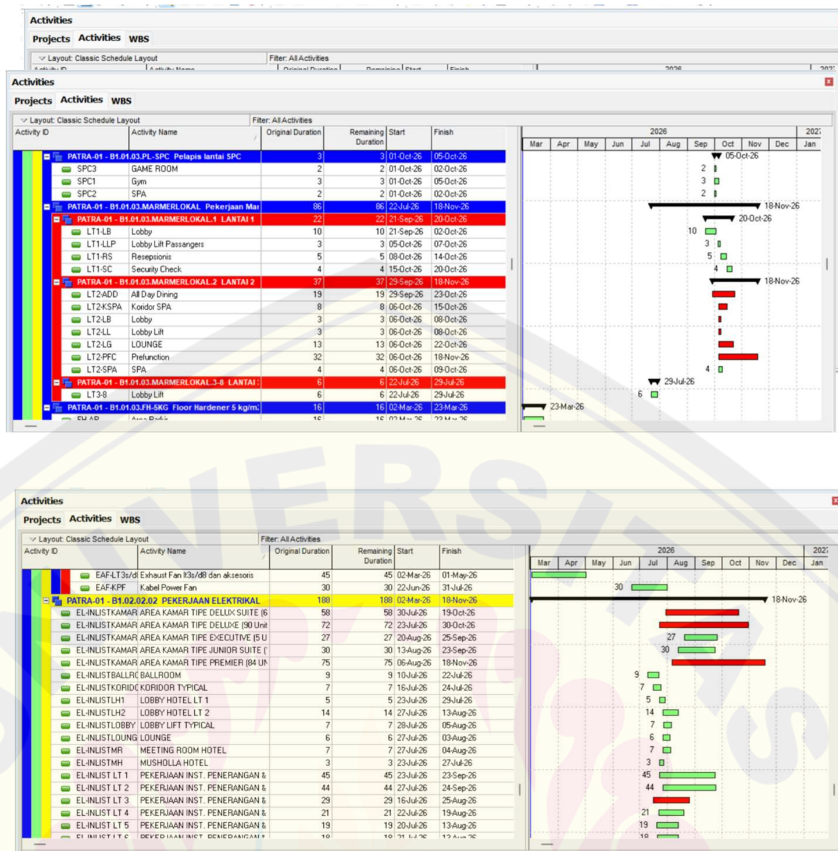


Pada skenario percepatan dengan penambahan tenaga kerja sebesar 35%, terjadi perubahan yang cukup signifikan terhadap struktur jalur kritis proyek. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan aplikasi *Primavera P6*, durasi total proyek berhasil dipersingkat dari 219 hari menjadi 191 hari. Penurunan durasi sebesar 28 hari ini menunjukkan bahwa penambahan tenaga kerja 35% memberikan dampak percepatan yang lebih besar dibandingkan skenario 25%, namun masih lebih kecil dibandingkan skenario 50%.

Dari skenario ini adalah terjadinya pergeseran jalur kritis. Berdasarkan hasil simulasi, jalur kritis sebelumnya yang terdiri dari aktivitas Plesteran (1.3), Finishing Acian (1.5), dan Plumbing (16.3.1) kini tidak lagi menjadi jalur kritis. Ketiga aktivitas tersebut tidak lagi memiliki nilai *Total Float* sama dengan nol ($TF = 0$), yang berarti durasinya sudah tidak lagi mendominasi jalur proyek. Hal ini terjadi karena percepatan yang dilakukan pada ketiga aktivitas utama telah cukup besar sehingga durasinya menjadi relatif pendek dibandingkan aktivitas-aktivitas lain yang sebelumnya tidak kritis.

Sebagai gantinya, muncul jalur kritis baru yang melibatkan aktivitas-aktivitas lain yang sebelumnya memiliki *float* positif, tetapi kini menjadi kritis karena durasinya relatif lebih panjang dibandingkan aktivitas-aktivitas yang sudah dipercepat. Aktivitas-aktivitas baru tersebut kini memiliki nilai *Total Float* = 0 dan menjadi penentu utama durasi akhir proyek.

Fenomena ini menunjukkan bahwa percepatan dengan penambahan tenaga kerja 35% telah berhasil mempersingkat durasi proyek secara signifikan, sekaligus menggeser struktur jalur kritis. Hal ini mengindikasikan bahwa untuk mempercepat proyek lebih lanjut, upaya percepatan harus difokuskan pada jalur kritis yang baru terbentuk, bukan hanya pada aktivitas-aktivitas awal. Dengan demikian, skenario penambahan tenaga kerja 35% efektif dalam mengurangi durasi proyek, tetapi juga menghadirkan tantangan baru dalam pengelolaan jalur kritis yang bergeser.

Gambar 4. 9 Hasil *Crash ing* Penambahan Tenaga Kerja 50%

Pada skenario percepatan dengan penambahan tenaga kerja sebesar 50%, terjadi perubahan yang sangat signifikan terhadap struktur jalur kritis proyek. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan aplikasi Primavera P6, durasi total proyek berhasil dipersingkat dari 219 hari menjadi 188 hari. Penurunan durasi sebesar 31 hari ini menunjukkan bahwa penambahan tenaga kerja 50% memberikan dampak percepatan yang cukup besar dibandingkan skenario sebelumnya.

Namun, yang paling menarik dari skenario ini adalah seluruh jalur kritis sebelumnya yang terdiri dari aktivitas Plesteran (1.3), Finishing Acian (1.5), dan Plumbing (16.3.1) kini hilang. Ketiga aktivitas tersebut tidak lagi memiliki nilai Total Float sama dengan nol ($TF = 0$), yang berarti durasinya sudah tidak lagi mendominasi jalur proyek. Hal ini terjadi karena percepatan yang dilakukan pada ketiga aktivitas utama telah cukup besar sehingga durasinya menjadi relatif pendek

dibandingkan aktivitas-aktivitas lain yang sebelumnya tidak kritis. Sebagai gantinya, muncul jalur kritis baru yang cukup banyak—terdapat lebih dari satu jalur kritis yang berjalan secara paralel. Aktivitas-aktivitas lain yang sebelumnya memiliki float positif kini menjadi kritis karena durasinya relatif lebih panjang dibandingkan aktivitas-aktivitas yang sudah dipercepat. Aktivitas-aktivitas baru tersebut kini memiliki nilai Total Float = 0 dan menjadi penentu utama durasi akhir proyek.

4.4.5 Perhitungan Biaya Langsung Dan Tidak Langsung

Setelah melakukan perhitungan durasi *Crash* dan biaya percepatan (*Crash Cost*) untuk setiap skenario penambahan tenaga kerja, langkah selanjutnya adalah menghitung dua komponen biaya utama dalam analisis *Time Cost Trade-Off* (TCTO), yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). Biaya langsung merupakan biaya yang secara fisik terkait langsung dengan pelaksanaan pekerjaan, seperti biaya material, upah tenaga kerja, dan biaya sewa peralatan. Sementara itu, biaya tidak langsung adalah biaya pendukung yang tidak terkait langsung dengan aktivitas konstruksi, tetapi sangat dipengaruhi oleh durasi proyek, seperti gaji staf manajemen, biaya sewa kantor proyek, listrik, air, dan biaya operasional lainnya.

Dalam metode TCTO, terdapat hubungan yang saling bertolak belakang antara kedua komponen biaya ini. Ketika proyek mengalami percepatan (*Crashing*), biaya langsung cenderung meningkat akibat adanya tambahan sumber daya, seperti penambahan jumlah pekerja atau jam lembur. Sebaliknya, biaya tidak langsung justru akan menurun seiring dengan memendeknya durasi proyek, karena biaya-biaya yang bersifat harian, seperti gaji staf dan biaya operasional basecamp menjadi lebih sedikit. Titik optimal proyek dicapai ketika total biaya (penjumlahan biaya langsung dan tidak langsung) berada pada nilai minimum.

Pada penelitian ini, perhitungan biaya langsung dilakukan dengan menjumlahkan seluruh biaya normal dari RAB proyek dengan tambahan biaya akibat percepatan (*Crash Cost*) dari setiap skenario penambahan tenaga kerja. Sementara itu, biaya tidak langsung dihitung berdasarkan perkalian antara biaya tidak langsung per hari dengan durasi proyek pada masing-masing skenario.

Dengan demikian, dapat diketahui secara kuantitatif bagaimana perubahan durasi proyek mempengaruhi kedua komponen biaya tersebut, serta skenario mana yang memberikan total biaya paling efisien. Berikut adalah contoh perhitungan durasi *Crash ing* jam lembur pada pekerjaan Plesteran mortar mix dan acian dinding mortar mix LT 1 pada scenario penambahan tenaga kerja 25%.

1. Biaya langsung

$$\begin{aligned}
 &= \text{biaya normal} + \text{total crash cost} \\
 &= 192.200.000.000,00 + 2.452.350.000,00 \\
 &= 194.652.350.000,00
 \end{aligned}$$

2. Biaya tidak langsung

$$\begin{aligned}
 &= \text{total gaji} + \text{air} + \text{listrik} + \text{atk} + \text{denda keterlambatan} \\
 &= 15.803.204.000,00
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 16 Biaya Langsung Penambahan Tenaga Kerja

Biaya Langsung		
Skenario	Total Biaya	
Normal	Rp	192.200.000.000,00
Tambah Pekerja 25%	Rp	194.652.350.000,00
Tambah Pekerja 35%	Rp	195.413.052.500,00
Tambah Pekerja 50%	Rp	196.286.375.000,00

Tabel 4. 17 Biaya Tidak Langsung Penambahan Tenaga Kerja

Biaya Tidak Langsung		
Skenario	Total Biaya	
Normal	Rp	23.938.102.000,00
Tambah Pekerja 25%	Rp	15.470.652.000,00
Tambah Pekerja 35%	Rp	17.177.546.000,00
Tambah Pekerja 50%	Rp	22.564.124.000,00

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17, terlihat bahwa biaya langsung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah pekerja yang ditambahkan. Pada kondisi normal, biaya langsung tercatat

sebesar Rp192.200.000.000. Setelah dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja 25%, biaya langsung naik menjadi Rp194.652.350.000, kemudian terus meningkat pada penambahan 35% menjadi Rp195.413.052.500, dan mencapai puncaknya pada penambahan 50% sebesar Rp196.286.375.000. Peningkatan ini disebabkan oleh adanya tambahan biaya upah pekerja baru yang harus dikeluarkan selama durasi proyek berlangsung. Semakin banyak pekerja yang ditambahkan, semakin besar pula biaya langsung yang harus dikeluarkan.

Sementara itu, pada Tabel 4.17, biaya tidak langsung menunjukkan pola yang berbeda. Pada kondisi normal, biaya tidak langsung tercatat sebesar Rp23.938.102.000. Setelah proyek dipercepat dengan penambahan tenaga kerja 25%, biaya tidak langsung turun menjadi Rp15.470.652.000 karena durasi proyek yang lebih pendek mengurangi biaya operasional harian seperti gaji staf, sewa, dan utilitas. Namun, pada penambahan 35%, biaya tidak langsung justru naik kembali menjadi Rp17.177.546.000, dan terus meningkat pada penambahan 50% menjadi Rp22.564.124.000. Kenaikan ini terjadi karena meskipun durasi proyek semakin pendek, biaya tidak langsung yang bersifat tetap per hari tidak selalu proporsional dengan durasi, terutama jika ada komponen biaya seperti denda keterlambatan atau biaya overhead tambahan yang muncul akibat percepatan yang terlalu ekstrem.

Dengan demikian, total biaya proyek yang merupakan penjumlahan biaya langsung dan tidak langsung menunjukkan bahwa skenario penambahan tenaga kerja 25% memberikan total biaya terendah dibandingkan skenario lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan tenaga kerja 25% merupakan titik paling efisien secara biaya pada metode penambahan tenaga kerja, sedangkan penambahan 35% dan 50% justru menyebabkan total biaya meningkat karena kenaikan biaya langsung yang lebih besar dibandingkan penurunan biaya tidak langsung. Oleh karena itu, pemilihan durasi percepatan harus mempertimbangkan keseimbangan antara kedua komponen biaya agar diperoleh total biaya proyek yang minimum.

Tabel 4. 18 total biaya penambahan tenaga kerja

Biaya Langsung	
Skenario	Total Biaya
Normal	Rp 216.138.102.000,00
Tambah Pekerja 25%	Rp 210.123.002.000,00
Tambah Pekerja 35%	Rp 212.590.598.500,00
Tambah Pekerja 50%	Rp 218.850.499.000,00

Berdasarkan Tabel 4.18, dapat diketahui bahwa total biaya proyek untuk setiap skenario penambahan tenaga kerja mengalami fluktuasi seiring dengan bertambahnya jumlah pekerja yang diterapkan. Total biaya proyek merupakan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung yang telah dihitung sebelumnya. Pada kondisi normal (tanpa percepatan), total biaya proyek tercatat sebesar Rp216.138.102.000. Setelah dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja sebesar 25%, total biaya proyek mengalami penurunan menjadi Rp210.123.002.000, yang merupakan nilai terendah di antara keempat skenario yang dianalisis. Penurunan ini terjadi karena penghematan biaya tidak langsung akibat durasi proyek yang lebih pendek masih lebih besar dibandingkan peningkatan biaya langsung akibat penambahan pekerja.

Namun, pada skenario penambahan tenaga kerja 35%, total biaya proyek kembali meningkat menjadi Rp212.590.598.500, dan semakin meningkat pada penambahan 50% yang mencapai Rp218.850.499.000—bahkan melebihi biaya normal. Kenaikan ini disebabkan oleh peningkatan biaya langsung yang sudah cukup besar karena jumlah pekerja yang ditambahkan semakin banyak, sementara biaya tidak langsung tidak lagi turun secara signifikan. Akibatnya, total biaya proyek menjadi lebih tinggi dibandingkan skenario penambahan 25%, dan pada skenario 50% bahkan melampaui biaya kondisi normal.

Dengan demikian, dari keempat kondisi yang dianalisis pada metode penambahan tenaga kerja, skenario penambahan tenaga kerja 25% merupakan pilihan paling optimal secara biaya karena menghasilkan total biaya proyek terendah, yaitu Rp210.123.002.000. Skenario ini menunjukkan keseimbangan

terbaik antara pengurangan durasi proyek dan peningkatan biaya yang dikeluarkan, sehingga menjadi titik efisien dalam analisis *Time Cost Trade-Off* (TCTO) pada Proyek Hotel X Surabaya.

4.5 Hubungan Waktu Dan Biaya

Setelah dilakukan perhitungan biaya pada setiap skenario percepatan, baik melalui penambahan jam lembur maupun penambahan tenaga kerja, langkah selanjutnya adalah menyusun rekapitulasi seluruh komponen biaya yang telah dihasilkan. Rekapitulasi ini mencakup biaya langsung, biaya tidak langsung, serta total biaya proyek untuk masing-masing kondisi, yaitu kondisi normal, percepatan dengan lembur 1 jam, lembur 2 jam, lembur 3 jam. Penambahan tenaga kerja 25% dan 50%. Dengan adanya rekapitulasi ini, dapat diketahui secara jelas bagaimana pengaruh setiap tingkat percepatan terhadap perubahan biaya proyek secara keseluruhan. Adapun ringkasan hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4.19 dan Tabel 4.20 berikut.

Tabel 4. 19 rekapitulasi biaya dengan penambahan jam lembur

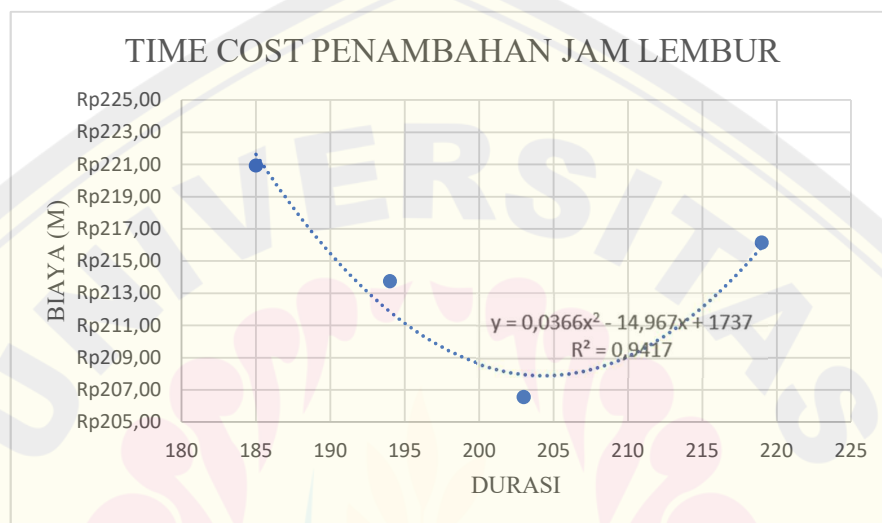
Jam lembur	Waktu (hari)	Biaya langsung	Biaya tidak langsung	Biaya total
Normal	219	Rp 192.200.000.000,00	Rp 23.938.102.000,00	Rp 216.138.102.000,00
1 jam	203	Rp 194.598.135.838,15	Rp 11.946.074.000,00	Rp 206.544.209.838,15
2 jam	194	Rp 197.795.650.289,02	Rp 15.936.152.000,00	Rp 213.731.802.289,02
3 jam	185	Rp 200.993.164.739,88	Rp 19.926.230.000,00	Rp 220.919.394.739,88

Tabel 4. 20 rekapitulasi biaya dengan penambahan tenaga kerja

Tenaga kerja	Waktu (hari)	Biaya langsung	Biaya tidak langsung	Biaya total
Normal	219	Rp 192.200.000.000,00	Rp 23.938.102.000,00	Rp 216.138.102.000,00
25%	195	Rp 194.652.350.000,00	Rp 15.470.652.000,00	Rp 210.123.002.000,00
35%	191	Rp 195.413.052.500,00	Rp 17.177.546.000,00	Rp 212.590.598.500,00
50%	188	Rp 196.286.375.000,00	Rp 22.564.124.000,00	Rp 218.850.499.000,00

4.5.1 Grafik Penambahan Jam Lembur

Untuk memperoleh kurva optimal yang menggambarkan hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total biaya proyek, dilakukan analisis terhadap setiap skenario percepatan, pada skenario penambahan jam lembur. Kurva optimal tersebut diperoleh dengan mengidentifikasi titik di mana total biaya proyek mencapai nilai terkecil pada masing-masing skenario. Hasil visualisasi hubungan tersebut disajikan pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Grafik Time-Cost Pada Penambahan Jam Lembur

Dalam mencari biaya optimum diperoleh dengan mencari total biaya proyek yang terkecil dan dapat diselesaikan dengan persamaan polinomial sebagai berikut.

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$x = -\frac{b}{2a}$$

$$x = -\frac{-14,967}{2 \times 0,0366}$$

$$x = \frac{14,967}{0,0732}$$

$$x = 204,6 \sim 205 \text{ hari}$$

Berdasarkan grafik Time Cost penambahan jam lembur, durasi paling optimal secara biaya adalah sekitar 205 hari, dengan total biaya sebagai berikut.

$$y = 0,0366(204,6)^2 - 14,967(204,6) + 1737$$

$$y = 0,0366(41,858) - 3,061 + 1737$$

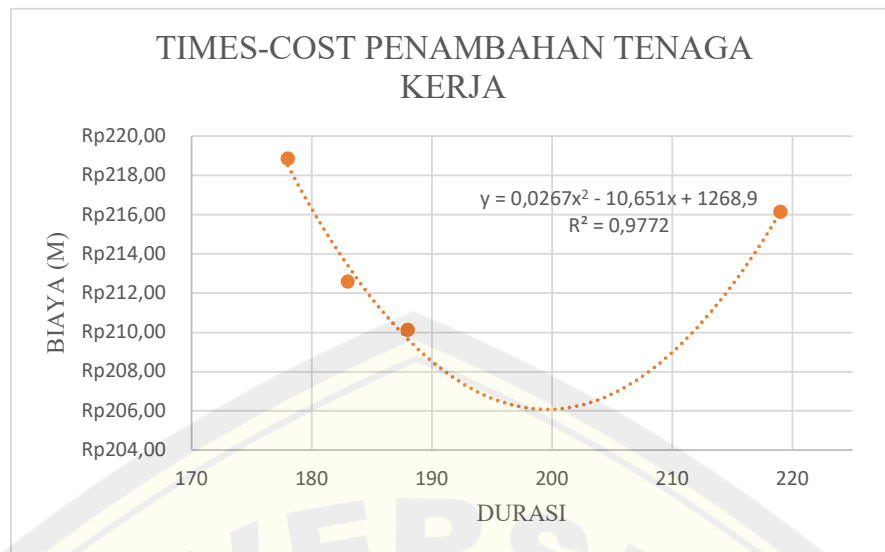
$$y = 1.537,785 - 3,061 + 1737$$

$$y = 208 \text{ Miliar}$$

Berdasarkan persamaan polinomial $y = 0,0366x^2 - 14,967x + 1737$, $R=0,9417$. durasi optimum tercapai pada saat turunan pertama sama dengan nol, yaitu $x = 204,6$ hari atau dibulatkan menjadi 205 hari. Pada durasi tersebut, total biaya proyek mencapai nilai minimum $\pm$ Rp 208.000.000.000. Dengan demikian, penambahan jam lembur paling efektif pada penambahan jam lembur mencapai durasi 205 hari dengan biaya total 208 Miliar atau sama dengan normal – 1 jam

4.5.2 Grafik Penambahan Tenaga Kerja

Selanjutnya untuk memperoleh kurva optimal yang menggambarkan hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total biaya proyek, dilakukan analisis terhadap skenario penambahan jam lembur. Kurva optimal tersebut diperoleh dengan mengidentifikasi titik di mana total biaya proyek mencapai nilai terkecil pada masing-masing skenario. Hasil visualisasi hubungan tersebut disajikan pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Grafik Time-Cost Pada Penambahan Tenaga Kerja

Dalam mencari biaya optimum diperoleh dengan mencari total biaya proyek yang terkecil dan dapat diselesaikan dengan persamaan polinomial sebagai berikut

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$x = -\frac{b}{2a}$$

$$x = -\frac{-10,651}{2 \times 0,0267}$$

$$x = \frac{10,651}{0,0534}$$

$$x = 200 \text{ hari}$$

Berdasarkan grafik *Time Cost* penambahan tenaga kerja, durasi paling optimal secara biaya adalah sekitar 200 hari, dengan total biaya sebagai berikut.

$$y = 0,0267(200)^2 - 10,651(200) + 1268,9$$

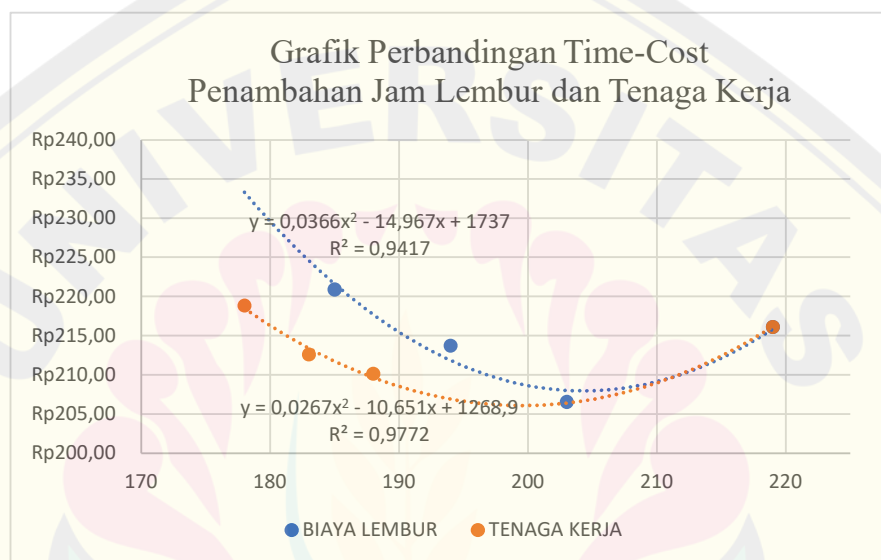
$$y = 0,0267(40.000) - 2130,2 + 1268,9$$

$$y = 1068 - 2130,2 + 1268,9$$

$$y = 206 \text{ Miliar}$$

Berdasarkan persamaan polinomial $y = 0,0267x^2 - 10,651x + 1268,9$ $R^2 = 0,9772$ durasi optimum tercapai pada saat turunan pertama sama dengan nol, yaitu $x = 199,45$ hari atau dibulatkan menjadi 200 hari. Pada durasi tersebut, total biaya proyek mencapai nilai minimum $\pm$ Rp 206.000.000.000. Dengan demikian, penambahan tenaga kerja paling efektif pada penambahan jam lembur mencapai durasi 200 hari dengan biaya total 206 Miliar atau sama dengan normal – 25%

4.6 Penentuan Waktu Dan Biaya Optimum



Gambar 4. 12 perbandingan waktu dan biaya paling optimum

Pada tahap awal analisis *Time Cost Trade-Off* (TCTO) di Proyek Hotel X Surabaya, terdapat dua skenario percepatan yang dipertimbangkan untuk mengatasi keterlambatan pekerjaan MEP dan Arsitektur, yaitu penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja. Kedua metode ini dipilih karena merupakan strategi yang paling umum dan aplikatif di lapangan. Namun, mengingat karakteristik proyek hotel yang memiliki tuntutan kualitas tinggi, terutama pada pekerjaan Arsitektur yang memerlukan estetika dan ketelitian, serta adanya regulasi ketenagakerjaan yang membatasi durasi lembur, maka diperlukan kajian mendalam untuk menentukan metode mana yang paling efisien.

Dari hasil analisis, metode penambahan jam lembur menunjukkan bahwa durasi proyek berhasil dipersingkat menjadi 205 hari dengan biaya minimum Rp208 Miliar. Namun, metode ini memiliki kelemahan signifikan, yaitu tingkat akurasi yang lebih rendah ($R^2 = 0,9417$) dan risiko penurunan produktivitas serta kualitas akibat kelelahan pekerja, terutama pada pekerjaan Arsitektur yang memerlukan kerapian tinggi. Hal ini diperkuat oleh hasil wawancara dengan staff lapangan yang menyatakan bahwa lembur di atas 2 jam mulai menurunkan kualitas hasil pekerjaan.

Sementara itu, metode penambahan tenaga kerja menghasilkan durasi optimal 200 hari dengan biaya minimum Rp206 Miliar dan tingkat akurasi yang sangat tinggi ($R^2 = 0,9772$). Berdasarkan uji kelayakan yang dilakukan, penambahan tenaga kerja hingga 25% pada pekerjaan Plesteran dan Finishing Acian masih dinyatakan layak karena area kerja yang luas mampu menampung tambahan pekerja. Selain itu, secara kualitas, metode ini lebih aman karena pekerja bekerja dalam jam normal tanpa risiko kelelahan ekstrem.

Dengan demikian, proses analisis yang dilakukan secara bertahap mulai dari identifikasi jalur kritis, perhitungan durasi dan biaya *Crash*, hingga validasi melalui wawancara dengan praktisi lapangan menunjukkan bahwa metode penambahan tenaga kerja (dengan durasi optimum 200 hari dan biaya Rp206 Miliar, setara dengan penambahan 0–25%) merupakan solusi paling optimal. Metode ini tidak hanya memberikan durasi yang lebih cepat dan biaya yang lebih rendah dibandingkan lembur, tetapi juga menjamin kualitas pekerjaan tetap terjaga serta memiliki tingkat prediktabilitas yang jauh lebih tinggi. Oleh karena itu, metode penambahan tenaga kerja direkomendasikan sebagai strategi percepatan utama untuk Proyek Hotel X Surabaya.

4.7 In-Depth Interview

Untuk memperkuat hasil analisis kuantitatif yang telah diperoleh, dilakukan wawancara mendalam (*indepth interview*) dengan dua narasumber yang terlibat langsung dalam proyek Hotel X Surabaya, yaitu *scheduler* (staff kantor) dan pelaksana lapangan (*site engineer*). Wawancara ini bertujuan untuk mengonfirmasi dan memperdalam temuan penelitian, khususnya mengenai efektivitas metode

percepatan yang dihasilkan dari analisis *Time Cost Trade-Off* (TCTO). Dapat dilihat pada Tabel 4.21

Tabel 4. 21 Hasil perbandingan indepth interview

Aspek	Staff Kantor	Staff Lapangan	Kaitannya Dengan Penelitian
Metode Terbaik	Penambahan tenaga kerja lebih efektif secara administratif	Penambahan tenaga kerja lebih efektif di lapangan	Hasil penelitian secara kuantitatif menunjukkan tenaga kerja lebih unggul dibandingkan lembur, dan wawancara memperkuat temuan ini secara praktis.
Lembur	Kurang efektif, bersifat opsional	Efektif untuk struktur, berisiko untuk Arsitektur >2 jam	Penelitian menunjukkan lembur kurang efisien secara biaya, dan wawancara menegaskan bahwa lembur berisiko menurunkan kualitas pekerjaan Arsitektur.
Penambahan Tenaga Kerja	Tergantung kesiapan area kerja, tidak bisa ditentukan secara kaku	Langsung dilakukan jika ada backlog, lebih cepat menambah kapasitas	Penelitian membuktikan penambahan tenaga kerja lebih optimal secara biaya dan waktu, selaras dengan fleksibilitas yang diakui di lapangan.
Koordinasi	SEM → Engineer → Pelaksana → Mandor	Ada kendala komunikasi antara engineer dan lapangan	Wawancara mengungkap hambatan non-teknis yang dapat mempengaruhi implementasi percepatan, menjadi catatan penting dalam manajemen proyek.

Aspek	Staff Kantor	Staff Lapangan	Kaitannya Dengan Penelitian
Kualitas	Menjaga kualitas dengan menghindari lembur berlebihan	Kualitas adalah harga mati (zero tolerance)	Penelitian menunjukkan tenaga kerja lebih aman secara kualitas, dan wawancara menegaskan bahwa kualitas tidak boleh dikorbankan demi kecepatan.
Regulasi	Maksimal lembur 3 jam, tetapi tidak selalu optimal	Lembur >2 jam mulai menurunkan produktivitas dan kualitas	Penelitian membuktikan lembur 3 jam tidak efisien, dan wawancara menambahkan perspektif bahwa lembur berdampak negatif pada kualitas.
Rekomendasi	Maksimalkan SDM, tambah pekerja sebagai strategi utama	Tambah pekerja lebih aman dan terkendali kualitasnya	Kedua narasumber merekomendasikan tenaga kerja, sejalan dengan hasil penelitian yang menetapkan tenaga kerja sebagai strategi percepatan paling optimal.

Berdasarkan seluruh rangkaian analisis yang telah dilakukan pada Bab 4, baik secara kuantitatif melalui metode *Time Cost Trade-Off* (TCTO) dengan bantuan aplikasi *Primavera P6* dan *Excel*, maupun secara kualitatif melalui wawancara mendalam (*indepth interview*) dengan staff kantor (scheduler) dan staff lapangan (site engineer), dapat ditarik kesimpulan yang utuh dan saling memperkuat antara hasil perhitungan dan persepsi praktisi lapangan.

Secara kuantitatif, hasil analisis menunjukkan bahwa kedua metode percepatan yang diterapkan penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja berhasil memperpendek durasi proyek dari kondisi normal 219 hari. Metode penambahan jam lembur menghasilkan durasi optimal 205 hari dengan total biaya

minimum Rp208.000.000.000 dan tingkat akurasi model $R^2 = 0,9417$, yang menunjukkan bahwa metode ini cukup efektif namun memiliki kelemahan pada tingkat prediktabilitas yang lebih rendah. Sementara itu, metode penambahan tenaga kerja menghasilkan durasi optimal 200 hari dengan total biaya minimum Rp206.000.000.000 dan tingkat akurasi $R^2 = 0,9772$, yang berarti metode ini jauh lebih akurat dan dapat diandalkan secara statistik. Dengan demikian, secara kuantitatif, metode penambahan tenaga kerja terbukti lebih unggul karena menghasilkan durasi yang lebih cepat, biaya yang lebih rendah, dan akurasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan metode lembur.

Sementara itu, hasil wawancara mendalam dengan staff kantor (*scheduler*) dan staff lapangan (*site engineer*) secara konsisten mendukung temuan kuantitatif tersebut. Staff kantor menyatakan bahwa penambahan tenaga kerja lebih efektif secara administratif dan teknis dibandingkan lembur, karena lembur hanya bersifat opsional dan kurang efektif di Proyek Hotel X Surabaya. *Scheduler* juga menekankan bahwa efektivitas penambahan tenaga kerja sangat tergantung pada kesiapan area kerja dan koordinasi tim, serta merekomendasikan untuk memaksimalkan sumber daya manusia yang ada sebagai strategi utama dalam mengejar keterlambatan. Di sisi lain, staff lapangan menegaskan bahwa penambahan tenaga kerja adalah langkah pertama yang dilakukan saat terjadi keterlambatan di lapangan, karena mampu langsung menambah kapasitas produksi harian tanpa mengorbankan kualitas. Staff lapangan juga menyoroti bahwa lembur di atas 2 jam mulai menurunkan kualitas pekerjaan, terutama pada pekerjaan Arsitektur yang memerlukan ketelitian dan estetika tinggi, sedangkan untuk pekerjaan MEP yang lebih teknis, lembur masih cukup aman dilakukan dengan pengawasan yang ketat. Kedua narasumber sepakat bahwa kualitas pekerjaan adalah prioritas utama (*zero tolerance*) dan tidak boleh dikorbankan demi kecepatan.

Dengan demikian, terdapat keselarasan yang kuat antara hasil analisis kuantitatif dan kualitatif. Metode penambahan tenaga kerja terbukti lebih cepat, lebih murah, lebih akurat, dan lebih aman secara kualitas, serta didukung oleh pengalaman praktisi dari kedua sisi—baik dari sisi perencanaan (kantor) maupun

pelaksanaan (lapangan). Lembur masih dapat digunakan sebagai alternatif pada pekerjaan struktur dan MEP, tetapi tidak direkomendasikan untuk pekerjaan Arsitektur di atas 2 jam karena risiko penurunan kualitas. Oleh karena itu, berdasarkan integrasi antara analisis TCTO dan validasi melalui indepth interview, dapat disimpulkan bahwa metode penambahan tenaga kerja dengan durasi optimal 200 hari (0-25%) dan biaya minimum Rp206.000.000.000 merupakan strategi percepatan paling optimal untuk Proyek Hotel X Surabaya. Metode ini direkomendasikan karena menghasilkan durasi proyek yang lebih cepat, menekan biaya total lebih rendah dibandingkan lembur, memiliki tingkat akurasi prediktif yang sangat tinggi, lebih aman terhadap kualitas pekerjaan (terutama pada pekerjaan Arsitektur), serta didukung oleh pengalaman praktisi lapangan dan administrator proyek. Dengan demikian, penerapan metode penambahan tenaga kerja (dengan skenario optimal 0–25%) menjadi solusi yang paling efisien, efektif, dan realistis untuk mengatasi keterlambatan proyek, sekaligus menjaga kualitas dan meminimalkan pembengkakan biaya.