

Rekayasa Waktu dan Biaya Pada Pembangunan Gedung Bertingkat (Studi Kasus: Rumah Susun BPK RI Kota Gorontalo)

*Maghfirah M. Mantulangi¹, Arfan Usman Sumaga², Moh. Yusuf Tulo³, Rifadli Bahsuan⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

*Corresponding Author, Ags. 2024, Revised: Nov. 2024, Accepted: Jan. 2025

ABSTRAK: Proyek dapat diartikan sebagai upaya atau kegiatan yang terstruktur untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu. Suatu proyek membutuhkan manajemen proyek dalam membuat penjadwalan waktu yang efektif dan efisien agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan sehingga tidak mengalami keterlambatan. Penelitian bertujuan untuk menganalisa manajemen waktu dan total biaya setelah dilakukan percepatan durasi dengan menambah jam kerja (lembur). Metode penelitian yang digunakan yaitu *Crashing Program* dengan penambahan jam kerja (lembur) pada lintasan kritis. Lintasan kritis diperoleh dari hasil *network diagram* yang ditampilkan secara otomatis oleh *Microsoft Project 2021*. *Crashing* dilakukan dengan menambahkan 1 sampai 3 jam kerja (lembur). Setiap uraian pekerjaan memiliki nilai *cost slope* serta nilai *crash cost* (peningkatan biaya akibat dipercepat) yang berbeda – beda pada setiap alternatifnya. Beberapa data yang diperlukan pada penelitian ini seperti RAB, Kurva S dan AHSP. Hasil penelitian menunjukkan biaya normal pada pekerjaan struktur lantai 4 (dak) sebesar Rp. 284.516.635,59 dengan durasi pekerjaan selama 26 hari, setelah dilakukan penambahan 1 jam kerja diperoleh total biaya sebesar Rp. 284.918.720,77 dengan durasi pekerjaan selama 25 hari, penambahan 2 jam kerja diperoleh total biaya sebesar Rp. 283.120.499,35 dengan durasi pekerjaan selama 24 hari, sedangkan pada penambahan 3 jam kerja diperoleh total biaya sebesar Rp282.442.842,251 dengan durasi pekerjaan selama 23 hari.

Kata Kunci: Percepatan durasi, precedence diagram method, biaya.

1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan atau konstruksi adalah kegiatan yang dilakukan dengan tujuan untuk membangun sebuah sarana dan prasarana dalam ketentuan durasi yang telah ditentukan. Oleh karena itu, dalam suatu proyek diperlukan yang namanya manajemen proyek seperti membuat penjadwalan waktu yang efektif dan efisien agar dalam pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan sehingga proyek dapat dilakukan dengan tepat waktu tanpa mengalami keterlambatan [6].

Seperti yang terjadi pada proyek rumah susun BPK RI Kota Gorontalo dapat dilihat salah satu contoh dimana pelaksanaan proyek tidak sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan. Proyek mengalami keterlambatan dalam melakukan pekerjaannya. Proses pelaksanaan pembangunan rumah susun BPK RI Kota Gorontalo terjadi pemutusan kontrak kepada kontraktor sebelumnya dan saat ini dikerjakan oleh kontraktor yang berbeda. Keadaan ini menuntut pihak kontraktor harus lebih teliti dalam mengatur waktu dan biaya agar tidak melebihi dari anggaran biaya dan dapat diselesaikan sesuai waktu yang telah ditentukan dalam kontrak. Proyek ini sudah berjalan mulai 2023 bulan Oktober dan sekarang pada tahun 2024 baru

memasuki 70% untuk tahap pembangunannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menerapkan konsep pengendalian proyek dalam bentuk suatu percepatan pekerjaan pada proyek pembangunan rumah susun BPK RI Kota Gorontalo. Salah satunya melibatkan analisa perhitungan di suatu item pekerjaan untuk mengidentifikasi jumlah waktu dan biaya diperlukan dalam percepatan pekerjaan tersebut. Salah satu alternatif yang biasa digunakan untuk melakukan percepatan adalah dengan cara menambah jam kerja yang kemudian akan berpengaruh pada waktu dan biaya proyek.

Salah satu metode untuk mengatasi hal tersebut adalah metode *network planning*. Metode ini dapat dilihat bentuk jaringan kerja atau alur kerja yang dapat dipercepat dengan metode *crash* sebagai alternatif penambahan waktu lembur, sehingga durasi proyek menjadi efisien dan biaya dapat ditekan seminimal mungkin [2].

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Proyek

Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai suatu kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu singkat dengan alokasi sumber daya tertentu dan

tujuannya adalah untuk menghasilkan hasil dengan tingkat kualitas yang tinggi. Proyek adalah tugas yang saling berhubungan yang harus diselesaikan dalam urutan tertentu sebelum keseluruhan proyek selesai. Tugas-tugas dalam proyek ini terhubung satu sama lain dalam urutan logis, yang berarti bahwa beberapa tugas tidak dapat dimulai sampai tugas-tugas lain selesai [3].

2.2 Manajemen Waktu dan Biaya

Manajemen waktu adalah perencanaan waktu, pengorganisasian, upaya dan pemantauan produktivitas. Waktu merupakan salah satu sumber daya kerja yang harus dikelola secara efektif dan efisien. Efisien berarti mengurangi waktu dan investasi yang diberikan dengan menggunakan waktu yang tersedia. Tujuan dari manajemen waktu adalah produktivitas, yang berarti rasio *output* terhadap *input*. Sedangkan manajemen biaya proyek adalah proses memperkirakan, menganggarkan, dan mengendalikan biaya sepanjang siklus hidup suatu proyek dengan tujuan menjaga biaya tetap sesuai anggaran yang telah disetujui [8].

2.3 Precedence Diagram Method (PDM)

PDM atau disebut juga node diagram merupakan penyempurnaan dari diagram panah *Activity on Arrow* (AOA). Pada PDM, aktivitas direpresentasikan dengan simbol berbentuk persegi panjang, sedangkan tanda anak panah hanya menunjukkan hubungan antar aktivitas tersebut, karena letak aktivitas berada pada bagian *node*, sehingga sering disebut *Activity On Node* (AON). PDM membenarkan adanya hubungan yang tumpang tindih (*overlapping*), yakni suatu pekerjaan dapat diselesaikan tanpa harus menunggu hingga pekerjaan sebelumnya (*predecessor*) selesai 100%, dalam hal ini PDM tidak mendeteksi aktivitas semu diantara dua aktivitas, tidak mendeteksi waktu, dan kebutuhan sumber daya (*dummy*). Bentuk umum dari *node* dalam diagram dapat dilihat pada Gambar 1 [7].

ES	D	EF
KEGIATAN		
LS	NO	LF

Gambar 1. *Node Diagram Precedence* (Safitri, et al, 2019)

Dari Gambar 1, PDM dapat dengan mudah dikenali dengan jenis-jenis kegiatan berikut:

- a. ES, *Earliest Start*, waktu paling awal suatu kegiatan dapat dimulai
- b. EF, *Earliest Finish*, waktu paling awal suatu

- kegiatan dapat diselesaikan
- c. LS, *Latest Start*, waktu paling lambat suatu kegiatan dapat dimulai tanpa menunda penyelesaian pekerjaan
- d. LF, *Last Finish*, waktu paling akhir kegiatan selesai tanpa menghambat selesainya pekerjaan
- e. D, Durasi, waktu yang diperlukan untuk melakukan suatu kegiatan
- f. FF, *Free Float*, waktu tunda suatu kegiatan tanpa mempengaruhi kegiatan selanjutnya
- g. TF, *Total Float*, waktu tunda suatu kegiatan tanpa mempengaruhi total durasi proyek
- h. Lag, waktu tunggu dari masa kegiatan j sampai dengan dimulainya pekerjaan i pada hubungan SS dan SF
- i. Lead, waktu sebelum kegiatan j setelah kegiatan i pada hubungan FS dan FF

2.4 Jalur Kritis

Jalur kritis adalah rangkaian aktivitas proyek yang tidak dapat ditunda selama pelaksanaannya dan menunjukkan keterkaitan. Semakin banyak jalur kritis yang ada dalam suatu proyek, semakin banyak aktivitas yang perlu di awasi. Durasi kumulatif terpanjang dari jalur kritis digunakan sebagai perkiraan total waktu penyelesaian proyek. Jalur kritis diperoleh dari diagram jaringan yang menunjukkan hubungan dan urutan kegiatan proyek [9].

2.5 Metode Crash

Crashing adalah cara untuk memperkirakan biaya variabel dan menentukan pengurangan durasi maksimum dengan biaya terendah. *Crashing* dilakukan agar pekerjaan selesai dengan menambah jumlah jam kerja, jumlah pekerja, jumlah bahan yang ada [1].

2.6 Microsoft Project

Microsoft Project adalah salah satu aplikasi yang digunakan dalam manajemen proyek yang dikembangkan dan di komersilkan oleh *Microsoft*. Pada umumnya aplikasi ini digunakan untuk membantu dalam merancang jadwal, menentukan sumber daya manusia, mengelola anggaran dan menganalisis beban kerja [5].

2.7 Pelaksanaan Jam Kerja Lembur

Perhitungan upah lembur didasarkan pada gaji bulanan, beberapa langkah yang diperhatikan saat menghitung upah lembur, antara lain:

- 1. Untuk jam pertama, pekerja menerima bonus tambahan sebesar 1,5 kali upah per jamnya
- 2. Untuk jam kerja berikutnya, pekerja akan mendapat kenaikan upah per jam sebesar 2 kali lipat.

Tambahan waktu lembur mempengaruhi produktivitas pekerja, sehingga dalam menghitung waktu lembur harus memperhitungkan penambahan

total jam dan jumlah pekerja. Berikut adalah grafik yang menunjukkan penurunan produktivitas seiring bertambahnya waktu lembur. Semakin banyak waktu lembur, produktivitas pekerja semakin turun. Dari penjelasan tersebut dapat diuraikan perhitungan sebagai berikut.

Produktivitas harian

Produktivitas harian akibat kerja lembur = $(a \times b \times \text{prod tiap jam})$

Dimana:

a = Jumlah penambahan waktu lembur

b = koefisien penurunan produktivitas pekerja akibat penambahan waktu lembur

Dari uraian diatas dapat ditulis sebagai berikut:

$$a. \text{ Produktivitas harian normal} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (1)$$

$$b. \text{ Produktivitas per jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}} \quad (2)$$

$$c. \text{ Produktivitas jam lembur} = (a \times \text{produktivitas per jam} \times b) \quad (3)$$

Dimana:

a = Jumlah kerja lembur

b = Koefisien penurunan produktivitas kerja lembur

Nilai koefisien penurunan produktivitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Penurunan Produktivitas

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1 jam	0,1	90
2 jam	0,2	80
3 jam	0,3	70
4 jam	0,4	60

$$d. \text{ Produktivitas harian percepatan} = (\text{produktivitas harian normal} + \text{jam lembur}) \quad (4)$$

$$e. \text{ Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}} \quad (5)$$

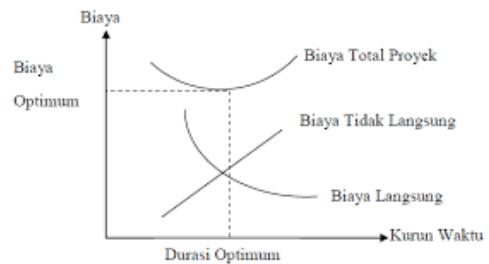
Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam per hari diperhitungkan sebesar 90%, 2 jam per hari diperhitungkan sebesar 80% dan 3 jam per hari diperhitungkan sebesar 70%, dari produktivitas normal [4].

2.8 Anggaran Biaya Proyek

Biaya proyek dikelompokkan menjadi dua, yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). Biaya proyek yang terdiri dari biaya langsung dan tidak langsung, berkaitan dengan waktu dan biasanya saling bertentangan. Apabila waktu pelaksanaan proyek dipercepat maka biaya langsungnya bertambah namun biaya tidak langsungnya berkurang [10].

2.9 Hubungan Antara Biaya dan Waktu

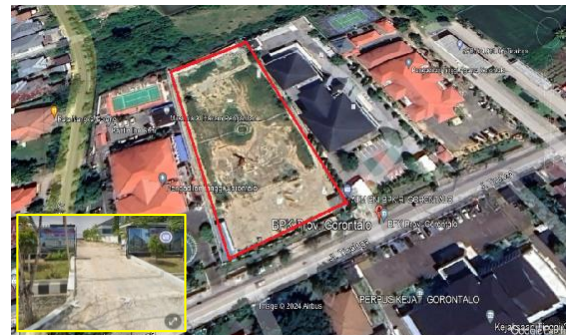
Total biaya proyek sama dengan jumlah biaya langsung dan biaya tidak langsung. Total biaya proyek sebenarnya tergantung pada waktu penyelesaian proyek. Hubungan antara biaya dan waktu dapat dilihat pada Gambar 2, dimana titik A menunjukkan kondisi normal dan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan titik-titik ini disebut kurva biaya-waktu. Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah jam kerja (lembur) maka waktu penyelesaian proyek akan semakin cepat, namun akibatnya akan terjadi biaya tambahan yang lebih besar dari total biaya proyek semula [6].



Gambar 2. Grafik Hubungan Biaya dan Waktu Proyek

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan BPK RI Kota Gorontalo di Jl.



Tinaloga, Dulomo Selatan, Kecamatan Kota Utara, Kota Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth, 2024)

3.2 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu *Crashing Program* dengan penambahan jam kerja (lembur) pada lintasan kritis. Lintasan kritis diperoleh dari hasil *network diagram* yang ditampilkan secara otomatis oleh *Microsoft Project 2021*. *Crashing* dilakukan dengan menambahkan 1 sampai 3 jam kerja (lembur). Setiap uraian pekerjaan memiliki nilai *cost slope* serta nilai *crash cost* (peningkatan biaya akibat dipercepat) yang berbeda – beda pada setiap alternatifnya.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini merupakan data sekunder untuk mendukung data-data yang berkaitan dengan penelitian ini seperti kurva S, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan Analisis Harga Satuan (AHS).

3.4 Tahapan Penelitian

1. Data durasi digunakan untuk mencari ketergantungan antar aktivitas kerja.
2. Melakukan perhitungan maju untuk mendapatkan *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF).
3. Melakukan perhitungan mundur untuk mendapatkan *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF)
4. Menyusun data dari ES, EF, LS dan LF untuk mendapatkan jalur kritis.
5. Membuat *precedence diagram* untuk kegiatan pembangunan Rusun BPK RI Kota Gorontalo
6. Menentukan lintasan kritis *precedence diagram method*.
7. Analisis *crashing* dengan penambahan jam kerja (lembur).
8. Menghitung biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).
9. Analisis perbandingan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan tambahan jam kerja (lembur)
10. Kesimpulan dan saran berdasarkan hasil.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Proyek Pembangunan Rumah Susun BPK RI Kota Gorontalo merupakan proyek yang dimiliki oleh Satuan Kerja Penyediaan Perumahan Sulawesi I dan dilaksanakan oleh PT. Sukses Mandiri dan PT. Mahakarya Abadi dengan jangka waktu 300 hari dan nilai kontrak sebesar Rp21.039.838.848,39. Penelitian ini dikhususkan pada item pekerjaan struktur lantai 4 (dak) yang di lalui jalur kritis,

Pelaksanaan proyek pembangunan rumah susun BPK RI Kota Gorontalo direncanakan mulai tanggal direncanakan selesai pada tanggal atau sekitar 300 hari kalender (44 Minggu). Pada proyek ini lingkup pekerjaannya yaitu pekerjaan struktur, pekerjaan arsitek dan pekerjaan MEP. Aspek yang akan dibahas adalah penerapan manajemen waktu dengan metode PDM dan manajemen biaya yang dikelompokkan menjadi dua komponen yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). Pengumpulan data yang dilakukan meliputi data sekunder yang mendukung data

terkait penelitian seperti kurva S, RAB, dan AHS.

4.2 Menentukan Durasi Waktu Aktivitas

Durasi waktu yang digunakan dalam membuat *Precedence Diagram Method* (PDM) menggunakan durasi yang terdapat pada *schedule* yang didapat dari Satuan Kerja Penyediaan Perumahan Sulawesi I. Durasi waktu setiap pekerjaan akan digunakan untuk pengolahan penjadwalan *Precedence Diagram Method* (PDM). Kegiatan dan durasi dalam proyek pembangunan rumah susun BPK RI Kota Gorontalo yang ada di penjadwalan kurva S ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kegiatan dan Durasi

No	Kegiatan	Uraian Kegiatan	Durasi (Hari)
1	A	Kolom K2	5
2	B	Kolom K3	17
3	C	Balok G1.1	7
4	D	Balok G4.1	6
5	E	Balok B.T	7
6	F	Balok B1.1	5
7	G	Balok B2.1	5
8	H	Plat DAK t=15 cm	5

4.3 Logika Saling Ketergantungan

Proses kegiatan dilakukan dengan membuat daftar ketergantungan pekerjaan, dalam suatu proyek terdapat jeda waktu atau *overlap*. Hubungan antara *lag time* dan *lead time* adalah kegiatan yang terjadi penumpukan waktu atau tenggang waktu. Maka berdasarkan hasil analisis dapat diuraikan ketergantungan pekerjaan sebagaimana didapat dari data durasi proyek Pembangunan Rumah Susun BPK RI Kota Gorontalo seperti pada Tabel 2.

4.4 Perhitungan Maju Mundur

Kegiatan yang bersifat kritis dapat dilakukan melalui *forward analysis* (perhitungan maju) dan *backward analysis* (perhitungan mundur).

1. Perhitungan maju pada *Precedence Diagram Method* (PDM)

Tujuan dari perhitungan maju untuk mendapatkan *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF), jika lebih dari satu anak panah yang masuk maka diambil nilai yang terbesar.

2. Perhitungan mundur pada PDM

Tujuan perhitungan mundur untuk mendapatkan *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF), jika lebih dari satu anak panah yang keluar dari kegiatan maka

diambil nilai yang terkecil. Seperti pada Tabel 2.

4.5 Menghitung dan Menyusun Jaringan PDM

Dalam menyusun jaringan PDM sudah diketahui terlebih dahulu:

1. Kegiatan dan durasi dalam proyek Pembangunan Rumah Susun BPK RI Kota Gorontalo dalam perencanaan penjadwalan kurva S pada pekerjaan struktur lantai 4 (dak) , yang terdiri dari 8 kegiatan durasi 26 hari. Diuraikan terlebih dahulu seperti pada Tabel 1.
2. Hubungan ketergantungan dapat berupa kegiatan mendahului (*Predecessor*) dan kegiatan mengikuti (*Successors*) Seperti pada Tabel 2.
3. Membuat denah node sesuai dengan jumlah kegiatan, jadi dalam penyusunan menjadi 24 node, dengan data durasi yang sesuai pada Tabel 2.
4. Menghubungkan node – node dengan anak panah sesuai ketergantungan kegiatan dan hubungan ketergantungan dengan konstrain

pada metode PDM *Start to Start* (SS), *Start to Finish* (SF), *Finish to Start* (FS), *Finish to Finish* (FF), perhitungan maju *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finisih* (EF) dan perhitungan mundur *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF).

5. Menentukan *Float*

Float adalah jumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga kegiatan tersebut dapat ditunda tanpa menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek. Ada dua jenis total *float*:

a. Total *Float*

Total *Float* adalah jumlah waktu yang tersedia untuk penundaan suatu kegiatan tanpa mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan. Total *Float* (TF) = LF – ES – DURASI.

b. *Free Float*

Free Float adalah jumlah waktu yang tersedia untuk penundaan suatu kegiatan tanpa mempengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya. *Free Float* (FF) = EF – ES – DURASI. Seperti pada Tabel 2

Tabel 2. Logika Saling Ketergantungan, Perhitungan Maju Mundur, *Free Float* dan Total *Float* pada PDM

No	Kegiatan	Uraian Kegiatan	Durasi (Hari)	Predecessor	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		FF	TF
					ES	EF	LS	LF		
1	A1	Beton K-300 Kolom K2	1	A2,A3	3	4	25	26	0	22
2	A2	Besi Beton Kolom K2	3	Mulai	0	3	0	3	0	0
3	A3	Bekisting Kolom K2	1	A2FF+2 hari	2	3	24	25	0	22
4	B1	Beton K-300 Kolom K3	1	B2,B3	11	12	11	12	0	0
5	B2	Besi Beton Kolom K3	11	A2SS	0	11	0	11	0	0
6	B3	Bekisting Kolom K3	2	B2FF	9	11	9	11	0	0
7	C1	Beton K-300 Balok G1.1	1	D3,C3	23	24	23	24	0	0
8	C2	Besi Beton Balok G1.1	5	B1FS+1 hari	13	18	13	18	4	4
9	C3	Bekisting Balok G1.1	1	D2SS	18	19	22	23	0	4
10	D1	Beton K-300 Balok G4.1	1	D3	23	24	25	26	0	2
11	D2	Besi Beton Balok G4.1	4	C2	18	22	18	22	0	0
12	D3	Bekisting Balok G4.1	1	D2	22	23	22	23	0	0
13	E1	Beton K-300 Balok BT	1	D3	23	24	23	24	0	0
14	E2	Besi Beton Balok BT	5	C2SS	13	18	17	22	0	4
15	E3	Bekisting Balok BT	1	E2	18	19	22	23	0	4
16	F1	Beton K-300 Balok B1.1	1	D3	23	24	23	24	0	0

17	F2	Besi Beton Balok B1.1	3	C2SS	13	16	19	22	0	6
18	F3	Bekisting Balok B1.1	1	D2SS	18	19	22	23	0	4
19	G1	Beton K-300 Balok B2.1	1	D3	23	24	23	24	0	0
20	G2	Besi Beton Balok B2.1	3	C2SS	13	16	19	22	0	6
21	G3	Bekisting Balok B2.1	1	D2SS	18	19	22	23	0	4
22	H1	Beton K-300 Plat DAK t=15 cm	1	H2,H3	25	26	25	26	0	0
23	H2	Besi Beton Plat DAK t=15 cm	1	E1,F1,G1	24	25	24	25	0	0
24	H3	Bekisting Plat DAK t=15 cm	1	H2FF	24	25	24	25	0	0

6. Menentukan Lintasan Kritis

Pada PDM lintasan kritis sebagai berikut :

- Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama $ES = LS$
- Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama $EF = LF$
- Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan

perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal $LF - ES = D$

Sehingga pada pekerjaan Pembangunan Rumah Susun BPK RI Kota Gorontalo terdapat lintasan kritis yang ditandai dengan tulisan merah pada Tabel 3.

Tabel 3 Jalur Kritis

No	Kegiatan	Uraian Kegiatan	Durasi (Hari)	Predecessor	Perhitungan		Perhitungan		FF	TF	Kritis
					Maju		Mundur				
					ES	EF	LS	LF			
1	A1	Beton K-300 Kolom K2	1	A2,A3	3	4	25	26	0	22	23
2	A2	Besi Beton Kolom K2	3	Mulai	0	3	0	3	0	0	3
3	A3	Bekisting Kolom K2	1	A2FF+2 hari	2	3	24	25	0	22	23
4	B1	Beton K-300 Kolom K3	1	B2,B3	11	12	11	12	0	0	1
5	B2	Besi Beton Kolom K3	11	A2SS	0	11	0	11	0	0	11
6	B3	Bekisting Kolom K3	2	B2FF	9	11	9	11	0	0	2
7	C1	Beton K-300 Balok G1.1	1	D3,C3	23	24	23	24	0	0	1
8	C2	Besi Beton Balok G1.1	5	B1FS+1 hari	13	18	13	18	0	0	5
9	C3	Bekisting Balok G1.1	1	D2SS	18	19	22	23	0	4	5
10	D1	Beton K-300 Balok G4.1	1	D3	23	24	25	26	0	2	3
11	D2	Besi Beton Balok G4.1	4	C2	18	22	18	22	0	0	4
12	D3	Bekisting Balok G4.1	1	D2	22	23	22	23	0	0	1
13	E1	Beton K-300 Balok BT	1	D3	23	24	23	24	0	0	1
14	E2	Besi Beton Balok BT	5	C2SS	13	18	17	22	0	4	9
15	E3	Bekisting Balok BT	1	E2	18	19	22	23	0	4	5
16	F1	Beton K-300 Balok B1.1	1	D3	23	24	23	24	0	0	1
17	F2	Besi Beton Balok B1.1	3	C2SS	13	16	19	22	0	6	9
18	F3	Bekisting Balok B1.1	1	D2SS	18	19	22	23	0	4	5
19	G1	Beton K-300 Balok B2.1	1	D3	23	24	23	24	0	0	1
20	G2	Besi Beton Balok B2.1	3	C2SS	13	16	19	22	0	6	9
21	G3	Bekisting Balok B2.1	1	D2SS	18	19	22	23	0	4	5
22	H1	Beton K-300 Plat DAK t=15 cm	1	H2,H3	25	26	25	26	0	0	1
23	H2	Besi Beton Plat DAK t=15 cm	1	E1,F1,G1	24	25	24	25	0	0	1
24	H3	Bekisting Plat DAK t=15 cm	1	H2FF	24	25	24	25	0	0	1

4.6 Biaya Langsung (Direct Cost) dan Biaya Tidak Langsung (Indirect Cost) Pada Proyek

Biaya Langsung (*direct cost*) yaitu biaya yang berhubungan dengan pekerjaan konstruksi di lapangan. Seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Biaya
	PEKERJAAN	
1	LANTAI	
	DAK	Rp.284.516.635,59
A	Kolom K2	
A1	Beton K-300	Rp. 376.620,21
A2	Besi Beton	Rp. 1.444.075,33
A3	Bekisting	Rp. 921.856,32
B	Kolom K3	
B1	Beton K-300	Rp. 22.597.212,75
B2	Besi Beton	Rp. 85.336.143,24
B3	Bekisting	Rp. 41.483.534,40
C	Balok G1.1	
C1	Beton K-300	Rp. 7.346.418,96
C2	Besi Beton	Rp. 29.420.873,53
C3	Bekisting	Rp. 18.685.307,52
D	Balok G4.1	
D1	Beton K-300	Rp. 7.461.206,76
D2	Besi Beton	Rp. 16.266.435,42
D3	Bekisting	Rp. 14.057.233,67
E	Balok B.T	
E1	Beton K-300	Rp. 251.080,14
E2	Besi Beton	Rp. 1.746.295,40
E3	Bekisting	Rp. 1.064.352,96
F	Balok B1.1	
F1	Beton K-300	Rp. 559.408,88
F2	Besi Beton	Rp. 1.958.749,40
F3	Bekisting	Rp. 1.505.643,33
G	Balok B2.1	
G1	Beton K-300	Rp. 255.729,77
G2	Besi Beton	Rp. 1.593.53,26
G3	Bekisting	Rp. 1.084.063,20
H	Plat dak t=15 cm	
H1	Beton K-300	Rp. 8.997.038,41
H2	Besi Beton	Rp. 12.835.482,45
H3	Bekisting	Rp. 1.699.580,96

Dari Tabel 4. rincian biaya langsung pada penelitian ini sebesar Rp. 284.516.635,59.

Biaya tidak langsung adalah biaya yang berkaitan dengan pengawasan dan pengeluaran umum diluar biaya konstruksi. Biaya tidak langsung disebut juga biaya *overhead*. Biaya ini tidak bergantung pada volume pekerjaan tetapi bergantung pada jangka waktu pelaksanaan pekerjaan, unsur-unsur biaya tidak langsung antara lain: gaji pegawai, biaya umum perkantoran,

rekening listrik , air, pajak dan lain-lain. Pada penelitian ini, biaya tidak langsung pada pekerjaan lantai 4 (dak) sebesar Rp. 56.903.327,12.

4.7 Daftar Harga Upah

Berdasarkan data yang didapat dari kontraktor proyek pembangunan Gedung rumah susun BPK RI Kota Gorontalo harga upah tenaga kerja sesuai dengan upah pekerja di daerah Gorontalo. Daftar harga upah tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Daftar Harga Upah

No	Uraian	Satuan	Harga
1			
	Mandor	OH	Rp. 130.000,00
2	Kepala tukang	OH	Rp. 140.000,00
3	Tukang batu	OH	Rp. 110.000,00
4	Tukang kayu	OH	Rp. 110.000,00
5	Tukang besi	OH	Rp. 110.000,00
6	Pekerja	OH	Rp. 85.000,00

4.8 Metode Crashing

Penambahan waktu kerja akan menambah besar biaya untuk tenaga kerja dari biaya normal. Penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal. Aktivitas normal memakai 8 jam dan 1 jam istirahat (08.00–17.00) [6].

4.9 Percepatan Durasi dengan Menambahkan Jam Kerja (Lembur)

Perhitungan *crashing duration* pada pekerjaan pembangunan Gedung rumah susun BPK RI Kota Gorontalo hanya dilakukan pada pekerjaan yang berada pada jalur kritis. Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang akan dipercepat durasi percepatan dihitung berdasarkan penambahan jam lembur dari durasi normal yang ada.

Diketahui data sebagai berikut:

- Volume:
 - Besi beton kolom K3 = 4.953,92 kg
 - Besi beton balok G1.1 = 1707, 93 kg
 - Besi beton balok G4.1 = 944,3 kg
- Durasi normal:
 - Besi beton kolom K3 = 11 hari
 - Besi beton balok G1.1 = 5 hari
 - Besi beton balok G4.1 = 4 hari
- Jam kerja = 8 jam/hari

Rekapitulasi hasil perhitungan durasi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Durasi

No	Uraian Pekerjaan	Durasi Normal	Durasi 1 Jam lembur	Durasi 2 Jam Lembur	Durasi 3 Jam Lembur
		Hari	Hari	Hari	Hari
1	Besi Beton Kolom K3	11	10	10	9
2	Besi Beton Balok G1.1	5	5	5	4
3	Besi Beton Balok G4.1	4	4	4	4

4.10 Perhitungan Crash Duration, Crash Cost, dan Cost Slope

- a. Harga upah = upah/jam kerja/hari (6)
- b. Upah 1 jam lembur = Jumlah tenaga kerja x durasi normal x 1,5 x upah/jam (7)
- c. Upah 2 jam lembur = Jumlah tenaga kerja x durasi normal x 2 x upah/jam (8)
- d. Upah 3 jam lembur = Jumlah tenaga kerja x durasi normal x 2 x upah/jam (9)
- e. Biaya percepatan = normal cost + total upah

Tabel 7 Hasil Perhitungan Biaya Dipercepat Dengan Penambahan 1 Jam Lembur

No.	Uraian Pekerjaan	Biaya		Slope
		Normal	Lembur 1 jam	
1	Besi Beton Kolom K3	Rp. 1.444.075,33	Rp. 2.403.137,83	Rp. 864.020,27
2	Besi Beton Balok G1.1	Rp. 29.420.873,53	Rp. 29.856.811,03	Rp. 854.779,41
3	Besi Beton Balok G4.1	Rp. 16.266.435,42	Rp. 16.615.185,42	Rp. 871.875,00

Tabel 8 Hasil Perhitungan Biaya Dipercepat Dengan Penambahan 2 Jam Lembur

No.	Uraian Pekerjaan	Biaya		Slope
		Normal	Lembur 2 jam	
1	Besi Beton Kolom K3	Rp. 1.444.075,33	Rp. 3.362.200,33	Rp. 993.847,15
2	Besi Beton Balok G1.1	Rp. 29.420.873,53	Rp. 30.292.748,53	Rp. 990.767,05
3	Besi Beton Balok G4.1	Rp. 16.266.435,42	Rp. 16.963.935,42	Rp. 996.428,57

Tabel 9 Hasil Perhitungan Biaya Dipercepat Dengan Penambahan 3 Jam Lembur

No.	Uraian Pekerjaan	Biaya		Slope
		Normal	Lembur 3 jam	
1	Besi Beton Kolom K3	Rp. 1.444.075,33	Rp. 5.280.325,33	Rp. 1.510.334,65
2	Besi Beton Balok G1.1	Rp. 29.420.873,53	Rp. 31.164.623,53	Rp. 1.465.336,13
3	Besi Beton Balok G4.1	Rp. 16.266.435,42	Rp. 17.661.435,42	Rp. 1.516.304,35

4.11 Analisa Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung

Berikut perhitungan biaya total dengan alternatif penambahan jam kerja:

- a. Kondasi Normal

lembur (10)

f. $Cost\ Slope = \frac{crash\ cost - normal\ cost}{durasi\ normal - durasi\ percepatan}$ (11)

Diketahui data hasil penelitian sebagai berikut:

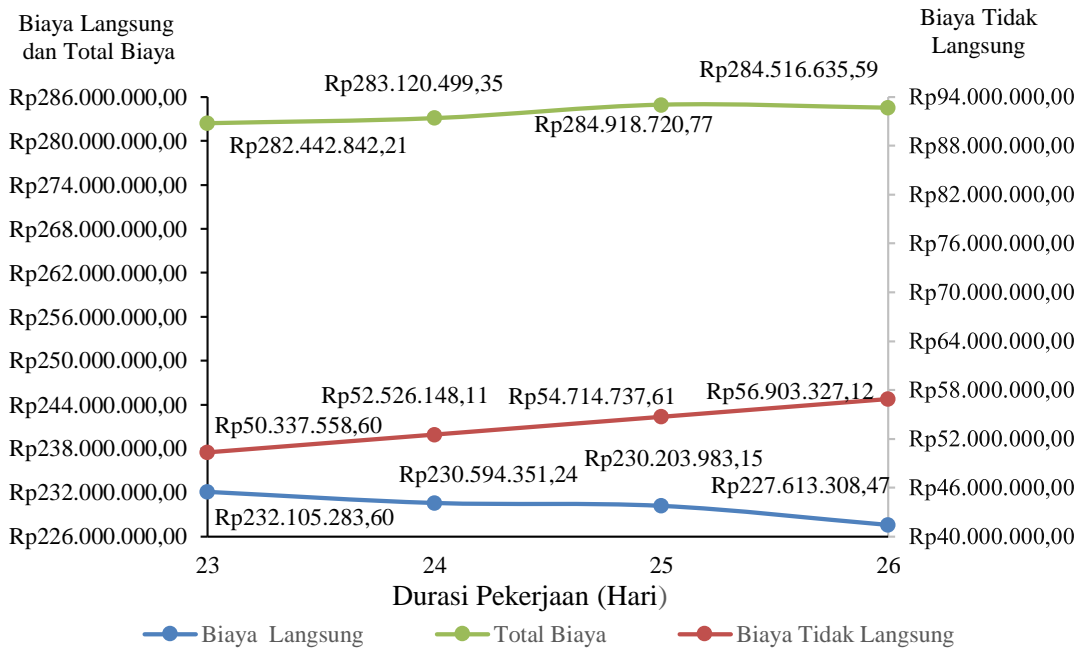
- a. Jam kerja normal/hari: 8 jam/hari
 - b. Volume:
 - Besi beton kolom K3 = 4.953,92 kg
 - Besi beton balok G1.1 = 1707,93 kg
 - Besi beton balok G4.1 = 944,3 kg
 - c. Durasi Normal:
 - Besi beton kolom K3 = 11 hari
 - Besi beton balok G1.1 = 5 hari
 - Besi beton balok G4.1 = 4 hari
 - d. Normal Cost:
 - Besi beton kolom K3 = Rp. 1.444.075,33
 - Besi beton balok G1.1 = Rp. 29.420.873,53
 - Besi beton balok G4.1 = Rp. 16.266.435,42
- Perhitungan percepatan biaya menggunakan persamaan 1 sampai dengan persamaan 11. Rekapitulasi hasil perhitungan percepatan biaya dengan penambahan 1 jam kerja ditunjukkan pada Tabel 7, penambahan 2 jam kerja ditunjukkan pada Tabel 8, dan penambahan 3 jam kerja ditunjukkan pada Tabel 9.

- Biaya tidak langsung/ hari
= Rp. 56.903.327,12/26 hari
=Rp. 2.188.589,50
- Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung
=Rp. 227.613.308,47 + Rp. 56.903.327,12
=Rp. 284.516.635,59
- b. Kondisi setelah percepatan lembur 1 jam
Pekerjaan Besi Beton Kolom K3, Besi Beton Balok G1.1, dan Besi Beton Balok G4.1
- Total durasi = 24,98 hari dibulatkan menjadi 25 hari
- Cost Slope = Rp. 2.590.674,68
- Biaya langsung = biaya langsung normal + cost slope
 $\text{slope} = \text{Rp. } 227.613.308,47 + \text{Rp. } 2.590.674,68 = \text{Rp. } 230.203.983,15$
- Biaya tidak langsung = (biaya tidak langsung normal/durasi normal) x durasi baru
= (Rp. 56.903.327,12 / 26 hari) x 24,98 hari
= Rp. 54.714.737,61
- Total cost = biaya langsung + biaya tidak langsung = Rp. 230.203.983,15 + Rp. 54.714.737,61 = Rp. 284.918.720,77

Selanjutnya, untuk perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total untuk dengan penambahan 1-3 jam kerja ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung, dan Total Biaya Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Total Biaya
Normal	26	Rp. 227.613.308,47	Rp. 56.903.327,12	Rp. 284.516.635,59
1 Jam Lembur	25	Rp. 230.203.983,15	Rp. 54.714.737,61	Rp. 284.918.720,77
2 Jam Lembur	24	Rp. 230.594.351,24	Rp. 52.526.148,11	Rp. 283.120.499,35
3 Jam Lembur	23	Rp. 232.105.283,60	Rp. 50.337.558,60	Rp. 282.442.842,21



Gambar 4. Grafik Hubungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung, dan Total Biaya Terhadap Waktu

Untuk pemilihan alternatif dari segi waktu dan biaya yang optimum adalah alternatif lembur 3 jam karena ditinjau dari biaya total proyek keseluruhan menurun 0,73% dari biaya total proyek normal sebesar Rp. 284.516.635,59 menjadi Rp. 282.442.842,21, yang artinya lembur 3 jam menghemat biaya dengan selisih biaya sebesar Rp. 2.073.793,38 dan pekerjaan struktur lantai 4

diperkirakan dapat selesai dengan total durasi 23 hari.

5 KESIMPULAN

1. Durasi waktu yang diperlukan oleh perusahaan dalam menyelesaikan pekerjaan struktur lantai 4 (dak) selama 26 hari, setelah penambahan 1 jam

kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 25 hari dengan efisiensi waktu selama 3,93%, untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 24 hari dengan efisiensi waktu 9,63% dan penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 23 hari dengan efisiensi waktu 14,05%.

2. Total biaya langsung dan tidak langsung yang telah dikeluarkan sebesar Rp. 284.516.635,59, sedangkan dari hasil penelitian menggunakan metode PDM percepatan waktu penambahan lembur 1 jam didapatkan total biaya sebesar Rp. 284.918.720,77 dengan penambahan biaya 0,14%, untuk penambahan lembur 2 jam didapatkan total biaya sebesar Rp. 283.120.499,35 dengan penurunan biaya 0,49% dan penambahan lembur 3 jam didapatkan total biaya sebesar Rp. 282.442.842,251 dengan penurunan biaya sebesar 0,73%.

6 REFERENSI

- [1] Ervianto, W. I. (2004). *Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [2] Ikhtisholiah. (2017). Analisis Penerapan Manajemen Waktu dan Biaya Pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Teknik Listrik Industri Politeknik Negeri Madura (POLTERA). *Zeta - Math Journal*, III(1), 14-21.
- [3] Karim, P. T., Utarahman, A., & Tuloli, M. Y. (2022). Analisis Penerapan Manajemen Waktu Dan Biaya (Studi Kasus: Rekonstruksi Jalan Ruas Kota Gorontalo). *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, II(1), 14-24.
- [4] Kasino, Y. (2007). Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur di Perusahaan Menurut Hukum Positif. *Jurnal Ekonomi dan Kewirausahaan*, VII(1), 90-93.
- [5] Leman, D., & Lubis, C. P. (2023). Pemanfaatan Aplikasi MS. Project Dalam Perencanaan Proyek Pada PT. Berlian Jaya Mandiri Konsultan. *J-PEMAS STMIK Amik Riau*, IV(1), 31-36.
- [6] Pratiwi, A. R., & Sarya, G. (2024). Analisis Percepatan Pelaksanaan Pekerjaan Pada Pembangunan Gedung Laboratorium Medis Poltekkes Surabaya Menggunakan Metode Crashing. *JUTIN : Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, VII(2), 996-1008.
- [7] Safitri, E., Basriati, S., & Hanum, L. (2019). Optimasi Penjadwalan Proyek menggunakan CPM dan PDM (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Kateman Kabupaten Indragiri Hilir). *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, V(2), 17-25.
- [8] Sandra, K. I., & Djalali, M. A. (2013). Manajemen Waktu, Efikasi-Diri dan Prokrastinasi. *Jurnal Psikolog Indonesia*, II(3), 217-222.
- [9] Saputra, N., Handayani, E., & Dwiretnani, A. (2021). Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode Critical Path Method (CPM) Studi Kasus Pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD Abdul Manap Kota Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, IV(1), 44-52.
- [10] Sudarsana, D. (2008). Pengendalian Biaya dan Jadwal Terpadu Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, XII(2).