

Penerapan *Precedence Diagram Method* dalam Penjadwalan Proyek Pembangunan Perumahan Komersil di Situbondo

Application of the Precedence Diagram Method in Scheduling Commercial Housing Development Projects in Situbondo

Daniyah Putri Darussalam¹⁾, Hilfi Harisan Ahmad²⁾, Amri Gunasti³⁾

¹Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: daniyahputri@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: hilfiharisana@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: amrigunasti@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Keterlambatan suatu proyek bisa diatasi dengan mempercepat pelaksanaan proyeknya, tetapi perlu mempertimbangkan aspek biaya. Penelitian ini membahas mengenai strategi penjadwalan ulang proyek pembangunan perumahan komersil, yaitu perumahan De Orchid dan perumahan Patokan Cluster di Kabupaten Situbondo. Studi ini menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM) untuk menganalisa peningkatan efisiensi waktu dengan menambah tenaga kerja dalam pelaksanaan proyek. Metode PDM ini mengidentifikasi dan mengelola pekerjaan lintas kritis suatu proyek agar selesai sesuai jadwal, standar kualitas yang diinginkan, dan anggaran yang telah ditetapkan.. Data dianalisa menggunakan *Microsoft Project 2019* untuk menghitung durasi proyek dan biaya tambahan yang timbul diakibatkan suatu percepatan. Hasil analisa pada penjadwalan proyek perumahan terdapat pekerjaan lintasan kritis pada pekerjaan beton bertulang dan pekerjaan rangka atap plafon eternit. Pada perumahan De Orchid terjadi kenaikan biaya yang semula berjumlah Rp.207.632.358,32 selama 69 hari menjadi Rp. 212.148.672,90 selama 67 hari. Pada perumahan Patokan Cluster terjadi kenaikan biaya yang semula berjumlah Rp.171.569.163,05 selama 70 hari menjadi Rp. 173.191.254,89 selama 66 hari. Parameter yang berpengaruh signifikan yakni durasi normal terhadap durasi setelah penambahan tenaga kerja dan biaya normal terhadap biaya setelah penambahan tenaga kerja pada perumahan Patokan Cluster.

Kata Kunci: Pembangunan Perumahan, Penjadwalan Proyek, *Precedence Diagram Method*, dan Percepatan Durasi.

Abstract

Delay in a project can be overcome by accelerating its implementation, while considering the associated cost factors. This study explores the rescheduling strategy of commercial housing construction projects, namely De Orchid and Patokan Cluster housing in Situbondo Regency. The research utilizes the Precedence Diagram Method (PDM) to analyze time efficiency improvements through increased manpower in project execution. The PDM method identifies and manages critical path tasks of a project to ensure timely completion, desired quality standards, and predefined budget constraints. Data analysis was conducted using Microsoft Project 2019 to calculate project duration and additional costs incurred due to acceleration. The analysis results reveal critical path tasks in reinforced concrete and asbestos cement roof frame installation works. For De Orchid housing, costs increased from Rp.207,632,358.32 over 69 days to Rp.212,148,672.90 over 67 days. Similarly, for Patokan Cluster housing, costs rose from Rp.171,569,163.05 over 70 days to Rp.173,191,254.89 over 66 days. Significant parameters include normal duration affecting duration after manpower addition, and normal costs influencing costs after manpower addition for Patokan Cluster housing.

Keywords: *Housing Development, Project Scheduling, Precedence Diagram Method, and Acceleration of Duration.*

1. PENDAHULUAN

Proyek adalah serangkaian kegiatan yang terbatas pada periode waktu tertentu, dimana sumber daya yang ditentukan dialokasikan untuk menciptakan produk atau hasil yang telah ditetapkan standar mutunya secara eksplisit (Soeharto, 1999). Dari definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa proyek memiliki batasan waktu atau *deadline* yang harus dipatuhi, sehingga proyek harus selesai sebelum atau pada waktu yang telah ditentukan. Berbagai masalah di suatu proyek tidak bisa dihindari, baik yang disebabkan oleh faktor internal bisnis maupun faktor eksternal seperti iklim, perubahan lingkungan, dan undang-undang pemerintah daerah. Implementasi proyek dapat dipercepat untuk mengatasi penundaan, namun pertimbangan finansial tetap harus dipertimbangkan. Biaya tambahan diharapkan dapat diminimalkan dengan tetap menjaga persyaratan kualitas. Proyek dapat dipercepat melalui beberapa cara, misalnya dengan menambah lebih banyak pekerja, memanfaatkan peralatan yang lebih efisien, memperpanjang jam kerja, dan menggunakan teknik dan bahan bangunan yang lebih cepat.

Pada penelitian ini, analisis jaringan berupa *Precedence Diagram Method* (PDM) digunakan untuk melakukan penjadwalan ulang pelaksanaan proyek Pembangunan Perumahan De Orchid dan Perumahan Patokan Cluster dengan memperpendek timeline dan menambah staf. PDM berfungsi untuk mengatasi masalah keseimbangan antara waktu penyelesaian proyek dan biaya. PDM menyoroti hubungan antara penggunaan tenaga kerja dalam jumlah besar untuk mempercepat pelaksanaan proyek dan kenaikan biaya akibat bertambahnya tenaga kerja. Untuk mengidentifikasi pekerjaan pada lintasan kritis, pendekatan PDM memanfaatkan *Microsoft Project 2019*. Diharapkan temuan dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam peningkatan efisiensi dan efektivitas manajemen proyek konstruksi di Indonesia, khususnya dalam konteks pengembangan perumahan komersil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Manajemen Proyek

Manajemen proyek sebagai proses pengorganisasian, kepemimpinan, dan pengendalian sumber daya organisasi untuk mencapai tujuan jangka pendek yang telah ditentukan (Suharto, 1995). Manajemen proyek dapat didefinisikan sebagai upaya untuk merencanakan, mengatur, memimpin, mengendalikan, dan mengawasi operasi proyek untuk memastikan bahwa tujuan tercapai dalam anggaran dan kerangka waktu yang dialokasikan. Definisi manajemen proyek yang berhasil adalah memenuhi tujuan proyek dalam hal jadwal, anggaran, ekspektasi kinerja, atau tingkat pemanfaatan teknologi sambil memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efektif dan efisien untuk memastikan penerimaan klien. Ada empat tugas pokok manajemen proyek adalah sebagai berikut (Suharto, 1995):

1. Proyek pengelolaan lingkungan hidup;
2. Penjadwalan dan manajemen waktu;
3. Pengendalian biaya; dan
4. Manajemen kualitas dan mutu.

b. Penjadwalan Proyek

Salah satu komponen perencanaan, penjadwalan memberikan data mengenai durasi proyek yang diproyeksikan dan kemajuan menuju tanggal penyelesaiannya, serta informasi mengenai pengeluaran proyek, personel, peralatan, dan penggunaan material (Husen, 2008). Data-data yang diperlukan untuk mempersiapkan penjadwalan proyek (Nugraheni, 2009):

1. Statistik pekerjaan yang berkaitan dengan produktivitas dan jenis pekerjaan;
2. Informasi alat dan produktivitas peralatan konstruksi;
3. Data ketersediaan material dan bahan;
4. Data gambar teknis dan spesifikasi; dan
5. Data keterkaitan antar kegiatan proyek.

Dalam memilih metode penjadwalan suatu proyek, ada beberapa hal yang harus diperhatikan yang dapat mempengaruhi penjadwalan yaitu, ketersediaan material dan peralatan, tenaga kerja, keselamatan kerja, hingga kondisi cuaca saat kegiatan proyek tersebut. Berikut beberapa metode

penjadwalan yang sering digunakan pada proyek konstruksi (Nugraheni, 2009):

1. Bagan Balok (*Bar Chart*)

Proyek ditampilkan dalam Bar Chart dengan waktu di sumbu horizontal dan kegiatan di sumbu vertikal, menggunakan batang untuk menunjukkan durasi mulai hingga selesai setiap pekerjaan.

2. Kurva S

Kurva S digunakan bersama *Bar Chart* untuk memantau biaya dan kemajuan pekerjaan dalam persentase kumulatif terhadap waktu agar proyek selesai tepat waktu.

3. Rencana Kerja Jaringan (*Network Planning*)

Dalam perencanaan jaringan, ada dua jenis diagram yang berbeda yaitu *Activity on Arrow* dan *Activity on Node*.

c. PDM

PDM merupakan teknik perencanaan dengan menggunakan rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan jangka waktu penyelesaian proyek tercepat (Soeharto, 1999).

Pada PDM digambarkan empat hubungan kegiatan yaitu hubungan Awal – Awal (SS), Awal – Akhir (SF), Akhir – Awal (FS), Akhir – Akhir (FF). Metode PDM ini tidak memiliki aktivitas *dummy* (semu) karena aktivitas divisualisasikan sebagai node, lingkaran, atau kotak sehingga tidak mempunyai durasi. Jaringan rencana kerja yang digunakan adalah *Activity on Node* (AON) menggunakan metode diagram prioritas.

ES	JENIS KEGIATAN	EF
LS		LF
NO. KEGIATAN	DURASI	

Gambar 1. Node Kegiatan PDM

Sumber: Ervianto, 2005

Keterangan:

ES (*Earliest Start*): Waktu mulai paling awal suatu aktivitas.

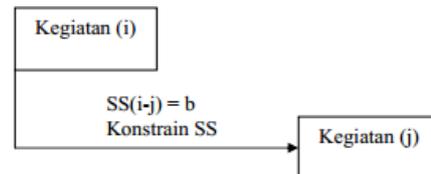
EF (*Earliest Finish*) : Waktu selesai paling awal suatu aktivitas.

LS (*Latest Start*) : Waktu terbaru saat tugas diselesaikan.

LF (*Latest Finish*) : Waktu penyelesaian tugas terbaru.

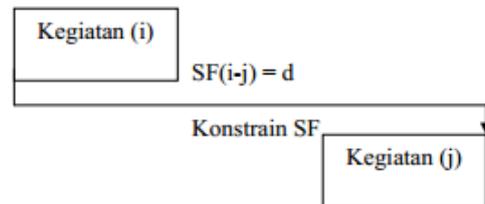
D (*Duration*) : Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas.

1. *Start to Start* (SS)



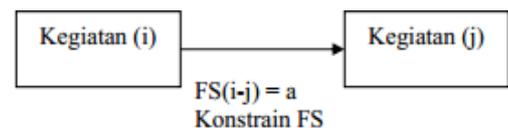
Gambar 2. Konstrain *Start to Start*
 Sumber: Soeharto, 1999

2. *Start to Finish* (SF)



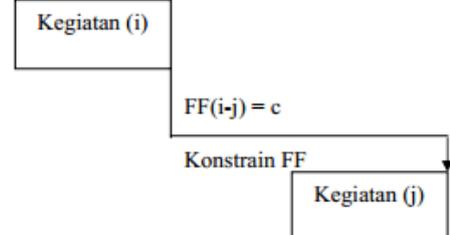
Gambar 3. Konstrain *Start to Finish*
 Sumber: Soeharto, 1999

3. *Finish to Start* (FS)



Gambar 4. Konstrain *Finish to Start*
 Sumber: Soeharto, 1999

4. *Finish to Finish* (FF)



Gambar 5. Konstrain *Finish to Finish*
 Sumber: Soeharto, 1999

d. Pekerjaan Lintasan Kritis

Dalam melakukan perhitungan penentuan waktu penyelesaian digunakan beberapa perhitungan, yaitu:

1. Perhitungan Maju (*Forward Analysis*)

Waktu mulai paling awal (ES), waktu berakhir paling awal (EF), dan total lama penyelesaian proyek dihitung menggunakan komputasi maju. Ketentuan perhitungan maju adalah sebagai berikut:

- Nol untuk waktu mulai paling awal (ES).
- Jika terdapat beberapa kegiatan yang bergabung, maka nilai ES dianggap nilai yang paling besar.
- Nilai terbesar dari waktu mulai paling awal dari aktivitas sebelumnya, $ES(i)$ atau $EF(i)$, ditambah batasan yang berlaku, menentukan waktu mulai paling awal dari aktivitas yang ditinjau, $ES(j)$.

$$ES(j) = ES(i) + SS(i - j)$$

$$ES(j) = ES(i) + SF(i - j) - D(j)$$

$$ES(j) = EF(i) + FS(i - j)$$

$$ES(j) = EF(i) + FF(i - j) - D(j)$$

Dimana:

$ES(j)$: waktu mulai paling awal dari aktivitas yang ditinjau

$ES(i)$: waktu mulai paling awal dari aktivitas sebelumnya

$EF(i)$: saat paling awal tindakan sebelumnya diselesaikan

$SS(i-j)$: konstan dari awal hingga akhir (*start to start*)

$SF(i-j)$: konstant selesai untuk memulai (*start to finish*)

$FS(i-j)$: konstant selesai untuk selesai (*finish to start*)

$FF(i-j)$: konstant dari awal hingga selesai (*finish to finish*)

$D(j)$: durasi berapa lama tindakan yang dievaluasi berlangsung

- Nilai waktu mulai paling awal suatu kegiatan ($ES(j)$) ditambah lamanya kegiatan yang dimaksud $D(j)$ sama dengan waktu berakhir paling awal dari kegiatan berikutnya ($EF(j)$).

$$EF(j) = ES(j) + D(j)$$

Dimana:

$EF(j)$: waktu selesai paling awal dari kegiatan yang ditinjau

2. Perhitungan Mundur (*Backward Analysis*)

Hasil waktu mulai terkini (LS), waktu berakhir terkini (EF), dan *float* yang terjadi dihitung mundur dan saat paling cepat dimulainya kegiatan. Prasyarat untuk perhitungan mundur adalah sebagai berikut:

- Apabila terdapat beberapa kegiatan yang bergabung maka nilai LS dianggap nilai yang paling rendah.
- Waktu selesai terakhir aktivitas yang ditinjau, $LF(i)$, sama dengan nilai terkecil waktu mulai terakhir aktivitas berikutnya, $LS(j)$, atau waktu penyelesaian terakhir, $LF(j)$, ditambah batasan yang berlaku. Berikut adalah rumus-rumus:

$$LF(i) = LF(j) - FF(i - j)$$

$$LF(i) = LS(j) - FS(i - j)$$

$$LF(i) = LF(j) - SF(i - j) + D(i)$$

$$LF(i) = LS(j) - SS(i - j) + D(j)$$

Dimana:

$LF(i)$: waktu penyelesaian terakhir tindakan yang ditinjau

$LF(j)$: waktu penyelesaian terakhir aktivitas berikutnya

$LS(j)$: waktu paling awal dimulainya tindakan berikutnya

$D(i)$: lama durasi yang dievaluasi berlangsung

$D(j)$: durasi kegiatan selanjutnya (hari, minggu, bulan)

- Aktivitas yang direview oleh $LS(i)$ mempunyai waktu mulai paling lambat sama dengan aktivitas yang diperiksa oleh $LF(i)$ mempunyai waktu berakhir paling lambat dikurangi durasi aktivitas yang direview $D(i)$.

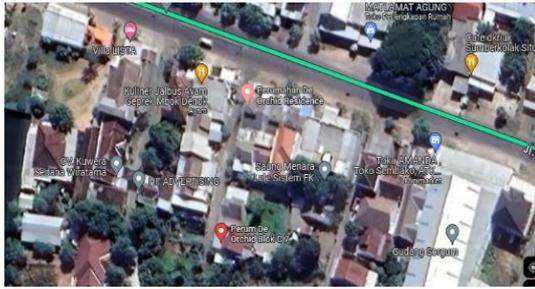
$$LS(i) = LF(i) + D(i)$$

Dimana:

$LS(i)$: waktu mulai terakhir tindakan yang sedang ditinjau

3. METODE PENELITIAN

Obyek pada penelitian adalah proyek Pembangunan Perumahan De Orchid dan Perumahan Patokan Cluster. Letak obyek Perumahan De Orchid terletak di Desa Sumberkolak, Kec Panarukan, Kabupaten Situbondo dan letak Perumahan Patokan Cluster di Jl. Anggrek, Patokan Utara, Peleyen, Kec Situbondo, Kabupaten Situbondo.



Gambar 6. Lokasi Perumahan De Orchid
 Sumber: Google Maps, 2024



Gambar 7. Lokasi Perumahan Patokan Cluster
 Sumber: Google Maps, 2024

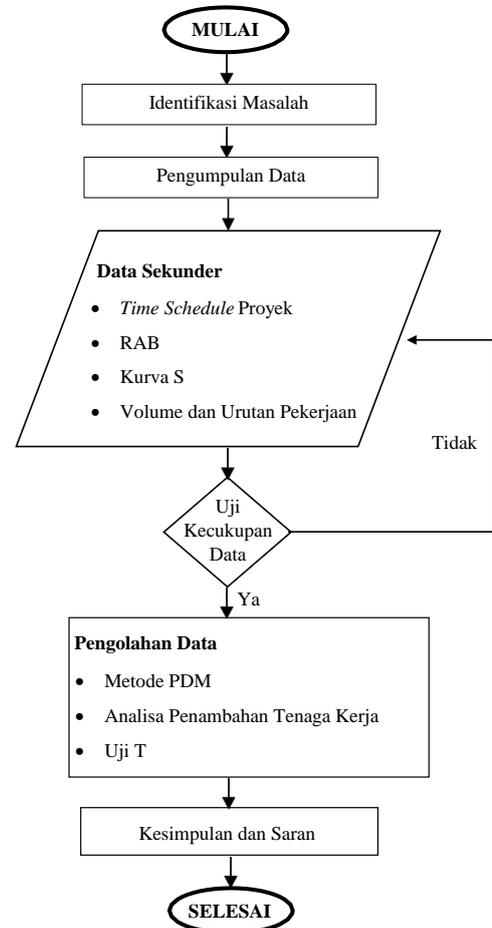
Subjek pada penelitian ini ialah melakukan analisa penjadwalan waktu proyek dengan memakai suatu metode Precedence Diagram Method (PDM). Berikut adalah data-data yang diperlukan:

- Rencana Anggaran Biaya (RAB)
- Time Schedule Proyek
- Volume dan Urutan Pekerjaan
- Gambar Proyek

Adapun penjabaran dari tahapan penelitian ini sebagai berikut:

- Pengumpulan data
- Pengolahan data
- Perhitungan Pekerjaan Lintasa Kritis
- Perhitungan Analisa Durasi dan Biaya
- Perhitungan Penambahan Tenaga Kerja
- Perhitungan Uji T
- Hasil dan Analisa

Langkah-langkah penelitian dapat diuraikan pada diagram alir berikut ini:

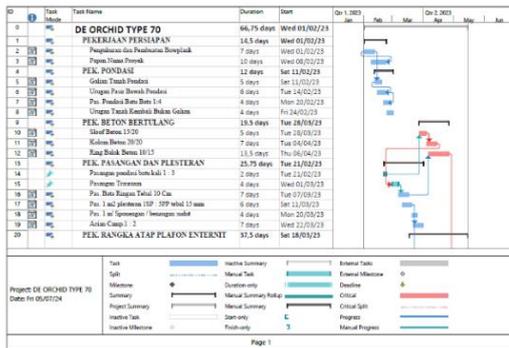


Gambar 8. Diagram Alir Penelitian
 Sumber: Pengolahan Data, 2024

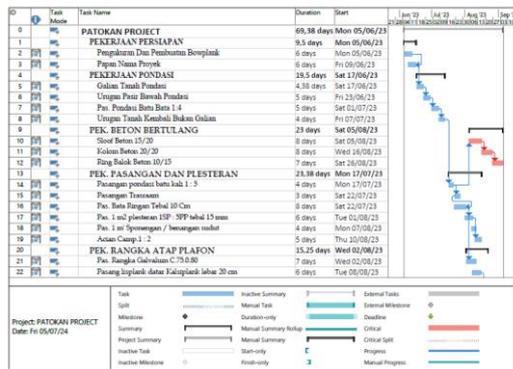
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Time Schedule Proyek

Durasi tiap pekerjaan berupa time schedule menghubungkan pekerjaan mana yang bisa dikerjakan terlebih dahulu dan pekerjaan berikutnya yang akan dikerjakan dengan menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM). Permodelan analisis *time schedule* Perumahan De Orchid dan Perumahan Patokan Cluster menggunakan *ms project 2019* pada setiap uraian pekerjaan dengan menggunakan metode kurva S dalam pengolahan datanya. Pekerjaan yang dikerjakan yaitu fokus pada 1 unit rumah dan fasum pada perumahan pada masing-masing. Berikut adalah *ganttt chart* proyek 1 (gambar 8) dan proyek 2 (gambar 9):



Gambar 9. Uraian Hubungan antar Kegiatan Proyek 1
 Sumber: Analisa Data, 2024



Gambar 10. Uraian Hubungan antar Kegiatan Proyek 2
 Sumber: Analisa Data, 2024

b. Pekerjaan Lintasan Kritis

Pekerjaan lintasan kritis merupakan pekerjaan yang mengalami keterlambatan sehingga terjadi penundaan penyelesaian proyek secara keseluruhan. Pada permodelan dalam *ms project* didapat pekerjaan yang termasuk dalam lintasan kritis.

Tabel 1. Pekerjaan Lintasan Kritis Proyek 1

PEKERJAAN TYPE 70 D ORCHID				
No	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)	Start	Finish
PEKERJAAN BETON BERTULANG				
1	Sloof Beton 15/20	6	Tue 28/3/23	Wed 05/4/23
2	Kolom Beton 20/20	8	Thu 06/4/23	Fri 18/4/23
3	Ring Balok Beton 10/15	15	Thu 06/4/23	Wed 28/4/23
PEKERJAAN RANGKA ATAP PLAFON ENTERNIT				
4	Pemasangan Rangka Galvalum C.75.0.80	12	Sat 29/4/23	Wed 17/5/23

Sumber: Analisa Data, 2024

Tabel 2. Pekerjaan Lintasan Kritis Proyek 2
 PEKERJAAN TYPE 70 PATOKAN CLUSTER

No	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)	Start	Finish
PEKERJAAN BETON BERTULANG				
1	Sloof Beton 15/20	8	Sat 05/8/23	Wed 16/8/23
2	Kolom Beton 20/20	8	Wed 16/8/23	Sat 26/8/23
3	Ring Balok Beton 10/15	7	Sat 26/8/23	Tue 05/9/23

Sumber: Analisa Data, 2024

c. Kapasitas Kerja per Hari

Informasi mengenai kapasitas tenaga kerja per hari digunakan untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk pekerjaan yang kritis. dan untuk mencari jumlah indeks tenaga kerja harian. Berikut adalah rumus menentukan kapasitas kerja:

$$\text{Kapasitas Kerja} = \frac{1}{\text{Koef. Tenaga Kerja}} \quad (1)$$

Pekerjaan Beton Bertulang Sloof Beton 15/20

Nilai Koefisien Tenaga Kerja:

Pekerja = 0,200

Tukang = 0,100

Kepala Tukang = 0,010

Mandor = 0,020

(Berdasarkan AHS Proyek)

Nilai Kapasitas Kerja per Hari:

Pekerja = 1/0,200 = 5 m/hari

Tukang = 1/0,100 = 10 m/hari

Kepala Tukang = 1/0,010 = 100 m/hari

Mandor = 1/0,020 = 50 m/hari

Tabel 3. Rekapitulasi Kapasitas Tenaga Kerja per Hari pada Proyek 1

PEKERJAAN TYPE 70 D ORCHID					
No	Uraian Pekerjaan	Kapasitas Tenaga Kerja			
		Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor
PEKERJAAN BETON BERTULANG					
1	Sloof Beton 15/20	5,00	10,00	100,00	50,00
2	Kolom Beton 20/20	4,55	9,09	90,91	45,45
3	Ring Balok Beton 10/15	4,17	8,33	83,33	41,67
PEKERJAAN RANGKA ATAP PLAFON ENTERNIT					
4	Pemasangan Rangka Galvalum C.75.0.80	1,36	1,36	13,70	27,03

Sumber: Analisa Data, 2024

Tabel 4. Rekapitulasi Kapasitas Tenaga Kerja per Hari pada Proyek 2

PEKERJAAN TYPE 70 PATOKAN CLUSTER					
No	Uraian Pekerjaan	Kapasitas Tenaga Kerja			
		Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor
PEKERJAAN BETON BERTULANG					
1	Sloof Beton 15/20	5,00	10,00	100,00	50,00
2	Kolom Beton 20/20	4,55	9,09	90,91	45,45
3	Ring Balok Beton 10/15	4,17	8,33	83,33	41,67

Sumber: Analisa Data, 2024

d. Jumlah Indeks Tenaga Kerja per Hari

Untuk menentukan kapasitas kerja adalah dengan menghitung total indeks tenaga kerja per hari. Berikut adalah rumus untuk menghitung jumlah indeks tenaga kerja / hari:

$$\frac{\text{Jumlah Indeks Tenaga Kerja}}{\text{Volume pekerjaan}} = \frac{\text{Kapasitas kerja} \times \text{Durasi pekerjaan}}{\text{Volume pekerjaan}} \quad (2)$$

Pekerjaan Beton Bertulang Sloof Beton 15/20 pada Proyek 1:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 8,923 \text{ m}^3 \\ \text{Durasi} &= 6 \text{ hari} \\ \text{Pekerja} &= \frac{8,923}{5 \times 6} = 0,2974 \text{ OH} \\ \text{Tukang} &= \frac{8,923}{10 \times 6} = 0,1487 \text{ OH} \\ \text{Kepala Tukang} &= \frac{8,923}{100 \times 6} = 0,0149 \text{ OH} \\ \text{Mandor} &= \frac{8,923}{50 \times 6} = 0,0297 \text{ OH} \end{aligned}$$

Tabel 5. Rekapitulasi Indeks Tenaga Kerja pada Proyek 1

PEKERJAAN TYPE 70 D ORCHID							
No	Uraian Pekerjaan	Durasi	Volume	Indeks Tenaga Kerja			
				Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor
PEKERJAAN BETON BERTULANG							
1	Sloof Beton 15/20	6	8,9230	0,2974	0,1487	0,0149	0,0297
2	Kolom Beton 20/20	8	4,2200	0,1161	0,0580	0,0058	0,0116
3	Ring Balok Beton 10/15	15	6,0650	0,0970	0,0485	0,0049	0,0097
PEKERJAAN RANGKA ATAP PLAFON ENTERNIT							
4	Pemasangan Rangka Galvalum C.75.0.80	12	92,1600	5,6371	5,6371	0,5606	0,2842

Sumber: Analisa Data, 2024

Pekerjaan Beton Bertulang Sloof Beton 15/20 pada Proyek 2:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 9,42 \text{ m}^3 \\ \text{Durasi} &= 8 \text{ hari} \\ \text{Pekerja} &= \frac{9,42}{5 \times 8} = 0,24 \text{ OH} \\ \text{Tukang} &= \frac{9,42}{10 \times 8} = 0,12 \text{ OH} \\ \text{Kepala Tukang} &= \frac{9,42}{100 \times 8} = 0,01 \text{ OH} \\ \text{Mandor} &= \frac{9,42}{50 \times 8} = 0,02 \text{ OH} \end{aligned}$$

Tabel 6. Rekapitulasi Indeks Tenaga Kerja pada Proyek 2

PEKERJAAN TYPE 70 PATOKAN CLUSTER							
No	Uraian Pekerjaan	Durasi	Volume	Indeks Tenaga Kerja			
				Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor
PEKERJAAN BETON BERTULANG							
1	Sloof Beton 15/20	8	9,42	0,24	0,12	0,01	0,02
2	Kolom Beton 20/20	8	4,12	0,11	0,06	0,01	0,01
3	Ring Balok Beton 10/15	7	6,21	0,21	0,11	0,01	0,02

Sumber: Analisa Data, 2024

e. Cost Normal

Jumlah pekerja pada pekerjaan normal digunakan untuk menghitung Biaya Normal (Cn) tenaga kerja. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Harga Upah} = \text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{Harga satuan tenaga kerja} \quad (3)$$

$$\text{Cost Normal} = \text{Jumlah harga upah} \times \text{Durasi normal} \quad (4)$$

Pekerjaan Beton Bertulang Sloof Beton 15/20 pada Proyek 1:

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= 0,2974 \times \text{Rp.} 110.150,00 \\ &= \text{Rp.} 32.762,28 \\ \text{Tukang} &= 0,1487 \times \text{Rp.} 110.650,00 \\ &= \text{Rp.} 16.455,50 \\ \text{Kepala} &= 0,0149 \times \text{Rp.} 111.150,00 \\ &= \text{Rp.} 1.652,99 \\ \text{Mandor} &= 0,0297 \times \text{Rp.} 111.650,00 \\ &= \text{Rp.} 3.320,84 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah} = \text{Rp.} 52.191,61$$

Durasi = 6 hari
 $Cost\ Normal = Rp. 71.705,47 \times 6\ hari$
 $= Rp. 325.149,66$

Tabel 7. Rekapitulasi *Cost Normal* pada Proyek 1

PEKERJAAN TYPE 70 D ORCHID		
No	Uraian Pekerjaan	Cn
PEKERJAAN BETON BERTULANG		
1	Sloof Beton 15/20	Rp325.149,66
2	Kolom Beton 20/20	Rp169.152,16
3	Ring Balok Beton 10/15	Rp265.206,68
PEKERJAAN RANGKA ATAP PLAFON ENTERNIT		
4	Pemasangan Rangka Galvalum C.75.0.80	Rp16.064.612,35
TOTAL		Rp16.824.120,85

Sumber: Analisa Data, 2024
 Pekerjaan Beton Bertulang Sloof Beton 15/20 pada Proyek 1:

Pekerja = $0,24 \times Rp. 110.150,00$
 $= Rp. 25.940,33$

Tukang = $0,12 \times Rp. 110.650,00$
 $= Rp. 13.029,04$

Kepala = $0,01 \times Rp. 111.150,00$
 $= Rp. 1.308,79$

Mandor = $0,02 \times Rp. 111.650,00$
 $= Rp. 2.629,36$ +

Jumlah = Rp. 42.907,51

Durasi = 8 hari
 $Cost\ Normal = Rp 42.907,51 \times 8\ hari$
 $= Rp. 343.260,09$

Tabel 8. Rekapitulasi *Cost Normal* pada Proyek 2

PEKERJAAN TYPE 70 PATOKAN CLUSTER		
No	Uraian Pekerjaan	Cn
PEKERJAAN BETON BERTULANG		
1	Sloof Beton 15/20	Rp343.260,09
2	Kolom Beton 20/20	Rp165.143,81
3	Ring Balok Beton 10/15	Rp271.547,15
TOTAL		Rp779.951,06

Sumber: Analisa Data, 2024

f. Biaya dan Durasi Percepatan

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan biaya dan lama percepatan setiap tugas adalah percepatan durasi proyek. Hanya tugas-tugas penting yang disertakan dalam perhitungan ini, sehingga memungkinkan perluasan pekerja untuk mempercepat penyelesaian. Pekerjaan Beton Bertulang Sloof Beton 15/20 pada Proyek 1:

Perhitungan durasi pekerjaan *crashing*:

$$Durasi\ Crashing = \frac{Volume\ pekerjaan}{Kapasitas\ kerja \times Jumlah\ tenaga\ kerja} \quad (5)$$

Dengan penambahan tenaga kerja sebagai berikut:

Pekerja = 1 orang
 Tukang = 1 orang
 Kepala Tukang = 1 orang
 Mandor = 1 orang

Kemudian didapatkan sebagai berikut:

$$Pekerja = \frac{8,923}{5 \times (0,3+1)} = 1,375 \approx 2\ hari$$

$$Tukang = \frac{8,923}{10 \times (0,15+1)} = 0,777 \approx 1\ hari$$

$$Kepala = \frac{8,923}{100 \times (0,02+1)} = 0,088 \approx 1\ hari$$

$$Mandor = \frac{8,923}{50 \times (0,03+1)} = 0,173 \approx 1\ hari$$

Diambil dari durasi yang terlama yaitu 2 hari
 Perhitungan biaya tambahan dan upah tenaga kerja:

Jumlah upah kerja =

Jumlah harga upah x Jumlah tenaga kerja (6)

Pekerja = Rp. 110.150,00 x 1,3
 $= Rp. 142.912,28$

Tukang = Rp. 110.650,00 x 1,15
 $= Rp. 127.105,50$

Kepala = Rp. 111.150,00 x 1,02
 $= Rp. 112.802,99$

Mandor = Rp. 111.650,00 x 1,03
 $= Rp. 114.970,84$ +

Jumlah = Rp. 497.791,61

$$Cost\ Crashing = Jumlah\ upah \times durasi\ crashing \quad (7)$$

$$= Rp. 497.791,61 \times 2\ hari$$

$$= Rp. 995.593,22$$

$$Cost\ Slope = \frac{crash\ cost - normal\ cost}{normal\ duration - crash\ duration} \quad (8)$$

$$Cost\ Slope/Hari = \frac{995.593,22 - 325.149,66}{6 - 2} = Rp. 167.608,39$$

$$Cost\ Slope\ Total = Cost\ Slope/hari \times (durasi\ normal - durasi\ crash) \quad (9)$$

$$= Rp. 167.608,39 \times 6\ hari$$

$$= Rp. 670.433,56$$

Tabel 9. Rekapitulasi Biaya dan Durasi Percepatan pada Proyek 1

PEKERJAAN TYPE 70 D ORCHID								
No	Uraian Pekerjaan	Cc (Rp)	Cn (Rp)	Dn (Hari)	Dc (Hari)	Ri (Rp)	Di	Cs Total (Rp)
PEKERJAAN BETON BERTULANG								
1	Sloof Beton 15/20	Rp995.583,22	Rp325.149,66	6	2	Rp167.608,39	4	Rp670.433,56
2	Kolom Beton 20/20	Rp1.394.232,06	Rp169.152,16	8	3	Rp245.015,98	5	Rp1.225.079,90
3	Ring Balok Beton 10/15	Rp922.560,89	Rp265.206,68	15	2	Rp50.565,71	13	Rp657.354,21
PEKERJAAN RANGKA ATAP PLAFON ENTERNIT								
4	Pemasangan Rangka Galvalum C.75.0.80	Rp18.028.059,26	Rp16.004.612,35	12	9	Rp654.482,30	3	Rp1.963.446,91
TOTAL								Rp4.516.314,58

Sumber: Analisa Data, 2024

Pekerjaan Beton Bertulang Sloof Beton 15/20 pada Proyek 2:

Perhitungan durasi pekerjaan *crashing*:

$$Durasi\ Crashing = \frac{Volume\ pekerjaan}{Kapasitas\ kerja \times Jumlah\ tenaga\ kerja}$$

Dengan penambahan tenaga kerja sebagai berikut:

Pekerja = 1 orang

Tukang = 1 orang

Kepala Tukang = 1 orang

Mandor = 1 orang

Kemudian didapatkan sebagai berikut:

$$Pekerja = \frac{9,42}{5 \times (0,24 + 1)} = 1,525 \approx 2\ hari$$

$$Tukang = \frac{9,42}{10 \times (0,12 + 1)} = 0,843 \approx 1\ hari$$

$$Kepala = \frac{9,42}{100 \times (0,01 + 1)} = 0,093 \approx 1\ hari$$

$$Mandor = \frac{9,42}{50 \times (0,02 + 1)} = 0,184 \approx 1\ hari$$

Diambil dari durasi yang terlama yaitu 2 hari

Perhitungan biaya tambahan dan upah tenaga kerja:

Jumlah upah kerja = Jumlah harga upah x Jumlah tenaga kerja

$$Pekerja = Rp. 110.150,00 \times 1,24 = Rp. 136.090,33$$

$$Tukang = Rp. 110.650,00 \times 1,12 = Rp. 123.679,04$$

$$Kepala = Rp. 111.150,00 \times 1,01 = Rp. 112.458,79$$

$$Mandor = Rp. 111.650,00 \times 1,02 = Rp. 114.279,36$$

$$Jumlah = Rp. 486.507,51$$

Cost Crashing = Jumlah upah x durasi *crashing*

$$= Rp. 486.507,51 \times 2\ hari$$

$$= Rp. 973.015,02$$

$$Cost\ Slope = \frac{crash\ cost - normal\ cost}{normal\ duration - crash\ duration}$$

$$Cost\ Slope/Hari = \frac{973.015,02 - 343.260,09}{8 - 2} = Rp. 104.959,16$$

Cost Slope Total = *Cost Slope*/hari x (durasi normal - durasi crash)

$$= Rp. 104.959,16 \times 6\ hari$$

$$= Rp. 629.754,93$$

Tabel 10. Rekapitulasi Biaya dan Durasi Percepatan pada Proyek 2

PEKERJAAN TYPE 70 PATOKAN CLUSTER								
No	Uraian Pekerjaan	Cc (Rp)	Cn (Rp)	Dn (Hari)	Dc (Hari)	Ri (Rp)	Di	Cs Total (Rp)
PEKERJAAN BETON BERTULANG								
1	Sloof Beton 15/20	Rp973.015,02	Rp343.260,09	8	2	Rp104.959,16	6	Rp629.754,93
2	Kolom Beton 20/20	Rp464.242,98	Rp165.143,81	8	1	Rp42.728,45	7	Rp299.099,16

PEKERJAAN TYPE 70 PATOKAN CLUSTER								
No	Uraian Pekerjaan	Cc (Rp)	Cn (Rp)	Dn (Hari)	Dc (Hari)	Ri (Rp)	di = Dn - Dc	Cs Total (Rp)
3	Ring Balok Beton 10/15	Rp964.784,90	Rp271.547,15	7	2	Rp138.647,55	5	Rp693.237,75
TOTAL								Rp1.622.091,84

Sumber: Analisa Data, 2024

g. Uji T

Uji statistik yang disebut uji T digunakan untuk menentukan apakah hipotesis nol benar atau salah. Uji T yang dilakukan dengan menggunakan software SPSS versi 26 mencari hasil signifikan dan nilai thitung. Dua hipotesis operasional digunakan dalam uji t, dan dijelaskan sebagai berikut:

Hipotesis I (H0) : Variabel independen mempunyai pengaruh yang dapat diabaikan terhadap variabel dependen

Hipotesis II (H1) : Terdapat pengaruh parsial yang cukup besar antara variabel independen terhadap variabel dependen.

Tabel 11. Hasil Pengujian T

No	Variabel	Output SPSS		Uji Syarat		Kesimpulan
		t _{hitung}	Sig _{hitung}	Dasar I	Dasar II	
1	X1	2,557	0,063	HO diterima	HI ditolak	Tidak Berpengaruh
2	X2	5,880	0,004	HO ditolak	HI diterima	Berpengaruh
3	X3	-2,755	0,051	HO diterima	HI ditolak	Tidak Berpengaruh
4	X4	-6,019	0,004	HO ditolak	HI diterima	Berpengaruh
5	X5	0,00	1	HO diterima	HI ditolak	Tidak Berpengaruh
6	X6	-0,550	0,611	HO diterima	HI ditolak	Tidak Berpengaruh

Sumber: Analisa Data, 2024

Keterangan:

X1 : Perbandingan antara Durasi Normal dan Durasi Setelah Penambahan Tenaga Kerja pada Proyek 1

X2 : Perbandingan antara Durasi Normal dan Durasi Setelah Penambahan Tenaga Kerja pada Proyek 2

X3 : Perbandingan antara Biaya Normal dan Biaya Setelah Penambahan Tenaga Kerja pada Proyek 1

X4 : Perbandingan antara Biaya Normal dan Biaya Setelah Penambahan Tenaga Kerja pada Proyek 2

X5 : Perbandingan antara Durasi Setelah Penambahan Tenaga Kerja Proyek 1 dan Proyek 2

X6 : Perbandingan antara Biaya Setelah Penambahan Tenaga Kerja Proyek 1 dan Proyek 2

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dapat diketahui pekerjaan kritis yaitu pekerjaan yang harus diselesaikan dan tidak boleh tertunda sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Pekerjaan kritis pada proyek pembangunan Perumahan De Orchid terdapat 4 pekerjaan kritis yaitu pada Pekerjaan Sloof Beton 15/20, Pekerjaan Kolom Beton 20/20, Pekerjaan Balok Beton 10/15, dan Pekerjaan Pemasangan Rangka Galvalum C.75.0.80. Pekerjaan kritis pada proyek pembangunan Perumahan Patokan Cluster terdapat 3 pekerjaan kritis yaitu Pekerjaan Sloof Beton 15/20, Pekerjaan Kolom Beton 20/20, dan Pekerjaan Balok Beton 10/15.
2. Total waktu pelaksanaan proyek setelah dilakukan penambahan tenaga kerja pada Perumahan De Orchid selama 67 hari kerja dengan selisih 2 hari dari durasi normal yaitu 69 hari. Sedangkan pada pembangunan Perumahan Patokan Cluster terjadi percepatan pekerjaan dengan total waktu 66 hari kerja dengan selisih 4 hari dari durasi normal yaitu 70 hari.
3. Total biaya proyek pembangunan Perumahan De Orchid akibat perubahan waktu terhadap biaya ini adalah Rp. 212.148.672,90 dengan penambahan biaya sebesar Rp. 4.516.314,58 dari biaya semula berjumlah Rp. 207.632.358,32. Sementara pada proyek pembangunan Perumahan Patokan Cluster terjadi kenaikan total biaya akibat perubahan

waktu yaitu Rp. 173.191.254,89 dengan penambahan biaya sebesar Rp.1,622,091,84 dari biaya semula berjumlah Rp. 171.569.163,05.

4. Secara parsial, perhitungan uji T antara Perumahan De Orchid dan Perumahan Patokan Cluster. Perbandingan biaya dan waktu yang berpengaruh signifikan terhadap penjadwalan proyek perumahan yakni durasi normal Patokan Cluster terhadap durasi setelah penambahan tenaga kerja Patokan Cluster dengan nilai t_{hitung} sebesar 5,880 dan biaya normal Patokan Cluster terhadap biaya setelah penambahan tenaga kerja Patokan Cluster dengan nilai t_{hitung} sebesar -6,019.

b. Saran

Adapun saran untuk penelitian berikutnya maupun untuk perusahaan, yaitu:

1. Proyek dapat diselesaikan sesuai jadwal dan sesuai anggaran. Disarankan agar setiap pekerjaan diperiksa, khususnya pekerjaan jalur utama. Perlu dilakukan penelitian yang lebih detail untuk menentukan pekerjaan tersebut merupakan kegiatan kritis atau non kritis.
2. Penelitian berikutnya diharapkan untuk melakukan penelitian penjadwalan proyek menggunakan metode yang berbeda serta mempertimbangkan analisa kelayakan.
3. Perusahaan diharapkan lebih teliti dalam penjadwalan proyek sehingga pelaksanaan proyek terlaksana dengan tepat waktu dan menerapkan metode PDM untuk proyek pembangunan Perumahan di Situbondo.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Andika, M., 2017. *Perencanaan Penjadwalan Proyek Pembangunan Rumah Susun Gorontalo*. Skripsi. Makasar. Universitas Hasanudin.
- Gunasti, A. dkk. 2024. Pemanfaatan Aplikasi SPSS untuk pengolahan data di Sekolah Menengah Kejuruan 2 Jember. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 8(1): 171.
- Gunasti, A., Rofiqi, A., Priyono, P., 2019. Penerapan Metode Barchart, CPM, PERT, dan Crashing Project dalam Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Madura*, 4(1) : 9.
- Henalau, Agung K., 2017. *Perencanaan Pengendalian Proyek Perumahan Minimalis dengan Menggunakan Precedence Diagram Method (PDM) di PT. Pesona Graha Mandiri*. Skripsi. Ambon. Universitas Darussalam Ambon.
- Husen, A., 2009. *Manajemen Proyek Perencanaan, Penjadwalan & Pengendalian Proyek*. Buku. C.V Andi Offset. Yogyakarta.
- Marpaung, R., 2023. *Penjadwalan Ulang Waktu menggunakan Metode Precedence Diagram Method (PDM) menggunakan Software Microsoft Project pada Proyek Konstruksi Pembangunan Rumah Khusus Masyarakat Terdampak Bencana Longsor Kab. Lebak Banten (Studi Kasus)*. Skripsi. Medan. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Oktavia, Nadia, 2018. *Perencanaan Penjadwalan Proyek Pembangunan Apartemen di Surabaya dengan Precedence Diagram Method (PDM)*. Skripsi. Malang. Universitas Brawijaya.
- Putri, D., A., Muhtar, Gunasti, A., 2021. Penerapan Metode CPM dan Crashing pada Proyek Gedung Training Center Universitas Jember. *Jurnal Smart Teknologi*, 2(2): 153.
- Rizal, A.H. dkk, 2023. Analisis Faktor-Faktor Penyebab Perbedaan Waktu Antara Perencanaan dan realisasi di Lapangan pada Proyek Konstruksi, 12(2). Kupang. Universitas Nusa Cendana.
- Yanuar, S.F., Ahmad, H.H., Dewi, I.C., 2024. Analisa Biaya Pekerjaan Pemancangan CCSP di Hulu Bendung Talang, Kabupaten Jember. *Jurnal Extrapolasi*, 21 (01): 81-82.