

EVALUASI PENJADWALAN DAN PENGENDALIAN WAKTU MENGUNAKAN METODE PRECEDENCE DIAGRAM METHOD (PDM) (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Kantor Pabrik PT. Macroprima Panganutama Semarang)

Muhamad Yunus Andriansyah¹, Atep Maskur², Gini Hartati³

¹²³ Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Galuh

Email : muhamadyunusandriansyah@gmail.com, atepmaskur@unigal.ac.id, ginihartati70@gmail.com

ABSTRACT

One of the scheduling methods often used in project scheduling is the Precedence Diagram Method. This construction project experienced a delay in duration from the initial plan of 148 days to 162 days. The objective of this study is to determine the results of time scheduling calculations using the Microsoft Project-based Precedence Diagram Method method and to compile a Precedence Diagram Method network diagram in the Evaluation of Scheduling and Control in the Construction of the PT. Macroprima Panganutama Semarang Factory Office Building. The research method used is a descriptive method with a quantitative approach. Based on the Precedence Diagram Method method calculation results using Microsoft Project, the critical path is in the pile cap works for the RCBK building, concrete slab works, steel structure column works, steel structure beam works, steel structure roof accessory works, and iron works, with a total project completion duration of 120 days. To achieve this 120-day duration, overtime work is added three times a week, carried out every Tuesday, Thursday, and Friday. Overtime work hours are from 4:00 p.m. to 10:00 p.m. Another alternative is to accelerate the duration (crashing) by adding three workers, two craftsmen, and one steel craftsman to crash every task on the critical path, resulting in 135 days. According to field data, this project was completed in 162 days, while the project plan was 148 days. In this case, project scheduling using the Precedence Diagram Method method with Microsoft Project is the fastest and most optimal because the project can be scheduled and completed in 120 days.

Keywords: Scheduling, Control, Time, Project

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan pembangunan konstruksi gedung di Indonesia, maka tingkat kesulitan untuk mengelola dan menjalankan sebuah proyek pembangunan gedung semakin tinggi. Semakin tinggi kesulitannya, maka durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek pembangunan gedung akan semakin lama.

Dalam proyek pembangunan gedung, ada beberapa tuntutan yang diberikan oleh pengguna jasa kepada penyedia jasa konstruksi, salah satunya yaitu pekerjaan harus selesai tepat waktu sesuai dengan perencanaan pada perjanjian kontrak. Hal ini tentu menjadi tantangan besar bagi penyedia jasa konstruksi, dikarenakan ada tuntutan kualitas pekerjaan yang juga harus dicapai dalam proses pembangunan. Sehingga diperlukan suatu penjadwalan yang efektif untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam pekerjaan proyek

agar proyek pembangunan gedung dapat berjalan sesuai dengan kriteria dan waktu yang sudah direncanakan.

Salah satu metode penjadwalan yang sering digunakan dalam penjadwalan proyek adalah metode *Precedence Diagram Method* (PDM). Kelebihan metode PDM dibandingkan metode lain yaitu tidak memerlukan kegiatan fiktif/ *dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana dan hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan. Metode PDM juga dapat menampilkan kegiatan kritis bila dalam pelaksanaan kegiatannya terjadi keterlambatan, maka akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek. Seiring dengan berjalannya waktu, penjadwalan mulai menggunakan perangkat lunak seperti *Microsoft Project*. *Microsoft Project* dirancang untuk memudahkan dalam proses penjadwalan. Studi kasus yang dipakai untuk analisis durasi optimal adalah proyek pembangunan gedung kantor pabrik

PT. Macroprima Panganutama Semarang yang bergerak dalam bidang industri yang memproduksi sosis, bakso, dan nugget dengan merk Kanzler. Proyek pembangunan ini memiliki luas $74,025 \text{ m}^2$ yang terdiri dari 2 lantai. Proyek pembangunan ini mengalami keterlambatan pada durasi waktu yang rencana awalnya 148 hari menjadi 162 hari.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil perhitungan penjadwalan waktu dengan metode PDM berbasis *Microsoft Project* dan menyusun diagram jaringan *Precedence Diagram Method* (PDM) pada Evaluasi Penjadwalan dan Pengendalian Waktu Pada Pembangunan Gedung Kantor Pabrik PT. Macroprima Panganutama Semarang.

Penelitian terdahulu merupakan hal penting untuk memperoleh dan mendapatkan banyak informasi dan teori serta sebagai acuan bagi penelitian yang akan dilakukan. Penelitian terdahulu dilakukan oleh Dharma Hari Winata (Universitas Bung Hatta, 2021) dengan judul “Perencanaan Penjadwalan Waktu dengan Metode PDM (*Precedence Diagram Method*) Pada Proyek Pembangunan Kantor Perwakilan Pemerintah Daerah di Tapan”. Penelitian ini didapatkan hasil analisa menggunakan metode *Precedence Diagram Method* dan *Microsoft Project* 2010 menunjukkan percepatan durasi penyelesaian proyek yaitu selama 35 hari dari perencanaan awal proyek yakni selama 360 hari menjadi 325 hari. Dari hasil juga mendapatkan beberapa pekerjaan yang termasuk kedalam pekerjaan kritis, diantaranya: pekerjaan turap pengaman, pekerjaan beton bertulang dan dinding, pekerjaan plesteran, pekerjaan pondasi, dan pekerjaan atap.

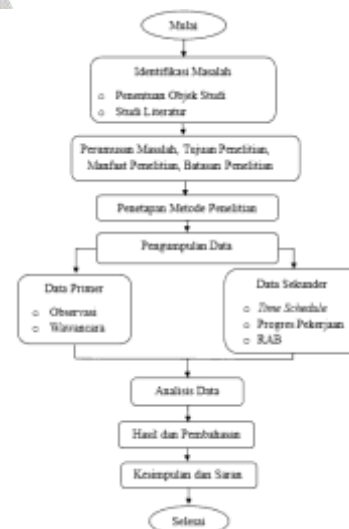
Manfaat dari penelitian ini yaitu bagi penulis dapat menjadi sarana untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh dari bangku perkuliahan yang dituangkan dalam suatu penelitian terhadap studi kasus di lapangan. Bagi akademis dapat menjadi bahan bacaan dan literatur serta referensi untuk penulisan karya ilmiah yang berhubungan dengan manajemen konstruksi khususnya penjadwalan proyek. Bagi pelaku konstruksi, dapat menjadi referensi dalam mempertimbangkan metode penjadwalan proyek yang akan digunakan terhadap kasus yang sama.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian kuantitatif merupakan penelitian yang didasarkan pada pengumpulan dan analisis data berbentuk angka (*numerik*) untuk menjelaskan, memprediksi, dan mengontrol fenomena yang diminati. Penelitian kuantitatif menekankan analisisnya pada data-data numerikal yang diolah dengan metode statistik. Dengan metode kuantitatif akan diperoleh signifikansi hubungan antar variabel.

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan seperti terlihat pada diagram alir di bawah ini.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

2.2 Analisis Data

Dari data eksisting yang didapat dari pengawas dan observasi langsung data diolah menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM).

1. *Microsoft Project*

Microsoft Project dalam penelitian ini dipergunakan sebagai tempat untuk dilakukannya penjadwalan ulang yang berpatok kepada data sekunder yang didapat sebelumnya berupa RAB, *Time Schedule*, Kurva S. Penggunaan *software* ini bertujuan untuk mengukur seberapa lama durasi yang dihabiskan.

2. Analisis Perhitungan *Precedence Diagram Method* (PDM)

a. Perhitungan Maju (*Forward Pass*)

- b. Perhitungan Mundur (*Backward Pass*)
 - c. Lintasan Kritis
 - d. Perhitungan LS, LF, dan Total Slack
3. Percepatan Durasi (*Crashing*)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Proyek

Untuk mengoptimalkan sebuah proyek, dibutuhkan data yang terperinci agar mempermudah jangka waktu dalam penyelesaian proyek. Pada proyek pembangunan gedung kantor pabrik PT. Macroprima Panganutama ditargetkan akan selesai dengan durasi 148 hari, namun pembangunan proyek ini mengalami keterlambatan dan selesai dengan durasi 162 hari. Berikut adalah data untuk proyek pembangunan gedung kantor pabrik PT. Macroprima Panganutama Semarang.

Nama Pekerjaan	: Proyek PT. Macroprima Panganutama
Lokasi	: Kecamatan Ungaran, Kab. Semarang, Provinsi Jawa Tengah
Penyedia Jasa	: PT. Binamitra Rekasedaya
Konsultan Perencana	: Ketira Engineering Consultants
Nilai Kontrak	: Rp. 9.000.000.000.-
Lama Pekerjaan	: 148 kalender
Mulai Pelaksanaan	: 1 Oktober 2024
Akhir Pelaksanaan	: 27 Februari 2025

3.2 Menghitung Durasi Pekerjaan

Durasi pekerjaan adalah lama waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan dari awal sampai akhir. Adapun durasi normal dari proyek pembangunan ini sebagai berikut:

Tabel 1. Durasi Pekerjaan Normal

No.	Jenis Pekerjaan	Nama Pekerjaan	Durasi (Hari)
1	A	Demolish RCBK & Utility Building Works	32
2	B	Structure RCBK & Utility Building Works	
3	B.1	Strauss Pile Ø 30 cm, @ L= 6 m (77 ttk)	25
4	B.2	Pile Cap Works RCBK Building	29
5	B.3	Concrete Column Works	35
6	B.4	Concrete TeaBeam Works	35
7	B.5	Concrete Slab Works	30
8	B.6	Pekerjaan Kolom Struktur Baja	24
9	B.7	Pekerjaan Balok Struktur Baja	24
10	B.8	Pekerjaan Aksesoris Atap Struktur Baja	24
11	B.9	Pekerjaan Struktur Tangga Baja (4 Unit)	24
12	C	Architecture RCBK & Utility Building Works	
13	C.1	Pekerjaan Atap	24
14	C.2	Pekerjaan Dinding	35
15	C.3	Pekerjaan Plesteran dan Acian	26
16	C.4	Pekerjaan Pengecatan	30
17	C.5	Pekerjaan Kusen	14
18	C.6	Pekerjaan Besi	31

Tabel 2. Durasi Pekerjaan Setelah di Analisis

No.	Jenis Pekerjaan	Nama Pekerjaan	Durasi (Hari)
1	A	Demolish RCBK & Utility Building Works	32
2	B	Structure RCBK & Utility Building Works	106
3	B.1	Strauss Pile Ø 30 cm, @ L= 6 m (77 ttk)	25
4	B.2	Pile Cap Works RCBK Building	28
5	B.3	Concrete Column Works	30
6	B.4	Concrete TeaBeam Works	30
7	B.5	Concrete Slab Works	25
8	B.6	Pekerjaan Kolom Struktur Baja	24
9	B.7	Pekerjaan Balok Struktur Baja	24
10	B.8	Pekerjaan Aksesoris Atap Struktur Baja	22
11	B.9	Pekerjaan Struktur Tangga Baja (4 Unit)	14
12	C	Architecture RCBK & Utility Building Works	72
13	C.1	Pekerjaan Atap	24
14	C.2	Pekerjaan Dinding	34
15	C.3	Pekerjaan Plesteran dan Acian	25
16	C.4	Pekerjaan Pengecatan	24
17	C.5	Pekerjaan Kusen	12
18	C.6	Pekerjaan Besi	30

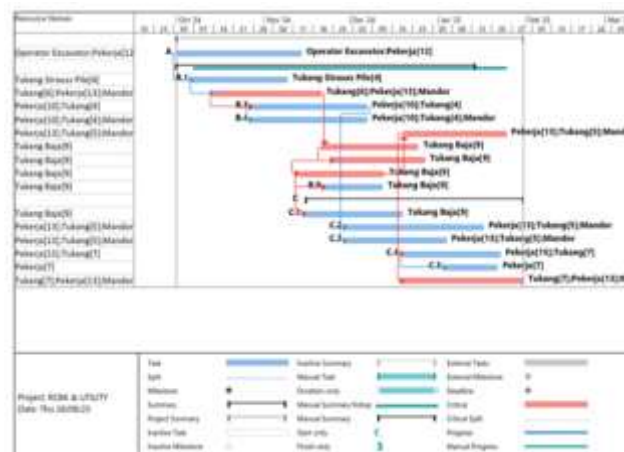
Durasi pekerjaan yang berada pada tabel tersebut merupakan durasi pekerjaan yang sudah dianalisis menggunakan metode PDM yang dibantu dengan aplikasi *Microsoft Project* dengan penambahan jam kerja lembur yang dilakukan sebanyak 3 kali dalam seminggu yang dilaksanakan setiap hari Selasa, Kamis, dan Jum'at. Jam kerja lembur ini dimulai dari pukul 16.00 – 22.00 WIB.

3.3 Menghubungkan Item Pekerjaan

Setelah durasi setiap pekerjaan ditentukan, langkah selanjutnya adalah menetapkan hubungan antar pekerjaan. Ketergantungan ini menentukan urutan pengerjaan, sebab tidak semua tugas bisa dilakukan secara bersamaan. Cara untuk menghubungkan setiap item pekerjaan ini menggunakan tools *precedecessors* yang ada pada aplikasi *Microsoft Project* dengan hasil yang didapat seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. Precedecessor

Jenis Pekerjaan	Nama Pekerjaan	Durasi (Hari)	Predecessors
A	Demolish RCBK & Utility Building Works	32	
B	Structure RCBK & Utility Building Works	106	
B.1	Strauss Pile Ø 30 cm, @ L= 6 m (77 ttk)	25	1SS+5 days
B.2	Pile Cap Works RCBK Building	28	3SS+7 days
B.3	Concrete Column Works	30	4SS+14 days
B.4	Concrete TeaBeam Works	30	5SS
B.5	Concrete Slab Works	25	10FS+7 days
B.6	Pekerjaan Kolom Struktur Baja	24	4
B.7	Pekerjaan Balok Struktur Baja	24	8SS+4 days
B.8	Pekerjaan Aksesoris Atap Struktur Baja	22	9SS-12 days
B.9	Pekerjaan Struktur Tangga Baja (4 Unit)	14	10SS+10 days
C	Architecture RCBK & Utility Building Works	72	
C.1	Pekerjaan Atap	24	10SS+3 days
C.2	Pekerjaan Dinding	34	5FS-7 days
C.3	Pekerjaan Plesteran dan Acian	25	14SS
C.4	Pekerjaan Pengecatan	24	18SS
C.5	Pekerjaan Kusen	12	16SS+10 days
C.6	Pekerjaan Besi	30	7SS



Gambar 3. Gant Chart
(Sumber: Microsoft Project, 2021)

3.5 Network Diagram

Network diagram adalah representasi visual dari urutan dan ketergantungan tugas-tugas dalam sebuah proyek. Diagram ini menggambarkan alur kerja, dari awal hingga akhir, menunjukkan aktivitas mana yang harus diselesaikan lebih dulu sebelum aktivitas lainnya dapat dimulai. Tidak seperti gant chart yang berfokus pada waktu, diagram ini lebih menekankan pada hubungan logis antar tugas. Diagram ini juga berguna untuk mengidentifikasi jalur kritis dan mengelola kompleksitas proyek.



Task ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Demolish RCBK & Utility Building Works	32 days	Tue 05/10/24	Thu 06/11/24	
2	Structure RCBK & Utility Building Works	106 days	Tue 05/10/24	Wed 12/12/24	1
3	Strauss Pile Ø 30 cm, @ L= 6 m (77 ttk)	25 days	Mon 07/10/24	Fri 08/11/24	2
4	Pile Cap Works RCBK Building	28 days	Mon 14/10/24	Wed 10/11/24	3
5	Concrete Column Works	30 days	Mon 14/10/24	Fri 08/11/24	4
6	Concrete TeaBeam Works	30 days	Mon 14/10/24	Fri 08/11/24	5
7	Concrete Slab Works	25 days	Thu 18/10/24	Fri 10/11/24	6
8	Pekerjaan Kolom Struktur Baja	24 days	Wed 20/10/24	Fri 10/11/24	7
9	Pekerjaan Balok Struktur Baja	24 days	Mon 14/10/24	Fri 08/11/24	8
10	Pekerjaan Aksesoris Atap Struktur Baja	22 days	Wed 13/11/24	Thu 12/12/24	9
11	Pekerjaan Struktur Tangga Baja (4 Unit)	14 days	Fri 12/11/24	Thu 12/12/24	10
12	Architecture RCBK & Utility Building Works	72 days	Fri 15/11/24	Thu 06/12/24	11
13	Pekerjaan Atap	24 days	Fri 15/11/24	Thu 10/12/24	12
14	Pekerjaan Dinding	34 days	Fri 15/11/24	Thu 05/12/24	13
15	Pekerjaan Plesteran dan Acian	25 days	Fri 15/11/24	Fri 06/12/24	14
16	Pekerjaan Pengecatan	24 days	Thu 14/12/24	Wed 11/01/25	15
17	Pekerjaan Kusen	12 days	Fri 05/12/24	Wed 11/01/25	16
18	Pekerjaan Besi	30 days	Thu 19/12/24	Thu 06/01/25	17

Gambar 2. Item Pekerjaan
(Sumber: Microsoft Project, 2021)

Gambar 4. Network Diagram
(Sumber: Microsoft Project, 2021)

3.6 Perhitungan LS, LF, dan Total Slack

Tabel 4. Perhitungan LS, LF, dan Total Slack

Nama Pekerjaan	Durasi	Start	Finish	Late Start	Late Finish	Total Slack
Demolish RCBK & Utility Building Works	32	Tue 01/10/24	Wed 13/11/24	01 Oct'2024	14 Nov'2024	1 days
Structure RCBK & Utility Building Works	106	Tue 01/01/24	Mon 13/01/25	07 Oct'2024	30 Jan'25	6,49 days
Strauss Pile Ø 30 cm, @ L= 6 m (77 tik)	25	Mon 07/10/24	Fri 08/11/24	07 Oct'2024	11 Nov'2024	0,24 days
Pile Cap Works RCBK Building	28	Mon 14/10/24	Wed 20/11/24	14 Oct'2024	20 Nov'2024	0 days
Concrete Column Works	30	Mon 28/10/24	Fri 06/12/24	08 Nov'2024	20 Dec'2024	12,75 days
Concrete TeaBeam Works	30	Mon 28/10/24	Fri 06/12/24	20 Dec'2024	30 Jan'2025	51,34 days
Concrete Slab Works	25	Thu 19/12/24	Fri 24/01/25	19 Dec'2024	24 Jan'2025	0 days
Pekerjaan Kolom Struktur Baja	24	Wed 20/11/24	Tue 24/12/24	21 Nov'2024	24 Dec'2024	0 days
Pekerjaan Balok Struktur Baja	24	Mon 25/11/24	Fri 27/12/24	25 Nov'2024	27 Dec'2024	0 days
Pekerjaan Aksesoris Atap Struktur Baja	22	Wed 13/11/24	Thu 12/12/24	13 Nov'2024	12 Dec'2024	0 days
Pekerjaan Struktur Tangga Baja (4 Unit)	14	Fri 22/11/24	Thu 12/12/24	10 Jan'2025	30 Jan'2025	46,08 days
Architecture RCBK & Utility Building Works	72	Fri 15/11/24	Thu 30/01/25	13 Dec'2024	30 Jan'2025	0 days
Pekerjaan Atap	24	Fri 15/11/24	Thu 19/12/24	27 Dec'2024	30 Jan'2025	38,84 days
Pekerjaan Dinding	34	Fri 29/11/24	Thu 16/01/25	13 Dec'2024	30 Jan'2025	10,88 days
Pekerjaan Plesteran dan Acian	25	Fri 29/11/24	Fri 03/01/25	26 Dec'2024	30 Jan'2025	23,62 days
Pekerjaan Pengecatan	24	Thu 19/12/24	Wed 22/01/25	27 Dec'2024	30 Jan'2025	4,75 days
Pekerjaan Kusen	12	Fri 03/01/25	Tue 21/01/25	14 Jan'2025	30 Jan'2025	6,25 days
Pekerjaan Besi	30	Thu 19/12/24	Thu 30/01/25	19 Dec'2024	30 Jan'2025	0 days

3.7 Perhitungan Maju (Forward Analysis)

Perhitungan maju (*Forward Analysis*) dilakukan untuk memperoleh besarnya Earliest Start (ES) dan Earliest Finish (EF) yang merupakan kegiatan *predecessors*. Nilai ES didapat dari nilai EF kegiatan sebelumnya, jika kegiatan sebelumnya memuat lebih dari 1 kegiatan maka diambil nilai EF terbesar. Sedangkan nilai EF didapat dari hasil penjumlahan ES dan durasi pekerjaan tersebut.

Tabel 5. Perhitungan Maju

Jenis Pekerjaan	Nama Pekerjaan	ES	Durasi (Hari)	EF
A	Demolish RCBK & Utility Building Works	0	32	32
B	Structure RCBK & Utility Building Works	32	106	138
B.1	Strauss Pile Ø 30 cm, @ L= 6 m (77 tik)	138	25	163
B.2	Pile Cap Works RCBK Building	163	28	191
B.3	Concrete Column Works	191	30	221
B.4	Concrete TeaBeam Works	221	30	251
B.5	Concrete Slab Works	251	25	276
B.6	Pekerjaan Kolom Struktur Baja	276	24	300
B.7	Pekerjaan Balok Struktur Baja	300	24	324
B.8	Pekerjaan Aksesoris Atap Struktur Baja	324	22	346
B.9	Pekerjaan Struktur Tangga Baja (4 Unit)	346	14	360
C	Architecture RCBK & Utility Building Works	360	72	432
C.1	Pekerjaan Atap	432	24	456
C.2	Pekerjaan Dinding	456	34	490
C.3	Pekerjaan Plesteran dan Acian	490	25	515
C.4	Pekerjaan Pengecatan	515	24	539
C.5	Pekerjaan Kusen	539	12	551
C.6	Pekerjaan Besi	551	30	581

3.8 Perhitungan Mundur (Backward Analysis)

Perhitungan Mundur (*Backward Analysis*) dilakukan untuk memperoleh besarnya Latest Start (LS) dan Latest Finish (LF), sebagai kegiatan *successor*. Nilai LF didapat dari nilai LS kegiatan sebelumnya, jika kegiatan sebelumnya memuat lebih dari 1 kegiatan maka diambil nilai LS terkecil. Sedangkan nilai LS didapat dari hasil pengurangan LF dan durasi pekerjaan.

Tabel 6. Perhitungan Mundur

Jenis Pekerjaan	Nama Pekerjaan	LF	Durasi (Hari)	LS
C.6	Pekerjaan Besi	581	30	551
C.5	Pekerjaan Kusen	551	12	539
C.4	Pekerjaan Pengecatan	539	24	515
C.3	Pekerjaan Plesteran dan Acian	515	25	490
C.2	Pekerjaan Dinding	490	34	456
C.1	Pekerjaan Atap	456	24	432
C	Architecture RCBK & Utility Building Works	432	72	360
B.9	Pekerjaan Struktur Tangga Baja (4 Unit)	360	14	346
B.8	Pekerjaan Aksesoris Atap Struktur Baja	346	22	324
B.7	Pekerjaan Balok Struktur Baja	324	24	300
B.6	Pekerjaan Kolom Struktur Baja	300	24	276
B.5	Concrete Slab Works	276	25	251
B.4	Concrete TeaBeam Works	251	30	221
B.3	Concrete Column Works	221	30	191
B.2	Pile Cap Works RCBK Building	191	28	163
B.1	Strauss Pile Ø 30 cm, @ L= 6 m (77 ttk)	163	25	138
B	Structure RCBK & Utility Building Works	138	106	32
A	Demolish RCBK & Utility Building Works	32	32	0

Tabel 7. Lintasan Kritis

Nama Pekerjaan	Durasi	Start	Finish	Late Start	Late Finish	Total Slack
Pile Cap Works RCBK Building	28	Mon 14/10/24	Wed 20/11/24	14 Oct'2024	20 Nov'2024	0 days
Concrete Slab Works	25	Thu 19/12/24	Fri 24/01/25	19 Dec'2024	24 Jan'2025	0 days
Pekerjaan Kolom	24	Wed 20/11/24	Tue 24/12/24	21 Nov'2024	24 Dec'2024	0 days
Struktur Baja Pekerjaan Balok	24	Mon 25/11/24	Fri 27/12/24	25 Nov'2024	27 Dec'2024	0 days
Struktur Baja Pekerjaan Aksesoris	22	Wed 13/11/24	Thu 12/12/24	13 Nov'2024	12 Dec'2024	0 days
Atap Struktur Baja Pekerjaan Besi	30	Thu 19/12/24	Thu 30/01/25	19 Dec'2024	30 Jan'2025	0days

3.9.1 Identifikasi Lintasan Kritis

Mengidentifikasi lintasan kritis pada aktivitas proyek dengan menyajikan nilai-nilai dari ES, EF, LS, dan LF pada tabel berikut:

Tabel 8. Identifikasi Lintasan Kritis

Jenis Pekerjaan	ES	EF	LS	LF	Durasi	LF – ES
A	0	32	551	581	32	32
B	32	138	539	551	106	106
B.1	138	163	515	539	25	25
B.2	163	191	490	515	28	28
B.3	191	221	456	490	30	30
B.4	221	251	432	456	30	30
B.5	251	276	360	432	25	25
B.6	276	300	346	360	24	24
B.7	300	324	324	346	24	24
B.8	324	346	300	324	22	22
B.9	346	360	276	300	14	14
C	360	432	251	276	72	72
C.1	432	456	221	251	24	24
C.2	456	490	191	221	34	34
C.3	490	515	163	191	25	25
C.4	515	539	138	163	24	23
C.5	539	551	32	138	12	10
C.6	551	581	0	32	30	30

3.9 Lintasan Kritis

Lintasan kritis (*Critical Path*) adalah lintasan yang menentukan total durasi tercepat untuk menyelesaikan semua kegiatan pada proyek tersebut. Kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis adalah kegiatan kritis, yang harus dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Apabila ada satu kegiatan saja yang pelaksanaannya terlambat atau tertunda, akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan. Berikut adalah tabel pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis menggunakan aplikasi *Microsoft Project*.

Kemudian untuk menentukan pekerjaan yang berada pada lintasan kritis dapat dilihat pada tabel yang memenuhi ketiga syarat yaitu $ES = LS$, $EF = LF$, dan $LF - ES = \text{Durasi}$. Aktivitas yang berada pada lintasan kritis disajikan pada tabel 9 berikut.

Tabel 9. Pekerjaan Lintasan Kritis

Jenis Pekerjaan	ES	EF	LS	LF	Durasi	LF-ES	Ket.
A	0	32	551	581	32	32	KRITIS
B	32	138	539	551	106	106	KRITIS
B.1	138	163	515	539	25	25	KRITIS
B.2	163	191	490	515	28	28	KRITIS
B.3	191	221	456	490	30	30	KRITIS
B.4	221	251	432	456	30	30	KRITIS
B.5	251	276	360	432	25	25	KRITIS
B.6	276	300	346	360	24	24	KRITIS
B.7	300	324	324	346	24	24	KRITIS
B.8	324	346	300	324	22	22	KRITIS
B.9	346	360	276	300	14	14	KRITIS
C	360	432	251	276	72	72	KRITIS
C.1	432	456	221	251	24	24	KRITIS
C.2	456	490	191	221	34	34	KRITIS
C.3	490	515	163	191	25	25	KRITIS
C.4	515	539	138	163	24	23	TIDAK KRITIS
C.5	539	551	32	138	12	10	TIDAK KRITIS
C.6	551	581	0	32	30	30	KRITIS

Pekerjaan yang berada pada lintasan kritis dengan perhitungan PDM adalah jenis pekerjaan demolish RCBK & utility building works, structure RCBK & utility building works, strauss pile Ø 30 cm, @ L= 6 m (77 ttk), pile cap works RCBK building, concrete column works, concrete teabeam works, concrete slab works, pekerjaan kolom struktur baja, pekerjaan balok struktur baja, pekerjaan aksesoris atap struktur baja, pekerjaan struktur tangga baja (4 unit), architecture RCBK & Utility building works, pekerjaan atap, pekerjaan dinding, pekerjaan plesteran dan acian, dan pekerjaan besi.

3.10 Percepatan Durasi (Crashing)

Crashing merupakan suatu proses mereduksi durasi penyelesaian proyek, untuk mengoptimalkan durasi pada suatu proyek ketika mengalami keterlambatan.

1. Kegiatan yang berada pada lintasan kritis
Untuk melakukan analisis *crashing* diperlukan data yang berada pada lintasan kritis, pada pembangunan gedung kantor pabrik PT. Macropima Panganutama Semarang, pekerjaan yang berada pada lintasan kritis menggunakan *Microsoft Project* adalah pada pekerjaan pile cap works RCBK building, concrete slab works, pekerjaan kolom struktur baja, pekerjaan balok struktur baja, pekerjaan aksesoris atap struktur baja, pekerjaan besi, seperti yang disajikan pada tabel
2. Melakukan *crashing* pada pekerjaan yang berada pada lintasan kritis
Untuk melakukan *crashing* atau percepatan durasi pada setiap pekerjaan, dapat dilakukan dengan menggunakan alternatif penambahan

tenaga kerja. Untuk penambahan tenaga kerja pada pekerjaan tersebut diasumsikan dengan menambah 3 orang untuk pekerja, 2 orang untuk tukang, dan 1 orang untuk tukang baja. Disajikan pada tabel 10 berikut.

Tabel 10. Penambahan Pekerja

Tenaga Kerja	Tenaga Kerja Normal	Penambahan Tenaga Kerja
Pekerja	30	3
Tukang	20	2
Tukang baja	9	1
Total	59	6

Setelah mengasumsikan jumlah penambahan tenaga kerja untuk melakukan *crashing* selanjutnya menentukan waktu yang dipersingkat atau *crash duration* yang merupakan durasi percepatan setelah melakukan penambahan produktivitas setiap pekerjaan. Adapun data yang diperlukan untuk melakukan penambahan produktivitas setiap pekerjaan disajikan pada tabel 11 berikut.

Tabel 11. Kegiatan, Volume, dan Durasi

Jenis Pekerjaan	Uraian Pekerjaan	Volume	Durasi (Hari)
B.2	Pile Cap Works RCBK Building	795,41	28
B.5	Concrete Slab Works	810,37	24
B.6	Pekerjaan Kolom Struktur Baja	23.964,3	24
B.7	Pekerjaan Balok Struktur Baja	34.977,48	24
B.8	Pekerjaan Aksesoris Atap Struktur Baja	24.030,93	22
C.6	Pekerjaan Besi	365,67	30

Kemudian, untuk menghitung produktivitas harian normal dapat dihasilkan dengan rumus:

$$Ph \text{ normal (PHn)} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi}} \dots \dots \dots (1)$$

Untuk menghitung produktivitas harian sesudah *crash* dapat dihasilkan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Produktivitas Crash (PHc)} = PHn \times \frac{TPn+TTc}{TPn} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan:

PHc = Produktivitas Setelah *Crash*

PHn = Produktivitas Normal

TPn = Total Pekerja Normal

TTc = Tambahan Pekerja *Crash*

Sedangkan untuk menghitung total percepatan durasi atau *Crash Duration* menggunakan rumus:

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{PHc}} \dots \dots \dots (3)$$

Selanjutnya menghitung produktivitas harian normal, produktivitas sesudah *crash*, dan *crash duration* pada setiap pekerjaan yang berada pada lintasan kritis.

a. Pekerjaan Pile Cap Work Building

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal (PHn)} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi}} \\ &= \frac{795,41}{28} = 28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Crash (PHc)} &= \text{PHn} \times \frac{\text{TPn} + \text{TTc}}{\text{TPn}} \\ &= 28 \times \frac{(59+6)}{59} \\ &= 28 \times 1,10 \\ &= 30 \end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{PHc}} = \frac{795,41}{30} = 26$$

b. Concrete Slab Works

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal (PHn)} &= \frac{810,37}{25} \\ &= 32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Crash (PHc)} &= 32 \times \frac{(59+6)}{6} \\ &= 32 \times 1,10 \\ &= 35 \end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{810,37}{35} = 23$$

c. Kolom Struktur Baja

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal (PHn)} &= \frac{23.964,3}{24} \\ &= 1.176,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Crash (PHc)} &= 1.176,6 \times \frac{(59+6)}{6} \\ &= 1.176,6 \times 1,10 \\ &= 1.294,3 \end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{23.964,3}{1.294,3} = 18$$

d. Balok Struktur Baja

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal (PHn)} &= \frac{34.977,5}{24} \\ &= 1.457,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Crash (PHc)} &= 1.457,4 \times \frac{(59+6)}{6} \\ &= 1.457,4 \times 1,10 \\ &= 1.603 \end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{34.977,5}{1.603} = 21$$

e. Aksesoris Atap Struktur Baja

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal (PHn)} &= \frac{24.030,9}{22} \\ &= 1.092,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Crash (PHc)} &= 1.092,3 \times \frac{(59+6)}{6} \\ &= 1.092,3 \times 1,10 \\ &= 1.201,5 \end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{24.030,9}{1.201,5} = 20$$

f. Pekerjaan Besi

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal (PHn)} &= \frac{365,67}{30} \\ &= 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Crash (PHc)} &= 12 \times \frac{(59+6)}{59} \\ &= 12 \times 1,10 \\ &= 13 \end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{365,67}{13} = 27$$

Setelah melakukan perhitungan produktivitas harian dan *cost duration* selanjutnya menyajikan hasil perhitungan dalam tabel 12 berikut.

Tabel 12. Hasil Perhitungan Crash Duration

Jenis Pekerjaan	Uraian Pekerjaan	Volume	Durasi (Hari)	PHn	PHc	Crash Duration
B.2	Pile Cap Works RCBK Building	795,41	28	28	30	26
B.5	Concrete Slab Works	810,37	24	32	35	23
B.6	Pekerjaan Kolom Struktur Baja	23.964,3	24	1.176,6	1.294,3	18
B.7	Pekerjaan Balok Struktur Baja	34.977,5	24	1.457,4	1.603	21
B.8	Pekerjaan Aksesoris Atap Struktur Baja	24.030,9	22	1.092,3	993	19
C.6	Pekerjaan Besi	365,67	30	12	13	27

3.11 PEMBAHASAN

Pada hasil perhitungan metode PDM dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Project*, lintasan kritis berada pada pekerjaan pile cap works RCBK building, concrete slab works, pekerjaan kolom struktur baja, pekerjaan balok struktur baja, pekerjaan aksesoris atap struktur baja, dan pekerjaan besi dengan total durasi penyelesaian proyek selama 120 hari. Untuk menghasilkan durasi waktu 120 hari tersebut dengan menambahkan jam kerja lembur selama 3 kali dalam seminggu yang dilaksanakan setiap hari Selasa, Kamis, dan Jum'at. Jam kerja lembur tersebut dimulai dari jam 16.00 – 22.00 WIB. Adapun alternatif lain dengan percepatan durasi (*crashing*) dengan penambahan tenaga kerja sebanyak 3 orang untuk pekerja, 2 orang untuk tukang, dan 1 orang untuk tukang baja dengan melakukan *crashing* pada setiap pekerjaan yang berada pada lintasan kritis dengan diperoleh hasil yaitu 135 hari. Menurut data di lapangan proyek ini diselesaikan selama 162 hari, sedangkan untuk perencanaan proyeknya yaitu 148 hari. Dalam hal ini, penjadwalan proyek dengan menggunakan metode PDM menggunakan *Microsoft Project* paling cepat selesai dan

optimal karena proyek dapat dijadwalkan dan diselesaikan dengan durasi 120 hari.

Tabel 13. Perbandingan Durasi Normal dan Hasil Crash Duration

Jenis Pekerjaan	Nama Pekerjaan	Durasi Normal	Hasil Crash Duration
A	Demolish RCBK & Utility Building Works	32	32
B	Structure RCBK & Utility Building Works		
B.1	Strauss Pile Ø 30 cm, @ L= 6 m (77 ttk)	25	22
B.2	Pile Cap Works RCBK Building	29	28
B.3	Concrete Column Works	35	27
B.4	Concrete Teabeam Works	35	27
B.5	Concrete Slab Works	30	23
B.6	Pekerjaan Kolom Struktur Baja	24	18
B.7	Pekerjaan Balok Struktur Baja	24	21
B.8	Pekerjaan Aksesoris Atap Struktur Baja	24	19
B.9	Pekerjaan Struktur Tangga Baja (4 Unit)	24	12
C	Architecture RCBK & Utility Building Works		
C.1	Pekerjaan Atap	24	21
C.2	Pekerjaan Dinding	35	30
C.3	Pekerjaan Plesteran dan Acian	26	22
C.4	Pekerjaan Pengecatan	30	21
C.5	Pekerjaan Kusen	14	10
C.6	Pekerjaan Besi	31	27
Total		148	135

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penerapan metode *Precedence Diagram Method* pada pembangunan gedung kantor PT. Macroprima Panganutama Semarang ini sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan metode PDM menggunakan aplikasi *Microsoft Project* menunjukkan percepatan durasi penyelesaian proyek dari rencana awal yaitu selama 148 hari menjadi 120 hari. Dengan penambahan jam kerja lembur setiap hari Selasa, Kamis, dan Jum'at yang dimulai dari pukul 16.00 – 22.00 WIB. Hasil percepatan durasi (*crashing*) dengan penambahan tenaga kerja sebanyak 3 orang untuk pekerja, 2 orang

- untuk tukang, dan 1 orang untuk tukang baja, didapatkan hasil percepatan yaitu 135 hari.
- Hasil dari penyusunan diagram jaringan *Precedence Diagram Method* yaitu dapat diketahui pekerjaan mana yang termasuk pekerjaan kritis dan memerlukan tingkat pengawasan yang ketat, karena pekerjaan yang termasuk kedalam pekerjaan kritis tidak boleh terlambat. Beberapa pekerjaan yang termasuk kedalam pekerjaan kritis yaitu pekerjaan pile cap works RCBK building, concrete slab works, pekerjaan kolom struktur baja, pekerjaan balok struktur baja, pekerjaan aksesoris atap struktur baja, dan pekerjaan besi.

Wahana Komputer Semarang. 2002. *Panduan Praktis Pengelolaan Proyek Konstruksi dengan Microsoft Project 2000*. Yogyakarta: Penerbit Andi

DAFTAR PUSTAKA

- Antika, Oktalinda Rinda. 2018. *Analisis Biaya dan Waktu Pada Crashing dengan Menggunakan Metode Shift (Analysis Of Costs And Time In Crashing By Using Shift Method)* (Studi Kasus: Pembangunan Rumah Sakit Palang Biru Kutoarjo). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Ariana, K. A., Nuraga, K., Budiarnaya, P., Ariawan, P., Wismantara, I. G. N. N., Riana, N., & Pangestu, K. P. (2021). Analisis Perbandingan Penjadwalan Menggunakan Critical Path Method (CPM) dengan Precedence Diagram Method (PDM) (Studi Kasus: Proyek Pembangunan SD Negeri 5 Pecatu). *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, 4(1), 56-61.
- Ervianto, W. I. 2004. *Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*, Yogyakarta: ANDI OFFSET
- Ervianto, W. I. 2009. *Manajemen Proyek Kontruksi*, Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Husen, A. (2009). *Manajemen proyek*.
- R. J Mockler, *The Management Control Proccess*, Prentice Hall, 1971.
- Santosa, B. 2008. *Manajemen Poyek Konsep dan Implementasi*, Yogyakarta: Graha Ilmu
- Siswanto, A. B., & Salim, M. A. (2019). *Manajemen Proyek*. CV. Pilar Nusantara.