

ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA MENGGUNAKAN METODE *CRITICAL PATH METHOD* (CPM) DAN *PRECEDENCE DIAGRAM METHOD* (PDM)

Putri Rahmawati Gumilar¹, Atep Maskur², Gini Hartati³
^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Galuh

Email: putriahma2507@gmail.com, atepmaskur612@gmail.com, ginihartati70@gmail.com

ABSTRACT

This study analyzes the comparison of time and cost in the Bendung Cigede rehabilitation project using two scheduling methods: Critical Path Method and Precedence Diagram Method. In construction project execution, managing time and cost is a crucial aspect that must be optimized to avoid cost overruns and project delays. This study aims to evaluate the effectiveness of these two methods in controlling project duration and expenses. The research employs a case study approach on the Bendung Cigede rehabilitation project, with analysis using a crashing technique involving the addition of working hours (overtime). The results indicate that the Critical Path Method can reduce the project duration from 116 days to 92 days and further to 88 days after crashing, with an increased cost of IDR 515.257.461.53. Meanwhile, the Precedence Diagram Method yields a shorter critical path of 63 days, which can be accelerated to 59 days with crashing, incurring a cost of IDR 515.806.517.63. Although the cost for the Precedence Diagram Method is slightly higher, the time efficiency gained is significantly greater compared to Critical Path Method. Therefore, the Precedence Diagram Method is recommended for high-complexity projects requiring time optimization without substantially increasing costs.

Keywords: Comparison, Time, Cost, Crashing

I. PENDAHULUAN

Pembangunan proyek adalah serangkaian kegiatan yang direncanakan dengan memanfaatkan berbagai sumber daya dan dana untuk memperoleh manfaat di masa depan. Setiap aktivitas dalam proyek selalu bertujuan untuk mencapai tujuan tertentu, memiliki titik awal dan titik akhir yang jelas, serta hasilnya dapat dievaluasi. Secara umum, proyek memiliki tenggat waktu (*deadline*) yang harus dipatuhi, artinya proyek tersebut harus diselesaikan tepat waktu atau sebelum batas waktu yang telah ditetapkan. Keberhasilan atau kegagalan dalam pelaksanaan proyek seringkali menghadapi berbagai tantangan, seperti biaya yang melampaui anggaran, jadwal yang tidak sesuai rencana, dan kualitas hasil yang tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan. Permasalahan-permasalahan tersebut muncul akibat lemahnya pengawasan terhadap pengeluaran biaya dan manajemen waktu, yang menyebabkan kegiatan proyek berjalan tidak efisien (Rahman, 2021).

Proyek Rehabilitasi Bendung Cigede di Kecamatan Sukaratu, Kabupaten

Tasikmalaya awalnya direncanakan selesai pada minggu ke-12. Namun, selama pelaksanaan proyek terjadi beberapa kendala yang menyebabkan penambahan waktu pengerjaan menjadi 16 minggu atau 116 hari kalender. Penambahan waktu ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain adanya penambahan pekerjaan, kondisi cuaca yang tidak menentu, serta kendala teknis terkait alat yang digunakan.

Proyek ini memiliki karakteristik unik karena memiliki *deadline* dan biaya yang sudah ditentukan secara ketat. Oleh karena itu, risiko yang muncul akibat kendala teknis dan lingkungan tersebut sangat berpengaruh terhadap biaya dan waktu penyelesaian proyek. Dalam konteks ini, pemilihan dan penerapan metode penjadwalan seperti *Critical Path Method* (CPM) dan *Precedence Diagram Method* (PDM) menjadi sangat krusial. Kedua metode tersebut tidak hanya berperan dalam mengatur jadwal dan mengidentifikasi jalur kritis, tetapi juga memengaruhi pengelolaan risiko keterlambatan yang berdampak pada biaya proyek. Kesalahan dalam perencanaan atau kurang optimalnya metode yang

digunakan dapat menyebabkan pembengkakan biaya akibat perpanjangan waktu kerja dan penggunaan sumber daya yang tidak efisien. Oleh karena itu, analisis perbandingan antara CPM dan PDM dalam konteks proyek ini menjadi penting untuk menentukan metode yang paling efektif dalam mengendalikan waktu dan biaya, sekaligus meminimalkan risiko keterlambatan yang dapat merugikan proyek secara keseluruhan.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan waktu dan biaya menggunakan Critical Path Method (CPM) dan Precedence Diagram Method (PDM) pada proyek rehabilitasi Bendung Cigede Tasikmalaya.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2025 sampai dengan Agustus 2025, adapun yang menjadi objek penelitian yaitu proyek Rehabilitasi Bendung Cigede. Daerah Irigasi Cigede secara administratif lokasi bendung terletak di Desa Sukagalih Kecamatan Sukaratu Kabupaten Tasikmalaya.



Gambar 1 Lokasi Penelitian
Sumber: Google Maps

2.2 Metode Penelitian

Jenis metode penelitian ini adalah kuantitatif. Metode yang dilakukan berupa perencanaan alternatif durasi optimal proyek dengan metode CPM dan PDM berdasarkan data yang didapatkan dari observasi dan penelitian. Adapun objek dari penelitian ini adalah Daerah Irigasi Bendung Cigede dan subjek penelitian ini adalah pengendalian waktu dan biaya dengan metode CPM dan PDM.

2.3 Bagan Alir Penelitian

Adapun bagan alir penelitian disajikan pada flow chart di bawah ini:



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

2.4 Analisis Data

Langkah-langkah menganalisis penjadwalan proyek menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) adalah sebagai berikut:

1. Membuat *Network Diagram*

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) yang dimulai dengan pembuatan *network diagram*. Pada tahap ini, seluruh aktivitas proyek diidentifikasi dan diuraikan secara rinci dalam struktur perincian kerja (*Work Breakdown Structure*). Setiap aktivitas diberi estimasi durasi pelaksanaan dan dihubungkan berdasarkan ketergantungan logisnya, yaitu aktivitas mana yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum aktivitas berikutnya dapat dimulai. Selanjutnya, data tersebut divisualisasikan dalam bentuk *network diagram* berupa diagram alir yang menampilkan kronologi aktivitas dengan kotak sebagai representasi aktivitas dan panah yang menunjukkan hubungan ketergantungan antar aktivitas. Proses ini memudahkan pemahaman urutan kerja dan menjadi dasar untuk perhitungan selanjutnya.

2. Menghitung Jalur Kritis

Setelah *network diagram* selesai dibuat, langkah berikutnya adalah menghitung jalur kritis proyek dengan

melakukan perhitungan waktu mulai paling awal (*Earliest Start/ES*), waktu selesai paling awal (*Earliest Finish/EF*), waktu mulai paling akhir (*Latest Start/LS*), dan waktu selesai paling akhir (*Latest Finish/LF*) untuk setiap aktivitas. Perhitungan ini dilakukan dengan metode *forward pass* untuk menentukan ES dan EF, dimulai dari aktivitas awal hingga akhir, serta *backward pass* untuk menentukan LS dan LF, dimulai dari aktivitas akhir menuju aktivitas awal. Selisih antara LS dan ES atau LF dan EF menghasilkan nilai *slack* atau *float* yang menunjukkan waktu kelonggaran suatu aktivitas. Aktivitas yang memiliki nilai *slack* nol membentuk jalur kritis, yaitu rangkaian aktivitas yang menentukan durasi minimum penyelesaian proyek secara keseluruhan.

3. Menentukan Aktivitas Yang Dapat Dipercepat

Tahap terakhir dalam analisis adalah menentukan aktivitas yang dapat dipercepat untuk mengoptimalkan durasi proyek. Analisis percepatan dilakukan dengan metode *crashing*, yaitu memperpendek durasi aktivitas kritis dengan memperhitungkan tambahan biaya yang diperlukan. Setiap aktivitas dianalisis *cost slope*-nya, yaitu rasio antara kenaikan biaya percepatan dengan jumlah hari percepatan yang diperoleh. Aktivitas dengan *cost slope* terendah diprioritaskan untuk dipercepat agar efisiensi biaya dan waktu dapat dicapai secara optimal. Dengan mempercepat aktivitas kritis secara selektif, durasi total proyek dapat dikurangi tanpa mengganggu urutan kerja. Hasil percepatan ini kemudian dianalisis kembali untuk memastikan jalur kritis baru dan dampaknya terhadap biaya serta jadwal proyek secara keseluruhan.

Langkah-langkah menganalisis penjadwalan proyek menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM) adalah sebagai berikut:

1. Membuat *Precedence Diagram*

Dalam penelitian ini, metode *Precedence Diagram Method* (PDM) digunakan untuk menganalisis jadwal pelaksanaan proyek secara sistematis. Tahap awal analisis dimulai dengan pembuatan *precedence diagram* yang menggambarkan urutan dan ketergantungan antar aktivitas proyek. Seluruh aktivitas beserta durasinya diidentifikasi terlebih dahulu, kemudian hubungan logis antar aktivitas ditentukan berdasarkan ketergantungan yang ada, seperti aktivitas yang harus selesai terlebih dahulu sebelum aktivitas berikutnya dapat dimulai, maupun aktivitas yang dapat berjalan bersamaan dengan batasan tertentu. Data aktivitas ini kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak Microsoft Project, di mana setiap aktivitas dicatat beserta durasinya. Selanjutnya, hubungan antar aktivitas diatur menggunakan fitur "*Predecessors*" dengan tipe ketergantungan seperti *Finish-to-Start* (FS), *Start-to-Start* (SS), *Finish-to-Finish* (FF), dan *Start-to-Finish* (SF). Microsoft Project secara otomatis menampilkan diagram jaringan (*network diagram*) yang merepresentasikan *precedence diagram* secara visual, sehingga memudahkan pemahaman dan pengelolaan urutan aktivitas.

2. Mengidentifikasi Kemungkinan Tumpang Tindih Pekerjaan

Setelah *precedence diagram* terbentuk, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi kemungkinan tumpang tindih pekerjaan atau overlapping antar aktivitas. Metode PDM memungkinkan adanya fleksibilitas dalam hubungan antar aktivitas sehingga beberapa aktivitas dapat dimulai sebelum aktivitas pendahulu selesai sepenuhnya. Dalam Microsoft Project, hal ini diatur dengan menyesuaikan tipe ketergantungan dan menambahkan lag time atau lead time sesuai kebutuhan. Dengan demikian, aktivitas dapat berjalan bersamaan dalam batas waktu tertentu, yang memungkinkan

optimalisasi jadwal proyek dengan memanfaatkan waktu yang ada secara efisien. Identifikasi tumpang tindih ini sangat penting untuk mengurangi durasi proyek tanpa menimbulkan konflik pelaksanaan.

3. Menghitung Durasi Proyek

Tahap terakhir dalam analisis adalah menghitung durasi proyek secara keseluruhan dengan melakukan perhitungan maju dan mundur pada *precedence diagram* yang telah dibuat. Microsoft Project secara otomatis menghitung nilai *Earliest Start* (ES), *Earliest Finish* (EF), *Latest Start* (LS), dan *Latest Finish* (LF) untuk setiap aktivitas berdasarkan durasi dan hubungan ketergantungan yang telah diinput. Selain itu, perangkat lunak ini juga menampilkan nilai *slack* atau float yang menunjukkan fleksibilitas waktu masing-masing aktivitas. Aktivitas yang memiliki nilai *slack* nol membentuk jalur kritis (*critical path*) yang menentukan durasi minimum proyek. Jalur kritis ini dapat dilihat secara jelas pada tampilan *Gantt Chart* maupun *network diagram* di Microsoft Project, sehingga mempermudah pengawasan dan pengendalian jadwal proyek. Dengan demikian, metode PDM yang didukung oleh Microsoft Project memberikan hasil analisis jadwal yang akurat dan dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan

pengelolaan waktu dan sumber daya proyek.

Setelah diperoleh hasil analisis menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Precedence Diagram Method* (PDM), langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan kedua metode tersebut dari segi waktu dan biaya pelaksanaan proyek. Perbandingan ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas masing-masing metode dalam mengoptimalkan durasi penyelesaian serta efisiensi biaya yang diperlukan. Dengan demikian, dapat diketahui metode mana yang memberikan hasil terbaik dalam pengelolaan jadwal dan anggaran proyek.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Proyek

Proyek rehabilitasi Bendung Cigede dilaksanakan dalam kurun waktu 116 hari kalender, dimulai pada tanggal 15 Mei 2024 dan selesai tanggal 8 September 2024 dengan nilai kontrak sebesar Rp. 514.064.000,00-.

3.2 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan biaya yang mencakup pengeluaran untuk bahan, alat, upah, serta biaya lainnya yang terkait dengan pelaksanaan proyek konstruksi. Untuk memudahkan dalam analisis data maka dibuat tabel rekapitulasi. Adapun hasil rekapitulasi rencana anggaran biaya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1 Rencana Anggaran Biaya

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH BIAYA (Rp.)
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	
I	Pengukuran dan pemasangan bouwplank	
a	Stake Out Trase Saluran	Rp. 16.481.676,87
b	Pasangan 1 m' profil melintang galian	Rp. 7.238.003,83
B	PEKERJAAN PELAKSANAAN	
1	PEKERJAAN BENDUNG	
a	Perbaikan Bendung Cigede	
1)	Galian Tanah Pasir Cara Manual	Rp. 9.784.058,15
2)	Bongkar pasangan batu (manual)	Rp. 253.603,10
3)	Pekerjaan Timbunan	Rp. 877.908,42
4)	Pasangan Batu Belah dengan Mortar tipe N (5,2 MPa), Manual, beda tinggi > 0 s.d. 1 m'	Rp. 166.004.572,33

5)	Plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar tipe S (12,5 MPa)	Rp. 3.721.674,00
6)	Pekerjaan Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (17,2 MPa) pada dinding pasangan	Rp. 10.571.974,49
7)	Beton mutu sedang $f_c' = 20$ MPa; W/C = 0,591	Rp. 15.151.704,39
8)	Penulangan jaring kawat (wiremesh M6) untuk pelat atau dinding atau Ferrocement	Rp. 7.225.517,03
9)	Penulangan kolom, balok, ring balk, dan sloof untuk BjTP	Rp. 50.091.182,80
10)	Bekisting untuk lantai pakai Floordeck baja berprofil (termasuk perancah)	Rp. 26.096.388,57
11)	Pemasangan Pintu Sorong Baja dengan Roda Gigi	Rp. 15.000.000,00
12)	Pembuatan Pagar Pengaman Bendung (Galvanis)	Rp. 14.559.234,24
13)	Beton Ready Mixed dan dicorkan menggunakan Pompa Beton	Rp. 20.781.183,13
14)	Pengeboran 1 m' Lubang Bored Pile $\varnothing$ 30 cm pada tanah berbatu	Rp. 7.282.656,00
b	Pemasangan Pintu Elektrik	
1)	Pemasangan Pintu Sorong Baja dengan Roda Gigi	Rp. 92.000.000,00
JUMLAH		Rp. 463.121.337,37
PPN 11%		Rp. 50.943.347,11
JUMLAH		Rp. 514.064.684,48
DIBULATKAN		Rp. 514.064.000,00

Sumber: Analisis Data (2025)

Tabel 2 Durasi Pekerjaan

No	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)
1	Stake Out Trase Saluran	14
2	Pasangan 1 m' profil melintang galian	14
3	Galian Tanah Pasir Cara Manual	28
4	Bongkar pasangan batu (manual)	14
5	Pekerjaan Timbunan	7
6	Pasangan Batu Belah dengan Mortar tipe N (5,2 MPa), Manual, beda tinggi > 0 s.d. 1 m'	21
7	Plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar tipe S (12,5 MPa)	14
8	Pekerjaan Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (17,2 MPa) pada dinding pasangan	14
9	Beton mutu sedang $f_c' = 20$ MPa; W/C = 0,591	7
10	Penulangan jaring kawat (wiremesh M6) untuk pelat atau dinding atau Ferrocement	7
11	Penulangan kolom, balok, ring balk, dan sloof untuk BjTP	7
12	Bekisting untuk lantai pakai Floordeck baja berprofil (termasuk perancah)	7
13	Pemasangan Pintu Sorong Baja dengan Roda Gigi	7

14	Pembuatan Pagar Pengaman Bendung (Galvanis)	14
15	Beton Ready Mixed dan dicorkan menggunakan Pompa Beton	1
16	Pengeboran 1 m' Lubang Bored Pile Ø 30 cm pada tanah berbatu	7
17	Pemasangan Pintu Sorong Baja dengan Roda Gigi	14

Sumber: Data Proyek (2024)

3.3 Critical Path Method (CPM)

Langkah awal dalam pengolahan data dengan metode CPM ini adalah membuat diagram jaringan atau Network Diagram. Diagram jaringan dapat mempresentasikan kegiatan, durasi tiap

kegiatan, urutan kegiatan, serta keterkaitan antar kegiatan sehingga dapat dengan mudah diketahui kegiatan apa saja yang terletak pada jalur kritis. Adapun hubungan antar pekerjaan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3 Urutan Kegiatan Proyek Metode CPM

Kode	Uraian Pekerjaan	Predecessor
A	Stake Out Trase Saluran	-
B	Pasangan 1 m' profil melintang galian	A
C	Galian Tanah Pasir Cara Manual	A
D	Bongkar pasangan batu (manual)	A
E	Pekerjaan Timbunan	F, G
F	Pasangan Batu Belah dengan Mortar tipe N (5,2 MPa), Manual, beda tinggi > 0 s.d. 1 m'	C, O
G	Plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar tipe S (12,5 MPa)	F
H	Pekerjaan Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (17,2 MPa) pada dinding pasangan	F
I	Beton mutu sedang $f_c' = 20$ MPa; W/C = 0,591	C
J	Penulangan jaring kawat (wiremesh M6) untuk pelat atau dinding atau Ferrocement	D
K	Penulangan kolom, balok, ring balk, dan sloof untuk BjTP	J
L	Bekisting untuk lantai pakai Floordeck baja berprofil (termasuk perancah)	D
M	Pemasangan Pintu Sorong Baja dengan Roda Gigi	K
N	Pembuatan Pagar Pengaman Bendung (Galvanis)	J
O	Beton Ready Mixed dan dicorkan menggunakan Pompa Beton	P
P	Pengeboran 1 m' Lubang Bored Pile Ø 30 cm pada tanah berbatu	C
Q	Pemasangan Pintu Sorong Baja dengan Roda Gigi	K

Sumber: Analisis Data (2025)

Hubungan kegiatan dan durasi pengerjaan setiap kegiatan diubah kedalam bentuk jaringan kerja *Activity On Arrow* untuk mendapatkan diagram kerja keseluruhan dari pembangunan

proyek. Langkah untuk mendapatkan jalur kritis dari jaringan kerja adalah

dengan melakukan perhitungan maju, perhitungan mundur dan menghitung *float*.

1. Perhitungan Maju

- a. Perhitungan EF pekerjaan A =
 $ES1-2 + dA = 0 + 14 = 14$

- b. Perhitungan ES pekerjaan A = $EET1 = 0$
2. Perhitungan Mundur
 - a. Perhitungan LF pekerjaan E = $LET18 = 92$
 - b. Perhitungan LS pekerjaan E = $LF18-17 - dE = 92 - 7 = 85$

3. Perhitungan *Total Float* pekerjaan A = $LFA - EFA = 14 - 14 = 0$

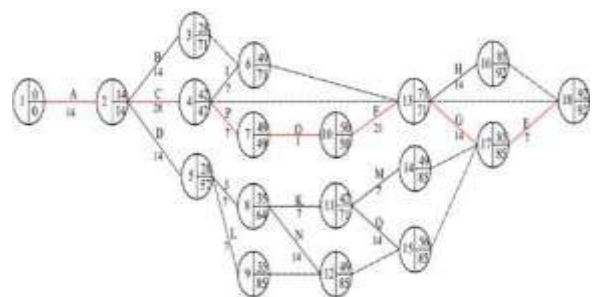
Untuk perhitungan maju, perhitungan mundur dan perhitungan *total float* selengkapnya dapat dilihat di tabel berikut:

Tabel 4 Perhitungan Metode CPM

SIMBOL	DURASI	ES	EF	LS	LF	TOTAL FLOAT
A	14	0	14	0	14	0
B	14	14	28	57	71	43
C	28	14	42	14	42	0
D	14	14	28	43	57	29
E	7	85	92	85	92	0
F	21	50	71	50	71	0
G	14	71	85	71	85	0
H	14	71	85	78	92	7
I	7	42	49	64	71	22
J	7	28	35	57	64	29
K	7	35	42	64	71	29
L	7	28	35	78	85	50
M	7	42	49	78	85	36
N	14	35	49	71	85	36
O	1	49	50	49	50	0
P	7	42	49	42	49	0
Q	14	42	56	71	85	29

Sumber: Analisis Data 2025

Berdasarkan tabel 4. Perhitungan Metode CPM di atas, diketahui jalur kritis berada pada aktivitas A – C – E – F – G – O – P karena aktivitas-aktivitas tersebut tidak memiliki waktu longgar atau $TF = 0$. Sementara itu, aktivitas lain seperti aktivitas B, D, H, I, J, K, L, M, N, dan Q tidak termasuk ke dalam jalur kritis. Aktivitas-aktivitas tersebut tidak termasuk ke dalam lintasan kritis karena dalam perhitungannya memiliki waktu longgar.



Gambar 3 Diagram Jaringan CPM Jalur Kritis Proyek Rehabilitasi Bendung Cigede.

3.4 Precedence Diagram Method (PDM)

Langkah awal dalam pengolahan data

dengan metode PDM ini
adalah

membuat *precedence diagram*. Diagram jaringan dapat mempresentasikan kegiatan, durasi tiap kegiatan, urutan kegiatan, serta keterkaitan antar kegiatan

sehingga dapat dengan mudah diketahui kegiatan apa saja yang terletak pada jalur kritis. Adapun hubungan antar pekerjaan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5 Urutan Kegiatan Proyek Metode CPM

Kode	Uraian Pekerjaan	Predecessor
A	Stake Out Trase Saluran	-
B	Pasangan 1 m' profil melintang galian	A SS
C	Galian Tanah Pasir Cara Manual	A SS
D	Bongkar pasangan batu (manual)	A SS
E	Pekerjaan Timbunan	H FF
F	Pasangan Batu Belah dengan Mortar tipe N (5,2 MPa), Manual, beda tinggi > 0 s.d. 1 m'	O FS+7, C FS
G	Plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar tipe S (12,5 MPa)	F SS+7
H	Pekerjaan Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (17,2 MPa) pada dinding pasangan	F SS+14, G SS+7
I	Beton mutu sedang $f_c' = 20$ MPa; W/C = 0,591	J FS, L FS
J	Penulangan jaring kawat (wiremesh M6) untuk pelat atau dinding atau Ferrocement	D FS-7
K	Penulangan kolom, balok, ring balk, dan sloof untuk BjTP	L FS-7
L	Bekisting untuk lantai pakai Floordeck baja berprofil (termasuk perancah)	D FS-7
M	Pemasangan Pintu Sorong Baja dengan Roda Gigi	Q FF
N	Pembuatan Pagar Pengaman Bendung (Galvanis)	O FS, P FS
O	Beton Ready Mixed dan dicorkan menggunakan Pompa Beton	P FF
P	Pengeboran 1 m' Lubang Bored Pile $\varnothing$ 30 cm pada tanah berbatu	K FS
Q	Pemasangan Pintu Sorong Baja dengan Roda Gigi	I FS

Sumber: Analisis Data (2025)

Hubungan kerja dan durasi pengerjaan setiap kegiatan pada Tabel 5 akan diubah kedalam jaringan *Activity On Node* sebelum melakukan perhitungan maju, perhitungan mundur serta menghitung *float* yang akan menentukan suatu kegiatan termasuk kedalam jalur kritis.

1. Perhitungan Maju

- Perhitungan EF A = ES(A) + d(A) = 0 + 14 = 14
- Perhitungan ES A = 0

2. Perhitungan Mundur

$$1.5 \text{ Perhitungan LF E} = 63$$

$$2.5 \text{ Perhitungan LS E} = \text{LF (E)} - d(E) = 63 - 7 = 56$$

$$3. \text{ Perhitungan Total Float A} = \text{LS(A)} - \text{ES(A)} = 14 - 14 = 0$$

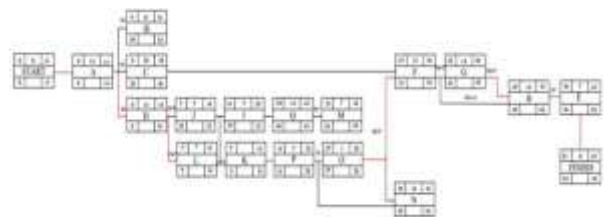
Untuk perhitungan maju, perhitungan mundur dan *total float* selengkapnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 6 Perhitungan Menggunakan Metode PDM

SIMBOL	DURASI	ES	EF	LS	LF	TOTAL FLOAT
A	14	0	14	0	14	0
B	14	0	14	49	63	49
C	28	0	28	28	56	28
D	14	0	14	0	14	0
E	7	56	63	56	63	0
F	21	35	56	36	56	0
G	14	42	56	42	56	0
H	14	49	63	49	63	0
I	7	14	28	35	49	14
J	7	7	14	28	35	21
K	7	7	14	7	14	0
L	7	7	14	7	14	0
M	7	35	42	56	63	7
N	14	28	42	49	63	21
O	1	27	28	27	28	0
P	7	14	28	14	28	0
Q	14	42	56	64	78	22

Sumber: Analisis Data 2025

Dari hasil perhitungan maju, mundur dan total float maka pada proyek rehabilitasi Bendung Cigede, jalur kritisnya adalah: A – D – E – F – G – H – K – L – O – P (panah/garis berwarna merah) sehingga diperoleh waktu pengerjaan proyek adalah 63 hari. Hasil ini adalah hasil perhitungan waktu tercepat dari perhitungan perusahaan dan perhitungan metode CPM.



Gambar 4 Diagram Jaringan PDM Jalur Kritis Proyek Rehabilitasi Bendung Cigede

3.5 Perbandingan Biaya

3.5.1. Crash Duration

Berikut adalah contoh perhitungan *crash duration* pada sebuah item pekerjaan dengan penambahan 2 jam kerja (lembur).

Pasangan Batu Belah

Volume = 201,99 m³

Durasi = 21 hari

normal

Durasi = 21 x 8 (jam)

normal (jam)

= 168/jam

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas normal (hari)} &= \text{Volume} / ((\text{Durasi normal (hari)}) \\
 &= 201,99 / 21 \\
 &= 9,62 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produktivitas normal (jam)} &= \text{Volume} / ((\text{Durasi normal (jam)}) \\
 &= 212,20 / 224 \\
 &= 1,20 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Crash duration} &= (\text{Volume} / \text{Produktivitas normal (hari)}) + (2 \times \text{produktivitas normal (jam)} \times \text{produktivitas}) \\
 &= 201,99 / ((9,62) + (2 \times 1,20 \times 0,8)) \\
 &= 17,5 \\
 \text{Maka} &= \text{Durasi normal} - \text{Crash duration} \\
 \text{maksimal percepatan} &= 21 - 17,5 \\
 &= 3,5 \text{ hari} \sim 4 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 7 Hasil Hitungan Durasi Percepatan Metode CPM

No	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	Crash Duration (hari)	Crashing (hari)
1	Stake Out Trase Saluran	14	11,67	2
2	Galian Tanah Pasir Cara Manual	28	23,33	5
3	Pekerjaan Timbunan	7	5,83	1
4	Pasangan Batu Belah dengan Mortar tipe N (5,2 MPa), Manual, beda tinggi > 0 s.d. 1 m'	21	17,5	4
5	Plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar tipe S (12,5 MPa)	14	11,67	2
6	Beton Ready Mixed dan dicorkan menggunakan Pompa Beton	1	0,83	0
7	Pengeboran 1 m' Lubang Bored Pile Ø 30 cm pada tanah berbatu	7	5,83	1

Sumber: Analisis Data (2025)

Tabel 8 Hasil Hitungan Durasi Percepatan Metode CPM

No	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	Crash Duration (hari)	Crashing (hari)
1	Stake Out Trase Saluran	14	11,67	2
2	Bongkar pasangan batu (manual)	14	11,67	2
3	Pekerjaan Timbunan	7	5,83	1
4	Pasangan Batu Belah dengan Mortar tipe N (5,2 MPa), Manual, beda tinggi > 0 s.d. 1 m'	21	17,5	4
5	Plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar tipe S (12,5 MPa)	14	11,67	2

6	Pekerjaan Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (17,2 MPa) pada dinding pasangan	14	11,67	2
7	Penulangan kolom, balok, ring balk, dan sloof untuk BjTP	7	5,83	1
8	Bekisting untuk lantai pakai Floordeck baja berprofil (termasuk perancah)	7	5,83	1
9	Beton mutu sedang $f_c' = 20$ MPa; W/C = 0,591	7	5,83	1
10	Beton Ready Mixed dan dicorkan menggunakan Pompa Beton	1	0,83	0

Sumber: Analisis Data (2025)

3.5.2. Crash cost

Penambahan 2 jam kerja (lembur) digunakan untuk percepatan penelitian ini, berikut contoh perhitungan biaya yang dikeluarkan untuk lembur.

Pasangan Batu Belah

Pekerja = Rp. 4.283,49 m³/jam
 Tukang batu = Rp. 5.199,68 m³/jam
 Mandor = Rp. 7.389,02 m³/jam
 Jadi biaya yang dibutuhkan untuk 2 jam lembur dalam 1 hari adalah sebagai berikut.
 Pekerja = $(23 \times ((\text{Rp. } 4.283,49 \times 1,5) + (\text{Rp. } 4.283,49 \times 2 \times 2)))$
 = Rp. 791.289,44
 Tukang batu = $(8 \times (\text{Rp. } 5.199,68 \times 1,5) + (\text{Rp. } 5.199,68 \times 2 \times 2)))$
 = Rp. 334.099,99
 Mandor = $(1 \times (\text{Rp. } 7.389,02 \times 1,5) + (\text{Rp. } 7.389,02 \times 2 \times 2)))$
 = Rp. 118.693,42
 Biaya lembur perhari = Rp. 791.289,44 + Rp. 334.099,99 + Rp. 118.693,42

Total biaya lembur

Total biaya percepatan (Crash cost)

Cost Slope

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. } 1.244.082,85 \\
 &= \text{Biaya lembur perhari} \times (\text{Normal duration} - \text{Crash duration}) \\
 &= \text{Rp. } 851.926,30 \times (4) \\
 &= \text{Rp. } 4.976.331,39 \\
 &= \text{Total normal biaya upah} + \text{total biaya lembur} \\
 &= \text{Rp. } 114.003.228,10 + \text{Rp. } 4.976.331,39 \\
 &= \text{Rp. } 118.979.559,49 \\
 &= (\text{Crash cost} - \text{Normal Cost}) / (\text{Normal duration} - \text{Crash duration}) \\
 &= (\text{Rp. } 114.855.154,40 - \text{Rp. } 114.003.228,10) / (4) \\
 &= \text{Rp. } 1.244.082,85
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan biaya percepatan untuk item pekerjaan yang lain dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 9 *Crash cost CPM*

Crash Cost CPM					
No	Kode	Total Biaya Lembur	Total Biaya Upah Normal	Total Biaya Percepatan	Cost Slope
1	A	Rp. 175.943,45	Rp. 11.772.216,00	Rp. 11.948.159,45	Rp. 87.971,72
2	C	Rp. 1.087,348,45	Rp. 29.101.398,51	Rp. 30.188,746,96	Rp. 217.469,69
3	E	Rp. 1.087,52	Rp. 145.529,28	Rp. 146.616,80	Rp. 1.087,52
4	F	Rp. 3.407.705,19	Rp. 114.003.228,10	Rp. 117.410.933,29	Rp. 851.926,30
5	G	Rp. 49.302,07	Rp. 3.298.756,50	Rp. 3.348.058,57	Rp. 24.651,03
6	O	Rp. 0	Rp. 67.441,55	Rp. 67.441,55	Rp 0
7	P	Rp. 48.074,18	Rp. 6.433.200,00	Rp. 6.481.274,18	Rp. 48.074,18
Jumlah		Rp. 4.769.460	Rp. 164.821.769,93	Rp. 169.591.270,78	Rp. 1.231.180,44

Sumber: Analisis data (2025)

Tabel 10 *Crash cost PDM*

Crash Cost PDM					
No	Kode	Total Biaya Lembur	Total Biaya Upah Normal	Total Biaya Percepatan	Cost Slope
1	A	Rp. 256.933,29	Rp. 11.772.216,00	Rp. 12.029.149,29	Rp. 128.466,64
2	D	Rp. 21.553,30	Rp. 987.533,18	Rp. 1.009.086,48	Rp. 10.776,65
3	E	Rp. 1.588,12	Rp. 145.529,28	Rp. 147.117,40	Rp. 1.588,12
4	F	Rp. 4.976.331,39	Rp. 114.003.228,10	Rp. 118.979.559,49	Rp. 1.244.082,85
5	G	Rp. 71.996,67	Rp. 3.298.756,50	Rp. 3.370.753,17	Rp. 35.998,33
6	H	Rp. 263.376,14	Rp. 12.067.416,00	Rp. 12.330.729,14	Rp. 131.688,07
7	K	Rp. 11.789,26	Rp. 1.080.325,35	Rp. 1.092.114,62	Rp. Rp. 11.789,26
8	L	Rp. 34.125,98	Rp. 3.127.180,80	Rp. 3.161.306,78	Rp. 34.125,98
9	O	Rp. 0	Rp. 67.441,55	Rp. 67.441,55	Rp. 0
10	P	Rp. 70.203,57	Rp. 6.433.200,00	Rp. 6.503.403,57	Rp. 70.203,57
Jumlah		Rp. 5.707.897,72	Rp. 152.982.826,76	Rp. 158.690,48	Rp. 1.668.719,48

Sumber: Analisis data (2025)

3.5.3. Biaya langsung dan biaya tidak langsung

Pada perhitungan *crashing* dengan penambahan jam kerja (lembur) terjadi biaya upah tambahan yang akan berpengaruh pada biaya langsung (*Direct Cost*) sehingga biaya yang dikeluarkan akan semakin banyak serta berpengaruh pada biaya tidak langsung (*Indirect Cost*) sehingga biaya yang dikeluarkan berkurang. Berikut adalah contoh perhitungan biaya langsung dan tidak langsung.

Kodisi normal

Durasi normal = 116 hari

Biaya langsung = Rp. 463.121.337,37

Biaya tidak langsung = Rp. 50.943.347,11

Total biaya = (Rp. 463.121.337,37 + Rp. 50.943.347,11) = Rp. 514.064.684,48

Berikut adalah contoh perhitungan biaya langsung dan tidak langsung pada pekerjaan stake out trase saluran dengan analisa CPM.

Cost Slope = Rp. 851.926,30

Durasi normal = 14 hari

Durasi dipercepat = 2 hari

Total percepatan = 14 - 12

= 2 hari

Total durasi proyek	= 92 - 2				Rp. 49.835.883,04
	= 90 hari		Total biaya	=	Rp.
Tambahan biaya	= Rp. 87.971,72 x 2				463.297.280,81 +
	= Rp. 175.943,45				Rp. 49.835.883,04
Biaya langsung	= Rp.				Rp.
	463.121.337,37 +				513.133.163,85
	Rp. 175.943,45				
	= Rp.		Hasil perhitungan biaya langsung dan tidak langsung dapat dilihat pada tabel di bawah ini.		
	463.297.280,81				
Biaya tidak langsung	= 90 x (Rp. 50.943.347,11/92)				

Tabel 11 Hasil Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung dan Total Biaya metode CPM

Perhitungan CPM				
Kode	Durasi Proyek (hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Total Biaya
A	90	Rp. 463.297.280,81	Rp. 49.835.883,04	Rp. 513.133.163,85
C	87	Rp. 464.208.685,82	Rp. 48.173.686,94	Rp. 512.383.372,76
E	91	Rp. 463.122.424,88	Rp. 50.389.615,08	Rp. 513.512.039,96
F	88	Rp. 466.529.042,55	Rp. 48.728.418,98	Rp. 515.257.461,53
G	90	Rp. 463.170.639,43	Rp. 49.385.883,04	Rp. 513.006.522,48
O	92	Rp. 463.121.337,37	Rp. 50.943.347,11	Rp. 514.064.684,48
P	92	Rp. 463.121.337,37	Rp. 50.943.347,11	Rp. 514.064.684,48

Sumber: Analisis data (2025)

Tabel 12 Hasil Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung dan Total Biaya metode PDM

Perhitungan PDM				
Kode	Durasi Proyek (hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Total Biaya
A	61	Rp. 463.378.270,65	Rp. 49.326.098,00	Rp. 512.704.368,65
D	61	Rp. 463.142.890,67	Rp. 49.326.098,00	Rp. 512.468.988,67
E	62	Rp. 463.122.925,48	Rp. 50.134.722,55	Rp. 513.257.648,04
F	59	Rp. 468.097.668,75	Rp. 47.708.848,88	Rp. 515.806.517,63
G	61	Rp. 463.193.334,04	Rp. 49.326.098,00	Rp. 512.519.432,03
H	61	Rp. 463.384.713,51	Rp. 49.326.098,00	Rp. 512.710.811,50
K	62	Rp. 463.133.126,63	Rp. 50.134.722,55	Rp. 513.267.849,18
L	62	Rp. 463.155.463,35	Rp. 50.134.722,55	Rp. 513.290.185,90
O	63	Rp. 463.121.337,37	Rp. 50.943.347,11	Rp. 514.064.684,48
P	62	Rp. 463.191.540,94	Rp. 50.943.347,11	Rp. 513.326.263,49

Sumber: Analisis data (2025)

3.6 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisa menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) yang meliputi perhitungan maju, mundur dan *total float* diperoleh jalur kritis pada proyek rehabilitasi Bendung Cigede yaitu A – C – E – F – G – O – P yang ditandai dengan panah atau garis berwarna merah

pada diagram jaringan. Jalur kritis ini memiliki durasi penyelesaian proyek selama 92 hari yang artinya lebih cepat 24 hari dibandingkan jadwal rencana proyek yaitu 116 hari. Lalu setelah *dicrashing* pada jalur kritis didapatkan total durasi lembur secara keseluruhan yaitu 15 hari. Aktivitas-aktivitas yang termasuk ke jalur

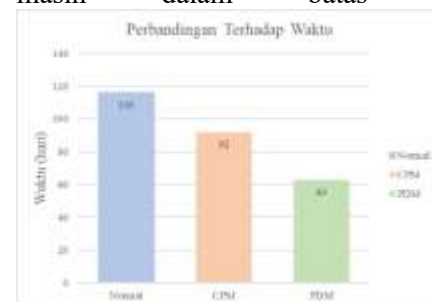
kritis tersebut adalah adalah *stake out* trase saluran, galian tanah pasir cara manual, pekerjaan timbunan, pasangan batu belah dengan mortar tipe N (5,2 MPa), manual, beda tinggi > 0 s.d. 1 m', plesteran tebal 1,5 cm, dengan ortar jenis PC-PP tipe M (17,2 MPa) pada dinding pasangan, beton *Ready Mixed* dan dicorkan menggunakan pompa beton, pengeboran 1 m' lubang Bored Pile Ø 30 cm pada tanah berbatu.

Lalu berdasarkan hasil analisa yang dilakukan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM), diperoleh durasi total proyek selama 92 hari lalu kemudian dicrashing menjadi 88 hari. Selama proses percepatan pengerjaan proyek (*crashing*), biaya upah yang dikeluarkan akibat *crashing* sebesar Rp. 169.591.270,78 dan total biaya yang dikeluarkan mencapai sebesar Rp. 515.257.461,53. Terjadi penambahan biaya sebanyak Rp. 1.192.777,05 jika dibandingkan dengan *Budget at Completion* (BAC) awal yaitu Rp. 514.064.684,48. Dengan penurunan durasi sekitar 24,1% cukup signifikan, dan dengan kenaikan biaya sebesar itu terbilang kecil untuk percepatan sebesar itu.

Berdasarkan hasil perhitungan maju dan mundur serta analisis *total float* menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM), proyek rehabilitasi Bendung Cigede memiliki jalur kritis yaitu A – D – E – F – G – H – K – L – O – P, yang ditandai dengan panah atau garis berwarna merah pada diagram jaringan. Dengan metode PDM ini diperoleh waktu pengerjaan proyek selama 63 hari lalu kemudian dicrashing menjadi 59 hari, yang merupakan hasil waktu tercepat dari perhitungan perusahaan yang memiliki durasi selama 116 hari serta dengan metode *Critical Path Method* (CPM) yang memiliki durasi selama 92 hari. Metode PDM memungkinkan pemodelan hubungan ketergantungan yang lebih fleksibel antar aktivitas menggunakan empat jenis hubungan utama yaitu *Finish to Start*, *Start to Start*, *Finish to Finish* dan *Start to Finish*, sehingga penyajian urutan aktivitas pada jalur kritis dapat lebih akurat mencerminkan tumpang tindih pekerjaan

atau *lag* yang ada. Lalu setelah dilakukan *crashing* pada jadwal kritis didapatkan durasi lembur secara keseluruhan yaitu 16 hari. Aktivitas-aktivitas yang dilewati oleh jalur kritis meliputi pekerjaan *stake out* trase saluran, bongkar pasangan batu (manual), pekerjaan timbunan, pasangan Batu Belah dengan Mortar tipe N (5,2 MPa), Manual, beda tinggi > 0 s.d. 1 m', plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar tipe S (12,5 MPa), pekerjaan siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (17,2 MPa) pada dinding pasangan, penulangan kolom, balok, ring balk, dan sloof untuk BjTP, bekisting untuk lantai pakai Floordeck baja berprofil (termasuk perancah), beton *Ready Mixed* dan dicorkan menggunakan pompa beton, pengeboran 1 m' Lubang Bored Pile Ø 30 cm pada tanah berbatu. Dengan demikian, penerapan metode PDM pada proyek ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap hubungan antar aktivitas, serta waktu pengerjaan yang lebih optimal melalui analisa logika hubungan yang tepat di setiap tahapan pekerjaan.

Kemudian untuk total biaya yang didapatkan dari hasil analisa dengan menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM) dengan durasi 63 hari lalu dicrashing menjadi 59 hari adalah sebesar Rp. 515.806.517,63 dengan total upah yang dikeluarkan akibat *crashing* sebesar Rp. Rp. 158.690,48. Selisih biaya sebesar Rp. 1.741.833,16 jika dibandingkan dengan *Budget at Completion* (BAC) awal yaitu Rp. 514.064.684,48. Proyek mendapatkan percepatan durasi yang signifikan melalui *Precedence Diagram Method* (PDM) dan *crashing* dengan kenaikan biaya yang masih dalam batas wajar.



Gambar 5 Perbandingan Terhadap Waktu



Gambar 6 Perbandingan Terhadap Biaya

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, perbandingan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Precedence Diagram Method* (PDM) pada proyek rehabilitasi Bendung Cigede dengan durasi awal proyek 116 hari dan RAB sebesar Rp.514.064.684,48, dapat disimpulkan bahwa metode *Precedence Diagram Method* (PDM) memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan *Critical Path Method* (CPM). Metode CPM berhasil mempercepat proyek dari 116 hari menjadi 92 hari, lalu *dicrashing* menjadi 88 hari dengan kenaikan biaya sebesar Rp.514.362.878,74. Sementara itu, metode *Precedence Diagram Method* (PDM) menampilkan jalur kritis yang lebih pendek yaitu 63 hari, kemudian setelah *crashing* durasinya menjadi 59 hari dengan biaya yang meningkat menjadi Rp.514.500.142,77. Hal ini menunjukkan bahwa *Precedence Diagram Method* (PDM) mampu mengidentifikasi jalur kritis dan mengoptimalkan jadwal proyek secara lebih efektif, sehingga percepatan proyek lebih signifikan dengan peningkatan biaya yang masih terkendali. Dengan demikian, meskipun biaya metode *Precedence Diagram Method* (PDM) sedikit lebih tinggi dibanding *Critical Path Method* (CPM), efisiensi waktu yang didapat jauh lebih besar, sehingga *Precedence Diagram Method* (PDM) menjadi pilihan yang lebih baik untuk proyek dengan kompleksitas tinggi yang membutuhkan optimasi waktu tanpa membebani biaya secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

Abimanyuaji P M. 2021. Analisis Percepatan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Metode

Time Cost Trade Off (Analysis on Scheduling Acceleration for Construction Project Using Time-Cost Trade-Off Method). <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/36132>.

Ichwan Hadi Saputra. 2024. Analisis Pengendalian Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Metode CPM (Critical Path Method). *J Soc Sci Res*. 4:7797–7807.

Maulana I. 2024. Analisis Pekerjaan Pembangunan Gedung Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM) (Studi Kasus Pembangunan Gedung BBWS Citanduy).

Sahid, M.N., dan Hakim, Zukhuf , S.B. 2022. PENGENDALIAN WAKTU DAN BIAYA DENGAN MENGGUNAKAN METODE PRECEDENCE DIAGRAM METHOD (PDM) PADA PELAKSANAAN GEDUNG (STUDI KASUS: PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG FAKULTAS FARMASI UNIVERSITAS WAHID HASYIM SEMARANG TAHUN ANGGARAN 2022).

Trisiananingrum, Deni dan Probowaskitho, Wisnu. 1996. Analisis Perencanaan Dan Pengendalian Waktu Dan Biaya Pada Proyek Konstruksi Bangunan Menggunakan PDM.