

Analisis Optimalisasi Waktu dan Biaya Menggunakan Precedence Diagram Method (PDM) dan Metode Crashing pada Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket 2 (Studi Kasus: Pekerjaan Intake Kanan)

Aisyah Nur Sholekah^{1*}, Agung Sutarto¹

¹Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

aisyahnurs34@students.unnes.ac.id*

Copyright©2026 by authors. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons

Abstrak

Keterlambatan proyek konstruksi masih sering terjadi akibat metode penjadwalan konvensional yang kurang efektif dalam mengelola ketergantungan antaraktivitas, sehingga memicu pembengkakan biaya dan penurunan kinerja proyek. Penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada metode dasar tanpa mengkaji optimalisasi waktu dan biaya secara bersamaan, sementara penerapan *Precedence Diagram Method* (PDM) dan metode *crashing* secara terintegrasi masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis percepatan durasi proyek menggunakan PDM dan crashing melalui pendekatan kuantitatif deskriptif dengan penyusunan jaringan kerja, identifikasi lintasan kritis, dan crashing pada Hasil penelitian menunjukkan percepatan durasi sebesar 54 hari dengan peningkatan biaya langsung Rp2.466.904.057,21, sehingga selisih biaya kondisi normal dan crashing sebesar Rp2.115.700.868,75. Temuan ini menegaskan bahwa PDM dan crashing efektif sebagai strategi pengendalian proyek berbasis trade-off waktu dan biaya. aktivitas kritis.

Kata kunci: *Precedence Diagram Method*, *crashing*, lintasan kritis, durasi proyek

Abstract

Construction project delays frequently occur due to conventional scheduling methods that are ineffective in managing activity interdependencies, leading to cost overruns and reduced project performance. Previous studies generally focus on basic scheduling techniques without simultaneously addressing time and cost optimization, while the integrated application of the *Precedence Diagram Method* (PDM) and the *crashing* method remains limited. This study aims to analyze project duration acceleration using PDM and crashing through a descriptive quantitative approach, including network development, critical path identification, and crashing of critical activities. The results indicate a project duration reduction of 54 days with an increase in direct costs of IDR 2,466,904,057.21, resulting in a cost difference of IDR 2,115,700,868.75 between normal and crashing conditions. These findings confirm that PDM and crashing are effective project control strategies based on time–cost trade-offs.

Keywords: Precedence Diagram Method, crashing, critical path, project duration

Pendahuluan

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2010 tentang Bendungan, bendungan adalah bangunan yang dibangun untuk menahan dan menampung air, baik dari sungai maupun sumber lainnya, guna membentuk waduk atau tampungan air. Sedangkan menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR, 2020), bendungan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, air baku, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), pengendalian banjir, serta konservasi sumber daya air. Dengan demikian, bendungan memiliki peran strategis dalam mendukung pembangunan berkelanjutan, khususnya di sektor pertanian, energi, dan pengendalian bencana. Namun dalam pelaksanaannya, Seperti pada pembangunan Bendungan Karangnongko merupakan proyek konstruksi yang kompleks karena memiliki banyak bagian pekerjaan dengan ketergantungannya terhadap cuaca di lingkungan sekitar. Kompleksitas tersebut sering menimbulkan berbagai kendala di lapangan, baik dari aspek teknis, manajerial, maupun lingkungan. Salah satu permasalahan yang sering muncul adalah keterlambatan penyelesaian proyek.

Salah satu pendekatan yang semakin banyak digunakan untuk mengendalikan mengendalikan waktu dan biaya adalah menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM). Metode tersebut memungkinkan perencanaan proyek memetakan ketergantungan antaraktivitas secara lebih rinci sehingga jalur kritis dan peluang percepatan dapat diidentifikasi lebih akurat. Sejumlah investigasi sebelumnya telah membuktikan kemanjuran *Precedence Diagram Method* (PDM) dalam mengurangi durasi proyek sekaligus biaya. Penelitian yang dilakukan oleh Reno P, Mustakim, dan Clara Annisa pada proyek drainase untuk jalan tol KM.35 Balikpapan – Samarinda, misalnya, secara efektif mengurangi durasi proyek yang awalnya 51 hari menjadi 31 hari setelah di reschedule yang melibatkan skenario lembur sehingga menghasilkan alternatif akselerasi yang tetap berkelanjutan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dimulai untuk memeriksa optimalisasi waktu dan biaya dalam proyek pembangunan Bendungan Karangnongko Paket 2 menggunakan *Precedence Diagram Method*(PDM) dan metode *crashing*. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan perspektif ilmiah dan rekomendasi praktis untuk kemanjuran percepatan proyek bendungan sambil menghindari pengeluaran keuangan yang tidak stabil.

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, terdapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana lintasan kritis serta durasi pekerjaan intake pembangunan Bendungan Karangnongko Paket 2 menggunakan *Precedence Diagram Method*(PDM) sebagai dasar perhitungan durasi awal?
2. Bagaimana pengoptimalan waktu dan biaya pembangunan Bendungan Karangnongko Paket 2 menggunakan metode *Crashing*?
3. Bagaimana lintasan kritis serta durasi pekerjaan intake kanan akibat pengoptimalan penjadwalan proyek dengan *Precedence Diagram Method*(PDM) dan metode *Crashing* pada proyek pembangunan Bendungan Karangnongko Paket 2?

Berdasarkan rumusan masalah di atas berikut tujuan dari penelitian ini:

1. Mengetahui lintasan kritis serta durasi pekerjaan intake pembangunan Bendungan Karangnongko Paket 2 menggunakan Precedence Diagram Method(PDM) sebagai dasar perhitungan durasi awal
2. Mengetahui optimalisasi waktu dan biaya proyek pembangunan Bendungan Karangnongko paket 2 dengan menggunakan metode Crashing
3. Mengetahui lintasan kritis serta durasi pekerjaan intake kanan setelah dilakukan optimalisasi penjadwalan dengan Precedence Diagram Method(PDM) dan metode Crashing

Beberapa penelitian yang membahas tentang *Precedence Diagram Method*(PDM), seperti yang dilakukan oleh (Sinaulan et al., 2023) yang meneliti proyek pembangunan ruas Jalan Mantehage-Buhia di Minahasa Utara. Dalam penelitian ini, *Precedence Diagram Method*(PDM) diterapkan dengan bantuan Microsoft project 2019 untuk Menyusun jaringan kerja dan menentukan lintasan kritis . hasilnya menunjukkan bahwa durasi proyek yang semula direncanakan selama 150 hari dapat dipercepat menjadi 106 hari dengan penambahan waktu lembur selama dua jam per hari.

Adapun penelitian yang lebih baru oleh (Naufal et al., 2025) penerapan kombinasi *Precedence Diagram Method* (PDM) dan teknik *crashing* pada proyek pembangunan Kawasan PKL Ketandan Yogyakarta. Dalam penelitian ini digunakan Microsoft Project untuk menyusun jaringan kerja serta menganalisis hubungan antara waktu dan biaya. Setelah dilakukan simulasi percepatan, durasi proyek berkurang dari 57 hari menjadi 49 hari dengan tambahan biaya sebesar Rp.39.148.133 karena adanya perubahan pada biaya langsung dan biaya tidak langsung. Walaupun begitu pengoptimalan waktu yang diperoleh menunjukkan bahwa proyek menjadi lebih terkendali setelah penerapan PDM dan *crashing*.

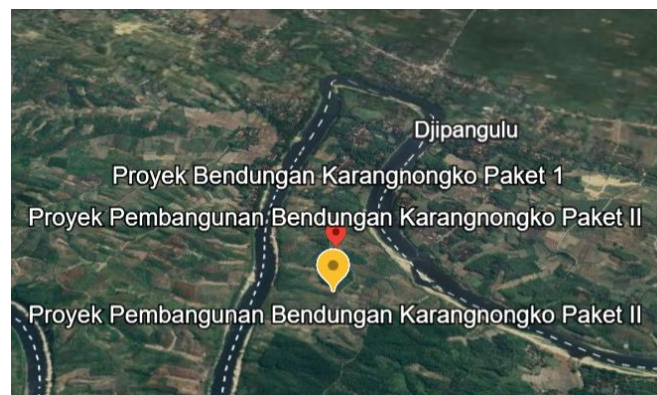
Sementara itu meskipun telah banyak penelitian yang membahas tentang efisiensi dengan menggunakan *Precedence Diagram Method*(PDM), penerapan *Precedence Diagram Method*(PDM) dan metode *crashing* untuk mengoptimalkan waktu dan biaya pada proyek infrastruktur berskala besar seperti pembangunan bendungan masih jarang dilakukan. Proyek bendungan memiliki tingkat ketergantungan aktivitas yang lebih rumit, melibatkan pekerjaan tanah dan betn dalam skala besar serta dipengaruhi oleh kondisi topografi. Selain itu, Sebagian penelitian terdahulu belum banyak membahas analisis keseimbangan antara waktu dan biaya secara bersamaan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan menerapkan *Precedence Diagram Method*(PDM) berbantuan Microsoft project dan metode *crashing* pada Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket 2.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian kuantitatif karena berfokus pada pengumpulan dan pengolahan data numerik dari proyek pembangunan untuk menganalisis efisiensi waktu dan biaya menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM) dan metode *crashing*. Pendekatan kuantitatif digunakan karena seluruh proses analisis didasarkan pada data terukur berupa durasi aktivitas, biaya pekerjaan, serta hubungan antar kegiatan dalam jaringan kerja proyek. Jenis penelitian merupakan penelitian deskriptif karena penelitian ini tidak dimaksudkan untuk menguji hipotesis, melainkan untuk menggambarkan dan menjelaskan suatu kondisi atau fenomena secara sistematis dan faktual berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan. Dalam

konteks ini, penelitian deskriptif digunakan untuk menampilkan gambaran nyata tentang pelaksanaan proyek Bendungan Karangnongko paket 2 khususnya terkait dengan pengelolaan waktu dan biaya serta bagaimana penerapan metode PDM dan crashing dapat meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek tersebut.

Pada penelitian ini objek nya adalah Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket 2 Di Bojonegoro, Jawa Timur. Sedangkan untuk subjek Penelitian ini adalah Analisis Optimalisasi Waktu dan Biaya Menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM) dan Metode *Crashing* dengan penambahan jam kerja atau lembur selama 3 jam. Hal tersebut efektif mempercepat proyek karena meningkatkan kapasitas kerja harian tanpa menambah tenaga kerja baru. Aktivitas kritis yang diselesaikan lebih cepat akan langsung mengurangi durasi total proyek. Strategi ini juga memanfaatkan sumber daya yang ada, lebih fleksibel dalam penjadwalan, dan menjadi salah satu cara paling praktis dalam metode crashing untuk mengoptimalkan trade-off antara waktu dan biaya. Proyek pembangunan Bendungan Karangnongko paket 2 terletak di Desa Ngelo, Kecamatan Margomulyo, Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur, dan Desa Mendenrejo, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah.



Gambar 1. Lokasi Proyek pada Penelitian

Data primer diperoleh secara langsung dari pelaksanaan proyek di lapangan, khususnya dari pihak kontraktor dan konsultan pengawas proyek. Data ini mencakup hubungan ketergantungan antar aktivitas, yaitu urutan logis setiap pekerjaan yang menunjukkan kegiatan mana yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum aktivitas berikutnya dapat dimulai. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari berbagai dokumen resmi yang dikeluarkan oleh pihak pelaksana proyek dan instansi terkait. Data ini meliputi Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang digunakan dalam perhitungan pekerjaan, serta laporan harian dan laporan kemajuan proyek yang diperoleh dari konsultan pengawas. Seluruh data yang terkumpul, baik primer maupun sekunder, digunakan sebagai bahan analisis dalam menentukan durasi dan biaya optimal proyek melalui penerapan metode PDM dan crashing, sehingga hasil penelitian dapat mencerminkan kondisi proyek secara akurat dan realistis.

Precedence Diagram Method (PDM) merupakan metode penjadwalan yang memberikan kemudahan dalam menggambarkan hubungan logis antar aktivitas proyek konstruksi (Pratama et al., 2023). Dalam *Precedence Diagram Method* (PDM), setiap aktivitas proyek digambarkan menggunakan simbol berbentuk persegi empat (kotak). Bentuk ini menunjukkan bahwa posisi kegiatan berada pada bagian node, sehingga metode ini juga dikenal

dengan sebutan Activity on Node (AON). Untuk mempermudah perhitungan pada metode PDM ada beberapa notasi sebagai berikut:

- a. Durasi (D) merupakan waktu yang diperlukan untuk melaksanakan suatu aktivitas
- b. *Earliest Start* (ES) merupakan waktu paling awal aktivitas dapat dimulai
- c. *Earliest Finish* (EF) merupakan waktu paling awal aktivitas dapat diselesaikan
- d. *Latest Start* (LS) adalah waktu paling lambat aktivitas masih dapat dimulai tanpa menunda proyek
- e. *Latest Finish* (LF) menunjukkan waktu paling lambat aktivitas dapat diselesaikan.
- f. *Total Slack/Total float* adalah selisih antara waktu mulai paling awal dan paling lambat yang menggambarkan kelonggaran waktu suatu aktivitas sehingga aktivitas dengan total slack nol termasuk dalam lintasan kritis.

Berdasarkan istilah – istilah di atas, kegiatan *Precedence Diagram Method* (PDM) diwakili oleh sebuah lambang yang mudah diidentifikasi seperti pada gambar berikut:

ES	D	EF
Aktivitas		
LS	TS	LF

Gambar 2. Lambang Pada PDM

Dalam proses identifikasi jalur kritis, digunakan beberapa tahapan perhitungan sebagai berikut:

- a. Perhitungan Maju (*Forward Pass*)
 Digunakan untuk menentukan waktu mulai paling awal suatu kegiatan dengan mengambil nilai maksimum dari waktu selesai kegiatan pendahulunya.
 Rumus: $EF = ES + D$
- b. Perhitungan Mundur (*Backward Pass*)
 Bertujuan menentukan waktu selesai paling akhir setiap kegiatan agar tidak memengaruhi durasi total proyek yang diperoleh dari perhitungan maju.
 Rumus: $LS = LF - D$
- c. Float (*Total Float*)
 Merupakan waktu kelonggaran yang menunjukkan batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan tanpa menunda penyelesaian proyek.
 Rumus: $TF = LF - D - ES$

Metode *Crashing* adalah salah satu metode untuk mempercepat durasi penyelesaian proyek (Amalia, 2025). *Crashing* merupakan langkah yang dilakukan untuk menuntaskan pekerjaan konstruksi dalam waktu yang lebih singkat dari jadwal semula. Untuk menganalisis hubungan antara biaya dengan waktu pada suatu proyek konstruksi, terdapat beberapa istilah sebagai berikut:

1. Kurun waktu normal / *Normal Duration* (ND)
2. Kurun waktu dipersingkat / *Crash Duration* (CD)
3. Biaya normal / *Normal Cost* (NC)

4. Biaya untuk waktu dipersingkat / *Crash Cost* (CC)
5. Kemiringan / *Slope* (S)

Berikut rumus untuk menghitung kemiringan / slope :

$$S = ((CC - NC)) / ((ND - CD))$$

Jika menggunakan metode lembur untuk mempercepat durasi proyek dengan cara meningkatkan jumlah output pekerjaan dalam satu hari. Namun, penerapan lembur perlu dilakukan secara hati-hati karena berhubungan langsung dengan jam kerja dan tingkat produktivitas tenaga kerja. Berikut rumus yang digunakan untuk menentukan produktivitas tenaga kerja

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

$$\text{Produktivitas tiap jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja per hari}}$$

Produktifitas harian sesudah *crash*

$$= (\text{jam kerja per hari} \times c) + (a \times b \times c)$$

Dimana :

a = jumlah jam kerja lembur

b = koefisien penurunan produktivitas kerja lembur

c = produktivitas tiap jam

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Prod. harian sesudah crash}}$$

$$\text{Normal Cost pekerja perjam} = \text{harga per satuan pek} \times \text{prod. tiap jam}$$

$$\text{Normal Cost pekerja perhari} = \text{jam kerja} \times \text{Normal Cost tiap jam}$$

$$\text{Normal Cost} = \text{Normal duration} \times \text{Normal Cost pekerja perhari}$$

$$\text{Crash Cost pekerja} = \text{Normal Cost pekerja perhari} + \text{biaya lembur perhari}$$

$$\text{Crash Cost} = \text{Crash Duration} \times \text{Crash Cost pekerja perhari}$$

$$\text{Coat Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Cash Duration}}$$

Hasil dan Pembahasan

Analisis Penjadwalan dengan *Precedence Diagram Method*

Metode *Precedence Diagram Method* (PDM) digunakan sebagai pendekatan dalam perencanaan dan pengendalian proyek dengan tujuan mengidentifikasi aktivitas yang berada pada lintasan kritis. Penerapan metode PDM menghasilkan jaringan kerja yang relatif lebih sederhana serta memungkinkan suatu aktivitas dimulai sebelum aktivitas pendahulunya selesai sepenuhnya. Urutan keterkaitan antaraktivitas tersebut disajikan sebagai berikut:

Tabel 1. Keterkaitan Antaraktivitas

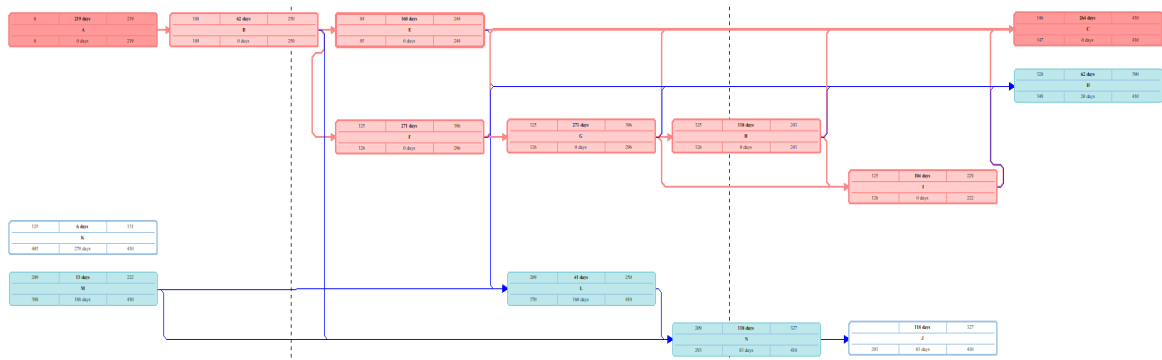
Nomor (Number)	Kegiatan (Activity)	Kode (Code)	Durasi (Duration)	Pendahulu (Predecessors)
1.	Galian Tanah dengan jarak angkut s.d. 500 m	A	219	-
2.	Timbunan kembali dipadatkan	B	62	A(SS+188)
3	Beton fc 24.90 mpa (K-300) Ready Mix	C	264	E(SS+62), I(SS+21), F(SS+21), G(SS+21), H(SS)+21
4	Beton fc 18.68 mpa (K-225) Ready Mix	D	62	E(FS+84), F(FF-6), G(FF-6), H(FS+85), I(FS+99)
5	Beton fc 10.38 mpa (K-125) untuk lantai kerja	E	160	B(FF-6)
6	Pembesian	F	271	B(SS-63)
7	Bekisting dengan Perancah	G	271	F(SS)
8	PVC water stop, W = 300 mm	H	118	G(SS)
9	Rubber joint filler t=10 mm	I	104	G(SS), H(SS)
10	Geocell, T = 20 cm	J	118	N(SS)
11	Buis Beton, 100 cm x 50 cm	K	6	-
12	Bronjong Batu Kali	L	41	M(SS), E(FF+36)
13	Pasangan Batu Kosong	M	13	L(SS)
14	Geotextile	N	118	B(SS+21)

Penentuan aktivitas kritis dalam penjadwalan proyek dilakukan melalui perhitungan maju (forward analysis) dan perhitungan mundur (backward analysis). Perhitungan maju digunakan untuk menentukan nilai Earliest Start (ES) dan Earliest Finish (EF) berdasarkan hubungan antaraktivitas dan durasi pekerjaan, sedangkan perhitungan mundur digunakan untuk memperoleh nilai Latest Start (LS) dan Latest Finish (LF). Kombinasi kedua perhitungan tersebut menjadi dasar dalam mengidentifikasi aktivitas kritis, yaitu aktivitas yang tidak memiliki kelonggaran waktu (total slack = 0). Berikut hasil dari perhitungan maju, perhitungan mundur dan perhitungan total slack:

Tabel 2. Penentuan Aktivitas Kritis pada Kondisi Normal

Kegiatan	ES	EF	LS	LF	Total Slack	Keterangan
A	0	219	0	219	0	Kritis
B	188	250	188	250	0	Kritis
C	146	410	146	410	0	Kritis
D	328	390	348	410	20	Tidak Kritis
E	84	244	84	244	0	Kritis
F	125	396	125	296	0	Kritis
G	125	396	125	296	0	Kritis
H	125	243	125	243	0	Kritis
I	125	229	125	222	0	Kritis
J	209	327	292	410	83	Tidak Kritis
K	125	131	404	410	279	Tidak Kritis
L	209	250	370	410	161	Tidak Kritis
M	209	222	397	410	188	Tidak Kritis
N	209	327	292	410	83	Tidak Kritis

Berdasarkan data di atas selanjutnya aktivitas -aktivitas tersebut disajikan dalam bentuk *network planning* atau Jaringan kerja ini disajikan dalam bentuk diagram menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM), yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan urutan kegiatan serta menganalisis lintasan kritis proyek. Diagram yang berwarna merah termasuk dalam aktivitas kritis yang di sajikan sebagai berikut:



Gambar 1. Jaringan Kerja pada Kondisi Normal

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapat bahwa terdapat delapan aktivitas yang berada pada jalur kritis sehingga aktivitas tersebut tidak boleh mengalami keterlambatan. Beberapa aktivitas tersebut adalah A,B,C,E,F,G,H, dan I.

Analisis Crashing

Setelah mendapatkan hasil aktivitas yang masuk dalam lintasan kritis, setelahnya dilakukan penerapan metode *crashing* pada aktivitas kritis. Upaya percepatan tersebut dilaksanakan **melalui** penambahan jam kerja atau sistem lembur selama tiga jam di luar jam kerja normal, sehingga produktivitas pekerjaan pada aktivitas kritis dapat ditingkatkan tanpa mengubah urutan ketergantungan antar kegiatan. Penerapan lembur ini bertujuan untuk mempersingkat durasi aktivitas kritis agar waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan dapat

dikurangi, dengan tetap mempertimbangkan konsekuensi terhadap biaya dan efektivitas pelaksanaan pekerjaan. Berikut hasil dari analisis *crashing* dengan penambahan jam kerja atau lembur selama 3 jam pada aktivitas kritis:

Tabel 3. Hasil Durasi Setelah Crashing

Kegiatan	Durasi Normal (hari)	Durasi Crashing (hari)	Selisih (hari)
A	219	174	45
B	62	50	12
C	264	210	54
E	160	128	32
F	271	215	56
G	271	215	56
H	118	96	22
I	104	95	9

Berdasarkan analisis *crashing* dengan penambahan jam kerja selama 3 jam bisa didapatkan bahwa metode itu dapat mempercepat proyek selama 54 hari. Yang awalnya durasi pekerjaan intake kanan selama 410 hari menjadi 356 hari setelah dilakukannya metode *crashing*. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan jam kerja pada proyek sangat berpengaruh terhadap durasi proyek. Berikut perbandingan biaya saat kondisi normal dan saat kondisi *crashing*:

Tabel 4. Hasil Biaya Setelah Crashing

Keterangan	Durasi (hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Total Biaya
Kondisi Normal	410	Rp 46.115.408.103,15	Rp 8.138.013.194,67	Rp 54.253.421.297,82
Kondisi Crashing	256	Rp 48.582.312.160,36	Rp 7.780.734.566,61	Rp 56.369.122.166,57
Selisih	54	Rp 2.466.904.057,21	Rp 357.278.628,06	Rp 2.115.700.868,75

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, Percepatan durasi pelaksanaan proyek dari 410 hari kalender menjadi 356 hari berdampak langsung terhadap perubahan struktur biaya. Biaya langsung mengalami peningkatan sebesar 5,077%, sedangkan biaya tidak langsung menurun sebesar 4,39%. Perubahan tersebut menyebabkan total biaya proyek meningkat dari Rp54.253.421.297,82 menjadi Rp56.369.122.166,57, termasuk tambahan biaya upah lembur sebesar Rp2.115.700.868,75.

Analisis Penjadwalan dengan *Precedence Diagram Method* Setelah Crashing

Penentuan predecessor untuk setiap aktivitas dilakukan berdasarkan hubungan waktu pelaksanaan yang telah disesuaikan dengan durasi hasil *crashing*. Urutan keterkaitan antaraktivitas tersebut disajikan sebagai berikut:

Tabel 5. Keterkaitan Antaraktivitas pada Kondisi Crashing

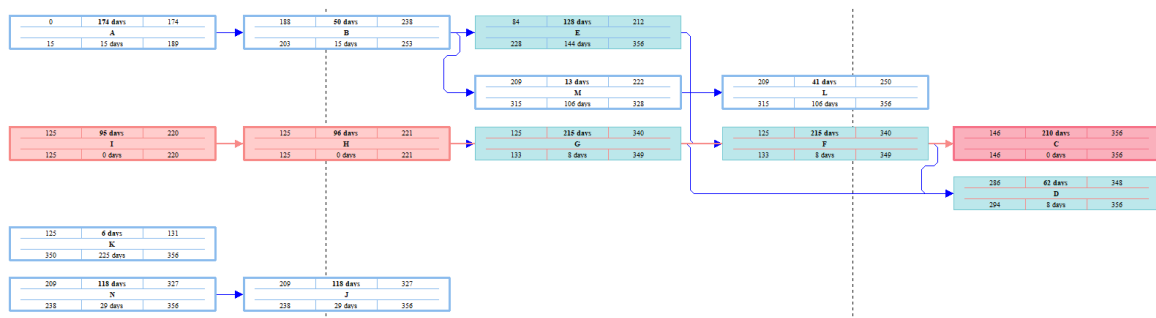
Nomor (Number)	Kegiatan (Activity)	Kode (Code)	Durasi (Duration)	Pendahulu (Predecessors)
1.	Galian Tanah dengan jarak angkut s.d. 500 m	A	174	-
2.	Timbunan kembali dipadatkan	B	50	A(FS+14)
3	Beton fc 24.90 mpa (K-300) Ready Mix	C	210	E(SS+62), F(SS+21), G(SS+21), H(SS+21), I(SS+21)
4	Beton fc 18.68 mpa (K-225) Ready Mix	D	62	F(FS-12), G(FS-12)
5	Beton fc 10.38 mpa (K-125) untuk lantai kerja	E	210	F(FS-12), G(FS-12)
6	Pembesian	F	128	G(SS)
7	Bekisting dengan Perancah	G	215	F(SS), H(SS), I(SS)
8	PVC water stop, W = 300 mm	H	215	F(SS), G(SS)
9	Rubber joint filler t=10 mm	I	96	F(SS), G(SS)
10	Geocell, T = 20 cm	J	118	N(SS)
11	Buis Beton, 100 cm x 50 cm	K	6	-
12	Bronjong Batu Kali	L	41	M(SS)
13	Pasangan Batu Kosong	M	13	B(SS+21)
14	Geotextile	N	118	J(SS)

Berdasarkan hasil tabel di atas. Penentuan aktivitas kritis setelah penerapan metode *crashing* dilakukan melalui perhitungan maju (forward analysis) dan perhitungan mundur (backward analysis). Perhitungan maju digunakan untuk menetapkan nilai Earliest Start (ES) dan Earliest Finish (EF) berdasarkan hubungan ketergantungan antaraktivitas serta durasi pekerjaan yang telah dipercepat, sedangkan perhitungan mundur bertujuan memperoleh nilai Latest Start (LS) dan Latest Finish (LF). Hasil dari kedua perhitungan tersebut menjadi dasar dalam mengidentifikasi kembali aktivitas kritis pasca-*crashing*, yaitu aktivitas yang tidak memiliki kelonggaran waktu dengan nilai total slack = 0. Berikut disajikan hasil perhitungan maju, perhitungan mundur, dan perhitungan total slack setelah dilakukan *crashing*:

Tabel 6. Penentuan Aktivitas Kritis pada Kondisi Crashing

Kegiatan	ES	EF	LS	LF	Total Slack	Keterangan
A	0	174	15	189	15	Tidak Kritis
B	188	238	203	253	15	Tidak Kritis
C	146	356	146	356	0	Kritis
D	286	348	294	356	8	Tidak Kritis
E	84	212	228	356	144	Tidak Kritis
F	125	340	133	349	8	Tidak Kritis
G	125	340	133	349	8	Tidak Kritis
H	125	221	125	221	0	Kritis
I	125	220	125	220	0	Kritis
J	209	327	238	356	29	Tidak Kritis
K	125	131	350	356	225	Tidak Kritis
L	209	250	315	356	106	Tidak Kritis
M	209	222	315	328	106	Tidak Kritis
N	209	327	238	356	29	Tidak Kritis

Berdasarkan hasil analisis setelah dilakukan *crashing*, aktivitas-aktivitas proyek disusun dalam bentuk *network planning* menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM). Diagram ini digunakan untuk menentukan urutan pelaksanaan kegiatan serta mengidentifikasi lintasan kritis proyek. Aktivitas yang ditandai dengan warna merah menunjukkan aktivitas kritis pasca-*crashing*, sebagaimana disajikan berikut ini:



Gambar 2. Jaringan Kerja pada Kondisi Crashing

Didapat bahwa terdapat tiga aktivitas yang berada pada jalur kritis sehingga aktivitas tersebut tidak boleh mengalami keterlambatan. Beberapa aktivitas tersebut adalah C,H, dan I.

Kesimpulan

Analisis penjadwalan menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM) menunjukkan bahwa pekerjaan intake pada pembangunan Bendungan Karangnongko Paket 2 memiliki lintasan kritis yang terdiri atas beberapa aktivitas utama, yaitu aktivitas A,B,C,E,F,G,H,dan I.

Percepatan durasi pelaksanaan proyek dari 410 hari kalender menjadi 356 hari berdampak langsung terhadap perubahan struktur biaya. Biaya langsung mengalami peningkatan dari Rp46.115.408.103,15 menjadi Rp48.582.312.160,36 atau naik sebesar 5,077%, sedangkan biaya tidak langsung menurun dari Rp8.138.013.194,67 menjadi

Rp7.780.734.566,61, yang berarti berkurang 4,39%. Perubahan tersebut menyebabkan total biaya proyek meningkat dari Rp54.253.421.297,82 menjadi Rp56.369.122.166,57, termasuk tambahan biaya lembur sebesar Rp2.115.700.868,75. Hasil ini menegaskan bahwa metode *crashing* efektif dalam mempercepat penyelesaian proyek, namun tetap memerlukan pengendalian biaya yang optimal.

Penerapan PDM dan metode *crashing* menghasilkan perubahan pada lintasan kritis. Yang pada awalnya terdapat 8 aktivitas kritis menjadi 3 aktivitas kritis yaitu aktivitas C,H, dan I.

Penelitian ini menunjukkan bahwa PDM dan metode *crashing* efektif mempercepat durasi proyek dengan biaya yang relatif terkendali. Namun, penelitian ini terbatas pada satu proyek dan fokus pada percepatan melalui lembur, tanpa mempertimbangkan risiko eksternal, keterbatasan peralatan. Penelitian selanjutnya disarankan membandingkan PDM-crashing dengan metode lain seperti CPM atau PERT, serta mempertimbangkan faktor risiko dan produktivitas aktual untuk menghasilkan strategi percepatan proyek yang lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

- Agnes A.A., T. T. (2024). Optimalisasi Waktu Pelaksanaan Dengan Metode PDM Pada Proyek Pembangunan Puskesmas Bailang Tuminting. *TEKNO*, 22(87), 50 - 58.
- Amalia, R. (2025). Analisis Percepatan Waktu (Crashing) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Siman Mojoagung Jombang. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 2(5), 384 - 389.
- Mahaptani. (2019). *Metode Perencanaan Dan Pengendalian Proyek Konstruksi*.
- Naufal, Z. S. (2025). Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Menggunakan Metode PDM (Precedence Diagram Method) Pada Proyek Pembangunan Kawasan PKL Ketandan (Ketandan Utama), Yogyakarta. 130 - 138.
- Nurhidayat, A. A. (2021). Optimalisasi Pembangunan Proyek Apartemen SGC Cibubur Dengan Menggunakan Metode Precedence Diagram Method (PDM). *Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 22 - 32.
- Prakoso, D. A. (2023). Analisis Network Planning Pada Proyek Apartemen Savyavasa Di Jakarta Selatan Dengan Metode Program Evaluation Review And Technique (PERT). *Jurnal Riset Ilmiah*, 2(10), 4156 _ 4168.
- Pratama, P. I. (2023). Penjadwalan Ulang Dengan Precedence Diagram Method (PDM) Pada Proyek Konstruksi Gedung Penunjang Pembelajaran Universitas Negeri Malang. *Studen Journal GELAGAR*, 1 - 10.
- Rani, H. A. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi*.
- Sinaulan, M. J. (2023). Optimalisasi Waktu Pembangunan Ruas Jalan Dengan Metode PDM (Precedence Diagram Method) Pada Proyek Pembangunan Ruas Jalan Mantehage Buhias Minahasa Utara. 21(85), 1212 - 1218.

Sutrisno, W. T. (2023). Analisis Percepatan Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Dasar Wachid Hasyim Kota Surabaya Menggunakan Metode Crashing. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 123 - 130.