

Analisis Waktu dan Biaya Percepatan Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko dengan Metode CPM dan *Crashing*

Shafira Reid Awwaliyani^{1*}, Agung Sutarto¹

¹Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

shafirareidaaa@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

Proyek pembangunan bendungan merupakan proyek konstruksi berskala besar yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi sehingga rentan terhadap risiko keterlambatan penyelesaian proyek. Keterlambatan proyek dapat berdampak pada meningkatnya biaya proyek serta pemanfaatan bendungan bagi masyarakat menjadi tertunda. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis alternatif percepatan proyek guna meminimalisir risiko keterlambatan melalui penerapan *Critical Path Method* (CPM) untuk mengidentifikasi jalur kritis serta metode *crashing* dengan penambahan jam kerja. Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket II dengan hasil identifikasi jalur kritis berada di item pekerjaan perkerasan jalan akses kanan, bangunan *intake* irigasi kanan, tubuh bendungan, dan perkerasan puncak bendungan dengan total durasi pada item pekerjaan tersebut adalah 1.022 hari. Setelah dilakukan analisis *crashing* dengan penambahan jam kerja selama 2 jam diperoleh durasi 955 hari, yang menunjukkan adanya percepatan sebesar 6,56% lebih cepat dari durasi awal. Percepatan tersebut berdampak pada peningkatan biaya sebesar 0,82% sehingga total biaya setelah dipercepat adalah Rp. 214.867.347.503,39. berdasarkan peningkatan biaya tersebut, upaya percepatan ini dinilai layak diterapkan sebagai alternatif untuk menghindari risiko terjadinya keterlambatan proyek.

Kata kunci: *Crashing*, Biaya, Durasi, CPM, Jalur Kritis

Abstract

Dam construction projects are large-scale construction projects characterized by a high level of complexity, making them prone to the risk of project completion delays. Project delays can increase project costs and delay the utilization of the dam for public benefit. The objective of this study is to analyze project acceleration alternatives to minimize the risk of delays through the application of the *Critical Path Method* (CPM) to identify critical paths and the *Crashing* method by adding working hours. This study was conducted at the Karangnongko Dam Construction Project Package II, where the identified critical activities include right access road pavement works, right irrigation intake structure, dam body construction, and dam crest pavement works, with a total duration of 1.022 days for these activities. After applying crashing analysis with an additional 2 working hours, the project duration was reduced to 955 days, indicating a time acceleration of 6,56%

compared to the original schedule. This acceleration resulted in a cost increase of 0.82%, bringing the total project cost after acceleration to IDR 214.867.347.503,39. Based on the increase in cost, the acceleration effort is considered feasible as an alternative to mitigate the risk of project delays.

Keywords: *Crashing, Cost, Duration, CPM, Critical Path*

Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur bendungan merupakan salah satu upaya pemerintah Indonesia untuk meningkatkan ketahanan sumberdaya air serta mendukung keberlanjutan pembangunan melalui optimalisasi pemanfaatan air untuk berbagai kebutuhan, baik sosial, ekonomi maupun lingkungan. Bendungan berfungsi sebagai penyedia air baku, sarana irigasi, sumber energi pembangkit listrik tenaga air (PLTA), serta sarana untuk pengendali banjir.

Dalam proses pembangunan bendungan tergolong memiliki tingkat kesulitan yang tinggi dan sangat kompleks. Proyek ini melibatkan berbagai komponen pekerjaan seperti pekerjaan pelimpah (*spillway*), tubuh bendungan (*main dam*), *intake* irigasi, serta jalan akses masuk untuk menunjang berjalannya proyek konstruksi ini. Selain itu dalam pembangunan bendungan juga harus dirancang dengan mempertimbangkan umur rencana puluhan hingga ratusan tahun, sehingga harus diperhatikan kestabilan struktur dan fungsi bendungan dalam jangka panjang. Karena tingginya kompleksitas dan tantangan dalam pembangunan bendungan ini, menyebabkan rentan terhadap risiko yang dapat mempengaruhi pelaksanaan proyek dan dapat menimbulkan keterlambatan.

Faktor yang menyebabkan keterlambatan dapat berasal dari kesalahan dalam perencanaan, kurangnya koordinasi antara tim proyek, masalah keuangan, kendala sumber daya serta cuaca (Jamal & Ian, 2025). Pada Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket II ini mengalami kendala utama yaitu cuaca di lapangan yang tidak menentu sehingga dapat menyebabkan resiko keterlambatan penyelesaian proyek. Kondisi ini membuat pekerja tidak dapat melanjutkan pekerjaan sehingga menyebabkan adanya perubahan jadwal pekerjaan. Meskipun demikian, proyek harus tetap diselesaikan sesuai dengan target waktu yang telah ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan upaya percepatan agar proyek konstruksi dapat diselesaikan tepat sesuai rencana.

Pada penelitian – penelitian terdahulu terkait percepatan waktu proyek konstruksi umumnya masih menggunakan satu metode analisis secara terpisah, seperti *critical path method* (CPM) atau metode *crashing*. Penggunaan metode tunggal tersebut belum mampu memberikan analisis yang komprehensif, karena metode CPM hanya berfokus pada identifikasi jalur kritis dan durasi proyek, sedangkan metode *crashing* diperlukan berbagai alternatif untuk melakukan percepatan yang optimal.

Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya menitikberatkan pada analisis percepatan durasi tanpa disertai perhitungan tambahan biaya yang timbul dari penerapan percepatan tersebut. Tanpa adanya analisis biaya, hasil penelitian menjadi kurang relevan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan dalam manajemen proyek. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan metode CPM dan *crashing* serta menganalisis *trade – off* antara percepatan waktu dan tambahan biaya untuk memperoleh solusi percepatan proyek yang optimal.

Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu proses yang mencakup kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan serta pengendalian terhadap seluruh sumber daya proyek untuk mencapai hasil proyek yang sesuai dengan sasaran waktu dan biaya yang telah ditetapkan (Pramesti & Listyawan, 2023). dalam penerapannya, manajemen proyek memiliki tujuan antara lain, yaitu mengendalikan jadwal agar proyek selesai tepat waktu, mengendalikan biaya agar tidak melebihi anggaran yang telah ditetapkan, serta menjamin mutu agar sesuai dengan standar dan spesifikasi teknik. Selain itu, terdapat juga fungsi manajemen proyek, yaitu fungsi perencanaan (*planning*), fungsi organisir (*organizing*), fungsi pelaksanaan (*Actuating*) dan fungsi pengendalian (*controlling*) untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pelaksanaan proyek (Widiasanti & Lenggogeni, 2013).

Keterlambatan proyek

Keterlambatan proyek merupakan permasalahan yang umum terjadi dalam pelaksanaan proyek dimana penyelesaian pekerjaan tidak sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan dalam perencanaan. Beberapa faktor yang menyebabkan keterlambatan proyek konstruksi antara lain, perencanaan dan pengendalian jadwal yang tidak efektif, permasalahan keuangan, keterlambatan pengadaan material dan peralatan, serta keterbatasan dalam jumlah dan kualitas tenaga kerja. Faktor lain yang turut berpengaruh meliputi permasalahan kontrak, perubahan desain atau kondisi proyek, cuaca dan lingkungan, hubungan koordinasi dan komunikasi, kendala perizinan serta faktor eksternal seperti kecelakaan kerja dan kondisi darurat lainnya (Alamsyah et al., 2024).

Pengendalian Proyek

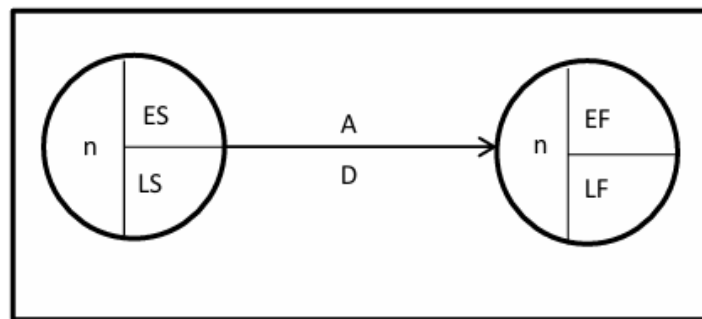
Pengendalian proyek merupakan proses sistematis untuk memastikan pelaksanaan proyek berjalan dari segi waktu, biaya serta mutu yang sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Proses pengendalian dilakukan melalui pengukuran, pemantauan, analisis serta evaluasi pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Pengendalian merupakan langkah mengorganisir sumber daya agar pekerjaan – pekerjaan dapat berjalan mencapai sasaran tanpa banyak penyimpangan (Soeharto, 1999). Pengendalian proyek meliputi beberapa aspek, yaitu pengendalian waktu untuk memastikan kesesuaian antara rencana dan realisasi jadwal, pengendalian biaya, pengendalian mutu guna menjamin hasil pekerjaan memenuhi standar, serta pengendalian sumber daya agar dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien.

Critical Path Method (CPM)

Critical Path method (CPM) merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam menjadwalkan pekerjaan proyek konstruksi yang digambarkan dalam bentuk jaringan kerja (*Network Planning*) berdasarkan hubungan ketergantungan (*precedence*) tertentu untuk memperoleh waktu penyelesaian proyek yang paling optimal (Prakash & Vidjeapriya, 2020). Pada metode ini terdapat adanya jalur kritis, dimana komponen pekerjaan yang memiliki total durasi waktu paling lama serta menentukan waktu penyelesaian proyek paling cepat (Soeharto, 1999). Jalur kritis ini sangat penting dalam pelaksanaan proyek karena jika terdapat kegiatan di jalur kritis yang mengalami keterlambatan maka akan menyebabkan keterlambatan pada proyek secara keseluruhan.

Critical Path Method membantu menentukan waktu pelaksanaan proyek yang efisien dengan memperkirakan durasi setiap pekerjaan dan menetapkan prioritas pekerjaan yang berada di jalur kritis (Sa'adah et al., 2021). metode ini digunakan untuk memperkirakan durasi proyek melalui representasi grafis alur kegiatan, mengidentifikasi kegiatan yang memiliki waktu kelonggaran, serta menentukan rangkaian kegiatan kritis yang perlu dikendalikan agar jadwal penyelesaian proyek tetap terjaga dan selesai tepat waktu. Dalam jaringan kerja CPM terdapat beberapa istilah, antara lain :

- a. *Earliest Start Time* (ES), merupakan waktu paling awal kegiatan dimulai.
- b. *Earliest Finish Time* (EF), merupakan waktu paling awal kegiatan selesai
- c. *Latest Allowable Start Time* (LS), merupakan waktu paling akhir suatu kegiatan masih dapat dimulai tanpa menunda penyelesaian proyek.
- d. *Late Allowable Finish Time* (LF), merupakan waktu paling akhir suatu kegiatan selesai tanpa mempengaruhi waktu penyelesaian proyek, dimana jika kegiatan selesai melebihi waktu LF, maka secara keseluruhan proyek akan mengalami keterlambatan.
- e. *Duration* (D) adalah lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan proyek.



Gambar 1 *Node Kegiatan*

(Sumber : Thoengsal & Tumpu, 2022)

- A = Nama Kegiatan
 D = Durasi
 N = Nomor Kegiatan
 ES = *Earliest Start Time*
 EF = *Earliest Finish Time*
 LS = *Latest Allowable Start Time*
 LF = *Latest Allowable Finish Time*

Metode Crashing

Metode *crashing* merupakan upaya untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek pada kegiatan tertentu berupa penambahan jam kerja, peningkatan jumlah tenaga kerja serta penambahan peralatan agar produktivitas meningkat dan durasi pekerjaan menjadi lebih singkat.

Metode ini berfungsi untuk mengoptimalkan durasi pekerjaan dengan tambahan biaya seminimal mungkin. Dalam prosesnya, metode *crashing* dilakukan dengan tujuan agar pekerjaan selesai dengan pertukaran silang antara waktu dan biaya (mahendra & Oetomo, 2023).

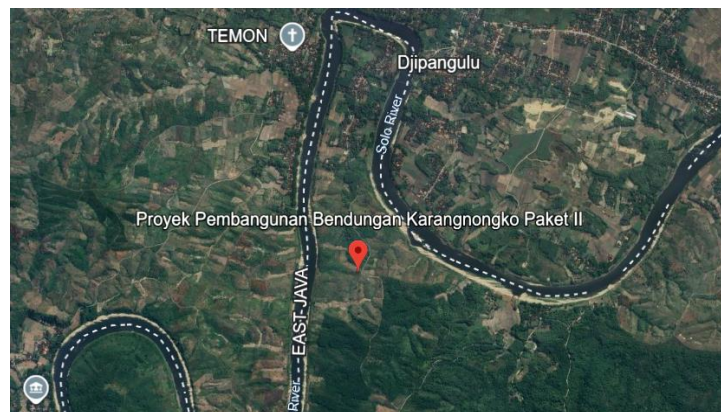
Dalam kosep dasar metode *crashing* terdapat dua komponen waktu yaitu, waktu normal dan waktu percepatan (*Crash Time*) dimana waktu tersingkat yang paling mungkin untuk menyelesaikan suatu kegiatan. Sedangkan komponen biaya dibagi menjadi tiga, yaitu :

- Biaya normal (*Normal Cost*), yaitu biaya untuk menyelesaikan proyek pada kondisi normal.
- Biaya Percepatan (*Crash Cost*), yaitu biaya untuk menyelesaikan proyek pada kondisi waktu tersingkat yang paling mungkin untuk menyelesaikan suatu kegiatan.
- Cost Slope*, yaitu biaya untuk menyelesaikan proyek pada kondisi waktu tersingkat dalam satuan waktu.

Metodologi Penelitian

Lokasi Penelitian

Studi ini mengkaji Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket II yang berada di Desa Ngelo, Kecamatan Margomulyo, Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur dan di Desa Mendenrejo, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Berikut peta lokasi Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko.



Gambar 2 Lokasi Penelitian

Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan secara sistematis melalui observasi lapangan dan wawancara. Observasi lapangan dilakukan melalui survey secara langsung di lokasi proyek untuk mengamati kondisi aktual proyek, urutan pelaksanaan pekerjaan, serta kendala yang terjadi selama proses konstruksi. Wawancara dilakukan dengan pihak – pihak yang terlibat langsung dalam pelaksanaan proyek guna memperoleh informasi terkait penjadwalan pekerjaan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari kontraktor pelaksana Waskita – Bangkit – Infra,

KSO yang meliputi Rencana Anggaran Biaya (RAB), *Time Schedule*, analisa harga satuan dan volume pekerjaan.

Metode Penelitian

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Critical Path Method* (CPM) dan Metode *Crashing* dengan penambahan jam kerja (lembur) 2 jam. Tahapan analisis diawali dengan metode CPM untuk mengidentifikasi kegiatan yang berada di jalur kritis. Proses identifikasi jalur kritis dilakukan dengan menyusun diagram jaringan kerja berdasarkan *time schedule* proyek untuk menentukan hubungan ketergantungan antar kegiatan. Selanjutnya dilakukan perhitungan total float untuk mengetahui kegiatan yang berada di jalur kritis. Adapun rumus perhitungan yang digunakan sebagai berikut :

- a. Perhitungan Maju (*Forward Pass*), merupakan perhitungan untuk menentukan waktu mulai paling awal dari setiap kegiatan dengan cara mengambil nilai maksimum dari waktu selesai kegiatan pendahulunya.

$$EF = ES + D \quad (1)$$

- b. Perhitungan Mundur (*Backward Pass*), merupakan perhitungan untuk menentukan waktu selesai dari seluruh kegiatan mengambil dari nilai minimum dengan tujuan untuk mengetahui waktu paling akhir kegiatan masih dapat dimulai dan diselesaikan tanpa menunda waktu keseluruhan durasi proyek yang diperoleh dari hasil perhitungan maju.

$$LS = LF - D \quad (2)$$

- c. *Float*, adalah waktu kelonggaran atau batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan pada proyek.

$$TF = LF - D - ES \quad (3)$$

Setelah menentukan jalur kritis, selanjutnya melakukan analisis percepatan menggunakan metode *crashing* dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 2 jam. Perhitungan dilakukan berdasarkan produktivitas tenaga kerja dan perhitungan biaya lembur sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Selanjutnya, menghitung perubahan durasi serta tambahan biaya yang timbul. Hasil analisis kemudian membandingkan antara kondisi normal dan kondisi percepatan untuk mengevaluasi efektivitas percepatan. Adapun rumus yang digunakan pada metode *crashing*, sebagai berikut :

- a. Total biaya percepatan = *Crash Cost* – *Normal Cost* (4)

$$d. \text{ Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Time} - \text{Crash Time}} \quad (5)$$

$$e. \text{ Produktivitas harian} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}} \quad (6)$$

- f. Produktivitas / jam = $\frac{\text{produktivitas harian}}{\text{jam kerja normal}}$ (7)
- g. Produktivitas crashing = $\text{prod.harian} + (\sum \text{jam lembur} \times \text{prod.per jam} \times \%)$ (8)
- h. Crash Duration = $\frac{\text{volume}}{\text{produktivitas sesudah crash} \times \text{jumlah tenaga kerja}}$ (9)
- i. Crash Cost = $\sum \text{pekerja} \times \text{durasi crashing} \times \text{total biaya lembur/hari}$ (10)

Hasil dan Pembahasan

Analisis Critical Path Method

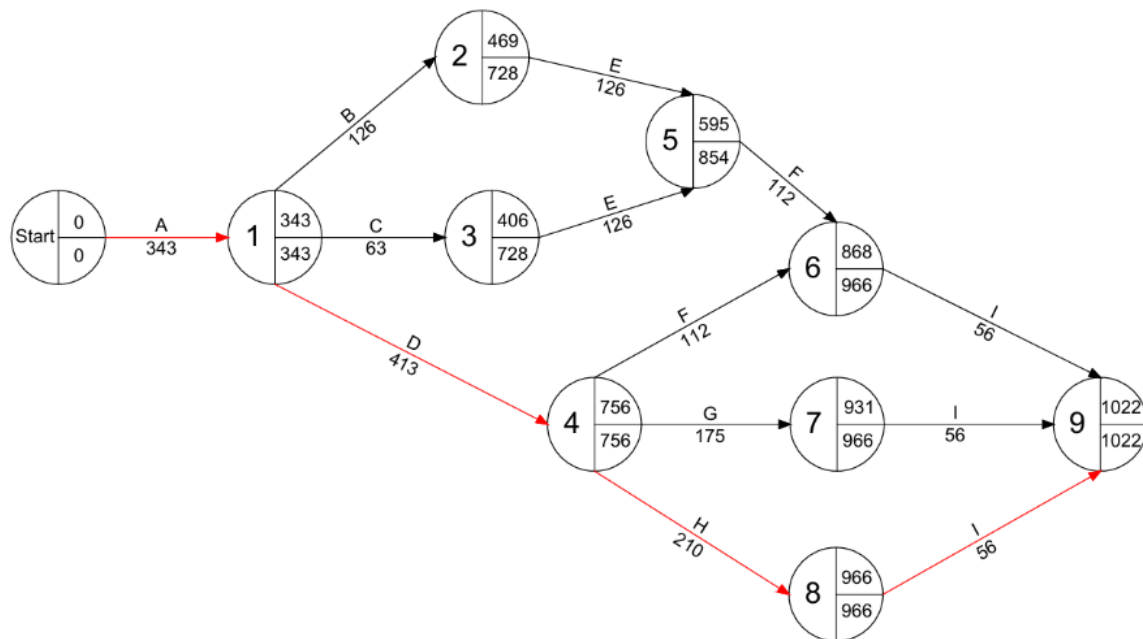
Manajemen waktu dengan *Critical Path Method* (CPM) sering digunakan sebagai salah satu metode untuk mempercepat waktu suatu rangkaian kegiatan, karena dengan menggunakan metode ini dapat diketahui jalur kritis dari rangkaian kegiatan yang harus dilakukan sehingga dapat dipantau serta dikendalikan agar tidak mengalami keterlambatan penyelesaian. Dalam analisis CPM, identifikasi jalur kritis diperlukan hubungan ketergantungan antar kegiatan. Hubungan ketergantungan tersebut menunjukkan urutan pelaksanaan kegiatan yang saling berkaitan. Berikut merupakan tabel identifikasi kegiatan dan hubungan ketergantungan antar kegiatan yang digunakan sebagai dasar penyusunan jaringan kerja.

Tabel 1 Identifikasi Kegiatan

No	Kegiatan	Kode	Durasi (hari)	Predecessor
1	Perkerasan Jalan Akses Kanan	A	343	-
2	Perkerasan Jalan Akses Kiri	B	126	A
3	Box Culvert Jalan Akses Kiri	C	63	A
4	Bangunan Intake Irigasi Kanan	D	413	A
5	Bangunan Intake Irigasi Kiri	E	126	B, C
6	Pekerjaan Tanah Bendungan	F	112	D, E
7	Pekerjaan Drilling dan Grouting	G	175	D
8	Pekerjaan Tubuh Bendungan	H	210	D
9	Perkerasan Puncak Bendungan	I	56	F, G, H

Berdasarkan data di atas kemudian disusun dalam bentuk diagram jaringan kerja (*network planning*) yang menggambarkan hubungan ketergantungan antar kegiatan secara sistematis serta alur urutan pekerjaan selama pelaksanaan proyek. Dari diagram jaringan kerja tersebut dapat diidentifikasi jalur kritis pada garis anak panah berwarna merah yang terdiri dari

rangkaian kegiatan dengan durasi terpanjang. Berikut merupakan gambar diagram jaringan kerja pada Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket II.



Gambar 3 Diagram Jaringan Kerja

Gambar tersebut menunjukkan diagram jaringan kerja pada Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket II yang digunakan untuk menentukan jalur kritis. Berdasarkan gambar di atas, jalur kritis ditunjukkan dengan panah berwarna merah. Dalam mengidentifikasi jalur kritis dapat ditentukan dari rangkaian item pekerjaan yang memiliki kelonggaran waktu atau total *float* = 0. untuk memperoleh nilai tersebut diperlukan beberapa tahapan perhitungan yaitu perhitungan maju (*forward pass*) untuk menentukan waktu mulai dan selesai paling awal. Perhitungan mundur (*backward pass*) diperlukan untuk mengetahui waktu mulai dan selesai paling akhir setiap item pekerjaan. Hasil dari kedua perhitungan tersebut digunakan untuk menghitung total *float* yang menjadi dasar dalam mengidentifikasi jalur kritis. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan *forward pass*, *backward pass*, dan total *float*.

Tabel 2 Perhitungan Total *Float*

No	Kode Kegiatan	Durasi (hari)	Forward Pass		Backward Pass		Total Float	Keterangan
			ES	EF	LS	LF	TF	
1	A	343	0	343	0	343	0	Kritis
2	B	126	343	469	602	728	259	non kritis
3	C	63	343	406	665	728	322	non kritis
4	D	413	343	756	343	756	0	Kritis
5	E	126	469	595	728	854	259	non kritis
6	F	112	756	868	854	966	98	non kritis
7	G	175	756	931	791	966	35	non kritis
8	H	210	756	966	756	966	0	Kritis
9	I	56	966	1022	966	1022	0	Kritis

Tabel tersebut menunjukkan hasil perhitungan *forward pass* dan *backward pass* yang digunakan untuk menentukan nilai total *float*. Apabila kegiatan memiliki nilai total *float* = 0, maka kegiatan tersebut termasuk kegiatan kritis. Berdasarkan hasil perhitungan total *float*, diperoleh jalur kritis proyek terdiri dari kegiatan **A – D – H – I** yaitu item pekerjaan perkerasan jalan akses kanan, bangunan *intake* irigasi kanan, tubuh bendungan, dan perkerasan puncak bendungan dengan total durasi pekerjaan adalah 1.022 hari. Keempat item pekerjaan tersebut memiliki nilai total *float* 0 sehingga jika keterlambatan pada salah satu item pekerjaan di jalur maka akan mengakibatkan keterlambatan keseluruhan durasi proyek.

Analisis Crashing

Setelah memperoleh kegiatan yang berada di jalur kritis, selanjutnya adalah menganalisis percepatan dengan metode *crashing* dengan penambahan jam kerja (lembur). Pada penelitian ini diperoleh jalur kritis berada di item pekerjaan perkerasan jalan akses kanan, bangunan *intake* irigasi kanan, tubuh bendungan, dan perkerasan puncak bendungan. Namun, untuk item pekerjaan perkerasan jalan akses kanan tidak dianalisis percepatannya karena item pekerjaan tersebut telah selesai. Berikut merupakan rincian biaya pada item pekerjaan yang berada di jalur kritis.

Tabel 3 Rincian Biaya

Item Pekerjaan	Durasi (Hari)	Total Biaya	
Bangunan <i>Intake</i> Irigasi Kanan	413	Rp	48.705.416.894,67
Pekerjaan Tubuh bendungan	210	Rp	85.273.459.365,83
Perkerasan Puncak Bendungan	56	Rp	1.868.092.830,14

Berdasarkan tabel tersebut, pekerjaan bangunan *intake* irigasi kanan memiliki durasi terpanjang, yaitu 413 hari dengan total biaya sebesar Rp. 48.705.416.894,67. Pekerjaan Tubuh Bendungan memiliki durasi 210 hari dengan total biaya paling besar, yaitu Rp. 85.273.459.365,83. Sementara itu, perkerasan puncak bendungan memiliki durasi paling singkat, yaitu 56 hari dengan biaya sebesar Rp. 1.868.092.830,14. Berdasarkan data tersebut selanjutnya dilakukan analisis percepatan dengan penambahan jam kerja. Berikut adalah hasil analisis *crashing* dengan penambahan jam kerja 2 jam.

Tabel 4 Perbandingan Durasi

Item Pekerjaan	Durasi Normal (hari)	Durasi Crashing (hari)	Selisih (hari)
Bangunan <i>Intake</i> Irigasi Kanan	413	369	44
Pekerjaan Tubuh bendungan	210	196	14
Perkerasan Puncak Bendungan	56	47	9

Berdasarkan hasil analisis pada tabel diatas, menunjukkan bahwa percepatan dengan penambahan jam kerja selama 2 jam pada Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket II mampu mengurangi total durasi pekerjaan yang berada di jalur kritis sebesar 67 hari. Dengan penerapan percepatan tersebut, durasi total proyek dapat dipersingkat menjadi 955 hari, lebih singkat dibandingkan dengan durasi normal sebelumnya yang mencapai 1.022 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan jam kerja merupakan salah satu alternatif yang efektif untuk mempercepat penyelesaian proyek.

Tabel 5 Perbandingan Biaya

Uraian	Durasi (hari)	Direct Cost	Indirect Cost	Total Cost
Durasi normal	1022	Rp 185.327.101.280,42	Rp 27.799.065.192,06	Rp 213.126.166.472,48
Kondisi Crashing	955	Rp 187.675.763.514,16	Rp 27.191.583.989,24	Rp 214.867.347.503,39
selisih	67	Rp 2.348.662.233,74	Rp 607.481.202,83	Rp 1.741.181.030,91

Pada durasi normal untuk Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket II memerlukan waktu 1.022 hari dengan total biaya sebesar Rp. 213.126.166.472,48. Biaya tersebut terdiri dari biaya langsung (*direct cost*) sebesar Rp. 185.327.101.280,42 dan biaya tidak langsung (*indirect cost*) sebesar Rp. 27.799.065.192,06.

Setelah dilakukan percepatan durasi (*crashing*) durasi proyek berkurang menjadi 955 hari. Percepatan ini menyebabkan terjadinya peningkatan biaya langsung (*direct cost*) menjadi Rp. 187.675.763.514,16. Namun untuk biaya tidak langsung (*indirect cost*) mengalami

penurunan menjadi Rp. 27.191.583.989,24 dikarenakan durasi proyek berkurang sehingga biaya *overhead* juga turun sebesar Rp. 607.481.202,83 dari biaya *overhead* kondisi normal.

Secara keseluruhan total biaya setelah dilakukan percepatan meningkat 0,82% dari biaya pada kondisi normal. Sehingga total biaya adalah sebesar Rp. 214.867.347.503,39. Dengan demikian upaya percepatan ini mengakibatkan kenaikan biaya, namun juga memberikan manfaat berupa penurunan durasi pekerjaan sebesar 67 hari yang dapat memberikan efisiensi waktu dan menghindari keterlambatan waktu pelaksanaan proyek.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa dalam pengendalian waktu dengan metode CPM pada Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket II pekerjaan proyek yang perlu diawasi agar tidak terjadi keterlambatan adalah pekerjaan perkerasan jalan akses kanan, bangunan *intake* irigasi kanan, tubuh bendungan, dan perkerasan puncak bendungan. Sedangkan hasil analisis metode *crashing* dengan penambahan jam kerja selama 2 jam, proyek mengalami percepatan sebesar 6,56% dari durasi awal dengan kenaikan biaya relatif kecil, yaitu 0,82% dari total anggaran awal. Dengan pertimbangan tersebut, percepatan ini di nilai efektif diterapkan sebagai alternatif untuk menghindari keterlambatan penyelesaian proyek.

Pada penelitian yang dilakukan ini hanya menganalisis waktu dan biaya hanya pada pekerjaan struktural. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya diharapkan dapat mencakup seluruh komponen pekerjaan, termasuk pekerjaan bangunan fasilitas serta hidromekanikal dan elektrik, sehingga hasil analisis menjadi lebih lengkap dan detail. Selain itu, hasil penelitian dapat lebih optimal apabila menggunakan lebih banyak alternatif metode *crashing*, berupa penambahan tenaga kerja, penambahan alat berat, atau penerapan sistem kerja *shift*.

Daftar Pustaka

- Alamsyah, M. R., Anhari, R. Z., Aziz, S. N., & Fatikasari, A. D. (2025). Penerapan manajemen konstruksi dalam mengatasi keterlambatan pada proyek konstruksi. *KERN: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.33005/kern.v10i1.3>
- Jamal, & Rezki Ian, M. (2022). Analisis faktor penyebab keterlambatan proyek konstruksi di Indonesia. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 10(1), 1–8.
- Mahendra, M. Y., & Oetomo, W. (2023). Analisis biaya dan waktu menggunakan crashing method pada proyek peningkatan jalan Banyakan–Tiron Kediri. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2).
- Prakash, J. J., & Vidjeapriya, R. (2020). Critical path method and time–cost tradeoff analysis - A review. *International Journal Of Engineering Research And Development*, 16(7), 49–58.
- Rahsa Pramesti, H., Budi Listyawan, A. (2024). Analisis pengendalian waktu dengan metode critical path method (CPM) pada proyek pembangunan Pondok Iqro', Surakarta. *Jurnal Ilmiah Industrikrisna*, 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.61488/industrikrisna.v14i2.637>

- Sa'adah, N., Iqrammah, E., Rijanto, T., & Kegiatan, A. (2021). Evaluasi proyek pembangunan gedung stroke center (Paviliun Flamboyan) menggunakan metode critical path method (CPM) dan crashing. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil*, 3(2), 55–62. <https://doi.org/https://doi.org/10.26740/proteksi.v3n2.p55-62>
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)* Jilid 1. Erlangga.
- Thoengsal, J., & Tumpu, M. (2022). *Metode Optimalisasi Penjadwalan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM)*. Tohar Media. <https://www.researchgate.net/publication/362325239>
- Widiasanti, I., & Lenggogeni. (2013). *Manajemen Konstruksi*. Remaja Rosdakarya.