Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air Vol. 7 No. 1 (2027) 90 - 98
© Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

JTRESDA

Journal homepage: https://jtresda.ub.ac.id/
p-ISSN : 2798-2386 I e-ISSN : 2798-3420

Studi Manajemen Konstruksi Terowongan Pengelak pada Proyek Pembangunan Bendungan Bulango Ulu Gorontalo

Construction Management Study of Diversion Tunnel in the Bulango Ulu Gorontalo Dam Construction Project

Randy Wirawan Arieko Putra[1], **Evi Nur Cahya**[1], **Very Dermawan**[1]

Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Jalan MT.Haryono No.167, Malang, 65145, Indonesia

Korespondensi Email :
randywirawan18@gmail.com

DOI:
https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2027.7.1.8

Kata kunci: *Crashing, Fasttrack,* Manajemen konstruksi, Terowongan Pengelak

***Keywords**: Construction management, Crashing, Diversion Tunnel, Fasttrack*

Article history:
Received: 16-09-2025
Accepted: 20-10-2026

Abstrak: Bendungan Bulango Ulu di Gorontalo merupakan Proyek Strategis Nasional yang bertujuan meningkatkan kapasitas tampungan air, mengurangi risiko banjir, dan menyediakan energi listrik bagi masyarakat. Pembangunan bendungan memerlukan perencanaan dan pengendalian proyek yang efektif agar target waktu dan biaya dapat tercapai. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan membandingkan efektivitas metode *Fast Track* dan Crashing dalam mengoptimalkan durasi pelaksanaan serta efisiensi biaya pada pekerjaan Terowongan Pengelak Bendungan Bulango Ulu. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan analisis optimasi penjadwalan menggunakan metode *Fast Track* dan Crashing berbantuan perangkat lunak Microsoft Project 2021. Data penelitian berupa jadwal proyek, sumber daya, dan biaya yang diperoleh dari data sekunder proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Fast Track* mampu mempercepat durasi proyek sebesar 7% tanpa perubahan biaya dibandingkan biaya kontrak, sedangkan metode Crashing memberikan percepatan durasi sebesar 10% dengan efisiensi biaya sebesar 5% dari total biaya kontrak. Berdasarkan hasil tersebut, metode Crashing merupakan alternatif yang lebih optimal dibandingkan metode *Fast Track* dalam meningkatkan efisiensi waktu dan biaya pada proyek Terowongan Pengelak Bendungan Bulango Ulu.

***Abstract**: Bulango Ulu Dam in Gorontalo is a National Strategic Project aimed at increasing water storage capacity, reducing flood risk, and providing electrical energy for the surrounding communities. The construction of water infrastructure, such as dams, requires effective project planning and control to ensure that project objectives are achieved within the planned time and budget. This study aims to analyze and compare*

**Penulis korespondensi: randywirawan18@gmail.com*

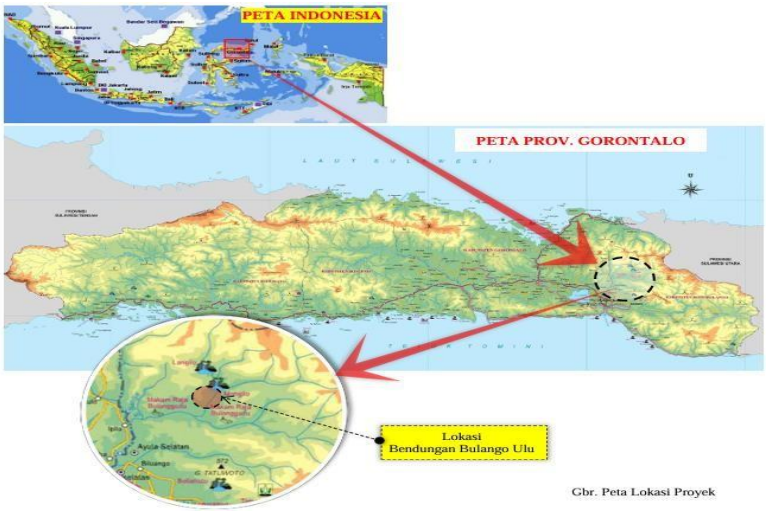
the effectiveness of the Fast Track and Crashing methods in optimizing project duration and cost efficiency for the diversion tunnel construction of the Bulango Ulu Dam. The research employed a quantitative approach using project schedule optimization through the Fast Track and Crashing methods with the assistance of Microsoft Project 2021. The data consisted of project schedules, resource allocation, and cost information obtained from secondary project data. The results indicate that the Fast Track method reduced the project duration by 7% without increasing the contract cost, while the Crashing method achieved a 10% reduction in project duration and improved cost efficiency by 5% of the total contract value. Based on these findings, the Crashing method proved to be more effective than the Fast Track method in optimizing both project duration and cost efficiency for the diversion tunnel construction of the Bulango Ulu Dam

1. Pendahuluan

Bendungan Bulango Ulu di Gorontalo merupakan bagian dari Proyek Strategis Nasional yang bertujuan meningkatkan kapasitas tampungan air, mengurangi risiko banjir, menyediakan air baku, serta mendukung pembangkit listrik tenaga air. Bendungan ini berpotensi menambah suplai listrik sebesar 4,9 MW, dan memiliki luas daerah aliran sungai sebesar 243,19 km² dengan tinggi bendungan mencapai 75 m [1].

Manajemen konstruksi merupakan salah satu aspek penting dalam pelaksanaan proyek karena berperan dalam mengoordinasikan sumber daya, waktu, biaya, mutu, dan risiko agar tujuan proyek dapat tercapai secara efektif. Penerapan manajemen konstruksi yang baik mampu meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek melalui perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian yang sistematis, sehingga target waktu, biaya, dan mutu konstruksi dapat dicapai secara optimal [2]. Pada proyek infrastruktur berskala besar, seperti pembangunan bendungan, pengelolaan proyek yang efektif menjadi semakin penting karena melibatkan berbagai aktivitas yang saling bergantung, penggunaan sumber daya dalam jumlah besar, serta tingkat kompleksitas pekerjaan yang tinggi.

Teknik pengelakan aliran sungai diperlukan pada pelaksanaan konstruksi bendungan agar pekerjaan tidak terganggu oleh aliran air [3]. Pada lembah yang sempit dengan elevasi tinggi, penggunaan Terowongan Pengelak lebih efisien dibandingkan conduit untuk mengalihkan aliran sungai selama pembangunan bendungan utama [4]. Perencanaan Terowongan Pengelak mempertimbangkan berbagai aspek, seperti kondisi geografi, geologi, hidrologi, topografi, dan konfigurasi alur sungai [5]. Tingginya kompleksitas pembangunan Terowongan Pengelak Bendungan Bulango Ulu menuntut perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek yang efektif agar efisien dari segi waktu, biaya, mutu, keselamatan kerja, dan kelestarian lingkungan [6]. Meskipun metode *Fast Track* dan *Crashing* telah banyak diterapkan pada berbagai proyek, kajian mengenai penerapannya pada pekerjaan Terowongan Pengelak Bendungan Bulango Ulu masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis penerapan metode *Fast Track* dan *Crashing* menggunakan *Microsoft Project 2021* untuk memperoleh alternatif penjadwalan yang lebih efisien dari segi durasi dan biaya proyek.



Gambar 1: Lokasi Studi Proyek Pembangunan Bendungan Bulango Ulu Gorontalo

2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Studi

Studi ini berfokus pada konstruksi Terowongan Pengelak sebagai salah satu bagian penting dalam tahap pembangunan bendungan. Dibutuhkan data pendukung untuk studi ini, yang meliputi data sekunder seperti data perencanaan, data teknis proyek, data upah tenaga kerja, biaya sewa alat dan bahan, serta peta daerah studi. Data teknis Terowongan Pengelak pada bendungan ini adalah:

Informasi Teknis Terowongan Pengelak:

a. Tipe Pengelak: Pressure Flow dengan Terowongan Tapal Kuda Diameter: 7 m
b. Elevasi inlet : 51,00
c. Elevasi outlet : 47,50
d. Panjang Terowongan : 477 m
e. Kemiringan : 0,0108
f. Debit inflow (Q50) : 472,40 m^3/dt
g. Debit outflow (Q50) : 350,08 m^3/dt

Elevasi banjir Q50 : 61,60

2.2. Metode

Pada studi ini, apabila seluruh data yang dibutuhkan telah terkumpul, dapat melakukan analisis data. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini meliputi:

1. Studi literatur terkait manajemen konstruksi dan metode optimasi proyek.
2. Pengumpulan data sekunder dari laporan proyek pembangunan Bendungan Bulango Ulu.
3. Menghitung kebutuhan sumber daya [7]
4. Penyusunan jaringan kerja proyek untuk menentukan durasi dasar (baseline) proyek [8].
5. Penerapan metode *Fasttrack* untuk mengidentifikasi kemungkinan percepatan proyek tanpa menambah sumber daya.
6. Penerapan metode *Crashing* dengan menambahkan jam lembur guna mempercepat penyelesaian proyek.
7. Perbandingan hasil optimasi antara metode *Fasttrack* dan *Crashing* berdasarkan lamanya dan biaya proyek.
8. Evaluasi dampak perubahan jadwal terhadap sumber daya tenaga kerja dan alat berat
9. Analisis efektivitas metode percepatan berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan biaya tambahan.
10. Penyusunan kesimpulan dan rekomendasi terkait metode yang paling optimal untuk percepatan proyek Terowongan Pengelak.

2.3. Persamaan

Dalam penelitian ini, salah satu strategi optimasi yang diterapkan untuk mempercepat penyelesaian proyek pembangunan pengelak (*Diversion Tunnel*) pada Bendungan Bulango Ulu di Gorontalo adalah penambahan jam kerja. Regulasi terkait waktu dan kompensasi kerja lembur diatur dalam Pasal 26 Peraturan Pemerintah No. 35 Tahun 2021, yang membatasi durasi kerja lembur hingga maksimal 4 jam per hari atau 18 jam per minggu. Jam kerja standar dalam proyek ini adalah 8 jam per hari selama 7 hari dalam seminggu. Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan batasan regulasi, proyek ini menerapkan tambahan jam kerja lembur sebesar 2 jam per hari. Selanjutnya, Pasal 31 dalam peraturan yang sama menetapkan perhitungan upah lembur sebagai berikut:

$$upah\ normal\ perjam = \frac{\text{upah normal}}{\text{jumlah jam kerja}} \quad \textbf{Pers 1}$$

$$upah\ lembur = 1{,}5\ x\ upah\ normal\ perjam \quad \textbf{Pers}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Logika Ketergantungan Kerja

Dalam proyek pembangunan pengelak (*Diversion Tunnel*) pada Bendungan Bulango Ulu Gorontalo, keterkaitan antar pekerjaan bersifat dinamis, di mana beberapa aktivitas berlangsung secara simultan, sementara lainnya bergantung pada penyelesaian tugas tertentu sebelum dapat dimulai. Dalam penelitian ini, hubungan ketergantungan antar pekerjaan serta *predecessor* (aktivitas pendahulu) dianalisis dan disusun menggunakan perangkat lunak di komputer. Hasil pemodelan logika ketergantungan kerja dalam proyek ini dapat dirangkum sebagai berikut:

Tabel 1: Logika Ketergantungan Kerja Proyek

Kode	Uraian Pekerjaan	Durasi	Prodecessors	Logika Ketergantungan
III	**Pekerjaan Pengelakan**			
3.1.	**Dewatering**	300	3.3.4	SS
3.2.	**Pekerjaan Temporary Cofferdam Hulu Dan Hilir**	90	3.4.1	SS
3.3.	**Pekerjaan Tanah Diversion Tunnel**	300		
3.4.	**Pekerjaan Beton Dan Proteksi**	**330**	3.8.1	SS
3.5.	**Pekerjaan Drilling Dan Grouting**	**60**	3.4.2	SS+28 days
3.6.	**Pekerjaan Diafragma Wall**	**180**	3.2.2	SS + 50%
3.7.	**Plugging**	**30**	3.6.2	FS
3.8.	**Pekerjaan Penunjang Shotcrete Dan Lain-Lain**	**180**	3.3.3	FS

Pada Tabel 1 di atas menunjukkan contoh logika ketergantungan antar aktivitas pekerjaan pada proyek pembangunan Terowongan Pengelak. Seluruh jaringan pekerjaan proyek dimodelkan menggunakan *Microsoft Project 2021*. Kolom kode merupakan identitas setiap aktivitas, sedangkan *Predecessor* menunjukkan aktivitas pendahulu yang menjadi dasar pembentukan jaringan kerja proyek. Hubungan ketergantungan tersebut membentuk jaringan kerja proyek dan menjadi dasar dalam penentuan lintasan kritis yang selanjutnya digunakan pada analisis metode *Fast Track* dan *Crashing*.

Tabel 2. Lintasan Kritis

Kode	Uraian Pekerjaan	Predecessor
3.2.1	Galian Tanah Biasa (dengan alat berat diangkut ke disposal jarak 500 - 1000 m)	3.4.1
3.2.2	Timbunan Material Random Batu dipadatkan dari Stockpile maksimum 1 km	3.2.1
3.3.1	Clearing & Grubbing di buang ke disposal dengan jarak 500 - 1000 m	
3.3.2	Galian Tanah Biasa (dengan alat berat diangkut ke disposal jarak 500 - 1000 m)	3.3.1
3.3.3	Galian Batu dengan mekanis diangkut ke stockpile L =500 -1000 m	3.3.2
3.3.4	Galian Terowongan - All Classes Material (Blasting) diangkut ke stockpile L =500 -1000 m	3.3.3
3.4.1	Beton K-225 Tipe A untuk Struktur Inlet/Outlet	3.4.3
3.4.2	Beton K-225 Tipe B untuk lining Terowongan	3.4.5
3.4.3	Beton K-225, untuk lantai kerja	3.4.2
3.4.4	Besi Tulangan Beton ulir	3.8.1
3.4.5	Bekisting expose (tipe A)	3.4.6
3.4.6	Bekisting non expose (tipe A)	3.4.7
3.4.7	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	3.4.9
3.4.9	Joint Filler, t = 20 mm	3.4.4
3.6.1	Pekerjaan Diafragma Wall (hulu)	3.6.3
3.6.2	Pekerjaan Diafragma Wall (hilir)	3.6.1
3.6.3	Pengeboran lubang diafragma Wall (Hulu dan Hilir)	3.2.2
3.7.1	Beton K-300 Tipe B untuk plugging terowongan	3.7.3
3.7.2	Water Cooling System Plugging	3.6.2
3.7.3	Bekisting non expose	3.7.2
3.8.1	Shotcrete inlet dan outlet dan di dalam terowongan t = 100 mm	3.8.4
3.8.2	Steel wire mesh, 150 x 150 x 5,mm	3.8.3
3.8.3	Steel Support 125 x 125 x 6,9 x 9	3.3.4
3.8.4	Rock bolts, besi ulir D25, di dalam terowongan	3.8.2

Tabel 2 menyajikan aktivitas yang termasuk dalam lintasan kritis proyek. Aktivitas pada lintasan kritis merupakan rangkaian pekerjaan yang memiliki hubungan ketergantungan (*predecessor*) secara berurutan tanpa memiliki kelonggaran waktu (*float*), sehingga setiap keterlambatan pada salah satu aktivitas akan berdampak langsung terhadap durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan. Berdasarkan hasil identifikasi, aktivitas pada lintasan kritis diprioritaskan dalam proses optimasi karena perubahan durasi pada aktivitas tersebut akan memberikan pengaruh langsung terhadap waktu penyelesaian proyek [9]. Dalam penelitian ini, optimasi dilakukan menggunakan dua metode, yaitu *Fast Track* dan *Crashing,* yang diterapkan pada aktivitas-aktivitas dalam lintasan kritis.

3.2. Metode *Fasttrack*

Penerapan optimasi manajemen konstruksi yang efektif mampu meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek serta mendukung tercapainya target waktu, biaya, dan mutu konstruksi [10]. Untuk mengatasi potensi keterlambatan, optimasi proyek dapat dilakukan dengan metode *Fasttrack*. Metode ini diterapkan pada beberapa pekerjaan kritis yang sebelumnya diselesaikan secara berurutan atau satu per satu, akan dilakukan optimasi agar dimulai secara bersamaan untuk mempercepat waktu penyelesaiannya [11]. Dengan syarat, kondisi antara aktivitas pekerjaan – pekerjaan tersebut harus realistis dan logis untuk dijalankan secara bersamaan [12]. Berikut ini adalah hasil optimasi proyek pembangunan Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*) pada Bendungan Bulango Ulu Gorontalo dengan metode *Fasttrack*.

Tabel 3: Optimasi Percepatan Metode *Fast Track*

Kode	Uraian Pekerjaan	Predecessor	LogikaKetergantungan sebelum	sesudah
3.2.2	Timbunan material random batu dipadatkan dari stockpile maksimum 1 km	3.2.1	SS+50%	SS+25%
3.4.3	Beton k-225, untuk lantai kerja	3.4.2	SS+60%	SS+50%
3.6.3	Pengeboran lubang diafragma wall (hulu dan hilir)	3.2.2	SS+50%	SS+25%

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa tidak semua aktivitas pada lintasan kritis dioptimasi menggunakan metode *Fast Track*. Logika ketergantungan pekerjaan yang diubah adalah pekerjaan yang ada pada lintasan kritis dan memiliki waktu tunggu yang cukup lama serta logis untuk dilakukan perubahan terhadap kondisi di lapangan [13], sedangkan aktivitas lainnya tetap dipertahankan karena tidak memiliki waktu tunggu yang dapat dioptimalkan atau berpotensi mengganggu pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Seperti halnya pada pekerjaan Pengeboran lubang *Diafragma Wall* (Hulu dan Hilir). Perubahan ketergantungan SS+50% menjadi SS+25%, menunjukkan bahwa aktivitas berikutnya dapat dimulai ketika aktivitas pendahulu mencapai progres 25%, Pengurangan *lag time* tersebut memungkinkan percepatan durasi proyek tanpa penambahan sumber daya, dengan tetap mempertimbangkan kondisi ruang kerja lapangan dan kelayakan pelaksanaan. Prinsip yang sama diterapkan pada pekerjaan-pekerjaan lainnya yang mempunyai waktu tunggu lama, sehingga dapat dipercepat dengan cara mengurangi waktu tunggunya selama logis dengan mempertimbangkan kondisi di lapangan

3.3. Metode *Crashing*

Metode *Crashing* merupakan strategi yang digunakan untuk mempercepat penyelesaian suatu proyek dengan mengorbankan tambahan biaya agar dapat diselesaikan lebih singkat dalam waktu dibandingkan dengan jadwal awal. Dalam penerapannya, percepatan proyek melalui metode *Crashing* dapat dilakukan melalui berbagai alternatif, seperti penambahan jumlah tenaga kerja, penggunaan alat berat tambahan, peningkatan jam kerja lembur, atau penerapan shift malam [14]. Pada studi ini, optimasi *Crashing* yang dilakukan adalah dengan menambahkan jam kerja lembur guna mempercepat penyelesaian proyek pembangunan Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*) pada Bendungan Bulango Ulu Gorontalo, sehingga proyek dapat diselesaikan lebih singkat daripada dengan jadwal yang telah ditetapkan dalam kontrak.

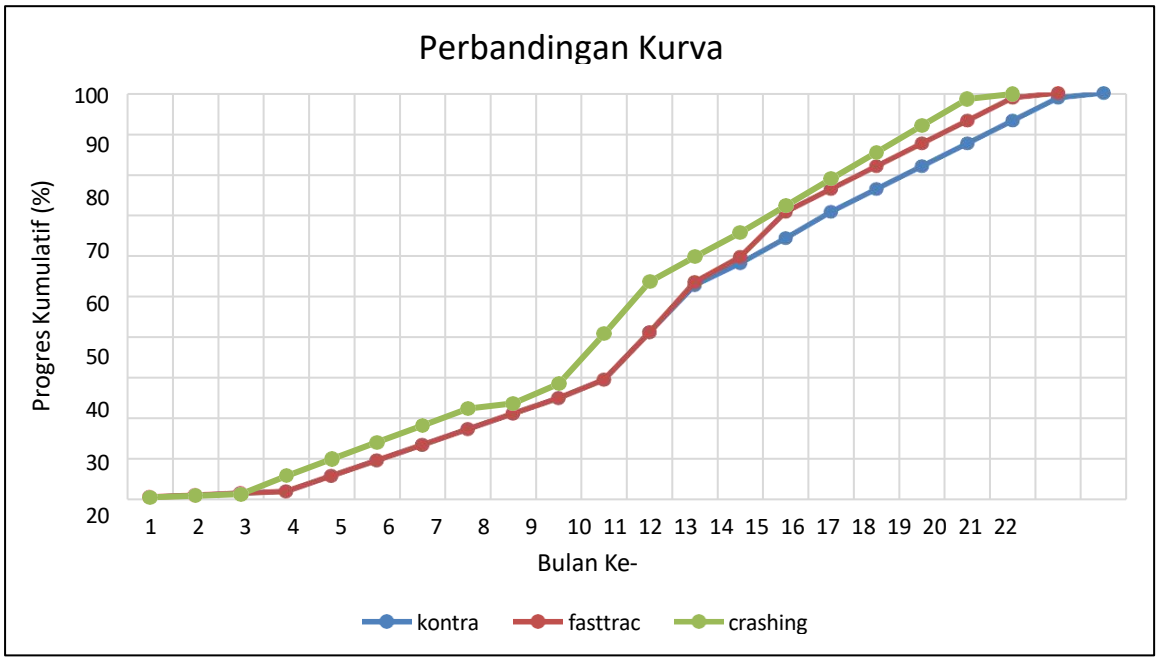
Tabel 4: Perhitungan Upah Lembur sebagai Dasar Penerapan Metode Crashing

No.	Tenaga Kerja	Upah Dasar		Upah Lembur			Lembur per-Jam
		Per-Hari	Per-Jam	Jam I	Jam ke II	Total	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Mandor	275.000,00	34.375,00	51.562,50	68.750,00	189.062,50	**46.406,25**
2	Agitator Truck, 5 m3	407.040,00	50.880,00	76.320,00	101.760,00	279.840,00	**68.688,00**

Dalam penelitian ini, penambahan jam lembur hanya diterapkan pada aktivitas yang berada di lintasan kritis sehingga peningkatan biaya difokuskan pada pekerjaan yang memberikan pengaruh langsung terhadap percepatan durasi proyek. Pada Tabel 4 ditunjukkan contoh perhitungan upah lembur per jam yang mengacu pada Pasal 31 Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021. Berdasarkan ketentuan tersebut, upah lembur untuk satu jam pertama dihitung sebesar 1,5 kali upah per jam, sedangkan jam kedua sebesar 2 kali upah per jam [15]. Total upah lembur diperoleh dari penjumlahan kedua komponen tersebut. Selanjutnya, upah per jam setelah penambahan lembur dihitung dengan menjumlahkan total upah lembur dan upah kerja normal selama 8 jam, kemudian dibagi dengan total jam kerja harian setelah lembur, yaitu 10 jam. Penambahan 2 jam kerja memiliki konsekuensi biaya tenaga kerja mengalami peningkatan, namun peningkatan biaya tersebut diimbangi dengan berkurangnya durasi proyek sehingga secara keseluruhan metode Crashing masih menghasilkan efisiensi waktu yang lebih besar dibandingkan tambahan biaya yang dikeluarkan [16].

3.4 Evaluasi Hasil Optimasi

Pada penelitian ini, percepatan proyek pembangunan Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*) pada Bendungan Bulango Ulu Gorontalo dilakukan melalui dua metode optimasi, yakni *Fasttrack* dan *Crashing*. Penerapan metode *Fasttrack* memungkinkan proyek dipercepat dengan meningkatkan produktivitas melalui pemangkasan waku tunggu pada beberapa pekerjaan. Sementara itu, metode *Crashing* dilakukan dengan melakukan penambahan jam lembur, yang berdampak pada peningkatan produktivitas dan menghasilkan durasi proyek yang lebih singkat dibandingkan dengan jadwal yang terdapat pada kontrak.



Gambar 2: Perbandingan Kurva S Jadwal Kontrak, *Fast Track*, dan Crashing

Perubahan biaya akibat optimasi menyebabkan pergeseran bobot kumulatif pada setiap tahapan pekerjaan, yang berdampak pada distribusi progres proyek secara keseluruhan [17]. Pada Gambar 2 di atas menunjukkan perbandingan kurva S antara jadwal kontrak, metode *Fast Track*, dan *Crashing*. Kurva hasil metode Crashing memiliki kemiringan yang lebih besar dibandingkan jadwal kontrak mulai bulan ke-11 hingga ke-18. Hal ini menunjukkan peningkatan laju penyelesaian pekerjaan akibat penambahan jam kerja lembur. Sebaliknya, kurva *Fast Track* mengalami percepatan yang lebih bertahap karena optimasi hanya dilakukan melalui perubahan logika ketergantungan pekerjaan tanpa penambahan sumber daya.

Tabel 5: Perbandingan Hasil Optimasi Metode *Fast Track* dan *Crashing*

Parameter	Kontrak	*Fast Track*	*Crashing*
Durasi (Hari)	660	615	593.15
Percepatan	-	45 Hari	66.85 Hari
Efektivitas	-	7%	10%
Biaya	100%	100%	95%

Pada metode *Fasttrack*, perubahan dilakukan dengan mengurangi waktu tunggu pada logika ketergantungan pekerjaan, sehingga durasi proyek berkurang menjadi 615 hari kerja dimana lebih cepat 45 hari atau 7% lebih efisien dibandingkan durasi kontrak. Sementara itu, metode *Crashing* diterapkan dengan menambahkan 2 jam lembur per hari, yang meningkatkan produktivitas sumber daya dan mempercepat penyelesaian proyek menjadi 593,15 hari kerja dimana lebih cepat 66,85 hari atau sekitar 10% lebih efisien dari durasi kontrak. Perubahan bentuk kurva S tersebut menunjukkan bahwa kedua metode optimasi mampu menghasilkan percepatan guna efisiensi pelaksanaan proyek,

namun metode *Crashing* memberikan hasil percepatan yang lebih signifikan dibandingkan metode *Fast Track.*

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukan bahwa penerapan metode *Fast Track* dan *Crashing* menggunakan aplikasi *Microsoft Project Manager* 2021 mampu menghasilkan alternatif penjadwalan yang lebih efisien dibandingkan jadwal kontrak pada proyek pembangunan Terowongan Pengelak Bendungan Bulango Ulu. Durasi kontrak pada pelaksanaan proyek adalah 660 hari kalender. Metode *Fasttrack* menghasilkan percepatan durasi proyek sebesar 7% tanpa perubahan biaya kontrak. Sementara itu, metode *Crashing* menghasilkan percepatan durasi sebesar 10% disertai efisiensi biaya sebesar 5% dibandingkan biaya kontrak. Perbandingan antara kedua metode tersebut menunjukkan bahwa metode *Crashing* lebih optimal karena memberikan percepatan durasi yang lebih besar sekaligus menghasilkan efisiensi biaya yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Fast Track.*

Daftar Pustaka

[1] SNVT Pelaksanaan Jaringan Sumber Air Sulawesi II. (2022). *Metode Pelaksanaan Pembangunan Bendungan Bulango Ulu Paket-II (MYC) di Kabupaten Bone Bolango*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

[2] L. Jiao, "Analysis of the Application of Refined Management in Engineering Construction Management Based on the Computer Dynamic Network System," Journal of Physics: Conference Series, vol. 1744, no. 3, p. 032156, 2021.

[3] C. Y. Wicaksana, "Studi Perencanaan Terowongan Pengelak Bendungan Lubuk Ambacang Kecamatan Hulu Kuantan Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau," J. Tek. Pengair., 2018.

[4] Akhdan Wiyata, F., Heri Suprijanto, & Andre Primantyo Hendrawan. (2023). Studi Perencanaan Konduit Pengelak Bendungan Wairoro Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara. Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air, 3(2), 428–439.

[5] Pangestu, I. D., Pitojo Tri Juwono, & Jadfan Sidqi Fidari. (2023). Studi Alternatif Penjadwalan Pelaksanaan Pekerjaan Bangunan Utama (Main Dam) Dan Pengelak/Terowongan Bendungan Ladongi, Kec. Ladongi, Kab. Kolaka Timur, Prov. Sulawesi Tenggara Menggunakan Microsoft Project Manager 2016. Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air, 3(2), 407–415.

[6] E. N. Parfenova, Zh. N. Avilova, and A. N. Ganzha, "Lean Construction – An Effective Management System in the Construction Industry," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 945, no. 1, p. 012012, 2020

[7] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, "Peraturan Pemerintah No. 28/PRT/M/2016TentangPedomanAnalisisHargaSatuanPekerjaanBidangPekerjaanUmum," *Kementeri. Pekerj. Umum*, 2016.

[8] Ali, Tubagus Header. (1995). Prinsip-prinsip Network Planning. Jakarta: Gramedia Callahan, Michael T. et.al. (1992). Construction Project Scheduling. New York: Mc Grow Hill

[9] F. S. Blaga, A. Pop, V. Hule, A. Karczis, and D. Buzdugan, "Using Critical Path Method for a New Project Scheduling – The Case of a New Product Launch in Production," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 1009, no. 1, p. 012005, 2021.

[10] Al Ghozali, M. F., & Marsudi, S. (2021). Studi Perencanaan Manajemen Pelaksanaan Penjadwalan Pembangunan Konstruksi Bangunan Intake dan Jaringan Pipa Transmisi Air Baku di Kecamatan Kotabangun Kabupaten Kutai Kartanegara. Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air, 1(2), 405–416.

[11] Neditia, Dwandika V et.al, “Studi Perencanaan Jadwal Pelaksanaan Konstruksi Main Dam dan Bangunan Pelimpah (Spillway) Pada Bendungan Gondang Kabupaten Karanganyar Provinsi Jawa Tengah Dengan Menggunakan Microsoft Project Manager 2016,” Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan. Vol.2 No.2, 2019

[12] A. W. Firdaus, P. T. Juwono, and E. N. Cahya, "Studi Manajemen Konstruksi Rehabilitasi Saluran Irigasi Mrican Kabupaten Jombang Dengan Metode *Fasttrack* dan *Crashing*," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 3, no.1, pp. 263-273, 2023.

[13] Rizal, “Studi Manajemen Konstruksi Proyek Rehabilitasi Bendungan Simo di Kabupaten Grobogan dengan Menggunakan Program Microsoft project Manager 2016,” *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air.* Vol.2 No.1, 2022

[14] Manalu, M. G., Pitojo Tri Juwono, & Evi Nur Cahya. (2024). Studi Penjadwalan Pelaksanaan Konstruksi Conduit Pengelak dan Cofferdam Bendungan Cibeet Kabupaten Bogor. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(2), 1407–1415.

[15] Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021 tentang Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja, Waktu Istirahat, dan Pemutusan Hubungan Kerja*. Jakarta: Lembaran Negara Republik Indonesia.

[16] R. Natawidjana and S. Nurasiyah, "Study of Labor Cost Escalation in Delay Projects," Journal of Physics: Conference Series, vol. 1469, no. 1, p. 012034, 2020.

[17] F. D. Ariyanti, A. C. Putri, and D. A. Ningtyas, "Implementation of Lean Construction and Critical Chain Project Management (CCPM) for Waste Management and Work Estimation on the Ciawi Dam Construction Project," IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 794, no. 1, p. 012074, 2021