

Crash Program Sebagai Pertimbangan Pengambilan Keputusan dalam Upaya Mitigasi Keterlambatan Proyek Konstruksi

Refse Nesen¹, Ashar Saputra^{1*}, Arief Setiawan Budinugroho¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: saputra@ugm.ac.id

INTISARI

Keterlambatan pekerjaan (*project delay*) dalam pelaksanaan proyek konstruksi merupakan salah satu masalah serius yang menimbulkan berbagai dampak negatif. Keterlambatan tersebut dapat mengakibatkan kerugian ekonomi, peningkatan biaya, perselisihan, arbitrase, kegagalan proyek, serta penurunan kualitas proyek. Penelitian ini menganalisis penerapan metode *crash program* sebagai solusi percepatan proyek yang telah diimplementasikan pada sebuah proyek nyata. Untuk mendukung analisis tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan metode simulasi komparatif guna mengeksplorasi perbandingan antara empat skenario pelaksanaan proyek yang menerapkan *crash program* melalui alternatif penambahan jumlah tenaga kerja dan jam kerja (lembur/dua *shift* kerja). Hasil analisis menunjukkan bahwa strategi *crash program* pada Skenario 1 (*base line*) terbukti berhasil menjamin proyek selesai tepat waktu dan menghindarkan penyedia jasa dari denda keterlambatan, meskipun terdapat peningkatan biaya akibat lembur. Total biaya upah tenaga kerja pada Skenario 1 sebesar Rp1.218.090.000,00 (16% dari nilai kontrak) dengan waktu pelaksanaan selama 240 hari. Sebaliknya, Skenario 2 dan 3 menunjukkan bahwa pelaksanaan proyek tanpa pengendalian waktu justru menyebabkan peningkatan total biaya akibat akumulasi denda keterlambatan. Total biaya pada Skenario 2 mencapai Rp1.470.543.157,48 (19% dari nilai proyek) dengan waktu pelaksanaan 290 hari, sedangkan Skenario 3 mencapai Rp1.603.133.898,26 (21% dari nilai proyek) dengan waktu pelaksanaan 322 hari. Skenario 4 menjadi alternatif paling efektif dan efisien, dengan waktu pelaksanaan 240 hari dengan total biaya hanya sebesar Rp929.853.000,00 (12% dari nilai kontrak). Temuan menunjukkan bahwa strategi percepatan proyek yang tidak seimbang antara produktivitas, jam kerja, dan tenaga kerja dapat menyebabkan lonjakan biaya.

Kata kunci: *Crashing*, Denda Keterlambatan, Keterlambatan Proyek, Percepatan proyek.

1 PENDAHULUAN

Keterlambatan pekerjaan (*project delay*) dalam pelaksanaan proyek konstruksi merupakan salah satu masalah serius yang menimbulkan berbagai dampak negatif bagi proyek dan pihak-pihak yang terlibat dalam didalamnya. Keterlambatan tersebut dapat mengakibatkan kerugian ekonomi, peningkatan biaya, perselisihan, arbitrase, proyek yang tidak terselesaikan (*project failure*), serta penurunan kualitas proyek (Samarah & Bekr, 2016; Sajiah, 2020). Kehilangan sumber daya keuangan dan tantangan dalam menyelesaikan permasalahan keterlambatan pekerjaan dan pembengkakkan biaya (*time and cost overrun*) ini, telah membuat akademisi, politisi, dan industri konstruksi semakin sadar akan kebutuhan akselerasi proyek (Larsen et al., 2016).

Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan untuk mengkaji masalah keterlambatan dalam proyek konstruksi. Keterlambatan proyek konstruksi di negara Arab mencapai 70% dengan hanya 30% proyek konstruksi yang menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan target rencana yang dijadwalkan (Assaf & Al-Hejji, 2006). Keterlambatan proyek juga terjadi di negara Malaysia, yang menyebabkan 17.3% proyek konstruksi mengalami penundaan serah terima bahkan sampai terbengkalai (Sambasivan & Soon, 2007).

Keterlambatan proyek juga terjadi di banyak negara-negara berkembang salah satunya di Indonesia. Keterlambatan pekerjaan di Indonesia sering terjadi di beberapa daerah. Menurut penelitian Rita et al., (2022), 66,7% dari 24 paket pekerjaan konstruksi jalan pada Dinas Pekerjaan Umum dan Perencanaan Tata Ruang Provinsi Sumatera Barat Indonesia pada tahun 2018 telah mengalami keterlambatan. Penelitian Rauzana & Dharma, (2022) juga mengidentifikasi telah terjadi keterlambatan proyek di Aceh yang sangat berpengaruh terhadap tolak ukur keberhasilan proyek konstruksi. Hutahaen et al., (2022) mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya keterlambatan konstruksi di Papua.

Keterlambatan proyek merupakan peristiwa ketidakmampuan dalam memastikan efisiensi kerja dan produktivitas kerja sesuai dengan jadwal yang telah disepakati (Tariq & Gardezi, 2023). Keterlambatan proyek merupakan salah satu sebab timbulnya klaim konstruksi dan kebanyakan masalah tersebut tidak ditangani secara tepat awal

proyek konstruksi dilaksanakan (Islam & Trigunarsyah, 2017). Keterlambatan proyek konstruksi selain menimbulkan klaim konstruksi juga menyebabkan peningkatan biaya konstruksi. Penelitian yang dilakukan oleh Idrees & Shafiq, (2021) menjelaskan bahwa keterlambatan proyek konstruksi di negara Malaysia menyebabkan peningkatan pembengkakan biaya konstruksi sebesar 55% dari biaya rencana.

Waktu merupakan salah satu parameter yang menjadi tolak ukur dalam keberhasilan suatu proyek konstruksi. Keberhasilan atau kegagalan pelaksanaan proyek sering kali juga disebabkan karena perencanaan yang kurang matang dan pengendalian yang tidak efektif, sehingga kegiatan proyek menjadi tidak efisien. Akibatnya, penyelesaian proyek mengalami keterlambatan (Wijaya & Widiasanti, 2024). Jadwal proyek yang tidak terkelola dengan baik berpotensi menyebabkan penundaan dan kerugian (Durdyev & Hosseini, 2020). Menurut Rauzana & Dharma, (2022) percepatan menjadi hal yang sangat penting untuk mengatasi keterlambatan proyek konstruksi. Keterlambatan penyelesaian proyek merugikan dalam hal biaya dan waktu. Untuk itu, pemangku kepentingan harus merencanakan penjadwalan yang efisien untuk menghindari penundaan dan peningkatan biaya. Penjadwalan proyek melibatkan penetapan durasi kegiatan, sumber daya, tenaga kerja, serta waktu yang dibutuhkan untuk setiap aktivitas.

Proyek konstruksi yang mengalami keterlambatan pada saat perencanaan maupun pelaksanaan dapat diatas menggunakan metode *crash program*, yaitu teknik percepatan waktu yang berfokus pada aktivitas di lintasan kritis dengan menambahkan sumber daya atau memperpanjang durasi kerja, seperti lembur, untuk mempersingkat waktu penyelesaian proyek (Hakim et al., 2023). Metode ini menghitung biaya tambahan (*cost slope*) pada setiap aktivitas kritis untuk memastikan percepatan yang optimal dengan konsekuensi biaya yang terukur, sehingga menghasilkan jadwal proyek yang lebih efisien tanpa mengorbankan kualitas pekerjaan.

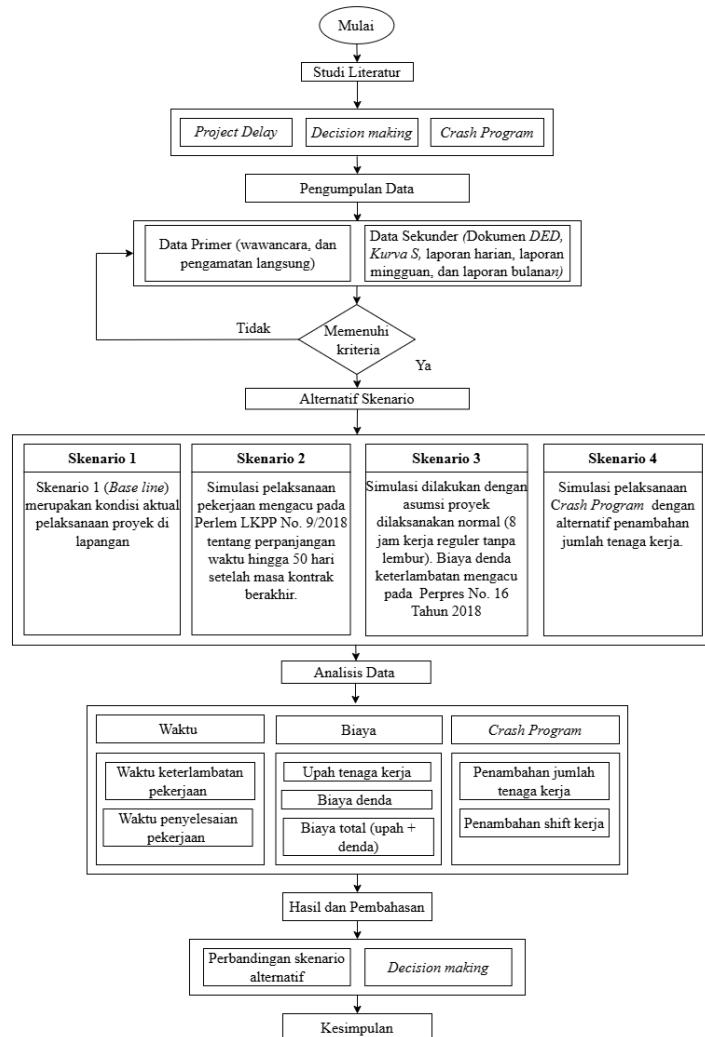
Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hakim et al., (2023) menunjukkan bahwa metode *crashing* proyek berhasil mengurangi durasi hingga 66 hari (31,43%) dan menghemat biaya sebesar Rp20.770.351 (0,15% dari total anggaran). Hasil penelitian oleh Ningrum et al., (2017) metode *crashing*, dengan alternatif penambahan jam kerja mengurangi total biaya sebesar Rp1.012.856.772,54 (1,12%) dengan durasi menjadi 392 hari. Sementara itu metode *crashing* dengan alternatif *shift* kerja menghemat Rp1.240.492.176,44 (1,37%) dengan durasi lebih singkat, yaitu 382 hari. Penelitian yang dilakukan oleh Adi et al., (2016) menunjukkan bahwa skenario 1 mempercepat proyek 12 hari dengan biaya naik 0,51% melalui percepatan kolom di lintasan kritis, skenario 2 mempercepat 15 hari dengan biaya naik 2,83% pada pelat lantai dan balok, sementara skenario 3 mempercepat 27 hari dengan biaya naik 3,30% dengan fokus pada kolom, pelat lantai, dan balok di lintasan kritis.

Penelitian ini mengeksplorasi perbandingan antara beberapa skenario pelaksanaan proyek yang menerapkan *crash program* dengan berbagai simulasi alternatif pelaksanaan. Analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan komprehensif mengenai perbandingan (*trade-off*) antara waktu dan biaya, serta mengidentifikasi strategi optimal yang tidak hanya menyelesaikan proyek tepat waktu namun juga paling efisien secara finansial. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi berharga bagi pengambilan keputusan dalam mitigasi keterlambatan proyek-proyek konstruksi serupa di masa mendatang.

2 METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi metode simulasi komparatif dengan pendekatan kuantitatif. Prosedur diawali dengan identifikasi empat skenario pelaksanaan proyek berdasarkan data aktual dan asumsi relevan. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data terkait jumlah tenaga kerja harian, hari kerja per minggu, sistem *shift*, dan harga satuan upah. Data ini kemudian digunakan untuk menghitung kebutuhan tenaga kerja mingguan dan biaya upah tenaga kerja per minggu. Selain itu, perhitungan denda keterlambatan juga dilakukan berdasarkan durasi keterlambatan dan nilai kontrak.

Tahap akhir metode penelitian melibatkan analisis komparatif biaya-waktu dari keempat skenario, membandingkan waktu realisasi proyek, total upah, total denda, dan total biaya keseluruhan, dengan asumsi faktor-faktor lain yang memengaruhi produktivitas diabaikan. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai cara-cara efektif untuk mengurangi durasi proyek tanpa menambah biaya yang signifikan. Tahapan metode penelitian secara detail dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode penelitian

2.1 Produktivitas Proyek

Produktivitas proyek didefinisikan sebagai tingkat efisiensi penggunaan sumber daya (seperti tenaga kerja, material, waktu dan biaya) untuk menghasilkan *output* atau hasil dalam periode waktu tertentu. Secara sederhana produktivitas proyek adalah perbandingan antara *output* dan *input* kegiatan (Durdyev & Hosseini, 2020). Pengukuran produktivitas tidak hanya terbatas pada tenaga kerja (*labor productivity*), tetapi juga mencakup efisiensi alat berat (*equipment productivity*) dan manajemen waktu (*schedule efficiency*). Produktivitas proyek sangat penting karena memengaruhi waktu penyelesaian, biaya, dan kualitas hasil akhir, serta menjadi indikator utama keberhasilan manajemen proyek (Shehata & El-Gohary, 2011). Produktivitas pekerjaan dapat dihitung dengan mengacu pada SNI 7394:2023 yang mengacu pada persamaan 1.

$$Produktivitas harian = \frac{Volume Pekerjaan}{Durasi normal} \quad (1)$$

2.2 Man power dan Man days

Man power merujuk pada seluruh sumber daya manusia yang terlibat dalam pelaksanaan suatu proyek untuk menyelesaikan tugas atau tujuan dalam waktu tertentu (Srinivasan et al., 2023). *Man power* mencakup semua individu yang terlibat dalam proyek mulai dari pekerja lapangan, mandor, kepala tukang, hingga staf teknis seperti pelaksana lapangan dan petugas K3. Kinerja *man power* secara langsung memengaruhi produktivitas proyek. Seperti yang disebutkan dalam penelitian, produktivitas *man power* dapat bervariasi (misalnya, 100% pada *shift* reguler dan 50% pada *shift* lembur) yang perlu diperhitungkan. *Man days* merupakan jumlah total hari kerja yang didapat dari jumlah tenaga kerja dikalikan durasi kerja.

2.3 Normal duration

Normal duration merupakan total waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan setiap aktivitas proyek dengan cara efisien tanpa adanya penambahan jam kerja atau alternatif lainnya (Ningrum et al., 2017). Informasi mengenai rincian dan jumlah tenaga kerja, diperoleh dari *stakeholder* proyek terkait. *Normal duration* dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$\text{Normal duration} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\frac{1}{\text{Koefisien}} \times \text{Jumlah tenaga kerja}} \quad (2)$$

Durasi pekerjaan mempunyai hubungan yang linear dengan volume pekerjaan dan berbanding terbalik dengan jumlah tenaga kerja. Volume pekerjaan yang banyak akan membuat durasi pekerjaan menjadi lebih lambat. Durasi pekerjaan yang lama dapat dipersingkat dengan melakukan penambahan tenaga kerja.

2.4 Crash Duration

Crash duration merupakan total waktu percepatan atau durasi minimal yang dapat dilakukan pada aktivitas kritis sehingga proyek secara keseluruhan dapat dipercepat, yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi ketersediaan sumber daya bukan merupakan hambatan (Turkoglu et al., 2020). Suatu pekerjaan dapat dipercepat apabila menerapkan strategi tertentu, misalnya penambahan jam kerja maupun penambahan jumlah tenaga kerja ataupun alat berat. *Crash duration* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3 (Fernando, 2020).

$$CD = \frac{\text{Vol. pekerjaan}}{(ph+pl)} \quad (3)$$

$$ph = \frac{1}{\text{koefisien}} \times \text{jumlah tenaga kerja} \quad (4)$$

$$pl = \frac{ph}{jn} \times jl \times kl \quad (5)$$

Dengan *ph* adalah produktivitas per hari apabila pekerja melakukan pekerjaannya secara normal dan *pl* merupakan produktivitas per hari apabila pekerja melakukan pekerjaannya secara lembur. Nilai *jn* adalah total jam kerja normal, *jl* adalah total jam kerja lembur, dan *kl* adalah koefisien lembur.

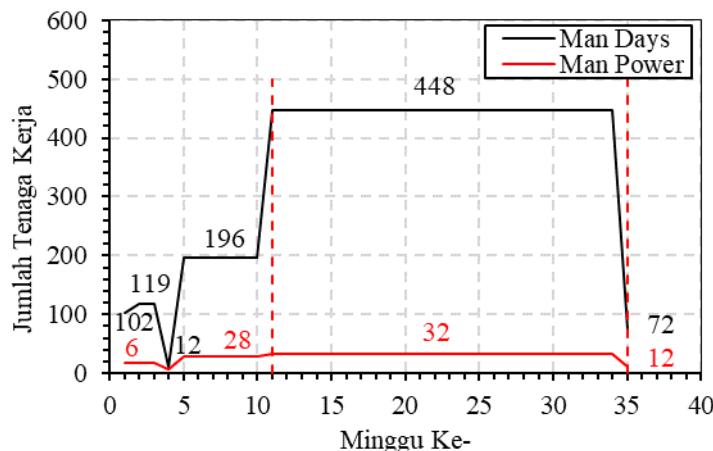
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek Pembangunan Gedung Fasilitas Layanan Perpustakaan Umum Kabupaten Bantul, Yogyakarta direncanakan dengan durasi kontrak pelaksanaan selama 240 hari kalender. Namun, dalam pelaksanaan di lapangan, proyek mengalami beberapa kendala teknis dan non-teknis yang berdampak pada keterlambatan pekerjaan struktur sehingga progres proyek mengalami deviasi negatif sebesar -0.033%. Potensi keterlambatan ini menimbulkan risiko denda keterlambatan serta ancaman terhadap keberhasilan penyelesaian proyek sesuai waktu kontrak. Menyikapi hal tersebut, para pemangku kepentingan (*stakeholder*), termasuk kontraktor, konsultan pengawas, dan pemilik proyek, mengambil langkah mitigasi melalui strategi percepatan pekerjaan (*schedule crashing*) sebagai upaya menjaga ketepatan waktu penyelesaian proyek dan menghindari sanksi penalti.

3.1 Skenario 1 (*Base Line*)

Skenario 1 adalah realisasi pelaksanaan proyek faktual di lapangan. Pada skenario ini, pelaksanaan pekerjaan konstruksi berjalan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan dalam kontrak kerja, yakni selama 35 minggu atau setara dengan 240 hari kalender. Strategi untuk mempercepat proyek pada skenario 1 dilakukan dengan menambah jam kerja harian melalui penerapan sistem kerja dua *shift*. *Shift* pertama (reguler) berlangsung selama 8 jam efektif, mulai pukul 08.00 hingga 17.00, sedangkan *shift* kedua (lembur) berlangsung selama 4 jam efektif dari pukul 18.00 hingga 22.00. Sistem kerja dua *shift* ini diterapkan sejak minggu ke-11 hingga minggu ke-35 masa pelaksanaan proyek. Berdasarkan produktivitas tenaga kerja pada *shift* pertama diasumsikan 100% (indeks = 1), sedangkan pada *shift* kedua produktivitas hanya mencapai 50% (indeks = 0,5) karena menurunnya performa kerja akibat kelelahan dan keterbatasan kondisi malam hari. Meskipun demikian, kontraktor tetap memberikan upah penuh kepada pekerja pada *shift* kedua, sebagaimana upah pada *shift* pertama, yang menyebabkan peningkatan signifikan dalam komponen biaya tenaga kerja.

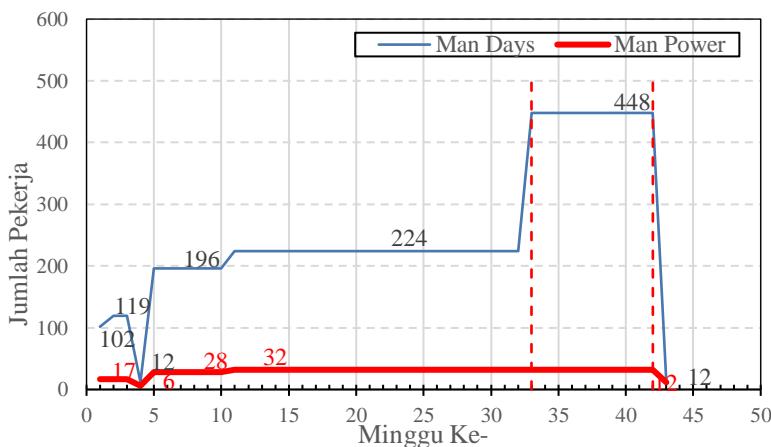
Analisis dalam Skenario 1 dilakukan dengan menghitung total kebutuhan tenaga kerja harian berdasarkan data jumlah pekerja yang terlibat pada masing-masing minggu pelaksanaan, dari minggu ke-1 hingga minggu ke-35. Perhitungan ini mencakup jumlah tenaga kerja, jumlah hari kerja per minggu, dan jumlah *shift* kerja. Jumlah hari kerja dan sistem *shift* kerja yang diterapkan pada setiap minggu dianalisis dengan asumsi *ceteris paribus*, yakni dengan menganggap bahwa faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi produktivitas dan pelaksanaan pekerjaan tetap konstan atau tidak berubah. Dalam konteks ini, variabel ketidakpastian dalam sebuah proyek (*project uncertainty*) seperti cuaca, ketersediaan material, peralatan kerja, serta kompetensi dan kesehatan personel di lapangan tidak diperhitungkan. Dengan demikian, analisis fokus pada biaya dan waktu akibat dari perubahan jumlah hari kerja dan *shift* kerja terhadap kebutuhan tenaga kerja dan produktivitas berdasarkan data personel yang tersedia di lapangan. Data *Man days* dan *Man power* yang dilakukan pada Skenario 1 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Jumlah tenaga kerja skenario 1

3.2 Skenario 2 (Simulasi)

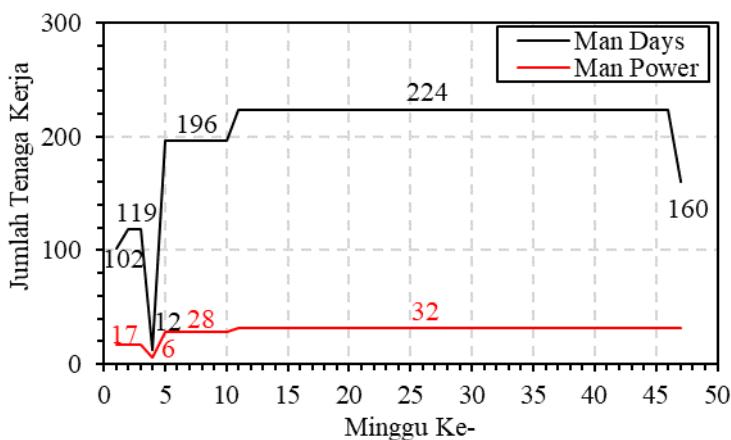
Simulasi ini dilakukan berdasarkan asumsi bahwa apabila proyek tetap dilaksanakan sesuai dengan skema reguler tanpa *crash program* (Skenario 3), maka waktu penyelesaian akan melampaui batas akhir kontrak dan melebihi jangka waktu maksimum yang diizinkan untuk pemberian kesempatan. Mengacu pada ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia, khususnya merujuk pada Peraturan Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Nomor 9 Tahun 2018, dalam kondisi ketika penyedia jasa tidak dapat menyelesaikan pekerjaan hingga masa kontrak berakhir, namun Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) menilai penyedia masih memiliki kemampuan untuk menyelesaikannya, memberikan perpanjangan waktu penyelesaian dengan durasi paling lama 50 (lima puluh) hari kalender terhitung sejak berakhirnya masa kontrak. Skenario 2 menggambarkan simulasi pelaksanaan proyek konstruksi yang mengalami perpanjangan waktu pekerjaan selama 50 hari tambahan. Selama periode minggu ke-1 hingga minggu ke-32, seluruh pekerjaan dilaksanakan secara normal tanpa penerapan sistem *shift* kerja/lembur (*overtime*). Tenaga kerja menjalankan aktivitas proyek dalam satu siklus jam kerja reguler per hari (8 jam kerja/hari). Setelah masa kontrak awal (240 hari) berakhir, pada minggu ke-33 hingga minggu ke-42 pelaksanaan proyek dilakukan dengan menerapkan sistem kerja 2 *shift* (12 jam kerja/hari). Sementara itu, pada minggu ke-43 yang hanya memiliki satu hari kerja efektif, pekerjaan tetap dilanjutkan namun tanpa lembur. Hari kerja tunggal ini dimanfaatkan untuk kegiatan penyelesaian akhir proyek seperti pembersihan area kerja, inspeksi final (*final checking*), dokumentasi pekerjaan, dan administrasi penutupan proyek. Data *Man days* dan *Man power* yang dilakukan pada Skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Jumlah tenaga kerja skenario 2

3.3 Skenario 3 (Simulasi)

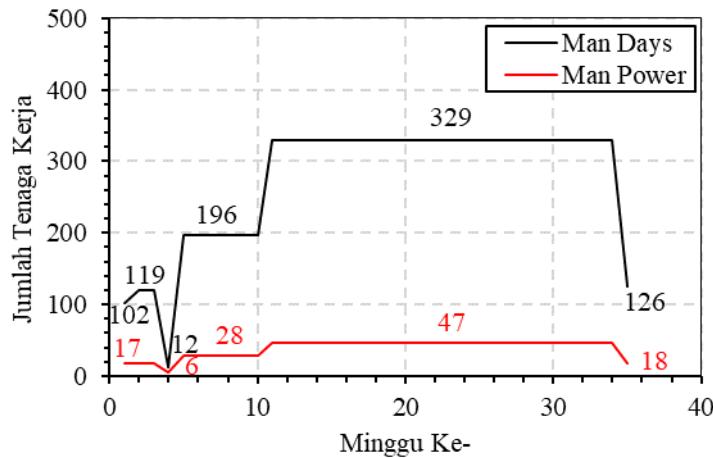
Skenario 3 menggambarkan simulasi dengan asumsi seluruh pekerjaan proyek dilaksanakan secara normal (1 shift kerja/8 jam per hari) hingga proyek selesai. Hal ini dimaksudkan untuk mengestimasi waktu penyelesaian proyek jika proyek dilaksanakan tanpa *crash program*. Dikarenakan tidak adanya pekerjaan lembur, kontraktor mengalami penurunan produktivitas. Berbeda dengan pelaksanaan pekerjaan pada Skenario 1 yang berhasil diselesaikan selama 240 hari, pada Skenario 3 ini kontraktor baru mampu menyelesaikan seluruh pekerjaan setelah 322 hari. Artinya, kontraktor melampaui durasi kontrak pekerjaan dan dikenakan sanksi keterlambatan (denda) selama 82 hari. Data *Man days* dan *Man power* pada Skenario 3 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Jumlah tenaga kerja skenario 3

3.4 Skenario 4 (Simulasi)

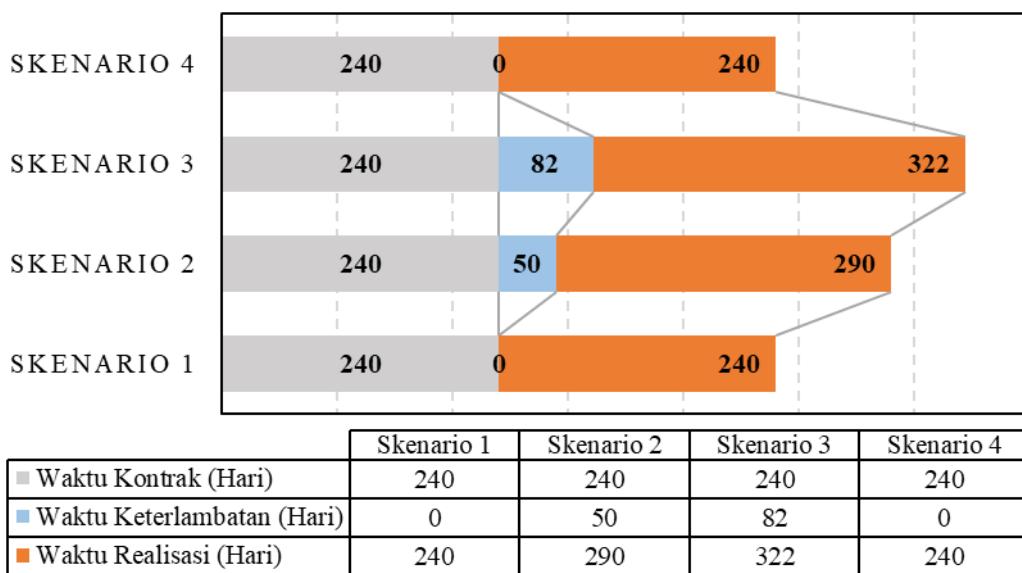
Skenario ini merupakan simulasi penerapan *crash program* dalam pelaksanaan proyek, dengan cara menambah jumlah tenaga kerja. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi alternatif percepatan proyek yang mampu menghasilkan produktivitas setara dengan kondisi riil di lapangan (Skenario 1 / *Base line*), namun dengan biaya yang lebih efisien. Simulasi pada Skenario 4 dilakukan dengan asumsi pelaksanaan pekerjaan proyek dapat di selesaikan sesuai dengan durasi kontrak (selama 240 hari). Pada 10 minggu pertama, pekerjaan diasumsikan berjalan dengan satu shift per hari, mereplika kondisi aktual di lapangan. Namun, setelah minggu ke-11 hingga minggu ke-35, dilakukan penambahan jumlah tenaga kerja. Tujuannya adalah untuk mencapai produktivitas yang setara dengan dua shift kerja per hari, yang telah diterapkan di lapangan. Secara konseptual, Skenario 4 ini identik dengan Skenario 1, perbedaan utamanya terletak pada metode percepatan. Skenario 1 mempercepat proyek dengan menambah jam kerja (dua shift), sedangkan Skenario 4 mencapainya dengan menambah jumlah tenaga kerja.. Data *Man days* dan *Man power* pada Skenario 4 secara visual dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Jumlah tenaga kerja skenario 4

3.5 Perbandingan Alternatif Skenario

Durasi pekerjaan pada setiap simulasi pelaksanaan pekerjaan (Skenario 1, Skenario 2, Skenario 3, dan Skenario 4) dibandingkan berdasarkan waktu kontrak, waktu realisasi, dan jumlah hari keterlambatan. Dalam manajemen proyek konstruksi, durasi ini menjadi indikator penting dalam menilai keberhasilan penyelesaian proyek. Potensi keterlambatan dan strategi mitigasi yang dapat diterapkan dianalisis melalui perbandingan keempat skenario tersebut, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan setiap skenario dengan waktu realisasi pekerjaan

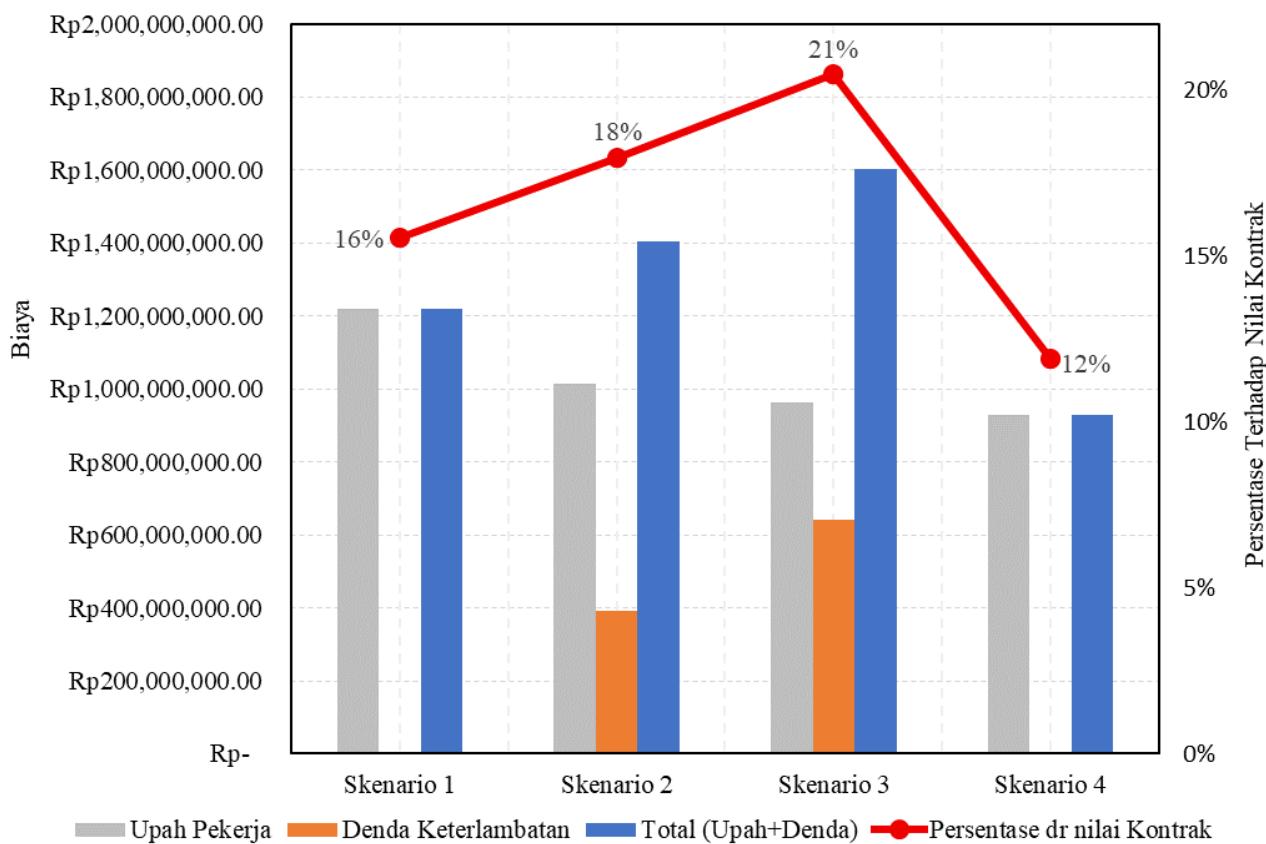
Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa skenario 1 dan skenario 4 menunjukkan waktu realisasi pekerjaan selama 240 hari, yang sesuai dengan durasi kontrak, sehingga tidak mengalami keterlambatan maupun dikenakan denda. Skenario 2 memerlukan waktu penyelesaian selama 290 hari, yang berarti terjadi keterlambatan selama 50 hari dari jadwal kontraktual. Sementara itu, Skenario 3 mencatat keterlambatan paling besar, yaitu selama 82 hari, dengan total durasi pelaksanaan mencapai 322 hari.

Keterlambatan pekerjaan akan menimbulkan tambahan biaya berupa denda keterlambatan. Pada proyek ini, denda keterlambatan ditetapkan sebesar 1 permil per hari dari nilai kontrak, dengan nilai kontrak sebesar Rp7.819.023.149,50. Artinya, setiap satu hari keterlambatan akan dikenakan denda sebesar Rp7.819.023,15. Skenario 1 dan skenario 4 tidak mengalami keterlambatan sehingga tidak dikenakan denda, dan hanya mengeluarkan biaya upah pekerja sesuai durasi kontrak. Sebaliknya, skenario 2 dan skenario 3 mengalami keterlambatan masing-masing selama 50 hari dan 82 hari, yang secara langsung menambah biaya denda dan upah pekerja akibat

perpanjangan waktu pelaksanaan. Nilai total biaya pengeluaran yang mencakup upah dan denda pada masing-masing skenario dapat dilihat secara rinci pada Tabel 1 dan Gambar 8.

Tabel 1. Rekapitulasi perbandingan setiap skenario dengan total biaya

Uraian Data	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Waktu Realisasi (Hari)	240	290	322	240
Waktu Keterlambatan (Hari)	0	50	82	0
Upah Pekerja (Rp)	1.218.090.000,00	1.079.592.000,00	961.974.000,00	929.853.000,00
Denda Keterlambatan (Rp)	Rp0,00	390.951.157,48	641.159.898,26	0,00
Total Biaya (Upah & Denda) (Rp)	1.218.090.000,00	1.470.543.157,48	1.603.133.898,26	929.853.000,00
Persentase dari nilai Kontrak (%)	16	19	21	12



Gambar 7. Perbandingan setiap skenario dengan total biaya

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 7, total biaya proyek pada Skenario 1 adalah Rp1.218.090.000,00, yang sepenuhnya berasal dari upah pekerja tanpa tambahan biaya denda. Meskipun upahnya tertinggi dibanding skenario lain, skenario ini menjadi pilihan yang cukup efisien dibanding Skenario 2 dan Skenario 3, karena tidak menimbulkan beban tambahan akibat keterlambatan dengan total persentase upah pada skenario ini sebesar 16% terhadap nilai kontrak. Skenario 1 menunjukkan bahwa strategi percepatan proyek (*crash program*) yang dilakukan dengan menambah jam kerja dari waktu normal 8 jam/hari (1 *shift* kerja) menjadi lembur dengan 12 jam/hari (2 *shift* kerja) telah terbukti efektif dalam mengoptimalkan durasi dan biaya pelaksanaan proyek. Pendekatan ini memungkinkan proyek diselesaikan dalam 240 hari, tepat sesuai dengan waktu yang ditetapkan dalam kontrak. Dengan demikian, penyedia jasa terhindar dari risiko keterlambatan maupun denda.

Berbeda dengan Skenario 1, simulasi pelaksanaan pekerjaan pada Skenario 2 mengalami keterlambatan pekerjaan selama 50 hari, sehingga proyek baru selesai pada hari ke-290. Dalam skenario ini, lembur tidak dilakukan selama masa kontrak berjalan, melainkan baru dilaksanakan setelah kontrak berakhir, yaitu pada minggu ke-36 hingga minggu ke-42. Pada minggu ke-43 (hari ke-290), lembur tidak dilakukan karena jam kerja efektif sudah mencukupi

untuk menyelesaikan sisa pekerjaan. Akibat keterlambatan tersebut, meskipun biaya upah menurun menjadi Rp1.013.568.000,00, penyedia jasa dikenakan denda keterlambatan sebesar Rp390.951.157,48. Dengan demikian, total biaya proyek meningkat menjadi Rp1.404.519.157,48 atau total persentase upah dan denda terhadap nilai kontrak pada skenario ini naik menjadi 18%.

Sementara itu, simulasi pada Skenario 3 merupakan kondisi paling tidak efisien karena mencatat keterlambatan selama 82 hari, dengan waktu penyelesaian mencapai 322 hari. Pada skenario ini, tidak dilakukan kerja lembur sama sekali selama masa keterlambatan, yakni dari minggu ke-36 hingga minggu ke-47. Meskipun biaya upah tercatat paling rendah sebesar Rp961.974.000,00, denda keterlambatan yang dikenakan mencapai Rp641.159.898,26, menghasilkan total biaya tertinggi sebesar Rp1.603.133.898,26 atau total persentase upah dan denda pada skenario ini naik menjadi 21% terhadap nilai kontrak. Berdasarkan ketiga skenario tersebut, pengurangan jumlah tenaga kerja memang menekan biaya upah. Namun, keterlambatan yang terjadi justru meningkatkan total biaya akibat denda yang signifikan. Oleh karena itu, strategi terbaik adalah menambah jumlah pekerja sejak awal agar proyek selesai tepat waktu tanpa perlu lembur berkepanjangan.

Berdasarkan analisis dan perhitungan pada Skenario 4 dapat diketahui bahwa, total keseluruhan biaya upah tenaga kerja yang dikeluarkan oleh penyedia jasa selama masa pelaksanaan proyek konstruksi sebesar Rp929,853,000.00. Total biaya yang dikeluarkan hanya berasal dari komponen upah tenaga kerja, tanpa denda keterlambatan dan lembur kerja. Biaya ini merupakan hasil perhitungan kumulatif dari pengeluaran mingguan atas pembayaran upah kepada seluruh pekerja lapangan selama periode pelaksanaan pekerjaan. Persentase total upah terhadap nilai kontrak pada skenario ini hanya sebesar 12%, nilai ini paling rendah jika dibandingkan dengan skenario lainnya. Hal ini dapat diartikan bahwa jika pelaksanaan proyek dilakukan dengan sistem manajemen sumber daya yang tepat dan terencana sejak awal proyek, maka Skenario 4 adalah kondisi yang paling ideal. Simulasi pada Skenario 4 menjadi pilihan paling efektif dan efisien secara keseluruhan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian lain yang telah dilakukan oleh Adi dkk. (2016) yang menjelaskan bahwa *crash program* Meskipun biaya langsung meningkat, biaya tidak langsung menurun, sehingga akselerasi proyek dapat dilakukan dengan efisien. *Crashing* pada pekerjaan struktur kolom menyebabkan peningkatan biaya sebesar 0,51%, pada pekerjaan pelat lantai menyebabkan peningkatan biaya sebesar 2,83%, dan pada pekerjaan balok menyebabkan peningkatan biaya sebesar 3,30%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Ningrum dkk. (2017) juga menjelaskan bahwa crash program dalam percepatan durasi proyek dengan alternatif penambahan jam kerja lembur akan menyebabkan peningkatan biaya percepatan (*crash cost*) dari biaya normal (*normal cost*) tetapi secara keseluruhan akan menyebabkan penurunan total biaya (*total cost*) yang diperoleh dari selisih total *normal cost* dengan *crash cost* yang disebut dengan *cost slope*. Metode *crashing* untuk alternatif penambahan jam kerja menghasilkan pengurangan *total cost* sebesar 1.12% dari total biaya normal, sedangkan untuk alternatif *shift* kerja terjadi pengurangan *total cost* sebesar 1.37% dari total biaya normal.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap penerapan strategi percepatan proyek (*crash program*) pada Proyek Pembangunan Gedung Fasilitas Layanan Perpustakaan Umum Kabupaten Bantul, Yogyakarta, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Strategi *crash program* melalui sistem kerja dua *shift* terbukti efektif dalam menjaga ketepatan waktu pelaksanaan proyek sesuai kontrak. Meskipun biaya upah meningkat karena adanya lembur, strategi ini berhasil mencegah terjadinya denda keterlambatan serta memastikan proyek selesai tepat waktu.
2. Total biaya upah tenaga kerja pada Skenario 1 (base line) sebesar Rp1.218.090.000,00 (16% dari nilai kontrak) dengan waktu pelaksanaan selama 240 hari. Sebaliknya, Skenario 2 dan 3 menunjukkan bahwa pengurangan biaya upah tanpa pengendalian waktu justru menyebabkan peningkatan total biaya akibat akumulasi denda keterlambatan. Total biaya pada Skenario 2 mencapai Rp1.470.543.157,48 (19% dari nilai proyek) dengan waktu pelaksanaan 290 hari, sedangkan Skenario 3 mencapai Rp1.603.133.898,26 (21% dari nilai proyek) dengan waktu pelaksanaan 322 hari. Skenario 4 menjadi alternatif paling efektif dan efisien, dengan waktu pelaksanaan 240 hari dengan total biaya hanya sebesar Rp929.853.000,00 (12% dari nilai kontrak).
3. Analisis hubungan antara durasi penyelesaian pekerjaan dan total biaya menunjukkan pola bahwa keterlambatan proyek berkontribusi terhadap peningkatan biaya secara keseluruhan. Oleh karena itu, strategi percepatan dengan mempertimbangkan keseimbangan antara jam kerja, produktivitas, dan biaya merupakan keputusan krusial dalam mitigasi keterlambatan proyek.

REFERENSI

- Adi, R. R. B., Traulia, D. E., Wibowo, M. A., & Kistiani, F. (2016). Analisa Percepatan Proyek Method Crash Program (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Mixed Use Sentraland). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 148–158.
- Assaf, S. A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. *International Journal of Project Management*, 24(4), 349–357. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.010>
- Durdyev, S., & Hosseini, M. R. (2020). Causes of delays on construction projects: a comprehensive list. *International Journal of Managing Projects in Business*, 13(1), 20–46. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-09-2018-0178>
- Hakim, A. L., Yulianto, T., & Nugroho, M. W. (2023). Optimalisasi Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Crashing Program pada Proyek Gedung BPJS Tulungagung. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 8(1), 241. <https://doi.org/10.28926/briliant.v8i1.1083>
- Hutahaen, A., Budi Nugroho, A. S., & Muslikh. (2022). Faktor – Faktor Keterlambatan Proyek Konstruksi Di Papua. *Teknisia*, 27(1), 1–11. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol27.iss1.art1>
- Idrees, S., & Shafiq, M. T. (2021). Factors for Time and Cost Overrun in Public Projects. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 11(3), 243–254. <https://doi.org/10.2478/jeppm-2021-0023>
- Islam, M. S., & Trigunarsyah, B. (2017). Construction Delays in Developing Countries: A Review. *Journal of Construction Engineering and Project Management*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.6106/jcep.2017.3.30.001>
- Larsen, J. K., Shen, G. Q., Lindhard, S. M., & Brunoe, T. D. (2016). Factors Affecting Schedule Delay, Cost Overrun, and Quality Level in Public Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, 32(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000391](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000391)
- Ningrum, F. G. A., Hartono, W., & Sugiyarto. (2017). Penerapan Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek Dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur Dan Shift Kerja (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta). *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 583–591.
- Rauzana, A., & Dharma, W. (2022). Causes of delays in construction projects in the Province of Aceh, Indonesia. *PLoS ONE*, 17(1 January), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263337>
- Rita, E., Carlo, N., & Nandi. (2022). Penyebab Dan Dampak Keterlambatan Pekerjaan Jalan Di Sumatera Barat Indonesia. *Jurnal Rekayasa*, 11(1), 27–37. <https://doi.org/10.37037/jrftsp.v11i1.94>
- Samarah, A., & Bekr, G. A. (2016). Causes and Effects of Delay in Public Construction Projects in Jordan. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 5, 87–94. www.ajer.org
- Sambasivan, M., & Soon, Y. W. (2007). Causes and effects of delays in Malaysian construction industry. *International Journal of Project Management*, 25(5), 517–526. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.11.007>
- Shehata, M. E., & El-Gohary, K. M. (2011). Towards improving construction labor productivity and projects' performance. *Alexandria Engineering Journal*, 50(4), 321–330. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2012.02.001>
- Srinivasan, N. P., Kumar, K. S., Rahul, R., Rahulnath, S., Rajadurai, B., Kumaravel, S., & Mukesh, P. (2023). *Man power management in construction projects. E3S Web of Conferences*, 399. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339903004>
- Tariq, J., & Gardezi, S. S. S. (2023). Study the delays and conflicts for construction projects and their mutual relationship: A review. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(1), 101815. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101815>
- Turkoglu, H., Polat, G., Damci, A., & Akin, F. D. (2020). Project Crashing with Crash Duration Consumption Rate: An Illustrative Example. *Proceedings of the Creative Construction E-Conference (2020) 046*, 56–64. <https://doi.org/10.3311/ccc2020-046>
- Wijaya, M. A., & Widiasanti, I. (2024). Analisis Keterlambatan Proyek PT. PP Persero Tbk Pada Pembangunan Gedung MRT Dengan Menggunakan Lean Six Sigma Framework. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(1), 283. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i1.436>