

EVALUASI KETERLAMBATAN PEKERJAAN DAN EFEKTIFITAS METODE CRASHING DALAM PENYELESAIAN PEKERJAAN ADDITIONAL BUILDING ONDULINE MANUFAKTUR INDONESIA

Ardhana Wahyu Aktafarid¹, Hangga Prima Setiawan², Ahmad Yufron³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Islam Balitar

e-mail: 1aktafaridardhana@gmail.com, 2hanggaprimasetiawan@gmail.com,
3ahmadyufron@gmail.com

Diterima: 14/2/2026; Direvisi: 20/2/2026; Diterbitkan: 25/2/2026

ABSTRAK

Keterlambatan pekerjaan konstruksi merupakan permasalahan yang sering terjadi dan dapat berdampak terhadap peningkatan biaya serta terganggunya jadwal penyelesaian pekerjaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi keterlambatan pekerjaan dan mengevaluasi efektivitas metode *Crashing* sebagai alternatif percepatan waktu penyelesaian pekerjaan Additional Building Onduline Manufaktur Indonesia. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pengolahan data menggunakan uji parsial (uji T), uji simultan (uji F), dan analisis koefisien determinasi (R^2) untuk mengetahui pengaruh faktor keterlambatan pekerjaan. Selain itu, dilakukan analisis percepatan waktu menggunakan metode *Crashing* dengan bantuan *Microsoft Project* melalui penambahan waktu kerja lembur selama empat jam. Hasil penelitian menunjukkan terdapat enam faktor yang mempengaruhi keterlambatan, yaitu tenaga kerja, alat, metode, material, keuangan, dan kejadian tak terduga. Berdasarkan uji parsial, empat faktor yang berpengaruh signifikan terhadap keterlambatan proyek yaitu tenaga kerja, material, metode, dan kejadian tak terduga. Uji simultan menunjukkan seluruh variabel memiliki pengaruh positif terhadap keterlambatan dengan nilai signifikansi 0,000 dan nilai koefisien determinasi sebesar 0,745. Hasil analisis *Crashing* menunjukkan durasi proyek dapat dipercepat dari 180 hari menjadi 144 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp 229.017.286,40 atau 4,56%. Metode *Crashing* terbukti efektif dalam mempersingkat durasi proyek meski terjadi peningkatan biaya.

Kata Kunci: Keterlambatan Pekerjaan, *Crashing*, SPSS, *Microsoft Project*

ABSTRACT

Delays in construction work are a problem that often occurs and can have an impact on increasing costs and disruption of work completion schedules. This study aims to analyze the factors that affect work delays and evaluate the effectiveness of the *Crashing* method as an alternative to accelerating the completion time of Additional Building Onduline Manufaktur Indonesia's work. The study used a quantitative approach with data processing using partial tests (T-test), simultaneous tests (F-test), and determination coefficient analysis to determine the influence of project delay factors. In addition, an analysis of time acceleration was carried out using the *Crashing* method with the help of *Microsoft Project* through an increase in overtime working time for four hours. The results of the study show that there are six factors that affect project delays, namely labor, tools, methods, materials, finances, and unexpected events. Based on the partial test, four factors that have a significant influence on project delays are labor, materials, methods, and unforeseen events. Simultaneous tests showed that all variables had a positive influence on delay with a significance value of 0.000 and a determination coefficient value of 0.745. The results of the *Crashing* analysis show that the

duration of the project can be accelerated from 180 days to 144 days with an additional cost of IDR 229,017,286.40 or 4.56%. The Crashing method has proven to be effective in shortening the duration of a project despite the increase in costs. Keywords: Work Delay, Crashing, SPSS, Microsoft Project.

Keywords: *Work Delay, Crashing, SPSS, Microsoft Project*

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan sebuah ekosistem kegiatan yang memiliki tingkat kompleksitas sangat tinggi karena melibatkan koordinasi masif antara berbagai sumber daya vital seperti tenaga kerja, material bangunan, peralatan berat, metode kerja, serta pengelolaan anggaran dan waktu yang ketat. Keberhasilan sebuah investasi di bidang pembangunan sangat dipengaruhi oleh kecakapan manajemen dalam mengendalikan 3 pilar utama yaitu aspek waktu, biaya, dan mutu secara berkesinambungan (Abdillah et al., 2022; Putra et al., 2021; Siswanto et al., 2022). Secara ideal, sinergi antara faktor-faktor tersebut harus mencapai tingkat efisiensi 100% agar target operasional dapat terpenuhi sesuai rencana strategis awal. Namun, dinamika di lapangan sering kali memicu hambatan yang tidak terduga dalam setiap tahapan pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Masalah yang paling sering muncul adalah fenomena keterlambatan yang secara otomatis berdampak negatif pada meningkatnya biaya *overhead* proyek serta menurunnya produktivitas kerja para personil di lokasi. Selain kerugian finansial, keterlambatan ini juga mengakibatkan terganggunya rencana penggunaan bangunan oleh pihak pemilik proyek yang sudah dijadwalkan secara sistematis sebelumnya. Ketidakmampuan dalam mengelola waktu sering kali dianggap sebagai kegagalan mendasar yang merusak reputasi perusahaan serta mengancam keberlanjutan bisnis di sektor konstruksi yang penuh tantangan (Latifah, 2020; Salim et al., 2022; Setiawan & Janizar, 2021).

Proyek pembangunan *Additional Building Onduline Manufaktur Indonesia* merupakan salah satu proyek pengembangan infrastruktur industri yang memiliki target penyelesaian waktu yang sangat ketat sesuai dengan dokumen kontrak awal (Indriyani et al., 2025; Wibowo et al., 2024). Dalam fase perencanaannya, tim manajemen telah menyusun jadwal yang sangat optimal untuk memastikan seluruh elemen bangunan dapat difungsikan tepat pada waktunya demi menunjang kelancaran produksi perusahaan. Namun, dalam realitas pelaksanaannya, proyek ini menghadapi berbagai tantangan kompleks yang menciptakan kesenjangan antara rencana jadwal dengan kondisi aktual di lapangan. Terdapat setidaknya 6 faktor dominan yang menjadi pemicu perlambatan, meliputi keterbatasan jumlah tenaga kerja ahli, keterlambatan pengiriman material dari pemasok, hingga metode kerja yang kurang efektif diterapkan di lapangan. Selain itu, hambatan dalam penggunaan alat berat serta permasalahan arus kas juga turut menyumbang ketidakpastian dalam penyelesaian proyek. Kondisi ini menciptakan kesenjangan yang sangat nyata antara jadwal yang diidealkan dengan fakta aktual yang terjadi di lokasi pembangunan gedung tambahan tersebut. Munculnya berbagai kejadian tak terduga menuntut adanya langkah pemecahan masalah yang cepat dan terukur guna memastikan proyek tidak mengalami kegagalan waktu yang bersifat permanen bagi operasional perusahaan (Latifah, 2020; Tantarto & Hermawan, 2023; Zhaputro et al., 2024).

Dalam kerangka manajemen proyek konstruksi modern, sistem pengendalian durasi pelaksanaan pekerjaan menjadi prioritas utama untuk menjamin stabilitas biaya dan kualitas akhir bangunan. Salah satu instrumen teknis yang dapat diaplikasikan untuk mengatasi ancaman keterlambatan adalah melalui metode percepatan jadwal yang dikenal luas dengan istilah *Crashing*. Metode ini secara terukur berupaya mempersingkat durasi pada lintasan kritis atau *critical path* melalui penambahan jam kerja lembur maupun pengalokasian sumber daya

manusia tambahan pada aktivitas yang paling berpengaruh. Penerapan strategi *Crashing* harus didasarkan pada prinsip *time cost trade off* yang matang karena setiap percepatan waktu biasanya diikuti oleh peningkatan biaya operasional yang cukup signifikan bagi kontraktor. Secara ideal, tim manajemen harus mampu memangkas waktu tanpa harus mengorbankan standar mutu bangunan sebesar 100% yang telah ditetapkan dalam spesifikasi teknis. Keberhasilan dalam melakukan percepatan sangat bergantung pada koordinasi antar lini di lapangan serta pengawasan yang ketat terhadap produktivitas pekerja selama masa lembur dilakukan. Jika dilakukan tanpa perhitungan matematis yang presisi, upaya percepatan justru berisiko menimbulkan kelelahan pekerja dan degradasi kualitas fisik bangunan yang sangat merugikan bagi integritas struktur secara keseluruhan (Darmawan, 2023; Zhaputro et al., 2024).

Berbagai temuan dari studi sebelumnya secara konsisten menunjukkan bahwa penerapan metode *Crashing* merupakan solusi alternatif yang sangat prospektif dalam mengurangi beban keterlambatan pada berbagai jenis proyek konstruksi. Meskipun demikian, efektivitas dari teknik percepatan ini tidak bersifat universal dan sangat dipengaruhi oleh karakteristik unik serta kondisi spesifik yang ada pada masing-masing proyek di lapangan. Faktor pemicu keterlambatan yang dominan pada sebuah proyek pembangunan pabrik mungkin akan sangat berbeda dengan proyek pembangunan gedung bertingkat di lokasi perkotaan lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini menekankan pentingnya melakukan analisis yang jauh lebih tajam dan khusus terhadap variabel penyebab keterlambatan yang terjadi pada proyek gedung tambahan ini. Evaluasi terhadap metode percepatan yang dipilih harus dilakukan secara komprehensif agar selaras dengan kemampuan finansial serta ketersediaan sumber daya manusia di lokasi proyek. Mengidentifikasi masalah secara objektif merupakan prasyarat mutlak sebelum menentukan apakah penambahan jam kerja menjadi pilihan yang paling efisien dari segi ekonomis. Hal ini dilakukan untuk menghindari pengambilan keputusan yang hanya bersifat reaktif namun tidak memberikan dampak positif yang terukur terhadap pemulihan jadwal proyek yang sedang mengalami hambatan signifikan.

Nilai baru dan inovasi utama yang dihadirkan dalam penelitian ini adalah pengembangan model evaluasi efektivitas metode *Crashing* yang difokuskan secara spesifik pada skenario penambahan jam kerja atau *overtime* pada proyek *Additional Building Onduline Manufaktur Indonesia*. Keunggulan studi ini terletak pada pendekatannya yang mengintegrasikan analisis penyebab keterlambatan nyata dengan simulasi percepatan durasi yang paling optimal untuk mengembalikan progres ke jalur yang direncanakan. Inovasi ini bertujuan untuk memberikan landasan ilmiah yang kuat bagi manajer proyek dalam menentukan strategi *recovery* jadwal yang paling efisien dari sisi biaya tambahan yang dikeluarkan perusahaan. Melalui penelitian ini, akan dihasilkan rekomendasi teknis yang aplikatif mengenai besaran jam kerja tambahan yang diperlukan untuk menutup celah keterlambatan tanpa membebani anggaran proyek secara ekstrem. Hasil akhir dari kajian ini diharapkan dapat menjadi rujukan strategis dalam manajemen waktu proyek konstruksi di masa depan, khususnya bagi pengembangan fasilitas industri manufaktur sejenis di wilayah Indonesia. Fokus utama pada analisis ini adalah memastikan bahwa keberhasilan penyelesaian proyek tidak hanya diukur dari aspek kecepatan, tetapi juga dari keberhasilan menjaga keseimbangan antara performa waktu, efisiensi biaya, dan kepastian mutu hasil akhir.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif yang dilaksanakan di PT Onduline Manufaktur Indonesia, kawasan industri *Pasuruan Industrial Estate Rembang II*. Data dikumpulkan melalui dua sumber utama, yakni data primer dan sekunder untuk mendukung

akurasi analisis. Data primer dihimpun secara langsung menggunakan instrumen kuesioner yang disebarakan kepada pemangku kepentingan proyek, meliputi pemilik, kontraktor, dan pengawas lapangan. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui studi dokumen resmi proyek yang mencakup *time schedule*, laporan progres pekerjaan, rencana anggaran biaya, serta gambar kerja. Variabel penelitian mencakup enam faktor bebas, yaitu tenaga kerja, peralatan, metode, material, keuangan, serta kejadian tak terduga, dengan satu variabel terikat berupa keterlambatan pekerjaan. Seluruh data primer diukur menggunakan skala *Likert* untuk menentukan tingkat pengaruh masing-masing parameter secara numerik. Pendekatan ini memastikan objektivitas dalam menilai hubungan antar variabel teknis maupun manajerial yang secara langsung memengaruhi durasi penyelesaian proyek industri tersebut.

Prosedur analisis dimulai dengan tahap pengujian instrumen melalui uji validitas dan reliabilitas guna menjamin ketepatan serta konsistensi butir pertanyaan kuesioner sebelum dilakukan pengolahan data lebih lanjut. Analisis statistik kemudian dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak *Statistical Product and Service Solutions* untuk menguji hipotesis penelitian secara komprehensif. Tahapan pengolahan data meliputi uji parsial atau *T-test* untuk mengidentifikasi pengaruh setiap faktor bebas secara individu terhadap munculnya deviasi jadwal. Selanjutnya, dilakukan uji simultan atau *F-test* untuk mengevaluasi dampak seluruh variabel bebas secara bersama-sama terhadap variabel keterlambatan. Peneliti juga menghitung nilai koefisien determinasi atau *R-square* untuk mengukur seberapa besar persentase kontribusi gabungan dari faktor tenaga kerja hingga kejadian tak terduga dalam menjelaskan variansi keterlambatan pekerjaan. Rangkaian uji statistik ini berfungsi sebagai landasan pengambilan keputusan dalam menentukan faktor prioritas yang memerlukan intervensi percepatan pada tahap evaluasi berikutnya untuk mencapai efektivitas jadwal yang diinginkan.

Evaluasi teknis penjadwalan dilakukan melalui metode *crashing* dengan memanfaatkan perangkat lunak *Microsoft Project* sebagai instrumen analisis utama. Langkah pertama melibatkan identifikasi lintasan kritis atau *critical path* untuk menentukan aktivitas spesifik yang secara langsung memengaruhi durasi total proyek. Setelah aktivitas kritis ditemukan, dilakukan simulasi percepatan dengan menerapkan skenario penambahan waktu kerja lembur atau *overtime* selama empat jam setiap hari, yang dimulai dari pukul delapan belas hingga dua puluh dua. Prosedur ini didasarkan pada prinsip *time-cost trade-off*, di mana pengurangan durasi dikompensasikan dengan peningkatan biaya langsung tenaga kerja secara terukur. Perhitungan mencakup perbandingan antara durasi normal seratus delapan puluh hari dengan hasil durasi percepatan, serta analisis kenaikan biaya akibat penambahan upah lembur. Tahap akhir melibatkan evaluasi efektivitas melalui perbandingan kumulatif biaya dan waktu sebelum serta sesudah penerapan metode tersebut. Hasil simulasi memberikan gambaran konkret mengenai kemampuan metode percepatan dalam memitigasi risiko keterlambatan pada pembangunan gedung tambahan manufaktur tersebut.



Gambar 1. Lokasi PT Onduline Manufaktur Indonesia

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Uji Validitas dan Reliabilitas

Hasil uji validitas terhadap seluruh variabel-variabel pertanyaan dalam kuisioner pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut:

Tabel 1. Hasil uji validitas

Variabel	R Tabel	R Hitung	Keterangan
X1.1	0.361	0.492	Valid
X1.2	0.361	0.547	Valid
X1.3	0.361	0.579	Valid
X1.4	0.361	0.555	Valid
X1.5	0.361	0.524	Valid
X1.6	0.361	0.517	Valid
X1.7	0.361	0.497	Valid
X1.8	0.361	0.521	Valid
X1.9	0.361	0.505	Valid
X1.10	0.361	0.516	Valid
X2.1	0.361	0.568	Valid
X2.2	0.361	0.652	Valid
X2.3	0.361	0.647	Valid
X2.4	0.361	0.639	Valid
X2.5	0.361	0.616	Valid
X3.1	0.361	0.597	Valid
X3.2	0.361	0.652	Valid
X3.3	0.361	0.630	Valid
X3.4	0.361	0.620	Valid
X3.5	0.361	0.623	Valid
X4.1	0.361	0.674	Valid
X4.2	0.361	0.680	Valid
X4.3	0.361	0.581	Valid
X4.4	0.361	0.625	Valid
X4.5	0.361	0.614	Valid
X5.1	0.361	0.535	Valid
X5.2	0.361	0.683	Valid
X5.3	0.361	0.677	Valid
X5.4	0.361	0.638	Valid
X5.5	0.361	0.615	Valid
X6.1	0.361	0.588	Valid
X6.2	0.361	0.627	Valid
X6.3	0.361	0.631	Valid
X6.4	0.361	0.657	Valid
X6.5	0.361	0.639	Valid
Y1	0.361	0.718	Valid

Y2	0.361	0.715	Valid
Y3	0.361	0.643	Valid
Y4	0.361	0.608	Valid
Y5	0.361	0.614	Valid

Hasil uji reliabilitas pada item-item pertanyaan penelitian dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini:

Tabel 2. Hasil uji reliabilitas

Variabel	Nilai Cronbach Alpha	Keterangan
X1	0.701	Reliabel
X2	0.607	Reliabel
X3	0.605	Reliabel
X4	0.631	Reliabel
X5	0.619	Reliabel
X6	0.610	Reliabel
Y	0.699	Reliabel

2. Uji parsial (*T-Test*), Uji F, dan Koefisien determinasi (R^2)

Hasil uji T ditunjukkan pada **Tabel 3** berikut:

Tabel 3. Hasil uji T
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	23.573	1.058		22.275	.000
	Tenaga Kerja	.113	.025	.612	4.455	.000
	Alat	.079	.040	.235	1.967	.061
	Metode	-.189	.049	-.558	-3.886	.001
	Material	-.123	.050	-.358	-2.487	.021
	Keuangan	.041	.054	.107	.756	.457
	Kejadian Tak Terduga	-.297	.049	-.782	-6.065	.000

a. Dependent Variable: Keterlambatan

Berdasarkan hasil uji parsial pada tabel 3, dari keenam variabel bebas terdapat dua variabel bebas yang tidak memiliki pengaruh terhadap variabel terikat yaitu faktor alat (X2) dan faktor keuangan (X5).

Hasil uji simultan (*F-Test*) ditunjukkan pada **Tabel 4** berikut:

Tabel 4. Uji F
ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	45.207	6	7.534	11.199	.000 ^b
	Residual	15.474	23	.673		
	Total	60.681	29			

a. Dependent Variable: Keterlambatan

b. Predictors: (Constant), Kejadian Tak Terduga, Metode, Alat, Material, Tenaga Kerja, Keuangan

Berdasarkan *output* tabel 4 “ANOVA” diatas, nilai dari Sig. dalam uji F adalah sebesar $0,000 < 0,05$ maka disimpulkan bahwa semua variabel X mempunyai pengaruh positif yang signifikan secara simultan atau bersama-sama terhadap variabel Y. Uji koefisien determinasi digunakan untuk mengetahui persentase (%) dari pengaruh yang diberikan variabel X terhadap variable Y secara simultan yang mengacu pada nilai R square pada **Tabel 5** berikut:

Tabel 5. Nilai R²
Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.863 ^a	.745	.678	.820

a. Predictors: (Constant), Kejadian Tak Terduga, Metode, Alat, Material, Tenaga Kerja, Keuangan

b. Dependent Variable: Keterlambatan

Berdasarkan tabel 5 *output* SPSS Model Summary diatas, diketahui nilai koefisien determinasi atau R Square sebesar 0,745. Angka tersebut memiliki arti bahwa variabel X₁ (Faktor Tenaga Kerja), X₂ (Faktor Alat), X₃ (Faktor Metode), X₄ (Faktor Material), X₅ (Faktor Keuangan), dan X₆ (Faktor Tak Terduga) secara simultan atau bersama-sama berpengaruh terhadap variabel Y (Keterlambatan Pekerjaan) sebesar 74,5% dan sehingga untuk sisanya ($100\% - 74,5\% = 25,5\%$) dipengaruhi oleh variabel yang lain yang tidak diteliti.

3. Analisis Lintasan Kritis *Microsoft Project*

Setting time pekerjaan *Additional Building Onduline Manufaktur Indonesia* jumlah hari yang digunakan yaitu 6 hari kerja (Senin – Sabtu) dengan jam kerja normal (08.00 – 16.00) istirahat 1 jam (12.00 – 13.00) dan penambahan 4 jam kerja yang dimulai jam 18.00 – 22.00. Dalam menentukan lintasan kritis di *Microsoft Project* pada proyek pekerjaan *Additional Building Onduline Manufaktur Indonesia* di Jl. Kraton Industri III No. 14 A, B, C Kawasan Industri PIER II Kabupaten Pasuruan. Pekerjaan-pekerjaan yang termasuk dalam aktivitas yang berada pada lintasan kritis sebagai berikut:

1) Pekerjaan Persiapan

Pada pekerjaan persiapan, sub pekerjaan yang masuk dalam lintasan kritis meliputi:

- Mobilisasi
- Pembersihan area kerja
- Fasilitas proyek sementara
- Pengukuran

2) Pekerjaan SFB A+B (*Office*) 1

Pada pekerjaan SFB A+B (*Office*) 1, sub pekerjaan yang masuk dalam lintasan kritis meliputi:

- Pekerjaan Tangga Baja Office

Meliputi: Galian tanah, urugan kembali, pasir urug, dan pekerjaan *footplate*

3) Pekerjaan SFB A+B (*Office*) 2

Pada pekerjaan SFB A+B (*Office*) 2, sub pekerjaan yang masuk dalam lintasan kritis meliputi:

- Pekerjaan Arsitek

Meliputi: Bongkaran area toilet Lt. 1, tambahan pekerjaan area toilet Lt. 1, pekerjaan partisi, pekerjaan pasangan lantai, dan pekerjaan tangga baja *office*.

4. Analisis *Crashing*

Berdasarkan hasil analisis pekerjaan yang berada di lintasan kritis pada *Microsoft Project* tersebut disimpulkan bahwa masing-masing pekerjaan memiliki *crash duration* sebagai berikut:

1) Pekerjaan Persiapan.

Pada sub pekerjaan Persiapan yang berada di lintasan kritis, total durasi normal pekerjaan adalah 36 hari. Setelah dilakukan analisis *crashing* terjadi pengurangan durasi sebanyak 6 hari. Sehingga pekerjaan persiapan dapat diselesaikan selama **30 hari**.

2) Pekerjaan SFB A+B (*Office*) I

Pada sub pekerjaan SPF A+B (*Office*) I yang berada di lintasan kritis, total durasi normal pekerjaan adalah 18 hari. Setelah dilakukan perhitungan *crashing* terjadi pengurangan durasi sebanyak 6 hari. Sehingga pekerjaan SFB A+B (*Office*) I dapat diselesaikan selama **12 hari**.

3) Pekerjaan SFB A+B (*Office*) II

Pada sub pekerjaan SFB A+B (*Office*) II yang berada di lintasan kritis, total durasi normal pekerjaan adalah 120 hari. Setelah dilakukan perhitungan *crashing* terjadi pengurangan durasi sebanyak 24. Sehingga pekerjaan SFB A+B (*Office*) II dapat diselesaikan selama **96 hari**.

Sehingga dari kedua pekerjaan kritis diatas, terjadi pengurangan durasi total sebanyak 36 hari dari durasi normal 180 hari menjadi **144 hari**.

Pekerjaan yang berada pada lintasan kritis memiliki *crash cost* total sebagai berikut:

1) Pekerjaan Persiapan

Pada pekerjaan Persiapan kritis didapatkan perhitungan *crash cost* total sebesar **Rp 118,640,194.46**

2) Pekerjaan SFB A+B (*Office*) I

Pada pekerjaan SFB A+B (*Office*) I didapatkan perhitungan *crash cost* total sebesar **Rp 33,542,417.15**

3) Pekerjaan SFB A+B (*Office*) II

Pada pekerjaan SFB A+B (*Office*) II didapatkan perhitungan *crash cost* total sebesar **Rp 614,577,655.33**

a. Tambahan biaya

1) Pekerjaan Persiapan = Rp 61,845,000.00

2) Pekerjaan SFB A+B (*Office*) I = Rp 28,299,535.35

3) Pekerjaan SFB A+B (*Office*) II = Rp 184,180,135.83

Total Tambahan Biaya = Rp 229,017,286.40

b. Total biaya *Crash* = Biaya Normal + Total Tambahan Biaya

= Rp 5,027, 233,557.14 + Rp 229,017,286.40

= **Rp 5,256,250,843.54**

5. Hasil Perbandingan *Crashing* dan Normal

Hasil perbandingan total biaya dan durasi pelaksanaan antara pekerjaan normal dan pekerjaan setelah *crash* dapat dilihat pada **Tabel 6** berikut:

Tabel 6. Perbandingan total biaya dan durasi

Item	Crashing Penambahan 4 jam Kerja	Normal
Total Biaya (Rp)	Rp 5,256,250,843.54	Rp 5,027,233,557.14
Durasi (hari)	144	180

Berdasarkan tabel 6 perbandingan total biaya normal dan total biaya setelah *Crashing* diatas diperoleh hasil selisih total biaya antara biaya normal dan biaya setelah *Crashing* dengan penambahan 4 jam kerja sebesar 4.56%.

Pembahasan

Hasil pengolahan data statistik melalui uji validitas dan reliabilitas membuktikan bahwa instrumen kuesioner yang digunakan memiliki konsistensi yang tinggi dengan nilai *Cronbach Alpha* di atas 0,60 untuk seluruh variabel. Temuan utama menunjukkan bahwa faktor tenaga kerja, metode, material, dan kejadian tak terduga memiliki pengaruh parsial yang signifikan terhadap keterlambatan proyek (Al-Bataineh et al., 2024; Boy et al., 2021; Maktoumi et al., 2020). Secara simultan, melalui uji F dengan nilai signifikansi 0,000, seluruh variabel independen berkontribusi sebesar 74,5% terhadap variasi keterlambatan pekerjaan *Additional Building Onduline* tersebut. Hal ini berarti terdapat sisa sebesar 25,5% faktor lain di luar penelitian yang turut mempengaruhi performa waktu. Menariknya, analisis statistik menunjukkan bahwa faktor alat dan keuangan tidak memiliki pengaruh nyata secara individu dalam konteks proyek ini. Implikasinya, manajemen harus memprioritaskan pengendalian pada produktivitas pekerja dan ketersediaan material di lapangan daripada sekadar penambahan jumlah alat berat. Kejadian tak terduga yang memiliki koefisien *beta* negatif sebesar -0,782 menjadi peringatan serius bahwa ketidaksiapan menghadapi situasi darurat akan mengakibatkan deviasi waktu yang sangat tajam pada pelaksanaan konstruksi di kawasan industri tersebut (Hudoyo & Purwono, 2023; Muniroh et al., 2021; Sulistyo et al., 2021).

Identifikasi lintasan kritis menggunakan bantuan perangkat lunak *Microsoft Project* mengungkapkan bahwa pekerjaan persiapan, struktur baja kantor tahap satu, dan pekerjaan arsitektur tahap dua merupakan urutan aktivitas yang paling menentukan durasi total proyek. Dalam struktur jalur ini, setiap penundaan pada aktivitas mobilisasi, pengukuran, maupun pekerjaan *footplate* akan secara langsung menggeser tanggal penyelesaian akhir proyek. Analisis ini memberikan gambaran strategis bahwa efisiensi waktu pada bagian arsitektur, seperti bongkaran toilet dan partisi, sangat krusial karena durasi normalnya mencapai 120 hari. Dengan memetakan urutan pekerjaan kritis ini, pelaksana dapat melakukan pengawasan yang lebih intensif pada area kerja manufaktur tersebut. Kesalahan dalam alokasi sumber daya pada lintasan kritis ini merupakan penyebab utama terjadinya pembengkakan waktu penyelesaian. Implikasi dari temuan lintasan kritis ini menuntut manajer proyek untuk memastikan bahwa aliran material dan ketersediaan tenaga kerja pada sub-pekerjaan tersebut tidak mengalami hambatan operasional, mengingat dampaknya yang sangat dominan terhadap jadwal keseluruhan bangunan tambahan (Mar'aini & Akbar, 2022; P.B.W., 2022; Setiawan & Janizar, 2021).

Penerapan strategi percepatan atau *crashing* melalui penambahan jam lembur selama empat jam setiap hari kerja terbukti memberikan hasil yang sangat signifikan secara operasional. Analisis menunjukkan bahwa total durasi proyek dapat direduksi secara drastis dari 180 hari menjadi hanya 144 hari. Penurunan durasi sebesar 36 hari ini diperoleh melalui pemadatan jadwal pada aktivitas yang berada di lintasan kritis, terutama pada bagian arsitektur kantor yang mengalami penyusutan waktu penyelesaian sebanyak 24 hari. Pengurangan durasi ini memberikan keuntungan kompetitif bagi pemilik bangunan manufaktur agar operasional gedung tambahan dapat segera dimulai. Meskipun percepatan ini membutuhkan manajemen energi pekerja yang lebih ketat, hasil selisih waktu penyelesaian sebesar 20% dari jadwal normal membuktikan bahwa optimalisasi jam kerja lembur adalah instrumen yang sangat efektif. Pihak kontraktor dapat memanfaatkan temuan ini untuk mengejar ketertinggalan progres fisik tanpa harus menambah jumlah personil secara masif, melainkan dengan

mengoptimalkan jam kerja pada tim yang sudah ada di lapangan (Fardila & Adawyah, 2021; Fatimatuzzahro & Adiwati, 2026; Nabila, 2023; Yuwono et al., 2025).

Konsekuensi logis dari kebijakan percepatan waktu penyelesaian ini adalah terjadinya peningkatan biaya total proyek yang mengikuti hukum *time-cost trade-off*. Berdasarkan perhitungan biaya, proyek mengalami kenaikan anggaran dari Rp 5.027.233.557,14 menjadi Rp 5.256.250.843,54 akibat kompensasi upah lembur dan biaya pendukung lainnya. Selisih kenaikan biaya sebesar Rp 229.017.286,40 atau setara dengan 4,56% merupakan investasi yang harus dikeluarkan untuk mendapatkan keuntungan waktu selama 36 hari. Rasio kenaikan biaya yang relatif kecil dibandingkan dengan persentase percepatan waktu menunjukkan bahwa skema lembur ini masih berada dalam batas efisiensi ekonomi bagi proyek konstruksi skala manufaktur. Analisis biaya *crashing* ini memberikan data penting bagi pengambil keputusan bahwa kompresi jadwal selalu diikuti dengan penambahan *crash cost*. Secara praktis, manajer proyek perlu menimbang apakah nilai ekonomi dari selisih waktu 36 hari tersebut lebih besar daripada biaya tambahan sebesar 4,56% tersebut. Peningkatan biaya ini terkonsentrasi paling besar pada pekerjaan arsitektur kantor tahap dua dengan nilai tambahan biaya melebihi seratus delapan puluh juta rupiah.

Meskipun hasil penelitian memberikan panduan yang jelas mengenai manajemen waktu dan biaya, terdapat beberapa keterbatasan yang harus diperhatikan dalam penerapan temuan ini. Penelitian ini hanya mencakup variabel internal organisasi konstruksi, sementara faktor eksternal makro seperti fluktuasi harga pasar material konstruksi dan perubahan regulasi kawasan industri tidak dieksplorasi secara mendalam. Selain itu, keandalan model determinasi sebesar 74,5% menyisakan 25,5% misteri variabel lain yang mungkin berasal dari faktor lingkungan psikologis pekerja atau komunikasi antar pemangku kepentingan. Implikasi dari studi ini menekankan bahwa percepatan proyek tidak boleh dilakukan secara membabi buta tanpa mempertimbangkan kelelahan tenaga kerja yang dapat menurunkan standar kualitas bangunan. Penggunaan perangkat lunak manajemen proyek harus terus diperbarui dengan data lapangan yang paling mutakhir untuk menghindari kesalahan prediksi lintasan kritis (P.B.W., 2022; Sahid et al., 2020; Setiawan & Janizar, 2021; Sinurat & Misdalena, 2024). Ke depannya, penelitian tambahan mengenai pengaruh kualitas bahan terhadap durasi pengerjaan diperlukan untuk menyempurnakan strategi percepatan ini pada proyek gedung industri serupa, guna memastikan keseimbangan yang optimal antara kecepatan waktu pelaksanaan dan efisiensi anggaran belanja proyek.

KESIMPULAN

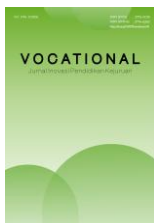
Berdasarkan hasil analisis uji statistik yang komprehensif, dapat disimpulkan bahwa keterlambatan pada proyek pembangunan Additional Building Onduline Manufaktur Indonesia secara signifikan dipengaruhi oleh empat faktor utama. Melalui uji parsial atau T-test, terbukti bahwa faktor tenaga kerja, ketersediaan material, ketepatan metode pelaksanaan, serta kejadian tak terduga (*force majeure*) memiliki dampak yang nyata terhadap deviasi jadwal proyek. Di sisi lain, faktor peralatan dan keuangan tidak menunjukkan pengaruh individu yang berarti dalam konteks pembangunan fasilitas industri ini. Namun demikian, hasil uji simultan atau F-test menegaskan bahwa secara kolektif, keenam variabel tersebut memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap keterlambatan pekerjaan dengan tingkat kontribusi sebesar 74,5 persen, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun beberapa faktor tidak dominan secara individu, kombinasi dari seluruh kendala lapangan tersebut saling bersinergi menciptakan hambatan operasional yang mengancam target penyelesaian waktu yang telah ditetapkan dalam kontrak awal.

Sebagai solusi mitigasi atas keterlambatan tersebut, penerapan metode Crashing berupa penambahan waktu kerja lembur selama empat jam per hari terbukti sangat efektif secara teknis maupun ekonomis. Simulasi menggunakan perangkat lunak Microsoft Project menunjukkan bahwa intervensi pada aktivitas yang berada di lintasan kritis, khususnya pekerjaan arsitektur kantor, mampu mereduksi total durasi proyek secara drastis dari jadwal normal 180 hari menjadi hanya 144 hari. Penghematan waktu penyelesaian sebesar 36 hari ini secara logis diikuti oleh konsekuensi peningkatan biaya atau crash cost. Namun, analisis finansial membuktikan bahwa tambahan biaya yang harus dikeluarkan hanyalah sebesar Rp 229.017.286,40, yang memicu kenaikan total anggaran dari Rp 5.027.233.557,14 menjadi Rp 5.256.250.843,54. Persentase kenaikan biaya yang hanya mencapai 4,56 persen ini dinilai sangat efisien dan rasional apabila dikomparasikan dengan keuntungan waktu operasional yang diperoleh pihak manufaktur. Oleh karena itu, metode percepatan ini sangat direkomendasikan sebagai langkah pemulihan (recovery) jadwal yang proporsional tanpa mengorbankan kualitas struktur bangunan secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M. G., Herni, M., & Kurniawan, S. (2022). Analisis metode time cost trade pada pembangunan perpustakaan IAIN Metro. *JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, 3(1), 211. <https://doi.org/10.24127/jumatisi.v3i1.3709>
- Al-Bataineh, F., Khatatbeh, A. A., & Alzubi, Y. (2024). Unsupervised machine learning for identifying key risk factors contributing to construction delays. *Organization Technology and Management in Construction: An International Journal*, 16(1), 170. <https://doi.org/10.2478/otmcj-2024-0014>
- Boy, W., Erlindo, R., & Fitrah, R. A. (2021). Faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek konstruksi gedung kuliah pada masa pandemi Covid 19. *Jurnal Rivet*, 1(1), 57. <https://doi.org/10.47233/rivet.v1i01.231>
- Darmawan, D. (2023). Dampak stres, supervisi dan K3 terhadap produktivitas pekerja proyek konstruksi. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 7(1), 138. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v7i1.8967>
- Fardila, D., & Adawyah, N. R. (2021). Optimasi biaya dan waktu proyek konstruksi dengan lembur dan penambahan tenaga kerja. *Inersia: Lnformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 17(1), 35. <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i1.39499>
- Fatimatuazzahro, S., & Adiwati, M. R. (2026). Analisis penerapan purchasing dalam mendukung kinerja operasional (Studi kasus PT Indo Bismar). *Cendekia: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 6(1), 422. <https://doi.org/10.51878/cendekia.v6i1.8885>
- Hudoyo, C. P., & Purwono, N. A. S. (2023). Tindakan preventif dan korektif sebagai pengendalian risiko kinerja biaya pada proyek konstruksi pelabuhan. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 8(2), 455. <https://doi.org/10.28926/briliant.v8i2.1151>
- Indriyani, E. P., Suhariadi, F., Lestari, Y. D., Aldhi, I. F., Rahmawati, E., Hardaningtyas, D., & Abbas, A. (2025). Sustaining infrastructure firm performance through strategic orientation: Competitive advantage in dynamic environments. *Sustainability*, 17(3), 1194. <https://doi.org/10.3390/su17031194>
- Latifah, S. (2020). Optimalisasi manajemen waktu dan biaya terhadap pembangunan proyek (Studi kasus penyelesaian pembangunan Puskesmas 1 Batur CV. Sento Hokage). *Journal of Economic Business and Engineering (JEBE)*, 1(2), 326. <https://doi.org/10.32500/jebe.v1i2.1228>

- Maktoumi, I. S. A., Khan, F. R., & Maktoumi, A. R. S. A. (2020). Assessing the factors causing project completion delays in the construction sector of Oman using SEM-PLS. *Humanities & Social Sciences Reviews*, 8(3), 900. <https://doi.org/10.18510/hssr.2020.8394>
- Mar'aini, M., & Akbar, Y. R. (2022). Penentuan jalur kritis untuk manajemen proyek (Studi kasus pembangunan Jalan Selensen-Kota Baru-Bagan Jaya). *Jurnal Pustaka Manajemen (Pusat Akses Kajian Manajemen)*, 2(1), 6. <https://doi.org/10.55382/jurnalpustakamanajemen.v2i1.184>
- Muniroh, M., Kempa, M., & Buyang, C. G. (2021). Pengendalian biaya dan waktu dengan earned value concept pada proyek penataan bangunan. *Jurnal Simetrik*, 11(1), 404. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i3.5458>
- Nabila, F. (2023). An analysis of time and cost optimization in building construction using time cost trade off method. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 4(2), 199. <https://doi.org/10.37253/jcep.v4i2.8662>
- P. B. W., Y. N. (2022). Analisis keterlambatan waktu pada proyek pembangunan gedung kantor Kelurahan Gedog Kota Blitar dengan metode network CPM (Critical Path Method). *Journal of Science Nusantara*, 2(3), 130. <https://doi.org/10.28926/jsnu.v2i3.526>
- Putra, I. K. A. A., Pagehgiri, J., & Ariyanta, I. P. G. (2021). Analisis kinerja konsultan pengawas konstruksi dalam pelaksanaan proyek gedung Puskesmas di Kabupaten Tabanan. *Jurnal Teknik Gradien*, 13(1), 48. <https://doi.org/10.47329/teknikgradien.v13i1.741>
- Sahid, M., Mulyono, G. S., Nuryanto, A. S. J., & Abdurrosyid, J. (2020). Evaluasi pengendalian waktu dan produktivitas tenaga kerja pelaksanaan proyek pembangunan gedung parkir menggunakan metode jaringan kerja Critical Path Methode (CPM) (Studi kasus: Gedung parkir Balai Kota Semarang). *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 13(2), 71. <https://doi.org/10.23917/dts.v13i2.13057>
- Salim, M. A., Siswanto, A. B., Hartono, H., & Rozaq, B. (2022). Analisis perbandingan waktu dan biaya penggunaan teknologi RISHA dan metode konvensional pada proyek perumahan. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 6(2), 48. <https://doi.org/10.32528/hgn.v6i2.6106>
- Setiawan, F., & Janizar, S. (2021). Percepatan jadwal konstruksi dan pengaruhnya terhadap biaya penyelesaian proyek konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (JTSC)*, 2(1), 23. <https://doi.org/10.51988/vol1no1bulanjulitahun2020.v2i1.29>
- Sinurat, F., & Misdalena, F. (2024). Analisis manajemen proyek dengan metode Critical Path Method (CPM) pada proyek pembangunan gedung Chandra Tanjung Karang. *Jurnal Konstruksi*, 22(2), 98. <https://doi.org/10.33364/konstruksi.v.22-2.2131>
- Siswanto, A. B., Salim, M. A., & Ramawati, D. (2022). Analisis penerapan K3 masa pandemi Covid 19 pada proyek dermaga samudera Semarang. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 229. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i1.647>
- Sulistyo, A. B., Ilpan, I., & Khadijah, A. (2021). Redesign road project using critical chain project management method and crashing method. *Opsi*, 14(2), 262. <https://doi.org/10.31315/opsi.v14i2.5651>
- Tantarto, T., & Hermawan, P. (2023). Proposed improvement of subcontractor selection process at PT Bangun Beton. *European Journal of Business Management and Research*, 8(4), 146. <https://doi.org/10.24018/ejbmr.2023.8.4.2055>



- Wibowo, F. A., Satria, A., Gaol, S. L., & Indrawan, D. (2024). Foresight for SOE companies in Indonesia's construction industry: Recognizing future opportunities. *Sustainability*, 16(23), 10384. <https://doi.org/10.3390/su162310384>
- Yuwono, D. A., Setiono, S., & Handayani, F. S. (2025). Penerapan analisis earned value dan optimasi dengan metode time cost trade off pada proyek tol kataraja seksi 1 Jakarta-Banten. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 9(1), 55. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v9i1.107095>
- Zhaputro, M. A. D., Darjanto, H., & Nugrahini, F. C. (2024). Penerapan metode time cost trade off untuk optimasi biaya dan waktu pada pengaruh redesign struktur bawah (Studi kasus: Proyek pembangunan Klinik Utama Mata JEC Java @Pasuruan Tahap 1). *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering & Technology*, 3(2), 93. <https://doi.org/10.30651/mine-tech.v3i2.24621>