Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X **(Printed)**
6 (1) 2026, Page 19871- 19889

Evaluasi Efisiensi Waktu dan Biaya Melalui Implementasi Crashing Program pada Pekerjaan Gedung Laboratorium School Kota Serang

Bambang Hariyanto [1], Telly Rosdiyani[2], Muhammad Fadly Azhar [3]
[1,2,3]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Banten Jaya, Jl. Raya Ciwaru Raya II No.73 Kota Serang, Banten
e-mail: jos.bambang@gmail.com

ABSTRAK

Keterlambatan proyek konstruksi berdampak pada peningkatan biaya dan penurunan efisiensi pelaksanaan pekerjaan. Salah satu metode percepatan yang dapat diterapkan adalah crashing program, yaitu strategi optimasi durasi proyek melalui penambahan sumber daya, seperti jam kerja lembur, guna mempercepat aktivitas pada jalur kritis. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi waktu dan biaya melalui implementasi metode crashing program pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium School Kota Serang. Metode penelitian dilakukan dengan analisis percepatan durasi menggunakan bantuan perangkat lunak Microsoft Project untuk mengidentifikasi jalur kritis dan menghitung perubahan durasi serta biaya akibat penambahan jam kerja lembur. Skenario percepatan dilakukan dengan penambahan 1 hingga 4 jam kerja lembur per hari dan dianalisis dampaknya terhadap durasi proyek dan biaya total. Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi normal proyek adalah 90 hari dengan biaya sebesar Rp195.776.250,00. Setelah dilakukan crashing, diperoleh durasi 88,38 hari dengan penambahan 1 jam lembur dan biaya Rp222.281.876,88 (cost variance Rp26.505.626,88); durasi 86,75 hari dengan 2 jam lembur dan biaya Rp248.787.503,76 (cost variance Rp53.011.253,76); durasi 85,13 hari dengan 3 jam lembur dan biaya Rp275.293.130,64 (cost variance Rp79.516.880,64); serta durasi 84 hari dengan 4 jam lembur dan biaya Rp301.798.757,52 (cost variance Rp106.022.507,52). Persentase percepatan waktu berturut-turut sebesar 1,806%, 3,678%, 5,620%, dan 7,636% dibandingkan durasi normal.Berdasarkan hasil evaluasi, metode crashing program efektif dalam mengurangi durasi proyek, namun berdampak pada peningkatan biaya yang signifikan. Oleh karena itu, pemilihan alternatif percepatan perlu mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi waktu dan tambahan biaya yang ditimbulkan.

Kata kunci: Crashing, Jalur Kritis, Manajemen Proyek

ABSTRACT

Construction project delays result in increased costs and decreased efficiency of work execution. One acceleration method that can be applied is the crashing program, which is a strategy to optimize project duration by adding resources, such as overtime hours, to accelerate activities on the critical path. This study aims to evaluate the efficiency of time and costs through the implementation of the crashing program method on the Serang City School Laboratory Building construction project. The research method is carried out by analyzing the duration acceleration using Microsoft Project software to identify the critical path and calculate changes in duration and costs due to additional overtime hours. The acceleration scenario is carried out by adding 1 to 4 hours of overtime per day and analyzing its impact on the project duration and total cost. The results show that the normal project duration is 90 days with a cost of Rp195,776,250.00. After crashing, the duration is 88.38 days with the addition of 1 hour of overtime and a cost of Rp222,281,876.88 (cost variance Rp26,505,626.88); A duration of 86.75 days with 2 hours of overtime and a cost of Rp248,787,503.76 (cost variance of Rp53,011,253.76); a duration of 85.13 days with 3 hours of overtime and a cost of Rp275,293,130.64 (cost variance of Rp79,516,880.64); and a duration of 84 days with 4 hours of overtime and a cost of Rp301,798,757.52 (cost variance of Rp106,022,507.52). The time acceleration percentages were 1.806%, 3.678%, 5.620%, and 7.636%, respectively, compared to the normal duration. Based on the evaluation results, the crashing program method was effective in reducing project duration, but resulted in a significant increase in costs. Therefore, selecting an acceleration alternative requires considering the balance between time efficiency and the additional costs incurred.

Keywords: Crashing, Critical Path, Project Management

© The Author(s). 2026 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi memiliki tiga kendala utama yang saling berkaitan, yaitu waktu, biaya, dan mutu. Keterlambatan penyelesaian proyek dapat menimbulkan konsekuensi berupa peningkatan biaya serta terganggunya pemanfaatan bangunan sesuai jadwal yang telah direncanakan. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengendalian proyek yang mampu mengoptimalkan durasi pelaksanaan tanpa menimbulkan pembengkakan biaya yang tidak terkendali. Optimasi dalam manajemen proyek merupakan upaya untuk memperoleh kombinasi terbaik antara waktu dan biaya guna mencapai efisiensi pelaksanaan pekerjaan (Nurdiana, 2021; Noviandi, 2021). Salah satu metode percepatan yang umum digunakan adalah crashing program, yaitu teknik mempercepat durasi proyek dengan mengurangi waktu aktivitas pada jalur kritis melalui penambahan sumber daya. Dalam penelitian ini, percepatan dilakukan melalui penambahan jam kerja lembur. Meskipun metode ini berpotensi meningkatkan biaya langsung, penerapannya dapat mengurangi risiko kerugian yang lebih besar akibat keterlambatan proyek (Nurlaila, 2025). Oleh karena itu, diperlukan analisis kuantitatif untuk mengetahui dampak percepatan terhadap perubahan durasi dan biaya proyek.

Pembangunan Gedung Laboratorium School di Kota Serang merupakan bagian dari pengembangan sarana pendidikan guna mendukung kelancaran proses Kegiatan Belajar Mengajar (KBM). Berdasarkan studi pendahuluan, terdapat indikasi keterlambatan pada beberapa pekerjaan sehingga diperlukan evaluasi terhadap efisiensi waktu dan biaya proyek. Upaya percepatan dilakukan dengan menerapkan metode crashing program menggunakan bantuan perangkat lunak Microsoft Project untuk mengidentifikasi jalur kritis serta menghitung perubahan durasi dan biaya akibat penambahan jam kerja lembur.

Penelitian ini difokuskan pada analisis percepatan melalui penambahan 1 sampai dengan 4 jam kerja lembur untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap durasi proyek dan kenaikan biaya, sehingga dapat diperoleh alternatif percepatan yang paling efisien.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana kondisi durasi dan biaya proyek pada keadaan normal, bagaimana pengaruh penerapan crashing program melalui penambahan jam kerja lembur terhadap percepatan durasi proyek, serta seberapa besar peningkatan biaya yang terjadi pada setiap skenario percepatan untuk menentukan alternatif yang paling efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis durasi dan biaya proyek pada kondisi normal, mengevaluasi perubahan durasi dan biaya akibat penerapan crashing program dengan penambahan jam kerja lembur, serta menentukan alternatif percepatan yang paling efisien berdasarkan keseimbangan waktu dan biaya.

Penelitian ini penting dilakukan karena keterlambatan proyek konstruksi dapat berdampak langsung pada peningkatan biaya dan terganggunya pemanfaatan bangunan, khususnya pada fasilitas pendidikan yang memiliki jadwal operasional tetap. Evaluasi penerapan crashing program melalui penambahan jam

kerja lembur diperlukan untuk memberikan dasar analisis yang terukur dalam pengambilan keputusan percepatan proyek. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengendalian waktu dan biaya proyek konstruksi sejenis, sehingga tercapai efisiensi pelaksanaan tanpa menimbulkan pembengkakan biaya yang tidak terkendali.

Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan alur utama yang menjadikan industri konstruksi secara keseluruhan bernilai dengan mengelola faktor-faktor pembatas seperti waktu dan biaya. Khususnya, hal ini membantu dalam menyelidiki perbaikan kondisi kerja dalam jangka waktu yang sesuai dengan biaya yang dikeluarkan. Software Microsoft Project 2019 digunakan untuk meningkatkan penjadwalan menambahkan Crashing, Slack time, dan rencana kegiatan konstruksi menggunakan bahan bangunan alternatif. Crashing membuat waktu yang tepat untuk mendapatkan manfaat dari penambahan waktu kerja lembur tenaga kerja yang besar dan peningkatan durasi aktivitas menggunakan slack time dalam software (S., Chougule . S., 2021).

Penjadwalan Waktu Pelaksanaan

Penjadwalan proyek (Time Schedule) adalah proses merencanakan dan mengorganisir urutan serta durasi kegiatan diperlukan untuk penyelesaian sebuah pekerjaan dalam jangka waktu tertentu. Tujuan dari penjadwalan proyek adalah untuk memastikan bahwa setiap tugas atau aktivitas dalam proyek diselesaikan tepat waktu, dengan alokasi waktu yang sesuai untuk setiap kegiatan. Penjadwalan proyek juga membantu mengidentifikasi ketergantungan antar aktivitas, menetapkan deadline, serta memantau progres seluruh pekerjaan untuk memastikan pekerjaan selesai sesuai target rencana.

Optimasi proyek atau crashing adalah suatu upaya yang terorganisir dengan sistematis untuk menganalisis kegiatan-kegiatan dalam proyek yang berfokus pada jalur kritis, guna menentukan aktivitas yang dapat dipercepat dengan memanfaatkan biaya variabel untuk memperoleh durasi yang paling efisien dan ekonomis (Larasti Ayu, 2025).

Optimasi adalah metode efektif yang memaksimalkan keuntungan melalui hasil yang rasional dalam kondisi tertentu. Metode yang memastikan biaya aktual tidak melebihi batas biaya perkiraan disebut optimasi biaya (Umesh Kamble, 2018).

Penjadwalan Dengan Microsoft Project

Microsoft Project adalah software alat bantu untuk administrasi proyek yang digunakan untuk melakukan action plan, monitoring, reporting dari suatu data pekerjaan. Software tersebut memiliki keunggulan yang dapat memberikan kemampuan menangani perencanaan pada setiap pekerjaan. Input mencakup komponen – komponen sumber daya seperti tenaga kerja (resource), material, mata uang, mesin/alat, dan kegiatan serta unsur manajemen proyek yang baik, dengan menggabungkan kemudahan pengguna (user), sehingga penggunanya dapat mengelola proyek lebih efisien dari segi biaya maupun waktu.(Syafriandi, 2017)

Crashing Project

Menurut Kelley & Walker, 1959, James E. Kelley Jr dari Remington Rand. dan Mrogan R. Walker dari DuPont, crashing project adalah pengembang awal teknik Critical Path Method (CPM) dikembangkan sejak tahun 1950-an. Keduanya berkolaborasi untuk bekerjasama mengembangnkan Critical Path Method (CPM) pada tahun 1989, yang tidak ditemukan oleh individu tertentu itu perkembangan dari bidang manajemen proyek, terutama dari ilmu teknik Critical Path Method (CPM).

Dalam pengembangan teknik manajemen proyek, crashing cara untuk mempercepat durasi pekerjaan, biasanya diperlukan proses pengambilan keputusan yang cepat. Oleh karena itu, penting untuk memberikan wewenang persetujuan yang jelas dan sederhana kepada pihak yang bertanggung jawab. (Naji et al., 2023).

Dari berbagai solusi tersebut alternatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menambah jam kerja lembur. Berikut beberapa prosedur dalam penerapan crashing. (Pradana, 2024)

1. Menentukan durasi normal berdasarkan diagram network planning dan biaya awal proyek.
2. Menggunakan hasil analisis Critical Path Method (CPM) untuk mengetahui item pekerjaan yang berada pada lintasan kritis (critical tasks) yang perlu di crashing/dipercepat.
3. Menganalisis durasi crashiing (durasi akibat penambahan jam kerja lembur/percepatan) dan biaya crashing (biaya akibat penambahan jam kerja lembur) untuk setiap item pekerjaan yang berada pada lintasan kritis (critical tasks).
4. Menghitung cost varience proyek dengan biaya kondisi crashing proyek dikurangi dengan biaya kondisi normal proyek.

Lembur (overtime work)

Menurut penjelasan (Undang - Undang Nomor 6 Tahun 2023, hal. 548) tentang Cipta Kerja Pasal 77 Ayat (2) menyebut bahwa setiap pengusaha wajib melaksanakan ketentuan waktu kerja. Waktu kerja sebagaimana dimaksud pada Ayat (1) meliputi:

1. 7 (tujuh) jam dalam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam dalam 1 (satu) minggu untuk 6 (enam) 7 (tujuh) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 6 (enam) hari kerja dalam 1 (satu) minggu; atau
2. 8 (delapan) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 5 (lima) hari kerja dalam 1 (satu) minggu.

Perhitungan Upah Kerja Lembur didasarkan pada Upah bulanan. Menurut (Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021, hal. 20) Pasal 32 Ayat (2) menjelaskan tentang Cara menghitung Upah sejam yaitu sesuai pada persamaan 2.1

$$\text{Upah sejam} = 1/173 \times \text{Upah sebulan} \quad (1)$$

Berikut langkah penyelesaian untuk upah penambahan jam kerja lembur berdasarkan menurut (Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021, hal. 20) Pasal 31 Ayat (1) Perusahaan yang

mempekerjakan Pekerja/Buruh melebihi waktu kerja sebagaimana dimaksud dalam Pasal 21 Ayat (2) wajib membayar Upah Kerja Lembur. Perhitungan upah jam kerja lembur ini dilakukan untuk hari kerja normal

1. Untuk jam kerja lembur pertama sebagai berikut

Jam kerja lembur pertama = 1,5 x Upah sejam (2)

2. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya,

Jam kerja lembur kedua, dan seterusnnya = 2 x Upah sejam (3)

Apabila kerja lembur dilakukan pada istirahat mingguan dan/atau hari libur resmi untuk waktu kerja 6 (enam) hari kerja dan 40 (empat puluh) jam seminggu, dengan ketentuan:

1. Perhitungan Upah Kerja Lembur sesuai pada persamaan 2.4, 2.5, dan 2.6 dilaksanakan sebagai berikut:

Jam ke-1 (pertama) sampai jam ke-7 (tujuh) = 2 x Upah sejam (4)

Jam ke-8 (delapan) = 3 x Upah sejam (5)

Jam ke-9 (sembilan), jam ke-10 (sepuluh), dan jam ke-11 (sebelas), dibayar = 4 x Upah sejam (6)

2. Jika hari libur resmi jatuh pada hari kerja terpendek, perhitungan Upah Kerja Lembur dilaksanakan sebagai berikut:

Jam ke-1 (pertama) sampai jam ke-5 (lima) = 2 x Upah sejam (7)

Jam ke-6 (enam) = 3 x Upah sejam (8)

Jam ke-7 (tujuh), jam ke-8 (delapan), dan jam ke-9 (sembilan), dibayar = 4 x Upah sejam (9)

Analisis Cost Variance

Menurut (Syafriandi, 2017) Cost variance adalah selisih antara nilai biaya yang diperoleh perbandingan antara biaya normal sesungguhnya/Actual Cost (AC) dengan nilai biaya sesunggunya/Earned Value (EV) selama proyek berlangsung. Apabila cost variance memperoleh hasil positif menandakan bahwa nilai biaya sesunguhnya (Actual Cost) lebih tinggi dibandingkan dengan kinerja tenaga kerja rencana. Sebaliknya, jika cost variance menunjukkan nilai negatif, hal ini menunjukkan bahwa nilai biaya Earned Value (EV) lebih besar daripada biaya Actual Cost (AC). Metode perhitungan untuk mencari cost variance antara biaya rencana (Earned Value) dengan biaya aktual (Actual Value), dengan contoh perhitungan Cost Variance (CV) selisih anatar nilai yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Cost variance (CV) = Actual Cost (AC) - Earned Cost (EC) (10)

1 jam kerja lembur = Biaya crashing 1 jam kerja lembur – Biaya Normal (11)

2 jam kerja lembur = Biaya crashing 2 jam kerja lembur – Biaya Normal .(12)

3 jam kerja lembur = Biaya crashing 3 jam kerja lembur – Biaya Normal (13)

4 jam kerja lembur = Biaya crashing 4 jam kerja lembur – Biaya Normal (14)

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Pembangunan Gedung Laboratorium School tepatnya berada pada JL Ciracas No.38, Kecamatan Serang, Kota Serang menjadi tempat sebagai untuk melakukan penelitian. Berikut batasan – Batasan wilayah lokasi tersebut .Waktu penelitian ini dilakukan mulai dari tanggal 22 April 2025 sampai dengan 18 Juli 2025.

Prosedur Penelitian

Perhitungan durasi crashing dan biaya setelah crashing, dengan bantuan microsoft project untuk mengetahui pekerjaan di lintasan kritis pada proyek, dan memasukan sumber daya (tenaga kerja, bahan/material, dan peralatan). Berikut langkah-langkah yang akan digunakan dalam peneilitian :

1) Persiapan

Persiapan berupa mencari informasi lokasi yang sedang melaksanakan kegiatan proyek konstruksi. Setelah ditemukan objek penelitian kemudian dilakukan observasi lapangan dan membuat izin kepada kontraktor pelaksana untuk menjadikan Pembangunan Gedung Laboratorium School Kota Serang.

2) Studi Literatur

Mengenai penggunaan metode crashing diperlukan sebagai referensi, dan dilakukan dengan membaca buku, jurnal, dan referensi yang digunakan oleh peneliti untuk mendukung proses tersebut

3) Metode Pengumpulan Data

Adapun data yang diperlukan untuk analisis meliputi :

1. Time Schedule dan S-Curve
2. Rencana Anggaran Biaya (RAB)/BOQ (Bill Of Quanitity)
3. Analisa Harga Satuan Pekerjaan
4. Laporan Progres Mingguan

4) Pengolahan Data

Tahapan ini dilakukan sesudah data – data proyek terkumpul, langkah – Langkah penyusunan network diagram adalah sebagai berikut :

1. Penguraian atau break down setiap item kegiatan pekerjaan
2. Menentukan kegiatan yang saling berhubungan satu sama lain(predecessors)
3. Menentukan durasi setiap berbagai pekerjaan berdasarkan data dari time schedule / penjadwalan setiap kegiatan
4. Menentukan lintasan kritis (Critical tasks) pada item kegiatan pekerjaan.
5. Memasukan sumber daya tenaga kerja (resource name)
6. Menginuput jam kerja lembur kepada para tenaga kerja (resource)
7. Menghitung rencana anggaran biaya (RAB) dan jadwal pelaksanaan pada struktur bawah.

8. Perhitungan biaya normal dilakukan untuk mengetahui biaya dari pekerjaan sebelum percepatan (biaya normal) dengan rencana anggaran (RAB) proyek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Umum Proyek

Diperlukan beberapa dalam penelitian dalam penelitian ini, seperti data harga upah tenaga kerja, analisa harga satuan pekerjaan (AHSP), Kurva-S, dan pada Pekerjaan Pembangunan Gedung Kelas TK/SD Laboratorium School Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Serang ditampilkan daftar harga upah dan bahan tenaga kerja tahun anggaran 2024 pada Tabel 1

Tabel 1 Daftar Harga Upah Tenaga Kerja Tahun Anggaran 2024

NO.	JENIS TENAGA KERJA	HARGA UPAH	SATUAN WAKTU
1	2	3	4
1	Pekerja	Rp125.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
2	Tukang Gali	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
3	Tukang Batu	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
4	Tukang Kayu	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
5	Tukang Cat / Pelitur	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
6	Tukang Besi Beton	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
7	Tukang Besi Profil	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
8	Tukang Besi Konstruksi	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
9	Tukang Allumunium	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
10	Tukang Las	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
11	Tukang Las Konstruksi	Rp160.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
12	Tukang Pipa	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
13	Tukang Vibrator	Rp160.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
14	Tukang Erection	Rp160.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam
15	Tukang Listrik	Rp160.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam

16	Operator Alat Berat	Rp160.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam	
17	Operator Crane	Rp160.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam	
18	Operator	Rp160.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam	
19	Pembantu Operator Crane	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam	
20	Pembantu Tukang	Rp145.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam	
21	Kepala Tukang	Rp160.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam	
22	Mandor	Rp170.000,00	1 Orang/ Hari/ 8 Jam	

Sumber: Penelitian, 2025

Hasil Perhitungan Analisis Microsoft Project Lintasan Kritis

Dalam penelitian ini, waktu yang diperlukan untuk setiap durasi pekerjaan dapat ditentukan dengan memeriksa perencanaan proyek yang telah direncanakan. Adapun pekerjaan-pekerjaan yang termasuk dalam lintasan kritis ini akan diprioritaskan untuk percepatan (crashing), dan daftar pekerjaan yang ada di lintasan kritis tersebut dapat dilihat pada tabel 2. hasil yang sudah di rekap kegiatan kritis dari analisa menggunakan micrsosoft project .

Tabel 2 Kegiatan Lintasan Kritis (critical tasks)

No	Task Name	Normal Duration (Days)	Predecessors
PEKERJAAN PEMBANGUNAN KELAS TK/SD LABORATORIUM SCHOOL (SEKOLAH DASAR)			
B	PEKERJAAN STRUKTUR		
II	PEKERJAAN PONDASI STRAUS/BORED PILE, PILE CAP DAN SLOOF		
a	Galian Tanah Pondasi Bored Pile	10	36SS+3 days
b	Urugan Pasir dibawah Pondasi Bored Pile	7	61FS+2 days
g	Sloof 30x50 cm		
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.16	4	72FS+5 days
	Bekisting Sloof (Pasangan Batako Press)	4	65SS+1 days
j	Kolom Beton Lantai Dasar 40x40cm		
	Pengecoran Beton K-300	3	74FS+4 days
k	Kolom Beton Lantai Dasar 50x50cm		
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.19	3	74SS
	Bekisting Kolom	3	78SS+1 day
III	PEKERJAAN STRUKTUR BETON LANTAI I		
d	Balok Beton 30x50cm (B1)		
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.16	8	104FS-2 days

	dan dia.13		
	Bekisting Balok	5	107SS
IV	PEKERJAAN STRUKTUR RANGKA ATAP BAJA DAN PENUTUP ATAP		
	Pasang baud Angkur Kuda kuda atap	10	99SS+2 days
	Pasang Rangka Kuda Kuda Atap Baja IWF-250	10	
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR		
I	PEKERJAAN DINDING LANTAI I		
a	Pasangan Dinding Bata Merah	22	66
b	Plesteran	10	147
c	Acian	10	149SS+4 days

Penambahan jam kerja lembur pada tenaga kerja (resource) mengakibatkan terjadinya perubahan waktu dan biaya yang signifikan dalam proses alternatif percepatan proyek. Perhitungan durasi waktu dan biaya adalah sebagai berikut.

Hasil analisis Crashing (overtime work)

Hasil analisis durasi kondisi normal dan kondisi crashing untuk setiap item pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3 Rekapitulasi Hasil Analisis Durasi Kondisi Normal Dan Durasi Kondisi Crashing

No	Item Pekerjaan	Durasi Normal (hari)	Durasi Crashing (hari)			
			Lembur 1 jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam	Lembur 4 jam
PEKERJAAN PEMBANGUNAN GEDUNG KELAS TK/SD LABORATORIUM SCHOOL (SEKOLAH DASAR)						
B	PEKERJAAN STRUKTUR					
II	PEKERJAAN PONDASI STRAUS/BORED PILE, PILE CAP DAN SLOOF					
a	Galian Tanah Pondasi Bored Pile	10	8,75	7,50	6,25	5,00
b	Urugan Pasir dibawah Pondasi Bored Pile	7	6,13	5,25	4,38	3,50
g	Sloof 30x50 cm					
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.16	4	3,50	3,00	2,50	2,00
	Bekisting Sloof (Pasangan Batako Press)	4	3,50	3,00	2,50	2,00
j	Kolom Beton Lantai Dasar 40x40cm					
	Pengecoran Beton K-300	3	2,63	2,25	1,88	1,50
k	Kolom Beton Lantai Dasar 50x50cm					
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.19	3	2,63	2,25	1,88	1,50
	Bekisting Kolom	3	2,63	2,25	1,88	1,50
III	PEKERJAAN STRUKTUR BETON LANTAI I					
d	Balok Beton 30x50cm (B1)					
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.16 dan dia.13	8	7,00	6,00	5,00	4,00
	Bekisting Balok	5	4,38	3,75	3,13	2,50

No	Item Pekerjaan	Durasi Normal (hari)	Durasi Crashing (hari)			
			Lembur 1 jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam	Lembur 4 jam
IV	PEKERJAAN STRUKTUR RANGKA ATAP BAJA DAN PENUTUP ATAP					
	Pasang baud Angkur Kuda kuda atap	10	8,75	7,50	6,25	5,00
	Pasang Rangka Kuda Kuda Atap Baja IWF-250	10	8,75	7,50	6,25	5,00
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR					
I	PEKERJAAN DINDING LANTAI I					
a	Pasangan Dinding Bata Merah	22	19,25	16,50	13,75	11,00
b	Plesteran	10	8,75	7,50	6,25	5,00
c	Acian	10	8,75	7,50	6,25	5,00

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Pada Tabel 3 memperlihatkan perbedaan durasi dari setiap item pekerjaan yang telah dilakukan crashing dengan penambahan jam kerja lembur. Perubahan durasi kondisi normal akibat crashing penambahan 1 jam kerja lembur 1 selisih sebesar 0,12 hari, penambahan 2 jam kerja lembur yang selisih sebesar 0,25 hari, penambahan 3 jam kerja lembur yang selisih sebesar 0,37 hari dan penambahan 4 jam kerja lembur yang selisih sebesar 0,50 hari. Perubahan durasi hasil dari analisis otomatis microsoft project. Adapun salah satu contoh perhitungan hasil dari perubahan durasi yang diterapkan pada Microsoft Project 2019

Nama Pekerjaan : Galian Tanah Pondasi Bored Pile

Durasi Normal : 13 hari = 104 jam (1 hari = 8 jam)

1. Penambahan waktu 1 jam kerja lembur (overtime)

Perhitungan = Durasi Normal (jam) – (Durasi Normal x 1 jam lembur)

= 104 – 13

= 91 jam (convert ke hari)

Convert ke hari (1hari=8 jam)

= 91/8 jam

= 11,375 hari (11,38 Pembulatan Ms. Project)

2. Penambahan 2 jam lembur (overtime)

Perhitungan = Durasi Normal (jam) – (Durasi Normal x 2 jam lembur)

= 104 – 26

= 78 jam (convert ke hari)

Convert ke hari (1hari=8 jam)

= 78/8 jam

= 9,75 hari (9,75 Pembulatan Ms. Project)

3. Penambahan 3 jam kerja lembur (overtime)

Perhitungan = Durasi Normal (jam) – (Durasi Normal x 3 jam lembur)

= 104 – 39

= 65 jam (convert ke hari)

Convert ke hari (1hari=8 jam)

= 65/8 jam

= 8,125 hari (8,13 Pembulatan Ms. Project)

4. Penambahan 4 jam kerja lembur (overtime)

Perhitungan = Durasi Normal (jam) – (Durasi Normal x 4 jam lembur)

= 104 – 52

= 52 jam (convert ke hari)

Convert ke hari (1hari=8 jam)

= 52/8 jam

= 6,50 hari (6,50 Pembulatan Ms. Project)

Tabel 4 Selisih Perbandingan Durasi Terhadap Crashing

No	Item Pekerjaan	Durasi Normal (hari)	Durasi Crashing (hari)			
			1 Jam Kerja Lembur	2 Jam Kerja Lembur	3 Jam Kerja Lembur	4 Jam Kerja Lembur
PEKERJAAN PEMBANGUNAN KELAS TK/SD LAB. SCHOOL (SEKOLAH DASAR)						
B	PEKERJAAN STRUKTUR					
II	PEKERJAAN PONDASI STRAUS/BORED PILE, PILE CAP DAN SLOOF					
a	Galian Tanah Pondasi Bored Pile	13	**1,63**	**3,25**	**4,88**	**6,50**
b	Urugan Pasir dibawah Pondasi Bored Pile	7	0,88	1,75	2,63	3,50
g	Sloof 30x50 cm					
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.16	27	3,38	6,75	10,13	13,50
	Bekisting Sloof (Pasangan Batako Press)	27	3,38	6,75	10,13	13,50
j	Kolom Beton Lantai Dasar 40x40cm					
	Pengecoran Beton K-300	7	0,88	1,75	2,63	3,50
k	Kolom Beton Lantai Dasar 50x50cm					
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.19	27	3,38	6,75	10,13	13,50
	Bekisting Kolom	27	3,38	6,75	10,13	13,50
III	PEKERJAAN STRUKTUR BETON LANTAI I					
d	Balok Beton 30x50cm (B1)					
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.16 dan dia.13	48	6,00	12,00	18,00	24,00
	Bekisting Balok	48	6,00	12,00	18,00	24,00
IV	PEKERJAAN STRUKTUR RANGKA ATAP BAJA DAN PENUTUP ATAP					
	Pasang baud Angkur Kuda kuda atap	41	5,13	10,25	15,38	20,50

	Pasang Rangka Kuda Kuda Atap Baja IWF-250	41	5,13	10,25	15,38	20,50
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR					
I	PEKERJAAN DINDING LANTAI I					
a	Pasangan Dinding Bata Merah	29	3,63	7,25	10,88	14,50
b	Plesteran	30	3,75	7,50	11,25	15,00
c	Acian	18	2,25	4,50	6,75	9,00

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Contoh perhitungan analisis selisih durasi terhadap crashing

1. Selisih durasi 1 jam kerja lembur (overtime)

Perhitungan = Durasi Normal – Durasi Crashing 1 jam kerja lembur

= 13 hari – 11,38 hari

= 1,63 hari

2. Selisih durasi 2 jam kerja lembur (overtime)

Perhitungan = Durasi Normal – Durasi Crashing 2 jam kerja lembur

= 13 hari – 9,75 hari

= 3,25 hari

3. Selisih durasi 3 jam kerja lembur (overtime)

Perhitungan = Durasi Normal – Durasi Crashing 3 jam kerja lembur

= 13 hari – 8,13 hari

= 4,88 hari

4. Selisih durasi 4 jam kerja lembur (overtime)

Perhitungan = Durasi Normal – Durasi Crashing 4 jam kerja lembur

= 13 hari – 6,50 hari

= 6,50 hari

Hasil Analisis Biaya Crashing Jam Kerja Lembur

Biaya Crashing, yaitu biaya yang diperoleh akibat adanya durasi percepatan akibat crashing 1 jam kerja lembur, 2 jam kerja lembur, 3 jam kerja lembur, dan 4 jam kerja lembur dalam sehari. Untuk pekerjaan di lintasan kritis yang akan dihitung biaya crashing memakai bantuan software microsoft project. Perhitungan cost/biaya jam kerja lembur(overtime) dengan selanjutnya mengatur resource sheet dilakukan untuk mencari besaran upah tenaga kerja. Berikut contoh resource name:

Nama Sumber Daya (Tenaga Kerja : Mandor

Harga upah pekerjaan sebulan (30 hari) : Rp. 5,100,000

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021, hal. 20) Pasal 32 Ayat (2) Cara menghitung Upah sejam yaitu (Upah sejam = 1/173 x Upah sebulan). Angka 173 adalah jumlah total jam kerja karyawan setiap minggu 1 (satu) jam dapat dari jumlah total jam kerja karyawan tiap minggu 40 (empat puluh) jam (8 jam x 5 hari) dengan jadwal 5 hari dihitung dari hari senin hingga hari jum'at. Dikalikan

dengan 4.33 didapat dari 52 (lima puluh dua) minggu/tahun dibagi 12 bulan/tahun dengan hasil sama dengan 4.33 minggu/bulan. Kemudian 40 jam/minggu x 4.33 minggu/bulan = 173,2 jam/bulan (dibulatkan menjadi 173). Sehingga 1/173 menjadi referensi sumber yang actual dan sesuai untuk perhitungan jam kerja lembur(overtime)

Upah sejam $= \frac{1}{173} \frac{1}{173}$ x Upah Sebulan

$= \frac{1}{173} \frac{1}{173}$ x Rp. 5,100,000

= Rp. 29,479.77

Menurut KEPMEN Pasal 11, cara perhitungan upah kerja lembur sebagai berikut.

Jam kerja lembur ke-1 (pertama) = 1,5 x Upah sejam

= 1,5 x Rp. 29,479.77

= Rp. 44,219.65

Jam kerja lembur ke-2 (dua) = 2 x Upah sejam

= 2 x Rp. 29,479.77

= Rp. 58.959,54

Jam kerja lembur ke-3 (tiga) = 3 x Upah sejam

= 3 x Rp. 29,479.77

= Rp. 88.439,31

Jam kerja lembur ke-4 (empat) = 4 x Upah sejam

= 4 x Rp. 29,479.77

= Rp. 117.919,08

Meskipun demikian, perhitungan crashing jam kerja lembur ini cukup rumit dan jarang diterapkan pada situasi di lokasi proyek (site) bahkan untuk pengolahan pada software microsoft project ini. Jika ingin memenuhi rumus yang tertera diatas, harus dilakukan analisis perhitungan input data dan bantuan menggunakan microsoft project dapat dilihat pada Tabel 4.9

Nama Pekerjaan : Galian Tanah Pondasi Bored Pile

Biaya Kondisi Normal : Rp2.950.000,00

Biaya Kondisi Crashing 1 jam lembur : Rp3.348.591,00

Cost Varience Lembur 1 jam = Biaya crashing – Biaya Normal

= Rp4.353.168,30- Rp3.835.000,00

= Rp518.168,30

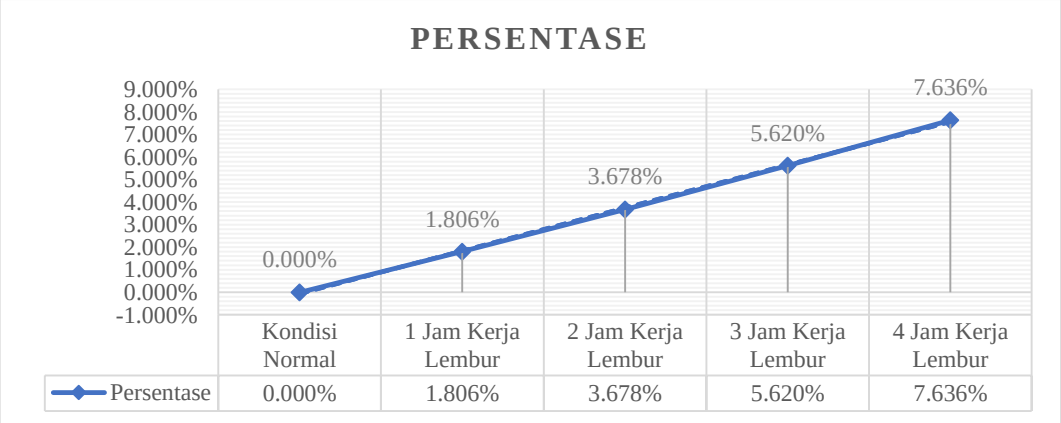
Tabel 5 Harga Upah Tenaga Kerja Hasil Penambahan Jam Kerja Lembur (overtime)

No.	Resource Name	Upah Sebulan	Upah sejam	Harga Kerja Lembur crashing			
				1 Jam Kerja Lembur	2 Jam Kerja Lembur	3 Jam Kerja Lembur	4 Jam Kerja Lembur
1	Pekerja	Rp 3.750.000,00	Rp 21.676,30	Rp 32.514,45	Rp 43.352,60	Rp 65.028,90	Rp 86.705,20
2	Tukang Gali	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
3	Tukang Batu	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
4	Tukang Kayu	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
5	Tukang Cat / Pelitur	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
6	Tukang Besi Beton	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
7	Tukang Besi Profil	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
8	Tukang Besi Konstruksi	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
9	Tukang Allumunium	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
10	Tukang Las	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
11	Tukang Las Konstruksi	Rp 4.800.000,00	Rp 27.745,66	Rp 41.618,50	Rp 55.491,33	Rp 83.236,99	Rp 110.982,66
12	Tukang Pipa	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
13	Tukang Vibrator	Rp 4.800.000,00	Rp 27.745,66	Rp 41.618,50	Rp 55.491,33	Rp 83.236,99	Rp 110.982,66
14	Tukang Erection	Rp 4.800.000,00	Rp 27.745,66	Rp 41.618,50	Rp 55.491,33	Rp 83.236,99	Rp 110.982,66
15	Tukang Listrik	Rp 4.800.000,00	Rp 27.745,66	Rp 41.618,50	Rp 55.491,33	Rp 83.236,99	Rp 110.982,66

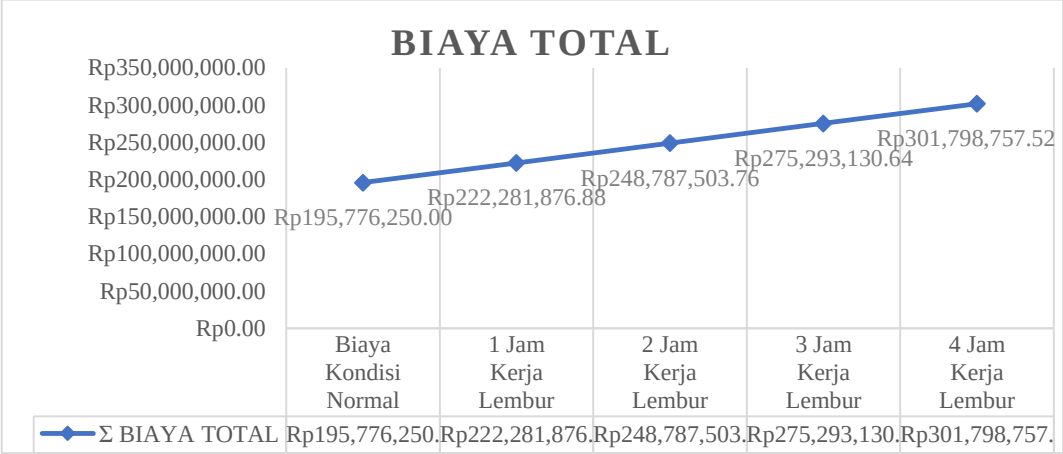
16	Operator Alat Berat	Rp 4.800.000,00	Rp 27.745,66	Rp 41.618,50	Rp 55.491,33	Rp 83.236,99	Rp 110.982,66
17	Operator Crane	Rp 4.800.000,00	Rp 27.745,66	Rp 41.618,50	Rp 55.491,33	Rp 83.236,99	Rp 110.982,66
18	Operator	Rp 4.800.000,00	Rp 27.745,66	Rp 41.618,50	Rp 55.491,33	Rp 83.236,99	Rp 110.982,66
19	Pembantu Operator Crane	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
20	Pembantu Tukang	Rp 4.350.000,00	Rp 25.144,51	Rp 37.716,76	Rp 50.289,02	Rp 75.433,53	Rp 100.578,03
21	Kepala Tukang	Rp 4.800.000,00	Rp 27.745,66	Rp 41.618,50	Rp 55.491,33	Rp 83.236,99	Rp 110.982,66
22	Mandor	Rp 5.100.000,00	**Rp 29.479,77**	**Rp 44.219,65**	**Rp 58.959,54**	**Rp 88.439,31**	**Rp 117.919,08**

Perhitungan Cost Variance

Cost Varience adalah perbandingan selisih biaya, antara biaya aktual (actual cost) dengan biaya yang direncanakan (budget cost) pada waktu durasi tertentu. Pada analisis cost varience perhitungan selisih biaya kondisi normal dengan biaya kondisi crashing/penambahan jam kerja lembur (overtime). Dapat dilihat menunjukkan pada beberapa item pekerjaan, ada perbedaan biaya yang sama karena jumlah dan jumlah pekerja yang melakukan pekerjaan tersebut sama. Penambahan jam lembur 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam ditambahkan untuk mengurangi biaya dari masing-masing item pekerjaan. Grafik berikut menunjukkan persentase kenaikan biaya kondis normal dibandingkan dengan biaya kondisi crashing/percepatan. :



Gambar 1 Grafik Perbandingan Persentase Biaya Total Kondisi Normal Dan Kondisi Crashing



Gambar 2 Grafik Perbandingan Total Biaya Cost Varience Kondisi Normal Dan Crashing

Grafik tersebut adalah hasil persentase lembur 1 jam kerja lembur dengan kenaikan 1,806% dan biaya total Rp222.281.76,88 kemudian persentase kenaikan lembur 2 jam yaitu 3,678% dengan biaya total Rp248.787.503,76 kemudian persentase kenaikan lembur 3 jam yaitu 5,620% dengan biaya total Rp275.293.130,64 dan persentase kenaikan lembur 4 jam yaitu 7,638% dengan biaya total Rp301.798.757,52..

Tabel 6 Perbandingan Biaya dan Waktu Kondisi Normal dan Kondisi Lembur (crashing)

No	Item Pekerjaan	Biaya Kondisi Normal	Biaya Kondisi crashing Jam Lembur (Overtime)			
			1 Jam Kerja Lembur	2 Jam Kerja Lembur	3 Jam Kerja Lembur	4 Jam Kerja Lembur
PEKERJAAN PEMBANGUNAN GEDUNG KELAS TK/SD LAB. SCHOOL (SEKOLAH DASAR)						
B	PEKERJAAN STRUKTUR					
II	PEKERJAAN PONDASI STRAUS/BORED PILE, PILE CAP DAN SLOOF					
a	Galian Tanah Pondasi Bored Pile	Rp3.835.000,00	Rp4.353.168,30	Rp4.871.336,60	Rp5.389.504,90	Rp5.907.673,20
b	Urugan Pasir dibawah Pondasi Bored Pile	Rp2.065.000,00	Rp2.344.013,70	Rp2.623.027,40	Rp2.902.041,10	Rp3.181.054,80
g	Sloof 30x50 cm					
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.16	Rp11.880.000,00	Rp13.485.173,22	Rp15.090.346,44	Rp16.695.519,66	Rp18.300.692,88
	Bekisting Sloof (Pasangan Batako Press)	Rp11.848.750,00	Rp13.453.923,22	Rp15.059.096,44	Rp16.664.269,66	Rp18.269.442,88
j	Kolom Beton Lantai Dasar 40x40cm					
	Pengecoran Beton K-300	Rp4.200.000,00	Rp4.767.485,52	Rp5.334.971,04	Rp5.902.456,56	Rp6.469.942,08

k	Kolom Beton Lantai Dasar 50x50cm					
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.19	Rp11.880.000,00	Rp13.485.173,22	Rp15.090.346,44	Rp16.695.519,66	Rp18.300.692,88
	Bekisting Kolom	Rp16.200.000,00	Rp18.388.872,72	Rp20.577.745,44	Rp22.766.618,16	Rp24.955.490,88
III	PEKERJAAN STRUKTUR BETON LANTAI I					
d	Balok Beton 30x50cm (B1)					
	Pembesian Tulangan Besi U-39 Dia.16 dan dia.13	Rp21.120.000,00	Rp23.973.641,28	Rp26.827.282,56	Rp29.680.923,84	Rp32.534.565,12
	Bekisting Balok	Rp28.800.000,00	Rp32.691.329,28	Rp36.582.658,56	Rp40.473.987,84	Rp44.365.317,12
IV	PEKERJAAN STRUKTUR RANGKA ATAP BAJA DAN PENUTUP ATAP					
	Pasang baud Angkur Kuda kuda atap	Rp25.215.000,00	Rp28.621.940,10	Rp32.028.880,20	Rp35.435.820,30	Rp38.842.760,40
	Pasang Rangka Kuda Kuda Atap Baja IWF-250	Rp24.920.000,00	Rp28.326.940,10	Rp31.733.880,20	Rp35.140.820,30	Rp38.547.760,40
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR					
I	PEKERJAAN DINDING LANTAI I					
a	Pasangan Dinding Bata Merah	Rp12.760.000,00	Rp14.484.074,94	Rp16.208.149,88	Rp17.932.224,82	Rp19.656.299,76
b	Plesteran	Rp13.132.500,00	Rp14.916.025,80	Rp16.699.551,60	Rp18.483.077,40	Rp20.266.603,20
c	Acian	Rp7.920.000,00	Rp8.990.115,48	Rp10.060.230,96	Rp11.130.346,44	Rp12.200.461,92
Σ BIAYA TOTAL		Rp49.998.750,00	Rp195.776.250,00	Rp222.281.876,88	Rp248.787.503,76	Rp275.293.130,64
PERSENTASE		0%	0%	1,806%	3,678%	5,620%
DURASI (days)		90	90	88,38	86,75	85,13

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Waktu dan biaya yang optimal dari percepatan proyek (crashing) terjadi pada penambahan 3 jam kerja lembur memperoleh durasi selesai proyek 85,13 hari, karena kenaikan persentase dari lembur 2 jam ke 3 jam yaitu 2 % lebih optimal dibanding dengan opsi lain dengan biaya pecepatan (crashing) penambahan 3 jam kerja lembur dengan total biaya Rp275.293.130,64 dari biaya kondisi normal Rp195.776.250,00

KESIMPULAN

Hasil analisis dan pembahasan penelitian yang dilakukan pada pekerjaan Pembangunan Gedung Laboratorium School Kota Serang dapat disimpulkan

Perubahan durasi dari penambahan 1 jam kerja lembur dengan durasi crashing 88,38 hari dengan kenaikan persentase 1,806%, penambahan 2 jam kerja lembur dengan durasi crashing 86,75 hari dengan kenaikan persentase 3,678%, penambahan 3 jam kerja lembur dengan durasi crashing 85,13 hari dengan kenaikan persentase 5,620%, dan penambahan jam lembur 4 jam dengan durasi crashing 84 hari dengan kenaikan persentase 7,636%, dari durasi kondisi normal 90 hari. Perubahan estimasi biaya dari penambahan 1 jam kerja lembur dengan biaya crashing Rp222.281.876,88 yaitu cost variance Rp26.505.626,88, perubahan estimasi biaya akibat penambahan 2 jam kerja lembur dengan biaya crashing Rp248.787.503,76 yaitu cost variance Rp53.011.253,76, perubahan estimasi biaya akibat penambahan 3 jam kerja lembur dengan biaya crashing Rp275.293.130,64 yaitu cost variance Rp79.516.880,64, perubahan estimasi biaya akibat penambahan 4 jam kerja lembur dengan biaya crashing Rp301.798.757,52 yaitu cost variance Rp106.022.507,22 dari biaya kondisi normal Rp195.776.250,00 dan tidak memiliki cost variance.

Waktu dan biaya yang optimal dari percepatan proyek (crashing) terjadi pada penambahan 3 jam kerja lembur memperoleh durasi selesai proyek 85,13 hari, karena kenaikan persentase dari lembur 2 jam ke 3 jam yaitu 2 % lebih optimal dibanding dengan opsi lain dengan biaya pecepatan (crashing) penambahan 3 jam kerja lembur dengan total biaya Rp275.293.130,64 dari biaya kondisi normal Rp195.776.250,00.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, E. R. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Tenaga Kerja dan Shift Kerja (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta). e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL, 5(2), 1–10.

Anggraeni, L. (2015). Komparasi Studi Penguasaan Pengetahuan Pokok Dalam Manajemen Proyek Konstruksi. UAJY.

Jewawat, S. S. (2024). Analisis Penjadwalan Biaya Sumber Daya Kegiatan Pada Proyek Konstruksi Berbasis Microsoft Project (Studi Kasus : Pembangunan Project Villa Town House Mr Anisse). Universitas Mahasaraswati Denpasar.

Kelley, J. E., & Walker, M. R. (1959). Critical-path planning and scheduling. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference, IRE-AIEE-ACM 1959,

Larasti Ayu, A. (2025). Analisa Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Crashing pada Pekerjaan Jembatan Jumok. Universitas 17 Agustus 1945 Semarang.

Lutha, P. L. A., & Syafriandi, D. (2017). Manajemen Konstruksi dengan Aplikasi Microsoft Project (Maya (ed.)). ANDI Yogyakarta.

Naji, K. K., Gunduz, M., & Adalbi, M. (2023). Analysis of Critical Project Success Factors—Sustainable Management of the Fast-Track Construction Industry. Buildings, 13(11).

Noviandi. (2021). Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Crashing Menggunakan Software Microsoft Project (Studi Kasus : Proyek Pengadaan Pembangunan Baru Ruang Isolasi Bertekanan Negatif) [Universitas Islam Riau].

Nurdiana, M. N. S. & A. (2021). Belajar Cepat Microsoft Project 2019 Mengelola Proyek Konstruksi Lebih Mudah (Nur Rahmat Qori (ed.)). Pustaka Pranala Yogyakarta.

Nurlaila, A. S. (2025). Implementasi Crash Program pada Proyek Maintenance Mesin Furnace BA-XXX untuk meningkatkan Keuntungan Produksi Ethylene (Studi Kasus: PT. XYZ). Universitas Islam Indonesia.

Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021 Tentang Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja dan Waktu Istirahat, dan Pemutusan Hubungan Kerja, 6 Peraturan Peme 1208 (2024).

Pradana, M. R. (2024). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Crashing Method pada Pembangunan Gedung Science Techno Park di Kabupaten Pekalongan [Universitas Islam Sultan Agung Semarang].

Renita, N. I., & WIWIN, M. I. (2023). Analisis Optimalisasi Penyediaan Sumber Daya Terhadap Waktu Penyelesaian Proyek (Studi Kasus: Preservasi Jalan dan jembatan Klungkung-Penelokan, Sakah-Ubud, Teges-Istana Presiden, Klungkung-Padangbai, Angentelu-Jln. Un tung Surapati (Amlapura). Universitas Mahasaraswati Denpasar.

S., Chougule . S., A. S. S. P. (2021). A Review of Optimization Cost in Infrastructure. 9(III March).

Santoso, W. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing dengan Penambahn Jam Kerja Empat Jam dan Sistem Shift Kerja (Studi kasus : Proyek Pembangunan Gedung Animal Health Care Prof. Soeparwi, Fakultas Kedokteran Hewan UGM, Yogyakarta) [Universitas Islam Indonesia].

Sugiyanto, I., & Mt, M. (2020). Manajemen Pengendalian Proyek. Scopindo Media Pustaka.

Umesh Kamble, and S. U. V. (2018). Implementing Time and Cost Optimization in Commercial Building Using Project Management Techniques in Microsoft. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 05(06), 465–470.

Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 Tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Cipta Kerja, 9 428 (2023).