

# **TESIS**

## **ANALISIS KINERJA PROYEK BERDASARKAN *EARNED VALUE MANAGEMENT* (EVM) DENGAN SIMULASI PERCEPATAN (*CRASHING*) (Studi Kasus : Pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. Makuku)**

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Mencapai Gelar Magister Teknik (MT)



Oleh :

**YUNI MILLATI AZKA**

**NIM : 20202300044**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG  
2025**

**LEMBAR PERSETUJUAN PENELITIAN**

**ANALISIS KINERJA PROYEK BERDASARKAN *EARNED VALUE MANAGEMENT* (EVM) DENGAN SIMULASI PERCEPATAN (*CRASHING*)**

**(Studi Kasus : Pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. Makuku)**

**Disusun oleh :**

**YUNI MILLATI AZKA**

**NIM : 20202300044**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Tanggal, .....

Tanggal, .....

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Ir. H Kartono Wibowo, MM., MT

NIK.210200030

Dr. Rifqi Brilyant Arief, ST.,MT

NIK. 210222097

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

### ANALISIS KINERJA PROYEK BERDASARKAN *EARNED VALUE* *MANAGEMENT* (EVM) DENGAN SIMULASI PERCEPATAN (*CRASHING*)

(Studi Kasus : Pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. Makuku)

Disusun oleh :

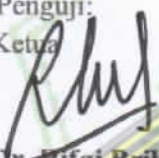
**YUNI MILLATI AZKA**

**NIM : 20202300044**

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal:  
**21 November 2025**

Tim Penguji:

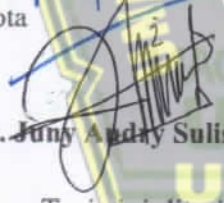
1. Ketua

  
**Dr. Rifqi Brilyant Arief, ST., MT**

2. Anggota

  
**Prof. Dr. Ir. Henny Pratiwi Adi ST., MT., IPU**

3. Anggota

  
**Dr. Ir. Juny Anday Sulistyo, ST., SS., MT**

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Magister Teknik (MT)

Semarang, Agustus 2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi

  
**Prof. Dr. Ir. Antonius, MT**

NIK. 210291014

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

  
**Dr. Abdul Rochim, ST., MT**

NIK. 210293018

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis bisa menyelesaikan Tesis ini. Tesis ini Penulis persembahkan untuk:

1. Kepada Pembimbing saya Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT dan Dr. Rifqi Brilyant Arief, ST., MT dalam arahan yang selalu intens dan sabar dalam mengarahkan saya untuk penyelesaian thesis yang baik dan benar





## ABSTRAK

Pembangunan fasilitas industri merupakan kegiatan yang membutuhkan pengendalian waktu dan biaya yang akurat untuk memastikan proyek selesai sesuai rencana. Pada proyek Pembangunan Pabrik Gedung 1-B PT. MAKUKU, ditemukan adanya deviasi kinerja sejak minggu ke-9, sehingga evaluasi menyeluruh terhadap progres aktual diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kinerja waktu dan biaya menggunakan metode *Earned Value Management* (EVM) serta menentukan efektivitas percepatan pekerjaan (*crashing*) dalam mengurangi keterlambatan proyek.

Metode penelitian yang digunakan adalah analisis kuantitatif dengan memanfaatkan data Rencana Anggaran Biaya (RAB), jadwal pelaksanaan proyek, serta laporan progres mingguan. Perhitungan utama meliputi *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), dan *Actual Cost* (AC), yang selanjutnya digunakan untuk menentukan *Cost Variance* (CV), *Schedule Variance* (SV), *Cost Performance Index* (CPI), dan *Schedule Performance Index* (SPI). Estimasi biaya penyelesaian dihitung menggunakan *Estimate at Completion* (EAC), sementara percepatan proyek dianalisis melalui metode *crashing* pada aktivitas kritis terpilih.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proyek mengalami keterlambatan dan ketidakefisienan biaya dengan nilai SPI = 0,87 dan CPI = 0,87. Nilai EV sebesar Rp 20.463.277.435 dan AC sebesar Rp 23.482.383.494 menghasilkan deviasi negatif terhadap rencana. Dengan BAC Rp 26.416.855.904, nilai EAC mencapai Rp 30.314.339.578, sehingga terjadi *cost overrun* sebesar Rp 3.897.483.674 atau 14,75%. Penerapan *crashing* pada empat aktivitas, *steel column*, *steel beam*, *roof steel purlin*, serta *water supply & drainage engineering* berhasil mempercepat durasi proyek selama 29 hari, dari 146 hari menjadi 117 hari, dengan total biaya percepatan Rp 26.282.840.944, lebih rendah dibandingkan skenario tanpa percepatan. Hasil ini menunjukkan bahwa percepatan pekerjaan efektif untuk mengurangi keterlambatan tanpa menimbulkan pembengkakan biaya, serta EVM terbukti mampu memberikan evaluasi kinerja proyek secara *objektif* dan terukur.

**Kata Kunci :** *Earned Value Management* (EVM), *Crashing*, Kinerja Proyek

## ABSTRAC

*Industrial facility construction projects demand precise time–cost control to ensure timely completion and budget compliance. On the Construction Project of Building 1-B Factory of PT. MAKUKU, schedule deviations began to appear in Week 9, indicating the need for a comprehensive evaluation of actual project performance. This study aims to assess the time and cost performance using the Earned Value Management (EVM) method and to evaluate the effectiveness of work acceleration (crashing) in reducing project delays.*

*A quantitative approach was applied using data from the Budget Plan (RAB), project schedule, and weekly progress reports. Core EVM variables, Planned Value (PV), Earned Value (EV), and Actual Cost (AC), were calculated and used to determine Cost Variance (CV), Schedule Variance (SV), Cost Performance Index (CPI), and Schedule Performance Index (SPI). The Estimate at Completion (EAC) was used to forecast final project cost, while project acceleration was analyzed using the crashing method on selected critical activities.*

*The results show that the project experienced schedule delays and cost inefficiency, indicated by  $SPI = 0.87$  and  $CPI = 0.87$ . The Earned Value (EV) amounted to Rp 20,463,277,435, with an Actual Cost (AC) of Rp 23,482,383,494, producing negative deviations. With a Budget at Completion (BAC) of Rp 26,416,855,904, the Estimate at Completion (EAC) reached Rp 30,314,339,578, resulting in a cost overrun of Rp 3,897,483,674 (14.75%). The crashing method applied to four activities, steel column, steel beam, roof steel purlin, and water supply & drainage engineering, successfully reduced the project duration by 29 days, from 146 days to 117 days, with a total accelerated cost of Rp 26,282,840,944, which is lower than the non-accelerated scenario. These findings confirm that the crashing strategy is effective in mitigating delays without generating significant cost increases, and that EVM provides an objective and reliable framework for evaluating and controlling project performance.*

**Keywords :** *Earned Value Management (EVM), Crashing, Project Performance*

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : YUNI MILLATI AZKA

NIM : 20202300044

Dengan ini saya nyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

**ANALISIS KINERJA PROYEK BERDASARKAN *EARNED VALUE MANAGEMENT* (EVM) DENGAN SIMULASI PERCEPATAN (*CRASHING*) (Studi Kasus : Pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. Makuku)**

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 25 November 2025



YUNI MILLATI AZKA

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “**ANALISIS KINERJA PROYEK BERDASARKAN *EARNED VALUE MANAGEMENT* (EVM) DENGAN SIMULASI PERCEPATAN (*CRASHING*) (Studi Kasus : Pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. Makuku)**” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik program studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan tesis ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan waktu dan saran selama penyusunan Tesis ini.
2. Dr. Rifqi Brilyant Arief, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan waktu bimbingan, arahan selama penyusunan Tesis ini dan selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil.
3. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Magister Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada Penulis.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tesis ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi Penulis juga bagi para Pembaca.



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PENELITIAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAC.....</b>	<b>vi</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Proyek .....	5
2.2 Manajemen Proyek.....	7
2.3 Metode dan Teknik Pengendalian Biaya dan Waktu .....	8
2.3.1 Earned Value Method .....	9
2.3.2 Konsep Nilai Hasil (Earned Value).....	11
2.3.3 Elemen-Elemen yang Digunakan Pada Earned Value .....	13
2.4 Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek .....	16
2.4.1 Pelaksanaan Percepatan Durasi.....	16
2.4.2 Hubungan Biaya Dan Waktu .....	17
2.5 Penelitian Terdahulu .....	20
2.6 Research Gap .....	29

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
3.1    Bentuk Penelitian .....	30
3.2    Lokasi Penelitian .....	30
3.3    Tahapan Penelitian .....	31
3.4    Metode Pengumpulan Data .....	32
3.5    Metode Pengolahan Data .....	33
3.6    Metode Analisis Data .....	34
3.7    Diagram Alir .....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
4.1    Gambaran Umum Proyek.....	38
4.2    Kinerja Eksisting Pelaksanaan Proyek.....	39
4.2.1    Kinerja Waktu .....	39
4.2.2    Kinerja Biaya .....	42
4.3    Kinerja Pelaksanaan Proyek Menggunakan Metode Earned Value Management (EVM) .....	43
4.3.1    Schedule Performance Index (SPI) .....	44
4.3.2    Cost Performance Index (CPI) .....	47
4.3.3    Perhitungan Analisis Indikator Kinerja.....	49
4.4    Estimate Proyeksi Kinerja Akhir Proyek .....	52
4.4.1    Estimate at Completion (EAC) .....	52
4.4.2    Estimate to Complete (ETC).....	53
4.4.3    Variance at Completion (VAC) .....	54
4.4.4    Interpolasi Indikator Kinerja .....	55
4.4.5    Analisis Keterlambatan Proyek.....	57
4.5    Analisis Penyelesaian Proyek Melalui Crashing.....	58
4.5.1    Analisis Penyelesaian Durasi Eksisting .....	58
4.5.2    Analisis Perkiraan Waktu dan Biaya Proyek .....	62
4.5.3    Rekapitulasi Hasil Analisa .....	78
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>82</b>
5.1    Kesimpulan .....	82
5.2    Saran.....	83
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Penelitian Terdahulu.....	22
<b>Tabel 3.1</b> Data Sekunder .....	33
<b>Tabel 4.1</b> Informasi Umum Pembangunan.....	39
<b>Tabel 4.2</b> Rekapitulasi Anggaran Biaya.....	42
<b>Tabel 4.3</b> Planned Value (PV).....	44
<b>Tabel 4.4</b> Earned Value (EV) .....	45
<b>Tabel 4.5</b> Schedule Performance Index (SPI) .....	46
<b>Tabel 4.6</b> Actual Cost (AC).....	47
<b>Tabel 4.7</b> Cost Performan Index (CPI).....	48
<b>Tabel 4.8</b> Schedule Variance (SV) .....	49
<b>Tabel 4.9</b> Cost Variance (CV).....	51
<b>Tabel 4.10</b> Estimate at Completion (EAC).....	53
<b>Tabel 4.11</b> Estimate to Complete (ETC) .....	54
<b>Tabel 4.12</b> Variance at Completion (VAC).....	55
<b>Tabel 4.13</b> Interpolasi Hingga minggu ke 21 (November).....	56
<b>Tabel 4.14</b> Breakdown Sub sub Pekerjaan.....	58
<b>Tabel 4.15</b> Durasi Pekerjaan Yang Akan Dilakukan Percepatan .....	64
<b>Tabel 4.16</b> Perbandingan Biaya Pada Masing-Masing Kondisi.....	78
<b>Tabel 4.17</b> Rincian Biaya Tak Langsung .....	80
<b>Tabel 4.18</b> Rekapitulasi Hasil Analisis .....	80

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Hubungan Triple Constrain .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Menganalisa Varians dengan Kurva “S” .....	11
<b>Gambar 2.3</b> Grafik indikasi penurunan produktivitas .....	17
<b>Gambar 2.4</b> Biaya Proyek vs Waktu Pelaksanaan.....	18
<b>Gambar 2.5</b> Hubungan antara Komponen Biaya Proyek dan Durasi .....	19
<b>Gambar 2.6</b> Kurva Hubungan Biaya dengan Durasi Normal dan Crashing.....	20
<b>Gambar 3.1</b> Lokasi Penelitian .....	30
<b>Gambar 4.1</b> Pelaksanaan Pembangunan .....	38
<b>Gambar 4.2</b> Time Schedule Proyek.....	41
<b>Gambar 4.3</b> Perbandingan Nilai Anggaran Pabrik Bangunan 1-B.....	43
<b>Gambar 4.4</b> Schedule Performance Index (SPI).....	46
<b>Gambar 4.5</b> Cost Performance Index (CPI).....	48
<b>Gambar 4.6</b> Schedule Variance (SV) .....	50
<b>Gambar 4.7</b> Cost Variance (CV) .....	51
<b>Gambar 4.8</b> Gantt Chart Setiap Sub Pekerjaan.....	60
<b>Gambar 4.9</b> Diagram Critical Path .....	61
<b>Gambar 4.10</b> Breakdown Time Schedule Tiap Sub Pekerjaan .....	63



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan fasilitas industri seperti pabrik produksi memiliki peranan strategis dalam memperkuat rantai pasok serta meningkatkan kapabilitas manufaktur nasional. Proyek-proyek pada sektor ini menuntut pengendalian waktu dan biaya yang ketat agar dapat beroperasi sesuai jadwal dan anggaran yang telah ditetapkan. Namun, dalam praktiknya, proyek konstruksi berskala menengah hingga besar sering kali menghadapi risiko keterlambatan (*schedule delay*) dan pembengkakan biaya (*cost overrun*) akibat kendala teknis, cuaca, perubahan desain, serta manajemen sumber daya yang kurang optimal (Kurniawan et al., 2024).

Pada proyek pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU yang berlokasi di Jatengland Industrial Park Sayung, Kabupaten Demak, hasil pengamatan awal menunjukkan bahwa progres pekerjaan belum mencapai target rencana pada beberapa item pekerjaan struktural dan arsitektural. Berdasarkan laporan mingguan, deviasi progres mencapai 6–8% di bawah jadwal pada minggu ke-20, sementara realisasi biaya sudah mencapai 92% dari anggaran tahap tersebut, yang mengindikasikan adanya potensi *cost overrun*. Kondisi ini menunjukkan perlunya dilakukan evaluasi kinerja proyek secara kuantitatif agar dapat diketahui sejauh mana efisiensi waktu dan biaya aktual dibandingkan rencana.

Untuk menganalisis kondisi tersebut secara komprehensif, digunakan *Earned Value Method* (EVM) sebagai alat evaluasi kinerja proyek yang mengintegrasikan aspek biaya dan waktu dalam satu kerangka analisis. Metode ini menghasilkan indikator seperti *Schedule Performance Index* (SPI) dan *Cost Performance Index* (CPI) yang membantu manajer proyek dalam menilai efektivitas pelaksanaan, mendeteksi penyimpangan kinerja, serta memproyeksikan biaya akhir (EAC) dan durasi penyelesaian proyek (ETC) (Susanti et al., 2019).

Berbagai studi sebelumnya telah menunjukkan efektivitas EVM dalam mengidentifikasi deviasi proyek. Misalnya, pada proyek rehabilitasi Gedung Puskesmas Blimbing Kesamben, diperoleh nilai SPI = 0,82 dan CPI = 0,92, yang mengindikasikan keterlambatan dan biaya yang melebihi perencanaan (Kurniawan et al., 2024).

Demikian, sebagian besar penelitian terdahulu hanya berfokus pada evaluasi kinerja menggunakan EVM tanpa mengembangkan analisis lanjutan berupa strategi percepatan (*crashing*) yang dapat diterapkan untuk meminimalkan keterlambatan. Di sisi lain, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa penggabungan analisis kinerja proyek menggunakan EVM dengan penerapan metode percepatan (*crashing*) untuk menghitung estimasi waktu dan biaya penyelesaian proyek yang lebih realistis. Dengan pendekatan ini, hasil penelitian tidak hanya berhenti pada evaluasi kinerja, tetapi juga memberikan simulasi alternatif penyelesaian proyek apabila dilakukan percepatan dengan tambahan sumber daya tertentu.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis kinerja waktu dan biaya proyek pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT.ABC menggunakan metode EVM, serta pada estimasi dampak penerapan *crashing* terhadap waktu dan biaya penyelesaian proyek. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan data kuantitatif dan strategi pengendalian proyek yang aplikatif bagi pihak manajemen PT. MAKUKU maupun proyek konstruksi sejenis di masa mendatang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan pada bagian latar belakang, penelitian ini difokuskan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang dirumuskan sebagai berikut

1. Bagaimana kinerja waktu dan biaya proyek Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU apabila dianalisis menggunakan metode *Earned Value Management* (EVM)?
2. Bagaimana estimasi waktu dan biaya penyelesaian proyek apabila dilakukan percepatan pekerjaan?
3. Bagaimana estimasi waktu dan biaya penyelesaian proyek apabila dilakukan percepatan pekerjaan (*crashing*), serta sejauh mana strategi percepatan tersebut dapat meminimalkan keterlambatan proyek?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya, dengan sasaran yang dijabarkan sebagai berikut.

1. Menganalisis kinerja waktu dan biaya proyek Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU menggunakan metode *Earned Value Management* (EVM), dengan tujuan untuk mengevaluasi efisiensi pelaksanaan proyek, mendeteksi deviasi dari jadwal dan anggaran, serta memberikan indikator kinerja kuantitatif berupa SPI, CPI, SV, dan CV.
2. Memperkirakan estimasi waktu dan biaya penyelesaian proyek apabila dilakukan percepatan pekerjaan, guna mengetahui dampak percepatan terhadap jadwal proyek, dan memprediksi total biaya tambahan.
3. Menilai estimasi waktu dan biaya penyelesaian proyek melalui metode percepatan pekerjaan (*crashing*) dan mengevaluasi efektivitas strategi percepatan dalam meminimalkan keterlambatan proyek, sehingga dapat memberikan rekomendasi strategis terkait penambahan sumber daya, pengaturan shift kerja, atau skenario percepatan lainnya secara kuantitatif dan praktis.

#### **1.4 Batasan masalah**

Supaya pelaksanaan penelitian dapat berjalan terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, ditetapkan beberapa batasan serta ruang lingkup yang menjadi acuan dalam kegiatan studi ini.

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada analisis kinerja waktu dan biaya proyek pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU, tanpa membahas aspek mutu, keselamatan kerja, atau kepuasan pengguna.
2. Metode yang digunakan terbatas pada pendekatan *Earned Value Method* (EVM) dengan indikator utama seperti *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), *Actual Cost* (AC), *Schedule Performance Index* (SPI), dan *Cost Performance Index* (CPI).
3. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa rencana anggaran biaya (RAB), jadwal pelaksanaan proyek (kurva-S), dan realisasi progres fisik serta biaya selama periode pelaksanaan proyek.
4. Penelitian ini tidak menganalisis faktor manajerial, risiko keselamatan kerja, atau dampak lingkungan secara detail. Fokus terbatas pada kinerja proyek dari sisi waktu, biaya, dan strategi percepatan pekerjaan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi pengelolaan proyek pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU. Pertama, penelitian ini dapat memberikan gambaran nyata mengenai kinerja waktu dan biaya proyek melalui analisis menggunakan metode *Earned Value Management* (EVM), sehingga manajer proyek dapat mengetahui penyimpangan dari rencana awal dan melakukan tindak korektif secara tepat. Kedua, hasil penelitian ini akan menyajikan estimasi waktu dan biaya penyelesaian proyek apabila dilakukan percepatan pekerjaan, sehingga manajemen dapat merencanakan alokasi sumber daya tambahan untuk meminimalkan keterlambatan.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penyusunan Laporan Tesis ini terdiri dari 5 bab, dimana masing-masing bab terdiri dari:

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini membahas latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan yang akan digunakan dalam laporan ini.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini memaparkan kajian pustaka terkait *Earned Value Method* (EVM) secara umum dan berbagai konsep atau teori yang relevan dengan topik penelitian dalam tesis ini.

#### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan jenis penelitian, sumber dan jenis data yang digunakan, metode analisis, serta diagram alur proses penelitian yang dijalankan.

#### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini memuat hasil pengolahan data, proses pemodelan, serta analisis dan pembahasan mendalam atas penelitian yang telah dilakukan.

#### **BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisi rangkuman kesimpulan dari penelitian serta rekomendasi atau saran yang dapat diberikan berdasarkan temuan studi.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Proyek

Menurut Abrar (2009), proyek merupakan suatu kegiatan terpadu yang melibatkan berbagai elemen seperti tenaga kerja, material, peralatan, serta pembiayaan, yang disusun dalam suatu organisasi sementara guna mencapai tujuan tertentu. Di sisi lain, Nurhayati (2010) menyatakan bahwa proyek adalah aktivitas yang kompleks, bersifat tidak rutin, serta memiliki batasan dalam hal waktu, biaya, sumber daya, dan kinerja yang harus dipenuhi demi memenuhi kebutuhan pemangku kepentingan.

Menurut Novianti (1992), proyek dapat dipahami sebagai suatu kegiatan yang membutuhkan pengeluaran biaya atau investasi dengan tujuan memperoleh hasil tertentu. Proyek juga dipandang sebagai wadah yang mencakup aktivitas perencanaan, pembiayaan, serta pelaksanaan yang terintegrasi dalam satu kesatuan. Sementara itu, Nurhayati (2010) menjelaskan bahwa proyek merupakan kombinasi dari berbagai sumber daya, seperti tenaga kerja, material, peralatan, dan modal, yang dihimpun dalam suatu organisasi sementara untuk mencapai tujuan tertentu. Lebih jauh, proyek dapat dimaknai sebagai rangkaian aktivitas yang terorganisir untuk meraih sasaran dan target penting dengan memanfaatkan anggaran serta sumber daya yang tersedia, yang penyelesaiannya dibatasi oleh periode waktu tertentu.

Berdasarkan berbagai definisi yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa proyek merupakan suatu aktivitas yang kompleks, di mana penggunaan sumber daya diarahkan untuk mencapai tujuan atau manfaat tertentu. Pelaksanaannya dibatasi oleh jangka waktu yang telah ditetapkan dalam jadwal atau kontrak yang disepakati.

Selain itu, konsep proyek juga berkaitan dengan perhitungan anggaran biaya sesuai dengan pekerjaan yang telah diselesaikan (*budgeted cost of works performed*). Dengan kata lain, konsep ini berfungsi untuk menilai besarnya volume pekerjaan yang telah tercapai pada periode tertentu, jika dihitung berdasarkan alokasi anggaran yang tersedia. Melalui pendekatan tersebut, dapat diperoleh

gambaran mengenai keterkaitan antara progres fisik yang dicapai dengan jumlah biaya yang sudah dikeluarkan (Widiasanti, 2013).

Menurut Nurhayati (2010), proyek dapat dipahami sebagai suatu aktivitas yang terorganisir untuk mencapai tujuan, sasaran, dan harapan tertentu dengan memanfaatkan dana serta sumber daya yang tersedia, dan harus diselesaikan dalam periode waktu yang telah ditetapkan. Proyek memiliki beberapa karakteristik utama, yaitu:

1. Memiliki tujuan menghasilkan keluaran (*deliverable*) yang jelas berupa produk atau hasil kerja akhir.
2. Pelaksanaannya dibatasi oleh anggaran, jadwal, serta standar mutu yang telah ditentukan.
3. Bersifat sementara, artinya memiliki titik awal dan akhir yang jelas, ditutup dengan selesainya seluruh tugas.
4. Bersifat unik dan tidak berulang, dengan jenis serta intensitas kegiatan yang dapat berubah selama proses berlangsung.

Dalam pencapaian tujuan proyek, terdapat sejumlah batasan yang harus dipenuhi, yaitu besarnya biaya (*cost*) yang dialokasikan, waktu pelaksanaan (*time*) sesuai jadwal, serta kualitas (*quality*) hasil pekerjaan. Ketiga aspek tersebut memiliki peran yang sangat penting dalam penyelenggaraan proyek konstruksi karena secara langsung berkaitan dengan pencapaian sasaran proyek. Batasan ini dikenal dengan istilah tiga kendala utama (*triple constraint*).

1. Anggaran/Biaya (*Cost*)

Setiap proyek harus dilaksanakan tanpa melebihi anggaran yang telah ditetapkan. Pada proyek-proyek berskala besar dengan durasi pelaksanaan yang panjang, pengelolaan anggaran biasanya tidak hanya dihitung secara total, melainkan dibagi ke dalam beberapa komponen atau periode tertentu sesuai kebutuhan. Dengan demikian, setiap tahap penyelesaian proyek harus tetap selaras dengan target anggaran yang telah ditentukan pada masing-masing periode.

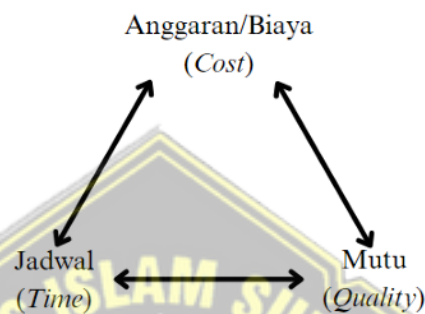
2. Jadwal (*Time*)

Proyek harus diselesaikan sesuai dengan kurun waktu yang telah direncanakan, termasuk tanggal akhir penyelesaian. Apabila hasil akhir berupa produk baru,

maka penyerahannya wajib dilakukan tepat waktu tanpa melewati batas yang telah ditentukan dalam kontrak.

### 3. Mutu (*Quality*)

Hasil proyek harus memenuhi standar mutu serta spesifikasi yang telah dipersyaratkan. Kualitas ini mengacu pada kemampuan produk atau keluaran proyek untuk berfungsi sesuai dengan tujuan yang direncanakan, yang sering disebut dengan istilah *fit for the intended use*.



**Gambar 2.1** Hubungan *Triple Constraint*

(Imam Soeharto, 1999)

Ketiga batasan utama proyek, yaitu biaya, waktu, dan mutu, saling tarik-menarik. Peningkatan mutu umumnya berdampak pada kenaikan biaya, sedangkan penekanan biaya sering mengakibatkan penurunan mutu atau keterlambatan jadwal. Oleh karena itu, keseimbangan ketiganya menjadi kunci keberhasilan proyek.

## 2.2 Manajemen Proyek

Keberhasilan suatu proyek sangat bergantung pada penerapan manajemen proyek yang efektif. Hal ini tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan peralatan, sumber daya, dan keterampilan tenaga kerja, tetapi juga pada kemampuan mengelola seluruh elemen proyek secara terpadu dan produktif untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Manajemen proyek sendiri dapat didefinisikan sebagai proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian sumber daya perusahaan guna mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Perkembangan disiplin ini didorong oleh kebutuhan akan metode pengelolaan yang sesuai dengan karakteristik proyek, yang bersifat dinamis dan berbeda dengan aktivitas operasional rutin (Rani, 2016).

Manajemen proyek dapat dipahami sebagai seperangkat metode atau teknik yang digunakan untuk mengelola suatu proyek, yang mencakup tahapan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, serta pemantauan atau pengendalian. Tujuan utama dari penerapan manajemen proyek adalah memastikan bahwa sasaran yang telah ditetapkan dapat tercapai secara efektif dan sesuai dengan harapan (Jayanti & Fitriana, 2021).

Manajemen proyek konstruksi dapat dipahami sebagai penerapan keterampilan, pengetahuan, metode, dan perangkat tertentu untuk memastikan keberhasilan pencapaian sasaran sesuai kebutuhan pemangku kepentingan (PMI, 2021). Dalam konteks pembangunan gedung, manajemen proyek mencakup pengaturan aspek waktu, biaya, mutu, sumber daya, risiko, dan komunikasi. Seluruh komponen tersebut harus direncanakan serta dikendalikan secara sistematis agar tujuan proyek tercapai secara optimal (Kerzner, 2017).

Tujuan utama manajemen proyek konstruksi adalah menghasilkan pekerjaan sesuai spesifikasi teknis, tepat waktu, dan efisien dalam penggunaan biaya. Ketidakakuratan dalam pengelolaan waktu maupun anggaran berpotensi menyebabkan keterlambatan penyelesaian serta pembengkakan biaya (Hendrickson & Au, 2008). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan kuantitatif untuk memantau serta menilai kinerja proyek secara objektif.

Ruang lingkup manajemen proyek meliputi perencanaan, penjadwalan, pengaturan sumber daya, pengendalian biaya, pengawasan mutu, hingga pengelolaan risiko. Kompleksitas proyek modern menuntut adanya pemanfaatan teknologi dan perangkat lunak manajemen proyek guna meningkatkan efektivitas. Dengan pendekatan sistematis, seperti penerapan *Earned Value Management* (EVM), evaluasi kinerja proyek dapat dilakukan secara objektif sekaligus mendukung pengambilan keputusan yang tepat.

### **2.3 Metode dan Teknik Pengendalian Biaya dan Waktu**

Pengendalian proyek merupakan proses yang mencakup pengukuran, evaluasi, serta perbaikan kinerja agar pelaksanaan tetap sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Dalam proyek konstruksi, terdapat tiga aspek utama yang harus selalu dipantau, yaitu kemajuan pekerjaan dibandingkan dengan kontrak, realisasi biaya



terhadap rencana anggaran, serta mutu hasil pekerjaan sesuai spesifikasi teknis (Dipohusodo, 1996).

Perkiraan biaya memiliki peran yang sangat penting, terutama untuk menentukan besarnya kebutuhan dana dalam pelaksanaan proyek. Estimasi ini juga berfungsi sebagai dasar dalam perencanaan serta pengawasan pemanfaatan sumber daya. Namun, hasil perkiraan tidak selalu dapat mencapai tingkat akurasi penuh karena adanya ketidakpastian dalam pelaksanaan proyek.

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam pengendalian proyek adalah Metode Pengendalian Biaya dan Waktu Terpadu atau *Earned Value Method*. Metode ini memungkinkan analisis kecenderungan deviasi waktu dan biaya pada periode tertentu selama proyek berlangsung, sehingga dapat digunakan untuk menilai kinerja serta memprediksi kondisi akhir proyek (Soeharto, 1999).

### **2.3.1 Earned Value Method**

Salah satu metode yang digunakan dalam pengendalian biaya dan jadwal adalah Earned Value Method atau Konsep Nilai Hasil. Metode ini didasarkan pada perhitungan anggaran biaya terhadap pekerjaan yang telah diselesaikan (*budgeted cost of work performed*). Dengan pendekatan ini, dapat diukur besarnya volume pekerjaan yang telah tercapai pada periode tertentu jika dinilai berdasarkan anggaran yang dialokasikan. Melalui analisis tersebut, hubungan antara pencapaian fisik proyek dan biaya yang sudah dikeluarkan dapat dievaluasi secara lebih objektif (Widiasanti, 2013).

Konsep ini menilai besarnya unit pekerjaan yang berhasil diselesaikan dalam periode tertentu dengan mengacu pada anggaran yang telah dialokasikan. Melalui analisis tersebut, dapat diketahui keterkaitan antara pencapaian fisik aktual di lapangan dengan jumlah biaya yang telah dikeluarkan.

#### **1. Metode Analisis Varian**

Metode analisis varian merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengendalikan biaya dan jadwal dalam proyek konstruksi. Tujuan utamanya adalah memantau kemajuan proyek serta memastikan bahwa pengeluaran anggaran telah sesuai dengan alokasi dan prosedur yang berlaku. Selain itu, analisis ini juga berfungsi untuk memverifikasi serta menilai kesesuaian

pekerjaan dengan rencana dan anggaran yang telah ditetapkan (Lumentah, Arsjad, & Malingkas, 2020).

Dalam pembahasan pengendalian biaya dan jadwal, pertanyaan yang sering muncul adalah mengenai tingkat kemajuan pekerjaan terakhir, kesesuaian progres dengan jadwal, serta apakah pengeluaran telah melampaui anggaran. Untuk menjawab hal tersebut, menjelang periode pelaporan biasanya dilakukan pengumpulan data terkait status kemajuan proyek. Proses ini meliputi perhitungan jumlah unit pekerjaan yang telah diselesaikan dan membandingkannya dengan rencana awal, serta meninjau penggunaan sumber daya untuk dicocokkan dengan alokasi anggaran.

Melalui analisis varian, dapat terlihat perbedaan antara beberapa aspek utama, yaitu:

- a. Biaya aktual dengan anggaran yang direncanakan.
- b. Waktu pelaksanaan dengan jadwal yang telah ditetapkan.
- c. Tanggal mulai pelaksanaan dengan rencana awal.
- d. Tanggal penyelesaian pekerjaan dengan rencana akhir.
- e. Penggunaan tenaga kerja dengan anggaran yang tersedia.
- f. Tingkat penyelesaian pekerjaan dengan target rencana.

## 2. Kurva “S”

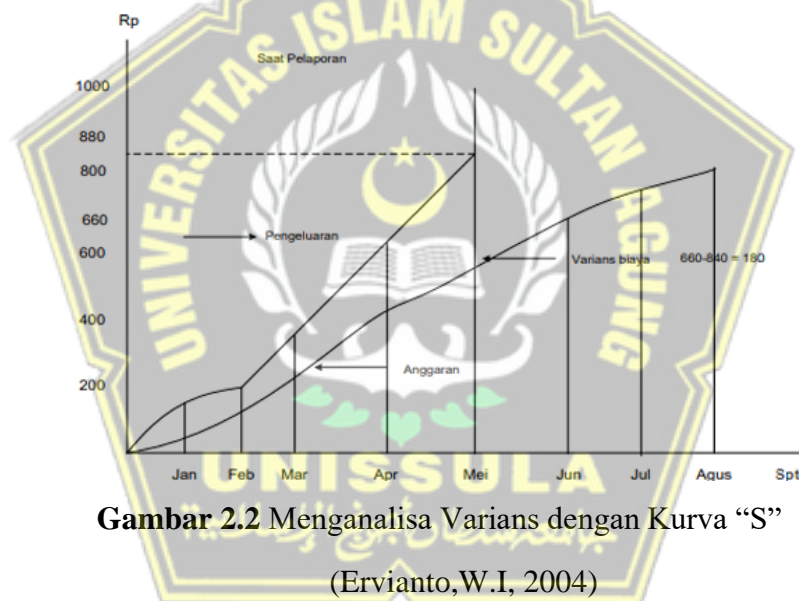
Kurva S merupakan alat yang digunakan untuk menggambarkan perkembangan bobot pekerjaan sepanjang siklus proyek. Dengan membandingkan kurva aktual terhadap kurva perencanaan awal, dapat terlihat secara langsung adanya keterlambatan maupun percepatan. Penerapannya antara lain:

- a. Menganalisis kemajuan proyek secara keseluruhan.
- b. Menilai progres pada unit pekerjaan atau elemen tertentu.
- c. Mengevaluasi kegiatan engineering dan pengadaan, misalnya jam kerja dalam perancangan, pembuatan gambar, hingga proses pembelian.
- d. Menganalisis pelaksanaan konstruksi, baik dari sisi penggunaan tenaga kerja maupun pencapaian pekerjaan dalam satuan unit terhadap waktu.

Kurva S umumnya digunakan sebagai bagian dari laporan rutin, karena mampu menyajikan kemajuan proyek dalam bentuk grafik yang mudah dipahami oleh manajemen maupun pemangku kepentingan.

Salah satu metode yang sering dipakai dalam memantau perkembangan proyek adalah penggunaan gabungan antara Kurva S dan titik tonggak (milestone). Milestone sendiri merupakan penanda penting dalam siklus pekerjaan yang ditetapkan sejak tahap perencanaan dasar, berfungsi sebagai acuan untuk mengevaluasi capaian proyek.

Dengan mengombinasikan milestone ke dalam Kurva S, proses pemantauan dapat dilakukan lebih efektif, terutama untuk memastikan keterkaitan antara progres pekerjaan dan pembayaran secara bertahap. Melalui cara ini, perbedaan antara rencana anggaran dan realisasi pengeluaran dapat terlihat dengan jelas.



**Gambar 2.2** Menganalisa Varians dengan Kurva “S”

(Ervianto, W.I, 2004)

### 2.3.2 Konsep Nilai Hasil (*Earned Value*)

Konsep Nilai Hasil (*Earned Value*) merupakan pengembangan dari Analisis Varians. Pada metode analisis varians, evaluasi hanya terbatas pada perbandingan hasil pekerjaan dengan anggaran atau jadwal pada saat pelaporan (Suharto, 1997). Kelemahannya adalah biaya dan waktu dianalisis secara terpisah, sehingga tidak mencerminkan kinerja proyek secara menyeluruh. Sebaliknya, pendekatan Nilai Hasil mampu memberikan gambaran kinerja aktual proyek sekaligus meningkatkan efektivitas dalam pengendalian pelaksanaan kegiatan.

Dengan asumsi bahwa tren yang terlihat saat pelaporan akan berlanjut hingga akhir proyek, maka metode proyeksi dapat digunakan untuk memperkirakan:

1. Apakah proyek dapat diselesaikan sesuai kondisi saat ini,
2. Estimasi biaya yang diperlukan hingga penyelesaian,
3. Perkiraan keterlambatan atau percepatan penyelesaian proyek.

Konsep dasar nilai hasil dimanfaatkan sebagai alat untuk menilai kinerja proyek sekaligus memperkirakan tingkat pencapaian target. Dalam penerapannya, digunakan tiga indikator utama yang menjadi acuan analisis, yaitu:

a. *Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS)*

Anggaran untuk setiap paket pekerjaan disusun dengan keterkaitan langsung terhadap jadwal pelaksanaannya. Hal ini mencerminkan integrasi antara biaya, waktu, dan lingkup kerja, di mana setiap elemen pekerjaan telah memiliki alokasi biaya serta jadwal yang berfungsi sebagai tolok ukur dalam proses pelaksanaan. Dalam pendekatan manajemen tradisional, BCWS sering disebut sebagai Kurva-S rencana, yaitu grafik yang disusun sebelum pekerjaan proyek dilaksanakan.

$$BCWS = \%Rencana \times Rencana \text{ Anggaran} \dots\dots\dots (2.1)$$

(Narvaez M. P., et al., 2022)

Dengan:

BCWS = *Budgeted Cost For Schedule*

%Rencana = Progres Rencana

Rencana Anggaran = Nilai Kontrak

b. *Budgeted Cost of Work Performed (BCWP)*

Indikator ini merepresentasikan nilai hasil berdasarkan perbandingan antara pekerjaan yang telah diselesaikan dengan anggaran yang dialokasikan untuk pelaksanaannya. Dengan membandingkan ACWP terhadap BCWP, dapat diketahui sejauh mana biaya aktual yang dikeluarkan sebanding dengan biaya yang seharusnya dipergunakan sesuai rencana. Dalam manajemen tradisional, BCWP disebut sebagai Kurva-S pelaksanaan, yakni grafik yang menggambarkan pekerjaan yang telah diselesaikan dalam periode waktu tertentu.



$$BCWS = \% \text{Aktual} \times \text{Rencana Anggaran} \dots\dots\dots (2.2)$$

(Narvaez M. P., et al., 2022)

Dengan:

BCWS = *Budged Cost For Performed*

%Rencana = Progres Realisasi

Rencana Anggaran = Nilai Kontrak

c. *Actual Cost of Work Performed (ACWP)*

ACWP merupakan total biaya aktual yang timbul dari pelaksanaan pekerjaan. Nilai ini dihitung berdasarkan data akuntansi atau laporan keuangan proyek pada periode pelaporan tertentu (misalnya akhir bulan), yang mencakup seluruh catatan pengeluaran biaya aktual pada paket kerja atau kode akuntansi, termasuk komponen overhead dan lainnya. Dengan demikian, ACWP menggambarkan jumlah dana nyata yang telah digunakan dalam kurun waktu tertentu.

Konsep Nilai Hasil merupakan metode untuk menghitung biaya sesuai anggaran berdasarkan pekerjaan yang telah diselesaikan (*budgeted cost of work performance*). Dengan kata lain, konsep ini menilai jumlah unit pekerjaan yang selesai pada periode tertentu berdasarkan alokasi anggarannya. Melalui pendekatan ini dapat terlihat hubungan antara capaian fisik di lapangan dengan besarnya biaya yang telah dikeluarkan (Seoharto, 1999).

$$\text{Nilai Hsil} = (\% \text{ penyelesaian}) \times (\text{anggaran})$$

Keterangan:

1. % penyelesaian yang dicapai pada saat pelaporan
2. Anggaran yang dimaksud adalah *real cost* biaya proyek

### 2.3.3 Elemen-Element yang Digunakan Pada *Earned Value*

Pemanfaatan indikator dalam konsep nilai hasil digunakan untuk menilai dan menganalisis kinerja proyek, yang mencakup beberapa aspek berikut:

a. *Cost Variance (CV)*

*Cost variance* merupakan perbedaan antara nilai pekerjaan yang telah dicapai dengan biaya aktual yang dikeluarkan selama pelaksanaan proyek. Apabila nilai *cost variance* bernilai positif, berarti nilai pekerjaan yang diperoleh lebih

tinggi dibandingkan biaya yang dikeluarkan. Sebaliknya, jika bernilai negatif, menunjukkan bahwa nilai pekerjaan yang dihasilkan lebih rendah dari biaya yang telah digunakan.

$$CV = BCWP - ACWP \dots\dots\dots (2.3)$$

(Narvaez M. P., et al., 2022)

CV = 0 : biaya sesuai dengan anggaran rencana

CV > 0 : biaya lebih kecil/hemat

CV < 0 : biaya lebih besar/boros

b. *Schedule Variance (SV)*

Schedule variance digunakan untuk mengukur perbedaan antara nilai pekerjaan yang telah dilaksanakan (BCWP) dengan nilai pekerjaan yang direncanakan (BCWS). Apabila hasilnya positif, berarti progres pekerjaan melampaui rencana. Sebaliknya, jika hasilnya negatif, menunjukkan keterlambatan karena volume pekerjaan yang diselesaikan lebih sedikit dari jadwal yang telah ditetapkan.

$$SV = BCWP - BCWS \dots\dots\dots (2.4)$$

(Narvaez M. P., et al., 2022)

SV = 0 : proyek tepat waktu

SV > 0 : proyek lebih cepat

SV < 0 : proyek terlambat

c. *Cost Performance Index (CPI)*

Dimensi biaya dalam pelaksanaan proyek dapat dianalisis dengan cara membandingkan nilai pekerjaan yang telah diselesaikan secara fisik (BCWS) dengan jumlah biaya aktual yang dikeluarkan pada periode yang sama (ACWP).

$$CPI = BCWP / ACWP \dots\dots\dots (2.5)$$

(Narvaez M. P., et al., 2022)

CPI = 1 : biaya sesuai dengan anggaran rencana

CPI > 1 : biaya lebih kecil/hemat

CPI < 1 : biaya lebih besar/hemat

d. *Schedule Performance Index (SPI)*

Efisiensi kinerja penyelesaian pekerjaan dapat dianalisis melalui perbandingan antara nilai pekerjaan yang benar-benar telah diselesaikan secara fisik (BCWP) dengan besaran biaya yang direncanakan sesuai jadwal pelaksanaan (BCWS).

$$SPI = BCWP / BCWS \dots\dots\dots (2.6)$$

(Narvaez M. P., et al., 2022)

SPI = 1 : proyek tepat waktu

SPI > 1 : proyek lebih cepat

SPI < 1 : proyek terlambat

e. *Prediksi Biaya Penyelesaian Akhir Proyek/Estimate at Completion (EAC)*

Perhitungan *Cost Performance Index* (CPI) dan *Schedule Performance Index* (SPI) memiliki peran penting dalam memperkirakan kebutuhan biaya penyelesaian proyek secara statistik. Terdapat berbagai metode untuk menghitung *Estimate at Completion* (EAC), namun pendekatan dengan memanfaatkan CPI dan SPI dinilai lebih sederhana dan praktis untuk diterapkan. Salah satu rumus EAC yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

$$EAC = ACWP + \frac{(BAC - BCWP)}{CPI \times SPI} \dots\dots\dots (2.7)$$

(Narvaez M. P., et al., 2022)

*Estimate at Completion* (EAC) dihitung dengan menjumlahkan biaya aktual yang telah dikeluarkan dengan estimasi biaya tambahan yang masih diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Estimasi sisa biaya ini diperoleh melalui pendekatan statistik dengan mempertimbangkan tingkat efisiensi penggunaan biaya (CPI) serta kinerja pelaksanaan dibandingkan dengan rencana (SPI). Dari perhitungan tersebut, dapat ditentukan selisih antara anggaran total proyek (BAC) dan estimasi biaya akhir proyek (EAC), yang dikenal sebagai *Variance at Completion* (VAC).

$$VAC = BAC - EAC \dots\dots\dots (2.8)$$

(Narvaez M. P., et al., 2022)

Indeks CPI dan SPI umumnya lebih diprioritaskan dalam menilai kinerja proyek dibandingkan dengan indikator CV dan SV. Hal ini karena CPI dan SPI merupakan rasio tanpa satuan, sehingga memungkinkan dilakukan perbandingan kinerja antarproyek. Selain itu, kedua indeks ini juga memberikan gambaran relatif terhadap BCWS atau *Performance Measurement Baseline* (PMB), yang menjadi acuan utama dalam mengevaluasi status proyek dari aspek biaya maupun jadwal.

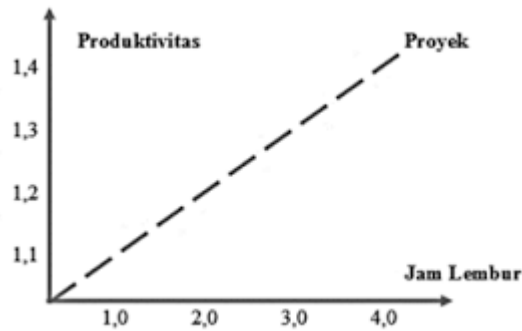
## **2.4 Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek**

Percepatan waktu penyelesaian proyek merupakan upaya yang dilakukan untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi lebih cepat dari jadwal semula. Strategi ini dikenal dengan istilah *crashing*, yaitu pendekatan yang dilakukan secara terencana, sistematis, serta didukung oleh analisis, dengan prioritas utama pada aktivitas-aktivitas yang berada di jalur kritis proyek (Ervianto, 2004). Menurut Soeharto (1999), batas maksimum percepatan suatu aktivitas ditentukan oleh durasi tercepat yang secara teknis masih mungkin dicapai, dengan asumsi ketersediaan sumber daya tidak menjadi hambatan.

### **2.4.1 Pelaksanaan Percepatan Durasi**

#### **a. Penambahan Jam Kerja (Lembur)**

Lembur dilakukan dengan memperpanjang jam kerja harian menggunakan tenaga kerja yang ada, tanpa melakukan penambahan jumlah pekerja. Tujuan utama dari metode ini adalah meningkatkan output harian sehingga aktivitas proyek dapat diselesaikan lebih cepat. Meski demikian, penerapan lembur perlu memperhatikan batas waktu kerja individu, karena jam kerja yang terlalu panjang justru dapat menurunkan tingkat produktivitas akibat kelelahan. Penurunan produktivitas tersebut, khususnya pada lembur yang memanfaatkan tenaga kerja yang sama, dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Grafik indikasi penurunan produktivitas

karena kerja lembur

Gambar 2.3 memperlihatkan bahwa produktivitas cenderung meningkat ketika jumlah jam kerja harian maupun frekuensi hari kerja mingguan ditambah. Peningkatan ini terutama dipengaruhi oleh adanya tambahan tenaga kerja pada saat pelaksanaan lembur.

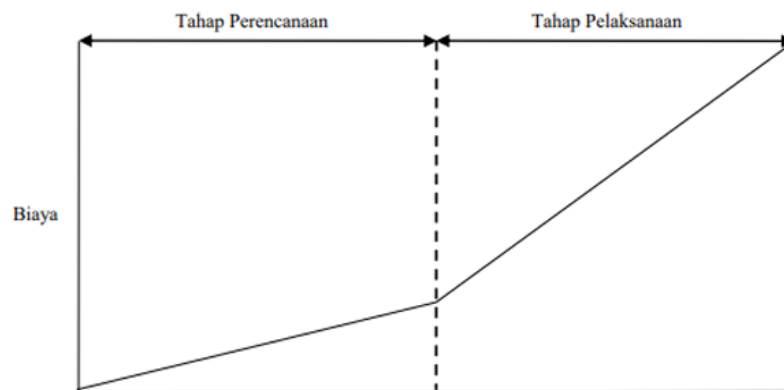
#### 2.4.2 Hubungan Biaya Dan Waktu

Percepatan pelaksanaan proyek akan berdampak pada pemangkasan durasi kegiatan. Total biaya proyek sendiri merupakan akumulasi antara biaya langsung dan biaya tidak langsung. Besarnya biaya keseluruhan sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu pelaksanaan, karena kedua komponen biaya tersebut berubah seiring dengan perkembangan proyek. Meskipun tidak terdapat rumus baku untuk menghitungnya, pada umumnya semakin panjang durasi proyek, semakin besar pula akumulasi biaya tidak langsung yang harus ditanggung (Soeharto, 1995).

Terdapat keterkaitan erat antara biaya yang dikeluarkan dengan durasi pelaksanaan proyek, sehingga diperlukan penyusunan jadwal kegiatan yang optimal agar biaya dapat ditekan seminimal mungkin. Menentukan hubungan waktu dan biaya yang paling efisien dalam praktik proyek konstruksi bukanlah hal yang sederhana. Namun, secara teoritis, solusi dari kondisi tersebut berada pada rentang antara dua keadaan berikut:

1. Perkiraan dengan biaya termurah (*The Cost Solution*)
2. Perkiraan dengan waktu tersingkat (*The Last Time Solution*)





**Gambar 2.4** Biaya Proyek vs Waktu Pelaksanaan

(Soeharto, 1995)

Kondisi ketika proyek dapat dilaksanakan dengan biaya langsung serendah mungkin sesuai jadwal normal. Sebaliknya, pendekatan dengan waktu tercepat menggambarkan upaya penyelesaian proyek dalam durasi sesingkat mungkin dengan biaya minimum yang masih memungkinkan pada skenario percepatan. Untuk mencapai durasi pelaksanaan yang paling singkat, sebagian besar aktivitas proyek perlu dipercepat, meskipun tidak semua aktivitas harus mengalami percepatan agar solusi waktu tersingkat tersebut dapat dicapai secara efektif.

Setiap aktivitas dalam jaringan kerja yang mengalami percepatan umumnya memiliki dua nilai waktu yang dapat ditunjukkan, yaitu waktu normal dan waktu percepatan (Ardika, 2014, p.275):

b. *Normal Duration*

Waktu normal adalah durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu aktivitas atau pekerjaan dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara standar, tanpa adanya penambahan biaya tambahan dalam pelaksanaannya.

c. *Crash Duration*

Waktu percepatan adalah durasi yang diperlukan suatu aktivitas proyek ketika dilakukan upaya pemangkasan waktu sehingga lebih singkat dibandingkan dengan waktu normal (*normal duration*), biasanya dengan konsekuensi penambahan biaya atau sumber daya.

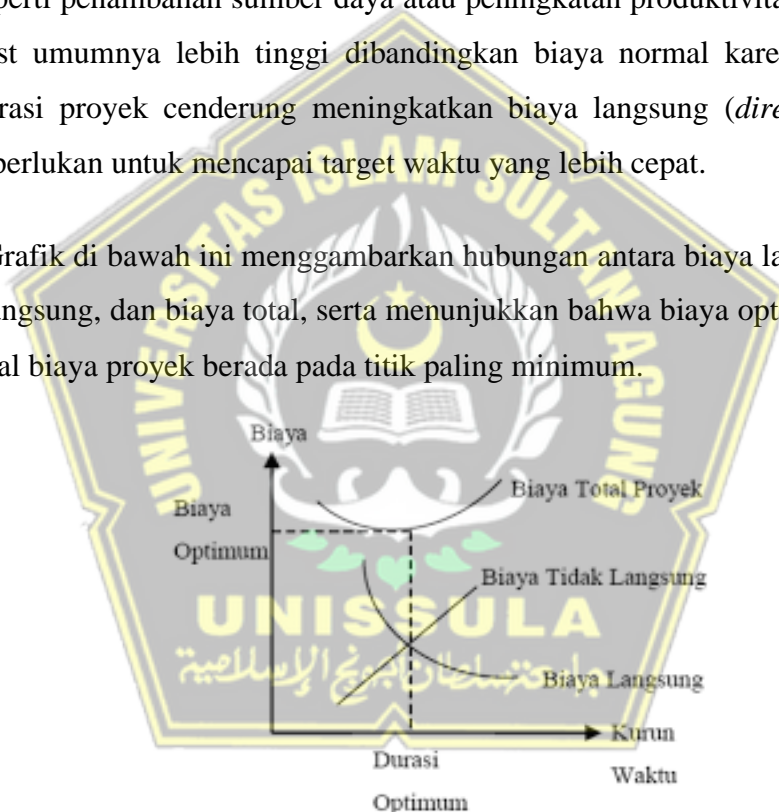
d. *Normal Cost*

Biaya normal merupakan estimasi biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek sesuai dengan durasi normal. Perhitungan biaya ini biasanya dilakukan pada tahap perencanaan dan penjadwalan bersamaan dengan penetapan waktu normal penyelesaian proyek.

e. *Crash Out*

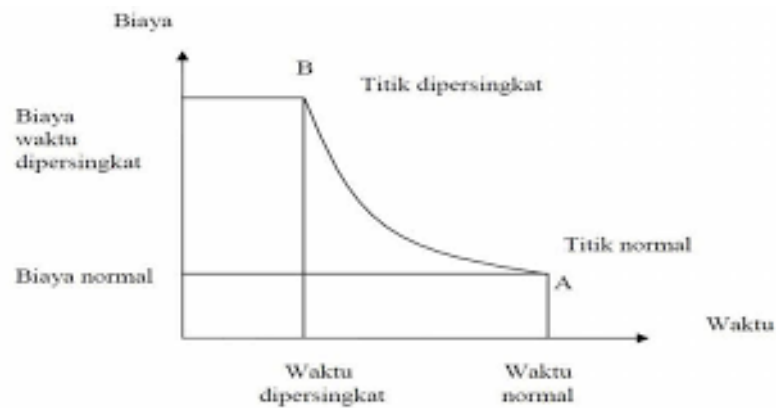
Biaya percepatan (*crash cost*) adalah biaya yang timbul ketika suatu aktivitas dilaksanakan dalam durasi yang lebih singkat dibandingkan dengan waktu normal. Peningkatan biaya ini disebabkan oleh upaya percepatan pekerjaan, seperti penambahan sumber daya atau peningkatan produktivitas kerja. Crash cost umumnya lebih tinggi dibandingkan biaya normal karena percepatan durasi proyek cenderung meningkatkan biaya langsung (*direct cost*) yang diperlukan untuk mencapai target waktu yang lebih cepat.

Grafik di bawah ini menggambarkan hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total, serta menunjukkan bahwa biaya optimum tercapai saat total biaya proyek berada pada titik paling minimum.



**Gambar 2.5** Hubungan antara Komponen Biaya Proyek dan Durasi

Dengan menggunakan crash schedule, tentu saja biayanya akan jauh lebih besar dibandingkan dengan normal schedule. Dalam crash schedule akan dipilih kegiatan- kegiatan kritis dengan tingkat kemiringan terkecil untuk mempercepat pelaksanaannya.



**Gambar 2.6** Kurva Hubungan Biaya dengan Durasi Normal dan *Crashing*

Hubungan antara durasi pelaksanaan dan biaya suatu aktivitas ditunjukkan pada Gambar 2.6. Menurut Soeharto (1999), apabila bentuk kurva waktu–biaya suatu pekerjaan telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai kemiringannya (slope). Nilai ini menggambarkan besarnya tambahan biaya yang diperlukan untuk mengurangi waktu pelaksanaan sebanyak satu hari. Biaya tambahan langsung (direct cost) yang timbul akibat percepatan aktivitas dalam periode tertentu dikenal dengan istilah cost slope. Husen (2011) menjelaskan bahwa cost slope dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Cost\ Slope = \frac{Crash\ Cost - Normal\ Cost}{Normal\ Duration - Crash\ Duration} \dots\dots\dots (2.9)$$

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah format Tabel 2.1 yang menyajikan perbandingan antara penelitian yang akan dilaksanakan dengan penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan topik:

**Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu**

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil Penelitian
1	(Deng J., & Jian W., 2022)	Estimating Construction Project Duration and Costs upon Completion Using Monte Carlo Simulations and Improved Earned Value Management	Mengombinasikan metode <i>Earned Value Management</i> (EVM), <i>Critical Path Method</i> (CPM), <i>Program Evaluation and Review Technique</i> (PERT), dan <i>Monte Carlo Simulation</i> (MCS) dengan pendekatan berbasis <i>path-based schedule measurement</i> dan kategorisasi aktivitas berdasarkan sumber daya.	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengatasi kelemahan EVM tradisional yang bersifat deterministik, meningkatkan akurasi estimasi waktu dan biaya, serta mengidentifikasi aktivitas prioritas yang berpengaruh terhadap keterlambatan dan pembengkakan biaya proyek..	Berdasarkan hasil analisis, proyek ekspansi komersial mengalami keterlambatan jadwal dan pembengkakan biaya. Aktivitas J, H, dan G teridentifikasi sebagai aktivitas kritis yang membutuhkan pengendalian prioritas. Metode gabungan terbukti efektif dalam mengidentifikasi deviasi, menghasilkan estimasi yang lebih akurat, serta menentukan aktivitas penting untuk dikendalikan.

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil Penelitian
2	(Batselier J., & Vanhoucke M., 2016)	Improving project forecast accuracy by integrating earned value management with exponential smoothing and reference class forecasting	Mengintegrasikan metode <i>Earned Value Management</i> (EVM) dan <i>Earned Schedule</i> (ES) dengan pendekatan <i>Exponential Smoothing Method</i> (XSM).	Tujuan penelitian ini adalah untuk memperluas metode EVM tradisional dengan memasukkan pendekatan peramalan berbasis exponential smoothing, sehingga mampu meningkatkan akurasi estimasi biaya dan waktu proyek serta memfasilitasi implementasi praktis dalam pengendalian proyek.	Berdasarkan analisis terhadap 23 proyek nyata, XSM menunjukkan peningkatan kinerja signifikan dibandingkan metode peramalan proyek paling akurat yang telah diidentifikasi sebelumnya. Hasil semakin optimal ketika XSM digabungkan dengan konsep RCF, baik dalam peramalan biaya maupun waktu proyek.



No	Penulis	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil Penelitian
3	(Perez P. B. et al., 2019)	Earned Schedule min-max: Two new EVM metrics for monitoring and controlling projects	<p>Melakukan simulasi dan perbandingan empiris terhadap 26 teknik peramalan durasi proyek deterministik dalam kerangka <i>Earned Value Management</i> (EVM).</p> <p>Dalam penelitian ini juga diperkenalkan dua metrik baru yaitu <i>Earned Schedule min</i> (ESmin) dan <i>Earned Schedule max</i> (ESmax) sebagai pengembangan dari metrik <i>Earned Schedule tradisional</i>.</p>	<p>Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja berbagai metrik peramalan durasi proyek dalam kerangka EVM, serta mengusulkan metrik baru yang lebih sederhana dan akurat untuk meningkatkan pengendalian proyek.</p>	<p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa metrik baru ESmin dan ESmax sedikit lebih unggul dibandingkan metrik terbaik sebelumnya, yaitu Earned Schedule (ES), Earned Duration (ED), dan Effective Earned Schedule (ES(e)) dengan <math>PF = 1</math>. ESmin dan ESmax menawarkan pendekatan perhitungan yang lebih sederhana di tingkat aktivitas serta memberikan aplikasi menarik untuk peningkatan kontrol proyek.</p>

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil Penelitian
4	(Alvarez L. M. et al., 2022)	A Systematic Review of Earned Value Management Methods for Monitoring and Control of Project Schedule Performance: An AHP Approach	Melakukan systematic review terhadap metode <i>Earned Value Management</i> (EVM) dan berbagai variasinya dalam pengukuran kinerja baseline jadwal proyek.	Menentukan metode alternatif terbaik dari variasi EVM yang paling sesuai untuk memonitor dan mengendalikan baseline jadwal proyek berdasarkan kriteria evaluasi yang ditetapkan.	Hasil analisis AHP menunjukkan bahwa Critical Path Earned Schedule merupakan metode terbaik untuk memantau dan mengendalikan baseline jadwal proyek karena performanya lebih baik dibandingkan metode lain pada kategori evaluasi yang digunakan.
5	(Wahyudi E., & Hendrawan B., 2018)	Analisis Kinerja Proyek “Y” Menggunakan Earned Value Management (Studi Kasus PT Asian Sealand Engineering)	Menggunakan konsep <i>Earned Value Management</i> (EVM) dengan tiga indikator utama:	Menganalisis kinerja biaya dan jadwal proyek pada PT Asia Sealand Engineering dengan studi kasus proyek “Y” module 301 train 3 batch 5 (pekerjaan struktur), serta memperkirakan biaya akhir, sisa biaya, dan estimasi waktu penyelesaian proyek.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa proyek mengalami cost overrun dan schedule overrun. Estimasi biaya sisa proyek (ETC) sebesar Rp 710.980.113, total biaya akhir (EAC) sebesar Rp 7.595.984.113, dan estimasi waktu penyelesaian (TE) adalah 302 hari.

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil Penelitian
6	(Indriani A. M. et al., 2022)	Analisis Kinerja Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan EVM	Menggunakan konsep <i>Earned Value Management</i> (EVM) dengan tiga indikator utama:	Menganalisis kinerja proyek dari sisi biaya dan waktu untuk mengetahui apakah pelaksanaan proyek sesuai dengan anggaran dan jadwal yang telah ditetapkan serta memperkirakan total biaya dan durasi akhir proyek.	Hasil analisis menunjukkan bahwa biaya aktual lebih besar dari anggaran dengan $CPI = 0,998$ , sedangkan jadwal proyek lebih cepat dari rencana dengan $SPI = 1,142$ . Perhitungan estimasi biaya akhir proyek menunjukkan adanya kerugian, namun estimasi durasi penyelesaian adalah 65 minggu atau lebih cepat 4 minggu dibandingkan jadwal rencana.
7	(Castollan i A. et al., 2020)	Analisis Biaya dan Waktu pada Proyek Apartemen Dengan Metode Earned Value Concept	Menggunakan konsep <i>Earned Value</i> (EVM) dengan tiga indikator dasar (BCWS, BCWP, ACWP). Dari indikator tersebut dihitung CPI, SPI, <i>Estimate to Complete</i> (ETC), dan <i>Time Estimate</i> (TE).	Membandingkan kinerja proyek dengan rencana awal untuk menentukan estimasi biaya, waktu penyelesaian, serta biaya pekerjaan yang tersisa sehingga dapat menilai kinerja proyek secara menyeluruh.	Hasil analisis menunjukkan proyek mengalami masalah arus kas dengan $BCWP < ACWP$ (over-spending). Indeks biaya $CPI = 0,861$ ( $<1$ ) menandakan kinerja biaya tidak sesuai rencana, sedangkan indeks jadwal $SPI < 1$ menunjukkan keterlambatan. Estimasi biaya sisa pekerjaan (ETC) sebesar Rp 317.277.175.424, dan estimasi waktu penyelesaian proyek (TE) adalah 200 minggu.

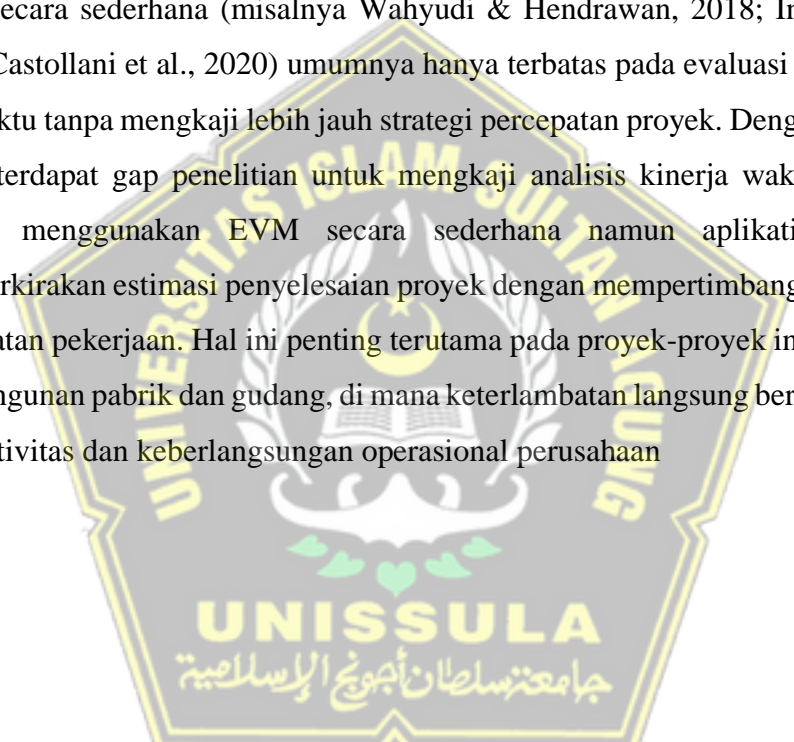
No	Penulis	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil Penelitian
8	(Putra R. G. et al., 2020)	Analisa Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Gudang Dan Kantor PT ABC Semarang Dengan Earned Value Analysis	Menggunakan metode <i>Earned Value Analysis</i> (EVA) untuk menganalisis kinerja waktu proyek. Indikator yang dihitung meliputi <i>Schedule Variance</i> (SV), <i>Schedule Performance Index</i> (SPI), serta <i>Estimate Temporary Schedule</i> (ETS).	Mengevaluasi kesesuaian pelaksanaan proyek terhadap rencana dari sisi waktu, mengidentifikasi penyebab keterlambatan, serta menghitung estimasi keterlambatan penyelesaian proyek.	Hasil analisis menunjukkan adanya Schedule Variance (SV) negatif pada beberapa minggu (1–5, 7, 17, 19–24, dan 31) yang menandakan keterlambatan. Nilai SPI < 1 pada minggu ke-1 hingga ke-13 dan minggu ke-20 hingga ke-36 menunjukkan kinerja jadwal yang buruk. Penyebab keterlambatan antara lain keterlambatan memulai pekerjaan, keterlambatan pengiriman material, perencanaan kerja yang kurang baik, kerusakan peralatan, dan faktor cuaca. Estimasi akhir proyek (ETS) menunjukkan keterlambatan 6 minggu dari rencana.

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil Penelitian
9	(Prasetya E. B., 2018)	Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi Dengan Metode Critical Path dan Earned Value Management	Menggunakan metode <i>Critical Path Method</i> (CPM) untuk mengendalikan waktu proyek serta <i>Earned Value Management</i> (EVM) untuk mengendalikan biaya.	Mengetahui durasi pengerjaan proyek, aktivitas kritis, persentase rencana anggaran, persentase perkembangan proyek, serta persentase pengeluaran proyek, sehingga keterlambatan dan pembengkakan biaya dapat segera terdeteksi.	Hasil perancangan menghasilkan sistem aplikasi manajemen proyek berbasis web yang dapat digunakan untuk memonitor waktu dan biaya secara berkala. Sistem ini membantu mendeteksi kondisi over budget maupun keterlambatan pekerjaan sehingga proyek lebih mudah dikendalikan.
10	(Sugiyanto A., & Gondokusumo O., 2020)	Perbandingan Metode Earned Value, Earned Shecdule, dan Kalman Filter Earned Value untuk Prediksi Durasi Proyek	Menggunakan tiga metode peramalan durasi proyek, yaitu <i>Earned Value Method</i> (EVM), <i>Earned Schedule Method</i> (ESM), dan <i>Kalman Filter Earned Value Method</i> (KEVM)	Membandingkan akurasi ketiga metode peramalan (EVM, ESM, KEVM) dalam memprediksi durasi proyek untuk mengetahui metode paling tepat dalam evaluasi jadwal proyek konstruksi.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Kalman Filter pada EVM (KEVM) dapat mengurangi error prediksi durasi. Namun, metode ESM memberikan hasil prediksi paling akurat dengan nilai MAPE terkecil dibandingkan EVM dan KEVM.



## 2.6 Research Gap

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, mayoritas studi mengenai *Earned Value Management* (EVM) berfokus pada pengembangan metode lanjutan seperti kombinasi dengan *Monte Carlo Simulation*, *Exponential Smoothing*, *Kalman Filter*, maupun pengembangan metrik baru seperti ESmin dan ESmax untuk meningkatkan akurasi estimasi waktu dan biaya proyek. Sebagian besar penelitian tersebut dilakukan pada proyek skala besar atau menggunakan pendekatan simulasi, sehingga menghasilkan metode yang relatif kompleks dan sulit diterapkan pada kondisi proyek konstruksi di lapangan. Penelitian terdahulu yang menggunakan EVM secara sederhana (misalnya Wahyudi & Hendrawan, 2018; Indriani et al., 2022; Castollani et al., 2020) umumnya hanya terbatas pada evaluasi kinerja biaya dan waktu tanpa mengkaji lebih jauh strategi percepatan proyek. Dengan demikian, masih terdapat gap penelitian untuk mengkaji analisis kinerja waktu dan biaya proyek menggunakan EVM secara sederhana namun aplikatif, sekaligus memperkirakan estimasi penyelesaian proyek dengan mempertimbangkan skenario percepatan pekerjaan. Hal ini penting terutama pada proyek-proyek industri seperti pembangunan pabrik dan gudang, di mana keterlambatan langsung berdampak pada produktivitas dan keberlangsungan operasional perusahaan



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Bentuk Penelitian

Bentuk penelitian ini merupakan penelitian studi kasus pada proyek pembangunan pabrik produksi yang difokuskan pada analisis kinerja biaya dan waktu. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif menggunakan metode *Earned Value Management* (EVM) untuk mengevaluasi deviasi antara rencana dan realisasi proyek. Selain itu, penelitian juga mengkaji upaya percepatan (*crashing*) pekerjaan sebagai strategi untuk meminimalkan keterlambatan proyek dan mengoptimalkan biaya penyelesaian.

#### 3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di kawasan Jatengland Industrial Park Sayung, tepatnya di Blok F No. 1, Batu, Kabupaten Demak, Jawa Tengah, 59561. Kawasan ini merupakan salah satu pusat industri strategis di Jawa Tengah yang memiliki peranan penting dalam pengembangan sektor manufaktur dan logistik. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada relevansinya dengan objek penelitian, yaitu proyek pembangunan pabrik, yang menjadi fokus utama dalam analisis kinerja waktu dan biaya



**Gambar 3.1** Lokasi Penelitian

### 3.3 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, tahapan penelitian disusun untuk memastikan alur analisis berjalan terstruktur, mulai dari identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan. Adapun tahapan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### 1. Studi Pendahuluan

- Mengidentifikasi masalah yang terjadi pada proyek pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU terkait keterlambatan, deviasi biaya, serta potensi percepatan pekerjaan.
- Melakukan telaah literatur mengenai *Earned Value Management* (EVM) dan metode crashing untuk mempercepat proyek.
- Menentukan fokus penelitian: analisis kinerja proyek dengan EVM dan estimasi waktu-biaya percepatan dengan crashing.

#### 2. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data sekunder berupa dokumen proyek, meliputi:

- *Time schedule* (Rencana Anggaran Waktu) proyek.
- Rencana Anggaran Biaya (RAB).
- Progress laporan mingguan/bulanan pekerjaan.
- Data realisasi biaya dan durasi pekerjaan.

#### 3. Pengolahan Data Awal

- Menyusun tabel perbandingan rencana vs realisasi.
- Menghitung indikator EVM (BCWS, BCWP, ACWP).
- Menghitung indeks kinerja (CPI, SPI).
- Menentukan estimasi biaya & waktu penyelesaian (EAC, ETC, VAC, TE).

#### 4. Analisis Kinerja Proyek dengan EVM

- Menghitung indikator kinerja proyek berdasarkan data aktual:
  - *Planned Value* (PV)
  - *Earned Value* (EV)
  - *Actual Cost* (AC)
- Menghitung indeks kinerja proyek:
  - *Cost Performance Index* (CPI)
  - *Schedule Performance Index* (SPI)

- Menganalisis deviasi proyek: apakah terjadi keterlambatan atau pembengkakan biaya.
- Mengestimasi kinerja ke depan:
  - *Estimate at Completion* (EAC) → estimasi total biaya penyelesaian proyek.
  - *Estimate to Complete* (ETC) → estimasi sisa biaya yang dibutuhkan.
  - *Time Estimate at Completion* (TEAC) → estimasi waktu penyelesaian proyek.

#### 5. Pembahasan Hasil

- Membahas kinerja proyek saat ini berdasarkan analisis EVM.
- Menjelaskan skenario percepatan (*crashing*) yang paling menguntungkan.
- Menghubungkan hasil penelitian dengan teori manajemen proyek, khususnya efektivitas penggunaan EVM dan crashing.

#### 6. Kesimpulan dan Saran

- Menyimpulkan hasil analisis kinerja proyek dengan EVM.
- Menyimpulkan hasil estimasi waktu dan biaya penyelesaian proyek apabila dilakukan percepatan pekerjaan.
- Memberikan rekomendasi praktis kepada pihak kontraktor/PPK terkait strategi percepatan dan pengendalian biaya.

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan bersumber dari data sekunder yang diperoleh dari dokumen proyek pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU. Penggunaan data sekunder dipilih karena penelitian ini menitikberatkan pada analisis kuantitatif dengan pendekatan Earned Value Management (EVM) dan metode crashing, sehingga diperlukan data-data teknis terkait jadwal, biaya, serta kemajuan proyek.



**Tabel 3.1** Data Sekunder

Jenis Data	Sumber Data	Kegunaan dalam penelitian
Rencana Anggaran Biaya (RAB)	Dokumen proyek dari kontraktor / pemilik proyek	Mengetahui biaya rencana proyek dan dasar perhitungan AC serta penentuan biaya crashing
Time Schedule (Jadwal Pelaksanaan)	Dokumen proyek	Menentukan PV, durasi aktivitas, jalur kritis, serta dasar analisis percepatan (crashing)
Kurva S	Dokumen proyek	Membandingkan progres rencana dengan realisasi (PV vs EV)
Laporan Progres Proyek (mingguan/bulanan)	Kontraktor / konsultan pengawas	Menentukan nilai EV (progress pekerjaan aktual)
Laporan Realisasi Biaya	Bagian keuangan proyek	Menentukan nilai AC (biaya aktual yang sudah dikeluarkan)

### 3.5 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Earned Value Management* (EVM). Data yang diperoleh dari dokumen proyek seperti Rencana Anggaran Biaya (RAB), jadwal pelaksanaan proyek (*time schedule*), laporan progres mingguan/bulanan, serta data realisasi biaya dan waktu akan dianalisis secara kuantitatif. Langkah-langkah pengolahan data dilakukan sebagai berikut:

#### 1. Menghitung Variabel Utama EVM

- *Planned Value* (PV): nilai pekerjaan yang seharusnya diselesaikan sesuai rencana hingga periode tertentu.



- *Earned Value* (EV): nilai pekerjaan yang benar-benar telah diselesaikan berdasarkan bobot pekerjaan.
- *Actual Cost* (AC): biaya aktual yang telah dikeluarkan hingga periode tertentu.
- Menghitung Indikator Kinerja Proyek
  - *Cost Variance* (CV) = EV – AC
  - *Schedule Variance* (SV) = EV – PV
  - *Cost Performance Index* (CPI) = EV / AC
  - *Schedule Performance Index* (SPI) = EV / PV
- 2. Melakukan Estimasi Proyek
  - *Estimate at Completion* (EAC) = BAC / CPI
  - *Estimate to Complete* (ETC) = EAC – AC
  - *Variance at Completion* (VAC) = BAC – EAC
  - *Estimate Time to Completion* menggunakan indeks SPI untuk memproyeksikan estimasi durasi penyelesaian proyek.
- 3. Analisis Percepatan Pekerjaan (Crashing)
  - Identifikasi pekerjaan kritis yang dapat dipercepat untuk mengurangi keterlambatan.
  - Hitung estimasi waktu penyelesaian dan biaya tambahan jika dilakukan percepatan.
  - Bandingkan skenario: tanpa percepatan vs dengan percepatan, untuk menentukan strategi optimal yang meminimalkan keterlambatan dan pembengkakan biaya.

### 3.6 Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini akan dilakukan serangkaian analisis berdasarkan data yang diperoleh guna memperoleh pemahaman mengenai kinerja proyek pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU. Analisis yang dilakukan mencakup evaluasi kinerja proyek dalam aspek waktu dan biaya menggunakan metode *Earned Value Method* (EVM). Berikut merupakan analisis yang dilakukan:

1. Kinerja waktu dan biaya proyek apabila dianalisis menggunakan metode *Earned Value Management* (EVM)

EVM digunakan karena mampu menilai kinerja proyek secara simultan terhadap waktu dan biaya. Analisis ini didasarkan pada tiga komponen utama:

- BCWS (*Planned Value* / PV): nilai pekerjaan yang seharusnya selesai menurut jadwal.
- BCWP (*Earned Value* / EV): nilai pekerjaan yang benar-benar sudah diselesaikan.
- ACWP (*Actual Cost* / AC): biaya aktual yang sudah dikeluarkan.

Dari data ini dihitung indikator kinerja:

- *Cost Variance* (CV):

$$CV = EV - AC \dots\dots\dots (3.4)$$

(positif = hemat, negatif = boros)

- *Schedule Variance* (SV):

$$SV = EV - PV \dots\dots\dots (3.5)$$

(positif = lebih cepat, negatif = terlambat)

- *Cost Performance Index* (CPI):

$$CPI = \frac{EV}{AC} \dots\dots\dots (3.6)$$

(CPI > 1 = efisien, CPI < 1 = boros)

- *Schedule Performance Index* (SPI):

$$SPI = \frac{EV}{PV} \dots\dots\dots (3.7)$$

(SPI > 1 = lebih cepat, SPI < 1 = terlambat)

## 2. Estimasi waktu dan biaya penyelesaian proyek apabila dilakukan percepatan pekerjaan.

Analisis tahap ini bertujuan untuk memprediksi durasi dan biaya total proyek hingga selesai, baik dengan kondisi normal maupun dengan skenario percepatan. Estimasi dilakukan berdasarkan hasil analisis EVM sebelumnya.

Rumus yang digunakan:

- Estimasi waktu penyelesaian (ETC<sub>time</sub>):

$$ETC_{time} = \frac{\text{Durasi Rencana}}{SPI} \dots\dots\dots (3.8)$$

- Estimasi biaya penyelesaian (EAC):

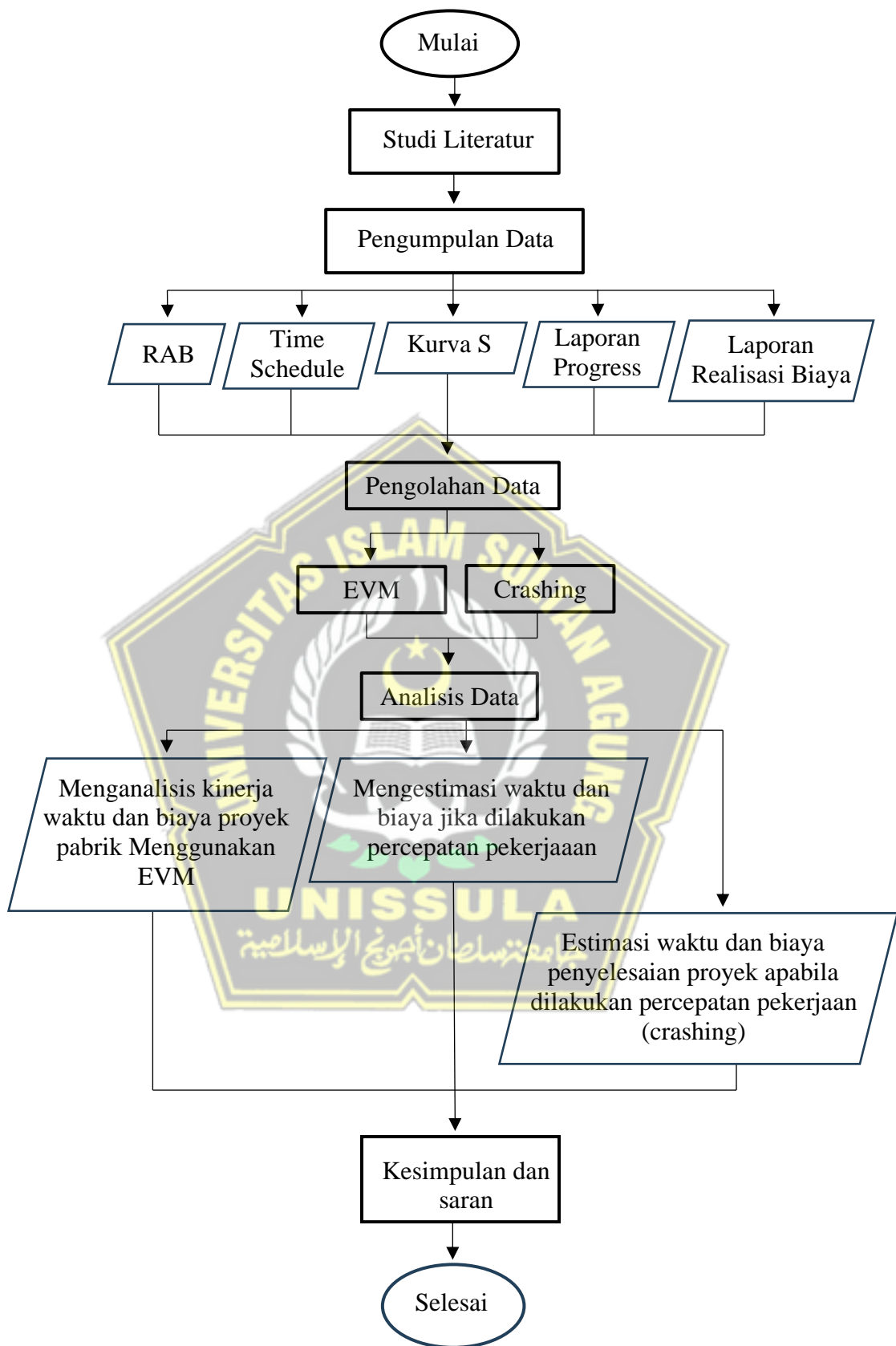
$$EAC = \frac{BAC}{CPI} \dots\dots\dots (3.9)$$

(dengan BAC = Budget at Completion, total anggaran awal proyek)

3. Estimasi waktu dan biaya penyelesaian proyek apabila dilakukan percepatan pekerjaan (crashing), serta sejauh mana strategi percepatan tersebut dapat meminimalkan keterlambatan proyek
  - Mengidentifikasi aktivitas kritis dalam proyek berdasarkan durasi dan bobot pekerjaan
  - Menentukan opsi percepatan (crashing):
    - Penambahan shift kerja
  - Hitung estimasi biaya dan waktu penyelesaian proyek dengan percepatan:
    - Estimasi biaya akhir (EAC\_crash) =  $BAC / CPI + \text{biaya tambahan percepatan}$
    - Estimasi waktu penyelesaian (ETC\_time\_crash) =  $\text{Durasi Rencana} / SPI_{\text{crash}}$
  - Bandingkan skenario percepatan vs tidak percepatan untuk menentukan efektivitas:
    - Reduksi keterlambatan (%) =  $(\text{Durasi Eksisting} - \text{Durasi Crashing}) / \text{Durasi Eksisting} \times 100\%$
    - Efisiensi biaya tambahan =  $(EAC_{\text{crash}} - EAC) / EAC \times 100\%$

### 3.7 Diagram Alir

Untuk memudahkan pelaksanaan penelitian, dapat dilihat berikut gambar berikut:



**Gambar 3.2** Diagram Alir

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Gambaran Umum Proyek**

Proyek Pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU berlokasi di Kawasan Jatengland Industrial Park Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Pekerjaan ini merupakan bagian dari pengembangan fasilitas industri milik PT. MAKUKU yang difungsikan sebagai pusat kegiatan produksi sekaligus penyimpanan bahan baku.

Pelaksanaan konstruksi dikerjakan oleh PT. Sinar Mekar Jaya sebagai kontraktor utama, dengan waktu pelaksanaan selama 146 hari kalender, dimulai pada 30 Juni 2025 dan ditargetkan selesai pada 23 November 2025.

Pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU ini dirancang sebagai fasilitas utama penunjang aktivitas industri, yang berfungsi untuk mendukung proses produksi dan penyimpanan bahan baku secara efektif dan aman. Perencanaan bangunan disesuaikan dengan karakteristik kegiatan manufaktur, mencakup efisiensi alur kerja, kemudahan distribusi material, serta keselamatan di area operasional. Dokumentasi pelaksanaan Pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 4.1 Pelaksanaan Pembangunan**



Berikut merupakan informasi umum mengenai Proyek Pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU:

**Tabel 4.1** Informasi Umum Pembangunan

1.	Nama Proyek	:	Pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT. MAKUKU
2.	Lokasi	:	Blok F No. 1, Batu, Kabupaten Demak, Jawa Tengah, 59561
3.	Luas Tapak Bangunan	:	96,9 m × 52,6 m = 5.096,94 m <sup>2</sup>
4.	Jumlah Lantai	:	1 Lantai
5.	Konsultan Manajemen Konstruksi	:	PT. Surya Solusi Internasional
6.	Kontraktor	:	PT. Sinar Mekar Jaya
7.	Nilai Kontrak	:	Rp. 26.416.855.904,-
8.	Sumber Dana	:	PT. World Innovative Telecommunication
9.	Waktu Pelaksanaan	:	146 hari kalender

#### 4.2 Kinerja Eksisting Pelaksanaan Proyek

Hasil pemantauan proyek menunjukkan adanya perbedaan antara rencana dan pelaksanaan di lapangan. Pada beberapa periode pelaporan, capaian pekerjaan aktual berada di bawah target jadwal, sehingga nilai *Earned Value* (EV) tercatat lebih rendah dibandingkan *Planned Value* (PV). Selain itu, pengeluaran aktual (AC) cenderung melebihi nilai EV, yang mengindikasikan adanya penurunan efisiensi dalam penggunaan biaya proyek.

##### 4.2.1 Kinerja Waktu

Analisis kinerja waktu pelaksanaan proyek dilakukan dengan membandingkan antara jadwal perencanaan (*baseline schedule*) dan kemajuan aktual di lapangan. Informasi tersebut disajikan dalam time schedule yang memuat urutan kegiatan, durasi, serta waktu pelaksanaan untuk setiap jenis pekerjaan. Berdasarkan time schedule proyek Pembangunan Pabrik Bangunan 1-B PT.

MAKUKU, durasi rencana pelaksanaan adalah 146 hari kalender, dimulai pada 30 Juni 2025 dan seharusnya selesai pada 30 November 2025. Namun, dari hasil perbandingan antara jadwal rencana dan realisasi pada gambar time schedule, diketahui bahwa pekerjaan aktual mengalami deviasi waktu yang cukup signifikan. Hingga hari ke-146, progres fisik proyek hanya mencapai 86% dari total rencana 100%. Aktivitas yang mengalami keterlambatan terbesar terjadi pada pekerjaan struktur dan arsitektur, dengan pergeseran waktu sekitar 3–4 minggu dari jadwal awal. Realisasi progres fisik proyek menunjukkan tren penurunan pada awal dan pertengahan pelaksanaan. Pada minggu ke-1 hingga minggu ke-2, kemajuan pekerjaan belum mencapai target yang direncanakan. Tren penurunan yang lebih signifikan terjadi pada minggu ke-9 hingga minggu ke-15, di mana selisih antara rencana dan realisasi semakin melebar, dari -0,22% pada minggu ke-9 hingga mencapai -11,43% pada minggu ke-15. Kondisi ini menandakan adanya keterlambatan progres pekerjaan dibandingkan dengan target rencana (*baseline schedule*).

Data tersebut digunakan sebagai dasar analisis dengan menerapkan *Earned Value Method* (EVM) guna mengevaluasi kinerja proyek secara menyeluruh. Analisis ini berfokus pada tiga parameter utama, yaitu *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), dan *Actual Cost* (AC), serta dilengkapi dengan pengukuran indeks kinerja *Schedule Performance Index* (SPI) dan *Cost Performance Index* (CPI) untuk menilai efisiensi waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan.



#### 4.2.2 Kinerja Biaya

Analisis kinerja biaya dilakukan dengan membandingkan antara anggaran awal proyek dan realisasi pengeluaran hingga periode evaluasi. Rekapitulasi anggaran menunjukkan pembagian alokasi dana untuk tiap kategori pekerjaan. Berdasarkan hasil analisis, pengeluaran aktual secara umum masih sebanding dengan kemajuan fisik di lapangan, meskipun terdapat beberapa penyimpangan biaya yang disebabkan oleh perubahan spesifikasi material dan adanya pekerjaan tambahan (*variation order*).

**Tabel 4.2** Rekapitulasi Anggaran Biaya

No	Deskripsi	Jumlah	Bobot (%)
1	Construction Work	Rp 12.089.772.795	48,01
2	Structural Engineering	Rp 5.081.733.933	18,44
3	Steel Structure Works	Rp 6.877.574.818	24,96
4	Mechanical and Electrical Installation	Rp 2.367.774.298	8,56
Jumlah		Rp 26.416.855.844	100,00

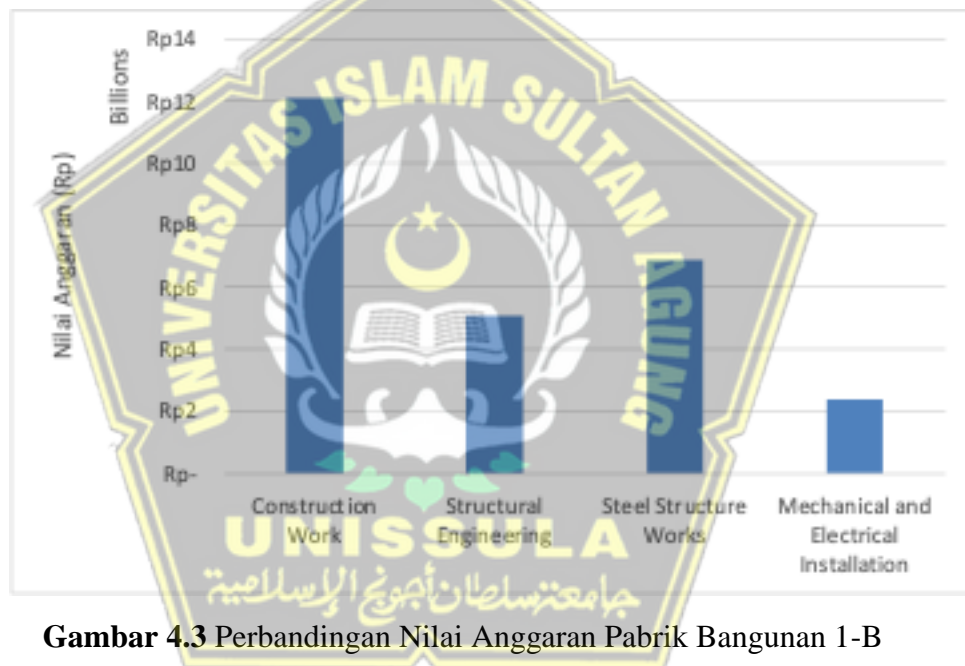
Rekapitulasi anggaran biaya pada Tabel 4.2 memberikan gambaran menyeluruh mengenai alokasi dana yang ditetapkan dalam kontrak pelaksanaan proyek *Building I-B*. Dari total nilai pekerjaan sebesar Rp 26.416.855.904, proporsi terbesar dialokasikan untuk pekerjaan Construction Work sebesar 48,01%.

Pekerjaan struktur baja menempati porsi kedua terbesar dengan bobot 24,96%, yang meliputi pembuatan dan pemasangan elemen baja pada bagian bangunan yang membutuhkan kekuatan tinggi serta ketahanan terhadap beban. Selanjutnya, pekerjaan struktur memiliki bobot 18,44%, mencakup pengecoran beton, pembesian, serta pekerjaan bekisting untuk membentuk elemen struktural sesuai desain. Mengingat struktur bangunan menggunakan rangka baja, sebagian pekerjaan juga melibatkan penyambungan dan pemasangan komponen baja guna memastikan kekuatan dan kestabilan konstruksi secara menyeluruh.

Pekerjaan mekanikal, elektrik, dan plumbing (MEP) memiliki bobot 8,56%, meliputi instalasi listrik, sistem air bersih dan kotor, sistem pendingin udara,

serta fire safety system. Meskipun bobotnya lebih kecil dibanding struktur dan arsitektur, MEP memiliki peran krusial dalam fungsi operasional gedung.

Komposisi alokasi biaya tersebut menggambarkan bahwa porsi terbesar anggaran proyek difokuskan pada pekerjaan utama bangunan, yaitu struktur, dan arsitektur. Ketiga komponen ini secara keseluruhan menyerap lebih dari 90% dari total biaya proyek, yang menandakan bahwa kegiatan konstruksi difokuskan pada aspek kekuatan struktur, kelengkapan fungsi bangunan, serta sistem pendukung operasional pabrik. Dominasi alokasi pada pekerjaan tersebut juga mencerminkan karakteristik proyek bangunan industri, di mana ketahanan struktur, efisiensi ruang produksi, dan keandalan sistem utilitas menjadi prioritas utama dalam perencanaan maupun pelaksanaan konstruksi.



**Gambar 4.3** Perbandingan Nilai Anggaran Pabrik Bangunan 1-B

#### 4.3 Kinerja Pelaksanaan Proyek Menggunakan Metode *Earned Value Management* (EVM)

Analisis *Earned Value Management* (EVM) diterapkan untuk menilai kinerja waktu dan biaya proyek konstruksi secara terukur dan objektif. Pendekatan ini dilakukan dengan membandingkan antara rencana awal proyek, capaian progres fisik aktual di lapangan, serta biaya aktual yang telah dikeluarkan. Parameter utama yang digunakan dalam metode EVM meliputi:



#### 4.3.1 Schedule Performance Index (SPI)

*Schedule Performance Index* (SPI) merupakan indikator yang digunakan untuk menilai efisiensi waktu pelaksanaan proyek dengan membandingkan progres aktual terhadap jadwal rencana yang telah ditetapkan. Nilai SPI menunjukkan apakah pelaksanaan proyek berlangsung lebih cepat, tepat waktu, atau mengalami keterlambatan dibandingkan baseline. Dalam proses perhitungannya, diperlukan dua parameter utama sebagai dasar analisis, yaitu:

- *Planned Value* (PV) – merupakan nilai anggaran yang direncanakan untuk pekerjaan yang seharusnya diselesaikan hingga periode tertentu, sesuai dengan jadwal pelaksanaan proyek.
- *Earned Value* (EV) – merupakan nilai anggaran yang mencerminkan volume pekerjaan yang telah benar-benar diselesaikan sampai dengan periode evaluasi tertentu.

Berikut merupakan perhitungan *Planned Value* dan *Earned Value*:

##### 1. *Planned Value* (PV)

Nilai PV diperoleh dari hasil perkalian antara persentase bobot pekerjaan dengan total anggaran proyek.

- Rumus PV = Bobot Rencana (%) x BAC
- Minggu ke 1 =  $0,45 \times \text{Rp. } 26.416.855.904 = \text{Rp. } 117.995.290$

Hasil perhitungan ini merupakan hasil perhitungan minggu ke – 1, Perhitungan pada minggu ke-2 hingga minggu ke-15 disajikan secara lengkap dalam tabel :

**Tabel 4.3** *Planned Value* (PV)

Bulan	Minggu Ke	Bobot Rencana (%)	Harga Kontrak (BAC) Rp	<i>Planned Value</i> (PV) Rp
		(a)	(b)	(c) = (a x b)
Juli	1	0,45	26.416.855.904	117.995.290
	2	3,26	26.416.855.904	861.409.643
	3	6,08	26.416.855.904	1.604.823.996
	4	15,70	26.416.855.904	4.146.962.068
Agustus	5	27,34	26.416.855.904	7.221.399.786
	6	37,54	26.416.855.904	9.917.416.043
	7	47,75	26.416.855.904	12.613.432.301
	8	57,95	26.416.855.904	15.309.448.558

Bulan	Minggu Ke	Bobot Rencana (%)	Harga Kontrak (BAC) Rp	Planned Value (PV) Rp
		(a)	(b)	(c) = (a x b)
September	9	62,43	26.416.855.904	16.492.483.422
	10	67,97	26.416.855.904	17.954.656.396
	11	73,73	26.416.855.904	19.478.248.560
	12	78,64	26.416.855.904	20.774.655.764
Oktober	13	82,85	26.416.855.904	21.886.144.976
	14	87,06	26.416.855.904	22.997.634.188
	15	88,89	26.416.855.904	23.482.383.494
	16			

## 2. Earned Value (EV)

Nilai EV dihitung berdasarkan kemajuan fisik aktual proyek terhadap total rencana kerja.

- Rumus EV: Bobot Realisasi (%) x BAC
  - Minggu ke 1 = 0,04 x Rp. 26.416.855.904 = Rp. 9.423.468 dan seterusnya
- Hasil perhitungan ini merupakan hasil perhitungan minggu ke – 1, Perhitungan pada minggu ke-2 hingga minggu ke-15 disajikan secara lengkap dalam tabel :

**Tabel 4.4 Earned Value (EV)**

Bulan	Minggu Ke	Bobot Aktual (%)	Harga Kontrak (BAC) Rp	Earned Value (EV) Rp
		(a)	(b)	(c) = (a x b)
Juli	1	0,04	26.416.855.904	9.423.468
	2	3,04	26.416.855.904	802.767.135
	3	6,74	26.416.855.904	1.781.028.794
	4	16,45	26.416.855.904	4.346.679.324
Agustus	5	28,21	26.416.855.904	7.452.554.557
	6	38,71	26.416.855.904	10.224.916.984
	7	49,81	26.416.855.904	13.158.422.232
	8	60,20	26.416.855.904	15.903.626.194
September	9	62,21	26.416.855.904	16.434.386.817
	10	64,92	26.416.855.904	17.149.769.509
	11	67,96	26.416.855.904	17.952.988.247
	12	71,13	26.416.855.904	18.789.751.310
Oktober	13	73,60	26.416.855.904	19.441.596.381
	14	76,06	26.416.855.904	20.093.441.452
	15	77,46	26.416.855.904	20.463.277.435
	16			

### 3. Rekapitulasi *Schedule Performance Index* (SPI)

Perhitungan dibawah merupakan hasil perhitungan di minggu ke – 1,

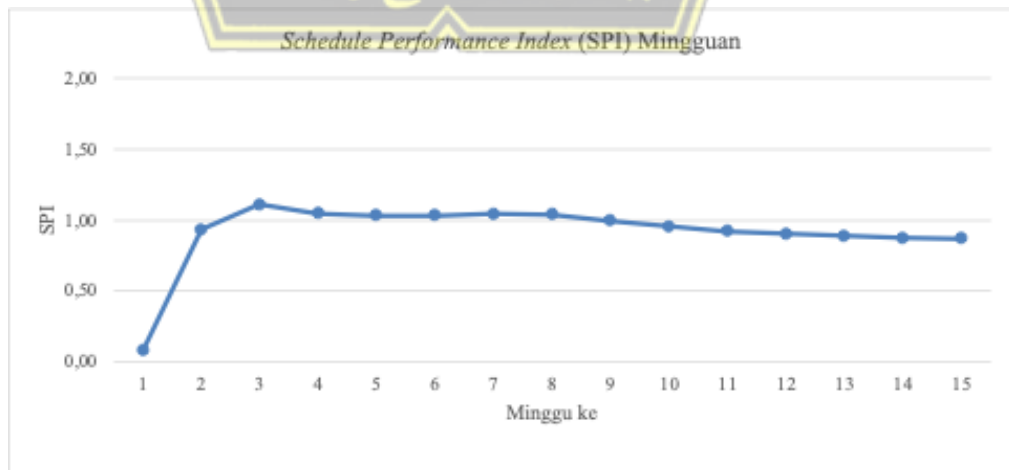
$$SPI = EV/PV = \text{Rp. } 9.423.468 / \text{Rp. } 117.995.290 = 0,08$$

selanjutnya perhitungan dari minggu ke-2 sampai minggu ke-15 dibuat dalam bentuk tabel :

**Tabel 4.5** *Schedule Performance Index (SPI)*

Bulan	Minggu Ke	Earned Value (PV) Rp	Planned Value (PV) Rp	Schedule Performance Index (SPI) (c) = (a / b)	Keterangan
		(a)	(b)		
Juli	1	9.423.468	117.995.290	0,08	Proyek terlambat dari jadwal
	2	802.767.135	861.409.643	0,93	Proyek terlambat dari jadwal
	3	1.781.028.794	1.604.823.996	1,11	Proyek lebih cepat dari jadwal
	4	4.346.679.324	4.146.962.068	1,05	Proyek lebih cepat dari jadwal
Agustus	5	7.452.554.557	7.221.399.786	1,03	Proyek lebih cepat dari jadwal
	6	10.224.916.984	9.917.416.043	1,03	Proyek lebih cepat dari jadwal
	7	13.158.422.232	12.613.432.301	1,04	Proyek lebih cepat dari jadwal
	8	15.903.626.194	15.309.448.558	1,04	Proyek lebih cepat dari jadwal
September	9	16.434.386.817	16.492.483.422	1,00	Proyek sesuai jadwal
	10	17.149.769.509	17.954.656.396	0,96	Proyek terlambat dari jadwal
	11	17.952.988.247	19.478.248.560	0,92	Proyek terlambat dari jadwal
	12	18.789.751.310	20.774.655.764	0,90	Proyek terlambat dari jadwal
Oktober	13	19.441.596.381	21.886.144.976	0,89	Proyek terlambat dari jadwal
	14	20.093.441.452	22.997.634.188	0,87	Proyek terlambat dari jadwal
	15	20.463.277.435	23.482.383.494	0,87	Proyek terlambat dari jadwal
	16				

Berdasarkan hasil analisis pada tabel, diketahui bahwa pada minggu ke-1 hingga minggu ke-2 serta minggu ke-10 hingga minggu ke-15, nilai *Schedule Performance Index* (SPI) berada di bawah 1. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa kemajuan pekerjaan **aktual lebih rendah** dibandingkan dengan rencana yang telah ditetapkan, sehingga proyek mengalami keterlambatan pada periode-periode tersebut.



**Gambar 4.4** *Schedule Performance Index (SPI)*

Interpretasi:

- $SPI = 1 \rightarrow$  Waktu Sesuai rencana
- $SPI > 1 \rightarrow$  Waktu Lebih baik dari rencana
- $SPI < 1 \rightarrow$  Waktu Kurang dari rencana (inefisien/delay)

#### 4.3.2 Cost Performance Index (CPI)

Perhitungan kinerja biaya dalam proyek dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan anggaran selama pelaksanaan pekerjaan. Analisis ini membandingkan antara nilai hasil pekerjaan yang telah dicapai dengan biaya aktual yang dikeluarkan pada periode yang sama. Ukuran kinerja yang digunakan adalah *Cost Performance Index* (CPI), yaitu rasio antara *Earned Value* (EV) nilai pekerjaan yang benar-benar telah diselesaikan terhadap *Actual Cost* (AC), yakni biaya riil yang telah dikeluarkan hingga titik waktu tertentu.

Perhitungan nilai *Earned Value* (EV) telah disajikan pada Tabel 4.5, sedangkan hasil perhitungan *Actual Cost* (AC) dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

##### 1. Actual Cost (AC)

*Actual Cost* (AC) atau Biaya Aktual merupakan total pengeluaran nyata yang telah digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan hingga periode waktu tertentu. Nilai ini diperoleh berdasarkan catatan keuangan dan laporan progres mingguan proyek. Rincian nilai AC disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 4.6 Actual Cost (AC)**

Bulan	Progres Biaya		Biaya Rencana Kumulatif	Biaya Terpakai Kumulatif
	Rencana	Realisasi		
Juli	4.346.679.324	4.146.962.068	4.346.679.324	4.146.962.068
Agustus	11.556.946.870	11.162.486.490	15.903.626.194	15.309.448.558
September	2.886.125.116	5.465.207.206	18.789.751.310	20.774.655.764
Oktober	1.673.526.125	2.707.727.730	20.463.277.435	23.482.383.494
November				

##### 2. Rekapitulasi Cost Performance Index (CPI)

Untuk menghitung CPI dapat menggunakan Rumus *Earned Value* (EV) / *Actual Cost* (AC), sebagai contoh:

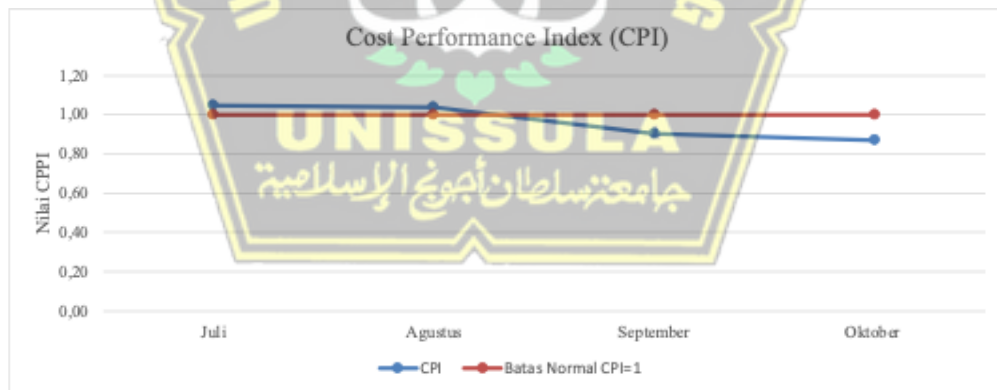
1. Bulan Juli =  $\text{Rp. } 4.346.679.324 / \text{Rp. } 4.146.962.068$   
 $= 1,05 \text{ Hemat Biaya}$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan nilai *Cost Performance Index* (CPI) untuk periode bulan Juli. Selanjutnya, perhitungan untuk bulan Agustus hingga Oktober disajikan dalam bentuk tabel. Rekapitulasi keseluruhan nilai CPI dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.7** *Cost Performan Index (CPI)*

Bulan	<i>Earned Value</i> (PV) Rp	<i>Actual Cost (AC)</i> Rp	<i>Cost Performance Index (CPI)</i>
	(a)	(b)	(c) = (a / b)
Juli	4.346.679.324	4.146.962.068	1,05
Agustus	15.903.626.194	15.309.448.558	1,04
September	18.789.751.310	20.774.655.764	0,90
Oktober	20.463.277.435	23.482.383.494	0,87
November			

Berdasarkan hasil analisis *Cost Performance Index* (CPI), diketahui bahwa pada periode Juli dan Agustus, nilai CPI menunjukkan angka di atas 1. Hal ini menandakan bahwa proyek berada dalam kondisi efisien secara biaya, di mana nilai hasil pekerjaan lebih besar dibandingkan dengan pengeluaran aktual yang terjadi. Namun, pada periode September dan Oktober, nilai CPI menurun hingga berada di bawah 1. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya ketidakefisienan penggunaan anggaran, di mana biaya yang dikeluarkan melebihi nilai pekerjaan yang berhasil dicapai.



**Gambar 4.5** *Cost Performance Index (CPI)*

Interpretasi:

- $CPI = 1 \rightarrow$  Biaya Sesuai anggaran
- $CPI > 1 \rightarrow$  Hemat biaya
- $CPI < 1 \rightarrow$  Pemborosan biaya



#### 4.3.3 Perhitungan Analisis Indikator Kinerja

Analisis Indikator Kinerja Proyek dilakukan untuk menilai tingkat efisiensi pelaksanaan proyek dari aspek waktu dan biaya berdasarkan data perkembangan mingguan. Analisis ini menggunakan indikator yang diturunkan dari parameter utama dalam *Earned Value Management* (EVM), yang berfungsi sebagai alat evaluasi objektif terhadap kinerja pelaksanaan proyek konstruksi, baik dalam hal ketepatan jadwal maupun efektivitas penggunaan anggaran.

##### 1. *Schedule Variance* (SV)

*Schedule Variance* (SV) merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur selisih antara nilai pekerjaan yang telah dicapai (*Earned Value*/EV) dengan nilai pekerjaan yang seharusnya dicapai sesuai jadwal perencanaan (*Planned Value*/PV). Nilai SV memberikan gambaran mengenai sejauh mana kemajuan proyek berada di depan atau tertinggal dari rencana yang telah ditetapkan.

- Rumus  $SV = \text{Earned Value (EV)} - \text{Planned Value (PV)}$
- Minggu ke 1 = Rp. 9.423.468 – Rp. 117.995.290  
= - Rp. 108.571.821 (Proyek terlambat dari jadwal)

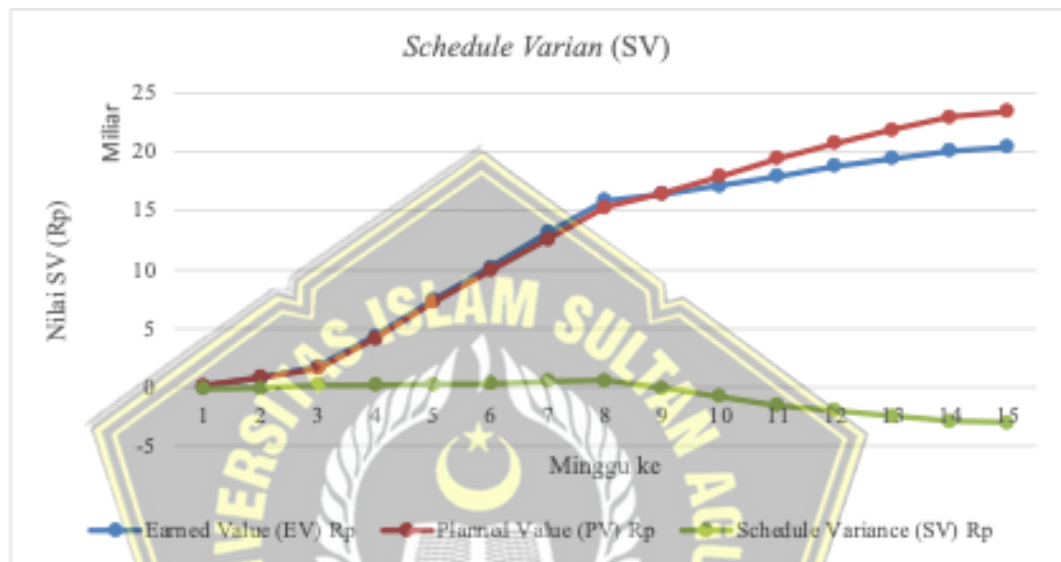
Selanjutnya, perhitungan dari minggu ke-2 hingga minggu ke-15 disajikan dalam bentuk tabel:

**Tabel 4.8** *Schedule Variance* (SV)

Bulan	Minggu Ke	<i>Earned Value</i> (PV) Rp	<i>Planned Value</i> (PV) Rp	<i>Schedule Variance</i> (SV) Rp	Keterangan
		(a)	(b)	(c) = (a - b)	
Juli	1	9.423.468	117.995.290	-108.571.821	Proyek terlambat dari jadwal
	2	802.767.135	861.409.643	-58.642.507	Proyek terlambat dari jadwal
	3	1.781.028.794	1.604.823.996	176.204.798	Proyek lebih cepat dari jadwal
	4	4.346.679.324	4.146.962.068	199.717.256	Proyek lebih cepat dari jadwal
Agustus	5	7.452.554.557	7.221.399.786	231.154.771	Proyek lebih cepat dari jadwal
	6	10.224.916.984	9.917.416.043	307.500.941	Proyek lebih cepat dari jadwal
	7	13.158.422.232	12.613.432.301	544.989.932	Proyek lebih cepat dari jadwal
	8	15.903.626.194	15.309.448.558	594.177.635	Proyek lebih cepat dari jadwal
September	9	16.434.386.817	16.492.483.422	-58.096.605	Proyek terlambat dari jadwal
	10	17.149.769.509	17.954.656.396	-804.886.887	Proyek terlambat dari jadwal
	11	17.952.988.247	19.478.248.560	-1.525.260.314	Proyek terlambat dari jadwal
	12	18.789.751.310	20.774.655.764	-1.984.904.454	Proyek terlambat dari jadwal
Oktober	13	19.441.596.381	21.886.144.976	-2.444.548.595	Proyek terlambat dari jadwal
	14	20.093.441.452	22.997.634.188	-2.904.192.736	Proyek terlambat dari jadwal
	15	20.463.277.435	23.482.383.494	-3.019.106.059	Proyek terlambat dari jadwal
	16				

Berdasarkan tabel di atas, hasil analisis *Schedule Variance* (SV) menunjukkan bahwa pada minggu ke-1 dan ke-2 proyek mengalami keterlambatan, di mana nilai SV bernilai negatif. Namun, setelah periode tersebut, proyek menunjukkan peningkatan kinerja dengan kemajuan pekerjaan yang melampaui jadwal rencana,

menandakan pelaksanaan berjalan lebih cepat dari target waktu yang ditetapkan. Sementara itu, pada bulan September dan Oktober, nilai SV kembali menunjukkan angka negatif, yang mengindikasikan terjadinya keterlambatan progres dibandingkan dengan jadwal perencanaan. Kondisi ini perlu mendapatkan perhatian manajemen proyek untuk melakukan evaluasi penyebab keterlambatan serta menentukan langkah korektif agar proyek dapat kembali sesuai dengan target waktu yang telah direncanakan.



**Gambar 4.6** *Schedule Variance (SV)*

Interpretasi:

- $SV > 0$  → Proyek lebih efisien dari segi biaya/waktu
- $SV < 0$  → Proyek terlambat atau boros biaya

## 2. *Cost Variance (CV)*

*Cost Variance (CV)* adalah indikator yang membandingkan antara nilai pekerjaan yang telah dicapai (EV) dengan biaya aktual yang dikeluarkan (AC). Nilai positif menandakan efisiensi biaya, sedangkan nilai negatif menunjukkan pemborosan anggaran.

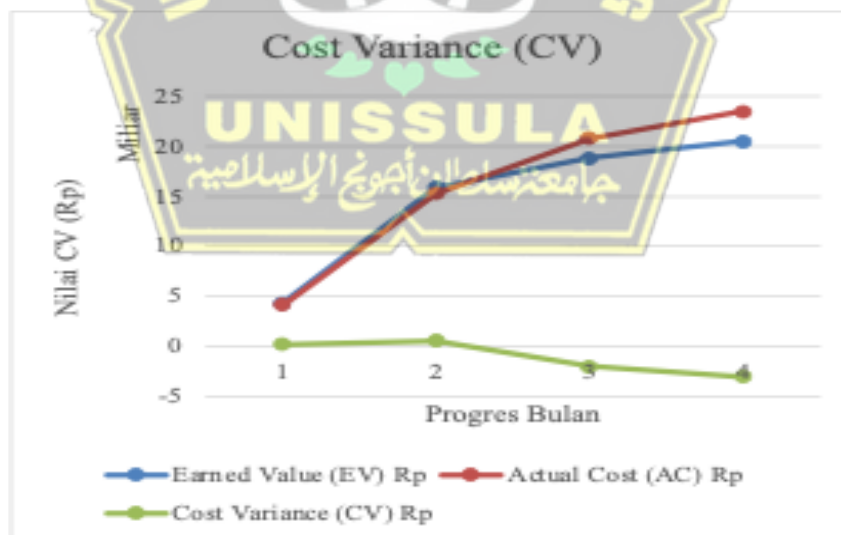
- Rumus  $CV = \text{Earned Value (EV)} - \text{Actual Cost (AC)}$
- Bulan ke 1 =  $\text{Rp. 4.346.679.324} - \text{Rp. 4.146.962.068}$   
 $= \text{Rp. 199.717.256}$  (Biaya proyek lebih hemat dari rencana)

Perhitungan ini merupakan hasil untuk bulan Juli. Sementara itu, perhitungan dari bulan Agustus hingga Oktober disajikan dalam bentuk tabel :

**Tabel 4.9** *Cost Variance (CV)*

Bulan	<i>Earned Value (EV)</i> Rp	<i>Actual Cost (AC)</i> Rp	<i>Cost Variance (CV)</i> Rp	Keterangan
	(a)	(b)	(c) = (a - b)	
Juli	4.346.679.324	4.146.962.068	199.717.256	Biaya proyek lebih hemat dari perencanaan
Agustus	15.903.626.194	15.309.448.558	594.177.635	Biaya proyek lebih hemat dari perencanaan
September	18.789.751.310	20.774.655.764	-1.984.904.454	Biaya proyek melebihi anggaran
Oktober	20.463.277.435	23.482.383.494	-3.019.106.059	Biaya proyek melebihi anggaran
November				

Berdasarkan Tabel 4.9 yang menampilkan data *Cost Variance (CV)*, dapat diketahui bahwa pada bulan Juli dan Agustus, biaya pelaksanaan proyek berada dalam kondisi lebih efisien dibandingkan dengan perencanaannya. Hal ini menunjukkan bahwa pengeluaran aktual lebih rendah dari anggaran yang dialokasikan untuk pekerjaan yang telah terselesaikan. Sebaliknya, pada bulan September dan Oktober, nilai CV menunjukkan angka negatif, yang berarti biaya aktual melebihi anggaran. Kondisi ini menandakan adanya inefisiensi atau pemborosan biaya, sehingga diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap penyebabnya agar dapat dilakukan langkah pengendalian yang tepat guna mencegah terulangnya pembengkakan biaya pada periode selanjutnya.



**Gambar 4.7** *Cost Variance (CV)*

Interpretasi:

- $CV > 0 \rightarrow$  Proyek lebih efisien dari segi biaya/waktu
- $CV < 0 \rightarrow$  Proyek terlambat atau boros biaya

#### 4.4 *Estimate Proyeksi Kinerja Akhir Proyek*

Proyeksi kinerja proyek berfungsi untuk memperkirakan total biaya akhir serta sisa anggaran yang diperlukan hingga proyek selesai, dengan memperhitungkan tingkat efisiensi pelaksanaan pada periode sebelumnya. Analisis ini dimaksudkan untuk menyajikan estimasi yang realistis terhadap kebutuhan biaya di masa mendatang, sehingga manajemen dapat menerapkan langkah pengendalian anggaran secara lebih efektif.

Dalam melakukan estimasi proyeksi kinerja di masa mendatang, terdapat tiga parameter utama yang digunakan, yaitu:

1. *Estimate at Completion* (EAC) – Perkiraan total biaya proyek pada saat penyelesaian dihitung berdasarkan kinerja aktual yang telah dicapai hingga periode pengukuran.
2. *Estimate to Complete* (ETC) – Perkiraan biaya tambahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan proyek yang tersisa.
3. *Variance at Completion* (VAC) – Selisih antara anggaran awal proyek dan estimasi total biaya pada saat penyelesaian proyek.

##### 4.4.1 *Estimate at Completion (EAC)*

EAC merupakan perkiraan total biaya proyek pada saat penyelesaian, yang dihitung dengan mempertimbangkan kinerja biaya hingga periode analisis.

- Rumus EAC = *Budget at Complation* (BAC) / *Cost Performa Index* (CPI)

Sebagai contoh:

- Bulan Juli = Rp. 26.416.855.904 / 1,05  
= Rp. 25.203.078.310

Hasil perhitungan ini merupakan capaian untuk bulan Juli, sedangkan perhitungan dari bulan Agustus hingga Oktober disajikan dalam bentuk tabel :

**Tabel 4.10** *Estimate at Completion (EAC)*

Bulan	Harga Kontrak (BAC) Rp	Cost Performance Index (CPI) (Rp)	Estimate at Completion (EAC) (Rp)	Keterangan
	(a)	(b)	(c) = (a / b)	
Juli	26.416.855.904	1,05	25.203.078.310	Proyek efisien, estimasi biaya akhir masih di bawah BAC
Agustus	26.416.855.904	1,04	25.429.892.001	Proyek efisien, estimasi biaya akhir masih di bawah BAC
September	26.416.855.904	0,90	29.207.469.472	Terjadi inefisiensi, biaya proyek mulai melebihi anggaran
Oktober	26.416.855.904	0,87	30.314.339.578	Proyek boros, estimasi biaya akhir jauh melebihi anggaran
November				

Berdasarkan hasil pada tabel *Estimate at Completion (EAC)*, dapat diinterpretasikan bahwa selama periode Juli hingga Mei, proyek masih berjalan secara efisien tanpa adanya indikasi pemborosan biaya. Kondisi ini menunjukkan bahwa proyeksi total biaya akhir masih berada dalam batas anggaran yang telah direncanakan.

Sementara itu, pada bulan Juni dan Juli, nilai *EAC* menunjukkan adanya indikasi inefisiensi serta potensi pemborosan. Hal ini menandakan bahwa apabila tren tersebut terus berlanjut, total biaya penyelesaian proyek kemungkinan akan melampaui anggaran awal.

Interpretasi:

- $EAC > \text{Nilai Awal} \rightarrow$  Diperkirakan *over budget*
- $EAC < \text{Nilai Awal} \rightarrow$  Diperkirakan hemat

#### **4.4.2** *Estimate to Complete (ETC)*

ETC merupakan perkiraan biaya tambahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan proyek yang belum terselesaikan.

- Rumus  $ETC = \text{Estimate at Completion (EAC)} / \text{Actual Cost (AC)}$
- Bulan Juli =  $\text{Rp. } 25.203.078.310 / \text{Rp. } 4.146.962.067$   
=  $\text{Rp. } 21.056.116.242$

Hasil perhitungan ini merupakan capaian untuk bulan Juli, sedangkan perhitungan dari bulan Agustus hingga Oktober disajikan dalam bentuk tabel :



**Tabel 4.11** *Estimate to Complete (ETC)*

Bulan	<i>Estimate at Completion (EAC)</i> (Rp)	<i>Actual Cost (AC)</i> Rp	<i>Estimate to Complete (ETC)</i> (Rp)	Keterangan
	(a)	(b)	(c) = (a - b)	
Juli	25.203.078.310	4.146.962.067,90	21.056.116.242	Proyek efisien, biaya actual rendah sisa anggaran yang dibutuhkan kecil
Agustus	25.429.892.001	15.309.448.558,23	10.120.443.443	Efisiensi menurun, namun proyek masih dibawah anggaran
September	29.207.469.472	20.774.655.763,84	8.432.813.709	Biaya mulai membengkak, sisa banyak untuk penyelesaian cukup besar
Oktober	30.314.339.578	23.482.383.494,00	6.831.956.084	Proyek boros. Estimasi biaya akhir jauh diatas anggaran awal
November				

Berdasarkan hasil perhitungan *Estimate to Complete (ETC)*, diketahui bahwa pada periode Juli dan Agustus, kebutuhan biaya untuk menyelesaikan sisa pekerjaan masih berada dalam batas anggaran yang telah ditetapkan. Namun, pada bulan September dan Oktober, nilai *ETC* menunjukkan adanya peningkatan biaya, yang mengindikasikan potensi pembengkakan serta kecenderungan terjadinya inefisiensi dalam penggunaan anggaran.

Interpretasi:

- $ETC > \text{sisa anggaran awal}$ :  
Ada risiko pembengkakan biaya (*cost overrun*).
- $ETC < \text{sisa anggaran awal}$ :  
Potensi penghematan biaya (*cost underrun*).

#### 4.4.3 *Variance at Completion (VAC)*

VAC merupakan indikator yang menunjukkan besarnya selisih antara anggaran awal proyek dan estimasi total biaya pada saat proyek selesai.

- Rumus  $VAC = \text{Budget at Completion (BAC)} - \text{Estimate at Completion (EAC)}$
- Bulan Juli = Rp. 26.416.855.904 – Rp. 25.203.078.310  
= Rp. 1.213.777.594

Hasil perhitungan ini merupakan capaian untuk bulan Juli, sedangkan perhitungan dari bulan Agustus hingga Oktober disajikan dalam bentuk tabel :

**Tabel 4.12** *Variance at Completion (VAC)*

Bulan	Harga Kontrak (BAC) (Rp)	<i>Estimate at Completion</i> (EAC) (Rp)	<i>Variance at Completion</i> (VAC) (Rp)	Keterangan
	(a)	(b)	(c) = (a - b)	
Juli	26.416.855.904	25.203.078.310	1.213.777.594	Proyek masih dalam penghematan namun efisiensi masih rendah
Agustus	26.416.855.904	25.429.892.001	986.963.903	Penghematan mulai meningkat, efisiensi masih rendah
September	26.416.855.904	29.207.469.472	-2.790.613.568	Proyek mulai overbudget, peborosan signifikan
Oktober	26.416.855.904	30.314.339.578	-3.897.483.674	Proyek boros, prediksi pembengkakan biaya besar
November				

Berdasarkan hasil perhitungan *Variance at Completion (VAC)*, diketahui bahwa pada periode Juli dan Agustus, biaya proyek masih berada dalam batas anggaran yang telah ditetapkan. Namun, pada bulan September dan Oktober, nilai VAC menunjukkan angka negatif, yang menandakan bahwa proyek mulai mengalami kondisi *over budget* serta terjadinya pemborosan biaya.

Interpretasi:

- $VAC > 0 \rightarrow$  Proyek diperkirakan hemat biaya
- $VAC < 0 \rightarrow$  Proyek diperkirakan melebihi anggaran

#### **4.4.4 Interpolasi Indikator Kinerja**

Perhitungan indikator kinerja biaya *Estimate at Completion* (EAC), *Estimate to Complete* (ETC), dan *Variance at Completion* (VAC) dilakukan berdasarkan data progres mingguan dan biaya aktual (AC) hingga minggu ke-15. Mengingat cakupan penelitian hanya sampai periode tersebut, analisis kinerja pada minggu ke-16 hingga ke-21 tidak dapat diperoleh langsung dari data lapangan. Oleh karena itu, digunakan pendekatan interpolasi tren mingguan untuk memperkirakan nilai pada periode berikutnya secara proporsional dan konsisten dengan pola data sebelumnya.

Melalui metode interpolasi ini, nilai proyeksi EAC, ETC, dan VAC pada periode akhir proyek diperoleh dengan mengekstrapolasi pola deviasi biaya dan kinerja hingga minggu ke-15. Meskipun bersifat estimatif, pendekatan ini mampu memberikan gambaran yang cukup akurat mengenai kecenderungan kinerja proyek hingga tahap penyelesaian. Hasil proyeksi tersebut dapat dijadikan dasar evaluasi awal serta bahan pertimbangan bagi manajemen proyek, namun tetap memerlukan

verifikasi lebih lanjut setelah seluruh data aktual tersedia sampai minggu ke-21.

Tabel berikut menyajikan hasil interpolasi perhitungan EAC, ETC, dan VAC untuk periode minggu ke-16 hingga minggu ke-21. Dalam proyeksi ini digunakan asumsi bahwa BAC sebesar Rp 26.416.855.904, dengan CPI dipertahankan konstan pada nilai 0,87 (mengacu pada CPI minggu ke-15), serta estimasi nilai EVpred dan ACpred diperoleh berdasarkan tren perkembangan sebelumnya.

**Tabel 4.13** Interpolasi Hingga minggu ke 21 (November)

Minggu Ke	<i>EV pred</i> (Rp)	<i>AC pred</i> (Rp)	<i>Estimate at Completion</i> (EAC) (Rp)	<i>Estimate to Complete</i> (ETC) (Rp)	<i>Variance at Completion</i> (VAC) (Rp)
16	19.593.103.755	22.483.826.341	30.314.339.578	7.830.513.237	-3.897.483.674
17	20.721.490.348	23.778.692.561	30.314.339.578	6.535.647.017	-3.897.483.674
18	21.849.876.941	25.073.558.781	30.314.339.578	5.240.780.797	-3.897.483.674
19	22.978.263.534	26.368.425.001	30.314.339.578	3.945.914.577	-3.897.483.674
20	24.106.650.126	27.663.291.221	30.314.339.578	2.651.048.357	-3.897.483.674
21	25.235.036.719	28.958.157.441	30.314.339.578	1.356.182.137	-3.897.483.674

Berdasarkan hasil interpolasi dari tren data mingguan sampai minggu ke-15, diperoleh estimasi nilai *Earned Value* (EV), *Actual Cost* (AC), serta indikator kinerja akhir proyek berupa *Estimate at Completion* (EAC), *Estimate to Complete* (ETC), dan *Variance at Completion* (VAC) untuk minggu ke-16 hingga minggu ke-21. Perhitungan dilakukan dengan asumsi bahwa *Cost Performance Index* (CPI) tetap stabil pada nilai 0,87 (sesuai kondisi minggu ke-15), sedangkan perkembangan EV dan AC diproyeksikan mengikuti tren linier berdasarkan pola historis mingguan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai EAC relatif stabil pada kisaran Rp 30,3 miliar sejak minggu ke-16 hingga minggu ke-21. Sementara itu, nilai ETC mengalami penurunan bertahap dari Rp 7,8 miliar pada minggu ke-16 menjadi sekitar Rp 1,3 miliar pada minggu ke-21, yang menandakan semakin berkurangnya kebutuhan dana tambahan menjelang penyelesaian proyek. Di sisi lain, nilai VAC menunjukkan angka negatif sebesar –Rp 3,8 miliar, yang berarti proyek diproyeksikan mengalami pembengkakan biaya sekitar 14,4% terhadap *Budget at Completion* (BAC) sebesar Rp 26,4 miliar, apabila tren efisiensi biaya tidak mengalami perbaikan hingga akhir periode pelaksanaan.

Namun, perlu ditegaskan bahwa hasil proyeksi ini bersifat sementara dan sangat bergantung pada asumsi bahwa nilai CPI tetap konstan, serta belum memperhitungkan pekerjaan yang telah dilaksanakan tetapi belum tercatat secara

resmi melalui *Change Contract Order* (CCO) atau perhitungan MC 100% (*Final Account*). Dengan demikian, apabila nantinya terjadi penerbitan kontrak tambahan atau penyesuaian nilai *Earned Value* (EV), maka nilai EAC dan VAC dapat mengalami perubahan signifikan, termasuk kemungkinan berkurangnya deviasi biaya yang saat ini tampak sebagai potensi kerugian. Oleh karena itu, hasil interpolasi ini lebih tepat dianggap sebagai indikasi awal (*early warning*) untuk membantu pihak manajemen proyek dalam mengambil langkah antisipatif terhadap potensi permasalahan biaya menjelang penyelesaian pekerjaan.

#### 4.4.5 Analisis Keterlambatan Proyek

Pada pelaksanaan proyek pembangunan Pabrik Bangunan 1-B, progres pekerjaan tidak sepenuhnya sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan. Terjadi keterlambatan pada beberapa bagian utama, khususnya pada pekerjaan struktur baja. Berdasarkan hasil observasi di lapangan, diketahui bahwa hingga minggu ke-15, capaian pekerjaan baru mencapai 77,46%, sedangkan target rencana seharusnya telah berada pada angka 88,89%. Dengan demikian, terdapat deviasi keterlambatan sebesar 11,43%.

Berdasarkan hasil analisis *Earned Value*, diperoleh nilai *Schedule Variance* (SV) sebesar -Rp 3.019.106.059 (lihat Tabel 4.9). Nilai negatif ini menunjukkan bahwa kemajuan pekerjaan aktual masih tertinggal dibandingkan jadwal rencana.

$$\begin{aligned}
 &= (SV * \text{Minggu } 15 / PV) \times 7 \\
 &= ((-Rp.3.019.106.059 \times 15) / Rp. 23.482.383.494) \times 7 \\
 &= -13 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil kinerja proyek pada minggu ke-15 adalah apabila kinerja proyek tetap seperti pada minggu tersebut, maka proyek akan mengalami keterlambatan sekitar 13 hari dari jadwal rencana.

Untuk estimasi waktu penyelesaian pekerjaan yakni dengan memperhitungkan waktu kontrak pekerjaan ditambahkan dengan dengan nilai SV (*Schedule Variance*) sehingga didapat perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &= 146 + 13 \\
 &= 159 \text{ hari (23 minggu) hari waktu penyelesaian pekerjaan}
 \end{aligned}$$

#### 4.5 Analisis Penyelesaian Proyek Melalui *Crashing*

Durasi kerja proyek saat ini adalah 8 jam per hari, dengan jadwal pelaksanaan setiap hari kerja. Aktivitas dimulai pukul 08.00–12.00, kemudian dilanjutkan kembali pukul 13.00–17.00. Untuk menganalisis dampak waktu dan biaya pada Proyek Pembangunan Pabrik Gedung 1-B yang direncanakan menggunakan sistem lembur, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menghitung produktivitas tenaga kerja pada kondisi existing. Perhitungan ini bertujuan untuk memperoleh tingkat produktivitas harian dan jumlah tenaga kerja efektif yang akan digunakan sebagai dasar dalam analisis perbandingan produktivitas dan efisiensi biaya setelah penerapan jam kerja lembur.

##### 4.5.1 Analisis Penyelesaian Durasi Eksisting

Hasil analisis menggunakan *Critical Path Method (CPM)* melalui Microsoft Project 2019 disusun berdasarkan data *time schedule* serta hubungan antar pekerjaan Eksisting pada Proyek Pembangunan Pabrik Gedung 1-B.

**Tabel 4.14 Breakdown Sub sub Pekerjaan**

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Earthworks	18d	Mon 6/30/25	Sat 7/19/25	
2	Pile Foundation Work	24d	Mon 7/7/25	Sat 8/2/25	1SS+6d
3	Steel Column	36d	Mon 7/28/25	Sat 9/6/25	2SS+18d
4	Steel Beam	36d	Mon 8/4/25	Sat 9/13/25	3SS+6d
5	Formwork	36d	Mon 7/21/25	Sat 8/30/25	2SS+12d
6	Cast-in-place Concrete	36d	Mon 7/28/25	Sat 9/6/25	5SS+6d
7	Ground and Floor Works	30d	Mon 7/21/25	Sat 8/23/25	2FS-12d
8	Steel Support	24d	Mon 8/25/25	Sat 9/20/25	3SS+24d
9	Tie Rod	18d	Mon 9/15/25	Sat 10/4/25	4 FS
10	Roof Steel Purlin	24d	Mon 9/8/25	Sat 10/4/25	4FS-6d
11	Wall Steel Purlin	24d	Mon 9/8/25	Sat 10/4/25	10SS
12	Wall Works	36d	Mon 8/25/25	Sat 10/4/25	3FS-12d
13	Roof Works	36d	Mon 9/1/25	Sat 10/11/25	12SS+6d
14	Painting Works	12d	Mon 10/20/25	Sat 11/1/25	11FS+12d

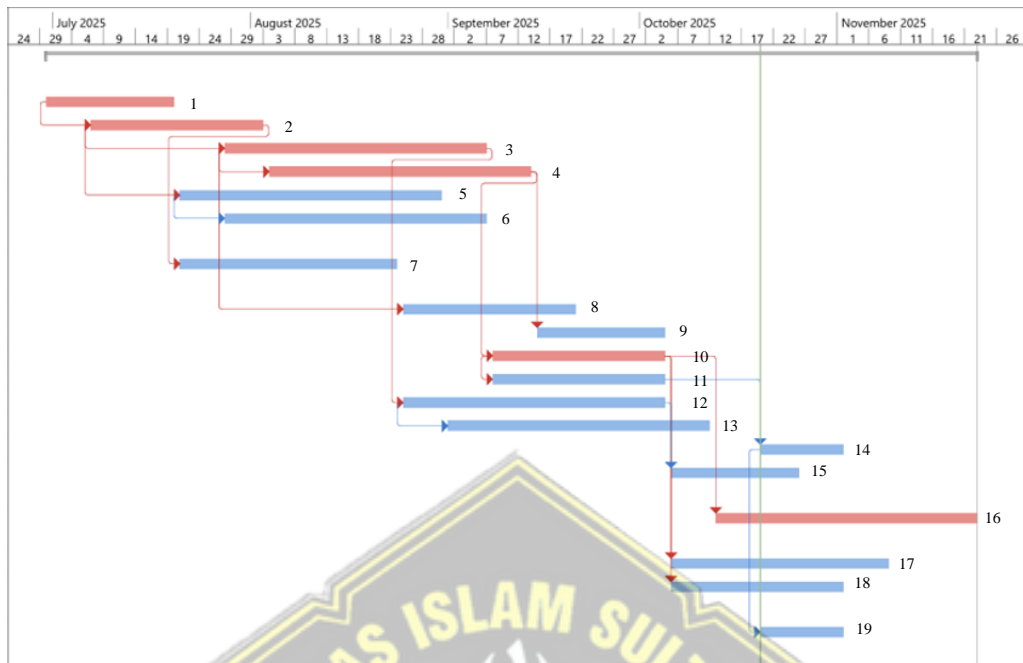


ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
15	Door and Windows Engineering	36d	Mon 10/6/25	Sat 10/25/25	12 FS
16	Water Supply & Drainage	36d	Mon 10/13/25	Sat 11/22/25	10SS+6d
17	Electrical Engineerin	30d	Mon 10/6/25	Sat 11/8/25	10 FS
18	Fire Protection	24d	Mon 10/6/25	Sat 11/1/25	10 FS
19	Engineering Other / Miscellaneous	12d	Mon 10/20/25	Sat 11/1/25	14SS

Tabel tersebut menunjukkan rencana urutan dan durasi pelaksanaan pekerjaan pada proyek Pembangunan Pabrik Gedung 1-B PT. MAKUKU yang terdiri dari 19 aktivitas utama mulai dari pekerjaan tanah hingga instalasi sistem MEP.

Proyek dimulai pada 30 Juni 2025 dan direncanakan selesai pada 1 November 2025 dengan total durasi 126 hari kalender. Aktivitas awal adalah Earthworks (18 hari), diikuti oleh Pile Foundation Work (24 hari), kemudian pekerjaan struktur utama seperti Steel Column, Steel Beam, dan Cast-in-place Concrete yang menjadi pekerjaan dengan durasi terpanjang yaitu 36 hari.

Beberapa pekerjaan berjalan tumpang tindih (overlapping) untuk efisiensi waktu, misalnya pekerjaan Roof Steel Purlin, Wall Works, dan Roof Works dilakukan secara paralel. Hubungan antaraktivitas dijelaskan pada kolom Predecessors, seperti "2SS+6d" yang berarti pekerjaan dimulai 6 hari setelah pekerjaan sebelumnya dimulai. Gambar Gantt Chart di bawah ini memperlihatkan visualisasi jadwal proyek secara keseluruhan, di mana batang horizontal menunjukkan waktu pelaksanaan tiap aktivitas. Garis berwarna merah pada Gantt Chart menandakan jalur kritis, sedangkan garis biru menunjukkan aktivitas non-kritis yang memiliki kelonggaran waktu.



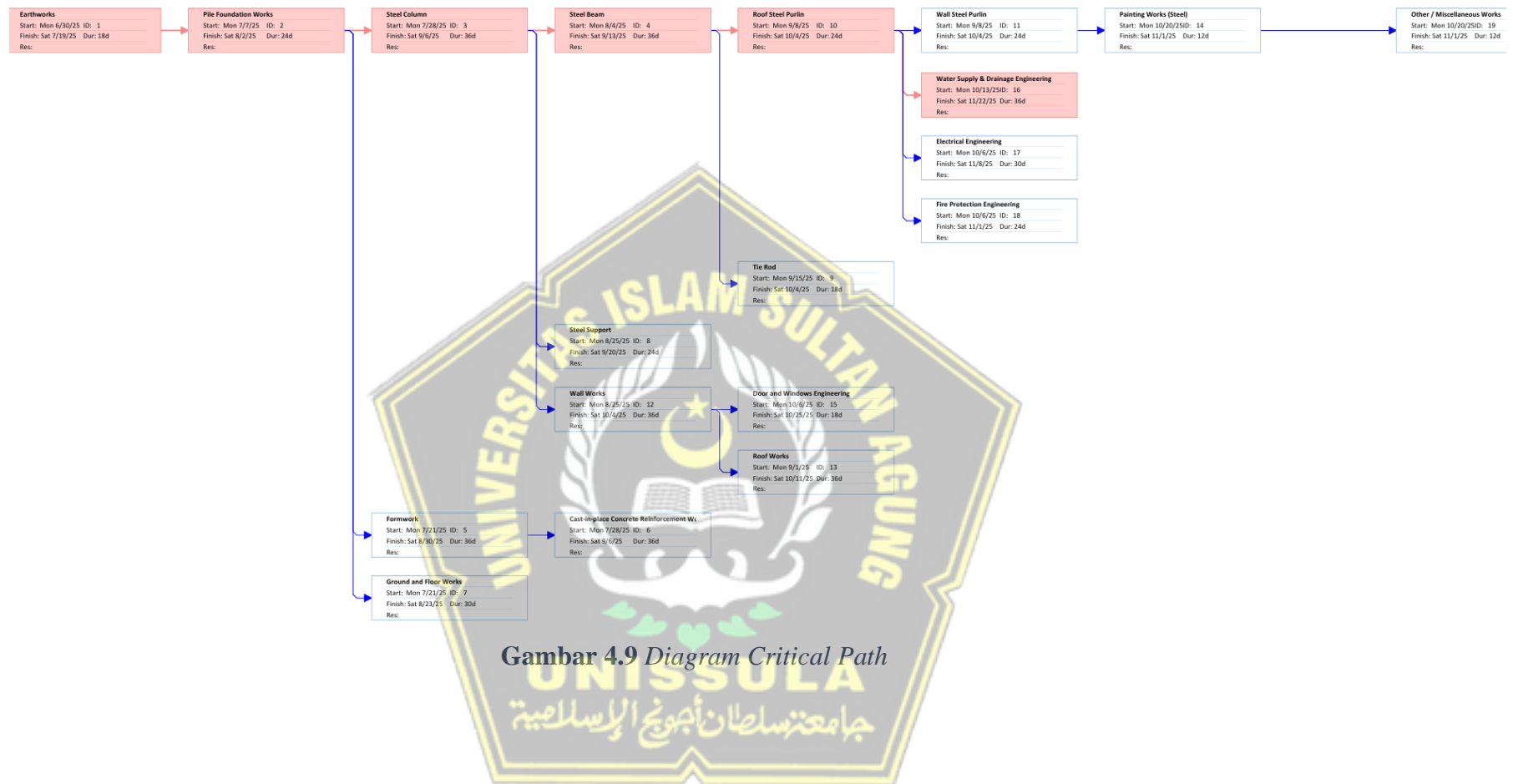
**Gambar 4.8** Gantt Chart Setiap Sub Pekerjaan

Critical Path menunjukkan rangkaian aktivitas yang memiliki pengaruh langsung terhadap durasi total proyek Pembangunan Pabrik Gedung 1-B PT. MAKUKU. Jalur kritis ini diperoleh melalui hasil analisis dependensi antarpekerjaan berdasarkan data time schedule.

Dari hasil analisis, diketahui bahwa aktivitas yang termasuk dalam jalur kritis meliputi:

Earthworks → Pile Foundation Work → Steel Column → Steel Beam → Wall Works → Roof Works → Door and Windows Engineering → Electrical Engineering.

Rangkaian aktivitas tersebut membentuk lintasan terpanjang dalam proyek, dengan total durasi 146 hari kalender. Artinya, setiap keterlambatan pada salah satu aktivitas di jalur ini akan secara langsung menunda penyelesaian proyek secara keseluruhan.



Gambar 4.9 Diagram Critical Path

#### 4.5.2 Analisis Perkiraan Waktu dan Biaya Proyek

Berdasarkan hasil analisis *Earned Value*, diperoleh nilai *Schedule Variance* (SV) sebesar -Rp.3.019.106.059. Nilai negatif tersebut menunjukkan adanya keterlambatan terhadap jadwal yang telah direncanakan. Untuk mengatasi kondisi tersebut, diperlukan langkah percepatan melalui penambahan jam kerja serta peningkatan produktivitas tenaga kerja. Upaya percepatan ini dapat diterapkan pada beberapa item pekerjaan berikut berdasarkan lintasan kritis:



序号 No	工程或费用名称 Description	ROBOT 完成比例 (%)	30 JUN - 27 JUL 2025 (BULAN KE-1)				28 JUL - 24 AGUS 2025 (BULAN KE-2)				25 AGUS - 21 SEP 2025 (BULAN KE-3)				22 SEP - 19 OKT 2025 (BULAN KE-4)				20 OKT - 23 NOV 2025 (BULAN KE-5)				
			Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu
			Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7	Ke-8	Ke-9	Ke-10	Ke-11	Ke-12	Ke-13	Ke-14	Ke-15	Ke-16	Ke-17	Ke-18	Ke-19	Ke-20	Ke-21
1	工程费用 Engineering cost																						
1	建筑工程 Construction work																						
一	1-B幢厂房 Building 1-B	48,01																					
一	墙体工程Wall Wall works	3,10									0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52							
二	门窗工程Door and Windows Door and Windows Engineering	1,40															0,47	0,47	0,47				
三	屋面工程Roof Roof works	8,21										1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37						
四	楼地面工程Ground and Floor Ground and Floor Works	34,72				6,94	6,94	6,94	6,94	6,94													
五	其他工程Miscellaneous Works Other engineering Miscellaneous Works.	0,58																	0,29	0,29			
2	结构工程 Structural engineering																						
一	1-B幢厂房 Building 1-B	18,44																					
一	土方工程 Earthworks	1,34	0,45	0,45	0,45																		
二	桩基工程 Pile foundation works	9,47		2,37	2,37	2,37																	
三	现浇混凝土钢筋工程 Cast-in-place concrete reinforcement work	5,76					0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96											
四	模板工程 Formwork	1,87				0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31												
3	钢结构工程 Steel structure works																						
一	1-B幢厂房 Building 1-B	24,96																					
1	钢柱 Q355B Steel column	6,33					1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06											
2	钢梁 Q355B steel beam	5,61						0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94										
3	钢支撑 Q235B steel support	2,80									0,70	0,70	0,70	0,70									
4	拉条 Q235B tie rod	0,30												0,08	0,08	0,08							
5	屋面钢檩条 roof steel purlin	5,92											1,48	1,48	1,48	1,48							
6	墙面钢檩条 wall steel purlin	3,07											0,77	0,77	0,77	0,77							
7	油漆工程 painting works	0,93																	0,47	0,47			
4	机电安装工程 Mechanical and electrical installation works																						
一	1#厂房 Factory Building No. 1	8,59																					
一	给水排水工程 Water Supply and Drainage Engineering	2,30																0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
二	电气工程 Electrical Engineering	2,55																0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
三	消防工程 fire Protection Engineering	3,74																0,94	0,94	0,94	0,94		
5	税前合价 (六+一+二+三+四+五) Total price before tax	100,00																					
Plan 计划	Weekly Progress 每周进度		0,45	2,81	2,81	9,62	11,64	10,21	10,21	10,21	0,45	5,54	5,77	4,91	4,21	4,21	1,84	2,30	3,05	2,58	1,83	0,89	0,38
	Cumulative Progress 累计进度		0,45	3,26	6,08	15,70	27,34	37,54	47,75	57,95	62,40	67,97	73,73	78,64	82,85	87,06	88,89	91,19	94,24	96,82	98,65	99,54	100,00
Realization 实现	Weekly Progress 每周进度		0,04	3,00	3,70	9,71	11,76	10,49	11,10	10,39	2,01	2,71	3,04	3,17	2,47	2,47	1,40						
	Cumulative Progress 累计进度		0,04	3,04	6,74	16,45	28,21	38,71	49,81	60,20	62,21	64,92	67,96	71,13	73,60	76,06	77,46						
Deviation 偏差			- 0,41	- 0,22	0,67	0,76	0,88	1,16	2,06	2,25	0,22	- 3,05	- 5,77	- 7,51	- 9,25	- 10,99	- 11,43						

Gambar 4.10 Breakdown Time Schedule Tiap Sub Pekerjaan



Berdasarkan hasil analisis jalur kritis dan evaluasi progres mingguan, terdapat empat pekerjaan utama yang menjadi fokus percepatan, sebagai berikut:

**Tabel 4.15** Durasi Pekerjaan Yang Akan Dilakukan Percepatan

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Sat	Durasi
1	Steel column	30.279,15	kg	12
2	steel beam	40.778,39	kg	18
3	roof steel purlin	85.792,00	kg	24
4	Water Supply and Drainage Engineering	869,40	m	36

Pemilihan empat pekerjaan tersebut didasarkan pada hasil analisis kinerja waktu dan biaya hingga minggu ke-15, di mana proyek masih menunjukkan deviasi keterlambatan yang cukup signifikan sejak minggu ke-9. Dengan demikian, pekerjaan yang dimulai setelah minggu ke-9 diprioritaskan untuk percepatan agar dapat memberikan dampak langsung terhadap penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Selain itu, tidak semua aktivitas di jalur kritis dipercepat karena sebagian pekerjaan awal—seperti earthworks dan pile foundation—telah selesai sebelum minggu ke-9, sehingga tidak relevan untuk dilakukan crashing. Oleh karena itu, strategi percepatan difokuskan pada pekerjaan struktural dan MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing) yang masih berjalan pada fase pertengahan proyek dan memiliki potensi besar mempercepat penyelesaian keseluruhan proyek.

#### 1. Pekerjaan *Steel Column*

Rencana dan realisasi pekerjaan *steel column* pada proyek pembangunan Pabrik Gedung 1-B menunjukkan bahwa dari total rencana volume sebesar 91,76 ton, realisasi pekerjaan baru mencapai 61,17 ton, sehingga masih terdapat 30,59 ton yang belum terselesaikan. Untuk mengejar ketertinggalan progres tersebut, diperlukan peningkatan kapasitas produksi harian pada pekerjaan *steel column*. Adapun perhitungan penambahan kapasitas produksi dilakukan sebagai berikut:  
Volume yang belum dikerjakan = 30,59 ton

##### a. Kebutuhan jumlah tenaga kerja

Mengacu pada Permen PUPR Tahun 2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum, analisis pekerjaan baja umumnya dihitung berdasarkan satuan berat, yaitu per 100 kg tergantung pada jenis dan kompleksitas pemasangan. Dengan demikian, volume total pekerjaan baja

dikonversi ke dalam satuan analisis tersebut untuk menentukan kebutuhan tenaga kerja harian yang dibutuhkan selama pelaksanaan pekerjaan struktur baja.

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan} &= 30.590 \text{ kg} / 100 \\ &= 305,9 \text{ kg}\end{aligned}$$

Koefisien tenaga kerja

- Pekerja = 0,070
- Tukang Baja = 0,070
- Kepala Tukang = 0,007
- Mandor = 0,004

$$\text{Jumlah tenaga kerja perhari} = \frac{\text{Volume} \times \text{Koefisien}}{\text{Durasi Normal}}$$

$$\begin{aligned}1. \text{ Pekerja} &= \frac{305,9 \times 0,070}{12} \\ &= 1,78 \approx 2 \text{ orang} \\ 2. \text{ Tukang Baja} &= \frac{305,9 \times 0,070}{12} \\ &= 1,78 \approx 2 \text{ orang} \\ 3. \text{ Kepala Tukang} &= \frac{305,9 \times 0,007}{12} \\ &= 0,18 \approx 1 \text{ orang} \\ 4. \text{ Mandor} &= \frac{305,9 \times 0,004}{12} \\ &= 0,10 \approx 1 \text{ orang} \\ \text{Total Pekerja} &= 6 \text{ orang}\end{aligned}$$

b. Penambahan Jam Kerja (Lembur)

- Kapasitas produksi perhari (8 jam) = 2,56 ton
- Sehingga per jam menghasilkan = 0,32 ton/jam

Untuk jam kerja tiap harinya dimulai pada pukul 08.00-12.00 dilanjutkan pukul 13.00-17.00 (8 jam kerja) dan Penambahan jam kerja (lembur) untuk meningkatkan produktivitas pekerjaan dengan rencana lembur dari pukul 18.00 sampai pukul 22.00 = 4 jam (lembur).

- Total jam kerja perhari selama lembur = 8 + 4 = 12 jam
- Perhitungan pekerjaan *steel column* selama lembur :

$$\begin{aligned}
&= \text{Jumlah jam kerja} \times \text{volume perjam} \\
&= 12 \text{ jam} \times 0,32 \text{ ton} \\
&= 3,84 \text{ ton/hari pekerjaan } \textit{steel column}
\end{aligned}$$

Waktu yang digunakan untuk penyelesaian pekerjaan *steel column*:

$$\begin{aligned}
&= 30,59 \text{ ton} : 3,84 \text{ ton/hari} \\
&= 7,96 \text{ hari (dibulatkan 8 hari penambahan jam lembur)}
\end{aligned}$$

c. Biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan *steel column*

- Upah pekerja = Rp.61.250 (2 org)
  - Upah tukang baja = Rp.140.000 (2 org)
  - Upah kepala tukang = Rp.150.000 (1 org)
  - Upah mandor = Rp.140.000 (1 org)
  - Waktu pekerjaan = 12 hari
- $$\begin{aligned}
\text{Jumlah} &= ((\text{Rp.61.250} \times 2) + (\text{Rp.140.000} \times 2) + (\text{Rp.150.000} \times 1) + \\
&\quad (\text{Rp.140.000} \times 1)) \times 12 \\
&= \text{Rp.8.310.000}
\end{aligned}$$

d. Penambahan Biaya Jam Kerja (Lembur)

Total jam kerja perhari selama lembur = 8 + 4 = 12 jam

- Perhitungan upah pekerja per jam normal :
 
$$\begin{aligned}
&= \text{Rp.61.250} / 8 \\
&= \text{Rp.7.656}
\end{aligned}$$
- Perhitungan upah tukang baja per jam normal :
 
$$\begin{aligned}
&= \text{Rp.140.000} / 8 \\
&= \text{Rp.17.500}
\end{aligned}$$
- Perhitungan upah kepala tukang per jam normal :
 
$$\begin{aligned}
&= \text{Rp.150.000} / 8 \\
&= \text{Rp.18.750}
\end{aligned}$$
- Perhitungan upah mandor per jam normal :
 
$$\begin{aligned}
&= \text{Rp.140.000} / 8 \\
&= \text{Rp.17.500}
\end{aligned}$$
- Total upah lembur (berdasarkan aturan Permenaker 102/2004) :

Jam lembur pertama  $\rightarrow 1,5 \times$  upah per jam

Jam lembur ke-2 sampai ke-4  $\rightarrow 2 \times$  upah per jam

$$\begin{aligned}\text{Total koef lembur} &= 1,5 + (3 \times 2) \\ &= 7,5\end{aligned}$$

- Total upah normal + lembur :

$$\begin{aligned}\text{Total biaya lembur pekerja} &= 7,5 \times \text{Rp.7.656} \\ &= \text{Rp.57.420}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total biaya lembur tukang} &= 7,5 \times \text{Rp.17.500} \\ &= \text{Rp.131.250}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total biaya lembur kepala tukang} &= 7,5 \times \text{Rp.18.750} \\ &= \text{Rp.140.625}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total biaya lembur mandor} &= 7,5 \times \text{Rp.17.500} \\ &= \text{Rp.131.250}\end{aligned}$$

- Total upah normal + lembur :

$$\begin{aligned}\text{Total upah pekerja} &= \text{Rp.61.250} + \text{Rp.57.420} \\ &= \text{Rp.118.500 perhari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total upah tukang} &= \text{Rp.140.000} + \text{Rp.131.250} \\ &= \text{Rp.271.250 perhari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total upah pekerja} &= \text{Rp.150.000} + \text{Rp.140.625} \\ &= \text{Rp.290.625 perhari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total upah pekerja} &= \text{Rp.140.000} + \text{Rp.131.250} \\ &= \text{Rp.271.250 perhari}\end{aligned}$$

e. Biaya yang dibutuhkan untuk percepatan

$$\begin{aligned}\text{Upah pekerja} &= \text{Rp.118.500} \times 2 \\ &= \text{Rp.237.000}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Upah tukang} &= \text{Rp.271.250} \times 2 \\ &= \text{Rp.542.500}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Upah kepala tukang} &= \text{Rp.290.625} \times 1 \\ &= \text{Rp.290.625}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Upah mandor} &= \text{Rp.271.250} \times 1 \\ &= \text{Rp.271.250}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu pekerjaan} &= 8 \text{ hari} \\ \text{Jumlah} &= \text{Rp.1.341.375} \times 8 \\ &= \text{Rp.10.731.000}\end{aligned}$$

## 2. Pekerjaan *Steel Beam*

Rencana dan realisasi pekerjaan *steel beam* pada proyek pembangunan Pabrik Gedung 1-B menunjukkan bahwa dari total rencana volume sebesar 81,39 ton, realisasi pekerjaan baru mencapai 40,76 ton, sehingga masih terdapat 40,62 ton yang belum terselesaikan. Untuk mengejar ketertinggalan progres tersebut, diperlukan peningkatan kapasitas produksi harian pada pekerjaan *steel beam*. Adapun perhitungan penambahan kapasitas produksi dilakukan sebagai berikut:  
Volume yang belum dikerjakan = 40,62 ton

### a. Kebutuhan jumlah tenaga kerja

Mengacu pada Permen PUPR Tahun 2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum, analisis pekerjaan baja umumnya dihitung berdasarkan satuan berat, yaitu per 100 kg tergantung pada jenis dan kompleksitas pemasangan. Dengan demikian, volume total pekerjaan baja dikonversi ke dalam satuan analisis tersebut untuk menentukan kebutuhan tenaga kerja harian yang dibutuhkan selama pelaksanaan pekerjaan struktur baja.

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan} &= 40.620 \text{ kg} / 100 \\ &= 406,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

Koefisien tenaga kerja

- Pekerja = 0,070
- Tukang Baja = 0,070
- Kepala Tukang = 0,007
- Mandor = 0,004

$$\text{Jumlah tenaga kerja perhari} = \frac{\text{Volume} \times \text{Koefisien}}{\text{Durasi Normal}}$$

$$\begin{aligned}1. \text{ Pekerja} &= \frac{406,2 \times 0,070}{18} \\ &= 1,58 \approx 2 \text{ orang}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 2. \text{ Tukang Baja} &= \frac{406,2 \times 0,070}{18} \\
 &= 1,58 \approx 2 \text{ orang} \\
 3. \text{ Kepala Tukang} &= \frac{406,2 \times 0,007}{18} \\
 &= 0,16 \approx 1 \text{ orang} \\
 4. \text{ Mandor} &= \frac{406,2 \times 0,004}{18} \\
 &= 0,09 \approx 1 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

Total Pekerja = 6 orang

b. Penambahan Jam Kerja (Lembur)

- Kapasitas produksi perhari (8 jam) = 2,27 ton
- Sehingga per jam menghasilkan = 0,28 ton/jam

Untuk jam kerja tiap harinya dimulai pada pukul 08.00-12.00 dilanjutkan pukul 13.00-17.00 (8 jam kerja) dan Penambahan jam kerja (lembur ) untuk meningkatkan produktivitas pekerjaan dengan rencana lembur dari pukul 18.00 sampai pukul 22.00 = 4 jam (lembur).

- Total jam kerja perhari selama lembur = 8 + 4 = 12 jam
- Perhitungan pekerjaan *steel beam* selama lembur :
  - = Jumlah jam kerja x volume perjam
  - = 12 jam x 0,28 ton
  - = 3,36 ton/hari pekerjaan *Steel Beam*

Waktu yang digunakan untuk penyelesaian pekerjaan *Steel Beam*:

$$\begin{aligned}
 &= 40,62 \text{ ton} : 3,36 \text{ ton/hari} \\
 &= 12 \text{ hari (penambahan jam lembur)}
 \end{aligned}$$

c. Biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan *Steel Beam* normal:

- Upah pekerja = Rp.61.250 (2 org)
- Upah tukang baja = Rp.140.000 (2 org)
- Upah kepala tukang = Rp.150.000 (1 org)
- Upah mandor = Rp.140.000 (1 org)
- Waktu pekerjaan = 18 hari

$$\text{Jumlah} = ((\text{Rp.61.250} \times 2) + (\text{Rp.140.000} \times 2) + (\text{Rp.150.000} \times 1) +$$

$$\begin{aligned} & (\text{Rp.140.000} \times 1)) \times 18 \\ & = \text{Rp.12.465.000} \end{aligned}$$

d. Penambahan Biaya Jam Kerja (Lembur)

Total jam kerja perhari selama lembur =  $8 + 4 = 12$  jam

- Perhitungan upah pekerja per jam normal :

$$= \text{Rp.61.250} / 8$$

$$= \text{Rp.7.656}$$

- Perhitungan upah tukang baja per jam normal :

$$= \text{Rp.140.000} / 8$$

$$= \text{Rp.17.500}$$

- Perhitungan upah kepala tukang per jam normal :

$$= \text{Rp.150.000} / 8$$

$$= \text{Rp.18.750}$$

- Perhitungan upah mandor per jam normal :

$$= \text{Rp.140.000} / 8$$

$$= \text{Rp.17.500}$$

- Total upah lembur (berdasarkan aturan Permenaker 102/2004) :

Jam lembur pertama  $\rightarrow 1,5 \times$  upah per jam

Jam lembur ke-2 sampai ke-4  $\rightarrow 2 \times$  upah per jam

$$\text{Total koef lembur} = 1,5 + (3 \times 2)$$

$$= 7,5$$

- Total upah normal + lembur :

$$\text{Total biaya lembur pekerja} = 7,5 \times \text{Rp.7.656}$$

$$= \text{Rp.57.420}$$

$$\text{Total biaya lembur tukang} = 7,5 \times \text{Rp.17.500}$$

$$= \text{Rp.131.250}$$

$$\text{Total biaya lembur kepala tukang} = 7,5 \times \text{Rp.18.750}$$

$$= \text{Rp.140.625}$$

$$\text{Total biaya lembur mandor} = 7,5 \times \text{Rp.17.500}$$

$$= \text{Rp.131.250}$$

- Total upah normal + lembur :

$$\begin{aligned}
 \text{Total upah pekerja} &= \text{Rp.61.250} + \text{Rp.57.420} \\
 &= \text{Rp.118.500 perhari} \\
 \text{Total upah tukang} &= \text{Rp.140.000} + \text{Rp.131.250} \\
 &= \text{Rp.271.250 perhari} \\
 \text{Total upah pekerja} &= \text{Rp.150.000} + \text{Rp.140.625} \\
 &= \text{Rp.290.625 perhari} \\
 \text{Total upah pekerja} &= \text{Rp.140.000} + \text{Rp.131.250} \\
 &= \text{Rp.271.250 perhari}
 \end{aligned}$$

e. Biaya yang dibutuhkan untuk percepatan

$$\begin{aligned}
 \text{Upah pekerja} &= \text{Rp.118.500} \times 2 \\
 &= \text{Rp.237.000} \\
 \text{Upah tukang} &= \text{Rp.271.250} \times 2 \\
 &= \text{Rp.542.500} \\
 \text{Upah kepala tukang} &= \text{Rp.290.625} \times 1 \\
 &= \text{Rp.290.625} \\
 \text{Upah mandor} &= \text{Rp.271.250} \times 1 \\
 &= \text{Rp.271.250} \\
 \text{Waktu pekerjaan} &= 12 \text{ hari} \\
 \text{Jumlah} &= \text{Rp.1.341.375} \times 12 \\
 &= \text{Rp.16.096.500}
 \end{aligned}$$

### 3. Pekerjaan *Roof Steel Purlin*

Rencana dan realisasi pekerjaan *Roof Steel Purlin* pada proyek pembangunan Pabrik Gedung 1-B menunjukkan bahwa dari total rencana volume sebesar 85,79 ton, progres pelaksanaan mengalami keterlambatan akibat belum selesainya pekerjaan struktur bawah sebagai elemen penopang utama. Diperlukan peningkatan kapasitas produksi harian pada pekerjaan *Roof Steel Purlin*. Perhitungan penambahan kapasitas produksi dapat dijelaskan sebagai berikut:

Volume yang belum dikerjakan = 85,79 ton

a. Kebutuhan jumlah tenaga kerja

Mengacu pada Permen PUPR Tahun 2016 tentang Pedoman Analisis Harga

Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum, analisis pekerjaan baja umumnya dihitung berdasarkan satuan berat, yaitu per 100 kg tergantung pada jenis dan kompleksitas pemasangan. Dengan demikian, volume total pekerjaan baja dikonversi ke dalam satuan analisis tersebut untuk menentukan kebutuhan tenaga kerja harian yang dibutuhkan selama pelaksanaan pekerjaan struktur baja.

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan} &= 85.790 \text{ kg} / 100 \\ &= 857,9 \text{ kg}\end{aligned}$$

Koefisien tenaga kerja

- Pekerja = 0,070
- Tukang Baja = 0,070
- Kepala Tukang = 0,007
- Mandor = 0,004

$$\text{Jumlah tenaga kerja perhari} = \frac{\text{Volume} \times \text{Koefisien}}{\text{Durasi Normal}}$$

$$\begin{aligned}1. \text{ Pekerja} &= \frac{857,9 \times 0,070}{24} \\ &= 2,5 \approx 3 \text{ orang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2. \text{ Tukang Baja} &= \frac{857,9 \times 0,070}{24} \\ &= 2,5 \approx 3 \text{ orang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3. \text{ Kepala Tukang} &= \frac{857,9 \times 0,007}{24} \\ &= 0,25 \approx 1 \text{ orang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}4. \text{ Mandor} &= \frac{857,9 \times 0,004}{24} \\ &= 0,14 \approx 1 \text{ orang}\end{aligned}$$

$$\text{Total Pekerja} = 8 \text{ orang}$$

b. Penambahan Jam Kerja (Lembur)

- Kapasitas produksi perhari (8 jam) = 3,58 ton
- Sehingga per jam menghasilkan = 0,45 ton/jam

Untuk jam kerja tiap harinya dimulai pada pukul 08.00-12.00 dilanjutkan pukul 13.00-17.00 (8 jam kerja) dan Penambahan jam kerja (lembur ) untuk

meningkatkan produktivitas pekerjaan dengan rencana lembur dari pukul 18.00 sampai pukul 22.00 = 4 jam (lembur).

- Total jam kerja perhari selama lembur =  $8 + 4 = 12$  jam
- Perhitungan pekerjaan *roof steel purlin* selama lembur :
  - = Jumlah jam kerja x volume perjam
  - =  $12 \text{ jam} \times 0,45 \text{ ton}$
  - =  $5,4 \text{ ton/hari}$  pekerjaan *roof steel purlin*

Waktu yang digunakan untuk penyelesaian pekerjaan *steel column*:

$$\begin{aligned} &= 85,79 \text{ ton} : 5,4 \text{ ton/hari} \\ &= 15,88 \text{ hari (16 hari penambahan jam lembur)} \end{aligned}$$

c. Biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan *roof steel purlin*

- Upah pekerja = Rp.61.250 (3 org)
- Upah tukang baja = Rp.140.000 (3 org)
- Upah kepala tukang = Rp.150.000 (1 org)
- Upah mandor = Rp.140.000 (1 org)
- Waktu pekerjaan = 24 hari

$$\begin{aligned} \text{Jumlah} &= ((\text{Rp.}61.250 \times 3) + (\text{Rp.}140.000 \times 3) + (\text{Rp.}150.000 \times 1) + \\ &\quad (\text{Rp.}140.000 \times 1)) \times 24 \\ &= \text{Rp.}21.450.000 \end{aligned}$$

d. Penambahan Biaya Jam Kerja (Lembur)

Total jam kerja perhari selama lembur =  $8 + 4 = 12$  jam

- Perhitungan upah pekerja per jam normal :
  - =  $\text{Rp.}61.250 / 8$
  - = Rp.7.656
- Perhitungan upah tukang baja per jam normal :
  - =  $\text{Rp.}140.000 / 8$
  - = Rp.17.500
- Perhitungan upah kepala tukang per jam normal :
  - =  $\text{Rp.}150.000 / 8$
  - = Rp.18.750



- Perhitungan upah mandor per jam normal :  

$$= \text{Rp.}140.000 / 8$$

$$= \text{Rp.}17.500$$
- Total upah lembur (berdasarkan aturan Permenaker 102/2004) :  
 Jam lembur pertama  $\rightarrow 1,5 \times \text{upah per jam}$   
 Jam lembur ke-2 sampai ke-4  $\rightarrow 2 \times \text{upah per jam}$

$$\begin{aligned} \text{Total koef lembur} &= 1,5 + (3 \times 2) \\ &= 7,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya lembur pekerja} &= 7,5 \times \text{Rp.}7.656 \\ &= \text{Rp.}57.420 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya lembur tukang} &= 7,5 \times \text{Rp.}17.500 \\ &= \text{Rp.}131.250 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya lembur kepala tukang} &= 7,5 \times \text{Rp.}18.750 \\ &= \text{Rp.}140.625 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya lembur mandor} &= 7,5 \times \text{Rp.}17.500 \\ &= \text{Rp.}131.250 \end{aligned}$$

- Total upah normal + lembur :  
 Total upah pekerja =  $\text{Rp.}61.250 + \text{Rp.}57.420$   

$$= \text{Rp.}118.500 \text{ perhari}$$
  
 Total upah tukang =  $\text{Rp.}140.000 + \text{Rp.}131.250$   

$$= \text{Rp.}271.250 \text{ perhari}$$
  
 Total upah pekerja =  $\text{Rp.}150.000 + \text{Rp.}140.625$   

$$= \text{Rp.}290.625 \text{ perhari}$$
  
 Total upah pekerja =  $\text{Rp.}140.000 + \text{Rp.}131.250$   

$$= \text{Rp.}271.250 \text{ perhari}$$

e. Biaya yang dibutuhkan untuk percepatan

$$\begin{aligned} \text{Upah pekerja} &= \text{Rp.}118.500 \times 3 \\ &= \text{Rp.}355.500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah tukang} &= \text{Rp.}271.250 \times 3 \\ &= \text{Rp.}813.750 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Upah kepala tukang} &= \text{Rp.}290.625 \times 1 \\ &= \text{Rp.}290.625\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Upah mandor} &= \text{Rp.}271.250 \times 1 \\ &= \text{Rp.}271.250\end{aligned}$$

Waktu pekerjaan = 16 hari

$$\begin{aligned}\text{Jumlah} &= \text{Rp.}1.731.125 \times 16 \\ &= \text{Rp.}27.698.000\end{aligned}$$

#### 4. Pekerjaan *Water Supply and Drainage*

Rencana dan realisasi pekerjaan *Water Supply and Drainage* pada proyek pembangunan Pabrik Gedung 1-B menunjukkan bahwa dari total rencana volume sebesar 869,4 m, progres pelaksanaan mengalami keterlambatan akibat belum selesainya pekerjaan struktur bawah sebagai elemen penopang utama. Untuk mengatasi keteringgalan tersebut, diperlukan peningkatan kapasitas produksi harian pada pekerjaan *Water Supply and Drainage*. Perhitungan penambahan kapasitas produksi dapat dijelaskan sebagai berikut:

Volume yang belum dikerjakan = 869,4 m

##### a. Kebutuhan jumlah tenaga kerja

Mengacu pada Permen PUPR 2016 tentang *Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*, analisis pekerjaan water supply dan drainage dihitung berdasarkan satuan panjang pekerjaan, yaitu per 100 meter, sesuai jenis dan diameter pipa yang digunakan. Oleh karena itu, volume pekerjaan pipa sepanjang 869,40 meter dikonversi menjadi 8,694 satuan analisis (100 m) untuk menentukan kebutuhan tenaga kerja, bahan, dan alat selama pelaksanaan pekerjaan instalasi pipa air bersih dan drainase.

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan} &= 869,40 \text{ m} / 100 \\ &= 8,694 \text{ m}\end{aligned}$$

Koefisien tenaga kerja

- Pekerja = 1,00
- Tukang Ledeng = 0,50

$$\text{Jumlah tenaga kerja perhari} = \frac{\text{Volume} \times \text{Koefisien}}{\text{Durasi Normal}}$$

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Pekerja} &= \frac{8,694 \times 1,00}{36} \\
 &= 0,24 \approx 1 \text{ orang} \\
 2. \text{ Tukang Ledeng} &= \frac{8,694 \times 0,50}{36} \\
 &= 0,12 \approx 1 \text{ orang} \\
 \text{Total Pekerja} &= 2 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

b. Penambahan Jam Kerja (Lembur)

- Kapasitas produksi perhari (8 jam) = 23,9 m
- Sehingga per jam menghasilkan = 2,99 m/jam

Untuk jam kerja tiap harinya dimulai pada pukul 08.00-12.00 dilanjutkan pukul 13.00-17.00 (8 jam kerja) dan Penambahan jam kerja (lembur ) untuk meningkatkan produktivitas pekerjaan dengan rencana lembur dari pukul 18.00 sampai pukul 22.00 = 4 jam (lembur).

- Total jam kerja perhari selama lembur = 8 + 4 = 12 jam
- Perhitungan pekerjaan *water supply and drainage* selama lembur :  

$$\begin{aligned}
 &= \text{Jumlah jam kerja} \times \text{volume perjam} \\
 &= 12 \text{ jam} \times 2,99 \text{ m} \\
 &= 35,88 \text{ m/hari pekerjaan } \textit{water supply and drainage}
 \end{aligned}$$

Waktu yang digunakan untuk penyelesaian pekerjaan *steel column*:

$$\begin{aligned}
 &= 869,4 \text{ m} : 35,88 \text{ m/hari} \\
 &= 24,23 \text{ hari (25 hari penambahan jam lembur)}
 \end{aligned}$$

c. Biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan *water supply and drainage*

- Upah tukang ledeng = Rp.140.000 (1 org)
- Upah Pekerja = Rp.61.250 (1 org)
- Waktu pekerjaan = 36 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah} &= ((\text{Rp.140.000} \times 1) + (\text{Rp.61.250} \times 1)) \times 36 \\
 &= \text{Rp.7.245.000}
 \end{aligned}$$

d. Penambahan Biaya Jam Kerja (Lembur)

Total jam kerja perhari selama lembur = 8 + 4 = 12 jam

- Perhitungan upah tukang ledeng per jam normal :

$$= \text{Rp.}140.000 / 8$$

$$= \text{Rp.}17.500$$

- Perhitungan upah pekerja per jam normal :

$$= \text{Rp.}61.250 / 8$$

$$= \text{Rp.}7.656$$

- Total upah lembur (berdasarkan aturan Permenaker 102/2004) :

$$\text{Jam lembur pertama} \rightarrow 1,5 \times \text{upah per jam}$$

$$\text{Jam lembur ke-2 sampai ke-4} \rightarrow 2 \times \text{upah per jam}$$

$$\text{Total koef lembur} = 1,5 + (3 \times 2)$$

$$= 7,5$$

$$\text{Total biaya lembur pekerja} = 7,5 \times \text{Rp.}7.656$$

$$= \text{Rp.}57.420$$

$$\text{Total biaya lembur tukang} = 7,5 \times \text{Rp.}17.500$$

$$= \text{Rp.}131.250$$

- Total upah normal + lembur :

$$\text{Total upah pekerja} = \text{Rp.}61.250 + \text{Rp.}57.420$$

$$= \text{Rp.}118.500 \text{ perhari}$$

$$\text{Total upah tukang} = \text{Rp.}140.000 + \text{Rp.}131.250$$

$$= \text{Rp.}271.250 \text{ perhari}$$

- e. Biaya yang dibutuhkan untuk percepatan

$$\text{Upah pekerja} = \text{Rp.}118.500 \times 1$$

$$= \text{Rp.}118.500$$

$$\text{Upah tukang} = \text{Rp.}271.250 \times 1$$

$$= \text{Rp.}271.250$$

$$\text{Waktu pekerjaan} = 25 \text{ hari}$$

$$\text{Jumlah} = \text{Rp.}389.750 \times 25$$

$$= \text{Rp.}9.743.750$$

- Total waktu percepatan

$$= \text{Waktu pekerjaan steel column} + \text{Waktu pekerjaan steel beam} + \text{Pekerjaan roof steel purlin} + \text{pekerjaan water supply and drainage}$$

$$= 4 + 6 + 8 + 11$$

= 29 Hari

Dari hasil analisis, percepatan pelaksanaan pekerjaan dapat mengurangi durasi proyek selama 29 hari sehingga total waktu pelaksanaan berubah dari 146 hari menjadi 117 hari. Percepatan ini dicapai melalui optimasi metode kerja pada beberapa item pekerjaan utama, khususnya pekerjaan struktur baja.

#### 4.5.3 Rekapitulasi Hasil Analisa

Percepatan pelaksanaan pekerjaan membutuhkan tambahan sumber daya yang signifikan. Penambahan sumber daya ini pada akhirnya meningkatkan pengeluaran proyek. Berdasarkan hasil analisis, upaya percepatan justru memicu biaya aktual yang lebih tinggi dibandingkan rencana awal. Kenaikan biaya tersebut utamanya disebabkan oleh adanya penambahan jam kerja (*overtime*). Tarif tenaga kerja pada jam lembur pada kenyataannya bernilai sama atau bahkan dapat setara dengan upah kerja kondisi normal selama setengah hari. Artinya, durasi kerja yang lebih singkat namun dengan biaya tinggi akan memberikan dampak langsung terhadap kenaikan total biaya yang dibutuhkan.

Perbandingan hasil perhitungan biaya pada setiap skenario dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.16** Perbandingan Biaya Pada Masing-Masing Kondisi

No	Uraian	Normal	Percepatan
Construction work			
1	Wall works	Rp 561.625.453	Rp 561.625.453
2	Door and Windows Engineering	Rp 377.332.540	Rp 377.332.540
3	Roof works	Rp 2.254.606.048	Rp 2.254.606.048
4	Ground and Floor Works	Rp 8.713.151.295	Rp 8.713.151.295
5	Other engineering Miscella neous Works.	Rp 139.952.196	Rp 139.952.196
Structural engineering			
1	Earthworks	Rp 361.771.289	Rp 361.771.289
2	Pile foundation works	Rp 2.599.762.110	Rp 2.599.762.110
3	Cast-in-place concrete reinforcement work	Rp 1.583.977.494	Rp 1.583.977.494



No	Uraian	Normal	Percepatan
4	Formwork	Rp 501.738.890	Rp 501.738.890
Steel structure works			
1	Steel column	Rp 1.734.723.947	Rp 1.736.833.895
2	steel beam	Rp 1.537.864.947	Rp 1.545.340.395
3	steel support	Rp 763.063.947	Rp 763.063.947
4	tie rod	Rp 73.268.947	Rp 73.268.947
5	roof steel purlin	Rp 1.621.426.947	Rp 1.640.503.895
6	wall steel purlin	Rp 838.264.275	Rp 838.264.275
7	painting works	Rp 248.614.437	Rp 248.614.437
MEP			
1	Water Supply and Drainage Engineering	Rp 626.104.577	Rp 627.227.274
1	Electrical Engineering	Rp 693.620.534	Rp 693.620.534
1	fire Protection Engineering	Rp 1.022.186.029	Rp 1.022.186.029
<b>JUMLAH</b>		<b>Rp 26.253.055.904</b>	<b>Rp 26.282.840.944</b>

Perhitungan yang disajikan diatas merupakan kalkulasi terhadap komponen biaya langsung. Namun demikian, total biaya konstruksi tidak hanya bergantung pada biaya langsung semata, tetapi juga melibatkan biaya tidak langsung. Komponen biaya tidak langsung ini memiliki peran dalam mendukung kelancaran pengelolaan proyek, terutama terkait proses pengaturan sumber daya, koordinasi, serta administrasi pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Dalam pekerjaan ini, biaya tidak langsung yang timbul berkaitan dengan kebutuhan manajerial dan operasional proyek selama pelaksanaan konstruksi.

Hasil analisis percepatan menunjukkan bahwa durasi pelaksanaan dapat dipangkas menjadi 117 hari dari rencana awal 146 hari, atau terjadi percepatan selama 29 hari kerja. Pada kondisi normal, biaya tidak langsung akan dikeluarkan selama total waktu pelaksanaan 146 hari. Namun dengan adanya percepatan durasi, biaya tidak langsung tidak lagi dibebankan selama 146 hari, melainkan hanya sampai batas durasi percepatan tersebut, yaitu 117 hari. Rekapitulasi pengaruh percepatan terhadap biaya tidak langsung dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.17 Rincian Biaya Tak Langsung**

Uraian	Per/hari (Rp)	Biaya Durasi Normal (Rp)		Biaya Durasi Percepatan (Rp)	
		$\Sigma$ Cost On Time Per Bulan	$\Sigma$ Biaya Pekerja	$\Sigma$ Cost On Time Per Bulan	$\Sigma$ Biaya Pekerja
Air Kerja	100.000	2.400.000	12.000.000	2.400.000	9.600.000
Listrik	100.000	2.400.000	12.000.000	2.400.000	9.600.000
Keamanan	150.000	3.600.000	18.000.000	3.600.000	14.400.000
Entertain	75.000	1.800.000	9.000.000	1.800.000	7.200.000
Biaya Manajemen					
Project Manager	250.000	6.000.000	30.000.000	6.000.000	24.000.000
Site Manager	210.000	5.040.000	25.200.000	5.040.000	20.160.000
Pelaksana	335.000	8.040.000	40.200.000	8.040.000	32.160.000
Adm Teknik	145.000	3.480.000	17.400.000	3.480.000	13.920.000
<b>Sub Jumlah</b>			<b>163.800.000</b>		<b>131.040.000</b>

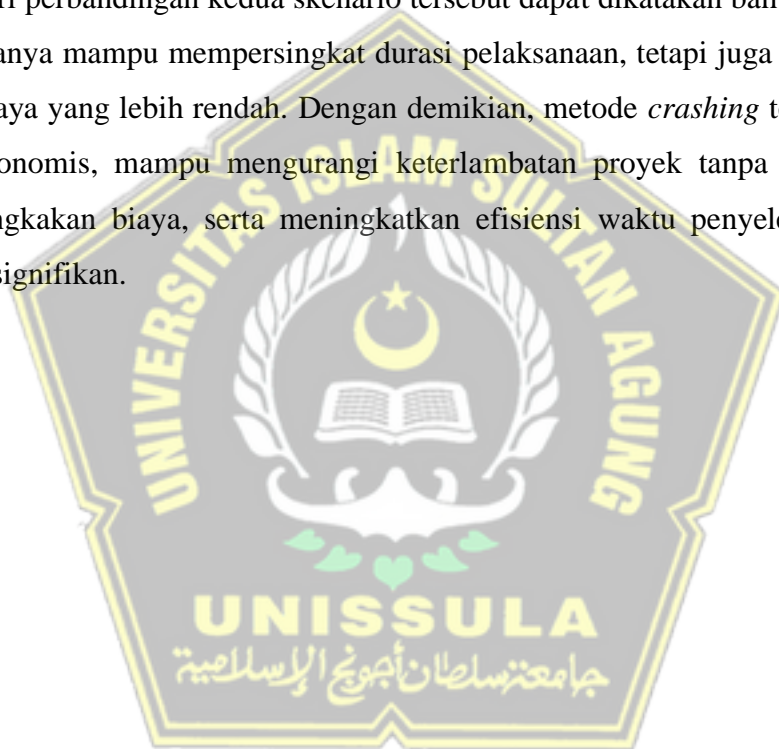
Analisis yang digunakan dalam penentuan efektivitas percepatan pelaksanaan pekerjaan konstruksi mencakup dua komponen, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Berdasarkan hasil perhitungan pada komponen biaya langsung, percepatan menyebabkan adanya tambahan biaya sebesar Rp 29.785.039. Sementara itu, hasil analisis terhadap biaya tidak langsung menunjukkan bahwa percepatan justru menghasilkan penghematan sebesar Rp 32.760.000. Dengan demikian, apabila kedua komponen tersebut dikombinasikan, percepatan pelaksanaan pekerjaan masih memberikan keuntungan berupa efisiensi sebesar Rp 2.974.961.

**Tabel 4.18 Rekapitulasi Hasil Analisis**

Kinerja	Waktu	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Total Biaya
Kontrak	146	Rp 26.253.055.904	Rp 163.800.000	Rp 26.416.855.904
Percepatan	117	Rp 26.282.840.944	Rp 131.040.000	Rp 26.413.880.944

Berdasarkan pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa pada skenario pelaksanaan sesuai kontrak, durasi pelaksanaan pekerjaan adalah 146 hari dengan total biaya sebesar Rp 26.416.855.904, yang terdiri dari biaya langsung sebesar Rp 26.253.055.904 dan biaya tidak langsung sebesar Rp 163.800.000. Sementara pada skenario percepatan, durasi pekerjaan berhasil dikurangi menjadi 117 hari. Pada kondisi ini, total biaya yang dihasilkan menjadi Rp 26.413.880.944. Pada skenario percepatan, biaya langsung mengalami peningkatan menjadi Rp 26.282.840.944. Namun, peningkatan tersebut diimbangi oleh penurunan biaya tidak langsung menjadi Rp 131.040.000 akibat pemangkasan durasi pekerjaan.

Dari perbandingan kedua skenario tersebut dapat dikatakan bahwa percepatan tidak hanya mampu mempersingkat durasi pelaksanaan, tetapi juga menghasilkan total biaya yang lebih rendah. Dengan demikian, metode *crashing* terbukti efektif dan ekonomis, mampu mengurangi keterlambatan proyek tanpa menimbulkan pembengkakan biaya, serta meningkatkan efisiensi waktu penyelesaian proyek secara signifikan.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan ini dirumuskan dengan mengacu pada tiga rumusan masalah penelitian, yaitu analisis kinerja proyek berdasarkan kondisi aktual, estimasi waktu dan biaya penyelesaian berdasarkan hasil EVM, serta estimasi dampak penerapan percepatan pekerjaan terhadap waktu dan biaya proyek. Dengan menyajikan hasil-hasil tersebut secara sistematis, bagian ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai tingkat efisiensi pelaksanaan, potensi deviasi dari rencana awal, serta alternatif strategi percepatan yang dapat diterapkan guna mengoptimalkan waktu dan biaya penyelesaian proyek, berikut merupakan kesimpulan dari setiap rumusan masalah:

1. Hasil perhitungan EVM menunjukkan kinerja proyek menurun pada periode akhir pengamatan: nilai CPI bulan Oktober = 0,87 (biaya kurang efisien) dan SPI bulan Oktober = 0,87 (jadwal tertinggal), dengan *Earned Value* (Nilai yang Diperoleh) = Rp 20.463.277.435 dan Actual Cost (Biaya Aktual) = Rp 23.482.383.494 pada periode Oktober. Nilai *Cost Variance* (Deviasi Biaya) dan *Schedule Variance* (Deviasi Jadwal) bernilai negatif pada September – Oktober, yang mengindikasikan adanya pembengkakan biaya dan keterlambatan progres.
2. Dengan asumsi kinerja biaya saat itu bertahan ( $CPI \approx 0,87$ ), estimasi proyeksi menunjukkan *Estimate at Completion* (Perkiraan Biaya Akhir) stabil pada kisaran Rp 30.314.339.578 (periode mingguan terproyeksi), dari *Budget at Completion* (Total Anggaran Proyek) = Rp 26.416.855.904 — artinya terdapat pembengkakan biaya sebesar Rp 3.897.483.674 ( $\approx 14,8\%$  dari BAC) jika tren tidak berubah. Dari sisi waktu, proyeksi SPI di akhir periode mengindikasikan kebutuhan tambahan durasi selama 13 hari.
3. Simulasi Hasil analisis percepatan (crashing) menunjukkan bahwa strategi percepatan dilakukan secara selektif pada empat aktivitas utama, yaitu steel column, steel beam, roof steel purlin, dan water supply & drainage engineering. Pemilihan keempat pekerjaan ini didasarkan pada kondisi keterlambatan yang mulai terjadi sejak minggu ke-9, sehingga hanya pekerjaan yang masih

berlangsung setelah minggu tersebut yang diprioritaskan untuk percepatan. Penerapan metode crashing berhasil mempercepat durasi proyek sebesar 29 hari, dari 146 hari menjadi 117 hari, melalui penambahan jam kerja dan tenaga pada aktivitas terpilih. Hasil perhitungan menunjukkan total biaya proyek setelah percepatan menjadi Rp 26.282.840.944, atau sedikit lebih rendah dibandingkan biaya awal sebesar Rp 26.413.880.944, karena pengurangan biaya tidak langsung akibat pemangkasan waktu pelaksanaan.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, beberapa saran dapat diberikan untuk pelaksanaan proyek maupun penelitian berikutnya sebagai berikut:

1. PT. MAKUKU disarankan untuk melakukan monitoring kinerja proyek secara berkala menggunakan metode EVM sejak tahap awal pelaksanaan agar deviasi waktu dan biaya dapat terdeteksi lebih dini. Pengendalian rutin pada indikator SPI dan CPI memungkinkan manajemen mengambil tindakan korektif sebelum keterlambatan dan pembengkakan biaya semakin besar.
2. Strategi crashing sebaiknya diterapkan secara selektif hanya pada aktivitas yang benar-benar berada di jalur kritis, dengan memperhatikan keseimbangan antara biaya tambahan dan penghematan waktu. Penggunaan analisis biaya–waktu yang lebih detail, seperti perbandingan antara biaya lembur, penambahan tenaga kerja, atau penjadwalan ulang material, dapat meningkatkan efektivitas percepatan.
3. Penelitian mendatang disarankan untuk mengintegrasikan metode EVM dengan pendekatan manajemen risiko atau simulasi probabilistik (misalnya Monte Carlo Simulation) untuk memperoleh estimasi waktu dan biaya yang lebih realistis. Selain itu, penelitian lanjutan dapat memperluas cakupan dengan meninjau pengaruh faktor eksternal seperti cuaca, rantai pasok material, dan kebijakan manajemen terhadap performa proyek, sehingga model pengendalian yang dihasilkan menjadi lebih komprehensif dan aplikatif bagi proyek konstruksi berskala industri.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abrar. (2009). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Andi.
- Annas, F. M., Solikin, M., Harnaeni, S. R., & Sunarjono, S. (2020). Evaluasi Kinerja Biaya dan Waktu Pelaksanaan Menggunakan Metode Earned Value (Studi Kasus: Proyek Pengendalian Banjir Kali Lamong). *Wahana Teknik Sipil*
- Ardika. (2014). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Atmaja, J., Suhelmidawati, E., Alexander, H., Natalia, M., Misriani, M., & Nola, R. (2020). Analisa Kinerja Proyek Menggunakan Metoda Earned Value Management dan Pengendalian dengan Metoda Time-Cost Trade-Off (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jembatan Silaosinan Kabupaten Mentawai). *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*
- Ballesteros-Pérez, P., Sanz-Ablanedo, E., Mora-Melià, D., González-Cruz, M. C., Fuentes-Bargues, J. L., & Pellicer, E. (2019). Earned Schedule min-max: Two new EVM metrics for monitoring and controlling projects. *Automation in Construction*, 103, 279–290.
- Batselier, J., & Vanhoucke, M. (2017). Improving project forecast accuracy by integrating earned value management with exponential smoothing and reference class forecasting. *International Journal of Project Management*, 35(1), 28–43.
- Budhy Prasetya, E. (2018). Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi Dengan Metode Critical Path dan Earned Value Management. *Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer*, 1(2).
- Castollani, A., Puro, S., Maiko, & Dewa, L. (2020). Analisis Biaya dan Waktu pada Proyek Apartemen Dengan Metode Earned Value Concept. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 3(1).
- Gustama Putra, R., Fatmawati, W., Hj Eli Mas, I., & Raya Kaligawe, J. K. (2020). Analisa Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Gudang Dan Kantor PT ABC Semarang Dengan Earned Value Analysis. *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 3 Universitas Islam Sultan Agung Semarang*.
- Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi*. Jakarta: Kanisius.

- Ervianto, W. I. (2004). *Teori—Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.
- Hadju, A. P. F., Fauzi, A., & Purnamasari, R. (2024). Evaluasi Perhitungan Waktu dan Biaya Pekerjaan Konstruksi Pembangunan Tower ITS 2 Surabaya Menggunakan Metode Earned Value Management (EVM). *Jurnal Teknik ITS*
- Hendrickson, C., & Au, T. (2008). *Project Management for Construction: Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects, and Builders*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University.
- Jayanti, A., & Fitriana, N. (2021). *Pengantar Manajemen Proyek*. Bandung: Alfabeta.
- Jie, D., & Wei, J. (2022). Estimating Construction Project Duration and Costs upon Completion Using Monte Carlo Simulations and Improved Earned Value Management. *Buildings*, 12(12).
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Kurniawan, A. K., Wahyu Nugroho, M., Sundari, T., & Yulianto, T. (2024). Evaluasi Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Earned Value pada Proyek Rehabilitasi Gedung Puskesmas Blimbing Kesamben. *Jurnal Rekayasa dan Aplikasi Teknik Sipil*
- Lumentah, R. A., Arsjad, M., & Malingkas, D. T. (2020). Analisis varian biaya dan jadwal pada proyek konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 45–53.
- Marini Indriani, A., Utomo, G., & Rizqy, M. (2022). Analisis Kinerja Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Metode Earned Value Anaysis. *Jurnal GeoEkonomi*, 13(2), 128–137.
- Mayo-Alvarez, L., Alvarez-Risco, A., Del-Aguila-Arcentales, S., Sekar, M. C., & Yáñez, J. A. (2022). A Systematic Review of Earned Value Management Methods for Monitoring and Control of Project Schedule Performance: An AHP Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 14(22).
- Novianti. (1992). *Manajemen Proyek*. Jakarta: Erlangga.
- Nurhayati. (2010). *Pengantar Manajemen Proyek*. Bandung: Alfabeta.
- Rani, M. (2016). *Dasar-Dasar Manajemen Proyek*. Bandung: Remaja Rosdakarya.

- Soeharto, I. (1995). *Manajemen Proyek: Dari Konseptual sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Sugiyanto, A., & Gondokusumo, D. O. (2020). Perbandingan Metode Earned Value, Eaened Schedule, dan Kalman Filter Earned Value untuk Prediksi Durasi Proyek. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(1), 155–166.
- Suharto, I. (1997). *Studi Kelayakan Proyek Industri*. Jakarta: Erlangga.
- Susanti, B., Melisah, M., & Juliantina, I. (2019). Penerapan Konsep Earned Value pada Proyek Konstruksi Jalan Tol Kayuagung-Palembang-Betung. *Jurnal Rekayasa Sipil*
- Widiasanti, I. (2013). *Pengendalian Proyek Konstruksi dengan Earned Value Management*. Bandung: ITB Press.
- Wahyuni, E., & Hendrawan, B. (2018). Analisis Kinerja Proyek “Y” Menggunakan Metode Earned Value Management (Studi Kasus di PT Asian Sealand Engineering). In *Journal of Applied Business Administration* (Vol. 2, Issue 1).

