

TESIS

ANALISIS WAKTU DAN BIAYA

PADA PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI

(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN TIGADIHAJI

PAKET 1 DI KAB. OKU SELATAN PROV. SUMATERA SELATAN)

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Guna Mencapai Gelar Magister Teknik (MT)



Oleh :

ADIL FARHAN PRASETYO

NIM : 20202200043

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

2025

LEMBAR PERSETUJUAN SEMINAR HASIL
TESIS
ANALISIS WAKTU DAN BIAYA
PADA PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI
(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN TIGADIHAJI
PAKET 1 DI KAB. OKU SELATAN PROV. SUMATERA SELATAN)

Disusun oleh :

ADIL FARHAN PRASETYO

NIM : 20202200043

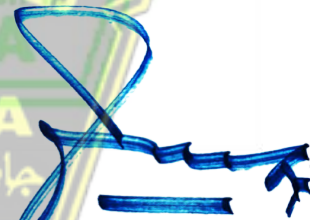
Telah disetujui oleh :

Tanggal, 25 Juli 2025
Pembimbing I,

Tanggal, 25 Juli 2025
Pembimbing II,



Prof. Dr. Ir. Henny Pratiwi Adi, ST., MT.
NIK.210200030



Ir. M. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D
NIK. 210296020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS
ANALISIS WAKTU DAN BIAYA
PADA PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI
(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN TIGADIHAJI
PAKET 1 DI KAB. OKU SELATAN PROV. SUMATERA SELATAN)

Disusun oleh :

ADIL FARHAN PRASETYO
NIM : 20202200043

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal :
25 Juli 2025

Tim Penguji :

1. Ketua



(Prof. Dr. Ir. Henny Pratiwi Adi, ST., MT.)

2. Anggota



(Dr. Ir. Sumirin, Ms.)

3. Anggota



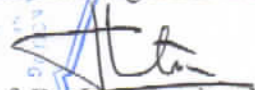
(Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, ST., MT.)

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

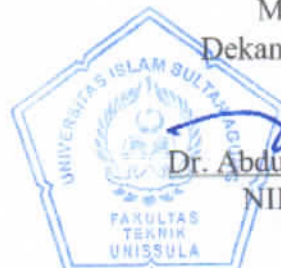
Semarang, 25 Juli 2025

Mengetahui,
Ketua Program Studi




Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.
NIK. 210202033

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik




Dr. Abdul Rochim, ST., MT.
NIK. 210200031

MOTTO

1. Allah berfirman dalam Al-Quran Surah Al-Baqarah Ayat 280

وَإِنْ كَانَ نُوَ عُسْرَةٌ فَنُظِرْهُ إِلَىٰ مُيسَرَةٍ ۖ وَأَنْ تَصَدَّقُوا خَيْرٌ لَّكُمْ إِنْ كُنْتُمْ تَعْلَمُونَ

Artinya: “Barangsiapa memudahkan urusan saudaranya, Allah akan memudahkan urusannya di dunia dan akhirat.”.

2. Allah berfirman dalam Al-Quran Surah Ali Imron ayat 110

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ ۚ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَّهُمْ ۚ مِنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ (١١٠)

Artinya: “Kamu (umat Islam) umat yang baik sehingga dilahirkan sebagai manusia (selama) kamu menyuruh (berbuat) yang makruf, mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Seandainya Ahlulkitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman dan kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik”.



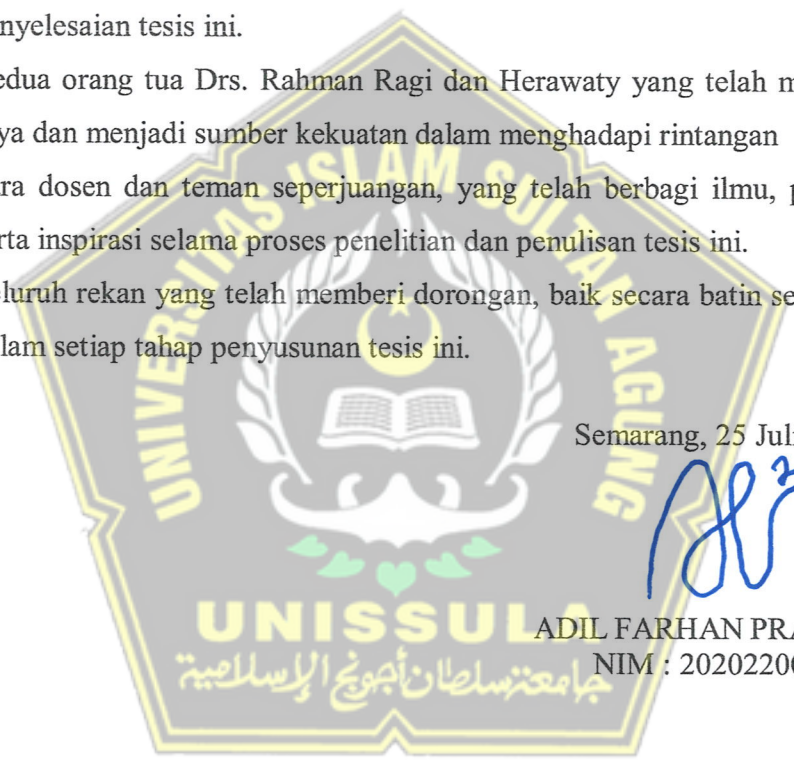
HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tesis ini, yang dengan penuh rasa syukur saya persembahkan kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Henny Pratiwi Adi, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan ilmu yang berharga.
2. Bapak Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II, yang dengan keilmuannya telah memberikan arahan dan masukan berharga dalam penyelesaian tesis ini.
3. Kedua orang tua Drs. Rahman Ragi dan Herawaty yang telah membesarkan saya dan menjadi sumber kekuatan dalam menghadapi rintangan
4. Para dosen dan teman seperjuangan, yang telah berbagi ilmu, pengalaman, serta inspirasi selama proses penelitian dan penulisan tesis ini.
5. Seluruh rekan yang telah memberi dorongan, baik secara batin serta badaniah dalam setiap tahap penyusunan tesis ini.

Semarang, 25 Juli 2025

ADIL FARHAN PRASETYO
NIM : 20202200043



ABSTRAK

Bendungan merupakan suatu bangunan teknik sipil yang dibangun untuk menahan, mengatur, dan mengalirkan air guna memenuhi berbagai kebutuhan seperti irigasi, penyediaan air baku, pembangkit listrik tenaga air, serta pengendalian banjir. Proyek pembangunan bendungan Tigadihaji terbagi dalam 4 paket pekerjaan. Pembagian ini bertujuan untuk mendistribusikan beban kerja, mempermudah koordinasi antar pelaksana, serta mengakomodasi spesialisasi kontraktor terhadap masing-masing bidang pekerjaan. Pembangunan Bendungan Tigadihaji Paket 1 yang dilaksanakan sejak tahun anggaran 2018 hingga 2025 mengalami keterlambatan pada bulan ke-58. Berdasarkan *master schedule*, progres seharusnya mencapai 30,89%, namun realisasi di lapangan hanya sebesar 27,48%, sehingga terjadi deviasi negatif sebesar -3,41%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi alternatif metode percepatan pekerjaan menggunakan pendekatan *crashing*, *overlapping*, serta kombinasi keduanya. Metode *crashing* sebagai suatu mekanisme percepatan proyek dengan cara menambahkan sumber daya (seperti tenaga kerja, alat, atau jam kerja lembur) pada aktivitas-aktivitas kritis, agar durasi proyek bisa diselesaikan lebih cepat dari jadwal semula. Metode *Overlapping* merupakan metode percepatan waktu dengan merubah *relationship* agar pekerjaan selesai lebih cepat dengan tidak merubah durasi, hingga mencapai waktu yang diperlukan dengan memperhitungkan *lead time* pada 4 jenis hubungan, yaitu ; *start-to-start* (S/S), *start-to-finish* (S/F), *finish-to-start* (F/S) dan *finish-to-finish*. Metode gabungan *crashing* dan *overlapping* merupakan strategi percepatan proyek yang menggabungkan dua pendekatan, yaitu penambahan sumber daya (*crashing*) dan pelaksanaan aktivitas secara paralel (*overlapping*).

Faktor utama penyebab keterlambatan pekerjaan adalah ketidaksesuaian antara data geologi perencanaan dengan kondisi aktual di lapangan, khususnya pada pekerjaan pengupasan tanah untuk mendapatkan material timbunan jenis sandstone yang ternyata memerlukan kedalaman hingga 30–40 meter, jauh dari perkiraan awal 3–5 meter. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode *crashing* dengan penambahan jam kerja mampu menurunkan durasi proyek sebesar 191 hari dan menghemat biaya sebesar Rp 2.447.777.289 (0,25%). Sementara itu, metode *overlapping* dengan pengubahan *relationship* dan *lag* menghasilkan penghematan waktu sebesar 115 hari dan efisiensi biaya sebesar Rp 2.049.673.447 (0,21%). Metode gabungan *crashing* dan *overlapping* terbukti paling efektif dengan pengurangan durasi sebesar 321 hari serta efisiensi biaya tertinggi senilai Rp 4.764.799.231 (0,49%). Dengan demikian, metode percepatan gabungan direkomendasikan sebagai solusi paling optimal untuk mengatasi keterlambatan dan meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek.

Kata kunci: *Crashing*; *Overlapping*; Bendungan Tigadihaji

ABSTRACT

A dam is a civil engineering structure built to retain, regulate, and distribute water to meet various needs such as irrigation, raw water supply, hydroelectric power generation, and flood control. The Tigadihaji Dam construction project is divided into four work packages. This division aims to distribute the workload, facilitate coordination among implementers, and accommodate the specialization of contractors in each field of work. The construction of Tigadihaji Dam Package 1, which has been carried out from the 2018 fiscal year until 2025, experienced delays in the 58th month. According to the master schedule, the progress should have reached 30.894%, but the actual realization in the field was only 27.48%, resulting in a negative deviation of -3.41%.

This study aims to evaluate alternative acceleration methods using the crashing, overlapping, and combined approaches. The crashing method is a project acceleration technique by adding resources (such as labor, equipment, or overtime hours) to critical activities, allowing the project duration to be completed faster than the original schedule. The overlapping method accelerates the project by modifying activity relationships so that tasks can start earlier without changing individual activity durations, utilizing lead time in four relationship types: start-to-start (S/S), start-to-finish (S/F), finish-to-start (F/S), and finish-to-finish (F/F). The combined crashing and overlapping method is a strategy that merges both approaches: adding resources (crashing) and executing activities in parallel (overlapping).

The main cause of the project delay was the mismatch between the geological data from the planning stage and the actual field conditions, particularly in the stripping work to obtain sandstone fill material, which turned out to require excavation depths of 30–40 meters, far beyond the initial estimate of 3–5 meters. The analysis results show that the crashing method with additional working hours can reduce the project duration by 191 days and save costs by IDR 2,447,777,289 (0.25%). Meanwhile, the overlapping method, by modifying relationships and lag time, results in a time saving of 115 days and a cost efficiency of IDR 2,049,673,447 (0.21%). The combined crashing and overlapping method proved to be the most effective, with a duration reduction of 321 days and the highest cost efficiency of IDR 4,764,799,231 (0.49%). Therefore, the combined acceleration method is recommended as the most optimal solution to overcome delays and improve project implementation efficiency.

Keywords: crashing, overlapping, bendungan tigadihaji

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ADIL FARHAN PRASETYO
NIM : 20202200043

Dengan ini saya nyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

**ANALISIS WAKTU DAN BIAYA
PADA PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI
(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN TIGADIHAJI
PAKET 1 DI KAB. OKU SELATAN PROV. SUMATERA SELATAN)**

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 Juli 2025



ADIL FARHAN PRASETYO

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis haturkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia yang telah diberikan hingga akhirnya penelitian ini dapat diselesaikan. Penelitian ini disusun dan diselesaikan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Magister Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung.

Penelitian dengan judul "Analisis Watu dan Biaya Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi" telah disusun sebagai bagian integral dalam mencapai gelar Magister dalam Program Studi S2 Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung. Harapannya, penelitian ini dapat mempersembahkan partisipasi yang berarti dalam mengatasi tantangan di bidang Teknik Sipil. Dalam penyusunan penelitian ini penulis telah mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak dan untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Henny Pratiwi Adi, ST., MT. selaku dosen pembimbing 1 yang memberikan motivasi dalam penyelesaian proposal tesis ini.
2. Bapak Ir. Moh Faiqun Ni'am, MT., PhD. selaku dosen pembimbing 2 yang memberikan motivasi dalam penyelesaian penelitian ini.

Akhir kata penulis mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif guna kesempurnaan penelitian ini, sehingga penyelesaiannya menjadi lebih terarah.

Semarang, 25 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SEMINAR HASIL.....	ii
MOTTO.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Manajemen Proyek.....	5
2.2 Analisis Waktu dan Biaya.....	7
2.3 Penjadwalan Proyek	8
2.4 Metode Penjadwalan	9
2.5 Jadwal dan Biaya.....	16
2.6 Produktifitas.....	19
2.7 <i>Microsoft Project</i>	22
2.8 Keterlambatan Proyek	25
2.9 Metode <i>Crashing</i>	26
2.10 Metode <i>Overlapping</i>	31
2.11 Metode Gabungan Kombinasi <i>Crashing</i> dan <i>Overlapping</i>	32
2.12 <i>Cost Slope</i>	32
2.13 Prosedur Mempersingkat Durasi Proyek (<i>Crashing</i>).....	32
2.14 Penelitian Terdahulu.....	33
BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Lokasi Penelitian	36
3.2 Tahapan Penelitian	38

3.3 Metode Pengumpulan Data.....	38
3.4 Metode Pengolahan dan Analisis Data.....	39
3.5 Bagan Alir Penelitian	42
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Data umum proyek.....	43
4.2 Kondisi Eksisting Biaya & Waktu	45
4.3 Simulasi Percepatan Waktu Dengan Metode Crashing.....	53
4.4 Simulasi Percepatan Waktu Dengan Metode Overlapping	68
4.5 Simulasi Percepatan Waktu Dengan Metode Kombinasi.....	72
4.6 Rekapitulasi Hasil Simulasi	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan	81
4.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	86

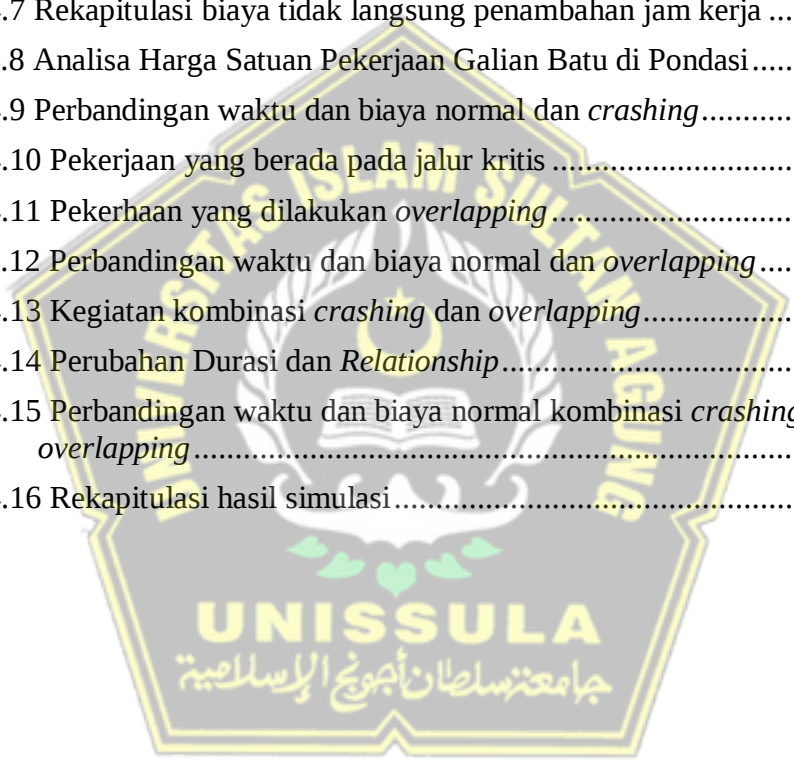


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Manajemen Proyek	6
Gambar 2.2	Contoh <i>Barchart</i>	9
Gambar 2.3	Contoh Kurva S	11
Gambar 2.4	<i>Critical Path Method</i>	13
Gambar 2.5	<i>Precedence Diagramming Method</i>	15
Gambar 2.6	Diagram <i>Finish to Start</i>	15
Gambar 2.7	Diagram <i>Start to Start</i>	15
Gambar 2.8	Diagram <i>Finish to Finish</i>	15
Gambar 2.9	Diagram <i>Start to Finish</i>	16
Gambar 2.10	Hubungan Biaya dan Waktu.....	18
Gambar 2.11	Indikasi Penurunan Produktivas karena Kerja Lembur.....	21
Gambar 2.12	Kepadatan Tenaga Kerja dengan Produktivitas.....	22
Gambar 2.13	FS (<i>Finish to Start</i>)	24
Gambar 2.14	FF (<i>Finish to Finish</i>).....	24
Gambar 2.15	SS (<i>Start to Start</i>).....	24
Gambar 2.16	SF (<i>Start to Finish</i>)	24
Gambar 2.17	Hubungan Waktu dan Biaya pada Keadaan Normal dan Dipersingkat pada Suatu Kegiatan.....	29
Gambar 3.1	Peta Lokasi Bendungan Tigadihaji Paket 1.....	36
Gambar 3.2	Peta Lokasi Proyek.....	37
Gambar 3.3	Bagan alir penelitian.....	42
Gambar 4.1	Paket Pekerjaan Bendungan Tigadihaji.....	44
Gambar 4.2	Lokasi penelitian.....	44
Gambar 4.3	Lokasi Quarry.....	47
Gambar 4.4	<i>Bor log soil</i> investigasi	48
Gambar 4.5	Indikasi Penurunan Produktivas karena Kerja Lembur	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu	33
Tabel 4.1 Uraian pekerjaan dalam durasi normal	46
Tabel 4.2 Biaya normal proyek.....	49
Tabel 4.3 Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m.	49
Tabel 4.4 Pekerjaan yang berada pada jalur kritis	53
Tabel 4.5 Durasi <i>Crash</i> Dengan Percepatan Penambahan Jam Kerja	56
Tabel 4.6 Rekapitulasi waktu dan biaya langsung percepatan dengan penambahan jam kerja	61
Tabel 4.7 Rekapitulasi biaya tidak langsung penambahan jam kerja	64
Tabel 4.8 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Galian Batu di Pondasi.....	65
Tabel 4.9 Perbandingan waktu dan biaya normal dan <i>crashing</i>	67
Tabel 4.10 Pekerjaan yang berada pada jalur kritis	68
Tabel 4.11 Pekerjaan yang dilakukan <i>overlapping</i>	69
Tabel 4.12 Perbandingan waktu dan biaya normal dan <i>overlapping</i>	72
Tabel 4.13 Kegiatan kombinasi <i>crashing</i> dan <i>overlapping</i>	73
Tabel 4.14 Perubahan Durasi dan <i>Relationship</i>	76
Tabel 4.15 Perbandingan waktu dan biaya normal kombinasi <i>crashing</i> dan <i>overlapping</i>	80
Tabel 4.16 Rekapitulasi hasil simulasi.....	80



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Preferensi utama dalam usaha mendorong pertumbuhan ekonomi serta ketenteraman rakyat Indonesia sebagai bagian dari pembangunan infrastruktur. Salah satu bentuk infrastruktur dengan kedudukan strategis untuk mengelola sumber daya air adalah bendungan. Bendungan berfungsi menyediakan air, irigasi, dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA), tetapi juga berperan dalam pengendalian banjir dan konservasi lingkungan. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan air serta tantangan perubahan iklim, pembangunan bendungan menjadi semakin vital di berbagai wilayah Indonesia.

Bendungan merupakan salah satu struktur utama dalam infrastruktur pengelolaan sumber daya air. Secara umum, bangunan yang diciptakan sebagai penahan dan pengatur aliran air guna menciptakan suatu tampungan atau waduk menjadi definisi bendungan. Bendungan adalah struktur penghalang yang dibangun melintasi sungai atau aliran air lainnya untuk menyimpan air dalam suatu waduk guna berbagai keperluan. Fungsi utama bendungan meliputi penyediaan air untuk irigasi dan air baku, pengendalian banjir, pembangkitan energi listrik (PLTA), dan sebagai cadangan air di musim kemarau. Bendungan juga berfungsi sebagai bagian dari sistem konservasi air, pengendali sedimentasi, serta memiliki manfaat sosial dan ekonomi seperti mendukung pariwisata, perikanan air tawar, dan peningkatan pendapatan daerah. Dari segi konstruksi, bendungan diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis berdasarkan bahan bangunannya, seperti bendungan urugan tanah, bendungan urugan batu, dan bendungan beton. Perencanaan dan pembangunan bendungan merupakan proses kompleks yang memerlukan kajian teknis, lingkungan, sosial, dan ekonomi secara menyeluruh agar fungsi dan keberlanjutannya dapat terjamin dalam jangka panjang.

Sebagai upaya untuk meningkatkan kapasitas tampung air nasional, Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) telah meluncurkan program pembangunan 61 bendungan baru dalam periode

2015–2025 yang masuk dalam Proyek Strategis Nasional (PSN). Salah satu proyek yang termasuk dalam program tersebut adalah Pembangunan Bendungan Tigadihaji yang berlokasi di Kabupaten Ogan Komering Ulu (OKU) Selatan, Provinsi Sumatera Selatan. Perencanaan bendungan memiliki berbagai fungsi penting, antara lain sebagai penyedia air irigasi untuk lahan pertanian di wilayah sekitarnya, penyedia air baku, pengendali banjir musiman, dan sebagai pendukung pembangunan ekonomi daerah berbasis pertanian dan perairan.

Namun demikian, dalam pelaksanaannya, Proyek Bendungan Tigadihaji mengalami keterlambatan progres dibandingkan dengan *master schedule* yang telah ditetapkan. Keterlambatan ini menjadi isu krusial karena dapat mengganggu keseluruhan siklus proyek, mulai dari aspek teknis hingga administratif. Deviasi waktu pelaksanaan tersebut tidak hanya berdampak pada tertundanya manfaat yang seharusnya segera dirasakan oleh masyarakat, tetapi juga berpotensi menimbulkan peningkatan biaya proyek (*cost overrun*), inefisiensi sumber daya, serta risiko hukum dan kontraktual.

Berbagai faktor dapat menyebabkan keterlambatan tersebut, seperti hambatan dalam proses pembebasan lahan, ketidaksesuaian kondisi geoteknik di lapangan, keterlambatan pengadaan material dan peralatan, kondisi cuaca ekstrem, hingga permasalahan koordinasi antar-stakeholder proyek. Situasi ini menunjukkan bahwa keberhasilan proyek selain dari elemen teknis, adapun berasal dari efektivitas manajemen proyek secara menyeluruh, termasuk perencanaan waktu, pengendalian mutu, dan komunikasi antar pihak terkait.

Dalam konteks tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara menyeluruh penyebab utama keterlambatan pada pembangunan Bendungan Tigadihaji, serta menganalisis sejauh mana keterlambatan tersebut berdampak terhadap waktu dan biaya proyek. Dengan melakukan evaluasi terhadap deviasi antara progres aktual dan *master schedule*, serta mengukur konsekuensi biaya yang ditimbulkan, penelitian ini diharapkan mampu menciptakan representasi komprehensif terhadap dinamika pelaksanaan proyek. Hasilnya dapat sebagai landasan perihal merumuskan strategi pengendalian proyek yang lebih efektif, serta menjadi referensi untuk perbaikan manajemen waktu dan biaya pada proyek bendungan maupun proyek infrastruktur berskala besar lainnya di Indonesia

1.2. Rumusan Masalah

Berlandaskan pemaparan latar belakang, tercantum pertanyaan yang dilandaskan sebagai rumusan masalah, sebagai berikut:

1. Apa penyebab keterlambatan Proyek Pembangunan Bendungan Tigadihaji Paket 1 ?
2. Bagaimana waktu dan biaya proyek jika dilakukan percepatan (*crashing*), tumpang tindih (*overlapping*) dan metode gabungan antara percepatan (*crashing*) dan tumpang tindih (*overlapping*) ?
3. Berapa waktu dan biaya yang paling optimal dengan menggunakan alternatif *crashing*, *overlapping* dan gabungan antara *crashing overlapping*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penyusunan penelitian ini, yaitu:

1. Mengenali penyebab keterlambatan Proyek pembanguna bendungan tigadihaji paket 1
2. Mengkaji waktu dan biaya proyek jika dilaksanakan percepatan (*crashing*), tumpang tindih (*overlapping*) dan metode gabungan antara percepatan (*crashing*) dan tumpang tindih (*overlapping*) ?
3. Menelaah waktu dan biaya yang ideal dengan menggunakan alternatif *crashing*, *overlapping* dan gabungan antara *crashing overlapping*.

1.4. Manfaat Penelitian

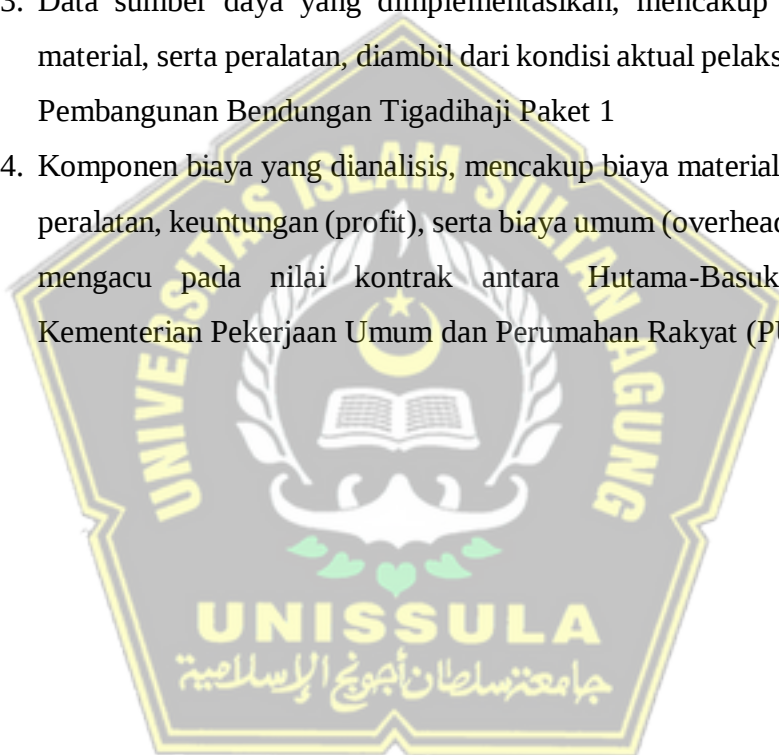
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain mencakup:

1. Memberikan kontribusi perihal sumber literatur atau pertimbangan bagi pihak kontraktor dalam merancang strategi percepatan proyek melalui metode *crashing* dan *overlapping*, bertujuan mencapai efisiensi waktu serta biaya secara optimal
2. Bagi peneliti, hasil penelitian ini ditujukan mampu memperlapang wawasan serta memperdalam pengertian dalam bidang manajemen proyek, khususnya terkait dengan perencanaan waktu dan pengendalian biaya yang efektif

1.5. Batasan Penelitian

Untuk menjaga keakuratan dan konsistensi isi dalam laporan penelitian ini, peneliti menetapkan ruang lingkup pembahasan yang terbatas. Adapun implikasi, mencakup:

1. Analisis jaringan kerja dilaksanakan melalui penggunaan pendekatan Precedence Diagram Method (PDM) melalui perangkat lunak Microsoft Project versi 2016
2. Cakupan metode crashing dibatasi pada dua variabel utama, yaitu durasi pelaksanaan dan biaya proyek
3. Data sumber daya yang diimplementasikan, mencakup tenaga kerja, material, serta peralatan, diambil dari kondisi aktual pelaksanaan Proyek Pembangunan Bendungan Tigadihaji Paket 1
4. Komponen biaya yang dianalisis, mencakup biaya material, tenaga kerja, peralatan, keuntungan (profit), serta biaya umum (overhead), seluruhnya mengacu pada nilai kontrak antara Hutama-Basuki KSO dan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Manajemen Proyek

Manajemen proyek berfungsi untuk mengawal jalannya proses pelaksanaan sebuah pekerjaan konstruksi dari awal proyek dimulai sampai berakhirnya suatu proyek tersebut (Hapsari, Mudiyo, Ni'am, 2024).

Implementasi strategi yang ditujukan untuk mengapai realistis dan berdaya guna bagi perusahaan menjadi jabaran dari manajemen proyek. Pertumbuhan teknologi sekarang relevan terhadap kemajuan perusahaan yang bergulir dalam disiplin jasa teknologi, mencakup Qiscus Pte Ltd. Penyusunan proyek dilakukan perencanaan dengan mengaplikasikan *Work Breakdown Structure* (WBS), *Critical Path Method* (CPM) serta *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Adapun penggunaan manajemen proyek sebagai perkiraan dalam percepatan proyek (crasing) pada Qiscus Pte Ltd. Perencanaan manajemen proyek cakap mampu menghasilkan keefisienan waktu maupun biaya yang digunakan perihal berlangsungnya proyek menimbulkan pembengkakan biaya sebagai bentuk tertundanya proyek dapat diminimalisasi (Arianie, 2017).

2.1.1. Fungsi Dasar Manajemen Proyek

Berikut peranan manajemen proyek (Dimiyati dan Nurjaman, 2014):

- a. Pengambilan keputusan tentang informasi, aktual, hipotesis, serta data mengenai aktivitas yang dilaksanakan pada kemudian hari disebut perencanaan. Kearifan pelaksanaan, rencana yang dilaksanakan, jadwal yang dilakukan, mekanisme administrasi serta operasional, dan distribusi dana serta sumber daya adalah contoh dari tindakan tersebut. Perencanaan bermanfaat karena dapat digunakan sebagai alat untuk mengawasi, mengontrol, dan mengarahkan tindakan.
- b. Pengorganisasian adalah tindakan untuk menyatukan kumpulan kegiatan manusia, hubungannya, dan tanggung jawabnya masing-masing. Fungsi ini

mencakup rekognisi serta ikatan ragam pekerjaan, memastikan pendelagasian wewenang serta tanggung jawab, dan menentukan relasi antara beberapa elemen.

- c. Pelaksanaan adalah upaya dalam membangun anggota organisasi agar tergapainya tujuan sesuai keinginan. Fungsi perencanaan dilaksanakan setelah ditetapkan. Namun, perencanaan akan berubah sesuai dengan keadaan di lapangan. Mendistribusikan tugas, wewenang, dan tanggung jawab, dan berkomunikasi secara efektif adalah beberapa tindakan yang dilakukan selama pelaksanaan. Fungsi ini membantu mengimbangi misi, kedaulatan, serta tanggungan pada tiap bagan dan mendorong efisiensi serta kebersamaan dalam kerja sama untuk mencapai tujuan bersama.
- d. Pengendalian adalah proses pengukuran dan evaluasi kinerja. Ini termasuk mengukur kualitas hasil, menganalogikan standar, menguji penyimpangan, serta membentuk saran perbaikan. Pengendalian dapat meminimalisasi kesalahan taraf, kapasitas, dana, serta waktu.



2.2. Analisis Waktu dan Biaya

Kegiatan-kegiatan yang bersifat kritis harus dipercepat jika proyek ingin selesai lebih cepat. Dalam percepatan durasi proyek, ada beberapa pilihan, seperti tenaga kerja bertambah, lembur diadakan, serta mengubah cara konstruksi dijalankan. Setiap pilihan yang diambil untuk memperpendek durasi proyek akan mengakibatkan peningkatan biaya proyek (Adianto, 2006).

Faktor biaya, secara universal mencakup jumlah besarnya investasi yang dilaksanakan pada koordinator tugas yang mempunyai kerentanan terhadap

kegagalan, adalah yang paling penting untuk dipertimbangkan saat mengerjakan proyek konstruksi.

Proses menghitung waktu dan biaya yang digunakan dalam memulai dan merampungkan proyek konstruksi dikenal sebagai analisis waktu dan biaya. Sebagaimana dinyatakan oleh Husein, M.F. dan Wibowo (2002), ada beberapa pendekatan, di antaranya:

a. Metode Estimasi

Yaitu penjabaran dengan cara menganalogikan proyek berlandaskan ketersediaan ragam volume.

b. Metode Rencana

Yaitu penjabaran dengan cara penyusunan perincian waktu serta dana yang digunakan bagi pekerja konstruksi.

Dalam penyusunan perancangan waktu serta biaya sebuah proyek agar terlaksana, Anda harus memahami perincian pekerjaan, meminimalisasi pekerjaan, memahami relasi per kegiatan, merencanakan relasi kerja, merencanakan kajian waktu serta biaya untuk setiap aktivitas, merencanakan tabel waktu serta biaya, melaksanakan mekanisme efisien waktu serta biaya, serta akhirnya memperoleh waktu dan biaya yang ideal. Alat dan perlengkapan yang dimaksud mencakup (Adianto, 2006) :

- a. Laporan kemajuan pekerjaan, juga disebut laporan kemajuan, mencakup informasi tentang status kemajuan serta biaya, kendala dalam pembiayaan, dan analisis penyimpanan. Laporan ini mencakup setiap aspek kinerja.
- b. Perkiraan penyelesaian mencakup sasaran bagian perkembangan tiap hari, minggu, serta bulan dengan tujuan mencapai rencana secara keseluruhan.
- c. Hasil pemantauan berkala menunjukkan biaya total proyek dengan presentase ukur biaya aspek, orang, harian proyek, satuan biaya kegiatan, parameter material, logistik, dan biaya operasi peralatan.

2.3. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan dan perencanaan merupakan komponen penting dalam penyusunan biaya (Husen, 2010). Jadwal menunjukkan presentasi tugas, tugas yang

harus dirampungkan serta didasarkan tugas sendiri. Laporan status biaya serta waktu harus dirancang menyeluruh serta diawasi oleh pengelola serupa. Secara umum, penjadwalan memiliki keuntungan mencakup:

- a. Menghasilkan landasan mengenai bagan aktivitas terhadap penentu waktu dari awal dan akhir di segenap pekerjaan.
- b. Menghasilkan fasilitas untuk manajemen dalam penyelarasan secara analitis dan realistis untuk determinasi keutamaan pada sumber daya dan waktu
- c. Menghasilkan fasilitas dalam memperkirakan perkembangan pekerjaan.
- d. Menyingkirkan penggunaan berlebihnya sumber daya dengan tujuan penyelesaian proyek sebelum waktunya
- e. Menghasilkan ketepatan waktu aktualisasi
- f. Memfasilitasi secara substansial terhadap pengkoordinasian proyek

Kompleksitas penjadwalan proyek dapat diakibatkan oleh aspek berikut:

- a. Fasilitas dan arahan proyek
- b. Relasi proyek lain untuk menciptakan integritas *master schedule*
- c. Perencanaan dana dan ketersediaan dana
- d. Perencanaan waktu, ketersediaan waktu, serta memperkirakan hilangnya waktu saat libur
- e. Penyusunan serta penjumlahan aktivitas proyek maupun keterikatan di antaranya
- f. Waktu lembur dan penjadwalan *shift* kerja untuk keefisienan kerja
- g. Keterampilan unjuk kerja dan kecakapan pengerjaan tugas

2.4. Metode Penjadwalan

Untuk mengatur waktu dan sumber daya proyek, ada sejumlah pendekatan penjadwalan. Kepentingan dan perolehan hendak dicapai atas unjuk kerja penjadwalan menentukan penggunaan pendekatan (Widiyanti et al., 2022). Bagan Balok (*Barchart*), Kurva S, Diagram Vektor, dan Perencanaan Jaringan adalah beberapa metode penjadwalan.

2.4.1. Bagan Balok (*Barchart*)

Gantt dan Fredrick W. Taylor menemukan cara untuk membuat bagan *Barchart*, di mana panjang setiap balok menunjukkan tempo per aktivitas. Dalam diagram batang, sumbu y menunjukkan kegiatan atau paket kerja yang termasuk dalam wilayah proyek, dan sumbu x menunjukkan satuan waktu dalam hari, minggu, dan bulan sebagai durasi proyek (Husen, 2011).

Barchart adalah penjadwalan dalam bentuk balok yang menunjukkan panjang setiap kegiatan. Sumbu y dan x bagan balok menunjukkan pekerjaan dan satuan waktu. Bagan balok bersifat instruktif, keterbacaan, dan berdaya guna untuk komunikasi, dan mampu dirancang dengan lancar serta konvensional (Lenggogeni, 2013).

Sebagai contoh, relasi antara kegiatan tidak jelas serta lintasan kritis kegiatan proyek tidak diketahui, informasi yang disajikan dalam bagan balok agak terbatas. Jika proyek tertunda, menjadi sulit untuk menentukan kegiatan mana yang harus diprioritaskan karena urutan kegiatan kurang terinci.

No	Deskripsi	Nilai (Rp)	Durasi (minggu)	Bobot	Minggu									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	pekerjaan Persiapan	1.000.000	2	2,22%										
2	Pekerjaan galian tanah	500.000	2	1,11%										
3	pekerjaan pondasi	1.500.000	3	3,33%										
4	pekerjaan beton bertulang	10.000.000	2	22,22%										
5	Pekerjaan pasangan/plesteran	2.000.000	3	4,44%										
6	Pekerjaan pintu jendela	6.000.000	2	13,33%										
7	Pekerjaan atap	7.000.000	2	15,56%										
8	Pekerjaan langit langit	2.000.000	2	4,44%										
9	Pekerjaan lantai	5.000.000	2	11,11%										
10	Pekerjaan finishing	10.000.000	2	22,22%										
NILAI NOMINAL		45.000.000,00		100,00%										
PRESTASI PERMINGGU					1,111	1,667	1,667	12,22	13,70	8,148	15,93	15,56	18,89	11,11
PRESTASI KUMULATIF					1,111	2,778	4,445	16,67	30,37	38,51	54,44	70	88,89	100

Gambar 2.2 Contoh *Barchart* (Ervianto, 2005)

2.4.2. Kurva S

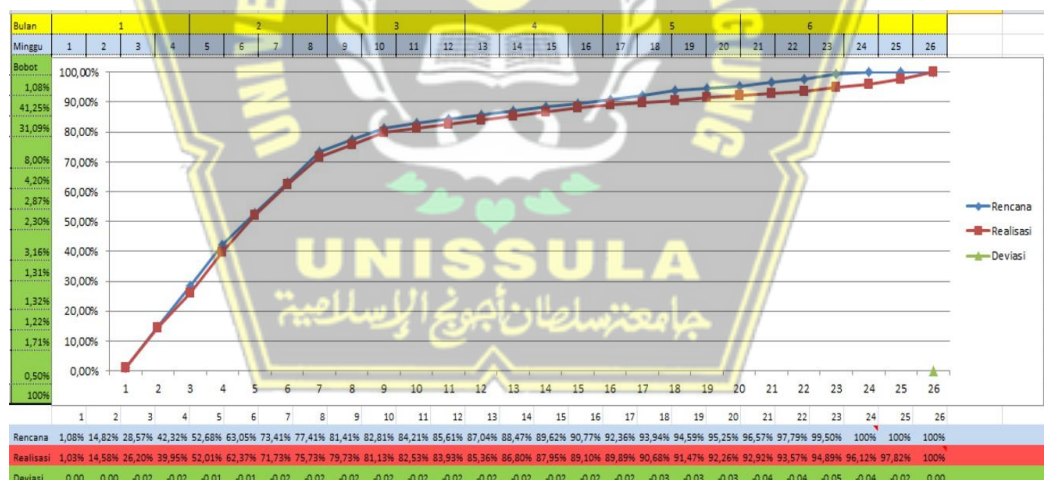
Kurva S mampu membuktikan perkembangan proyek berlandas aktivitas, waktu, serta beban pekerjaan. Perkembangan kerja (bobot %) kumulatif ditampilkan pada sumbu vertikal dan waktu pada sumbu horizontal. Perhitungan persentase dari biaya setiap tugas dibagi nilai anggaran dapat digunakan untuk mengetahui seberapa banyak pekerjaan yang harus dilakukan (Husen, 2011). Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek. Keterlambatan jadwal proyek dapat

diidentifikasi dengan memperhitungkan kurva konsep dan aktualisasi yang terjadi di lapangan.

Kemajuan proyek digambarkan pada kurva S pada sumbu X dan Y. Sumbu X menunjukkan satuan waktu yang dihabiskan selama proyek, dan sumbu Y menunjukkan prosentase kemajuan proyek yang dihitung terhadap biaya total (Lenggogeni, 2013).

Cara membuat kurva S adalah:

- Melaksanakan pembobotan untuk per unit pekerjaan. Bobot item pekerjaan prosentase biaya item pekerjaan dengan biaya total pekerjaan.
- Mendistribusikan bobot pekerjaan dalam tempo beberapa kegiatan.
- Menjumlahkan satuan waktu pada kegiatan tertentu dan menjumlahkannya secara kumulatif.
- Memplotkan angka kumulatif tersebut pada sumbu X dan waktu pelaksanaan pada sumbu Y.
- Menghubungkan semua titik-titik hingga didapat suatu kurva yang membentuk seperti huruf S.



Gambar 2.3 Contoh Kurva S (Rizaldy, 2020)

2.4.3. Network Planning

Dalam penyelenggaraan proyek, model yang paling umum diimplementasikan yaitu perencanaan jaringan sehingga mampu menampilkan data tentang kegiatan yang sedang dilakukan dalam diagram jaringan kerja. Dengan

perancangan jaringan kerja, Anda dapat menganalisis jadwal selesai proyek, kemungkinan keterlambatan proyek, biaya yang diperlukan untuk mempercepat penyelesaiannya, dan masalah lainnya (Herjanto, 2008).

Aktivitas proyek yang dapat dilaksanakan menjabarkan jaringan kerja, deretan aktivitas secara analitis, keterikatan dengan kegiatan, dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikannya. Jaringan kerja digambarkan sebagai gambaran diagram alir dari ketentuan, relasi, serta keterikatan kegiatan secara menyeluruh dalam menyelesaikan proyek.

3.4.3.1 Critical Path Method

Lajur yang menggabungkan berbagai aktivitas mengenai panjangnya waktu serta membuktikan waktu tercepat untuk menyelesaikan proyek menjadi jebaran dari *Critical Path Method*. Jalur kritis mencakup kumpulan aktivitas kritis yang dimulai dengan kegiatan pertama dan berakhir dengan kegiatan terakhir. Di bagian ini terdapat tugas-tugas yang jika tidak dilakukan dengan cepat, akan menghambat penyelesaian proyek secara keseluruhan (Husen, 2009).

Metode ini memiliki keistimewaan mencakup:

1. *Diagram network* dirancang dengan mengimplementasikan anak panah sebagai bentuk aktivitas serta *node*-nya memaparkan kejadiannya. *Node* berawal dari anak panah yang digunakan sebagai *I-Node*, sementara pada *J-Node* diletakkan sebagai akhiran, relasi keterikatannya yakni *Finish-Start*.
2. Dalam perhitungan maju (*forward pass*) dalam mendapatkan waktu terawal (EET_i : *Earliest Event Time node i*) pada *I-Node* dan waktu terawal (EET_j : *Earliest Event Time node j*) pada *J-Node* dari setiap aktivitas, dengan pemerolehan nilai maksimal, sama dengan nilai sebagai berikut:
 - a. *ES (Earliest Start)* : saat tercepat dalam mengawali kegiatan
 - b. *EF (Earliest Finish)* : saat paling cepat untuk akhir kegiatan
3. Dalam perhitungan mundur (*backward pass*) untuk memperoleh waktu selesai paling lambat (LET_i : *Latest Event Time node i*) pada *I-Node* dan waktu selesai paling lambat (LET_j : *Latest Event Time node j*) pada *J-Node*

dari setiap aktivitas, dengan pemerolehan nilai maksimal, sama dengan nilai sebagai berikut:

- a. LF (*Latest Finish*) : saat terlambat bagi akhir kegiatan
- b. LS (*Latest Start*) : saat terlambat bagi memulai kegiatan
4. Dalam 2 kejadian tidak diperkenankan terjadi 2 aktivitas sehingga dalam mencegahnya dapat dilaksanakan aktivitas *dummy* tanpa adanya durasi.
5. Lajur kritis merupakan lajur yang terdiri atas beberapa aktivitas dengan durasi lebih panjang sehingga dapat memahami bila aktivitas memiliki *Total Float*, $TF = 0$
6. *Float* : padan penerimaan terlambatnya secepat aktivitas yang digunakan dalam pengoptimalan waktu serta distribusi sumber daya.



Gambar 2.4. *Critical Path Method* (Husen, 2010)

Jenis-jenis *Float* adalah:

1. TF (*Total Float*)
 - a. Waktu tenggang maksimum di mana setiap kegiatan diperbolehkan terlambat namun tidak mengalami penundaan waktu penyelesaian proyek
 - b. Bermanfaat dalam penentuan lajur kritis sebagai bentuk percepatan waktu proyek,
bila nilai $TF = 0$
 - c. $TF_{ij} = LET_j - EET_i - Durasij$ (*Event Oriented*)
 $= LF - EF = LS - ES$ (*Activity Oriented*)
2. FF (*Free Float*)
 - a. Waktu tenggang yang didapatkan berlandaskan awal mula peristiwa j dan saat paling awal peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut.
 - b. Bermanfaat dalam pendistribusian sumber daya serta waktu dengan memindahkannya ke kegiatan lain.
 - c. $FF_{ij} = EET_j - EET_i - Durasij$
3. IF (*Independent Float*)

- a. Waktu tenggang yang didapatkan berlandaskan awal mula peristiwa j dan saat paling lambat peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut.
- b. $IF_{ij} = EET_j - LET_i - Durasi_{ij}$

3.4.3.2 Precedence Diagramming Method (PDM)

(Nurhayati, 2010) PDM adalah teknik pembentukan jadwal mencakup jadwal *Network Planning* yang berfokus dalam aktivitas terhadap *node*. Metode ini memiliki karakteristik yang cukup berbeda dengan CPM, yaitu:

1. Pembentukan diagram *network* yang menerapkan *node* sebagai visualisasi kegiatan
2. *Float*, waktu tenggang maksimum dari suatu kegiatan
 - a. *Total Float*, adalah *float* pada kegiatan: $LF - ES - Durasi$
 - b. *Relation Float* (RF), *float* pada hubungan keterkaitan:

$$FS, RF = LS_j - EF_i - Lead \quad SS, RF = LS_j - ES_i - Lag$$

$$FF, RF = LF_j - EF_i - Lead \quad SF, RF = LF_j - ES_i - Lag$$
3. *Lag*, total durasi tunggu dalam suatu periode kegiatan J pada kegiatan i yang sudah diawali, pada relasi SS dan SF.
4. *Lead*, total durasi yang mengawalinya dalam satu periode kegiatan j setelah kegiatan i belum rampung, pada relasi FS dan FF.
5. *Dangling*, kegiatan yang mencakup beberapa aktivitas tanpa adanya kegiatan pendahulu (*predecessor*) atau kegiatan yang menyertainya (*successor*). Supaya relasi kegiatan mampu berkiatan dengan kegiatan lain, maka dibentuklah *dummy finish* dan *dummy start*.



Gambar 2.5. *Precedence Diagramming Method* (Nurhayati, 2010)

Terdapat 4 jenis hubungan keterkaitan antarkegiatan pada PDM, yaitu

- FS (*finish to start*) : berawalnya sebuah kegiatan yang bersandar pada penyelesaian kegiatan pendahulu dengan durasi yang mendahului *lead*.



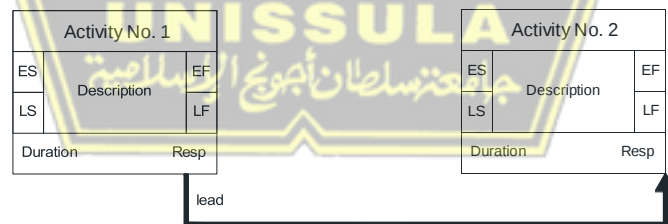
Gambar 2.6. Diagram *Finish to Start* (Nurhayati, 2010)

- SS (*start to start*) : berawalnya sebuah kegiatan yang bersandar pada penyelesaian kegiatan pendahulu dengan durasi tunggu *lag*



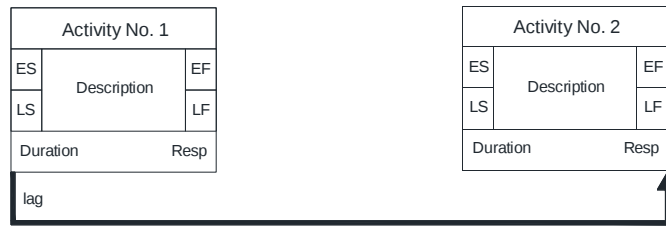
Gambar 2.7. Diagram *Start to Start* (Nurhayati, 2010)

- FF (*finish to finish*) : berakhirnya sebuah kegiatan yang bersandar pada penyelesaian kegiatan pendahulu dengan durasi mendahului *lead*.



Gambar 2.8. Diagram *Finish to Finish* (Nurhayati, 2010)

- SF (*start to finish*) : berakhirnya sebuah kegiatan yang bersandar pada penyelesaian kegiatan pendahulu dengan durasi tunggu *lag*.



Gambar 2.9. Diagram *Start to Finish* (Nurhayati, 2010)

Dalam PDM, aksi permulaan dilaksanakan dengan perancangan terhadap diagram precedence bagi tiap-tiap kegiatan. Diagram *precedence* harus menunjukkan kegiatan, durasi, dan hubungan antar kegiatan. Setelah itu, perhitungan maju (*forward pass*) dilakukan dalam mendapatkan ES dan EF, dan perhitungan mundur (*backward pass*) dilakukan dalam pemerolehan nilai LS serta LF dari nilai yang paling rendah. Dalam kasus di mana kegiatan tidak memiliki *predecessor* dan *successor*, kegiatan dummy diberikan untuk menghindari kondisi *dangling*.

2.5. Jadwal dan Biaya

Jadwal proyek sebagai elemen hasil perancangan yang digunakan untuk memperoleh informasi mengenai jadwal rancangan dan perkembangan proyek di bagian unjuk kerja sumber daya, termasuk dana, kemampuan kerja, alat dan material serta waktu proyek serta perkiraan durasi perampungan. Pendistribusian durasi yang disediakan dalam melakukan setiap tugas sebagai bentuk penyelesaian proyek hingga tergapainya hasil ideal dengan memperhitungkan batasan yang disebut penjadwalan (Husen, 2011).

Penggunaan biaya secara terbuka yang memiliki keterikatan dengan kegiatan proyek disebut biaya langsung. Jika dilakukan dalam waktu normal proyek dan dengan metode yang efisien, biaya langsung akan dianggap biaya normal. Akibatnya, pembebanan bagi biaya untuk periode waktu, atau penetapan untuk periode waktu, diperlihatkan lebih besar terhadap durasi waktu normal. Hal ini menyebabkan adanya waktu yang berkurang dalam meningkatkan dana aktivitas proyek. Total biaya langsung proyek secara keseluruhan dapat dilihat dari total

waktu yang dihabiskan untuk setiap paket kegiatan yang terlibat dalam proyek (Santosa, 2013).

Menurut Hutasoit, dkk (2014) aspek biaya langsung mencakup:

a. Biaya material

Keterikatan biaya dengan material yang dibeli untuk menyelesaikan proyek mencakup dana sarana, pencadangan serta kerugian yang disebabkan oleh hilangnya atau rusaknya material. Harga material dapat dihitung dengan menggunakan indeks biaya yang diperlukan secara bertingkat oleh Departemen Pekerjaan Umum.

b. Biaya upah

Pada penerapan pekerjaan konstruksi, biaya ini dapat mencakup:

1. Upah harian, banyaknya pemerian bayaran dalam satuan waktu, dengan standar pada ragam keahlian, tempat pekerjaan, dan lainnya.
2. Upah borongan, banyaknya bayaran dengan standar adanya kompromi serentak antara kontraktor dengan pekerja atas satu item pekerjaan.
3. Upah berlandaskan sistem produksi, banyaknya upah dengan standar jumlah pekerjaan yang mampu dirampungkan dalam satuan waktu.

c. Biaya peralatan

Biaya peralatan mencakup aset, sewa, operasi, pelestarian, upah operator, pengorganisasian dan pembebasan, dan biaya terusan yang berkaitan dengan peralatan.

d. Biaya subkontraktor

Jika subkontraktor menyerahkan atau menerima bagian pekerjaan dari kontraktor utama, subkontraktor tersebut konsisten sera diberi bayaran oleh kontraktor utama

Adapun biaya dari luar biaya konstruksi yaitu biaya tidak kontan, yang mencakup biaya inspeksi, manajemen, konsultan, pengarah kerja, bunga, dan universal. Biaya yang tidak bergantung terhadap daya muat pekerjaan; sebaliknya, itu bergantung pada berapa lama pekerjaan dilakukan. Jika waktu pelaksanaan diperpanjang, biaya tidak langsung akan berkembang, tetapi setiap pengurangan

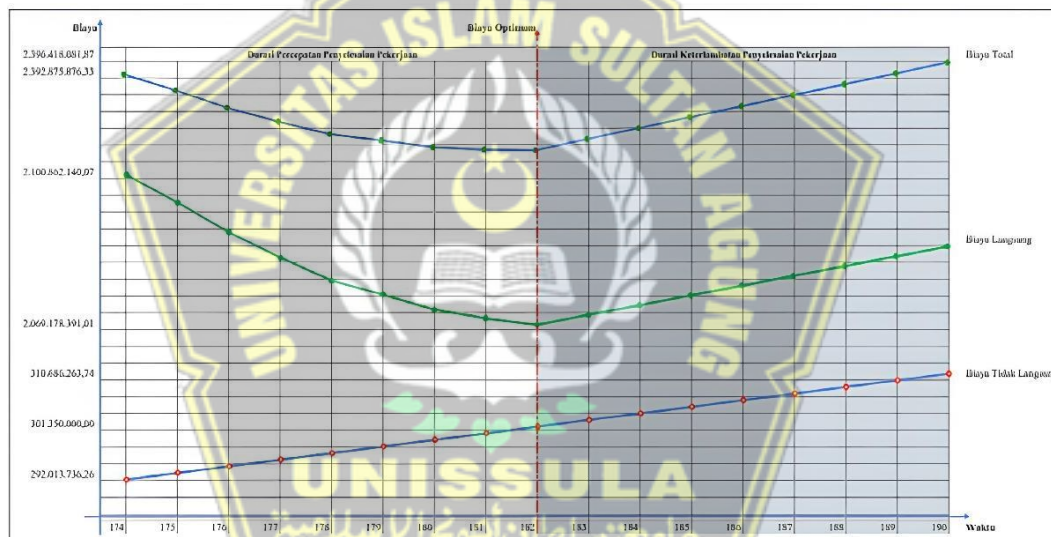
waktu seharusnya menghasilkan biaya tidak langsung (Hutasoit et al., 2014). Unsur-unsur biaya tidak langsung adalah :

a. Biaya pengeluaran umum (*general overhead*)

Memerlukan biaya bagi sebuah proyek yang tidak memiliki keterikatan secara kontan dengan kegiatan proyek disebut biaya pengeluaran umum. Contoh biaya umum termasuk biaya operasional kantor, utilitas, sewa, akuntan pembelian, dan gaji karyawan.

b. Biaya pengeluaran proyek (*project overhead*)

Diperlukannya biaya pada sebuah proyek disebut biaya pengeluaran proyek, tetapi tidak terkait langsung dengan kegiatan tertentu, seperti supervisi lapangan, utilitas lapangan, asuransi proyek, dan penjadwalan. Biaya tidak langsung biasanya meningkat seiring dengan lama proyek.



Gambar 2.10. Hubungan Biaya dan Waktu (Putra, 2020)

Ditunjukkan pada Gambar 2.10, dapat dijelaskan bahwa anggaran tidak kontan mengalami kenaikan bersamaan dengan waktu, sementara anggaran langsung akan turun bersamaan dengan waktu pekerjaan. Namun, pada titik tertentu, total biaya akan menghasilkan nilai terendah, yang berarti biaya akan menjadi optimum.

2.6. Produktivitas

Produksi adalah perbandingan antara data masuk dan data keluar atau perolehan produksi dengan total sumber daya yang dimanfaatkan. Nilai yang

dihitung semasa pelaksanaan konstruksi disebut rasio produktivitas dalam proyek konstruksi. Nilai ini dapat dibagi mencakup biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat (Ervianto, 2005).

Aspek yang menjadi penyebab pengelompokan terhadap produktivitas proyek mencakup 4 bagian, yaitu:

- a. Metode dan teknologi, mencakup skema rekayasa, mekanisme konstruksi, deretan kerja, penilaian kerja.
- b. Manajemen lapangan, mencakup perancangan dan penjadwalan, komposisi lapangan, koneksi lapangan, pengelolaan material, pengelolaan peralatan, pengelolaan tenaga kerja.
- c. Lingkup kerja, mencakup keamanan kerja, lingkup fisik, kapasitas pengawasan, keselamatan kerja, edukasi kerja, partisipasi.
- d. Aspek individu, mencakup kualitas bayaran kerja, kesenangan kerja, membagi untung, relasi kerja mandor – pekerja.

2.6.1 Produktivitas Tenaga Kerja

Menurut Kinasih (2018) total pekerjaan yang diperoleh individu dan juga kelompok selama durasi waktu tertentu menjadi definisi produktivitas tenaga kerja.

Ketika proyek konstruksi dijalankan, terkadang ada segenap masalah yang mungkin muncul di lapangan. Faktor kualitas, biaya, dan waktu yang telah direncanakan biasanya akan dipengaruhi oleh masalah ini. Akibatnya, untuk mengatasi masalah tersebut, pengendalian diperlukan. Aspek yang menjadi pengaruh yaitu produktivitas pekerja. Menurunnya produktivitas pekerja akan menyebabkan lebih banyak waktu kerja serta tingginya biaya (*overcost*). Dengan demikian, manajemen proyek mampu menemukan apa yang dapat menyebabkan pekerja kurang produktif dan hal yang mampu dilaksanakan dengan bijak (Hernandi, 2020).

Kelompok faktor internal mencakup aspek manajemen material dan aspek lingkungan kerja. Faktor manajemen material dan aspek lingkungan kerja masing-masing memiliki variabel yang paling signifikan dalam mempengaruhi kinerja

proyek, seperti kiriman datang terlambat untuk bahan dan distributor serta kepadatan Lokasi (Margareth, 2010):

Indeks produktivitas =

$$\frac{\text{jumlah jam-orang yang sesungguhnya digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu}}{\text{jumlah jam-orang yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan identik pada kondisi standar}} \dots\dots[2.1]$$

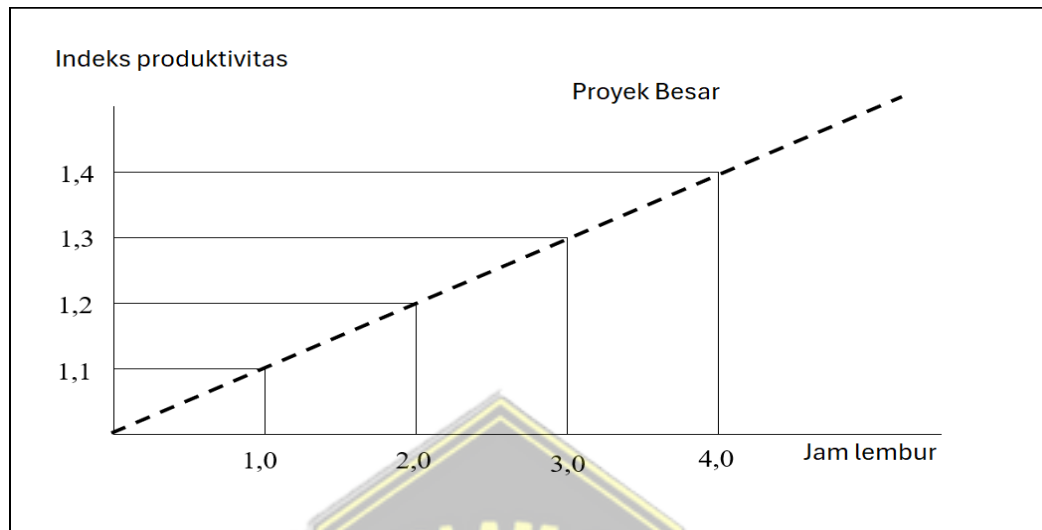
Kondisi rata-rata di Amerika Serikat *Gulf Coast* (1962–1963) digunakan sebagai standar, dengan nilai 1,0. Ini menunjukkan bahwa jika indeks produktivitas di tempat lain lebih besar dari 1,0, tenaga kerja tersebut lebih rendah dari standar, dan jika indeks produktivitas lebih rendah dari 1,0, tenaga kerja tersebut dengan standar tinggi. Untuk menghitung jumlah jam kerja per minggu dan efektifitas, perlu dihitung jumlah jam kerja per minggu.

2.6.2 Produktivitas Kerja Lembur

Dalam rangka mencapai penyelesaian proyek konstruksi relevan terhadap jadwal yang telah dipermanenkan, percepatan durasi pengaplikasian kerap dilakukan, khususnya apabila terjadi keterlambatan. Menjadi strategi yang lazim diterapkan untuk mempercepat waktu pengaplikasian melalui penambahan jam kerja lembur. Jam lembur merujuk pada waktu kerja tambahan di luar jam kerja standar yang umumnya berjumlah 8 jam per hari atau 40 jam per minggu. Meskipun dalam jangka pendek penerapan lembur dapat memberikan kontribusi positif terhadap percepatan penyelesaian proyek, dalam jangka panjang hal tersebut berpotensi menimbulkan dampak negatif berupa pekerja dengan lelah berlebih, penurunan kapasitas produksi, serta tingkat keamanan, maupun peningkatan tingkat absensi akibat gangguan kesehatan (Sumarningsih, 2014)

Pelaksanaan kerja lembur pada proyek konstruksi sering kali tidak dapat dihindarkan, meskipun berisiko menurunkan tingkat efisiensi kerja. Gambar 2.9 memperlihatkan kecenderungan turunnya produktivitas ketika jumlah jam kerja harian maupun jumlah hari kerja dalam seminggu mengalami peningkatan. Penurunan produktivitas yang terjadi selama pelaksanaan kerja lembur disebabkan

oleh berbagai faktor, mencakup fisik yang lelah, visibilitas yang minim di waktu malam, serta dinginnya cuaca (Dimiyati, 2016).



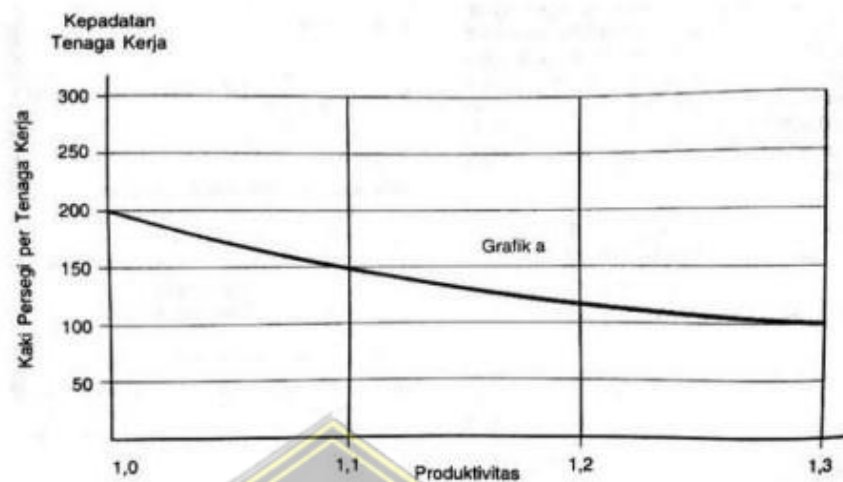
Gambar 2.9. Indikasi Penurunan Produktivitas karena Kerja Lembur (Dimiyati & Nurjaman, 2016)

2.6.3 Produktivitas Penambahan Tenaga Kerja

Produksi merupakan perbandingan antara data masuk dan data keluar atau perolehan produksi mengenai jumlah sumber daya yang dimanfaatkan. Nilai yang diukur selama proses konstruksi disebut rasio produktivitas dalam proyek konstruksi. Nilai ini mampu terbagi dalam anggaran tenaga kerja, anggaran material, mekanisme, dan anggaran alat. Kesuksesan proyek bergantung pada seberapa baik penghasilan sumber daya dilakukan. (Ervianto, 2004)

Penambahan jumlah tenaga kerja dapat menjadi strategi untuk mempercepat pelaksanaan proyek serta mengurangi potensi keterlambatan dalam proyek konstruksi. Namun, langkah ini juga berpotensi menurunkan tingkat produktivitas. Hal tersebut disebabkan oleh terbatasnya ruang gerak yang tersedia—semakin banyak pekerja yang ditempatkan, semakin sempit area kerja yang tersedia. Kepadatan area kerja tersebut menyebabkan lingkungan menjadi terlalu padat, yang pada akhirnya akan mencapai suatu titik di mana produktivitas mulai menurun. Titik ini dikenal sebagai titik jenuh. Oleh karena itu, dalam perencanaan kebutuhan tenaga kerja, penting untuk mempertimbangkan

keberadaan titik jenuh agar tidak terjadi saat percepatan proyek dilakukan untuk memenuhi target waktu penyelesaian (Soeharto, 2015).



Gambar 2.10. Kepadatan Tenaga Kerja dengan Produktivitas (Soeharto, 2015)

2.7. **Microsoft Project**

Microsoft Project merupakan pengelolaan informasi administrasi menggunakan program yang berperan membantu proses perancangan, pengendalian, pengorganisasian, serta pemberitahuan dalam pelaksanaan proyek. Aplikasi ini memberikan kemudahan dalam penggunaannya serta fleksibilitas dalam tampilan lembar kerjanya, sehingga sangat mendukung kegiatan administrasi proyek secara keseluruhan (Setiyono, Wahyudi, Adi, 2022).

Salah satu kelebihan *Microsoft Project* terletak pada keahliannya dalam membenahi perancangan kegiatan, pengelolaan, serta penanganan waktu dan biaya proyek dengan cara mengolah data masukan menjadi keluaran yang sesuai dengan tujuan perencanaan. Penggunaan *Microsoft Project* dalam pengorganisasian proyek konstruksi bangunan gedung secara khusus bertujuan untuk perencana maupun praktisi yang ingin mengimplementasikan perangkat lunak ini secara efisien, praktis, dan aplikatif (Sunatha, 2023).

Keinginan penjadwalan dalam *Microsoft Project* mencakup:

- Memahami durasi proyek
- Mengarahkan pembuatan jadwal
- Merencanakan durasi ideal

- d. Mendistribusikan sumber daya yang diperlukan

Komponen yang dibutuhkan pada jadwal yaitu sebagai berikut:

- a. Item pekerjaan
- b. Durasi setiap item pekerjaan
- c. Hubungan kerja setiap item pekerjaan
- d. Sumber daya (tenaga kerja, peralatan, volume)

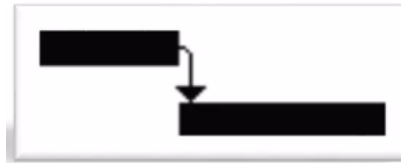
Hal yang mampu ditangani *Microsoft Project* mencakup:

- a. Menulis kepentingan kemampuan kerja pada tiap item pekerjaan
- b. Menulis durasi kerja para pekerja serta durasi lembur
- c. Mengestimasi pengeluaran yang berkaitan dengan upah kemampuan kerja, masukan anggaran kontan, serta jumlah anggaran proyek
- d. Memeriksa penggunaan kemampuan kerja pada tiap pekerjaan agar kelebihan beban tidak terjadi

Menurut Khinasih (2009) adapun istilah yang kerap dipakai dalam penerapan

Microsoft Project mencakup:

- a. *Task*
Wujud lembar kerja pada *Microsoft Project* yang digunakan untuk pemerincian pekerjaan proyek.
- b. *Duration*
Termin waktu yang diinginkan dalam penyelesaian pekerjaan.
- c. *Start*
Tanggal bermulanya pekerjaan yang relevan dengan perancangan.
- d. *Finish*
Tanggal penyelesaian pekerjaan yang mampu ditulis dengan manual serta otomatis diikuti dengan tambahan *start* dan *duration*.
- e. *Predecessor*
Relasi keterikatan antara pekerjaan satu dengan lainnya. Pada *Microsoft Project* mencakup 4 ragam relasi terhadap pekerjaan, yakni:
 - 1) *FS (Finish to Start)*
Suatu pekerjaan (B) baru boleh dimulai jika pekerjaan yang lainnya (A) telah selesai.



Gambar 2.11. FS (*Finish to Start*) (Napsiyana, 2010)

2) FF (*Finish to Finish*)

Suatu pekerjaan (A) harus selesai bersamaan dengan selesainya pekerjaan lain (B).



Gambar 2.12. FF (*Finish to Finish*) (Napsiyana, 2010)

3) SS (*Start to Start*)

Suatu pekerjaan (A) harus dimulai bersamaan dengan pekerjaan lain (B).



Gambar 2.13. SS (*Start to Start*) (Napsiyana, 2010)

4) SF (*Start to Finish*)

Suatu pekerjaan (B) baru oleh diakhiri jika pekerjaan lain (A) dimulai.



Gambar 2.14. SF (*Start to Finish*) (Napsiyana, 2010)

f. *Resources*

Sumber daya yang mencakup manusia serta material

g. *Baseline*

Segenap perencanaan jadwal yang meliputi persetujuan serta penetapan.

h. *Gantt Chart*

Wujud dari *Microsoft Project* yang digambarkan dengan balok horizontal yang menyimbolkan tiap pekerjaan bersamaan dengan durasi.

i. *Tracking*

Pengisian informasi yang tercatat dalam lapangan dengan susunan perancangan.

j. *Milestone*

Pekerjaan yang bermula dengan tempo 0 yang dimanfaatkan sebagai keterangan kerja.

2.8. Keterlambatan Proyek

Keterlambatan merupakan kondisi di mana waktu pelaksanaan tidak dimanfaatkan sebagaimana mestinya berdasarkan rencana kegiatan, sehingga mengakibatkan tertundanya satu atau lebih aktivitas, atau bahkan ketidaksesuaian penyelesaian pekerjaan dengan jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya (Ervianto, 2005).

Dalam implementasi proyek konstruksi, tercatat beberapa kemungkinan yang menjadi penyebab bertambahnya durasi suatu aktivitas atau bahkan keterlambatan penyelesaian proyek secara menyeluruh. Adapun faktor umum yang dominan menjadi penyebab mencakup perubahan kondisi di lapangan, revisi desain atau spesifikasi teknis, kondisi cuaca yang tidak mendukung, serta keterbatasan dalam ketersediaan tenaga kerja, material, maupun peralatan. Pada bagian ini akan dibahas berbagai pandangan dari para ahli terkait faktor-faktor penyebab keterlambatan tersebut (Saputra, 2017).

2.9. Metode *Crashing*

Metode *crashing* merupakan mekanisme percepatan proyek dengan cara memperpendek durasi suatu aktivitas yang berimpak kontan terhadap waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan (Ervianto, 2004). Pemangkasan durasi ini umumnya memerlukan penambahan sumber daya, termasuk biaya tambahan dan percepatan pelaksanaan aktivitas. Banyaknya pekerjaan yang dipercepat, maka akan menyebabkan peningkatan biaya pada item tersebut. Akan tetapi, secara

keseluruhan biaya total proyek dapat ditekan dibandingkan potensi kerugian akibat keterlambatan. Kondisi lapangan sering kali memerlukan penerapan alternatif pengendalian proyek melalui metode lembur. Analisis dilakukan dengan menghitung cost slope serta biaya setelah penerapan program crash. Program *crashing* difokuskan mengenai adanya kegiatan di lajur kritis (Husen, 2010). Terdapat beberapa pendekatan yang dapat digunakan dalam melajukan durasi pelaksanaan proyek, di antaranya adalah :

a. Penambahan jumlah tenaga kerja

Pendekatan ini merujuk pada peningkatan total pekerja pada satuan unit pekerjaan dalam menyelesaikan kegiatan dengan tidak adanya diperpanjang waktu kerja. Dalam pelaksanaannya, aspek ruang kerja harus menjadi perhatian utama, karena peningkatan jumlah tenaga kerja dalam satu kegiatan tidak diperbolehkan merusak fokus pelaksanaan aktivitas lain yang berlangsung secara bersamaan. Selain itu, diperlukan peningkatan intensitas pengawasan, sebab keterbatasan ruang dan kurangnya pengawasan dapat menyebabkan penurunan tingkat produktivitas.

b. Penjadwalan kerja lembur

Pendekatan dengan upaya meningkatkan intensitas dan mempermudah terlaksananya kegiatan melalui tambahan jam kerja atau penerapan kerja lembur. Namun, dalam penerapan kerja lembur perlu diperhatikan durasi kerja harian masing-masing individu, karena beban kerja yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan produktivitas akibat kelelahan. Jam kerja normal dalam sehari umumnya berlangsung selama 7 jam, dimulai pukul 08.00 hingga 16.00 dengan waktu istirahat selama 1 jam. Sementara itu, kerja lembur dilakukan setelah jam kerja reguler, selama 3 jam, dan diselingi istirahat selama 30 menit, yaitu pada pukul 16.00 hingga 19.30. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11, diatur ketentuan mengenai standar upah lembur sebagai berikut:

1. Pelaksanaan kerja lembur dibatasi maksimal dalam 3 (tiga) jam per hari dan tidak melebihi 14 (empat belas) jam tiap satu minggu

2. Bilamana kerja lembur berlangsung dalam 3 (tiga) jam atau lebih, pengusaha wajib menyediakan makanan dan minuman dengan total kandungan minimal 1.400 kalori
3. Upah kerja lembur bagi jam pertama mampu dibayarkan memperlihatkan 1,5 (satu setengah) kali dari bayaran per jam. Sementara itu, per jam lembur selanjutnya, pekerja mempunyai wewenang penuh dalam mendapatkan gaji 2 (dua) kali dari gaji per jam

c. Prinsip dasar perhitungan metode *crashing*

Dalam *crashing project*, mencakup dua elemen, antara lain:

1. Waktu Normal (*Normal Time*), menjabarkan kegiatan dapat selesai dalam keadaan normal
2. Waktu Akselerasi (*Crash Time*), menjabarkan durasi pendek dengan kemungkinan penyelesaian kegiatan. .

Dari penjabaran dua elemen menghasilkan Total Waktu Akselerasi, dengan persamaan:

$$\text{Total Waktu Akselerasi} = \text{Waktu Normal} - \text{Waktu Akselerasi} \quad \dots\dots[2.2]$$

Adapun pembagian komponen biaya dalam *crashing project*, mencakup:

1. Biaya Normal (*Normal Cost*) menjadi biaya langsung yang dikeluarkan agar merampungkan kegiatan dalam keadaan pelaksanaan normal, tanpa percepatan atau penambahan sumber daya
2. Biaya Akselerasi (*Crash Cost*) menjadi biaya langsung yang dibutuhkan untuk meranmpungkan suatu kegiatan dalam durasi waktu tercepat yang masih memungkinkan secara realistis. Berdasarkan dua elemen biaya, yaitu biaya normal dan biaya akselerasi, maka dapat dihitung Total Biaya Akselerasi dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Total Biaya Akselerasi} = \text{Biaya Akselerasi} - \text{Biaya Normal} \quad \dots\dots[2.3]$$

3. Biaya Akselerasi per Unit Waktu (*Slope*) merupakan tambahan biaya langsung yang diperlukan untuk mempercepat penyelesaian suatu aktivitas hingga mencapai durasi minimum, dihitung dalam satuan waktu terkecil yang telah ditentukan. Nilai *slope* ini dapat diperoleh melalui persamaan berikut

$$\text{Biaya Akselerasi per Unit Waktu (Slope)} = \frac{\text{Total Biaya Akselerasi}}{\text{Total Waktu Akselerasi}} \quad \dots\dots[2.4]$$

Untuk menerapkan metode crashing dalam suatu proyek, terdapat beberapa tahapan sistematis yang perlu dilakukan, yaitu:

1. Menyusun diagram jaringan kerja untuk seluruh aktivitas dalam proyek
 2. Hitung keseluruhan waktu percepatan, keseluruhan anggaran akselerasi serta biaya akselerasi per unit waktu bagi setiap kejadian.
 3. Mengidentifikasi lintasan kritis dan menentukan total durasi proyek saat ini
 4. Memilah aktivitas yang berada dalam lintasan kritis dengan nilai biaya percepatan per satuan waktu paling rendah, kemudian mempercepat durasi aktivitas secara maksimal
 5. Memperbarui seluruh durasi kegiatan; apabila target waktu proyek telah tercapai, proses dihentikan. Jika belum, ulangi kembali proses dari langkah ketiga
- d. Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Crashing mampu memperoleh pertambahan jam kerja yang mengakibatkan ketepatan proyek. Produktivitas sebagai Solusi yang mampu dijumlahkan dengan rumus 3.4 sampai dengan 3.9.

$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \dots\dots\dots [2.5]$$

$$\text{Produktivitas/jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja Normal}} \dots\dots\dots [2.6]$$

$$\text{Produktivitas sesudah crash} = \text{Produktivitas harian} + (\text{Total Waktu Lembur} \times \text{Produktivitas/jam} \times \%) \dots\dots\dots [2.7]$$

Dari nilai produktivitas harian setelah crash mampu dihitung tempo penyelesaian proyek setelah dipercepat (*crash duration*).

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas sesudah Crash}} \dots\dots\dots [2.8]$$

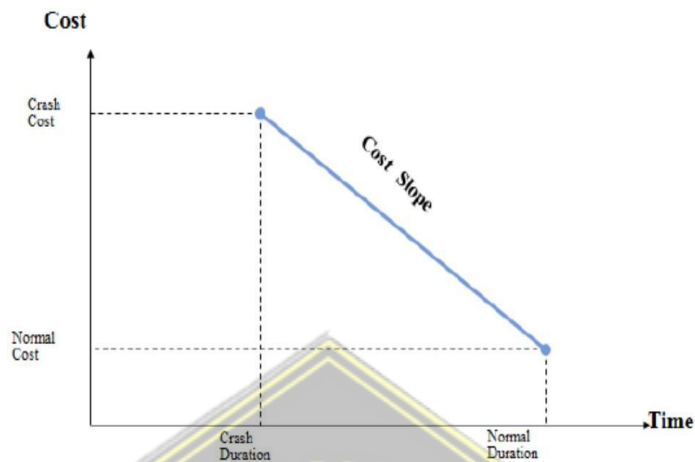
Besarnya nilai *crash cost* dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\text{Biaya Upah Lembur Total} = \text{Jumlah pekerja} \times (3 \text{ jam} \times \text{crashing}) \times \text{biaya lembur/hari} \dots\dots\dots [2.9]$$

$$\text{Crash Cost} = \text{Biaya Langsung Normal} + \text{Biaya Upah Lembur Total} \dots\dots [2.10]$$

Dalam menganalisis keterkaitan antara waktu dan biaya pada suatu aktivitas, digunakan beberapa istilah penting, yaitu: durasi normal (*Normal Duration*), durasi

percepatan (*Crash Duration*), biaya normal (*Normal Cost*), dan biaya percepatan (*Crash Cost*). Relasi waktu serta biaya, baik perihal kondisi normal maupun percepatan, mampu digambarkan secara visual melalui Gambar 2.15 berikut :



Gambar 2.15. Hubungan Waktu dan Biaya pada Keadaan Normal dan Dipersingkat pada Suatu Kegiatan (Gray, 2007)

Derek (1996, dalam Khinasih 2018), menjabarkan terdapat 2 pendekatan utama untuk melaksanakan *crashing* yakni :

A. *Crashing at no extra cost*

Bagi akselerasi tanpa biaya (*crashing at no extra cost*) mampu dilaksanakan melalui perbandingan

1. *Consideration of general planning strategies*, yakni menumbuhkan rencana perancangan dengan strategi pelaksanaan.
2. *Consideration of activity duration*, yakni menjumlah ulang tempo kegiatan, selanjutnya mendapatkan kecilnya durasi yang relevan terhadap keahlian serta adaptasi secara universal.
3. *Consideration of contruction methods* yaitu mempertimbangkan pemakaian metoda kerja lain, dan
4. *Consideration of network logic* yaitu memperhitungkan relasi antar kegiatan berarti melakukan penyempurnaan terhadap ketergantungan yang telah ada, dengan tujuan untuk mempercepat pelaksanaan pekerjaan konstruksi secara keseluruhan

B. *Crashing at extra cost*

Crashing at extra cost diterapkan setelah tahapan *crashing at no extra cost* dilakukan. Apabila percepatan proyek melalui metode tanpa penambahan biaya belum mampu memenuhi target waktu yang diinginkan, maka langkah selanjutnya adalah menerapkan *crashing* dengan biaya tambahan. Dalam penerapan metode ini, perlu disadari dan dipertimbangkan bahwa kemungkinan besar akan timbul tambahan biaya yang harus ditanggung selama proses percepatan berlangsung.

Perhitungan durasi *crash* dilakukan dengan mempertimbangkan total jam kerja normal harus setara dengan total jam kerja lembur yang efektif. Dalam hal ini, jam kerja lembur yang efektif merupakan jumlah jam kerja lembur yang telah disesuaikan akibat penurunan produktivitas tenaga kerja selama periode lembur.

Durasi *crash* bersifat maksimal bila suatu pekerjaan yang dilemburkan dihitung dengan rumus :

$$D_c = \frac{(D_n \times h)}{(h + (h_o \times e))} \dots\dots\dots [2.11]$$

Keterangan:

D_c = Durasi *Crash*

D_n = Durasi Normal

h = jumlah normal per hari

h_o = jam kerja lembur per hari

e = efektifitas lembu

e. Prosedur Mempersingkat Durasi Proyek (*Crashing*)

Menurut Ningrum (2017), pelaksanaan *crashing* pada suatu proyek memerlukan serangkaian tahapan yang sistematis, yaitu:

1. Menyusun diagram jaringan kerja untuk seluruh aktivitas yang ada
2. Melakukan perhitungan terhadap total durasi percepatan, total biaya percepatan, serta biaya percepatan per satuan waktu pada setiap aktivitas
3. Menentukan lintasan kritis dan menghitung total durasi proyek

4. Mengidentifikasi aktivitas pada lintasan kritis yang memiliki biaya percepatan paling rendah, kemudian mempercepat durasi aktivitas tersebut semaksimal mungkin
5. Memperbarui seluruh waktu aktivitas; apabila target durasi telah tercapai, maka proses dihentikan. Namun jika belum, tiga langkah pertama diulang hingga diperoleh durasi penyelesaian proyek yang optimal dengan total biaya terendah

2.10. Metode *Overlapping*

Dalam analisis jaringan kerja (*network*), biasanya diasumsikan bahwa suatu aktivitas penerus hanya dapat dimulai setelah aktivitas pendahulunya selesai sepenuhnya. Namun, jika aktivitas penerus memungkinkan untuk dimulai lebih awal sebelum pendahulunya rampung, maka aktivitas pendahulu dapat dibagi menjadi beberapa sub-aktivitas. Pada jaringan kerja yang disusun menggunakan diagram anak panah, pembagian ini berpotensi meningkatkan jumlah *dummy activity*. Untuk menghindari kompleksitas akibat bertambahnya dummy, diperlukan pendekatan alternatif. Hal ini dikarenakan dalam praktiknya, banyak proyek menerapkan konsep “aktivitas bertahap,” yakni aktivitas penerus yang bermula walaupun dengan sebagian aktivitas pendahulu telah dirampungkan (Fadjar, 2009).

Fenomena yang telah dijelaskan sebelumnya dikenal sebagai “aktivitas tumpang tindih” (*overlapping activities*). Aktivitas semacam ini dapat dikelola tanpa perlu menambah kompleksitas atau ukuran jaringan proyek, selama analisis dilakukan menggunakan metode *precedence diagramming* yang memanfaatkan konsep *lead*, *lag*, dan *link*. Penerapan aktivitas bertumpukan memungkinkan representasi proyek dalam bentuk jaringan kerja menjadi lebih realistis, serta secara universal memperoleh durasi penyelesaian proyek yang lebih singkat (Fadjar, 2009).

Dalam analisis jaringan kerja yang melibatkan aktivitas tumpang tindih, metode yang konvensional diterapkan yaitu *precedence diagramming method* (diagram preseden). Pada metode ini, dikenal istilah *lead time* (LT), yaitu selang waktu antara mulai atau selesainya seluruh atau sebagian suatu aktivitas dengan mulai atau selesainya seluruh atau sebagian aktivitas lainnya, berdasarkan hasil analisis terhadap bobot masing-masing aktivitas. *Lead time* dapat dinyatakan

dengan wujud nilai absolut berupa satuan waktu (misalnya hari), atau dengan wujud persentase dari durasi aktivitas terkait (Fadjar, 2009)

Menurut Fadjar (2009), keterkaitan beberapa aktivitas berlangsung secara bertumpukan bermakna sebagai relasi tumpukan (*overlapping relationships*). Terdapat empat bentuk utama relasi tumpukan yang muncul antara aktivitas tersebut, mencakup:

- A. *Start-to-start* (S/S)
- B. *Start-to-finish* (S/F)
- C. *Finish-to-start* (F/S)
- D. *Finish-to-finish* (F/F)

2.11. Metode Gabungan Kombinasi *Crashing* dan *Overlapping*

Metode gabungan antara *crashing* dan *overlapping* sebagai teknik penjadwalan proyek yang memadukan prinsip dasar dari kedua metode tersebut. Pendekatan *overlapping* dilakukan dengan memodifikasi hubungan ketergantungan (*relationship*) antar aktivitas pada lintasan kritis, sehingga beberapa pekerjaan dapat dilaksanakan secara tumpang tindih. Sementara itu, metode *crashing* diterapkan dengan memperpendek durasi aktivitas yang berkedudukan pada lajur kritis melalui penambahan jam kerja, seperti lembur (Rahmawan dkk, 2020).

2.12. *Cost Slope*

Menurut Khinasih (2011), dengan memanfaatkan variabel waktu dan biaya dalam kondisi normal maupun setelah percepatan, dapat dihitung tambahan biaya yang diperlukan dalam percepatan satuan waktu dalam setiap aktivitas, yang dikenal dengan istilah *cost slope*. Titik-titik pada aktivitas tersebut dapat digambarkan dan dihubungkan melalui bagian garis yang berperan sebagai alat analisis untuk menilai kelayakan suatu aktivitas dalam dilakukan *crashing*. Metode ini dilakukan dengan mengamati kemiringan (*slope*) pada tiap bagian garis, yang memperlihatkan indikasi perihal sejauh mana pengaruh perubahan biaya perihal waktu selesai proyek yang berkurang.

$$Cost\ Slope = \frac{crash\ cost - normal\ cost}{normal\ duration - crash\ duration} \dots\dots\dots [2.12]$$

Dalam upaya percepatan penyelesaian proyek melalui metode kompresi durasi, prinsip utama yang diterapkan adalah meminimalkan penambahan biaya yang mungkin timbul. Proses kompresi ini difokuskan pada kegiatan yang berkedudukan pada lajur kritis, berasal dari kegiatan yang mempunyai nilai *cost slope* paling rendah.

2.13. Penelitian Terdahulu

Sebagai landasan penilaian dan literatur dalam penelitian ini, memperlihatkan hasil penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan topik. Pemaparan ini juga bertujuan untuk menghindari terjadinya duplikasi dalam pelaksanaan penelitian. Adapun ringkasan dari penelitian-penelitian yang relevan disampaikan sebagai berikut:

Tabel 2.1. Perbedaan Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Topik	Hasil Penelitian
1	Syafriza Thaher (2007)	Evaluasi Waktu dan Biaya Dengan Metode Crashing Pada Proyek Pembangunan Dermaga Tembilahan	Berdasarkan hasil analisis terhadap biaya dan durasi optimal dengan menggunakan alternatif metode penambahan tenaga kerja, diperoleh bahwa total biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sisa pekerjaan mencapai Rp 64.927.742.000,57. Durasi penyelesaian pekerjaan mengalami percepatan selama 6 hari dibandingkan dengan waktu pelaksanaan normal
2	Ariany Frederika	Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan	Hasil analisis menunjukkan bahwa biaya optimum pada skenario

	(2010)	Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi	penambahan 1 jam kerja adalah sebesar Rp 784.104,16 dengan durasi percepatan selama 8 hari. Sementara itu, waktu percepatan paling optimum diperoleh pada penambahan 2 jam kerja, yaitu selama 14 hari, dengan total biaya sebesar Rp 700.377,35
3	Ahmad Saif Azzam (2017)	Analisis Percepatan Proyek Pembangunan Java Village Resort Dengan Menambahkan Tenaga Kerja dan Jam Kerja	Perbandingan antara biaya pelaksanaan pekerjaan normal dan percepatan dengan penambahan tenaga kerja menunjukkan bahwa metode percepatan dengan penambahan tenaga kerja menghasilkan biaya 2% lebih rendah. Namun, apabila tenaga kerja ditambah sebesar 3%, justru menyebabkan peningkatan biaya dibandingkan kondisi normal. Dari sisi durasi, percepatan dengan penambahan tenaga kerja mampu mempercepat waktu pelaksanaan hingga 33% dibandingkan durasi normal, sementara percepatan melalui penambahan jam kerja menghasilkan efisiensi waktu sebesar 21% dibandingkan dengan durasi pelaksanaan normal
4	Nita Sasmiastuti (2017)	Analisis Metode Crash Program Dengan Jam Kerja Sistem Shift	Percepatan proyek melalui penerapan sistem penambahan jam kerja mampu mengurangi durasi pelaksanaan proyek

			sebanyak 44 hari kerja dari total durasi normal selama 141 hari. Melalui metode ini, total biaya proyek menjadi sebesar Rp 10.709.063.104,00 atau mengalami penurunan sekitar 3% dibandingkan dengan biaya proyek dalam kondisi normal sebesar Rp 11.000.000.000,00.
--	--	--	---

Berlandaskan Tabel 2.1, tercantum sebagian hal yang sama dan beda dalam 4 penelitian terdahulu yang diimplementasikan. Penelitian ini berbeda dengan 4 penelitian tersebut, namun memiliki artian yang sama yaitu membahas tentang analisa manajemen biaya dan waktu proyek. Lokasi proyeknya juga berbeda, pada penelitian pertama terletak di Dermaga Tembilahan Riau, penelitian 2 di Peti Tenget-Badung Bali, penelitian 3 di Sleman Yogyakarta, Penelitian 4 di Surabaya Jatim sementara penelitian yang akan dilakukan berlokasi di Bendungan Tigadihaji, Kab. OKU Selatan, Prov. Sumatera Selatan.

Tujuan pada penelitian ini juga berbeda pada penelitian pertama, yaitu penelitian pertama hanya menggunakan metode *crashing*. Pada penelitian kedua juga berbeda, karena pengimplementasian metode *crashing* dengan jam lembur kerja bertambah. Pada penelitian ketiga perbedaan pada penelitian yang akan diteliti terletak pada implementasi metode yaitu metode *crashing* dalam bertambahannya jam kerja serta tenaga kerja, begitu juga dengan penelitian ke empat hanya menggunakan metode *crashing* sistem *shift*, jadi dari semua penelitian sebelumnya metodenya tidak ditemukan relevan, dimana penelitian ini mengimplikasikan metode *crashing*, *overlapping* dan gabungan *crashing overlapping*.

Pada prosedur penelitian ini terdapat persamaan dengan keempat proyek penelitian terdahulu yaitu data yang diperoleh langsung dari masing-masing proyek berupa anggaran biaya proyek, *Time Schedule*, daftar analisa harga, upah, dan analisa dari data proyek.

Biaya awal proyek mencakup beberapa perbedaan terhadap dengan ketiga penelitian terdahulu. Pada penelitian pertama sebanyak Rp. 69.782.763.000,08. Pada penelitian kedua Rp. 2.886.283.000,00. Penelitian ketiga memperlihatkan Rp. 11.000.000.000,00. Pada Penelitian keempat memperlihatkan Rp. 11.000.000.000,00. Biaya awal proyek penelitian ini mempunyai nominal terbesar di antara keseluruhan yakni sebanyak Rp. 1.077.580.618.000,00. Ada 2 kesesuaian penelitian ini dengan terdahulu yakni pada prosedur penelitian dan metode *crashing*. Adapun perbedaannya yaitu seperti lokasi proyek, metode penelitian, dan biaya awal pada proyek. Dari tabel tersebut dapat dideterminasi penelitian asli dengan penelitian palsu dengan menyalin empat peneliti terdahulu.

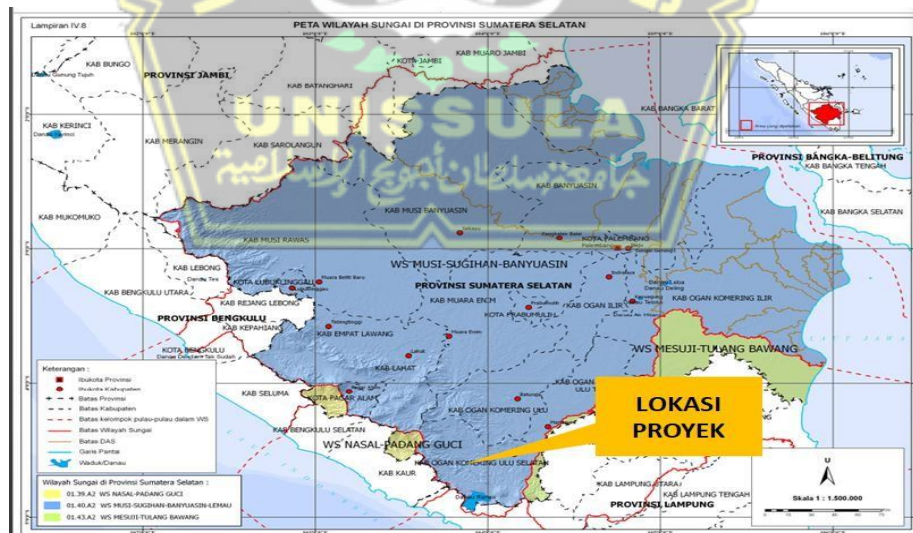


BAB III

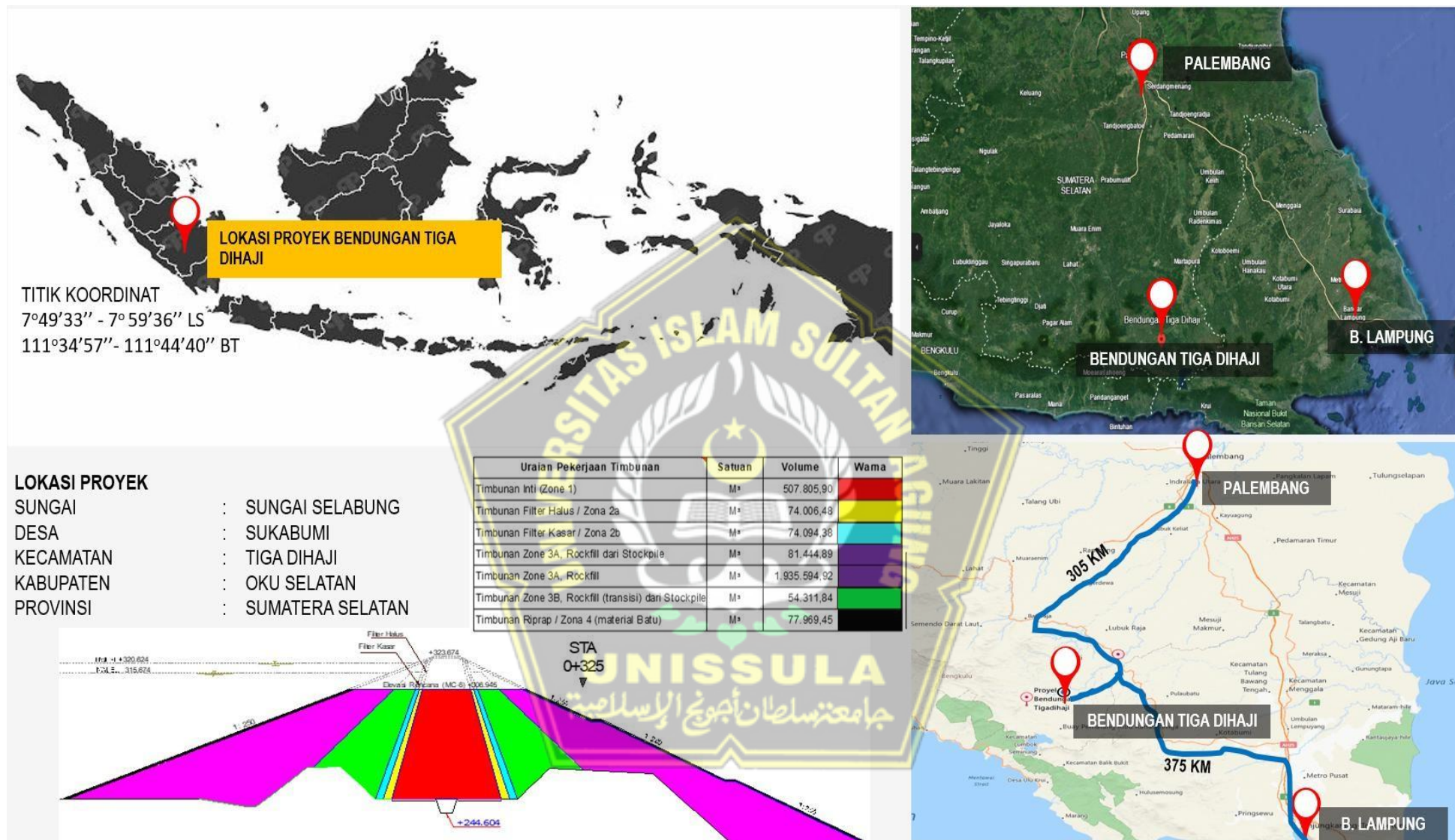
METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ialah pada Proyek Pembangunan Bendungan Tigadihaji Paket 1, yang berlokasi di Desa Pauh, Kecamatan Tigadihaji, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan. Secara geografis, lokasi bendungan berada di daerah perbukitan dengan topografi yang bervariasi, dan dialiri oleh Sungai Selabung yang merupakan salah satu anak Sungai Ogan. Akses menuju lokasi proyek dapat ditempuh melalui perjalanan darat dari Kota Palembang menuju Muaradua, ibu kota Kabupaten OKU Selatan, dengan jarak tempuh sekitar 360 km atau $\pm 8-10$ jam perjalanan. Dari Muaradua, perjalanan dilanjutkan menuju Kecamatan Tigadihaji sejauh ± 40 km melalui jalan kabupaten yang sebagian besar sudah beraspal namun memiliki kondisi medan yang menanjak dan berliku. Curah hujan tinggi tercatat dalam wilayah ini dan merupakan kawasan strategis untuk pengembangan pertanian dan pengendalian banjir. Proyek ini direncanakan berlangsung selama 2.632 hari kalender, terhitung sejak 17 Oktober 2018 hingga 31 Desember 2025.



Gambar 3. 1. Peta Lokasi Bendungan Tigadihaji Paket 1 (Hutama Basuki KSO, 2023)



Gambar 3.2 Lokasi Bendungan (Hutama – Basuki KSO, 2023)

3.2 Tahapan Penelitian

Pengaplikasian penelitian dengan berjenjang dan sistematis guna menganalisis keterlambatan proyek pembangunan Bendungan Tigadihaji serta mengevaluasi alternatif percepatan pelaksanaan berdasarkan penyajian waktu serta biaya menggunakan metode *crashing*, *overlapping*, maupun kombinasi *crashing & overlapping*. Adapun jenjang yang diimplementasikan dalam penelitian, mencakup:

1. Identifikasi Masalah dan Tujuan Penelitian. merumuskan latar belakang dan masalah penelitian, yaitu terjadinya keterlambatan pelaksanaan proyek terhadap jadwal rencana (*master schedule*). Tujuan penelitian ditetapkan untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan dan mencari solusi percepatan waktu yang optimal serta menganalisis dampaknya terhadap biaya proyek.
2. Tahap ini melibatkan pengumpulan data primer dan sekunder yang relevan, seperti:
 - a. *Time schedule*
 - b. Durasi dan ketergantungan antar aktivitas
 - c. Biaya langsung dan tidak langsung tiap kegiatan
 - d. Sumber daya proyek (tenaga kerja, alat, dan material)
 - e. Informasi teknis pelaksanaan proyek di lapangan
3. Penyusunan jaringan kerja proyek
4. Analisis dengan metode *crashing*
5. Analisis dengan metode *overlapping*
6. Analisis kombinasi *crashing* dan *overlapping*
7. Kesimpulan berupa pengutipan ketetapan yang memiliki relasi terhadap tujuan penelitian yang telah di analisis.

3.3 Metode Pengumpulan data

Mengklasifikasikan data penelitian mencakup dua hal antara lain, data primer dan data sekunder.

3.3.1 Data *Primer*

Data primer sebagai data yang didapatkan dengan kontak dari sumber asli serta secara spesifik dikelompokkan peneliti. Bentuk data primer ini berupa dokumentasi pekerjaan di Proyek yang sedang dikerjakan.

3.3.2 Data Sekunder

Rencana implementasi data sekunder dalam penelitian, mencakup:

- a. Data-data umum Proyek,
- b. Rencana Anggaran Biaya (RAB),
- c. *Master schedule* dan Kurva S,
- d. Analisa harga satuan pekerjaan,
- e. Laporan kegiatan proyek yang didapat dari pelaksana lapangan

3.4 Metode Pengolahan dan Analisis Data

Penggarapan dan penyajian data dilaksanakan sebagai berikut:

3.4.1 Metode *Crashing*

Penyusutan durasi perampungan proyek yang disengaja, investigative, dan analitis dengan proses uji seluruh aktivitas pada proyek merupakan definisi *Crashing*. Akan tetapi, berpusat pada aktivitas yang tersedia di lajur kritis. Menyebabkan lajur kritis dalam network planning wajib dipahami sebelumnya karena lajur kritis merupakan tujuan utama dalam akselerasi durasi (Anggraeni, 2017).

Menurut Ningrum (2017), menjabarkan upaya melaksanakan *crashing* dalam proyek yang terbagi dalam sintaks berikut:

- a. Rancangan jarring diagram dalam tiap kegiatan
- b. Pertimbangan jumlah waktu percepatan, jumlah biaya percepatan, serta biaya percepatan per waktu bagi tiap kegiatan
- c. Menentukan deret lajur kritis serta pengerjaan durasi proyek
- d. Memilih aktivitas dalam deret lajur kritis yang mempunyai biaya percepatan minimum, serta pengurangan waktu sebanyak-banyaknya.

- e. Perbaharui seluruh waktu kegiatan, bilamana batas waktu yang diharapkan telah tergapai, maka berhenti. Bilamana tidak, mengulang 3 sintaks awal hingga didapatkan tempo penyelesaian dalam biaya rendah.

3.4.2 Metode *Overlapping*

Metode *overlapping* atau sering disebut adalah teknik percepatan proyek dengan cara melaksanakan aktivitas yang semula berurutan menjadi tumpang tindih atau paralel sebagian. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi durasi total proyek tanpa menambah sumber daya secara signifikan. Metode *Overlapping* menjadi pendekatan yang diperuntukkan dalam mempercepat waktu dengan modifikasi *relationship* agar terselesaikan dengan mudah pekerjaan sehingga durasi tidak berubah. Hal ini mampu menggapai waktu yang disediakan dalam mempertimbangkan *lead time* pada 4 ragam relasi, yaitu ; *start-to-start* (S/S), *start-to-finish* (S/F), *finish-to-start* (F/S) dan *finish-to-finish*. Berikut adalah tahapan *overlapping* :

- a. Menentukan aktivitas berurutan yang memungkinkan dikerjakan paralel sebagian
- b. Menetapkan persentase tumpang tindih antar aktivitas
- c. Menyesuaikan durasi aktivitas yang di-overlap
- d. Menghitung tambahan biaya akibat *overlapping* (misalnya koordinasi, risiko rework)
- e. Menyusun ulang jaringan kerja dan jalur kritis
- f. Menghitung total durasi dan biaya proyek setelah *overlapping*
- g. Mengevaluasi hasil *overlapping* terhadap efisiensi waktu dan biaya

3.4.3 Metode gabungan *crashing* dan *overlapping*

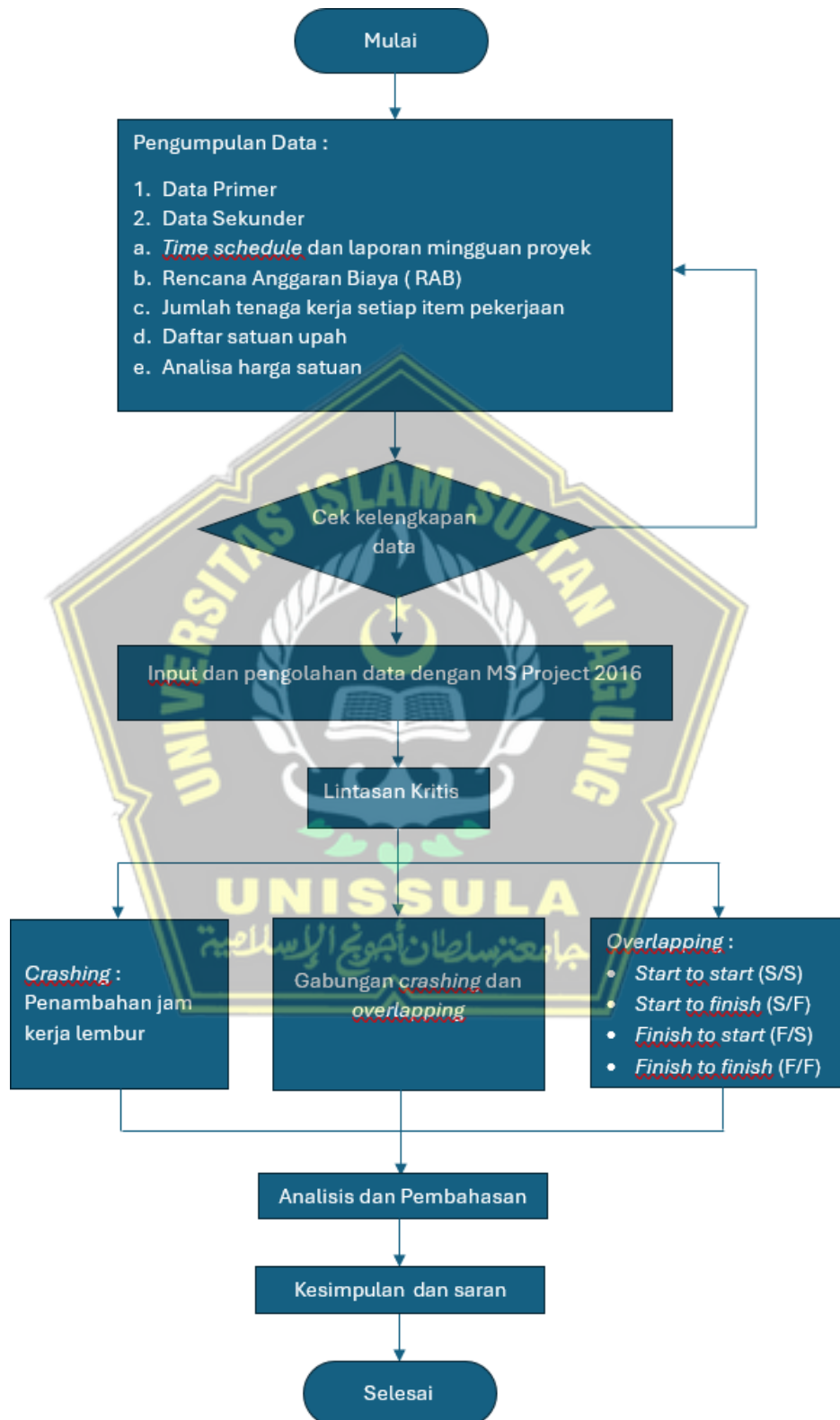
Metode gabungan *crashing* serta *overlapping* sebagai metode jadwal yang mengimplementasikan relasi *crashing* serta *overlapping* yang mempertahankan konsep dasar pada setiap metode yang dijabarkan di atas, sehingga pemerolehan ideal perihal waktu maupun biaya. Berikut langkah-langkah nya :

- a. Mengidentifikasi aktivitas yang dapat di-crash dan di-overlap
- b. Mengkombinasikan crashing pada aktivitas tertentu dan overlapping pada aktivitas lainnya
- c. Menyusun skenario kombinasi percepatan
- d. Menghitung total durasi dan biaya dari setiap skenario
- e. Memilih kombinasi yang paling optimal secara waktu dan biaya
- f. Menyusun kembali jaringan kerja dan jalur kritis hasil kombinasi
- g. Mengevaluasi efisiensi dari metode gabungan terhadap kondisi awal proyek



3.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir pada penelitian ini dapat disajikan mencakup :



Gambar 3.2 Bagan alir penelitian

BAB IV

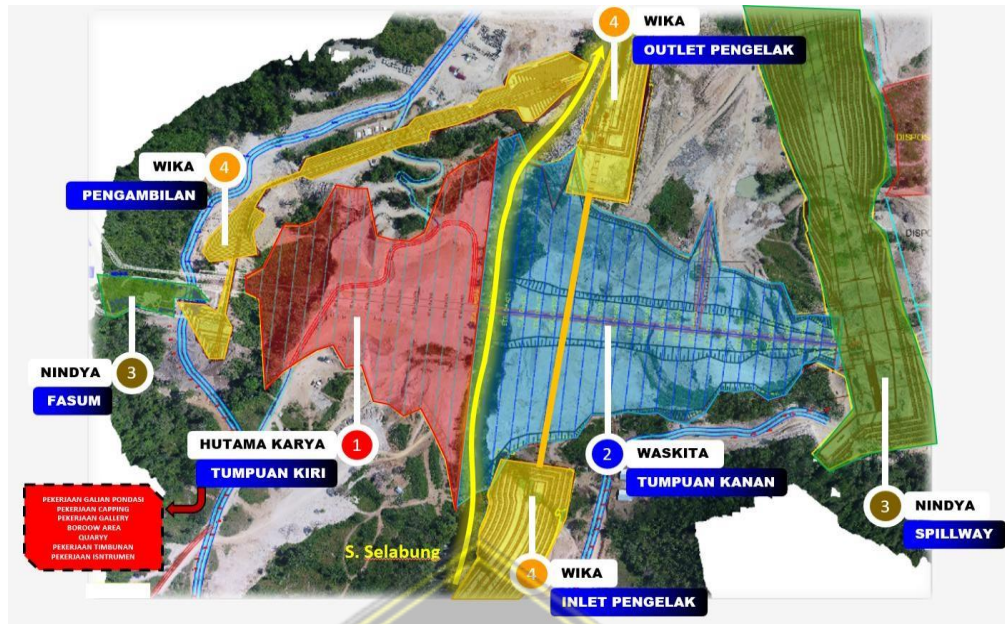
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Umum Proyek

Bendungan Tigadihaji dirancang sebagai bendungan urugan batu dengan zona inti tegak, dengan tinggi 122 meter dan panjang puncak 950 meter. Secara fungsional, Bendungan Tigadihaji direncanakan untuk memberikan suplai irigasi ke lahan seluas 18.219 hektar, menghasilkan listrik melintasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan kapasitas sekitar 40 MW, serta mendukung budidaya perikanan, penyediaan air baku, dan pengembangan pariwisata lokal.

Proyek pembangunan Bendungan Tigadihaji di Provinsi Sumatera Selatan menjadi segenap proyek strategis nasional dengan catatan kompleksitas tinggi, baik dari sisi teknis, logistik, maupun pengelolaan sumber daya. Untuk mengoptimalkan pelaksanaan dan pengendalian proyek, serta mempercepat progres fisik di lapangan, pekerjaan konstruksi bendungan ini dibagi ke dalam empat paket pekerjaan utama. Pembagian ini bertujuan untuk mendistribusikan beban kerja, mempermudah koordinasi antar pelaksana, serta mengakomodasi spesialisasi kontraktor terhadap masing-masing bidang pekerjaan. Pembagian ke dalam empat paket pekerjaan ini juga memungkinkan pelibatan beberapa penyedia jasa konstruksi secara simultan, yang dapat meningkatkan efisiensi dan mempercepat penyelesaian proyek. Selain itu, struktur pembagian ini mendukung sistem pengawasan dan pelaporan yang lebih terfokus, karena masing-masing paket memiliki target dan kendala teknis yang berbeda. Dengan pendekatan ini, pengendalian waktu, biaya, dan mutu menjadi lebih terkendali, serta mempermudah identifikasi deviasi dari jadwal induk (master schedule). Adapun keempat paket pekerjaan tersebut meliputi:

1. Paket I (Hutama – Basuki, KSO) Pekerjaan tubuh bendungan kiri
2. Paket II (Waskita – Jakon – Sacna, KSO) Pekerjaan tubuh bendungan kanan
3. Paket III (Nindya – TPP, KSO) Pekerjaan *Spillway* dan fasilitas pendukung
4. Paket IV (Wika – Jaya, KSO) Pekerjaan terowongan pengelak dan bangunan pengambilan



Gambar 4.1 Paket Pekerjaan Bendungan Tigadihaji (Hutama – Basuki KSO, 2023)

Proyek Pembangunan Bendungan Tigadihaji Paket 1 berlokasi di Desa Sukabumi, Kecamatan Tigadihaji, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan. Pemilik Proyek ini adalah Kementerian Pekerjaan Umum, SNVT Pembangunan Bendungan BBWS Sumatera VIII, PPK Bendungan I yang dikerjakan oleh kontraktor Utama – Basuki KSO. Nilai Proyek ini sebesar Rp. 1.077.580.618.000 (*include* PPN) yang bersumber dari dana APBN tahun anggaran 2028 sampai dengan tahun 2025.



Gambar 4.2 Lokasi Penelitian (Hutama – Basuki KSO, 2023)

4.2 Kondisi Eksisting Biaya & Waktu

Proyek Pembangunan Bendungan Tigadihaji Paket 1 yang berlokasi di Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan, menjadi bagian dari upaya pemerintah dalam mendukung ketahanan air dan pangan nasional. Hingga saat ini, progres fisik proyek menunjukkan capaian yang belum sepenuhnya sesuai dengan target dalam *master schedule* yang telah ditetapkan. Berdasarkan hasil monitoring dan evaluasi terakhir pekerjaan utama yang termasuk dalam lingkup Paket 1 yaitu pekerjaan tubuh bendungan (*main dam*) bagian kiri masih berada dalam tahap pembangunan dan mengalami deviasi dari *master schedule*.

4.2.1 Durasi Normal Proyek

Durasi normal proyek merupakan rentang waktu yang direncanakan perihal penyelesaian tahapan secara menyeluruh terhadap pekerjaan proyek berdasarkan kondisi pelaksanaan yang standar, tanpa adanya percepatan atau penundaan. Penentuan durasi normal ini dilakukan pada tahap perencanaan awal proyek dan menjadi acuan utama dalam pengendalian waktu selama pelaksanaan. Dalam menetapkan durasi normal, perencana proyek mempertimbangkan ketersediaan sumber daya seperti tenaga kerja, alat, dan material dengan asumsi kondisi kerja berlangsung secara normal, tanpa lembur maupun kerja tambahan. Selain itu, urutan pelaksanaan pekerjaan dirancang sesuai logika teknis dan metode pelaksanaan yang efisien. Durasi normal ini juga digunakan sebagai dasar dalam analisis waktu, seperti pada penerapan metode crashing yang bertujuan untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan tertentu dengan menambah sumber daya .

Tabel 4.1 Uraian pekerjaan dalam durasi normal

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	KONTRAK	
			KUANTITAS	Waktu (Hari)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN			
1.1	Mobilisasi dan Demobilisasi Peralatan Konstruksi	Ls	1,00	121
1.2	Alat Penunjang Operasional	Ls	1,00	63
1.3	Investigasi Geologi (Pengeboran Inti termasuk Laboratorium Mekanika Batuan)	Ls	1,00	176
1.4	Pekerjaan dewatering selama konstruksi untuk galian, timbunan dan lainnya	Ls	1,00	28
II	Galian Pondasi Bendungan			
2.1	Clearing & grubbing dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m	M ²	146.464,68	145
2.2	Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	M ³	725.167,19	752
2.3	Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	M ³	1.602.949,16	1569
2.4	Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke stockpile dengan jarak sampai 700 m	M ³	34.000,00	43
2.5	Galian Tanah di Borrow Area di angkut ke Lokasi Penimbunan	M ³	304.860,88	804
2.6	Galian Batu Quarry (dengan peledakan) diangkut ke Lokasi Penimbunan (Quarry Siki dan Selabung Hulu)	M ³	1.734.213,99	922
2.7	Galian Pondasi - Pasir lepas diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	M ³	205.579,86	271
III	PEKERJAAN TIMBUNAN			
3.1	Timbunan Inti (Zone 1)	M ³	304.860,88	739
3.2	Timbunan Filter Halus / Zona 2a (material Pasir dari luar), sejauh 5 km	M ³	44.726,73	739
3.3	Timbunan Filter Kasar / Zona 2b (material Kerikil dari luar)	M ³	44.837,87	739
3.4	Timbunan Zone 3A, Rockfill	M ³	1.378.445,98	774
3.5	Timbunan Zone 3B, Rockfill (transisi) dari Stockpile	M ³	34.000,00	91
3.6	Timbunan Zone 3B, Rockfill (transisi)	M ³	311.609,31	739
3.7	Timbunan Riprap / Zona 4 (material Batu)	M ³	31.452,75	652
IV	PEKERJAAN BETON			
4.1	Grouting Gallery, (Beton K 225)	307,77 M ³	7.694,21	781
4.2	Caping Beton K.225	264,07 M ³	9.506,61	1105
V	INSTRUMEN BENDUNGAN			
5.1	Patok geser	Nos	21,00	60
5.2	Pengadaan, pemasangan vibrating piezometer	Titik	10,00	60
5.3	V-notch	Set	1,00	30
5.4	Pelat Settlement	Set	16,00	60
5.5	Inklinometer	Set	1,00	30
5.6	Pengadaan dan Pemasangan stasiun klimatologi otomatis (curah hujan, kecepatan angin, temperatur dan	Unit	1,00	30
5.7	Total Earth Pressure	Unit	6,00	60
VI	JETTY DAN TRASHBOOM			
6.1	Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak sampai 700 m	M ³	33,35	1
6.2	Timbunan Tanah didatangkan	M ³	26,20	1
6.3	Beton K-225 untuk angker	M ³	168,25	1
6.4	Weep Hole Pipa PVC dia. 2", L = 1,5 m (termasuk penyaring)	Nos	276,00	3
6.5	Beton Mutu f'c' = 14,5 MPa (K-175) Type A	M ³	312,06	7
6.6	Beton Mutu f'c' = 9.8 MPa (K-125)	M ³	9,00	1
6.7	Bekisting non expose	M ²	1.485,42	3
6.8	Besi Tulangan Ulir D32	Ton	90,90	7
6.9	Penyaring sampah (Floating trash boom) setiap @ 3m, termasuk jaring dan kabel (sling)	M ¹	750,00	8
VI	PEKERJAAN GALIAN FASUM			
7.1	Clearing & grubbing dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m	M ²	37.804,48	88
7.2	Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	M ³	133.816,14	358
7.3	Galian Batu (dengan peledakan), diangkut ke disposal dengan jarak s.d 1500 m	M ³	591.296,98	392
JUMLAH				2727

Paket I Pembangunan Bendungan Tigadihaji terdiri dari 7 sub item pekerjaan yaitu Pekerjaan Persiapan, Galian Pondasi Bendungan, Pekerjaan Timbunan, Pekerjaan Beton, Instrumen Bendungan, *Jetty* dan *Trashboom*, Pekerjaan Galian Fasum. Pada perencanaan durasi pelaksanaan proyek Bendungan Tigadihaji Paket 1 yaitu selama 2727 hari pelaksanaan mulai dari tanggal 18 Oktober 2018 sampai dengan 31 Desember 2025.

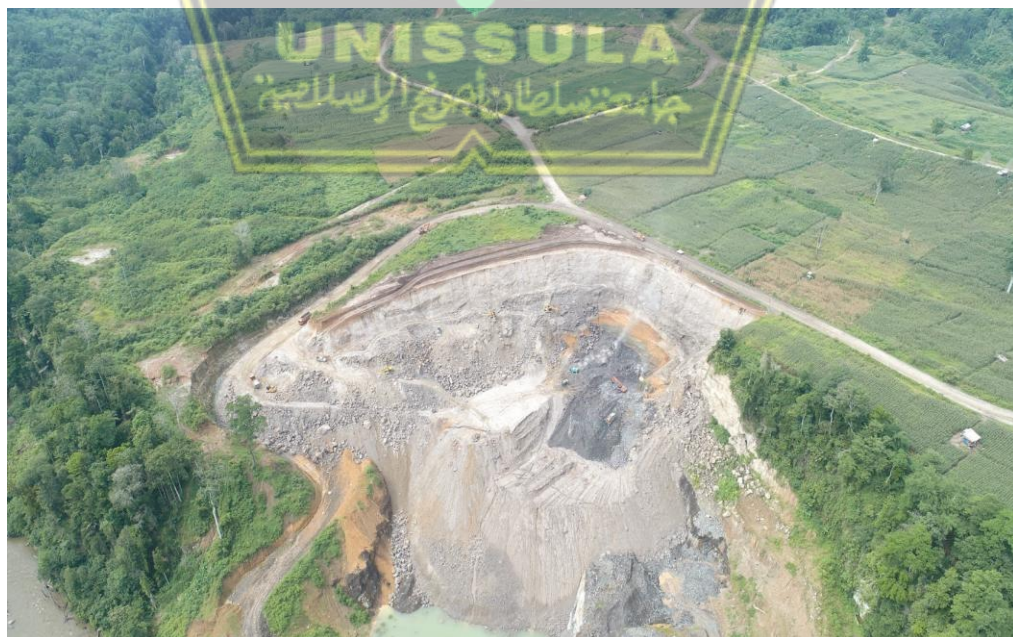
Berdasarkan data monitoring pada bulan ke-58 (lihat lampiran 13) pelaksanaan proyek, yaitu pada bulan Juli 2023, progres pekerjaan menunjukkan

keterlambatan terhadap rencana. Target progres berdasarkan jadwal induk (*master schedule*) seharusnya mencapai 30,89%, namun realisasi di lapangan baru mencapai 27,48%. Dengan demikian, terdapat deviasi negatif sebesar 3,41%, yang mengindikasikan bahwa pelaksanaan pekerjaan belum sesuai dengan perencanaan awal. Apabila keterlambatan ini tidak segera ditindaklanjuti melalui langkah percepatan atau penyesuaian strategi pelaksanaan, maka berpotensi memengaruhi pencapaian target akhir proyek, baik dari segi waktu, biaya, maupun mutu (Hutama – Basuki KSO, 2023).

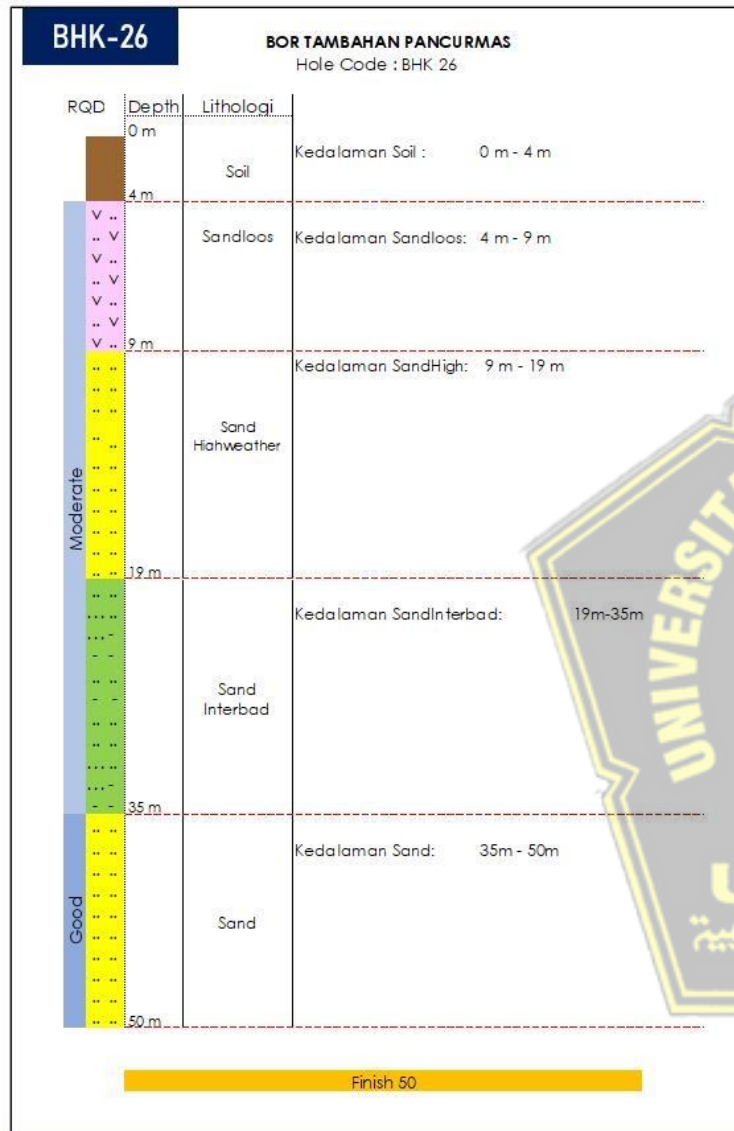
4.2.2 Penyebab Keterlambatan Proyek

Proyek pembangunan bendungan tigadihaji dimulai pada tanggal 18 oktober 2023 dengan rencana selesai pada tanggal 31 Desember 2025. Dalam pelaksanaannya terjadi keterlambatan pada bulan ke-58 yaitu pada Bulan Juli 2023. Sesuai dengan *master schedule* pada bulan ke-58 rencana progres yaitu 30,89% namun realisasi pelaksanaan yaitu 27,48% sehingga terdapat deviasi negatif sebesar -3,414%.

Keterlambatan progres ini terjadi karena tidak sesuai data geologi di lokasi *quarry* batuan *rockfill* yang di tunjuk oleh direksi pekerjaan. Sebelumnya di rencanakan tanah kupasan untuk mendapatkan batuan *rockfill* adalah 3-5 meter tapi dalam pelaksanaannya, harus dilakukan galian 30-40 meter untuk mendapatkan batuan *rockfill* yang sesuai spesifikasi teknis untuk timbunan zona *rockfill*.



Gambar 4.4 Lokasi Quarry (Hutama – Basuki KSO, 2023)



(Sumber : Utama – Basuki KSO, 2023)

Gambar 4.5 Bor log soil investigasi (Utama – Basuki KSO. 2023)

4.2.2 Biaya Normal Proyek

Pada Proyek Pembangunan Bendungan Tigadihaji di Provinsi Sumatera Selatan, biaya normal proyek merujuk pada nilai anggaran yang telah ditetapkan dalam Dokumen Kontrak. Berdasarkan nilai *multi years contract* dari tahun 2028 sampai dengan tahun 2025 diketahui besaran nilai kontrak adalah Rp. 1.077.580.618.000.

Tabel 4.2 Biaya normal proyek

NO	URAIAN PEKERJAAN	HARGA
I	Pekerjaan Persiapan	11.606.453.441,71
II	Galian Pondasi Bendungan	663.157.993.451,12
III	Pekerjaan Timbunan	111.395.025.973,26
IV	Pekerjaan Beton	56.717.566.802,00
V	Instrumen Bendungan	1.757.670.000,00
VI	Jetty dan Trashboom	4.474.392.095,00
VII	Pekerjaan Galian Fasum	122.970.320.292,32
	JUMLAH	972.079.422.055,41
	PPN 10%	13.282.363.636,67
	PPN 11%	92.218.832.307,92
	TOTAL	1.077.580.618.000,00

Berdasarkan data yang di dapatkan dari kontraktor didapatkan data sebagai berikut berupa analisis harga satuan pekerjaan :

Tabel 4.3 Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m.

Jenis Pekerjaan : Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m Satuan / Unit : m ² Nomor Pembayaran : 2.3					
No.	URAIAN	SATUAN	KUANTITAS/ KOEFSISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	HARGA (Rp.)
1	UPAH / TENAGA KERJA				
1.	Pekerja	Jam	0,2083	8.800,00	1.833,04
2.	Mandor	Jam	0,0417	12.500,00	521,25
3.	Operator	Jam	0,0417	15.000,00	625,50
4.	Pembantu Operator	Jam	0,0417	11.900,00	496,23
5.	Sopir	Jam	0,0938	11.900,00	1.116,22
	Sub Jumlah I				4.592,24
II	BAHAN / MATERIAL				
	Solar (Non Subsidi)	Liter	2,2453	10.300,00	23.126,59
	Pelumas	Liter	0,0186	28.500,00	530,10
	Sub Jumlah II				23.656,69
III	PERALATAN				
1	Excavator / HYD. BREAKER	Jam	0,0417	463.700,00	19.336,29
2	Excavator	Jam	0,0417	456.000,00	19.015,20
3	Dump Truck	Jam	0,0938	331.500,00	31.094,70
4	Alat Bantu	Ls	1,0000	304,88	304,88
	Sub Jumlah III				69.751,07
	SUB JUMLAH (I+II+III)				98.000,00
IV	LAIN-LAIN				
	BIAYA UMUM	5 %			4.900,00
	KEUNTUNGAN	5 %			4.900,00
	SUB JUMLAH IV				9.800,00
	JUMLAH HARGA = I+II+III+IV				107.800,00
	HARGA SATUAN PEKERJAAN (DIBULATKAN)				107.800,00

Perhitungan jumlah sumberdaya perhari pada pekerjaan Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m.

Volume Pekerjaan : 1.602.949,162 m³

Durasi normal : 1569 hari

A. Kebutuhan jumlah sumberdaya perhari pada durasi normal :

Koefisien tenaga kerja dan peralatan

1. Pekerja : 0,2083
2. Mandor : 0,0417
3. Operator : 0,0417
4. Pembantu operator : 0,0417
5. Sopir : 0,0938
6. Solar (non subsidi) : 2,2453
7. Pelumas : 0,0186
8. Excavator breaker : 0,0417
9. Excavator bucket : 0,0417
10. Dump truk : 0,0938
11. Alat bantu : 1,000

Jumlah sumberdaya perhari (volume x koef) / Dn

1. Pekerja : 212,81 $\approx$ 31 orang/hari
2. Mandor : 42,60 $\approx$ 7 orang/hari
3. Operator : 42,60 $\approx$ 7 orang/hari
4. Pembantu operator : 42,60 $\approx$ 7 orang/hari
5. Sopir : 95,83 $\approx$ 14 orang
6. Solar (non subsidi) : 2,2453
7. Pelumas : 0,0186
8. Excavator breaker : 42,60 $\approx$ 6,09 unit alat
9. Excavator bucket : 42,60 $\approx$ 6,09 unit alat
10. Dump truk : 95,83 $\approx$ 13,69 unit alat
11. Alat bantu : 1021,64 $\approx$ 145,95 unit alat

B. Upah dan sewa alat peralatan pada pekerjaan durasi normal perhari :

1. Pekerja	: Rp 8.800/jam atau 61.600/hari
2. Mandor	: Rp 12.500/jam atau 87.500/hari
3. Operator	: Rp 15.000/jam atau 105.000/hari
4. Pembantu operator	: Rp 11.900/jam atau 83.300/hari
5. Sopir	: Rp 11.900/jam atau 83.300/hari
6. Solar (non subsidi)	: Rp 10.300/jam atau 72.100/hari
7. Pelumas	: Rp 26.500/jam atau 199.500/hari
8. Excavator breaker	: Rp 463.700/jam atau 3.245.900/hari
9. Excavator bucket	: Rp 456.000/jam atau 3.192.000/hari
10. Dump truk	: Rp 331.500/jam atau 2.320.500/hari
11. Alat bantu	: Rp 304,88,00

Biaya upah dan sewa peralatan perhari (jumlah pekerja atau alat x biaya upah pekerja atau sewa alat)

1. Pekerja	= 212,81 x Rp 8.800	= Rp 1.872.702,31
2. Mandor	= 42,60 x Rp 12.500	= Rp 532.528,52
3. Operator	= 42,60 x Rp 15.000	= Rp 639.034,22
4. Pembantu operator	= 42,60 x Rp 11.900	= Rp 506.967,15
5. Sopir	= 95,83 x Rp 11.900	= Rp 1.140.372,15
6. Solar (non subsidi)	= 2.293,88 x Rp 10.300	= Rp 23.626.990,47
7. Pelumas	= 19,00 x Rp 26.500	= Rp 541.570,01
8. Excavator breaker	= 42,60 x Rp 463.700	= Rp 19.754.678,04
9. Excavator bucket	= 42,60 x Rp 456.000	= Rp 19.426.640,47
10. Dump truk	= 95,83 x Rp 331.500	= Rp 31.767.510,07
11. Alat bantu	= 1021,64 x Rp 304,88	= <u>Rp 311.477,69+</u>
		Rp 100.120.471,14

Total upah dan sewa peralatan pekerjaan normal Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m

= Σ (Upah perhari+sewa peralatan) x durasi normal pekerjaan

= Rp 100.120.471,14 x 1569

= Rp 157.089.019.233

Mengaplikasikan penjumlahan serupa bagi total *resource*, biaya bayaran serta sewa peralatan pada pekerjaan normal maka akan didapatkan biaya tiap pekerjaan.

4.2.3 Pekerjaan kritis

Penentuan pekerjaan kritis sebagai mekanisme dalam manajemen proyek yang diperoleh bagi mengidentifikasi rangkaian aktivitas yang mempunyai durasi terpanjang dan berpengaruh langsung terhadap waktu penyelesaian proyek secara menyeluruh. Proses ini dimulai dengan mengidentifikasi seluruh aktivitas yang terlibat dalam proyek serta menentukan urutan ketergantungan antar aktivitas tersebut. Penentuan jalur kritis menggunakan Microsoft Project 2016 merupakan langkah penting dalam manajemen proyek untuk mengidentifikasi aktivitas yang memiliki pengaruh langsung terhadap waktu penyelesaian proyek. Proses ini diawali dengan memasukkan daftar tugas atau aktivitas proyek beserta durasinya ke dalam perangkat lunak. Setiap aktivitas kemudian ditentukan hubungan ketergantungannya dengan aktivitas lain, sehingga membentuk urutan pengerjaan yang sesuai dengan kebutuhan proyek. Setelah struktur tugas ditetapkan, Microsoft Project 2016 secara otomatis menghitung jalur kritis berdasarkan durasi dan ketergantungan antar tugas. Dengan fitur otomatisasi dalam Microsoft Project 2016, analisis lajur kritis menjadi lebih mudah dan akurat. Dalam microsoft project diketahui lajur kritis berkarakteristik pada *bar chart* serta *network diagram* memperlihatkan garis warna merah sama halnya dengan yang diperlihatkan dalam lampiran 8. Maka memerlukan percepatan (*crashing*) terhadap pekerjaan yang berada pada jalur tersebut. Hal ini dilakukan agar memperlihatkan pekerjaan yang berada dalam lajur kritis mampu di

Dari hasil input microsoft project di atas di dapatkan pekerjaan yang berada pada jalur kritis seperti yang ada di bawah ini :

Tabel 4.4 Pekerjaan yang berada pada jalur kritis

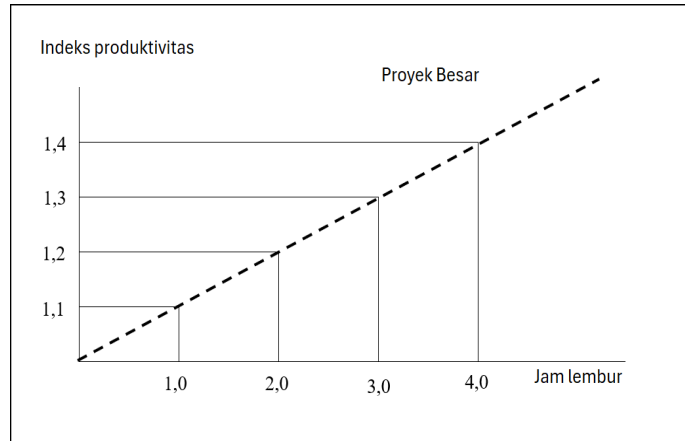
NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	KONTRAK	
			KUANTITAS	Waktu
I	PEKERJAAN PERSIAPAN			
1.1	Mobilisasi dan Demobilisasi Peralatan Konstruksi dan kantor kontraktor	Ls	1,00	121
II	Galian Pondasi Bendungan			
1.1	Clearing & grubbing dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m	M ²	146.464,68	145
2.1	Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	M ³	725.167,19	752
2.2	Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	M ³	1.602.949,16	1569
2.5	Galian Batu Quarry (dengan peledakan) diangkut ke Lokasi Penimbunan (Quarry Siki dan Selabung Hulu)	M ³	1.734.213,99	922

4.3 Simulasi Percepatan Waktu Dengan Metode Crashing

Metode *crashing* menjadi salah satu mekanisme percepatan waktu dalam manajemen proyek yang dilaksanakan dengan penambahan terhadap sumber daya pada aktivitas-aktivitas tertentu untuk mempercepat durasi pelaksanaannya, dengan konsekuensi terjadinya peningkatan biaya. Metode ini diterapkan secara selektif hanya pada beberapa pekerjaan yang ada di pekerjaan kritis kritis. Proses percepatan aktivitas di pekerjaan kritis, maka durasi keseluruhan proyek dapat dikurangi. Proses *crashing* dilaksanakan melalui penambahan jam kerja (lembur), sehingga pekerjaan yang semula memerlukan waktu lebih lama mengenai penyelesaian dengan tempo singkat. Meskipun *crashing* dapat mempercepat penyelesaian proyek, keputusan untuk menerapkannya harus mempertimbangkan keseimbangan antara waktu dan biaya, karena penambahan sumber daya akan meningkatkan biaya langsung proyek.

4.3.1 Analisis Percepatan Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja

Elemen yang tidak mampu disingkirkan yaitu adanya jam kerja yang bertambah walaupun tingkat efisiensi kerja mampu menurun. Pada Gambar 2.16 memperlihatkan turunnya produktivitas, bilamana jam per hari dan hari per minggu bertambah. Proses turunnya produktivitas dalam kerja lembur mencakup fisik yang lelah, visibilitas yang minim di waktu malam, serta dinginnya cuaca (Dimiyati, 2016).



Gambar 4.7 Indikasi Penurunan Produktivitas karena Kerja Lembur (Dimiyati & Nurjaman, 2016)

Gambar diatas memperlihatkan produktivitas yang menurun, bila jumlah jam per hari dan hari per minggu bertambah. Perhitungan daya produksi menurun perihal pekerjaan Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pekerjaan} &= 1.602.949,16 \text{ m}^3 \\
 \text{Jumlah operator} &= 43 \text{ orang} \\
 \text{Durasi normal} &= 1.569 \text{ hari} \\
 \text{Jam kerja normal perhari} &= 7 \text{ jam} \\
 \text{Produktifitas perhari} &= \frac{1.602.949,16 \text{ m}^3}{1569 \text{ hari}} \\
 &= 1.021,63 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produktifitas pertenaga perhari} &= \frac{1.021,63 \text{ m}^3/\text{hari}}{42 \text{ orang}} \\
 &= 23,76 \text{ m}^3/\text{OH} \\
 \text{Produktifitas normal perjam} &= \frac{23,76 \text{ m}^3/\text{OH}}{7 \text{ jam}} \\
 &= 3,39 \text{ m}^3/\text{jam/orang}
 \end{aligned}$$

a. Produktivitas Normal 3 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas normal 3 jam} &= 3,39 \times 3 \\
 &= 10,17 \text{ m}^3/\text{orang}
 \end{aligned}$$

b. Produktivitas Lembur 3 jam

$$\text{Produktivitas normal perjam} = 3,39 \text{ m}^3/\text{jam/orang}$$

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas lembur jam ke 1} &= \frac{3,39 \text{ m}^3/\text{OH}}{1.1} \\ &= 3,08 \text{ m}^3/\text{jam/orang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas lembur jam ke 2} &= \frac{3,39 \text{ m}^3/\text{OH}}{1.2} \\ &= 2,83 \text{ m}^3/\text{jam/orang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas lembur jam ke 3} &= \frac{3,39 \text{ m}^3/\text{OH}}{1.3} \\ &= 2,61 \text{ m}^3/\text{jam/orang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas lembur 3 jam} &= \text{lembur jam ke 1} + \text{lembur jam ke 2} + \\ &\quad \text{lembur jam ke 3} \\ &= 3,08 + 2,83 + 2,61 \\ &= 8,52 \text{ m}^3/\text{orang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{c. Efektifitas tenaga kerja} &= \frac{\text{produktivitas lembur 3 jam}}{\text{produktivitas normal 3 jam}} \times 100 \\ &= \frac{8,52}{10,17} \times 100 \\ &= 84 \% \\ \text{d. Penurunan produktifitas} &= 16 \%\end{aligned}$$

Proses turunnya produktivitas bagi pekerja lembur dikarenakan lelah bekerja, pandangan terbatas di waktu malam, serta kondisi dinginnya cuaca. Perhitungan durasi *crash* dengan lembur 3 jam perhari pada pekerjaan Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m sebagai berikut:

$$\begin{aligned}D_c &= \frac{(D_n \times h)}{(h + (h_0 \times e))} \\ &= \frac{(1569 \times 7)}{(7 + (3 \times 0.84))} \\ &= 1.153,68 \text{ hari} \approx 1.154 \text{ hari}\end{aligned}$$

Keterangan:

D_c = Durasi *crash*

D_n = Durasi normal

h = jam normal per hari

h_0 = jam kerja per hari

e = efektifitas lembur

Dari contoh perhitungan diatas, memperoleh nilai maksimal terhadap memperlihatkan 1154 hari atau dapat dicepatkan hingga 415 hari dari durasi normal. Dengan cara mempertimbangkan kesamaan perolehan penyajian percepatan durasi proyek dengan penambahan jam kerja (lembur) 3 jam pada beberapa pekerjaan yang terdapat dalam lintasan kritis lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.5 Durasi *Crash* Dengan Percepatan Penambahan Jam Kerja

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	DN	DC	DI
1.1	Mobilisasi dan Demobilisasi Peralatan Konstruksi	Ls	121	90	31
2.1	Clearing & grubbing dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m	M ²	145	107	38
2.2	Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	M ³	752	553	199
2.3	Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	M ³	1569	1154	415
2.6	Galian Batu Quarry (dengan peledakan) diangkut ke Lokasi Penimbunan (Quarry Siki dan Selabung Hulu)	M ³	922	678	244

Setelah durasi *crashing* setiap pekerjaan diketahui selanjutnya menentukan hubungan tiap pekerjaan dan dimodelkan kedalam *microsoft project* 2016, maka akan didapatkan total waktu *crashing* secara keseluruhan, seperti yang ditunjukkan pada gambar *Gantt Chart* MS Project pada **lampiran 8**

Berdasarkan **Lampiran 8** dapat diketahui bahwa dengan penambahan 3 jam kerja lembur, waktu pelaksanaan pekerjaan Bendungan Tigadihaji Paket 1 dapat dipercepat dari semula 2.727 hari menjadi 2.536 hari, atau lebih cepat 191 hari dibanding waktu kerja normal.

4.3.2 Biaya langsung penambahan jam kerja

Pekerjaan normal sehari bekerja 7 jam yaitu pada pukul dan istirahat selama 1 jam (08.00-16.00), sedangkan kerja lembur 3 jam dilakukan setelah waktu kerja normal dan istirahat setengah jam (16.00-19.30). Menurut keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7 dan pasal 11 standar upah untuk lembur adalah:

1. Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (jam) dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu.
2. Memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila kerja lembur dilakukan selama 3 jam atau lebih.
3. Untuk kerja lembur pertama harus dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam.

4. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali lipat upah satu jam.

Berdasarkan sumber dari kontraktor Utama – Basuki KSO, untuk sewa peralatan biaya lembur perjamnya sama seperti harga sewa alat reguler, maka koefisien biaya per jam tidak mengalami pertambahan, namun tambahan dialokasikan pada mekanisme kerja mencakup lampu, kabel, dll.

Analisis percepatan (*crashing*) diimplementasikan dengan penambahan jam kerja yang digunakan sebagai solusi proyek cepat apabila permintaan *resource* yang akan diberikan tidak ada. Pada pertimbangan ini pengimplikasikan tambahan tiga dalam pekerja normal.

Contoh perhitungan biaya *crash* pekerjaan Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m :

Biaya normal (Cn) pekerjaan = Rp 100.120.471,15

Durasi normal (Dn) = 1569 hari

Durasi crash (Dc) = 1154 hari

Biaya *crash* (Cc) Pekerjaan

1. Upah dan sewa alat normal perjam

- a. Pekerja = Rp 8.800 /jam
- b. Mandor = Rp 12.500/jam
- c. Operator = Rp 15.500/jam
- d. Pembantu Operator = Rp 11.900/jam
- e. Sopir = Rp 11.900/jam
- f. Solar (non subsidi) = Rp 10.300/liter
- g. Pelumas = Rp 28.500/liter
- h. Excavator / HYD Breaker = Rp 463.700/jam
- i. Excavator = Rp 456.000/jam
- j. Dumptruck = Rp 331.500/jam
- k. Alat bantu = Rp 304,88

2. Upah dan sewa alat lembur jam ke 1

- a. Pekerja = Rp 8.800 x 1.5
= Rp 13.200 /jam
- b. Mandor = Rp 12.500 x 1.5

- = Rp 18.750 /jam
- c. Operator = Rp 15.000 x 1.5
= Rp 22.500 /jam
- d. Pembantu operator = Rp 11.900 x 1.5
= Rp 17.850 /jam
- e. Sopir = Rp 11.900 x 1.5
= Rp 17.850 /jam
- f. Solar (Non Subsidi) = Rp 10.300/liter
- g. Pelumas = Rp 28.500/liter
- h. Excavator / HYD. BREAKER = Rp 463.700/jam
- i. Excavator = Rp 456.000/jam
- j. Dump truck = Rp 331.500/jam
- k. Excavator = Rp 304,88
3. Upah dan sewa alat lembur jam ke 2
- a. Pekerja = Rp 8.800 x 2
= Rp 17.600 /jam
- b. Mandor = Rp 12.500 x 2
= Rp 25.000 /jam
- c. Operator = Rp 15.000 x 2
= Rp 30.000 /jam
- d. Pembantu operator = Rp 11.900 x 2
= Rp 23.800 /jam
- e. Sopir = Rp 23.800 x 2
= Rp 17.850 /jam
- f. Solar (Non Subsidi) = Rp 10.300/liter
- g. Pelumas = Rp 28.500/liter
- h. Excavator / HYD. BREAKER = Rp 463.700/jam
- i. Excavator = Rp 456.000/jam
- j. Dump truck = Rp 331.500/jam
- k. Excavator = Rp 304,88

4. Upah dan sewa alat lembur jam ke 2

- a. Pekerja = Rp 8.800 x 3
= Rp 26.400 /jam
- b. Mandor = Rp 12.500 x 3
= Rp 37.500 /jam
- c. Operator = Rp 15.000 x 3
= Rp 45.000 /jam
- d. Pembantu operator = Rp 11.900 x 3
= Rp 35.700 /jam
- e. Sopir = Rp 23.800 x 3
= Rp 35.700 /jam
- f. Solar (Non Subsidi) = Rp 10.300/liter
- g. Pelumas = Rp 28.500/liter
- h. Excavator / HYD. BREAKER = Rp 463.700/jam
- i. Excavator = Rp 456.000/jam
- j. Dump truck = Rp 331.500/jam
- k. Excavator = Rp 304,88

5. Total cost perhari (upah dan sewa alat harian + upah dan sewa alat lembur jam ke 1 + upah dan sewa alat lembur jam ke 2 dan jam ke 3)

- a. Pekerja = Rp 118.800
- b. Mandor = Rp 168.750
- c. Operator = Rp 202.500
- d. Pembantu operator = Rp 160.650
- e. Sopir = Rp 160.650
- f. Solar (Non Subsidi) = Rp 103.000
- g. Pelumas = Rp 285.000
- h. Excavator / HYD. BREAKER = Rp 4.637.500
- i. Excavator = Rp 4.560.000
- j. Dump truck = Rp 3.315.000
- k. Excavator = Rp 3.049

6. Biaya *Cost on time* (jumlah pekerja dan alat x total cost perhari)

- a. Pekerja = Rp 118.800 x 31 orang



$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 3.682.800 \\
 \text{b. Mandor} &= \text{Rp } 168.750 \times 7 \text{ orang} \\
 &= \text{Rp } 1.181.250 \\
 \text{c. Operator} &= \text{Rp } 202.500 \times 7 \text{ orang} \\
 &= \text{Rp } 1.417.500 \\
 \text{d. Pembantu operator} &= \text{Rp } 160.650 \times 7 \text{ orang} \\
 &= \text{Rp } 1.124.550 \\
 \text{e. Sopir} &= \text{Rp } 160.650 \times 14 \text{ orang} \\
 &= \text{Rp } 2.249.100 \\
 \text{f. Solar (Non Subsidi)} &= \text{Rp } 10.300 \times 3.276,98 \text{ liter} \\
 &= \text{Rp } 33.752.844 \\
 \text{g. Pelumas} &= \text{Rp } 28.500 \times 27,15 \text{ liter} \\
 &= \text{Rp } 773.671 \\
 \text{h. Excavator / HYD. BREAKER} &= \text{Rp } 4.637.500 \times 6,09 \text{ unit alat} \\
 &= \text{Rp } 28.220.969 \\
 \text{i. Excavator} &= \text{Rp } 4.560.000 \times 6,09 \text{ unit alat} \\
 &= \text{Rp } 27.752.344 \\
 \text{j. Dump truck} &= \text{Rp } 3.315.000 \times 13,69 \text{ unit alat} \\
 &= \text{Rp } 45.382.157 \\
 \text{k. Alat bantu} &= \text{Rp } 3.049 \times 145,95 \text{ unit alat} \\
 &= \text{Rp } 444.968 \\
 &= \text{Rp } 145.982.153 \\
 7. \text{ Total Biaya Tambah Jam Kerja} &= \Sigma \text{ cost on time} \times \text{durasi crash} \\
 &= \text{Rp } 145.982.153 \times 415 \\
 &= \text{Rp } 60.582.593.495 \\
 8. \text{ Cost Slope} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 168.463.404.562 - \text{Rp } 157.089.019.233}{1.569 - 1.154} \\
 &= \text{Rp } 27.408.157
 \end{aligned}$$

Berdasarkan metode perhitungan di atas maka didapatkan waktu dan biaya percepatan dengan penambahan jam kerja pada pekerjaan-pekerjaan kritis sesuai dengan Tabel 4.6

Tabel 4.6 Rekapitulasi waktu dan biaya langsung percepatan dengan penambahan jam kerja

NO	URAIAN PEKERJAAN	Alternatif					
		Normal		Crashing			
		DN	Biaya (Cn)	DC	Biaya (Cc)	Di	Cost slope
1.1	Mobilisasi dan Demobilisasi Peralatan Konstruksi	121	2.004.000.000,00	90	2.004.000.000,00	31	-
2.1	Clearing & grubbing dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m	145	1.185.031.222,73	107,00	1.270.511.259,00	38	2.249.474,64
2.2	Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	752	35.533.192.517,80	553,00	35.744.873.171,00	199	1.063.721,88
2.3	Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	1569	157.089.019.233,00	1.154,00	168.463.404.562,00	415	27.408.157,42
2.6	Galian Batu Quarry (dengan peledakan) diangkut ke Lokasi Penimbunan (Quarry Siki dan Selabung Hulu)	922	356.775.126.887,42	678,00	384.382.435.788,00	244	113.144.708,61
Jumlah cost slope penambahan kerja lembur selama 3 jam							143.866.062,54

4.3.3 Biaya Tidak Langsung Penambahan Jam Kerja

Penghitungan biaya tambahan dilakukan karena proyek ini menerapkan sistem kerja lembur selama 3 jam, dari pukul 16:00 hingga 19:30. Biaya tambahan lembur dihitung dengan durasi percepatan proyek selama 570 hari, yang berarti 180 hari lebih cepat dibandingkan durasi normal. Berikut adalah perhitungan biaya tambahan akibat kerja lembur berdasarkan asumsi yang digunakan.

1. Tambahan biaya penerangan

a. Uraian pekerjaan

1. Lampu sorot 500 watt

Jumlah = 15 buah

Harga = Rp 1.500.000,00

2. Kabel eterna (NYM 2 x 2,5)

Harga per roll @50 meter = Rp. 600.000,00

Kebutuhan Panjang 500 m atau 10 roll

3. Stecker Broco

Jumlah = 15 buah

Harga = Rp 15.000,00

4. Stop kontak broco outdoor

Jumlah = 15 buah

Harga = Rp 45.000,00

5. Biaya pasang per titik

Jumlah = 15 titik

Harga = Rp 100.000,00

6. Listrik Selama Masa Percepatan

Spesifikasi = 500 watt

= 0.5 kilo watt

Jumlah = 15 buah

Harga perKwh = 1.699,53 (sumber pln.co.id bulan juli 2023)

Durasi percepatan = 2536 hari

Lembur per hari = 3 jam (16.00 – 19.30)

b. Perhitungan

1. Biaya lampu = Harga lampu x jumlah lampu

= Rp 1.500.000,00 x 15

= Rp 22.500.000,00

2. Biaya kabel = Harga kabel x jumlah kabel

= Rp 600.000,00 x 10 roll

= Rp 6.000.000,00

3. Biaya stecker = Harga stecker x jumlah stecker

= Rp 15.000,00 x 15 buah

= Rp 225.000,00

4. Biaya stop kontak = Harga stop kontak x jumlah stop kontak

= Rp 45.000,00 x 15 buah

= Rp 675.000,00

5. Biaya pasang lampu = Harga pasang per titik x jumlah lampu

= Rp 100.000,00 x 15 titik

= Rp 1.500.000,00

6. Biaya Listrik Selama Masa Percepatan

Biaya listrik = Harga perKwh x Spesifikasi pemakaian listrik
x jam lembur x jumlah lampu x durasi
percepatan

= Rp 1.699,53 x 0,5 x 3 x 15 x 2536

= Rp 96.975.182

c. Rekapitulasi total biaya untuk penerangan

1. Biaya lampu = Rp 22.500.000
2. Biaya kabel = Rp 6.000.000
3. Biaya stecker = Rp 225.000
4. Biaya stop kontak = Rp 675.000
5. Biaya pasang lampu = Rp 1.500.000
6. Biaya listrik percepatan = Rp 96.975.182 +
- Total biaya = Rp 127.875.182

2. Tambahan biaya umum lapangan

a. Uraian pekerjaan

1. Jumlah personil lembur = 5 orang/hari
2. Upah lembur/jam = Rp. 18.000,00
3. Lama lembur = 3 jam/hari
4. Durasi percepatan = 2536 hari

b. Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Upah lembur/hari} &= \text{Jumlah personil} \times \text{upah lembur/jam} \times \text{lama} \\
 &\quad \text{lembur} \times \text{durasi percepatan} \\
 &= 5 \times \text{Rp } 18.000,00 \times 3 \times 2536 \\
 &= \text{Rp } 684.720.000
 \end{aligned}$$

3. Rekapitulasi Penambahan Biaya Akibat Tambah Jam Kerja

- a. Tambahan biaya penerangan = Rp 127.875.182
- b. Tambahan biaya umum lapangan = Rp 684.720.000 +
- Total biaya = Rp 812.595.182

Perhitungan tambahan biaya yang timbul akibat percepatan proyek dengan sistem kerja lembur selama 3 jam mencakup beberapa aspek, yaitu peningkatan biaya upah pekerja, penambahan biaya umum lapangan, serta biaya penerangan proyek. Rincian dari perhitungan masing-masing komponen biaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan 4.8. Dengan mempertimbangkan seluruh faktor yang mempengaruhi, total biaya percepatan proyek akibat penambahan jam kerja lembur selama 3 jam dapat dihitung. Percepatan ini dilakukan dengan mengurangi durasi proyek sebanyak 191 hari dari waktu normalnya, yaitu dari 2.727 hari menjadi

2.536 hari. Hasil akhir dari total biaya percepatan yang disebabkan oleh tambahan jam kerja lembur ini disajikan secara rinci dalam Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Rekapitulasi biaya tidak langsung penambahan jam kerja

NO	URAIAN BIAYA	Jumlah Biaya
1	Biaya percepatan upah, tenaga kerja dan sewa alat	143.866.062
2	Biaya umum lapangan dan penerangan malam hari	812.595.182
Total		956.461.244

4.3.4 Analisis Biaya Langsung dan Tidak Langsung *Crashing*

Biaya langsung adalah biaya yang berkaitan langsung dengan pelaksanaan suatu aktivitas konstruksi, seperti biaya tenaga kerja, bahan, peralatan, dan subkontraktor. Ketika suatu aktivitas dipercepat, biaya langsung biasanya akan meningkat karena adanya tambahan jam kerja lembur, penggunaan material dengan harga lebih tinggi, atau penambahan alat berat. Sebaliknya, biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak terkait langsung dengan aktivitas tertentu, tetapi timbul akibat lamanya durasi proyek. Contoh biaya tidak langsung adalah biaya pengawasan, biaya administrasi proyek, biaya sewa kantor lapangan, dan gaji tim manajemen. Biaya ini akan semakin besar jika proyek mengalami keterlambatan.

4.3.4.1 Pekerjaan Normal dan Biaya Normal

Pekerjaan normal adalah pekerjaan yang dilaksanakan sesuai dengan perencanaan awal serta kondisi aktual di lapangan. Dalam proses perhitungan biaya proyek, salah satu aspek yang perlu diperhitungkan adalah koefisien biaya langsung (*direct cost*) yang mencakup biaya upah tenaga kerja, bahan material, serta peralatan yang digunakan. Untuk menentukan koefisien biaya langsung tersebut, diperlukan data rencana anggaran biaya dari pekerjaan normal sebagai dasar acuan dalam analisis perhitungan.

Koefisien yang diperoleh untuk upah, bahan, dan peralatan kemudian digunakan sebagai faktor dalam menentukan biaya langsung dari pekerjaan ini. Sebelum melakukan perhitungan koefisien biaya bahan dan upah, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan harga satuan pekerjaan terlebih dahulu. Harga satuan ini menjadi dasar dalam penghitungan selanjutnya dan diperoleh berdasarkan data yang dikumpulkan dari kontraktor Utama – Basuki KSO sebagai

pihak pelaksana proyek.

Setelah harga satuan pekerjaan diketahui, proses perhitungan biaya upah dan bahan dapat dilakukan dengan mengalikan koefisien pekerjaan dengan harga satuan yang telah ditetapkan. Hasil dari perhitungan ini memberikan gambaran mengenai besarnya biaya yang dibutuhkan untuk masing-masing komponen pekerjaan.

Tabel 4.8 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Galian Batu di Pondasi

Jenis Pekerjaan		: Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m			
Satuan / Unit		: m2			
Nomor Pembayaran		: 2.3			
No.	URAIAN	SATUAN	KUANTITAS/ KOEFSIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	HARGA (Rp.)
1	UPAH / TENAGA KERJA				
1.	Pekerja	Jam	0,2083	8.800,00	1.833,04
2.	Mandor	Jam	0,0417	12.500,00	521,25
3.	Operator	Jam	0,0417	15.000,00	625,50
4.	Pembantu Operator	Jam	0,0417	11.900,00	496,23
5.	Sopir	Jam	0,0938	11.900,00	1.116,22
				Sub Jumlah I	4.592,24
II	BAHAN / MATERIAL				
	Solar (Non Subsidi)	Liter	2,2453	10.300,00	23.126,59
	Pelumas	Liter	0,0186	28.500,00	530,10
				Sub Jumlah II	23.656,69
III	PERALATAN				
1	Excavator / HYD. BREAKER	Jam	0,0417	463.700,00	19.336,29
2	Excavator	Jam	0,0417	456.000,00	19.015,20
3	Dump Truck	Jam	0,0938	331.500,00	31.094,70
4	Alat Bantu	Ls	1,0000	304,88	304,88
				Sub Jumlah III	69.751,07
				SUB JUMLAH (I+II+III)	98.000,00
IV	LAIN-LAIN				
	BIAYA UMUM	5 %			4.900,00
	KEUNTUNGAN	5 %			4.900,00
				SUB JUMLAH IV	9.800,00
	JUMLAH HARGA = I+II+III+IV				107.800,00
	HARGA SATUAN PEKERJAAN (DIBULATKAN)				107.800,00

Sumber : Utama – Basuki KSO, 2023

Berdasarkan AHS pekerjaan diatas didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Koefisien biaya umum : 5%
2. Koefisien biaya keuntungan : 5%
3. Koefisien biaya upah, alat dan bahan : 90%

Dari perhitungan koefisien biaya upah, bahan dan alat diatas dapat diketahui biaya langsung total proyek sebagai berikut :

1. Biaya langsung (*direct cost*) = Koefisien biaya upah + bahan + alat
x nilai proyek sebelum PPN
= 90 % x Rp. 972.079.422.055

$$= \text{Rp } 874.871.479.850$$

Setelah memperoleh koefisien biaya overhead, langkah berikutnya adalah menghitung nilai biaya overhead. Biaya overhead mencakup pengeluaran tidak langsung yang tidak berkaitan langsung dengan pekerjaan fisik, seperti biaya listrik, gaji pegawai, sewa kendaraan, dan berbagai biaya operasional lainnya. Dalam proyek Bendungan Tigadihaji Paket 1 di Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, durasi kerja normal yang diterapkan adalah 7 jam per hari, dengan jadwal kerja berlangsung setiap hari tanpa hari libur.

$$\begin{aligned} 1. \text{ Overhead total} &= \text{koefisien overhead} \times \text{nilai proyek sebelum PPN} \\ &= 5 \% \times \text{Rp. } 972.079.422.055 \\ &= \text{Rp } 48.603.971.103 \\ 2. \text{ Overhead per hari} &= \frac{\text{Overhead total}}{\text{Durasi normal}} \\ &= \frac{48.603.971.103}{2563} \\ &= \text{Rp } 17.823.239/\text{hari} \end{aligned}$$

Demikian pula dalam perhitungan keuntungan, yang diperoleh dengan mengalikan nilai koefisien keuntungan dengan total nilai proyek sebelum dikenakan PPN. Dalam penelitian ini, besaran keuntungan tetap sama baik pada kondisi normal maupun saat dilakukan percepatan *crashing*.

$$\begin{aligned} 1. \text{ Biaya keuntungan} &= \text{Koefisien keuntungan} \times \text{nilai proyek} \\ &\quad \text{sebelum PPN} \\ &= 5 \% \times \text{Rp. } 972.079.422.055 \\ &= \text{Rp } 48.603.971.103 \end{aligned}$$

4.3.4.2 Pekerjaan Percepatan dan Biaya Percepatan

Dalam pelaksanaan percepatan proyek (*crashing*), pekerjaan diselesaikan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan durasi normal yang telah direncanakan sebelumnya. Percepatan ini dilakukan dengan tujuan untuk menyelesaikan proyek lebih cepat dari jadwal awal tanpa mengurangi kualitas pekerjaan. Dalam penelitian ini, metode *crashing* diterapkan melalui penambahan jam kerja bagi tenaga kerja yang terlibat dalam proyek. Konsekuensi dari penambahan jam kerja ini adalah meningkatnya biaya yang harus dikeluarkan,

terutama untuk upah tenaga kerja serta biaya sewa peralatan yang digunakan. Peningkatan durasi kerja menyebabkan tenaga kerja mendapatkan tambahan bayaran karena bekerja di luar jam kerja normal, sementara peralatan yang disewa juga digunakan lebih lama dari perencanaan awal. Akibatnya, biaya langsung (*direct cost*) mengalami peningkatan. Di sisi lain, percepatan proyek melalui metode *crashing* juga berdampak pada pengurangan durasi keseluruhan proyek.

1. Biaya langsung (*direct cost*) dengan menambah jam kerja lembur 3 jam

$$= \text{biaya langsung normal} + \text{biaya langsung penambahan jam kerja}$$

$$= \text{Rp } 874.871.479.850 + \text{Rp } 956.461.244$$

$$= \text{Rp } 875.827.941.094$$
2. Biaya tidak langsung (*direct cost*) dengan menambah jam kerja lembur 3 jam

$$= \text{durasi} \times \text{overhead perhari}$$

$$= 2536 \times 17.823.239$$

$$= \text{Rp } 45.199.732.570$$
3. Total biaya proyek normal dan setelah *crashing*
 - a. Total biaya pekerjaan normal

$$= \text{direct cost normal} + \text{indirect cost normal} + \text{keuntungan}$$

$$= \text{Rp } 874.871.479.850 + \text{Rp } 48.603.971.103 + \text{Rp } 48.603.971.103$$

$$= \text{Rp } 972.079.422.055$$
 - b. Total biaya *crashing*

$$= \text{direct cost crashing} + \text{indirect cost crashing} + \text{keuntungan}$$

$$= \text{Rp } 875.827.941.094 + \text{Rp } 45.199.732.570 + \text{Rp } 48.603.971.103$$

$$= \text{Rp } 969.631.644.767$$

4.3.4.3 Rekapitulasi Waktu Dan Biaya Proyek Metode *crashing*

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat direkap sebagai berikut sesuai Tabel 4.11 dibawah ini :

Tabel 4.9 Perbandingan waktu dan biaya normal dan *crashing*

Pekerjaan	Durasi	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Keuntungan	Jumlah	Rasio
Normal	2.727,00	874.871.479.849,50	48.603.971.102,75	48.603.971.102,75	972.079.422.055,00	1,000
Crashing	2.536,00	875.827.941.093,50	45.199.732.569,33	48.603.971.102,75	969.631.644.765,58	0,997

Dari hasil rekapitulasi di atas didapatkan bahwa dengan dilakukannya

crashing dengan menambah jam kerja lembur selama 3 jam dapat mempersingkat durasi proyek selama 191 hari yang sebelumnya berdurasi 2.727 hari menjadi 2.536 hari kalender. Dari segi biaya juga mengalami penurunan 0,252% yaitu sebesar Rp. 2.447.777.290 yang sebelumnya Rp. 972.079.422.050 menjadi Rp. 969.631.644.766.

4.4 Metode *Overlapping*

Metode *overlapping* merupakan metode pelaksanaan pekerjaan dengan tujuan untuk melaksanakan pekerjaan lebih cepat tanpa mengurangi durasi suatu pekerjaan namun melakukan proses tumpang tindih suatu pekerjaan dengan mengubah *relationship* dan *lag*

Sesuai data sebelumnya yang telah diolah maka didapatkan pekerjaan yang berada pada jalur pekerjaan kritis sebagai berikut :

Tabel 4.10 Pekerjaan yang berada pada jalur kritis

NO	Uraian Pekerjaan	Durasi	Predecessor	Relationship
1.1	Mobilisasi dan Demobilisasi Peralatan Konstruksi	121	-	-
2.1	Clearing & grubbing dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m	145	1.1	SS
2.2	Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	752	2.1	SS
2.3	Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	1569	2.2	SS + 300
2.6	Galian Batu Quarry (dengan peledakan) diangkut ke Lokasi Penimbunan (Quarry Siki dan Selabung Hulu)	922	2.3	FS - 330

4.4.1 Penentuan percepatan waktu *overlapping*

Pekerjaan yang akan dilakukan *overlapping* yaitu pekerjaan yang berada pada jalur kritis dengan dasar kegiatan sebagai berikut :

Tabel 4.11 Pekerjaan yang dilakukan *overlapping*

NO	Kegiatan	Alasan	Tindakan
1	<i>Clearing & grubbing</i> dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m	Pekerjaan ini dapat dikerjakan 30 hari lebih awal dengan cara mengubah <i>finish to start</i> dengan pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi peralatan konstruksi yaitu pada saat mobilisasi peralatan konstruksi di prioritaskan alat berat yang menunjang pekerjaan <i>clearing & grubbing</i> dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m	Mengubah <i>finish to start</i> dikurangi lag 30 dengan pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi peralatan konstruksi
2	Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	Pekerjaan ini dapat dikerjakan lebih awal yaitu 60 hari setelah pekerjaan <i>clearing & grubbing</i> dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m.	Mengubah <i>finish to start</i> menjadi <i>start to start</i> ditambah lag 60 hari dengan pekerjaan <i>clearing & grubbing</i> dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m
3	Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	Pekerjaan ini dapat dimulai lebih awal sebelum selesainya pekerjaan Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m Karena dengan dimulainya pekerjaan ini tidak mengganggu rencana pekerjaan galian tanah.	Mengubah <i>start to start</i> + 300 menjadi <i>start to start</i> + 240 dengan pekerjaan Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m.
4	Galian Batu Quarry (dengan peledakan) diangkut ke Lokasi Penimbunan (Quarry Siki dan Selabung Hulu)	Pekerjaan ini baru dapat dimulai ketika pekerjaan Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m dikerjakan. Namun dapat dikerjakan lebih awal dengan alasan lokasi yang siap dapat dikerjakan meskipun pekerjaan yang berkaitan belum selesai 100%	Memulai pekerjaan lebih awal sebanyak 60 hari dengan mengubah <i>finish to start</i> - 330 dengan pekerjaan Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 menjadi <i>finish to start</i> - 270 dengan pekerjaan Galian Batu

			di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500
--	--	--	---

4.4.2 Gantt Chart Overlapping

Dalam metode *overlapping* ini, tidak terjadi perubahan pada durasi keseluruhan proyek. Sebagai gantinya, penyesuaian dilakukan dengan mengubah hubungan antar aktivitas serta mengatur lag atau jeda waktu di antara tahapan pekerjaan, sehingga pekerjaan dapat dilakukan secara tumpang-tindih untuk mempercepat penyelesaian tanpa mempengaruhi total waktu yang telah direncanakan. Gantt Chart MS Project setelah dilakukan overlapping dapat dilihat pada lampiran 9. Sebelumnya waktu pelaksanaan 2.727 hari menjadi 2.612 hari sehingga didapatkan percepatan waktu pekerjaan sebanyak 115 hari.

4.4.3 Analisis Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Dalam manajemen proyek konstruksi, biaya proyek secara umum diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). Keduanya sangat penting untuk menyusun anggaran proyek dan mengevaluasi efisiensi pelaksanaan di lapangan.

4.4.3.1 Pekerjaan Normal dan Biaya Normal

Dalam pelaksanaan pekerjaan pada kondisi normal, berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh dari analisis percepatan proyek menggunakan metode *crashing* yang telah dibahas sebelumnya, dapat diketahui estimasi besaran biaya yang meliputi biaya langsung, biaya *overhead*, serta keuntungan yang dihasilkan. Rincian dari masing-masing komponen biaya tersebut dijelaskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Biaya langsung (direct cost)} &= \text{Koefisien biaya upah + bahan + alat} \\
 &\quad \times \text{nilai proyek sebelum PPN} \\
 &= 90 \% \times \text{Rp } 972.079.422.055 \\
 &= \text{Rp } 874.871.479.850
 \end{aligned}$$

2. Biaya Overhead

$$\begin{aligned}
 \text{Overhead total} &= \text{koefisien overhead} \times \text{nilai proyek sebelum PPN} \\
 &= 5 \% \times \text{Rp } 972.079.422.055 \\
 &= \text{Rp } 48.603.971.103
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Overhead per hari} &= \frac{\text{Overhead total}}{\text{Durasi normal}} \\
 &= \frac{48.603.971.103}{2.727} \\
 &= \text{Rp } 17.823.239/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Biaya keuntungan} &= \text{Koefisien keuntungan} \times \text{nilai proyek sebelum PPN} \\
 &= 5 \% \times \text{Rp. } 972.079.422.055 \\
 &= \text{Rp } 48.603.971.103
 \end{aligned}$$

4.4.3.2 Pekerjaan *Overlapping* dan Biaya *Overlapping*

Dalam metode *Overlapping*, proyek dapat diselesaikan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode pekerjaan normal, karena beberapa tahapan pekerjaan dilakukan secara tumpang-tindih. Hal ini menyebabkan durasi pelaksanaan proyek menjadi lebih pendek, sehingga efisiensi waktu dapat tercapai.

Pada penelitian ini, proses *overlapping* diterapkan dengan mengubah hubungan antar aktivitas (*relationship*) serta menyesuaikan jeda waktu (*lag*) di antara pekerjaan yang saling berkaitan. Dengan penerapan metode ini, tahapan yang sebelumnya dilakukan secara berurutan dapat berlangsung secara paralel, sehingga keseluruhan waktu penyelesaian proyek mengalami percepatan.

Karena durasi proyek setelah penerapan *overlapping* menjadi lebih singkat, pengeluaran biaya tidak langsung (*indirect cost*) juga mengalami penurunan, mengingat biaya ini berkaitan dengan durasi pelaksanaan proyek. Sementara itu, biaya langsung (*direct cost*) tetap tidak mengalami perubahan, karena tidak ada penyesuaian dalam alokasi sumber daya, baik dari segi tenaga kerja, penggunaan material, maupun biaya sewa peralatan. Dengan demikian, metode *overlapping* dapat meningkatkan efisiensi waktu tanpa menambah atau mengurangi jumlah sumber daya yang digunakan dalam proyek. Pada perhitungan *overlapping* dengan mengubah *relationship* dan *lag* didapatkan durasi proyek selama 2.612 hari, selisih 115 hari dengan pekerjaan normal dengan durasi 2.727 hari. Perbedaan durasi ini cukup signifikan sehingga ada kemungkinan jika proyek yang dipercepat lebih efisien dibandingkan pekerjaan normal.

$$1. \text{ Biaya Langsung (direct cost)} = \text{Rp } 874.871.479.850$$

2. Biaya tidak langsung (*direct cost*) = durasi *overlapping* x *overhead* perhari

$$= 2.612 \times \text{Rp } 17.823.239$$

$$= \text{Rp } 46.554.298.688$$

3. Total biaya proyek normal dan setelah *overlapping*

a. Total biaya pekerjaan normal

$$= \text{direct cost normal} + \text{indirect cost normal} + \text{keuntungan}$$

$$= \text{Rp } 874.871.479.850 + \text{Rp } 48.603.971.103 + \text{Rp } 48.603.971.103$$

$$= \text{Rp } 972.079.422.056$$

b. Total biaya *overlapping*

$$= \text{direct cost overlapping} + \text{indirect cost overlapping} + \text{keuntungan}$$

$$= \text{Rp } 874.871.479.850 + \text{Rp } 46.554.298.688 + \text{Rp } 48.603.971.103$$

$$= \text{Rp } 970.029.748.609$$

4.4.3.3 Rekapitulasi Waktu Dan Biaya Proyek Metode *Overlapping*

Berikut hasil rekapitulasi perhitungan biaya normal dan biaya setelah dilakukan *overlapping* pekerjaan.

Tabel 4.11 Perbandingan waktu dan biaya normal dan *overlapping*

Pekerjaan	Durasi	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Keuntungan	Jumlah	Rasio
Normal	2.727,00	874.871.479.850	48.603.971.103	48.603.971.103	972.079.422.056	1,000
<i>Overlapping</i>	2.612,00	874.871.479.850	46.554.297.656	48.603.971.103	970.029.748.609	0,998

Dari hasil rekapitulasi di atas didapatkan bahwa dengan dilakukannya *overlapping* dengan mengubah *relationship* dan *lag* dapat mempersingkat durasi proyek selama 115 hari yang sebelumnya berdurasi 2.727 hari menjadi 2.612 hari kalender. Dari segi biaya juga mengalami penurunan 0,211% yaitu sebesar Rp. 2.049.673.447.290 yang sebelumnya Rp. 972.079.422.050 menjadi Rp. 970.029.748.609.

4.5 Kombinasi *Crashing* dan *Overlapping*

Metode kombinasi *crashing* dan *overlapping* merupakan pendekatan strategis yang menggabungkan kedua metode tersebut secara terencana. Tujuannya adalah

untuk mencapai percepatan proyek yang optimal dengan mempertimbangkan keseimbangan antara waktu, biaya, dan risiko. Dalam praktiknya, sebelumnya akan dilakukan analisis jalur kritis proyek dan menentukan aktivitas mana yang dapat dipercepat dengan menambahkan sumber daya (*crashing*) serta aktivitas mana yang dapat dijalankan secara paralel (*overlapping*), dengan risiko yang masih bisa ditoleransi.

4.5.1 Simulasi kombinasi *crashing* dan *overlapping*

Metode kombinasi *crashing* dan *overlapping* dapat mempercepat penyelesaian Proyek dengan mengetahui pekerjaan yang berada pada jalur kritis yang sebelumnya telah di analisis pada Microsoft project 2016. Setelah diketahui pekerjaan yang berada pada jalur kritis selanjutnya menganalisis alasan dan kondisi yang dapat ditempuh untuk percepatan pekerjaan. Berikut kegiatan yang berada pada jalur kritis yang selanjutnya akan ditentukan alasan untuk dilakukan *crashing* dan *overlapping*.

Tabel 4.12 Kegiatan kombinasi *crashing* dan *overlapping*

NO	Kegiatan	Alasan		Tindakan	
		<i>Crashing</i>	<i>Overlapping</i>	<i>Crashing</i>	<i>Overlapping</i>
1	Clearing & grubbing dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m	Dengan tambahan kerja lembur selama 3 jam tiap hari kerja dapat mempercepat waktu pelaksanaan pekerjaan sebanyak 38 hari yang sebelumnya 145 hari menjadi 107 hari.	Pekerjaan ini dapat dikerjakan 30 hari lebih awal dengan cara mengubah <i>finish to start</i> dengan pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi peralatan konstruksi yaitu pada saat mobilisasi peralatan konstruksi di	Mengubah <i>duration day</i> yang sebelumnya 145 hari menjadi 107 hari.	Mengubah <i>finish to start</i> dikurangi lag 30 dengan pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi peralatan konstruksi

			prioritaskan alat berat yang menunjang pekerjaan <i>clearing & grabbing</i> dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m		
2	Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	Dengan tambahan kerja lembur selama 3 jam tiap hari kerja dapat mempercepat waktu pelaksanaan pekerjaan sebanyak 199 hari yang sebelumnya 752 hari menjadi 553 hari.	Pekerjaan ini dapat dikerjakan lebih awal yaitu 60 hari setelah pekerjaan <i>clearing & grubbing</i> dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m.	Mengubah <i>duration day</i> yang sebelumnya 752 hari menjadi 553 hari.	Mengubah <i>finish to start</i> menjadi <i>start to start</i> ditambah lag 60 hari dengan pekerjaan <i>clearing & grubbing</i> dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m
3	Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	Dengan tambahan kerja lembur selama 3 jam tiap hari kerja dapat mempercepat waktu pelaksanaan pekerjaan sebanyak 415 hari yang sebelumnya 1569 hari menjadi 1154 hari.	Pekerjaan ini dapat dimulai lebih awal sebelum selesainya pekerjaan Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m Karena dengan dimulainya pekerjaan ini tidak	Mengubah <i>duration day</i> yang sebelumnya 1569 hari menjadi 1154 hari.	Mengubah <i>start to start</i> + 300 menjadi <i>start to start</i> + 240 dengan pekerjaan Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m.

			mengaggu rencana pekerjaan galian tanah.		
4	Galian Batu Quarry (dengan peledakan) diangkut ke Lokasi Penimbunan (Quarry Siki dan Selabung Hulu)	Dengan tambahan kerja lembur selama 3 jam tiap hari kerja dapat mempercepat waktu pelaksanaan pekerjaan sebanyak 244 hari yang sebelumnya 922 hari menjadi 678 hari.	Pekerjaan ini baru dapat dimulai ketika pekerjaan Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m dikerjakan. Namun dapat dikerjakan lebih awal dengan alasan lokasi yang siap dapat dikerjakan meskipun pekerjaan yang berkaitan belum selesai 100%	Mengubah <i>duration day</i> yang sebelumnya 922 hari menjadi 678 hari.	Memulai pekerjaan lebih awal sebanyak 60 hari dengan mengubah <i>finish to start</i> – 330 dengan pekerjaan Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 menjadi <i>finish to start</i> – 270 dengan pekerjaan Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500

Berikut durasi dan *relationship* metode kombinasi crashing dan overlapping setelah dilakukan analisis terhadap tindakan-tindakan yang dapat dilakukan terhadap pekerjaan yang berada jalur kritis yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.13 Perubahan Durasi dan *Relationship*

No	Kegiatan	Perubahan durasi		Perubahan <i>Relationship</i>	
		Awal	Percepatan	Normal	<i>Overlapping</i>
1	Mobilisasi dan demobilisasi peralatan konstruksi dan kantor kontraktor	121	90		
2	<i>Clearing & grubbing</i> dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m	145	107	<i>Finish to start</i> dengan pekerjaan Mobilisasi dan demobilisasi peralatan konstruksi dan kantor kontraktor	<i>Finish to start</i> lag -30 dengan pekerjaan Mobilisasi dan demobilisasi peralatan konstruksi dan kantor kontraktor
3	Galian Pondasi - Galian Tanah diangkat ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	752	553	<i>Finish to start</i> dengan pekerjaan ti <i>Clearing & grubbing</i> dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m mbunan rip rap	<i>Start to start</i> lag 60 dengan pekerjaan <i>Clearing & grubbing</i> dibuang ke disposal dengan jarak 1000 - 1500 m
4	Galian Batu di Pondasi dengan mekanis diangkat ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	1569	1154	<i>Start to start</i> lag 300 dengan Galian Pondasi - Galian	<i>Start to start</i> lag 240 dengan Galian Pondasi - Galian

				Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m	Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m
5	Galian Batu Quarry (dengan peledakan) diangkut ke Lokasi Penimbunan (Quarry Siki dan Selabung Hulu)	922	678	<i>Finish to start lag - 330 dengan Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m</i>	<i>Finish to start lag - 270 dengan Galian Pondasi - Galian Tanah diangkut ke disposal dengan jarak 1000-1500 m</i>

4.5.2 Gantt Chart Kombinasi *crashing* dan *overlapping*

Setelah diketahui perubahan durasi dan *relationship* yang sebelumnya telah di analisis maka selanjutnya menginput durasi dan *relationship* tersebut kedalam Microsoft Project 2016. Gantt Chart metode kombinasi dapat dilihat pada **lampiran 10**.

4.5.3 Analisis Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung

Dalam manajemen proyek konstruksi, analisis biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*) merupakan pendekatan penting dalam evaluasi efisiensi dan pengambilan keputusan, khususnya ketika proyek mengalami keterlambatan. Biaya langsung adalah seluruh biaya yang dapat diatribusikan secara langsung terhadap pelaksanaan suatu aktivitas proyek. Contoh dari biaya langsung antara lain upah tenaga kerja lapangan, pembelian material, penyewaan alat berat, dan biaya subkontraktor untuk pekerjaan tertentu

4.5.3.1 Biaya langsung dan Biaya Tidak Langsung Pekerjaan Normal

Dalam pelaksanaan pekerjaan pada kondisi normal, berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh dari analisis percepatan proyek menggunakan metode *crashing* yang telah dibahas sebelumnya, dapat diketahui estimasi besaran biaya

yang meliputi biaya langsung, biaya *overhead*, serta keuntungan yang dihasilkan. Rincian dari masing-masing komponen biaya tersebut dijelaskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Direct cost} &= \text{Koefisien biaya upah + bahan + alat} \times \\
 &\quad \text{nilai proyek sebelum PPN} \\
 &= 90 \% \times \text{Rp } 972.079.422.055 \\
 &= \text{Rp } 874.871.479.850 \\
 2. \text{ Biaya Overhead} \\
 \text{Overhead total} &= \text{koefisien overhead} \times \text{nilai proyek sebelum PPN} \\
 &= 5 \% \times \text{Rp } 972.079.422.055 \\
 &= \text{Rp } 48.603.971.103 \\
 \text{Overhead per hari} &= \frac{\text{Overhead total}}{\text{Durasi normal}} \\
 &= \frac{48.603.971.103}{2.727} \\
 &= \text{Rp } 17.823.239/\text{hari} \\
 3. \text{ Biaya keuntungan} &= \text{Koefisien keuntungan} \times \text{nilai proyek sebelum} \\
 &\quad \text{PPN} \\
 &= 5 \% \times \text{Rp. } 972.079.422.055 \\
 &= \text{Rp } 48.603.971.103
 \end{aligned}$$

4.5.3.2 Biaya langsung dan Biaya Tidak Langsung Kombinasi *Crashing* dan *Overlapping*

Dalam mekanisme kolaborasi relasi *Crashing* dan *Overlapping*, proyek dapat diselesaikan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode pekerjaan normal, sehingga durasi pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat. Pada penelitian ini, kombinasi kedua metode tersebut diterapkan dengan menambahkan waktu kerja lembur selama 3 jam serta menyesuaikan hubungan antar pekerjaan (*relationship*) dan jeda waktu (*lag*) pada aktivitas yang saling bergantung. Dengan penambahan jam kerja ini, produktivitas meningkat, memungkinkan proyek selesai lebih cepat dibandingkan dengan jadwal awal. Karena metode *Crashing* melibatkan penambahan lembur selama 3 jam, maka biaya tenaga kerja serta biaya sewa peralatan akan mengalami peningkatan dibandingkan dengan kondisi normal, yang berkontribusi pada naiknya biaya langsung (*direct cost*). Namun, di sisi lain,

penerapan kombinasi *Crashing* dan *Overlapping* menyebabkan durasi proyek yang sempit, sehingga biaya tidak langsung (*indirect cost*), yang bergantung dengan lamanya pelaksanaan proyek, akan berkurang. Dengan demikian, metode ini dapat mempercepat penyelesaian proyek dengan konsekuensi adanya peningkatan biaya langsung tetapi pengurangan biaya tidak langsung.

Setelah durasi dan relationship di input ke dalam Microsoft Project 2016 didapatkan percepatan 321 hari yang sebelumnya 2.727 hari menjadi 2.406 hari. Percepatan ini berimpak perihal biaya langsung serta biaya tidak langsung proyek.

1. Biaya langsung (*direct cost*) dengan tambahan jam kerja lembur 3 jam

$$= \text{biaya langsung normal} + \text{biaya langsung penambahan jam kerja}$$

$$= \text{Rp } 874.871.479.850 + \text{Rp } 956.461.244$$

$$= \text{Rp } 875.827.941.094$$
2. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) dengan kolaborasi *crashing* dan *overlapping*

$$= \text{durasi} \times \text{overhead perhari}$$

$$= 2406 \times 17.823.239$$

$$= \text{Rp } 42.882.710.628$$
3. Total biaya proyek normal dan setelah kolaborasi
 - a. Total biaya pekerjaan normal

$$= \text{direct cost normal} + \text{indirect cost normal} + \text{keuntungan}$$

$$= \text{Rp } 874.871.479.850 + \text{Rp } 48.603.971.103 + \text{Rp } 48.603.971.103$$

$$= \text{Rp } 972.079.422.055$$
 - b. Total biaya kombinasi

$$= \text{direct cost kombinasi} + \text{indirect cost kolaborasi} + \text{keuntungan}$$

$$= \text{Rp } 875.827.941.094 + \text{Rp } 42.882.710.628 + \text{Rp } 48.603.971.103$$

$$= \text{Rp } 967.314.622.825$$

4.5.3.3 Rekapitulasi Waktu Dan Biaya Proyek Metode Kombinasi

Berikut hasil rekapitulasi perhitungan biaya normal dan biaya setelah dilakukan kolaborasi *crashing* dan *overlapping* pekerjaan.

Tabel 4.14 Perbandingan waktu dan biaya normal - kombinasi
crashing dan overlapping

Activity	Duration	Direct cost	Indirect cost	profit	Total cost	Ratio
Normal	2.727	874.871.479.850	48.603.971.103	48.603.971.103	972.079.422.056	1,000
Kombinasi	2.406	875.827.941.094	42.882.710.628	48.603.971.103	967.314.622.825	0,995

Dari hasil rekapitulasi di atas didapatkan bahwa dengan dilakukannya kombinasi *crashing* dan *overlapping* dengan mengubah durasi, *relationship* dan *lag* dapat mempersingkat durasi proyek selama 321 hari yang sebelumnya berdurasi 2.727 hari menjadi 2.406 hari kalender. Dari segi biaya juga mengalami penurunan 0,49% yaitu sebesar Rp. 4.764.799.231 yang sebelumnya Rp. 972.079.422.050 menjadi Rp. 967.314.622.825.

4.6 Rekapitulasi Hasil Simulasi

Keterlambatan pada Proyek Bendungan Tigadihaji Paket 1 yang terjadi pada Bulan ke-58 pada bulan Juli 2023 sebesar -3,41% harus mendapatkan tindak lanjut dengan dilakukan percepatan Proyek sehingga dapat tetap diselesaikan sesuai waktu kontrak. Ada 3 metode percepatan yang dapat dilakukan yaitu metode *crashing*, *overlapping*, kombinasi *crashing* dan *overlapping*. Dari ketiga metode tersebut akan dilakukan evaluasi terhadap durasi dan biaya yang paling efisien untuk ditentukan metode mana yang paling efektif untuk di implementasikan pada Proyek. Berikut rekapitulasi perbandingan durasi dengan biaya proyek pada ke tiga metode tersebut.

Tabel 4.15 Rekapitulasi hasil simulasi

Activity	Duration	Direct cost	Indirect cost	profit	Total cost	Ratio
Normal	2.727	874.871.479.850	48.603.971.103	48.603.971.103	972.079.422.056	1,000
<i>Crashing</i>	2.536	875.827.941.094	45.199.732.570	48.603.971.103	969.631.644.767	0,997
<i>Overlapping</i>	2.612	874.871.479.850	46.554.297.656	48.603.971.103	970.029.748.609	0,998
Kombinasi	2.406	875.827.941.094	42.882.710.628	48.603.971.103	967.314.622.825	0,995

Dari hasil rekapitulasi tabel diatas didapatkan bahwa biaya paling efisien adalah metode kombinasi yang memiliki durasi waktu selama 2.406 hari dengan total biaya Rp. 967.314.622.825 dengan efisien biaya sebesar 0,49% atau sebesar Rp 4.764.799.231.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berlandaskan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilaksanakan pada Bab IV di atas maka pada pelaksanaan Proyek Pembangunan bendungan tigadihaji paket 1 dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Proyek Pembangunan Bendungan Tigadihaji Paket 1 dengan masa pelaksanaan tahun 2018 sampai dengan tahun 2025 mengalami keterlambatan pada bulan ke-58. Berdasarkan *master schedule* capaian progres rencana pada bulan ke-58 sebesar 30,89% namun progres realisasi hanya 27,48% sehingga terdeviasi *negatif* sebesar -3,41%. Penyebab keterlambatan pelaksanaan Proyek adalah tidak sesuai data geologi perencanaan dengan kondisi aktual di lapangan. Berdasarkan data geologi perencanaan seharusnya kupasan tanah untuk mendapatkan batuan *sandstone* sebagai bahan timbunan rockfill yaitu sedalam 3-5 meter. Namun kondisi aktual di lapangan harus dilakukan kupasan tanah sedalam 30 – 40 meter.
2. Metode percepatan pekerjaan pada Proyek Bendungan Tigadihaji menghasilkan efisiensi waktu dan biaya. Metode *crashing* dengan penambahan jam kerja menurunkan biaya dari Rp 972.079.422.050 menjadi Rp 969.631.644.767 atau efisiensi sebesar Rp 2.447.777.289 (0,25%) dengan pemangkasan durasi 191 hari (dari 2.727 hari menjadi 2.536 hari). Metode *overlapping* dengan mengubah *relationship* dan *lag* memberikan efisiensi biaya sebesar Rp 2.049.673.447 (0,21%) dengan durasi berkurang 115 hari menjadi 2.612 hari. Sementara itu, metode gabungan *crashing* dan *overlapping* menghasilkan efisiensi biaya tertinggi sebesar Rp 4.764.799.231 (0,49%) dengan pemangkasan waktu paling signifikan, yaitu 321 hari, sehingga durasi proyek menjadi 2.406 hari.
3. Metode percepatan paling efektif adalah kombinasi *crashing* dan *overlapping*, dengan efisiensi biaya sebesar Rp 4.764.799.231 (0,49%) yang semula sebesar Rp. 972.079.422.050 turun menjadi Rp. 967.314.622.825

dan pengurangan durasi 321 hari yang semula 2.727 hari menjadi 2.406 hari.

5.2 Saran

1. Pada pelaksanaan Proyek Pembangunan bendungan tigadihaji paket 1 dibutuhkan perencanaan percepatan dengan mempertimbangkan keterkaitan dengan progres fisik dari paket pekerjaan lain yang saling terintegrasi. Percepatan yang tidak terkoordinasi berisiko menimbulkan inefisiensi sumber daya, konflik ruang kerja, dan bahkan potensi *rework*.
2. Dengan dilakukannya percepatan pekerjaan maka sangat penting untuk memastikan bahwa waktu pelaksanaan yang lebih singkat tidak mengorbankan standar mutu teknis. Hal ini penting mengingat struktur bendungan adalah infrastruktur kritis yang berfungsi jangka panjang. Oleh karena itu, seluruh pekerjaan yang dipercepat tetap harus memenuhi spesifikasi teknis dan standar mutu yang telah ditetapkan



DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, Husen. (2010). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta. Penerbit Andi.
- Adianto, Yohanes. Ali Maliki. Wisnu Prasetyo. (2006). Analisis Biaya Dan Waktu Optimal Pada Proyek Ruko Paskal Hypersquare Dengan Least Cost Scheduling. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 14(1), 21-29.
- Anggraeni, Elisabeth Riska. Widi Hartono. Sugiyarto. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Tenaga Kerja Dan Shift Kerja. *Matriks Teknik Sipil*, 606-614.
- Arianie, Ganesstri Padma dan Nia B. Puspitasari. (2017). Perencanaan Manajemen Proyek Dalam Meningkatkan Efisiensi Dan Efektifitas Sumber Daya Perusahaan. *Jurnal Teknik Industri*, 12(3), 189-196.
- Dimiyati, D. H. dan Nurjaman, K. (2014). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta. Penerbit Pustaka Setia.
- Fajar, Adnan. (2009). *Aplikasi Metode Hubungan Tumpang Tindih Pada Network Diagram Preseden*. Universitas Tadulako. Palu.
- Hapsari, I. B., Mudiyo R., Ni'am Faiqun., (2024). *Optimalisasi Manajemen Proyek Untuk Keberhasilan Pelaksanaan Proyek Pelebaran Jalan (Studi Kasus : Proyek Pelebaran Jalan Palir Kaliancar, Ngaliyan Semarang)*. Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Hariyanto, (2003). *Perencanaan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Metode Trade Off (Tidak Diterbitkan)*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Hutama-Basuki KSO. (2023). *Laporan Mingguan ke 265 (08 November 2023 – 14 November 2023)*. OKU Selatan.

Khinasih, Arum Putri. (2009). *Evaluasi Waktu dan Biaya Dengan Metoda Crashing Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit UII*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Margareth, Lely dan Manlian Ronald A. Simanjuntak. (2010). *Pengaruh Produktivitas Tenaga Kerja Terhadap Kinerja Proyek Bangunan Tinggi Di DKI Jakarta*. Jakarta: Universitas Pelita Harapan.

PT. Virama Karya KSO. (2017). *Laporan Akhir Perencanaan Bendungan Tiga Dihaji*. Palembang

Putri, Deka Oktaviana. (2022). *Dinamika Sosial Masyarakat Desa Ngindeng Pasca Pembangunan Bendungan Bendo Sawoo Ponorogo*. Universitas Muhammadiyah Ponorogo. Ponorogo.

Putra, I Komang Alit Astrawan. (2020). *Pengaruh Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Gedung Terhadap Biaya Pelaksanaan*. Universitas Ngurah Rai. Bali.

Rizaldy, Muhammad Alif. Adhi Surya. Hendra Cahyadi. (2020). *Analisis Kurva S Dan Critical Path Methode (Cpm) Dalam Mengendalikan Proyek Gedung Arsip Kota Banjarmasin*. Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari. Banjarmasin.

Saputra, Ramdhan Yundra. (2017). *Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Penyelesaian Proyek Pembangunan Mall ABC*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Setiyono, B., Wahyudi, S. I., Adi, H. P. (2022). *Analisis Penjadwalan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Konstruksi Dengan Penyesuaian Perubahan Anggaran Akibat Pandemi Covid-19*. Universitas Islam Sultan Agung. Semarang.

Sunatha, I. G. N., Praganingrum, T. I., Nata, I. P. S. C. P. (2023). Analisis Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Berbasis Microsoft Project. *Jurnal Ganec Swara* 17(2), 594-601.

Thaher, Syafrizal. (2007). *Evaluasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crashing Pada Proyek Pembangunan Dermaga Tembilahan. Tugas Akhir.* (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Widiyanti, Candra. Dafid Irawan. Abdul Halim. (2022). Penjadwalan Ulang Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Paru Dungus Madiun. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(1), 54-65.

