

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN PRODUKTIVITAS ALAT BERAT SEBELUM DAN SESUDAH DILAKUKAN *CRASH PROGRAM* PADA PROYEK KONSTRUKSI JALAN AEK KOTA BATU (*Studi Kasus*)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD IOBAL IREANDI
1907210107



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Iqbal Irfandi

NPM 1907210107

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Produktivitas Alat Berat Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Crash Program Pada Proyek Konstuksi Jalan Aek Kota Batu

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada Panitia Ujian

Medan, 18 Mei 2024

Dosen Pembimbing



Muhammad Husin Gultom, ST.,M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Iqbal Irfandi

NPM : 1907210107

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Produktivitas Alat Berat Sebelum
Dan Sesudah Dilakukan Crash Program Pada Proyek
Konstruksi Jalan Aek Kota Batu

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Mei 2024

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Muhammad Husin Gultom S.T., MT

Dosen Pembimbing I



(Dr. Fahrizal Zulkarnain)

Dosen Pembimbing II



(Dr. Ade Faisal)

Ketua Prodi Teknik Sipil



(Dr. Fahrizal Zulkarnain)

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Syarat yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Iqbal Irfandi
Tempat/Tanggal Lahir : Sei Mencirim,30 Mei 2000
NPM : 1907210107
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “Analisis Perbandingan Produktivitas Alat Berat Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Crash Program Pada Proyek Konstruksi Jalan” Bukan merupakan plagiarism, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dannonmaterial, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan autentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/Kerjasama saya

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara

Medan, 18 Mei 2024

Saya yang Menyatakan



Muhammad Iqbal Irfandi

Syarat yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Iqbal Irfandi
Tempat/Tanggal Lahir : Sei Mencirim,30 Mei 2000
NPM : 1907210107
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “Analisis Perbandingan Produktivitas Alat Berat Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Crash Program Pada Proyek Konstruksi Jalan”

Bukan merupakan plagiarism, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan autentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/Kerjasama saya

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara

Medan, 18 Mei 2024

Saya yang Menyatakan

Muhammad Iqbal Irfandi

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN PRODUKTIVITAS ALAT BERAT SEBELUM DAN SESUDAH DILAKUKAN *CRASH PROGRAM* PADA PROYEK KONSTRUKSI JALAN AEK KOTA BATU

Muhammad Iqbal Irfandi
1907210107

Muhammad Husin Gultom, S.T.,M.T

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, sering kali kita akan menghadapi situasi di mana perlu mempercepat jangka waktu pengerjaan. Pada proyek konstruksi jalan Aek Kota Batu Ini melibatkan penggunaan berbagai alternatif percepatan, yang mencakup penambahan jam kerja alat berat dan penambahan jumlah alat berat. Metode percepatan yang digunakan yaitu metode *Crash Program*. Perhitungan dimulai dengan mencari lintasan kritis menggunakan *Microsoft Project*, setelah mendapatkan lintasan kritis kemudian kita memilih pekerjaan yang menggunakan alat berat saja. Maka didapatlah biaya normal proyek sebesar Rp.6.077.352.825,08 dan durasi normal 138 hari. Dari hasil perhitungan percepatan durasi dengan metode *Crash Program* maka didapat durasi percepatan 124 hari dengan persentase kecepatan 10,15% lebih cepat 14 hari, sehingga penyelesaian pekerjaan proyek tersebut selesai lebih cepat dari rencana awal penjadwalan. Akibat dari percepatan waktu proyek tersebut maka terjadila kenaikan biaya tambahan. Untuk biaya dengan alternatif penambahan jam kerja alat berat yaitu Rp.6.485.490.680,40 dengan persentase kenaikan biaya sebesar 6,29% dan juga untuk alternatif penambahan jumlah alat berat yaitu Rp.6.611.698.455,36 dengan persentase kenaikan biaya sebesar 8,08%.

Kata kunci : Lintasan kritis, Alat berat, Metode *Crash Program*

ABSTRACT

COMPARISON ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT PRODUCTIVITY BEFORE AND AFTER THE CRASH PROGRAM IN THE AEK ROAD CONSTRUCTION PROJECT, BATU CITY

Muhammad Iqbal Irfandi

1907210107

Muhammad Husin Gultom, S.T.,M.T

In the implementation of construction projects, we often find ourselves in situations where it becomes necessary to expedite the project timeline. In the construction project for Aek Kota Batu Road, this involves considering various acceleration alternatives, including increasing the working hours of heavy machinery and adding the quantity of heavy equipment. The acceleration method employed is the Crash Program method. The calculation begins by identifying the critical path using Microsoft Project. Once the critical path is determined, we select the tasks that involve the use of heavy equipment. The normal cost of the project is then determined to be Rp.6,077,352,825.08, with a normal duration of 138 days. From the acceleration calculation using the Crash Program method, the acceleration duration is found to be 124 days with a speed percentage of 10.15%, completing the project 14 days earlier than the initial scheduling plan. Due to the accelerated project timeline, additional costs are incurred. For the cost associated with the alternative of increasing working hours for heavy machinery, the amount is Rp.6,485,490,680.40, with a cost increase percentage of 6.29%. Additionally, for the alternative of increasing the quantity of heavy equipment, the cost is Rp.6,611,698,455.36, with a cost increase percentage of 8.08%.

Keywords: Critical path, Heavy machinery, Crash Program method

KATA PENGANTAR

Segala Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah Yang Maha Kuasa dan penuh Kasih karena telah melimpahkan segala Anugerah-Nya dan tiada hentihentinya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “ANALISIS PERBANDINGAN PRODUKTIVITAS ALAT BERAT SEBELUM DAN SESUDAH DILAKUKAN CRASH PROGRAM PADA PROYEK KONSTRUKSI JALAN AEK KOTA BATU” Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

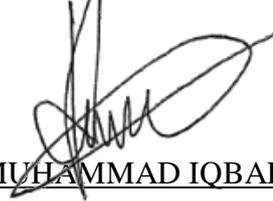
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Muhammad Husin Gultom, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara
3. Ibu Rizki Efrida, S.T.,M.T selaku Sekertaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
5. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh staf dan karyawan PT. AYU SAPTA Perdana khususnya Bapak Udin yang telah membantu dan memberi masukan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
7. Teristimewa untuk kedua orang tua saya serta saudari kandung terutama kakak saya Tyus Windi Ayuni atas dukungan moril maupun materil dan kasih sayang tulus selama ini kepada penulis.

8. Teman-teman seperjuangan yang tak mungkin disebut satu persatu, yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan saran yang membangun untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Teknik Sipil.

Medan, 18 Mei 2024



MUHAMMAD IQBAL IRFANDI

1907210107

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Manajemen Proyek	6
2.2 Penelitian Terdahulu	7
2.3 Pengertian Alat berat	8
2.3.1 Produktivitas Alat Berat	9
2.3.2 Manajemen Alat Berat	9
2.3.3 Pemilihan Alat Berat	10
2.4 Penjadwalan Proyek	10
2.5 Biaya Proyek	11
2.5.1 Biaya Langsung (<i>Direct Cost</i>)	11
2.5.2 Biaya Tidak Langsung (<i>Indirect Cost</i>)	12
2.6 Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek	13

2.7	Pengertian <i>Crash Program</i>	14
2.8	<i>Critical Path Methode (CPM)</i>	14
2.9	Durasi Percepatan (<i>Crash Duration</i>)	15
2.9.1	Penambahan Jam Kerja	15
2.9.2	Penambahan Jumlah Alat Berat	17
2.10	Biaya Percepatan (<i>Crash Cost</i>)	17
2.10.1	Penambahan Jam Kerja	17
2.10.2	Penambahan Jumlah Alat Berat	19
2.11	<i>Cost Slope</i>	19
2.12	<i>Microsoft Project</i>	20
BAB 3 METODE PENELITIAN		23
3.1	Bagan Alir Penelitian	23
3.2	Metode Penelitian	24
3.3	Data Umum Proyek	24
3.4	Pengumpulan Data	25
3.5	Analisa Data	25
3.6	Hasil Penerapan Metode <i>Crash Program</i>	26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Hasil	27
4.1.1	Menentukan Jalur Kritis	27
4.1.2	Biaya Normal	28
4.1.3	Durasi setelah dilakukan percepatan	31
4.1.4	Biaya setelah dilakukan percepatan	35
4.1.5	Perhitungan <i>Cost Slope</i>	41
4.2	Pembahasan	43
4.2.1	Analisis Percepatan Durasi	43
4.2.2	Analisis Biaya Percepatan	45
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		50
LAMPIRAN		51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: <i>Triple Constraint</i>	7
Gambar 2.2: Grafik Hubungan Waktu-Biaya Normal	13
Gambar 2.3: Tampilan <i>Layer Gantt Chart View</i>	21
Gambar 2.4: Tampilan <i>Layer Task</i>	21
Gambar 2.5: Tampilan <i>Start Dan Finish</i>	22
Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian	23
Gambar 3.2: Peta Lokasi Penelitian	25
Gambar 4.1: Kurva Perbandingan Durasi Percepatan Dan Rencana	45
Gambar 4.2: Perbandingan Biaya Percepatan	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Koefisien Penurunan Produktivitas	16
Tabel 4.1: Daftar Kegiatan Kritis	27
Tabel 4.2 Daftar Kegiatan Kritis Yang Menggunakan Alat Berat	28
Tabel 4.3: Total Upah Pada Keadaan Normal	29
Tabel 4.4: Total Biaya Alat Pada Keadaan Normal	30
Tabel 4.5: Total Biaya Material Pada Keadaan Normal	30
Tabel 4.6: Total Biaya Normal	31
Tabel 4.7: Penurunan Koefisien Produktivitas	32
Tabel 4.8: Durasi Percepatan Akibat Lembur	33
Tabel 4.9: Durasi Percepatan Akibat Penambahan Alat	34
Tabel 4.10: Upah Percepatan Akibat Penambahan Jam Kerja	36
Tabel 4.11: Total Biaya Alat Akibat Penambahan Jam Kerja	37
Tabel 4.12: Total Biaya Akibat Penambahan Jam Kerja	38
Tabel 4.13: Upah Percepatan Akibat Penambahan Alat	39
Tabel 4.14: Total Alat Akibat Penambahan Alat	40
Tabel 4.15: Total Penambahan Biaya Akibat Penambahan Alat	41
Tabel 4.16: Perhitungan <i>Cost Slope</i> Akibat Lembur	42
Tabel 4.17: Perhitungan <i>Cost Slope</i> Akibat Penambahan Alat	42
Tabel 4.18: Analisis Percepatan Durasi	43
Table 4.19: Analisa Biaya Percepatan	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: <i>Time Schedule Kurva S</i>	52
Lampiran 2: <i>Gantt Chart</i> Durasi Normal	53
Lampiran 3: <i>Network Diagram</i> Durasi Normal	54
Lampiran 4: <i>Gantt Chart</i> Durasi Dipercepat	55
Lampiran 5: <i>Network Diagram</i> Durasi Dipercepat	56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alat-alat berat yang sering dikenal di dalam ilmu Teknik Sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan dan Jalan raya. Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar. Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat.

Pekerjaan proyek konstruksi yang cukup besar, kadang-kadang dituntut untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut dengan waktu yang terbatas. Hal ini tidak dapat dihindari lagi setelah pemanfaatan tenaga manusia dengan alat konvensional sudah tidak efisien. Penggunaan alat berat merupakan solusi yang tepat untuk menyelesaikan pekerjaan pada proyek yang sedang berlangsung. Pemilihan alat berat yang akan dipakai merupakan faktor yang sangat penting dalam keberhasilan suatu proyek. Alat berat yang dipakai harus tepat sehingga proyek dapat berjalan lancar.

Perkembangan konstruksi di Indonesia semakin meningkat. Hal ini dapat dibuktikan dengan semakin banyaknya jenis konstruksi yang terbangun akhir-akhir ini, seperti konstruksi bangunan air, infrastruktur, dan bangunan gedung. Salah satu konstruksi yang saat ini sedang banyak dikerjakan adalah pembangunan jalan raya. Oleh sebab itu Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan dari tahun ke tahun khususnya di Kabupaten Labuhan Batu Utara, maka pemerintah provinsi Sumatera Utara melakukan peningkatan pembangunan jalan dari aek kota batu menuju batas Tobasa.

Pada proyek pembangunan jalan Provinsi aek kota batu kabupaten labuhan batu utara, Pemerintah setempat bekerja sama dengan Perusahaan PT. AYU SEPTA PERDANA. Ingin memperbaiki dan meningkatkan struktur jalan tersebut, pekerjaan tersebut memakan waktu 180 hari atau 6 bulan (periode pelaksanaan) dengan total anggaran proyek mencapai 19 Miliar Rupiah. Terdiri dari dari beberapa pekerjaan yaitu pekerjaan Drainase, pekerjaan Tanah dan Geosintetik, perkerasan aspal, dan pekerjaan lainnya. Pada pekerjaan proyek Pembangunan konstruksi jalan aek kota batu, Perusahaan PT. AYU SEPTA PERDANA melakukan pekerjaannya dengan tepat waktu sesuai dengan jadwal sudah yang disepakati sebelumnya didalam kontrak tersebut.

Pada skripsi ini, penulis ingin melakukan penelitian pada proyek pembangunan konstruksi jalan aek kota batu tersebut agar selesai lebih cepat dari waktu yang sudah di tentukan didalam kontrak tersebut yaitu 180 hari. Salah satu metode yang akan dilakukan untuk menyelesaikan proyek tersebut menjadi lebih cepat yaitu menggunakan metode *Crash Program*. Metode *Crash Program* adalah proses mempersingkat waktu penyelesaian dalam suatu proyek Apabila Crash Program diterapkan pada suatu proyek konstruksi, kemungkinan akan terjadi kenaikan biaya (Telaumbanua, 2017).

Dalam melakukan percepatan menggunakan metode *Crash Program*, penulis ingin terlebih dahulu mengetahui lintasan kritis dan juga pekerjaan mana saja yang hanya menggunakan alat berat saja pada proyek tersebut, yang dimana pada pekerjaan jalan aek kota batu memerlukan banyak sekali alat berat yang digunakan. Setelah didapatkan, maka kita bisa mencari antara biaya dengan waktu suatu kegiatan alat berat seperti: kurun waktu normal/*Normal Duration* (ND), kurun waktu dipersingkat/*Crash Duration* (CD), Biaya normal/*Normal Cost* (NC), dan Biaya untuk waktu dipersingkat. Dengan memanfaatkan waktu yang optimal maka alternatif yang digunakan untuk menunjang percepatan yang dilakukan adalah dengan penambahan jam kerja alat berat dan penambah jumlah alat berat . Oleh karena itu judul pada skripsi ini adalah “Analisis Perbandingan Produktivitas Alat Berat Sebelum Dan Sesudah Dilakukan *Crash Program* Pada Proyek Konstruksi Jalan Aek Kota Batu”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, maka disusun rumusan masalah antara lain:

1. Bagaimana produktivitas alat berat sebelum dilakukan *Crash Program* pada proyek konstruksi jalan?
2. Bagaimana produktivitas alat berat setelah dilakukan *Crash Program* pada proyek konstruksi jalan?
3. Apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara produktivitas alat berat sebelum dan sesudah dilakukan *Crash Program* pada proyek konstruksi jalan?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih menguraikan pada latar belakang dan permasalahan yang telah dirumuskan maka penulis membuat Batasan-batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penelitian antara lain:

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada proyek konstruksi jalan yang menggunakan alat berat, sehingga tidak mencakup proyek konstruksi yang tidak menggunakan alat berat.
2. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data dari satu proyek konstruksi saja, sehingga hasil penelitian tidak dapat digeneralisasi secara langsung pada proyek konstruksi lainnya.
3. Penelitian ini dilakukan pada pekerjaan konstruksi jalan yang terdapat pada Proyek jalan aek kota batu.
4. Perhitungan *Crash Program* pada penelitian ini menggunakan alternatif yaitu penambahan jam kerja alat berat dan penambahan jumlah alat berat.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui perkiraan durasi waktu dan biaya yang optimal antara akibat penambahan jam kerja alat berat dan penambahan jumlah alat berat sebelum dilakukan *Crash Program*.
2. Mengetahui perkiraan biaya dan waktu yang optimal antara akibat penambahan jam kerja alat berat dan penambahan jumlah alat berat sesudah dilakukan *Crash Program*.
3. Mengetahui perbedaan dan dampak akibat dilakukannya metode *Crash Program*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai efektivitas crash program dalam meningkatkan produktivitas alat berat.
2. Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan pelaksanaan proyek konstruksi.
3. Menambah pengetahuan dan wawasan mengenai pengelolaan alat berat dalam kegiatan proyek konstruksi.

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini akan diuraikan dalam penulisan yang terbagi menjadi lima bab dan tiap-tiap bab tersusun dari beberapa pokok pembahasan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas secara singkat mengenai teori penelitian sebagai dasar dalam mengkaji permasalahan yang ada.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bagian ini membahas tentang tahapan penelitian, metode pelaksanaan, Teknik pengumpulan data, jenis dan sumber data yang diperlukan serta Teknik analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil yang diperoleh dari penelitian serta pembahasan analisis perhitungan dan pemecahan masalah dari hasil yang didapatkan.

BAB 5 KESIMPULAN

Pada bab ini akan dipaparkan beberapa kesimpulan yang didapat dari hasil dan pembahasan serta berisikan beberapa saran dari penulis.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

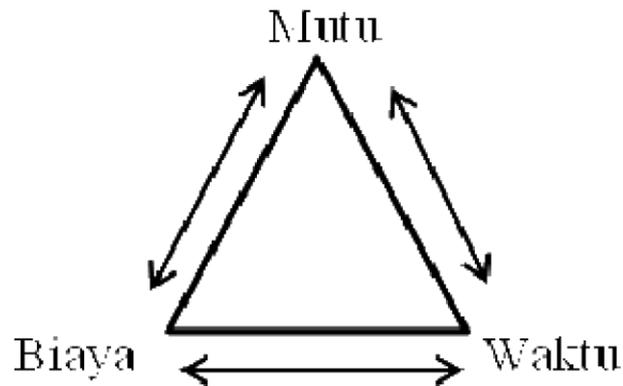
2.1 Pengertian Manajemen Proyek

Proyek adalah suatu rangkaian kegiatan yang bersifat sementara yang sudah ditetapkan awal pekerjaannya dan waktu selesainya. Menurut (Nurhayati, 2010), sebuah proyek merupakan suatu usaha/aktivitas yang kompleks, tidak rutin, dibatasi oleh waktu, anggaran, *Resource*, dan spesifikasi performansi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan (*Knowledges*), keterampilan (*Skills*), alat (*Tools*) dan teknik (*Techniques*) dalam aktivitas-aktivitas proyek untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan proyek. Manajemen proyek dilaksanakan melalui aplikasi dan integrasi tahapan proses manajemen proyek yaitu *Initiating*, *Planning*, *Executing*, *Monitoring* dan *Controlling* serta akhirnya *Closing* keseluruhan proses proyek tersebut.

Dalam pelaksanaannya, setiap proyek selalu dibatasi oleh kendala-kendala yang sifatnya saling mempengaruhi dan biasa disebut sebagai segitiga project constraint yaitu biaya, waktu dan mutu. Di mana keseimbangan ketiga konstrain tersebut akan menentukan kualitas suatu proyek. Perubahan salah satu atau lebih faktor tersebut akan mempengaruhinya setidaknya satu faktor lainnya. Untuk itu diperlukan suatu pengaturan yang baik sehingga perpaduan antara ketiganya sesuai dengan yang diinginkan (Santosa, 2013).

Manajemen proyek dianggap sukses jika bisa mencapai tujuan yang diinginkan dengan memenuhi syarat berikut:

1. Dalam waktu yang dialokasikan.
2. Dalam biaya yang dianggarkan.
3. Pada performansi atau spesifikasi yang ditentukan.
4. Diterima customer.
5. Dengan perubahan lingkup pekerjaan minimum yang disetujui.
6. Tanpa mengganggu aliran pekerjaan utama organisasi.
7. Tanpa mengubah budaya (*Positif*) Perusahaan.



Gambar 2.1: *Triple constraint* (Utomo, 2002).

Proyek yang digunakan sebagai obyek penelitian juga merupakan serangkaian kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu tertentu dengan melakukan perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengawasan terhadap sumberdaya yang tersedia. Sehingga dalam pelaksanaannya dapat sesuai dengan jadwal, waktu, dan anggaran yang telah ditetapkan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan beberapa penelitian percepatan penjadwalan proyek yang telah dilakukan oleh para ahli antara lain:

1. Penelitian perbandingan produktivitas alat berat menggunakan metode *Crash Program* yang dilakukan oleh (Afif dkk., 2022) pada proyek pembangunan bendungan bendo. Perbandingan jadwal waktu pelaksanaan sebelum dan sesudah dilakukan crash program pada pekerjaan alat berat di proyek bendungan bendo yaitu dapat disimpulkan bahwa sebelum dilakukan *Crash Program* yaitu selama 240 hari atau setara 8 bulan, dan setelah dilakukan *Crash Program* yaitu selama 158 hari atau setara 5 bulan, sehingga menghasilkan selisih waktu penyelesaian selama 82 hari atau 3 bulan lebih cepat dari rencana awal. Perbandingan biaya sebelum dan sesudah dilakukan *Crash Program* pada proyek bendungan bendo yaitu menimbulkan penambahan biaya sebesar 12% sd 15% dari biaya semula yaitu

47,452,800,000 menjadi 54,551,712,000, atau dengan kenaikan biayanya sebesar 7,098,912,000.

2. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Riski Ramadan, 2019) pada proyek pembangunan gedung rawat jalan rsud kanjuruhan dengan menggunakan percepatan durasi pekerjaan menggunakan metode crash program. Mendapatkan dua alternatif, alternatif yang pertama dengan penambahan tenaga kerja didapatkan penambahan biaya sebesar Rp 68.033.777,17 dari total biaya pekerjaan normal yang jumlahnya sebesar Rp 10.322.112.083,33 menjadi Rp 10.380.599.527,17 atau naik 0,57% dari total biaya pekerjaan normal dengan pengurangan durasi pekerjaan waktu selama 52 hari dari waktu normal 283 hari menjadi 231 hari. Alternatif ke dua penambahan jam kerja (lembur) dengan pengurangan durasi 29 hari (waktu penyelesaian proyek proyek menjadi 254 hari) dengan biaya 10,322112,08,33 menjadi 10.409.850.035,70 naik 0,85%. Sehingga hasil *Crash* yang optimum adalah dengan penambahan tenaga kerja.
3. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Norlin dkk., 2022) pada proyek Pembangunan Hotel Shafira Surabaya menggunakan sebuah metode percepatan durasi pekerjaan yaitu metode *Crashing*. Penerapan metode ini memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan waktu dan biaya pekerjaan yakni dengan hasil analisis total biaya proyek dengan penambahan jam kerja lembur selama 3 jam diperoleh 317 hari kerja dengan biaya sebesar Rp 22.026.157.861,00 dari waktu dan biaya normal sebesar Rp. 21.925.312.000.00 dengan durasi pelaksanaan proyek 357 hari kerja. Efisiensi biaya dalam pengerjaan proyek sebesar 0,0045% dan efisiensi waktu sebesar 1,12%.

2.3 Pengertian Alat Berat

Alat-alat berat yang sering di kenal di dalam ilmu Teknik Sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti

pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar. Menurut (Rostiyanti, 2014) dalam pekerjaan pembangunan konstruksi alat-alat berat sangat diperlukan untuk membantu dan mempermudah manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang lebih singkat. Dan alat-alat berat ini menjadi factor yang sangat penting didalam proyek.

2.3.1 Produktivitas Alat Berat

Dalam melaksanakan proyek-proyek yang dikerjakan dengan alat berat. Pada saat suatu proyek akan dimulai, kontraktor akan memilih alat berat yang akan digunakan di proyek tersebut. Tujuan penggunaan alat-alat berat tersebut untuk memudahkan pekerja dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan mudah pada waktu yang relatif lebih singkat.

Produktivitas dapat diartikan sebagai perbandingan antara output (hasil produksi) terhadap input (komponen produksi tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu). Jadi dalam Analisis Produktivitas dapat dinyatakan sebagai rasio antara output terhadap input dan waktu (jam atau hari). Bila input dan waktu kecil maka output semakin besar sehingga produktivitas semakin tinggi.

2.3.2 Manajemen Alat Berat

Manajemen alat berat adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan alat berat untuk mencapai tujuan pekerjaan yang ditentukan (Asiyanto, 2008). Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat dihindari antara lain adalah:

1. Fungsi yang harus dilaksanakan.
2. Kapasitas peralatan.
3. Cara operasi.

4. Pembatasan dari metode yang dipakai.
5. Ekonomi.

Selain itu hal hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun rencana kerja alat berat antara lain:

1. Volume pekerjaan yang harus diselesaikan dalam batas tertentu
2. Dengan volume pekerjaan yang ada tersebut dan waktu yang telah ditentukan harus ditetapkan dengan jenis dan jumlah alat berat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.
3. Dengan jenis dan jumlah alat berat yang tersedia, dapat ditentukan berapa volume yang dapat diselesaikan serta waktu yang diperlukan.

2.3.3 Pemilihan Alat Berat

Pemilihan alat berat dilakukan pada tahap perencanaan, dimana jenis, jumlah, dan kapasitas alat merupakan faktor-faktor penentu (Asiyanto, 2008). Tidak setiap alat berat dapat dipakai untuk setiap proyek konstruksi. Oleh karena itu pemilihan alat berat yang tepat sangatlah diperlukan. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat maka akan terjadi keterlambatan di dalam pelaksanaan, biaya proyek yang membengkak, dan hasil yang tidak sesuai dengan rencana (Siswanto, 2022). Jenis-jenis alat berat yang digunakan pada pekerjaan proyek konstruksi jalan Aek Kota batu antara lain *Bulldozer*, *Excavator*, *Dump truck*, *Tandem Roller*, *Motor Grader*, *Asphalt Finisher*, dan alat berat lainnya.

2.4 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan fase menerjemahkan suatu perencanaan ke dalam suatu diagram yang sesuai dengan skala waktu. Penjadwalan Proyek dapat berupa:

a. Kurva S

Kurva S mempresentasikan bobot pekerjaan kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal. Bobot pekerjaan adalah nilai persentase proyek yang menggambarkan kemajuan proyek tersebut.

Pembandingan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari yang direncanakan.(Lynna, 2006).

b. Network Planning

(Eddy, 2003) mendefinisikan bahwa perencanaan jaringan kerja (*Network Planning*) adalah suatu model yang banyak digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya berupa informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam diagram jaringan kerja yang bersangkutan. cara membuat network planning bisa dengan cara manual atau menggunakan *Software* komputer seperti *Ms Project*. untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu:

1. Jenis pekerjaan yang dibuat dan detail rincian item pekerjaan.
2. Durasi waktu masing-masing pekerjaan.
3. Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
4. Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

2.5 Biaya Proyek

Selama masa konstruksi, suatu proyek memerlukan berbagai jenis sumberdaya (4M) antara lain tenaga kerja (*Man*), *Material*, metode (*Method*) dan peralatan (*Machine*). Kebutuhan sumber daya akan mempengaruhi masalah keuangan seperti masalah biaya dan pendapatan proyek. Biaya yang digunakan pada proyek adalah biaya total. Total biaya untuk setiap durasi waktu adalah jumlah biaya langsung dan biaya tidak langsung.

2.5.1 Biaya langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah semua biaya yang dikeluarkan secara langsung berhubungan erat dengan aktivitas proyek yang sedang berjalan. Biaya langsung akan bersifat sebagai biaya normal apabila dilakukan dengan metode yang efisien dan dalam waktu normal proyek. Biaya untuk durasi waktu yang dibebankan

(*Imposed Duration Date*) akan lebih besar dari biaya untuk durasi waktu yang normal sehingga pengurangan waktu akan menambah biaya dari kegiatan proyek. Total waktu dari semua paket kegiatan dalam proyek menunjukkan total biaya langsung untuk keseluruhan proyek (Santosa, 2013). Komponen biaya langsung antara lain:

a. Biaya Bahan dan Material Biaya

Biaya Bahan dan Material Biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan dan material yang akan digunakan. Biaya material di suatu tempat mungkin akan berbeda dengan tempat lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh kelangkaan material, biaya transportasi dan stok material.

b. Biaya Upah

Tenaga Kerja Biaya upah tenaga kerja relatif bervariasi dan tergantung terhadap keahlian dan standar gaji dimana proyek tersebut berada. Upah pekerja ini termasuk jaminan kesehatan dan asuransi kecelakaan kerja.

c. Biaya Alat

Dalam penggunaan alat pada masa konstruksi perlu dilakukan pertimbangan sebelumnya untuk menyewa atau membeli alattersebut. Karena dengan suatu analisa dan pertimbangan yang tepatdapat menekan biaya peralatan.

d. Biaya Sub-Kontraktor

Biaya yang akan dikeluarkan bila ada bagian pekerjaan yang diserahkan kepada sub- kontraktor. Sub-kontraktor ini bertanggung jawab dan dibayar oleh kontraktor utama

2.5.2 Biaya tidak langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung adalah biaya yang diperlukan untuk setiap kegiatan proyek tetapi tidak berhubungan langsung dengan kegiatan yang bersangkutan dan dihitung pada awal proyek sampai akhir proyek konstruksi. Bila pelaksanaan akhir proyek mundur dari waktu yang sudah direncanakan maka biaya tidak langsung ini akan menjadi besar, sehingga keuntungan kontraktor akan berkurang bahkan pada kondisi tertentu akan mengalami kerugian. Menurut Widyatmoko, (2008) biaya tidak langsung tersebut meliputi:

a. *Biaya Overhead*

Biaya Overhead adalah biaya-biaya operasional yang menunjang pelaksanaan pekerjaan selama proyek berlangsung. Biaya ini dikeluarkan untuk fasilitas sementara, operasional petugas, biaya untuk K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja).

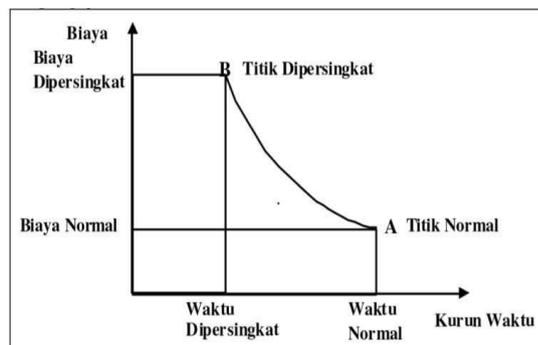
b. *Biaya Tidak Terduga*

Biaya tidak terduga adalah biaya untuk kejadian-kejadian yang memungkinkan akan terjadi ataupun tidak terjadi.

2.6 Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek

Dengan mempercepat durasi proyek maka akan menyebabkan perubahan terhadap biaya dan waktu, yang meliputi:

- Waktu Normal (*Normal Duration*) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan sampai selesai dengan tingkat produktivitas normal.
- Waktu Dipercepat (*Crash Duration*) merupakan waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih memungkinkan.
- Biaya Normal (*Normal Cost*) adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.
- Biaya untuk Waktu Dipercepat (*Crash Cost*) adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat.



Gambar 2.2: Grafik hubungan waktu-biaya normal (Soeharto, 1997).

2.7 Pengertian *Crash Program*

Crash Program adalah proses mempersingkat waktu penyelesaian dalam suatu proyek. Apabila *Crash Program* diterapkan pada suatu proyek konstruksi, kemungkinan akan terjadi kenaikan biaya (Telaumbanua, 2017). Kenaikan biaya tersebut disebabkan oleh adanya penambahan tenaga kerja dan alat atau penambahan jam kerja lembur.

Proses crashing adalah cara melakukan perkiraan dari variabel cost dalam menentukan pengurangan durasi yang paling maksimal dan paling ekonomis dari suatu kegiatan yang masih mungkin untuk direduksi (Erviyanto, 2004). Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara biaya dengan waktu suatu kegiatan, dipakai beberapa istilah yaitu: kurun waktu normal/*Normal Duration* (ND), kurun waktu dipersingkat/*Crash Duration* (CD), Biaya normal/*Normal Cost* (NC), dan Biaya untuk waktu dipersingkat. Ada beberapa cara alternatif yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek yaitu penambahan jam kerja alat berat dan penambahan jumlah alat berat.

2.8 *Critical Path Methode (CPM)*

Metode *CPM (Critical Path Method)* *CPM (Critical Path Method)* adalah suatu metode dengan menggunakan *Arrow Diagram* dalam menentukan lintasan kritis sehingga kemudian disebut juga sebagai diagram lintasan kritis. Metode *CPM* membantu mendapatkan lintasan kritis, yaitu lintasan yang menghubungkan kegiatan- kegiatan kritis, atau dengan kata lain lintasan kritis adalah lintasan kegiatan yang tidak boleh terlambat ataupun mengalami penundaan pelaksanaan karena keterlambatan tersebut akan menyebabkan keterlambatan pada waktu total penyelesaian proyek.

Metode *Crash Program* di dalam perencanaan suatu proyek disamping mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya (*Cost*) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen, dimana biaya yang timbul harus di kendalikan seminim mungkin. Dalam pengendalian biaya harus memperhatikan faktor waktu, karena terdapat hubungan yang erat antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya-biaya

proyek yang bersangkutan. Di dalam analisa metode *Crash Program* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya proyek tersebut akan bertambah.

Beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk melakukan percepatan penyelesaian waktu proyek, antara lain:

- a. Penambahan jam kerja (lembur).
- b. Penambahan tenaga kerja.
- c. Pergantian atau penambahan peralatan.
- d. Pemilihan sumber daya manusia yang lebih berkualitas.

Beberapa cara tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah maupun secara kombinasi. Misalnya kombinasi penambahan jam kerja sekaligus jumlah tenaga kerja, yang biasanya disebut *Shift*.

2.9 Durasi Percepatan (*Crash Duration*)

Crash Duration adalah waktu yang dibutuhkan sebuah proyek dalam usahanya mempersingkat waktu sehingga durasinya menjadi lebih pendek dari durasi normal. Pada penelitian kali ini penulis menggunakan dua alternatif, maka setiap alternatif memiliki Langkah tersendiri untuk mendapatkan durasi percepatannya. Ada beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek. Cara-cara tersebut antara lain:

2.9.1 Penambahan jam kerja (lembur)

Penambahan jam kerja (lembur) yang akan dilakukan mengacu pada ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

- a. Waktu kerja normal per hari adalah 08.00-18.00 dengan 1 jam istirahat, sedangkan waktu kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal yaitu 19.00-21.00. Dalam seminggu hanya dilakaukan 6 hari kerja, yaitu Senin s/d Sabtu.

- b. Produktifitas untuk 3 jam lembur diperhitungkan sebesar 70% dari produktifitas normal (Soeharto, 1999).

Tabel 2.1: Koefisien penurunan produktivitas (Soeharto, 1997).

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja(%)
1 Jam	0,1	90
2 Jam	0,2	80
3 Jam	0,3	70
4 Jam	0,4	60

Untuk menghitung durasi percepatan penambahan jam kerja (lembur) penulis menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

- a. Menghitung produktivitas harian normal.

$$\text{Prod. harian} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}} \quad (2.1)$$

- b. Menghitung produktivitas per jam.

$$\text{Prod. per jam} = \frac{\text{Prod. harian}}{\text{Jam kerja normal}} \quad (2.2)$$

- c. Menghitung produktivitas lembur.

$$\text{Prod. lembur} = \text{Jam kerja lembur} \times \text{Koef lembur} \times \text{Prod. per jam} \quad (2.3)$$

- d. Menghitung Produktivitas harian setelah percepatan.

$$\text{Prod. harian setelah di crash} = \text{Prod. harian} + \text{Prod. lembur} \quad (2.4)$$

- e. Menghitung durasi percepatan.

$$\text{Durasi percepatan} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Prod. harian setelah di crash}} \quad (2.5)$$

2.9.2 Penambahan jumlah alat berat

Selain penambahan jam kerja (lembur) untuk mempercepat durasi proyek yang penulis gunakan pada studi kasus ini adalah penambahan jumlah alat berat. Adapun rumus-rumus yang penulis gunakan untuk menghitung durasi percepatan penambahan jumlah tenaga kerja, yaitu:

- a. Menghitung produktivitas harian normal.

$$\text{Prod harian} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi normal}} \quad (2.6)$$

- b. Menghitung produktivitas percepatan.

$$\text{Prod percepatan} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi dipercepat}} \quad (2.7)$$

- c. Mengitung persentase percepatan alat berat.

$$\text{Persentase percepatan} = \frac{\text{Prod.percepatan} - \text{prod.harian}}{\text{Prod.harian}} \times 100\% \quad (2.8)$$

2.10 Biaya Percepatan (*Crash Cost*)

Biaya percepatan muncul karena penggunaan sumber daya tambahan tersebut, dan biaya ini dapat melibatkan berbagai aspek, seperti pembayaran tambahan untuk pekerja lembur, penggunaan peralatan tambahan, atau pengeluaran lainnya yang diperlukan untuk memastikan bahwa proyek selesai lebih cepat dari jadwal semula.

Keputusan untuk melakukan crash pada suatu proyek harus dipertimbangkan dengan cermat, karena biaya percepatan dapat menjadi tinggi dan dapat mempengaruhi anggaran proyek secara keseluruhan. Pada penelitian kali ini penulis menggunakan dua alternatif, maka setiap alternatif memiliki Langkah tersendiri untuk mendapatkan durasi percepatannya.

2.10.1 Penambahan jam kerja (lembur)

Untuk menghitung upah pekerja untuk kerja lembur penulis menggunakan ketentuan berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11 (Bayu, 2017) diperhitungkan sebagai berikut:

- a. Untuk 1 jam kerja lembur pertama, harus dibayar upah kerja lembur sebesar 1,5 kali upah perjam.
- b. Untuk setiap jam kerja berikutnya, harus dibayar upah kerja lembur sebesar 2 kali upah sejam.

Rumus dalam menghitung upah akibat penambahan jam kerja adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung upah perjam.

$$\text{Upah perjam} = \frac{\text{Upah harian normal}}{\text{Jam kerja normal}} \quad (2.9)$$

- b. Menghitung upah lembur.

$$\text{Upah lembur} = (1,5 \times \text{Upah perjam}) + (3 \times 2 \times \text{Upah Kerja Perjam}) \quad (2.10)$$

- c. Menghitung upah harian lembur.

$$\text{Upah harian lembur} = \text{Upah harian normal} + \text{Upah lembur} \quad (2.11)$$

- d. Menghitung total upah lembur.

$$\text{Total upah lembur} = \text{Upah harian lembur} \times \text{Durasi percepatan} \quad (2.12)$$

Rumus dalam menghitung biaya alat akibat penambahan jam kerja adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung biaya alat perjam.

$$\text{Biaya alat perjam} = \frac{\text{Upah harian normal}}{\text{Jam kerja normal}} \quad (2.13)$$

- b. Menghitung biaya alat saat lembur.

$$\text{Biaya alat saat lembur} = \text{Upah per jam} \times \text{Jam kerja lembur} \quad (2.14)$$

- c. Menghitung biaya harian lembur.

$$\text{Biaya alat harian lembur} = \text{Upah harian normal} + \text{Upah lembur} \quad (2.15)$$

- d. Menghitung Total biaya alat lembur.

$$\text{Total Biaya alat lembur} = \text{Upah harian lembur} \times \text{Durasi percepatan} \quad (2.16)$$

2.10.2 Penambahan jumlah alat berat

Setelah diketahui berapa persentase percepatan pada setiap pekerjaan maka persentase tersebutlah yang digunakan untuk menghitung penambahan biaya akibat penambahan alat berat. Berikut ini adalah rumus-rumus untuk menghitung upah akibat penambahan alat:

- a. Menghitung biaya satuan upah percepatan.

$$\text{Sat. upah perc.} = \text{Sat. upah normal} + (\text{Sat. upah normal} \times \text{Persen perc}) \quad (2.17)$$

- b. Menghitung biaya upah harian percepatan.

$$\text{Upah harian perc.} = \text{Sat. upah percepatan} \times \text{Prod. percepatan per hari} \quad (2.18)$$

- c. Menghitung total upah percepatan.

$$\text{Total upah perc.} = \text{Upah harian lembur} \times \text{Durasi percepatan} \quad (2.19)$$

Rumus perhitungan alat berat akibat penambahan alat:

- a. Menghitung satuan alat percepatan.

$$\text{Sat. alat perc.} = \text{Sat. alat normal} + (\text{Sat. alat normal} \times \text{Persen perc}) \quad (2.20)$$

- b. Menghitung alat harian percepatan.

$$\text{Upah alat harian perc.} = \text{Sat. alat perc} \times \text{Prod. perc per hari} \quad (2.21)$$

- c. Menghitung total upah percepatan.

$$\text{Total biaya alat perc} = \text{Upah harian percepatan} \times \text{Durasi percepatan} \quad (2.22)$$

2.11 *Cost Slope*

Cost slope merupakan perbandingan antara pertambahan biaya dana percepatan waktu penyelesaian proyek yang dihitung dari hasil pengurangan antara biaya crashing (dipercepat) dengan biaya normal proyek. lalu dibagi dengan hasil pengurangan antara durasi normal dengan durasi dipercepat. Berikut ini adalah rumus menghitung *Cost Slope*:

$$Cost\ Slope = \frac{Biaya\ dipercepat - Biaya\ Normal}{Durasi\ normal - Durasi\ dipercepat} \quad (2.23)$$

Setelah didapat perhitungan Cost slope, Langkah selanjutnya yaitu perhitungan persentase durasi percepatan dan juga perhitungan persentase biaya percepatannya.

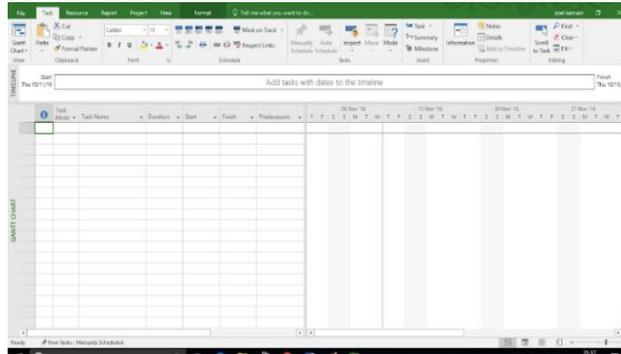
$$Persen.\ durasi\ percepatan = \frac{Durasi\ normal - Durasi\ percepatan}{Durasi\ normal} \times 100\% \quad (2.24)$$

$$Persen.\ biaya\ percepatan = \frac{Biaya\ normal - Biaya\ percepatan}{Biaya\ normal} \times 100\% \quad (2.25)$$

2.12 *Microsoft Project*

Microsoft Project adalah sebuah aplikasi program pengolah lembar kerja untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik. Beberapa jenis metode manajemen proyek yang di kenal saat ini, antara lain CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Program Evaluation Review Technique*), dan *Gantt Chart*. *Microsoft Project* adalah penggabungan dari ketiganya.

Microsoft Project juga merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (*Scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. *Microsoft project* juga membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap pengguna sumber daya (*Resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan. Program *Microsoft Project* memiliki beberapa macam tampilan layar, namun sebagai default setiap kali membuka file baru, yang akan ditampilkan adalah *Gantt Chart View*.



Gambar 2.3: Tampilan layar *Gantt Chart View*.

1. Task

Task adalah suatu lembar kerja dalam *Microsoft Project* yang berisi rincian pekerjaan sebuah proyek, dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
PEMBANGUNAN KANTOR 5 LANTAI	260 days	Thu 7/14/22	Wed 7/12/23	
PEKERJAAN PERSIAPAN	240 days	Thu 7/14/22	Wed 6/14/23	
PEKERJAAN PEMBONGKARAN	18 days	Thu 7/14/22	Mon 8/8/22	
Lantai 1	6 days	Thu 7/14/22	Thu 7/21/22	
Lantai 2	6 days	Fri 7/22/22	Fri 7/29/22	4
Lantai 3	6 days	Fri 7/22/22	Fri 7/29/22	555
Buang Puing ke luar proyek	12 days	Fri 7/22/22	Mon 8/8/22	655
PEKERJAAN STRUKTUR KOLOM, BALOK & PLAT LANTAI	78 days	Thu 12/1/22	Mon 3/20/23	
LANTAI 1	24 days	Thu 12/1/22	Tue 1/3/23	775+82 days
LANTAI 2	12 days	Wed 1/4/23	Thu 1/19/23	9
LANTAI 3	18 days	Fri 1/20/23	Tue 2/14/23	10
LANTAI 4	12 days	Wed 2/15/23	Thu 3/2/23	11
LANTAI 5	12 days	Fri 3/3/23	Mon 3/20/23	12
PEKERJAAN STRUKTUR TANGGA	154 days	Tue 8/23/22	Fri 3/24/23	
STRUKTUR TANGGA LANTAI 1-2	12 days	Tue 8/23/22	Wed 9/7/22	9F5-96 days
STRUKTUR TANGGA LANTAI 2-3	12 days	Thu 1/26/23	Fri 2/10/23	15F5+100 day
STRUKTUR TANGGA LANTAI 3-4	12 days	Tue 2/21/23	Wed 3/8/23	16F5+6 days
STRUKTUR TANGGA LANTAI 4-5	12 days	Thu 3/9/23	Fri 3/24/23	17

Gambar 2.4: Tampilan layar *Task*.

2. Start/Finish

Dalam *Microsoft Project*, *Start* merupakan nilai tanggal dimulainya suatu pekerjaan sesuai perencanaan jadwal proyek. Tanggal akhir disebut *finish*, yang akan diisi secara otomatis dari perhitungan tanggal mulai ditambah lama pekerjaan. Dapat dilihat pada Gambar 2.4

Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessor
PEMBANGUNAN KANTOR 5 LANTAI	260 days	Thu 7/14/22	Wed 7/12/23	
PEKERJAAN PERSIAPAN	240 days	Thu 7/14/22	Wed 6/14/23	
PEKERJAAN PEMBONGKARAN	18 days	Thu 7/14/22	Mon 8/8/22	
Lantai 1	6 days	Thu 7/14/22	Thu 7/21/22	
Lantai 2	6 days	Fri 7/22/22	Fri 7/29/22	4
Lantai 3	6 days	Fri 7/22/22	Fri 7/29/22	5SS
Buang Puing ke luar proyek	12 days	Fri 7/22/22	Mon 8/8/22	6SS
PEKERJAAN STRUKTUR KOLOM, BALOK & PLAT LANTAI	78 days	Thu 12/1/22	Mon 3/20/23	
LANTAI 1	24 days	Thu 12/1/22	Tue 1/3/23	7FS+82 da
LANTAI 2	12 days	Wed 1/4/23	Thu 1/19/23	9
LANTAI 3	18 days	Fri 1/20/23	Tue 2/14/23	10
LANTAI 4	12 days	Wed 2/15/23	Thu 3/2/23	11
LANTAI 5	12 days	Fri 3/3/23	Mon 3/20/23	12
PEKERJAAN STRUKTUR TANGGA	154 days	Tue 8/23/22	Fri 3/24/23	
STRUKTUR TANGGA LANTAI 1-2	12 days	Tue 8/23/22	Wed 9/7/22	9FS-96 da
STRUKTUR TANGGA LANTAI 2-3	12 days	Thu 1/26/23	Fri 2/10/23	15FS+100
STRUKTUR TANGGA LANTAI	12 days	Thu 7/14/22	Wed 3/8/23	16FS+6 da

Gambar 2.5: Tampilan *Start/Finish*.

3. *Predecessor*

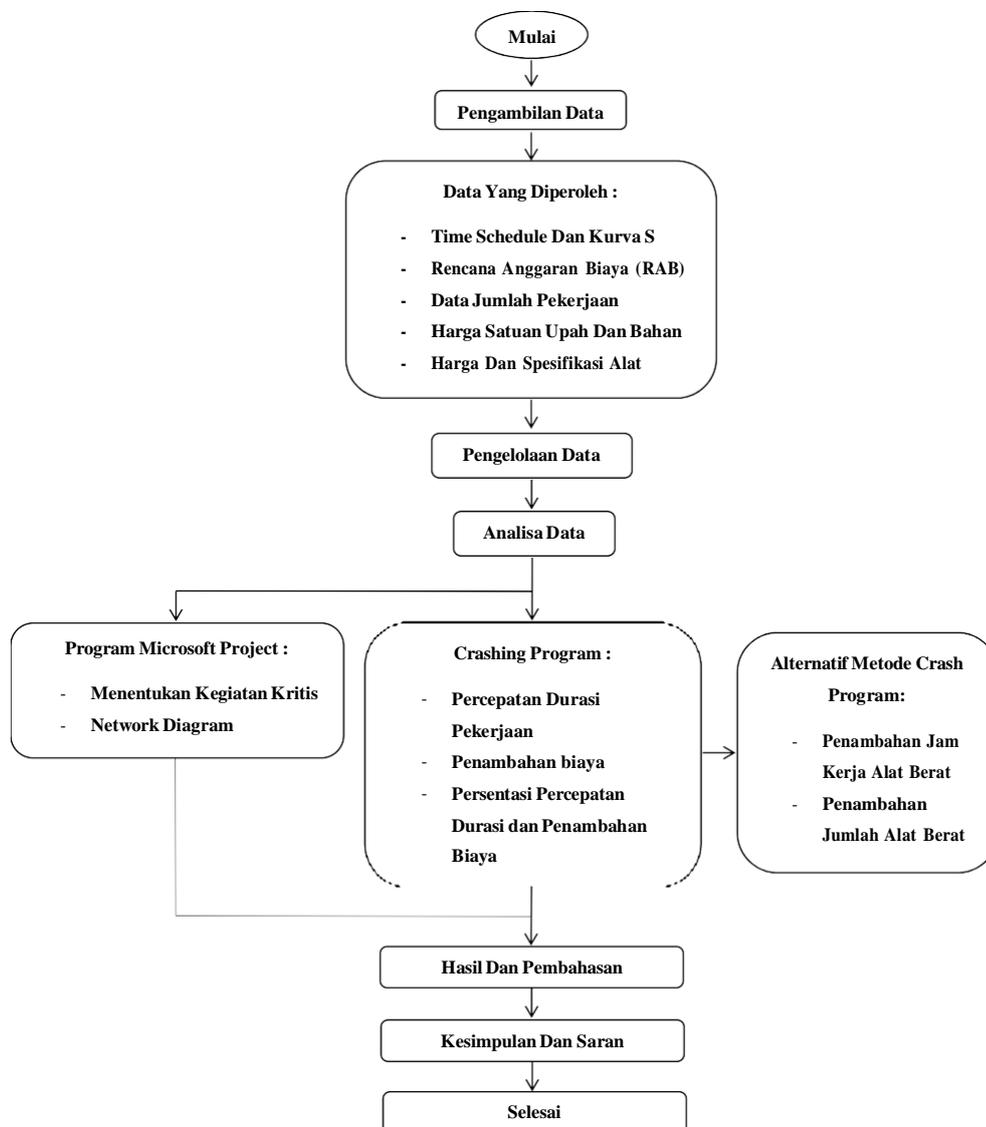
Merupakan hubungan keterkaitan antara suatu pekerjaan dengan pekerjaan lain. Dalam Microsoft Project mengenal 4 macam hubungan antar pekerjaan, yaitu:

- FS (*Finish To Start*) : Suatu pekerjaan boleh dimulai jika pekerjaan lain selesai.
- FF (*Finish To Finish*) : Suatu pekerjaan harus selesai bersamaan dengan selesainya pekerjaan lain.
- SS (*Start To Start*) : Suatu pekerjaan harus dimulai bersamaan dengan pekerjaan lain.
- SF (*Start To Finish*) : Suatu pekerjaan baru boleh diakhiri jika pekerjaan lain dimulai.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Adapun langkah-langkah metode penelitian dalam studi kasus ini, secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.2 Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah menerapkan metode *Crash Program* pada percepatan durasi proyek dengan dua alternatif, yaitu alternatif pertama penambahan jam kerja alat berat, alternatif kedua penambahan jumlah alat berat dalam pelaksanaan proyek Pembangunan konstruksi jalan Aek Kota Batu

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan konstruksi jalan Aek Kota Batu. Tahapan prosedur penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dan dengan urutan yang jelas dan teratur, sehingga akan diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Oleh karena itu, pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu :

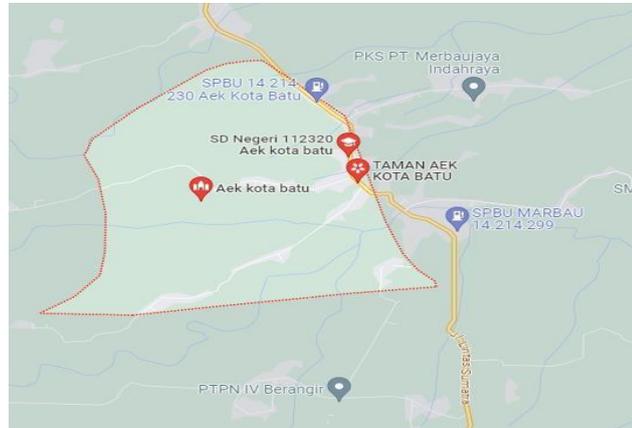
1. Persiapan sebelum melakukan penelitian perlu dilakukan studi literatur untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian.
2. Pengumpulan data Proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan, seperti data *Kurva S* dan rencana anggaran biaya (RAB).
3. Menganalisis menggunakan Microsoft Project untuk mencari kegiatan kritis pada proyek Aek Kota Batu yang pekerjaannya hanya menggunakan alat berat saja dan juga membuat Network Diagram.
4. Mengolah data dengan metode *Crash Program* dan *Microsoft Excel* untuk mempercepat waktu pekerjaan proyek dan penambahan biaya Ketika di percepat proyek tersebut.
5. Kesimpulan dan selesai.

3.3 Data Umum Proyek

Adapun data umum proyek pada pekerjaan konstruksi jalan Aek Kota Batu adalah sebagai berikut:

Nama Paket Pekerjaan : Peningkatan Struktur Jalan Provinsi Ruas Aek Kota Batu-Batas Tobasa.
Kontraktor : PT. AYU SEPTA PERDANA.
Nilai Kontrak : Rp. 21.369.347.922,00
Waktu Pelaksanaan : 180 Hari kalender.

Lokasi Proyek : Aek Kota Batu, batas Tobasa Kabupaten Labuhan Batu Utara Provinsi Sumatera Utara.



Gambar 3.2: Peta lokasi proyek.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data atau informasi dari proyek konstruksi jalan Aek Kota Batu diperoleh dari PT. AYU SEPTA PERDANA yang berada Di Setia Budi Square No 29-30 Kelurahan.Tanjung Sari,Kecamatan Medan Selayang, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini didapat langsung dari pihak PT. AYU SEPTA PERDANA, yaitu:

- a. Time schedule.
- b. *Cummulative Progress* (Kurva S).
- c. Rencana anggaran biaya (RAB).
- d. Data jumlah Pekerjaan.
- e. Harga satuan upah dan bahan.
- d. Harga dan spesifikasi alat berat.

3.5 Analisa Data

Analisis data dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project* dan juga *Microsoft Excel* dengan Metode *Crash Program*. Dengan menginputkan data yang terkait untuk dianalisis kedalam program *Microsoft Project*, dan hasil penginputan

data tersebut adalah lintasan kritis. Setelah lintasan kritis didapat selanjutnya dianalisis setiap kegiatan pekerjaan yang berada di lintasan kritis tersebut, akan tetapi pada skripsi ini penulis ingin mengambil pekerjaan yang menggunakan alat berat saja pada lintasan kritis.

Setelah didapatkan pekerjaan apa saja yang terkena lintasan kritis barulah dilakukan metode *Crash Program* yaitu penambahan jam kerja alat berat dan jumlah alat berat dengan dibantu *Software Microsoft Excel* untuk mengerjakan Analisa data tersebut. Hasil dari Analisa tersebut adalah percepatan durasi pekerjaan dan kenaikan biaya. Kenaikan biaya ini disebabkan karena penambahan jam kerja alat berat dan penambahan jumlah alat berat.

3.6 Hasil Penerapan Metode *Crash Program*

Setelah hasil yang didapatkan dengan menggunakan metode *Crash Program*, dengan bantuan program *Microsoft Project* dan *Microsoft Excel*. Kemudian mencari perbandingan antara pertambahan biaya dan waktu percepatan proyek (*Cost Slope*). Setelah didapat nilai *Cost Slope* tersebut maka akan dicari total biaya yang optimal antara penambahan jam kerja alat berat dan penambahan jumlah alat berat. Kesimpulan dari kedua alternatif tersebut setelah didapat biaya yang optimal maka terdapat perbedaan waktu dan biaya sebelum dan sesudah dilakukan *Crash Program*.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Perhitungan *Crash Program* pada penelitian ini menggunakan alternatif yaitu penambahan jam kerja alat berat dan penambahan jumlah alat berat. Sehingga dalam subbab ini, akan dijelaskan langkah-langkah dan hasil dari kedua alternatif tersebut. Dimana pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan yang berada di jalur kritis.

4.1.1 Menentukan Jalur Kritis

Dalam menentukan jalur kritis, penulis menggunakan aplikasi Microsoft Project. Dengan cara memasukkan durasi dan predecessor pada setiap pekerjaan yang ada, maka diperbolehkan lintasan kritis dan durasi proyek dalam keadaan normal. Kegiatan yang berada pada jalur kritis penulis sajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Daftar kegiatan kritis.

NO	PEKERJAAN	DURASI NORMAL (HARI)
1	Divisi 3. Pekerjaan	
	Penyiapan badan jalan	18
	Geotekstil Stabilisator (kelas 1)	6
2	Divisi 5. Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen	
	Lapis pondasi agregat kelas A	12
	Lapis pondasi agregat kelas B	24
	Lapis pondasi agregat kelas S	6
	Perkerasan Beton semen (PPC)	6
	Lapis pondasi bawah beton kurus (concrete vibrator)	6
3	Divisi 6. Perkerasan aspal	
	Lapis resap pengikat-aspal cair/Emulsi	24
	Lapis perekat-Aspal cair/Emulsi	18

Tabel 4.1: *Lanjutan*

NO	PEKERJAAN	DURASI NORMAL (HARI)
4	Divisi 7. Struktur	
	Beton struktur $f'c$ 20Mpa	12
	Pasangan batu	12

Dari semua kegiatan yang berada pada jalur kritis, ternyata tidak semuanya menggunakan alat berat. Sehingga pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan yang berada di jalur kritis serta yang menggunakan alat berat, berikut penulis sajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Daftar kegiatan kritis yang menggunakan alat berat.

NO	PEKERJAAN	DURASI NORMAL (HARI)
1	Divisi 3. Pekerjaan	
	Penyiapan badan jalan	18
2	Divisi 5. Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen	
	Lapis pondasi agregat kelas A	12
	Lapis pondasi agregat kelas B	24
	Lapis pondasi agregat kelas S	6
	Perkerasan Beton semen (PPC)	6
	Lapis pondasi bawah beton kurus (concrete vibrator)	6
4	Divisi 7. Struktur	
	Pasangan batu	12

4.1.2 Biaya Normal

Biaya normal merupakan penjumlahan dari biaya alat, biaya bahan dan biaya upah. Dimana dalam melakukan perhitungan baik untuk biaya alat, bahan dan upah, ketiganya memiliki langkah-langkah yang sama. Untuk lebih jelasnya penulis beri contoh perhitungan upah pada pekerjaan penyiapan bahan jalan.

Durasi normal pekerjaan	=	18 hari
Volume pekerjaan	=	40000 m ²
Harga satuan upah	=	Rp 86.45
Produktivitas harian	=	2222.222

Dari data-data tersebut dilakukan lah perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{40000}{18} = 2222.222 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah harian normal} &= \text{harga satuan upah} \times \text{Produktivitas harian} \\ &= \text{Rp } 86.45 \times 2222.222 = \text{Rp } 192,115.40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total upah normal} &= \text{upah harian normal} \times \text{durasi normal} \\ &= \text{Rp } 192,115.40 \times 18 = \text{Rp } 3,485,077.21 \end{aligned}$$

Pada Tabel 4.3 adalah total upah pada keadaan normal.

Tabel 4.3: Total upah pada keadaan normal.

URAIAN PEKERJAAN	Volume	Durasi Normal	Harga Satuan Upah (Rp)	Prod. Harian	Upah Harian Normal (Rp)	Total Upah Normal (Rp)	
DIVISI 3.							
Penyiapan Badan Jalan	40,000.00	M2	18	Rp 86.45	2222.22	Rp 192,115.40	Rp 3,458,077.21
DIVISI 5.							
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	2,527.50	M3	12	Rp 1,326.21	210.63	Rp 279,332.98	Rp 3,351,995.81
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	3,370.00	M3	24	Rp 1,326.21	140.42	Rp 186,221.99	Rp 4,469,327.74
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Perkerasan	328.00	M3	6	Rp 1,326.21	54.67	Rp 72,499.48	Rp 434,996.88
Beton Semen (PPC)	945.00	M3	6	Rp7,920.25	157.50	Rp 1,247,439.76	Rp 7,484,638.55
Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	315.00	M3	6	Rp7,920.25	52.50	Rp 415,813.25	Rp 2,494,879.52
DIVISI 7.							
Pasangan Batu	123.37	M3	12	Rp 115,148.59	10.28	Rp 1,183,823.51	Rp 14,205,882.09

Sedangkan pada Tabel 4.4 adalah total biaya alat pada keadaan normal pada pekerjaan konstruksi jalan Aek Kota Batu.

Tabel 4.4: Total biaya alat pada keadaan normal.

URAIAN PEKERJAAN	Durasi Normal	Harga Satuan Alat (Rp)	Prod. Harian	Biaya Alat Harian Normal (Rp)	Total Biaya Alat Normal (Rp)
DIVISI 3.					
Penyiapan Badan Jalan	18	Rp 10,013.63	2222.22	Rp 22,252,507.72	Rp 400,545,138.92
DIVISI 5.					
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	12	Rp 227,586.21	210.63	Rp 47,935,345.09	Rp 575,224,141.11
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	24	Rp 296,160.42	140.42	Rp 41,585,858.47	Rp 998,060,603.29
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	6	Rp 288,349.28	54.67	Rp 15,763,093.75	Rp 94,578,562.48
Perkerasan Beton Semen (PPC)	6	Rp 251,325.10	157.50	Rp 39,583,703.96	Rp 237,502,223.74
Lapis Pondasi bawah Beton Kuras	6	Rp 251,325.10	52.50	Rp 13,194,568.00	Rp 79,167,407.99
DIVISI 7.					
Pasangan Batu	12	Rp 63,758.60	10.28	Rp 655,491.56	Rp 7,865,898.67

Dan pada Tabel 4.5 adalah total biaya material pada keadaan normal pada pekerjaan konstruksi jalan Aek Kota Batu.

Tabel 4.5: Total biaya material pada keadaan normal.

URAIAN PEKERJAAN	Durasi Normal	Harga Satuan Material (Rp)	Prod. Harian	Biaya Material Harian Normal (Rp)	Total Biaya Material Normal (Rp)
DIVISI 3.					
Penyiapan Badan Jalan	18	Rp -	2222.22	Rp -	Rp -
DIVISI 5.					
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	12	Rp 411,292.98	210.63	Rp 86,628,583.45	Rp 1,039,543,001.46
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	24	Rp 278,979.21	140.42	Rp 39,173,330.64	Rp 940,159,935.29
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	6	Rp 266,317.55	54.67	Rp 14,558,692.62	Rp 87,352,155.74
Perkerasan Beton Semen (PPC)	6	Rp 753,735.02	157.50	Rp 118,713,265.13	Rp 712,279,590.79
Lapis Pondasi bawah Beton Kuras	6	Rp 753,735.02	52.50	Rp 39,571,088.38	Rp 237,426,530.26
DIVISI 7.					
Pasangan Batu	12	Rp 642,467.51	10.28	Rp 6,605,101.42	Rp 79,261,217.07

Total biaya normal didapat dari menjumlahkan ketiganya, sedangkan total keuntungannya yaitu ditambahkan 10%, dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Total biaya normal.

URAIAN PEKERJAAN	Total Biaya Upah Normal (Rp)	Total Biaya Alat Normal (Rp)	Total Biaya Material (Rp)	Total Biaya Normal (Rp)	Total Biaya Ditambah Keuntungan (Rp)
DIVISI 3.					
Penyiapan Badan Jalan	3,458,077.21	400,545,138.	-	404,003,216.12	444,403,537.73
DIVISI 5.					
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	3,351,995.81	575,224,141.	1,039,543,001.	1,618,119,138.38	1,779,931,052.2
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	4,469,327.74	998,060,603.	940,159,935.29	1,942,689,866.38	2,136,958,852.9
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	434,996.88	94,578,562.	87,352,155.74	182,365,715.11	200,602,286.62
Perkerasan Beton Semen (PPC)	7,484,638.55	237,502,223.	712,279,590.79	957,266,453.08	1,052,993,098.3
Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	2,494,879.52	79,167,407.	237,426,530.26	319,088,817.77	350,997,699.55
DIVISI 7.					
Pasangan Batu	14,205,882	7,865,898.67	79,261,217.07	101,332,997.83	111,466,297.61
TOTAL					6,077,352,825.08

4.1.3 Durasi Setelah Dilakukan Percepatan.

A. Penambahan Jam Kerja.

Penambahan jam kerja (lembur) yang akan dilakukan mengacu pada ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

- a) Waktu kerja normal per hari adalah 08.00-18.00 dengan 1 jam istirahat, sedangkan waktu kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal yaitu 19.00-22.00. Dalam seminggu hanya dilakukan 6 hari kerja, yaitu Senin s/d Sabtu.
- b) Produktifitas untuk 3 jam lembur diperhitungkan sebesar 70% dari produktifitas normal (Soeharto, 1999).

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.7 tentang penurunan koefisien produktivitas setiap jam nya.

Tabel 4.7: Penurunan koefisien produktivitas.

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1 Jam	0,1	90
2 Jam	0,2	80
3 Jam	0,3	70
4 Jam	0,4	60

Sebagai opsi pertama adalah penambahan jam kerja. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan yang berada pada jalur kritis. Berikut contoh perhitungan dalam melakukan percepatan dengan penambahan jam kerja pada pekerjaan penyiapan badan jalan.

$$\text{Volume pekerjaan} = 40000 \text{ m}^2$$

$$\text{Durasi normal pekerjaan} = 18 \text{ hari}$$

$$\text{Jam kerja normal} = 8 \text{ jam/ hari}$$

$$\text{Jam kerja lembur} = 3 \text{ jam/ hari}$$

$$\text{Produktivitas lembur} = 70\%$$

Dari data-data tersebut dilakukan lah perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{40000}{18} = 2222.222 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas Per jam} = \frac{\text{Prod. harian}}{\text{Jam kerja normal}} = \frac{2222.222}{8} = 277.778 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Lembur} &= \text{jam kerja lembur} \times \text{prod. lembur} \times \text{prod. perjam} \\ &= 3 \times 70 \% \times 277.778 = 583.333 \text{ m}^2/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Percepatan} &= \text{Prod. Harian Normal} + \text{Prod. Lembur} \\ &= 2222.222 + 583.333 = 2805.556 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Durasi Percepatan} = \frac{\text{Volume}}{\text{Prod. Crash}} = \frac{40000}{2805.556} = 15 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan untuk pekerjaan selanjutnya penulis sajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Durasi percepatan akibat lembur.

Uraian Pekerjaan	Volume	Durasi Normal	Prod. Harian	Prod. Per Jam	Prod. Lembur	Prod. Percepatan	Durasi Percepatan
DIVISI 3.							
Penyiapan Badan Jalan	40,000.00	M2 18	2222.222	277.778	83.333	2805.556	15
DIVISI 5.							
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	2,527.50	M3 12	210.625	26.328	55.289	265.914	10
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	3,370.00	M3 24	140.417	17.552	36.859	177.276	20
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Perkerasan	328.00	M3 6	54.667	6.833	14.350	69.017	5
Beton Semen (PPC)	945.00	M3 6	157.500	19.688	41.344	198.844	5
Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	315.00	M3 6	52.500	6.563	13.781	66.281	5
DIVISI 7.							
Pasangan Batu	123.37	M3 12	10.281	1.285	2.699	12.980	10

B. Penambahan Alat

Agar tidak adanya perbedaan durasi percepatan pada setiap pekerjaan, sehingga pada durasi percepatan akibat penambahan alat sama dengan durasi percepatan pada penambahan jam kerja. Hal ini dilakukan agar keduanya dapat dibandingkan hanya dari penambahan biaya saja. Berikut perhitungan percepatan dengan penambahan alat pada pekerjaan penyiapan badan jalan:

$$\begin{aligned} \text{Volume pekerjaan} &= 40000 \text{ m}^2 \\ \text{Durasi normal pekerjaan} &= 18 \text{ hari} \\ \text{Jam kerja normal} &= 8 \text{ jam/ hari} \\ \text{Durasi percepatan} &= 15 \text{ hari} \end{aligned}$$

Dari data-data tersebut dilakukan lah perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{40000}{18} = 2222.222 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas Percepatan} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi dipercepat}} = \frac{40000}{15} = 2666.667 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase Percepatan} &= \frac{\text{Prod. percepatan} - \text{Prod. harian}}{\text{Prod. harian}} \times 100\% \\ &= \frac{2666.667 - 2222.222}{2222.222} \times 100\% = 20\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk pekerjaan selanjutnya penulis sajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Durasi percepatan akibat penambahan alat.

Uraian Pekerjaan	Volume		Durasi Normal	Prod. Harian	Durasi Percepatan	Prod. Percepatan Harian	Persentase Percepatan
DIVISI 3.							
Penyiapan Badan Jalan	40,000.00	M2	18	2222.22	15	2666.67	20%
DIVISI 5.							
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	2,527.50	M3	12	210.625	10	252.75	20%
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	3,370.00	M3	24	140.417	20	168.5	20%
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	328.00	M3	6	54.6667	5	65.6	20%
Perkerasan Beton Semen (PPC)	945.00	M3	6	157.5	5	189	20%
Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	315.00	M3	6	52.5	5	63	20%
DIVISI 7.							
Pasangan Batu	123.37	M3	12	10.2808	10	12.337	20%

4.1.4 Biaya Setelah Dilakukan Percepatan

A. Penambahan Jam Kerja

Untuk menghitung upah pekerja untuk kerja lembur penulis menggunakan ketentuan berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11 (Indra, 2017) diperhitungkan sebagai berikut:

- a) Untuk 1 jam kerja lembur pertama, harus dibayar upah kerja lembur sebesar 1,5 kali upah perjam.
- b) Untuk setiap jam kerja berikutnya, harus dibayar upah kerja lembur sebesar 2 kali upah sejam.

Berikut contoh perhitungan dalam menghitung upah akibat penambahan jam kerja untuk pekerjaan penyiapan badan jalan:

Upah harian normal	=	Rp 192,115.40
Jam kerja normal	=	8 jam/ hari
Jam kerja lembur	=	3 jam/ hari
Durasi percepatan	=	15 hari

Dari data-data tersebut dilakukan lah perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Upah per jam} &= \frac{\text{upah harian normal}}{\text{jam kerja normal}} = \frac{\text{Rp } 192,115.40}{8} \\ &= \text{Rp } 24,014.43\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Upah lembur} &= (1.5 \times \text{upah per jam}) + (3 \times 2 \times \text{upah kerja per jam}) \\ &= (1.5 \times \text{Rp } 24,014.43) + (3 \times 2 \times \text{Rp } 24,014.43) \\ &= \text{Rp } 180,108.19\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Upah harian lembur} &= \text{upah harian normal} + \text{upah lembur} \\ &= \text{Rp } 192,115.40 + \text{Rp } 180,108.19 \\ &= \text{Rp } 372,223.59\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total upah lembur} &= \text{upah harian lembur} \times \text{durasi percepatan} \\ &= \text{Rp } 372,223.59 \times 15 = \text{Rp } 5,583,353.82 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk pekerjaan selanjutnya penulis sajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Upah percepatan akibat penambahan jam kerja.

URAIAN PEKERJAAN	Upah Per Jam Normal (Rp)	Upah Lembur (Rp)	Upah Harian Lembur (Rp)	Total Upah Lembur (Rp)
DIVISI 3.				
Penyiapan Badan Jalan	Rp 24,014.43	Rp 180,108.19	Rp 372,223.59	Rp 5,583,353.82
DIVISI 5.				
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	Rp 34,916.62	Rp 261,874.67	Rp 541,207.66	Rp 5,412,076.56
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	Rp 23,277.75	Rp 174,583.11	Rp 360,805.10	Rp 7,216,102.08
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	Rp 9,062.44	Rp 67,968.26	Rp 140,467.74	Rp 702,338.72
Perkerasan Beton Semen (PPC)	Rp 155,929.97	Rp 1,169,474.77	Rp 2,416,914.53	Rp 12,084,572.67
Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	Rp 51,976.66	Rp 389,824.92	Rp 805,638.18	Rp 4,028,190.89
DIVISI 7.				
Pasangan Batu	Rp147,977.94	Rp 1,109,834.54	Rp 2,293,658.05	Rp 22,936,580.46

1. Total Biaya Alat Akibat Penambahan Jam Kerja

Berikut contoh perhitungan dalam menghitung upah akibat penambahan jam kerja untuk pekerjaan penyiapan badan jalan.

$$\begin{aligned} \text{Alat harian normal} &= \text{Rp } 22,252,507.72 \\ \text{Jam kerja normal} &= 8 \text{ jam/ hari} \\ \text{Jam kerja lembur} &= 3 \text{ jam/ hari} \\ \text{Durasi percepatan} &= 15 \text{ hari} \end{aligned}$$

Dari data-data tersebut dilakukanlah perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Biaya alat per jam} &= \frac{\text{upah harian normal}}{\text{jam kerja normal}} = \frac{\text{Rp } 22,252,507.72}{8} \\ &= \text{Rp } 2,781,563.46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya alat saat lembur} &= \text{upah per jam} \times \text{jam kerja lembur} \\ &= \text{Rp } 2,781,563.46 \times 3 = \text{Rp } 8,344,690.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya alat harian lembur} &= \text{upah harian normal} + \text{upah lembur} \\ &= \text{Rp } 22,252,507.72 + \text{Rp } 8,344,690.39 \\ &= \text{Rp } 30,597,198.11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya alat lembur} &= \text{upah harian lembur} \times \text{durasi percepatan} \\ &= \text{Rp } 30,597,198.11 \times 15 = \text{Rp } 458,957,971.67 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk pekerjaan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.11:

Tabel 4.11: Total biaya alat akibat penambahan jam kerja.

Uraian Pekerjaan	Alat Per Jam Normal (Rp)	Alat Lembur (Rp)	Alat Harian Lembur (Rp)	Total Alat Lembur (Rp)
DIVISI 3.				
Penyiapan Badan Jalan	Rp 2,781,563.46	Rp 8,344,690.39	Rp 30,597,198.11	Rp 458,957,971.67
DIVISI 5.				
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	Rp 5,991,918.14	Rp 17,975,754.41	Rp 65,911,099.50	Rp 659,110,995.02
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	Rp 5,198,232.31	Rp 15,594,696.93	Rp 57,180,555.40	Rp 1,143,611,107
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	Rp 1,970,386.72	Rp 5,911,160.16	Rp 21,674,253.90	Rp 108,371,269.51
Perkerasan Beton Semen (PPC)	Rp 4,947,962.99	Rp 14,843,888.98	Rp 54,427,592.94	Rp 272,137,964.70
Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	Rp 1,649,321.00	Rp 4,947,963.00	Rp 18,142,531.00	Rp 90,712,654.99
DIVISI 7.				
Pasangan Batu	Rp 81,936.44	Rp 245,809.33	Rp 901,300.89	Rp 9,013,008.90

2. Total Penambahan Biaya Akibat Penambahan Jam Kerja

Total penambahan biaya dihitung dengan cara menjumlahkan semua biaya tersebut sedangkan total biaya lembur ditambah keuntungan adalah ditambah 10% dari biaya lembur. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Total biaya akibat penambahan jam kerja.

Uraian Pekerjaan	Total Upah Lembur (Rp)	Total Alat Lembur (Rp)	Total Harga Material (Rp)	Biaya Lembur (Rp)	Total Biaya Ditambah Keuntungan (Rp)
DIVISI 3.					
Penyiapan Badan Jalan	5,583,353.82	458,957,971.67	-	464,541,325.50	510,995,458.05
DIVISI 5.					
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	5,412,076.56	659,110,995.02	1,039,543,001.46	1,704,066,073.04	1,874,472,680.35
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	7,216,102.08	1,143,611,107.94	940,159,935.29	2,090,987,145.31	2,300,085,859.84
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	702,338.72	108,371,269.51	87,352,155.74	196,425,763.98	216,068,340.37
Perkerasan Beton Semen (PPC)	12,084,572.67	272,137,964.70	712,279,590.79	996,502,128.16	1,096,152,340.97
Lapis Pondasi bawah Beton Kuras	4,028,190.89	90,712,654.99	237,426,530.26	332,167,376.14	365,384,113.76
DIVISI 7.					
Pasangan Batu	22,936,580.46	Rp 9,013,008.90	79,261,217.07	111,210,806.42	122,331,887.06
TOTAL					6,485,490,680.40

B. Penambahan Alat

1. Upah percepatan akibat penambahan alat

Setelah diketahui berapa persentase percepatan pada setiap pekerjaan, maka persentase tersebutlah yang digunakan untuk menghitung penambahan biaya. Berikut contoh perhitungan dalam menghitung upah akibat penambahan alat untuk pekerjaan penyiapan badan jalan:

$$\text{Harga satuan upah normal} = \text{Rp } 86.45$$

$$\text{Persentase percepatan} = 20\%$$

$$\text{Prod. Percepatan harian} = 2666.67$$

$$\text{Durasi percepatan} = 15 \text{ hari}$$

Dari data-data tersebut dilakukan lah perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Sat. upah percepatan} &= \text{sat. upah normal} + (\text{sat. upah normal} \times \text{persentase perc.}) \\ &= \text{Rp } 86.45 + (\text{Rp } 86.45 \times 20\%) = \text{Rp } 103.74 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah harian perc.} &= \text{sat. upah percepatan} \times \text{prod. Percepatan per hari} \\ &= \text{Rp } 103.74 \times 2666.67 = \text{Rp } 276,646.18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total upah perc.} &= \text{upah harian lembur} \times \text{durasi percepatan} \\ &= \text{Rp } 276,646.18 \times 15 &= \text{Rp } 4,149,692.65 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk pekerjaan selanjutnya penulis sajikan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Upah percepatan akibat penambahan alat.

Uraian Pekerjaan	Harga Satuan Upah Normal (Rp)	Harga Satuan Upah Setelah Penambahan (Rp)	Upah Harian Percepatan (Rp)	Total Biaya Upah Percepatan (Rp)
DIVISI 3.				
Penyiapan Badan Jalan	Rp 86.45	Rp 103.74	Rp 276,646.18	Rp 4,149,692.65
DIVISI 5.				
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	Rp 1,326.21	Rp 1,591.45	Rp 402,239.50	Rp 4,022,394.97
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	Rp 1,326.21	Rp 1,591.45	Rp 268,159.66	Rp 5,363,193.29
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	Rp 1,326.21	Rp 1,591.45	Rp 104,399.25	Rp 521,996.26
Perkerasan Beton Semen (PPC)	Rp 7,920.25	Rp 9,504.30	Rp 1,796,313.25	Rp 8,981,566.27
Lapis Pondasi bawah Beton Kuras	Rp 7,920.25	Rp 9,504.30	Rp 598,771.08	Rp 2,993,855.42
DIVISI 7.				
Pasangan Batu	Rp 115,148.59	Rp 138,178.31	Rp 1,704,705.85	Rp 17,047,058.51

2. Total alat akibat penambahan alat

Berikut contoh perhitungan dalam menghitung upah akibat penambahan jam kerja untuk pekerjaan penyiapan badan jalan.

$$\text{Harga satuan alat normal} = \text{Rp } 10,013.63$$

$$\text{Persentase percepatan} = 20\%$$

$$\text{Prod. Percepatan harian} = 2666.67$$

$$\text{Durasi percepatan} = 15 \text{ hari}$$

Dari data-data tersebut dilakukan lah perhitungan sebagai berikut:

Sat. alat percepatan = sat. alat normal + (sat. alat normal × persentase perc.)

$$= \text{Rp } 10,013.63 + (\text{Rp } 10,013.63 \times 20\%)$$

$$= \text{Rp } 12,016.35$$

Upah harian perc. = sat. upah percepatan × prod. Percepatan per hari

$$= \text{Rp } 12,016.35 \times 2666.67 = \text{Rp } 32,043,611.11$$

Total upah perc. = upah harian lembur × durasi percepatan

$$= \text{Rp } 32,043,611.11 \times 15 = \text{Rp } 480,654,166.70$$

Hasil perhitungan untuk pekerjaan selanjutnya penulis sajikan pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14: Total alat akibat penambahan alat.

Uraian Pekerjaan	Harga Satuan Alat (Rp)	Harga Satuan Alat Setelah Penambahan (Rp)	Alat Harian Percepatan (Rp)	Total Biaya Alat Percepatan (Rp)
DIVISI 3.				
Penyiapan Badan Jalan	Rp 10,013.63	Rp 12,016.35	Rp 32,043,611.11	Rp 480,654,166.70
DIVISI 5.				
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	Rp 227,586.21	Rp 273,103.45	Rp 69,026,896.93	Rp 690,268,969.33
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	Rp 296,160.42	Rp 355,392.50	Rp 59,883,636.20	Rp 1,197,672,723.95
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	Rp 288,349.28	Rp 346,019.13	Rp 22,698,855.00	Rp 113,494,274.98
Perkerasan Beton Semen (PPC)	Rp 251,325.10	Rp 301,590.13	Rp 57,000,533.70	Rp 285,002,668.49
Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	Rp 251,325.10	Rp 301,590.13	Rp 19,000,177.92	Rp 95,000,889.59
DIVISI 7.				
Pasangan Batu	Rp 63,758.60	Rp 76,510.32	Rp 943,907.84	Rp 9,439,078.41

3. Total penambahan biaya

Setelah diketahui total upah dan biaya alat akibat percepatan, maka langkah selanjutnya adalah menghitung total penambahan biaya. Dengan cara menjumlahkan semua biaya tersebut untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15: Total penambahan biaya akibat penambahan alat.

Uraian Pekerjaan	Total Upah Tambahkan (Rp)	Total Alat Tambahkan (Rp)	Total Harga Material (Rp)	Biaya Tambahan (Rp)	Total Biaya Ditambah Keuntungan (Rp)
DIVISI 3.					
Penyiapan Badan Jalan	4,149,692.65	480,654,166.70	0.00	484,803,859.35	533,284,245.28
DIVISI 5.					
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	4,022,394.97	690,268,969.33	1,039,543,001.46	1,733,834,365.76	1,907,217,802.33
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	5,363,193.29	1,197,672,723.95	940,159,935.29	2,143,195,852.53	2,357,515,437.78
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	521,996.26	113,494,274.98	87,352,155.74	201,368,426.99	221,505,269.68
Perkerasan Beton Semen (PPC)	8,981,566.27	285,002,668.49	712,279,590.79	1,006,263,825.54	1,106,890,208.10
Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	2,993,855.42	95,000,889.59	237,426,530.26	335,421,275.27	368,963,402.80
DIVISI 7.					
Pasangan Batu	17,047,058.51	9,439,078.41	79,261,217.07	105,747,353.98	116,322,089.38
Total					6,611,698,455.35

4.1.5 Perhitungan *Cost Slope*

A. Penambahan Jam Kerja

Setelah mendapatkan biaya percepatan akibat penambahan jam kerja, maka langkah selanjutnya adalah menghitung *Cost Slope*. Berikut contoh perhitungan *Cost Slope* untuk pekerjaan penyiapan badan jalan:

$$\text{Biaya Normal} = \text{Rp } 444,403,537.73$$

$$\text{Crash Cost} = \text{Rp } 510,995,458.05$$

$$\text{Durasi Normal} = 18 \text{ Hari}$$

$$\text{Durasi Crash} = 15 \text{ Hari}$$

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Rp } 510,995,458.05 - \text{Rp } 444,403,537.73}{18 - 15} = \text{Rp } 22,197,306.77$$

Hasil perhitungan untuk pekerjaan selanjutnya penulis sajikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Perhitungan *Cost Slope* akibat lembur.

Uraian Pekerjaan	Durasi Normal	Durasi Crash	Normal Cost (Rp)	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
DIVISI 3.					
Penyiapan Badan Jalan	18	15	Rp 444,403,537.73	Rp 510,995,458.05	Rp 22,197,306.77
DIVISI 5.					
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	12	10	Rp 1,779,931,052.21	Rp 1,874,472,680.35	Rp 47,270,814.07
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	24	20	Rp 2,136,958,852.96	Rp 2,300,085,859.84	Rp 40,781,751.72
Lapis Pondasi Agregat Kelas S Perkerasan Beton Semen (PPC)	6	5	Rp 200,602,286.62	Rp 216,068,340.37	Rp 15,466,053.75
Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	6	5	Rp 1,052,993,098.39	Rp 1,096,152,340.97	Rp 43,159,242.58
DIVISI 7.					
Pasangan Batu	12	10	Rp 111,466,297.61	Rp 122,331,887.06	Rp 5,432,794.72
TOTAL			Rp 6,077,352,825.08	Rp 6,485,490,680.40	Rp 188,694,377.82

B. Penambahan Alat

Setelah mendapatkan biaya percepatan akibat penambahan alat berat, maka langkah selanjutnya adalah menghitung *Cost Slope*. Berikut contoh perhitungan *Cost Slope* untuk pekerjaan penyiapan badan jalan:

Biaya Normal = Rp 444,403,537.73

Crash Cost = Rp 533,284,245.28

Durasi Normal = 18 Hari

Durasi Crash = 15 Hari

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Rp } 533,284,245.28 - \text{Rp } 444,403,537.73}{18 - 15} = \text{Rp } 29,626,902.52$$

Pekerjaan selanjutnya penulis sajikan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Perhitungan *Cost Slope* akibat penambahan alat.

Uraian Pekerjaan	Durasi Normal	Durasi Crash	Normal Cost (Rp)	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
DIVISI 3.					
Penyiapan Badan Jalan	18	15	Rp 444,403,537.73	Rp 533,284,245.28	Rp 29,626,902.52
DIVISI 5.					
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	12	10	Rp 1,779,931,052.21	Rp 1,907,217,802.33	Rp 63,643,375.06
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	24	20	Rp 2,136,958,852.96	Rp 2,357,515,437.78	Rp 55,139,146.21

Tabel 4.17: *Lanjutan.*

Uraian Pekerjaan	Durasi Normal	Durasi Crash	Normal Cost (Rp)	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	6	5	Rp 200,602,286.62	Rp 221,505,269.68	Rp 20,902,983.06
Perkerasan Beton Semen (PPC)	6	5	Rp 1,052,993,098.39	Rp 1,106,890,208.10	Rp 53,897,109.70
Lapis Pondasi bawah Beton Kurus	6	5	Rp 350,997,699.55	Rp 368,963,402.80	Rp 17,965,703.25
DIVISI 7.					
Pasangan Batu	12	10	Rp 111,466,297.61	Rp 116,322,089.38	Rp 2,427,895.88
Total			Rp 6,077,352,825.08	Rp 6,611,698,455.36	Rp 243,603,115.68

4.2 Pembahasan

Pada sub bab ini akan membahas dan menjawab rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu: perbedaan produktivitas alat berat sebelum dan sesudah dilakukan crash program pada proyek konstruksi jalan.

4.2.1 Analisis Percepatan Durasi

Setelah dilakukannya perhitungan pada sub bab sebelumnya, maka didapatkan durasi percepatan pada setiap kegiatan yang ada. Dimana baik penambahan jam kerja maupun penambahan alat, menghasilkan durasi percepatan yang sama. Untuk lebih jelasnya penulis sajikan dalam Tabel 4.18.

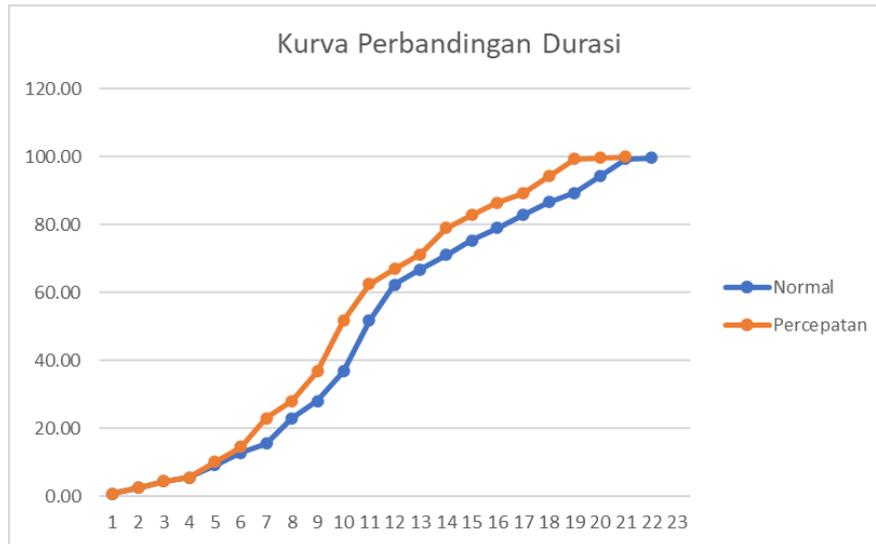
Tabel 4.18: Analisis percepatan durasi.

Uraian Pekerjaan	Durasi Normal	Durasi Percepatan
Divisi 1. Umum		
Mobilisasi	132	132
Manajemen Dan Keselamatan Lalu Lintas	132	132
Keselamatan Dan Kesehatan Kerja	132	132
Divisi 2. Drainase		
Galian Untuk Selokan Drainase Dan Saluran Air	12	12
Gorong-Gorong Pipa Beton Bertulang, Diameter Dalam 100 Cm	12	12
Saluran Berbentuk U Tipe DS 3	18	18
Divisi 3. Pekerjaan Tanah		
Galian Biasa	12	12

Tabel 4.18: *Lanjutan.*

Uraian Pekerjaan	Durasi Normal	Durasi Percepatan
Timbunan Biasa Dari Hasil Galian	6	6
Timbunan Pilihan Dari Sumber Galian	18	18
Timbunan Pilihan Dari Galian	6	6
Penyiapan Badan Jalan	18	15
Geotekstil Stabilisator (Kelas 1)	6	6
Divisi 5. Perkerasan Berbutir Dan Perkerasan Beton Semen		
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	12	10
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	24	20
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	6	5
Perkerasan Beton Semen (Ppc)	6	5
Lapis Pondasi Bawah Beton Kuru (Concrete Vibrator)	6	5
Divisi 6. Perkerasan Aspal		
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	24	24
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi	18	18
Laston Lapis Aus (Ac-Wc)	18	18
Laston Lapis Antara (Ac-Bc)	24	24
Bahan Anti Pengelupasan	42	42
Divisi 7. Struktur		
Beton Struktur Fc'20 Mpa	12	12
Baja Tulangan Strip Bj Tp 280	6	6
Anyaman Kawat Yang Dilas (Welded Wire Mesh)	12	12
Pasangan Batu	12	10
Divisi 9. Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain-Lain		
Marka Jalan Termoplastik	6	6
Paku Jalan Memantul Bulat	6	6

Untuk memperjelas perbandingan antara jadwal rencana awal dengan rencana percepatan, maka dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Kurva perbandingan durasi percepatan dan rencana.

Seperti pada tabel diatas, bahwa baik penambahan jam kerja maupun penambahan alat, keduanya menghasilkan durasi percepatan yang sama. Berikut perhitungannya persentase durasi percepatan.

Durasi Normal = 138 Hari

Durasi Percepatan = 124 Hari

$$\text{Persentase Durasi Percepatan} = \frac{(138 - 124)}{138} \times 100\% = 10,15\%$$

4.2.2 Analisis Biaya Percepatan

Setelah dilakukannya perhitungan pada sub bab sebelumnya, maka didapatlah biaya percepatan pada setiap kegiatan yang ada. Untuk lebih jelasnya penulis sajikan dalam Tabel 4.19.

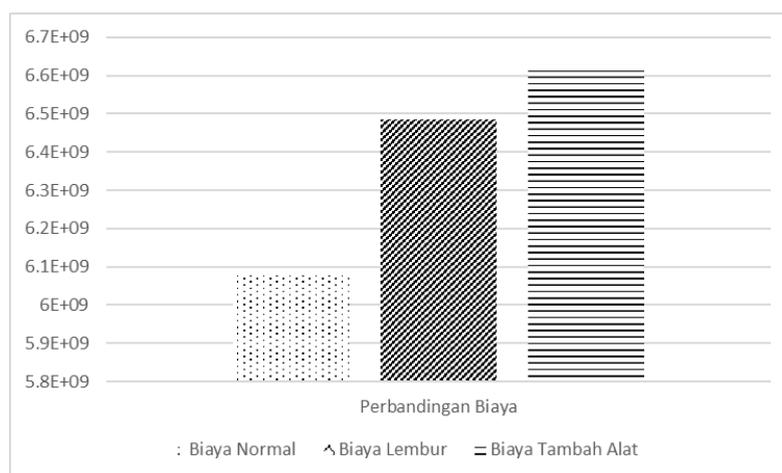
Tabel 4.19: Analisa biaya percepatan.

Uraian Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	Biaya Lembur (Rp)	Biaya Tambah Alat (Rp)
DIVISI 3.			
Penyiapan Badan Jalan	Rp 444.403.537,73	Rp 510.995.458,05	Rp 533.284.245,28
DIVISI 5.			
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	Rp 1.779.931.052,21	Rp 1.874.472.680,35	Rp 1.907.217.802,33

Tabel 4.19: *Lanjutan.*

Uraian Pekerjaan	Biaya Normal	Biaya Lembur (Rp)	Biaya Tambah Alat (Rp)
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	Rp 2.136.958.852,96	Rp 2.300.085.859,84	Rp 2.357.515.437,78
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	Rp 200.602.286,62	Rp 216.068.340,37	Rp 221.505.269,68
Perkerasan Beton Semen (PPC)	Rp 1.052.993.098,39	Rp 1.096.152.340,97	Rp 1.106.890.208,10
Lapis Pondasi bawah Beton Kuras	Rp 350.997.699,55	Rp 365.384.113,76	Rp 368.963.402,80
DIVISI 7.			
Pasangan Batu	Rp 111.466.297,61	Rp 122.331.887,06	116322089,4
TOTAL	Rp 6.077.352.825,08	Rp 6.485.490.680,40	Rp 6.611.698.455,36

Untuk memperjelas perbandingan biaya total percepatan dari ketiga alternatif, maka dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Perbandingan biaya percepatan.

Langkah selanjutnya adalah menghitung persentase biaya percepatan.

Berikut perhitungan persentase biaya percepatan pada penambahan jam kerja:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Normal} &= \text{Rp } 6.077.352.825,08 \\
 \text{Biaya Percepatan} &= \text{Rp } 6.485.490.680,40 \\
 \text{Persentase Biaya} &= (\text{Rp } 6.485.490.680,40 - \text{Rp } 6.077.352.825,08) \times 100\% \\
 \text{Percepatan} &= \frac{\text{Rp } 6.485.490.680,40}{\text{Rp } 6.485.490.680,40} \\
 &= 6,29\%
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk perhitungan persentase percepatan akibat penambahan alat, dapat dilihat dibawah ini:

$$\begin{aligned} \text{Biaya Normal} &= \text{Rp } 6.077.352.825,08 \\ \text{Biaya Percepatan} &= \text{Rp } 6.611.698.455,36 \\ \text{Persentase Biaya} &= (\text{Rp } 6.611.698.455,36 - \text{Rp } 6.077.352.825,08) \times 100\% \\ \text{Percepatan} &= \frac{\text{Rp } 6.611.698.455,36}{\text{Rp } 6.611.698.455,36} \\ &= 8,08\% \end{aligned}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas alat berat sebelum dan sesudah dilakukannya *Crash Program* pada proyek konstruksi jalan aek kota batu, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukannya *Crash Program* durasi proyek adalah 138 hari dengan biaya Rp 6.077.352.825,08.
2. Setelah dilakukannya *Crash Program* durasi proyek menjadi 124 hari, sehingga persentase durasi percepatannya adalah 10,14%. Dengan biaya percepatan pada masing-masing alternatif, yaitu:
 - a. Biaya percepatan akibat penambahan jam kerja adalah Rp 6.485.490.680,40. Sehingga persentase kenaikan biayanya adalah 6,29%
 - b. Biaya percepatan akibat penambahan alat adalah Rp 6.611.698.455,36. Sehingga persentase kenaikan biayanya adalah 8,08%
3. Dari kedua alternatif yang ada, terdapat perbedaan yang cukup signifikan. Karena meskipun keduanya menghasilkan durasi percepatan yang sama, namun terdapat selisih biaya percepatan, yaitu sebesar Rp 126.207.774,96. Oleh karena itu untuk biaya dengan alternatif penambahan jam kerja alat berat lebih ekonomis dan efisien karna penambahannya hanya bertambah menjadi Rp. 408,137,855,32 lebih sedikit dibandingkan dengan alternatif kedua yaitu penambahan jumlah alat berat.

5.2 Saran

Saran yang diberikan penulis setelah melakukan seluruh proses pengerjaan skripsi ini adalah:

1. Pastikan bahwa yang dilakukan percepatan adalah item pekerjaan yang berada

pada jalur kritis. Karena apabila tidak berada pada jalur kritis, maka tidak akan ada perubahan durasi proyek namun hanya menambah biaya proyek saja.

2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya tidak hanya menambah jam kerja dan menambah alat saja, namun lebih diperluas lagi dengan metode percepatan durasi yang lain seperti kerja *shift* atau penambahan tenaga kerja. Sehingga diharapkan dapat menghasilkan pengurangan durasi yang maksimal dengan biaya yang lebih minimum.

DAFTAR PUSTAKA

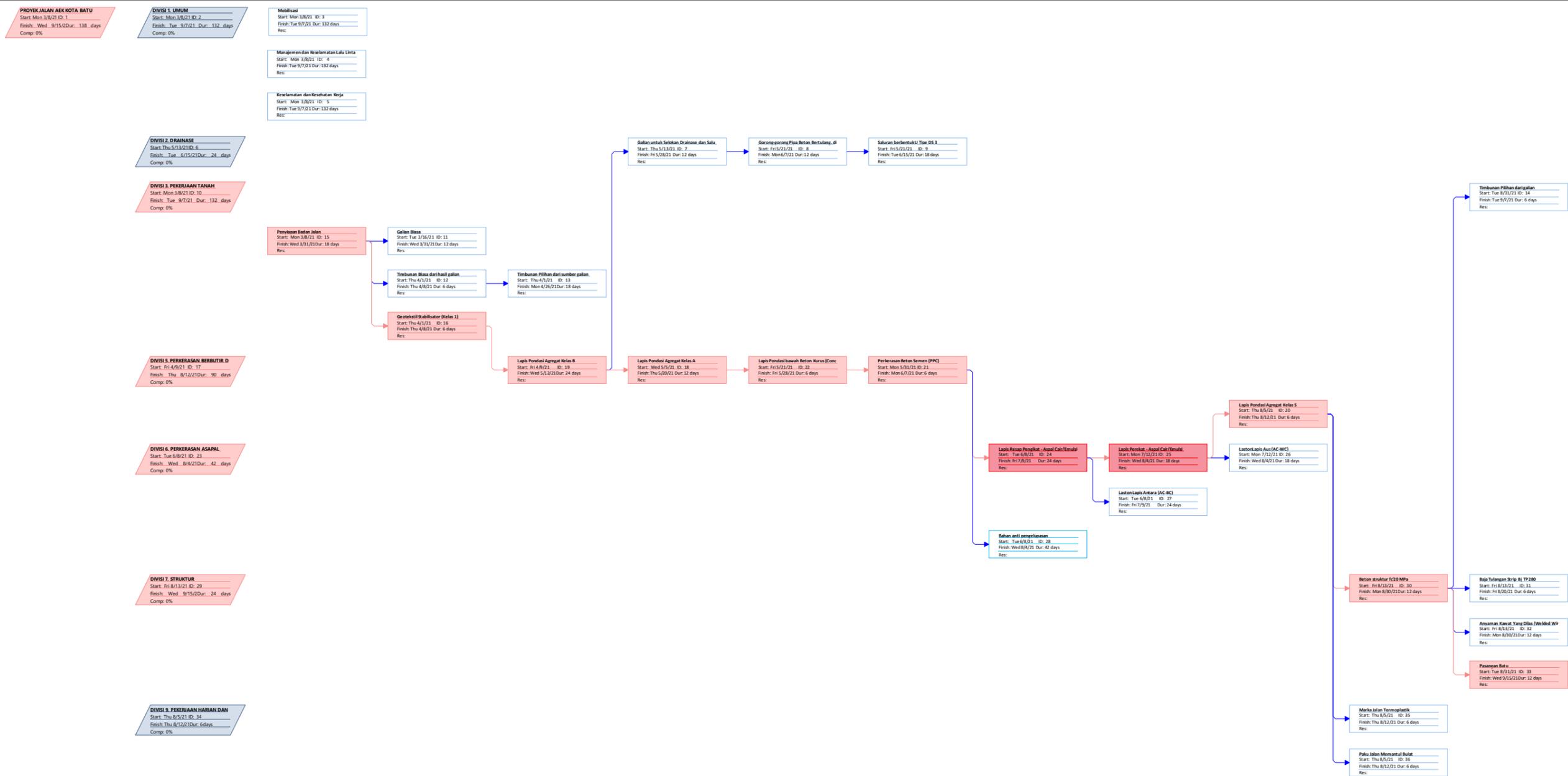
- A.Luthan Putri Lynna & Syafriandi (2006), Aplikasi *Microsoft Project* Untuk Penjadwalan Teknik Sipil. Yogyakarta: Andi.
- Asiyanto. 2008. Manajemen alat berat untuk konstruksi, Jakarta: Penebar Swadaya.
- Bayu, Indra. (2017). Aplikasi Metode *Time Cost Trade Off* untuk mengoptimalkan waktu dan biaya pekerjaan proyek pembangunan gedung pengairan Universitas Brawijaya. Skripsi : Universitas Brawijaya.
- Eddy Herjanto (2007). Manajemen Operasional Konstruksi, Edisi Ketiga. Jakarta: Gresindo.
- Iman Soeharto. Ir, Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)- Jilid 2, Jakarta: Erlangga, 1999.
- M.Afif Salim, Kartono Wibowo, Agus B Siswanto. (2022). Analisis Perbandingan Produktivitas Alat Berat Sebelum dan Sesudah Dilakukan *Crash Program* pada proyek Proyek Pembangunan Bendungan Bendo, Universitas Abulyatama- Sipil.
- Norlin Regel, Johan Paing Heru Waskito (2022) penerapan metode crash program untuk menganalisa keterlambatan waktu penyelesaian proyek (studi kasus hotel shafira surabaya) - Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
- Nurhayati. (2010). Manajemen Proyek. Cetakan pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Permen PUPR, 28/ PRT / 2016 Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan bidang pekerjaan umum.
- Riski Ramadhan. Analisis percepatan waktu dan biaya dengan metode crashing program pada proyek pembangunan gedung rawat jalan rsud kanjuruhan- Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik (ITN).

- Rostiyanti SF. (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi I*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Rostiyanti SF. (2014). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi 2*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Santosa, B. 2013. *Manajemen Proyek : konsep & implementasi*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Soeharto, Iman. (1997). *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Edisi 1 Penerbit : Erlangga, Jakarta.
- Telaumbanua, T.A., 2017, *Perencanaan Waktu Penyelesaian Proyek Toko Modisland Manado dengan Metode CPM*, *Jurnal Sipil Statik*, 5(8), pp. 549-557.
- Widyatmoko (2008). *Studi penelitian produktivitas tenaga kerja dan bangunan untuk meningkatkan kinerja*. Tesis Institut.

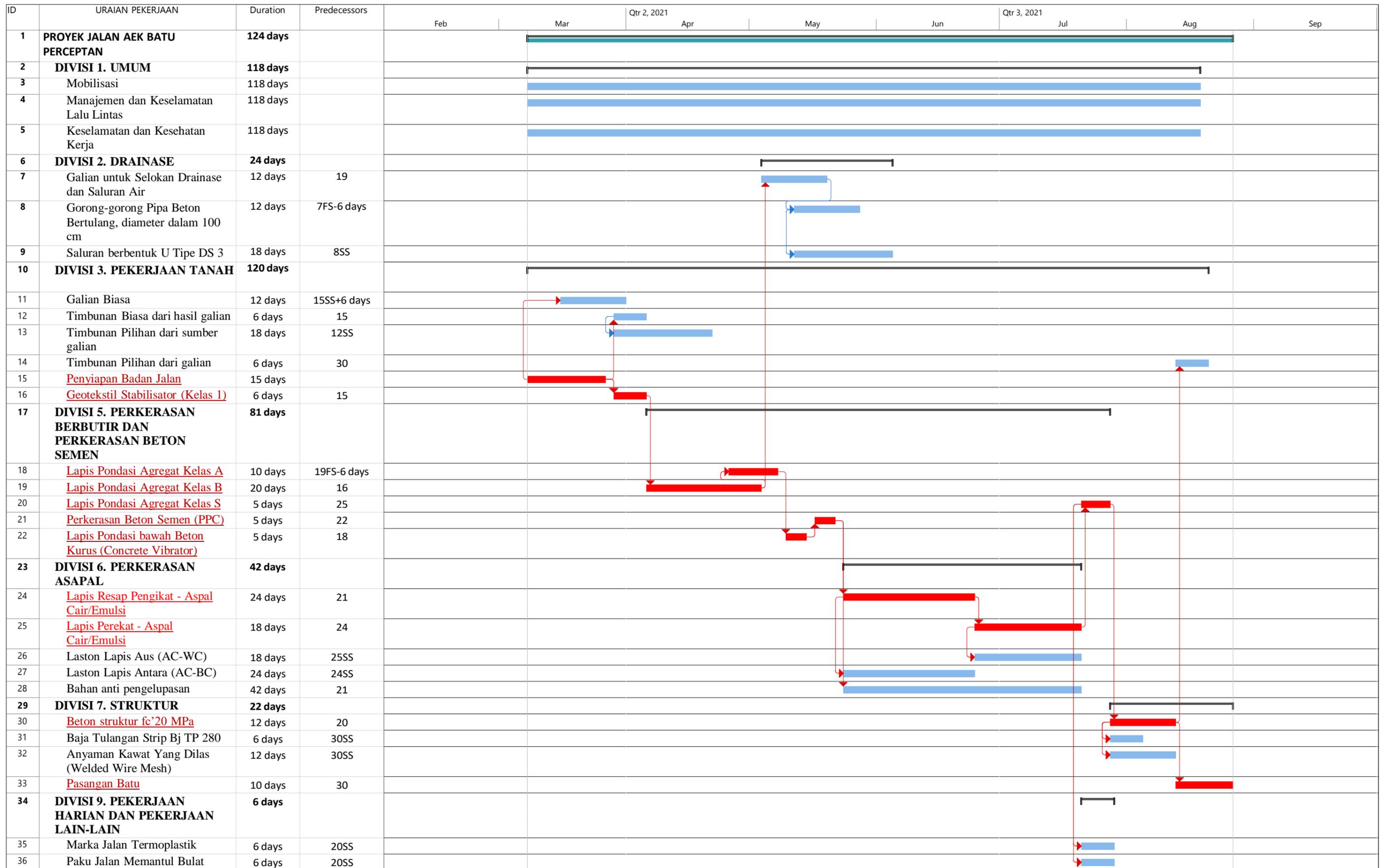
Lampiran 2 : Gantt Chart Durasi Normal

ID	URAIAN PEKERJAAN	Duration	Predecessors	Mar '21		Apr '21				May '21				Jun '21				Jul '21				Aug '21				Sep '21													
				21	28	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5	12	19					
1	PROYEK JALAN AEK KOTA BATU	138 days		[Gantt bar from Mar 21 to Sep 12]																																			
2	DIVISI 1. UMUM	132 days		[Gantt bar from Mar 21 to Sep 5]																																			
3	Mobilisasi	132 days		[Blue bar from Mar 21 to Sep 5]																																			
4	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	132 days		[Blue bar from Mar 21 to Sep 5]																																			
5	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	132 days		[Blue bar from Mar 21 to Sep 5]																																			
6	DIVISI 2. DRAINASE	24 days		[Gantt bar from May 16 to Jun 9]																																			
7	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	12 days	19	[Blue bar from May 16 to May 28]																																			
8	Gorong-gorong Pipa Beton Bertulang, diameter dalam 100 cm	12 days	7FS-6 days	[Blue bar from May 23 to Jun 4]																																			
9	Saluran berbentuk U Tipe DS 3	18 days	8SS	[Blue bar from May 23 to Jun 10]																																			
10	DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH	132 days		[Gantt bar from Mar 21 to Sep 5]																																			
11	Galian Biasa	12 days	15SS+6 days	[Blue bar from Mar 21 to Mar 30]																																			
12	Timbunan Biasa dari hasil galian	6 days	15	[Blue bar from Mar 28 to Mar 30]																																			
13	Timbunan Pilihan dari sumber galian	18 days	12SS	[Blue bar from Mar 28 to Apr 15]																																			
14	Timbunan Pilihan dari galian	6 days	30	[Blue bar from Sep 5 to Sep 12]																																			
15	<u>Penyiapan Badan Jalan</u>	18 days		[Red bar from Mar 21 to Mar 30]																																			
16	<u>Geotekstil Stabilisator (Kelas 1)</u>	6 days	15	[Red bar from Mar 28 to Mar 30]																																			
17	DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR DAN PERKERASAN BETON SEMEN	90 days		[Gantt bar from Apr 11 to Jun 10]																																			
18	<u>Lapis Pondasi Agregat Kelas A</u>	12 days	19FS-6 days	[Red bar from Apr 18 to Apr 30]																																			
19	<u>Lapis Pondasi Agregat Kelas B</u>	24 days	16	[Red bar from Apr 11 to Apr 27]																																			
20	<u>Lapis Pondasi Agregat Kelas S</u>	6 days	25	[Red bar from Apr 25 to Apr 30]																																			
21	<u>Perkerasan Beton Semen (PPC)</u>	6 days	22	[Red bar from Apr 29 to May 4]																																			
22	<u>Lapis Pondasi bawah Beton Kurus (Concrete Vibrator)</u>	6 days	18	[Red bar from Apr 23 to Apr 29]																																			
23	DIVISI 6. PERKERASAN ASAPAL	42 days		[Gantt bar from Jun 13 to Jul 25]																																			
24	<u>Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi</u>	24 days	21	[Red bar from Jun 13 to Jun 27]																																			
25	<u>Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi</u>	18 days	24	[Red bar from Jun 20 to Jul 7]																																			
26	Laston Lapis Aus (AC-WC)	18 days	25SS	[Blue bar from Jun 27 to Jul 15]																																			
27	Laston Lapis Antara (AC-BC)	24 days	24SS	[Blue bar from Jun 20 to Jul 14]																																			
28	Bahan anti pengelupasan	42 days	21	[Blue bar from Jun 13 to Jul 25]																																			
29	DIVISI 7. STRUKTUR	24 days		[Gantt bar from Aug 1 to Aug 25]																																			
30	<u>Beton struktur fc'20 MPa</u>	12 days	20	[Red bar from Aug 1 to Aug 13]																																			
31	Baja Tulangan Strip Bj TP 280	6 days	30SS	[Blue bar from Aug 15 to Aug 21]																																			
32	Anyaman Kawat Yang Dilas (Welded Wire Mesh)	12 days	30SS	[Blue bar from Aug 15 to Aug 27]																																			
33	<u>Pasangan Batu</u>	12 days	30	[Red bar from Sep 5 to Sep 17]																																			
34	DIVISI 9. PEKERJAAN HARIAN DAN PEKERJAAN LAIN-LAIN	6 days		[Gantt bar from Aug 22 to Aug 28]																																			
35	Marka Jalan Termoplastik	6 days	20SS	[Blue bar from Aug 22 to Aug 28]																																			
36	Paku Jalan Memantul Bulat	6 days	20SS	[Blue bar from Aug 22 to Aug 28]																																			

Lampiran 3 : Network Diagram Durasi Normal



Lampiran 4 : Gantt Chart Durasi Dipercepat



RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama : Muhammad Iqbal Irfandi
Tempat. Tanggal Lahir : Sei Mencirim, 30 Mei 2000
Jenis kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Jati Dusun 1 Desa Sei Mencirim
Agama : Islam
Ayah : Sutejo
Ibu : Yusni
Nomor Telepon : 081269941977
E-mail : miqbalirfandi305@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1907210107
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri NO. 3, Medan-20238

NO.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD MUHAMMADIYAH 29 SUNGGAL	2012
2	SMP	SMP MUHAMMADIYAH 47 SUNGGAL	2015
3	SMK	SMK NEGERI 1 KUTALIMBARU	2018
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tahun 2019 sampai selesai		