

TUGAS AKHIR

**PENERAPAN METODE CPM DAN PERT DALAM
MENGOPTIMALISASI *TIME SCHEDULE* PADA PROYEK
PRESERVASI JEMBATAN SEI ULAR A PERBAUNGAN
KABUPATEN DELI SERDANG
(Studi Kasus)**

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

Disusun Oleh :

**AMMAR FADHLI SHEVANDRA TANJUNG
2007210080**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Ammar Fadhli Shevandra Tanjung

NPM : 2007210080

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Penerapan Metode CPM Dan PERT Dalam Mengoptimisasi
Time Schedule Pada Proyek Preservasi Jembatan Sei Ular A
Perbaungan Kabupaten Deli Serdang

Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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.

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 31 Agustus 2024

Dosen Pembimbing



Zulkifli Siregar, S.T., M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

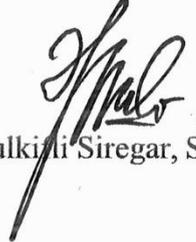
Nama : Ammar Fadhli Shevandra Tanjung
NPM : 2007210080
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Penerapan Metode CPM Dan PERT Dalam Mengoptimalisasi
Time Schedule Pada Proyek Preservasi Jembatan Sei Ular A
Perbaungan Kabupaten Deli Serdang
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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, 31 Agustus 2024

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Zulkipli Siregar, S.T., M.T.

Dosen Pembanding I



Assoc. Prof. Fahrizal Z, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

Dosen Pembanding II



Wiwin Nurzanah, S.T., M.T

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ammar Fadhli Shevandra Tanjung
NPM : 2007210080
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Penerapan Metode CPM Dan PERT Dalam Mengoptimalisasi
Time Schedule Pada Proyek Preservasi Jembatan Sei Ular A
Perbaungan Kabupaten Deli Serdang
Bidang Ilmu : Transportasi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

“Penerapan Metode CPM Dan PERT Dalam Mengoptimalisasi *Time Schedule* Pada Proyek Preservasi Jembatan Sei Ular A Perbaungan Kabupaten Deli Serdang”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 31 Agustus 2024



Saya yang menyatakan,

Handwritten signature of Ammar Fadhli Shevandra Tanjung.

Ammar Fadhli Shevandra Tanjung

ABSTRAK

PENERAPAN METODE CPM DAN PERT DALAM MENGOPTIMALISASI *TIME SCHEDULE* PADA PROYEK PRESERVASI JEMBATAN SEI ULAR A PERBAUNGAN KABUPATEN DELI SERDANG

AMMAR FADHLI SHEVANDRA TANJUNG

2007210080

ZULKIFLI SIREGAR, S.T, M.T

Umumnya proyek konstruksi dilaksanakan dengan batasan waktu tertentu, yang berarti pengerjaan harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang di tentukan. Kegagalan dalam pelaksanaan proyek disebabkan oleh perencanaan yang kurang matang sehingga menyebabkan pelaksanaan yang tidak efektif dan pengendalian yang kurang efisien. Dalam melaksanakan kegiatan konstruksi perlu dipahami keseluruhan proses dan metode yang digunakan dalam proses pekerjaannya. Ada beberapa jenis penjadwalan dalam proyek diantaranya metode CPM dan metode PERT. CPM dan PERT merupakan metode yang digunakan untuk menemukan lintasan kritis dari pekerjaan proyek. Setelah penerapan metode penjadwalan dan menemukan lintasan kritis, akan di terapkan prinsip percepatan *fast track* untuk mengoptimalkan waktu pelaksanaan proyek. Tujuan dari penelitian ini ialah menganalisa waktu optimal dan menemukan lintasan kritis, lalu menganalisa estimasi biaya percepatan setelah diterapkan metode CPM dan PERT pada proyek preservasi jembatan Sei Ular A Perbaungan Kabupaten Deli Serdang. Dari hasil penelitian ini dapat dinyatakan waktu pelaksanaan awal adalah 110 hari sedangkan dengan menggunakan metode CPM didapat 87 hari dan 87,3 hari pada metode PERT. Adapun lintasan kritis pada metode CPM berupa kegiatan E, G, J, K, L, M, dan N. Dan kegiatan pada lintasan kritis PERT adalah E dan G. Total biaya awal pekerjaan Rp. 1.494.959.194 dan setelah dilakukan percepatan didapat biaya Rp. 1.321.713.758 yang mana lebih hemat Rp. 173.245.436 atau 11.59% dari biaya awal.

Kata kunci : Metode CPM, Metode PERT, Penghematan waktu

ABSTRACT

APPLICATION OF CPM AND PERT METHODS IN OPTIMIZING TIME SCHEDULE ON SEI ULAR BRIDGE A PRESERVATION PROJECT PERBAUNGAN DELI SERDANG DISTRICT

AMMAR FADHLI SHEVANDRA TANJUNG

2007210080

ZULKIFLI SIREGAR, S.T, M.T

Generally, construction projects are carried out with a certain time limit, which means the work must be completed before or exactly at the specified time. Failure in project implementation is caused by inadequate planning, resulting in ineffective implementation and less efficient control. When carrying out construction activities, it is necessary to understand the entire process and methods used in the work process. There are several types of scheduling in projects including the CPM method and the PERT method. CPM and PERT are methods used to find the critical path of project work. After implementing the scheduling method and finding the critical path, the fast track acceleration principle will be applied to optimize the project implementation time. The aim of this research is to analyze the optimal time and find the critical path, then analyze the estimated acceleration costs after applying the CPM and PERT methods to the Sei Ular A Perbaungan bridge preservation project, Deli Serdang Regency. From the results of this research, it can be stated that the initial implementation time was 110 days, whereas using the CPM method it was 87 days and 87.3 days using the PERT method. The critical path in the CPM method is activities E, G, J, K, L, M, and N. And the activities in the PERT critical path are E and G. The total initial cost of the work is IDR. 1,494,959,194 and after acceleration the cost was Rp. 1,321,713,758 which saves Rp. 173,245,436 or 11.59% of the initial cost.

Keywords : *CPM method, PERT method, time savings*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya yang begitu besar sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan baik dan lancar. Sholawat berangkaikan salam tidak lupa pula kita hadiahkan kepada junjungan kita Baginda Nabi Muhammad Sallallahu Alaihi Wasallam yang membawa kita dari zaman kegelapan hingga zaman terang benderang saat ini. Alhamdulillah atas nikmat kesehatan jasmani dan rohani penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul “Penerapan Metode CPM Dan PERT Dalam Mengoptimisasi *Time Schedule* Pada Proyek Preservasi Jembatan Sei Ular A Perbaungan Kabupaten Deli Serdang”.

Dimana Tugas Akhir ini adalah suatu silabus mata kuliah yang harus dilaksanakan oleh Mahasiswa/i Teknik Sipil dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Selama penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini, dengan segenap hati penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu terutama kepada:

1. Bapak Zulkifli Siregar ,S.T,M.T., selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saranserta motivasi yang diberikan.
2. Bapak Assoc. Prof. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sekaligus Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ibu Wiwin Nurzanah, S.T., M.T, selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., selaku sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara .
6. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis.
7. Terimakasih kepada bapak Firman Edy selaku Kepala Tu/Biro fakultas teknik yang telah membantu penulis untuk segala urusan yang bersangkutan dengan surat dan informasi penting lainnya.
8. Terimakasih kepada sekretaris Tu/Biro fakultas teknik yang telah membantu penulis untuk segala urusan yang bersangkutan dengan surat dan informasi penting lainnya.
9. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Yasrul Mahendra Syahputra dan Ibunda Yenny Mulyani , yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Adik penulis Sayyid Nauval Ibrahim yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
11. Terimakasih kepada Rekan seperjuangan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2020 khususnya kelas B1 .

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak luput dari berbagai kesalahan dan kekurangan, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penelitian yang akan dilakukan. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis serta pembaca.

Medan, 31 Agustus 2024
Penulis

Ammar Fadhli Shevandra Tanjung

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR FORMULA	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
11.1 Latar Belakang	La 1
11.2 Rumusan Masalah	Ru 2
11.3 Ruang Lingkup	Ru 3
11.4 Tujuan Penelitian	Tu 3
11.5 Manfaat Penelitian	M 4
11.6 Sistematika Penulisan	Si 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Proyek	6
2.1.1 Perencanaan dan Penjadwalan Proyek	7
2.1.2 Ciri Ciri Proyek	8
2.1.3 Jenis Jenis Proyek	8
2.1.4 Siklus Pada Proyek	9
2.2 Manajemen Proyek	10
2.2.1 Proses Manajemen Proyek	11
2.2.2 Tahapan Manajemen Proyek	11

2.2.3 Fungsi Manajemen Proyek	14
2.3 CPM (<i>Critical Path Method</i>)	16
2.3.1 Lintasan Kritis	17
2.3.2 Jaringan Kerja	22
2.3.3 Durasi Waktu	23
2.4 PERT (<i>Project Evaluation and Review Technique</i>)	24
2.5 Perbedaan CPM dan PERT	27
2.6 Kurva S	27
2.7 <i>Microsoft Project</i>	28
2.8 Preservasi Konstruksi	29
2.9 Penelitian Terdahulu	30
BAB 3 METODE PENELITIAN	31
3.1 Bagan Alir	31
3.2 Lokasi Penelitian	32
3.3 Tahapan Penelitian	32
3.4 Variabel Penelitian	33
3.5 Metode Pengumpulan Data	34
3.6 Jenis Studi	35
3.7 Metode Analisa Data	35
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Informasi Proyek	37
4.2 Data Pelaksanaan Proyek Dan RAB	37
4.3 <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS)	38
4.4 Durasi Aktivitas	40
4.5 Data Biaya Aktivitas	41
4.6 Pengolahan Data	41
4.7 <i>Critical Path Method</i>	42
4.8 <i>Project Evaluation And Review Technique</i>	48
4.9 Prinsip <i>Fast Track</i>	52
4.10 Analisa Produktivitas Harian	54
4.11 Hasil Dan Pembahasan	59
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61

5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	77

DAFTAR FORMULA

Formula 2.1 <i>Earliest Finish</i>	20
Formula 2.2 <i>Latest Finish</i>	21
Formula 2.3 <i>Total Float</i>	22
Formula 2.4 <i>Free Float</i>	22
Formula 2.5 Durasi	24
Formula 2.6 <i>Expected Duration</i>	25
Formula 2.7 Deviasi Standar Kegiatan	25
Formula 2.8 Variasi Kegiatan	25
Formula 2.9 Angka Kemungkinan Mencapai Target	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kegiatan A pendahulu kegiatan B & B pendahulu kegiatan C	18
Gambar 2.2 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C	18
Gambar 2.3 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D	19
Gambar 2.4 Kegiatan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D	19
Gambar 2.5 Kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama	19
Gambar 2.6 Jadwal Proyek	20
Gambar 2.7 Diagram Dan Tabel PERT	26
Gambar 2.8 Contoh Kurva S Pada Pekerjaan Pembangunan Rumah	28
Gambar 2.9 Contoh Tampilan <i>Microsoft Project</i>	29
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	31
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian	32
Gambar 4.1 Diagram WBS	39
Gambar 4.2 <i>Network Diagram</i> CPM	45
Gambar 4.3 <i>Network Diagram</i> CPM Dengan Lintasan Kritis	48
Gambar 4.4 <i>Network Diagram</i> PERT	50
Gambar 4.5 <i>Network Diagram</i> PERT Dengan Lintasan Kritis	51
Gambar 4.6 Diagram Perbandingan <i>Schedule</i> Sebelum Dan Sesudah Percepatan	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	30
Tabel 4.1 RAB proyek preservasi jembatan sei ular	37
Tabel 4.2 <i>Work Breakdown Structure</i>	38
Tabel 4.3 Durasi Setiap Kegiatan	40
Tabel 4.4 Anggaran Biaya Setiap Pekerjaan	41
Tabel 4.5 Kegiatan Dengan <i>Microsoft Project</i>	42
Tabel 4.6 Jadwal Kegiatan Manual	43
Tabel. 4.7 Hasil Perhitungan ES-EF, LS-LF	46
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan <i>Float</i>	47
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan <i>Float</i> Kritis dan Tidak Kritis	47
Tabel 4.10 Estimasi Waktu Pada Metode PERT	49
Tabel 4.11 Waktu Yang di Harapkan	50
Tabel 4.12 Percepatan waktu pada lintasan kritis CPM beserta <i>predecessor</i>	52
Tabel 4.13 Percepatan waktu pada lintasan kritis PERT beserta <i>predecessor</i>	53
Tabel 4.14 Perbandingan Pekerjaan	54
Tabel 4.15 AHSP bina marga Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron	55
Tabel 4.16 AHSP bina marga Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron	57
Tabel 4.17 Perbandingan Biaya Pekerjaan	58

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Schwalbe dalam buku Manajemen Proyek karya Hamdan Dimiyati dan Kadar Nurjaman (2014:2) ”Proyek adalah usaha yang bersifat sementara untuk menghasilkan produk atau layanan yang unik. Pada umumnya proyek melibatkan beberapa orang yang saling berhubungan aktivitasnya dan sponsor utama proyek biasanya tertarik dalam penggunaan sumber daya yang efektif untuk menyelesaikan proyek secara efisien dan tepat waktu”. Perkembangan zaman dalam peradaban manusia juga sangat mempengaruhi berkembangnya pelaksanaan proyek, yang mana berpengaruh pada penggunaan teknologi, penerapan material yang cocok, tenaga kerja, serta lingkup proyek yang semakin besar. Umumnya proyek dilaksanakan dengan batasan waktu tertentu, yang berarti pengerjaan proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang di tentukan.

Pada umumnya, kegagalan dalam pelaksanaan proyek di sebabkan perencanaan yang kurang matang sehingga menyebabkan pelaksanaan yang tidak efektif, serta pengendalian yang kurang efisien. Dengan perencanaan yang kurang matang juga dapat menimbulkan pembengkakan biaya pelaksanaan, menurun nya kinerja pekerjaan serta keterlambatan dalam penyelesaian proyek. Bagi kontraktor maupun pemilik proyek, mengoptimalkan penyelesaian proyek serta mengatasi pembengkakan biaya merupakan hal-hal yang sangat ingin di capai demi menyelesaikan proyek tepat waktu ataupun lebih cepat sehingga memperoleh keberhasilan.

Untuk mengoptimalkan penyelesaian proyek serta mengatasi pembengkakan biaya, diperlukan manajemen yang baik sehingga proyek dapat selesai sesuai dengan yang di harapkan. Seiring dengan teknologi dan industri yang makin kompleks, manajemen proyek semakin berubah menjadi kegiatan yang terpisah dari manajemen bisnis umum. Manajemen proyek dapat diartikan sebagai suatu metode dan prinsip yang sangat di perlukan dalam perencanaan, implementasi,

pengawasan, serta evaluasi dari suatu kegiatan proyek, karena setiap proyek memiliki karakteristik yang berbeda dengan aktivitas lain. Manajemen proyek juga sangat bermanfaat dalam mengatur pengorganisasian, pengelolaan, pemakaian sumber daya, penggunaan waktu, kompleksitas, serta menurunkan resiko ketidakpastian.

Dapat di ambil contoh dalam pembangunan maupun preservasi jalan atau jembatan, dimana penanganan serta pemeliharaan yang baik dalam suatu proyek dapat menghasilkan kinerja yang diharapkan serta sangat optimal. Jika proyek bagus dari segi waktu dan biaya, proyek ini selesai dengan efisien mencapai efisiensi dalam alat dan tenaga (Badri, 1997). Untuk mengembalikan kemajuan proyek ke rencana semula, harus dilakukan upaya untuk mempersingkat jangka waktu proyek, meskipun hal ini melibatkan peningkatan biaya proyek. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa optimasi durasi proyek untuk mengetahui berapa lama waktu penyelesaian proyek dan mencari kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Project Evaluation and Review Technique*).

Penelitian ini penulis lakukan dengan menggunakan penjadwalan proyek preservasi milik CV. Raja Sarana Perkasa pada proyek preservasi jembatan di daerah perbatasan Perbaungan - Kabupaten Deli Serdang dengan menerapkan metode CPM dan PERT. Berdasarkan uraian ini, penulis dapat menerapkan judul “Penerapan Metode CPM (*Critical Path Method*) Dan PERT (*Project Evaluation And Review Technique*) Dalam Mengoptimisasi *Time Schedule* Pada Proyek Preservasi Jembatan Sei Ular A Perbaungan Kabupaten Deli Serdang”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka didapat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa lama durasi optimal dari proyek preservasi jembatan Sei Ular A Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang dengan menggunakan metode CPM dan PERT?

2. Bagaimana bentuk dari jaringan kerja (*network planning*) dari hasil lintasan kritis dengan penerapan metode CPM dan PERT pada proyek preservasi jembatan Sei Ular A Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang.
3. Berapa estimasi total biaya dari proyek preservasi jembatan Sei Ular A Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang dengan penerapan metode yang paling efisien antara CPM dan PERT dalam pelaksanaan proyek?

1.3 Ruang Lingkup

Adapun batasan masalah yang di tetapkan dalam tugas akhir ini ialah :

1. Data proyek yang di teliti yaitu data proyek preservasi jembatan Sei Ular A Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang yang terdiri dari rencana anggaran biaya dan penjadwalan pekerjaan.
2. Peninjauan hanya di lakukan dalam hal durasi waktu pekerjaan dan total biaya preservasi jembatan Sei Ular A Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang
3. Metode yang di gunakan dalam menganalisis data yaitu CPM dan PERT serta penyajian menggunakan *Ms. Project* dan membandingkan durasi waktu dan total biaya sebelum dan sesudah penerapan metode.
4. Menggunakan AHSP Bina Marga tahun 2023 dalam menganalisa produktivitas harian pekerjaan yang di tentukan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk :

1. Menganalisa estimasi waktu optimal dengan penerapan metode CPM dan PERT untuk menyelesaikan proyek preservasi jembatan Sei Ular A Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang.
2. Menentukan lintasan kritis serta jaringan kerja (*network planning*) yang dihasilkan dari penerapan metode CPM dan PERT pada proyek preservasi jembatan Sei Ular A Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang.

3. Menganalisa perkiraan biaya percepatan kegiatan dengan metode yang paling efisien diantara metode CPM dan PERT pada proyek preservasi jembatan Sei Ular A Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengidentifikasi pelaksanaan kegiatan apa saja yang perlu di optimalkan agar penyelesaian proyek dapat terlaksana sesuai rencana.
2. Efektivitas serta efisiensi waktu dalam penyelesaian proyek sehingga tidak terjadi pemborosan anggaran dalam pelaksanaan pekerjaan.
3. Menjadi tambahan wawasan bagi penulis serta pembaca mengenai teknik penjadwalan dalam manajemen proyek dengan mempraktekkan langsung metode CPM dan PERT pada proyek preservasi jembatan Sei Ular A Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam tugas akhir ini, penulis menggunakan sistematika penulisan yang terdiri dari lima bab. Pada masing-masing bab terdapat sub bab yang memberikan penjelasan lebih terperinci terkait topik yang di bahas, yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang masalah yang di bahas, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan manfaat dari tugas akhir ini serta dapat dikemukakan tentang sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini terdapat sub bab mengenai landasan teori dari penelitian terdahulu yang memaparkan teori-teori yang memiliki hubungan dengan masalah yang diteliti serta beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti- peneliti sebelumnya

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang uraian deskripsi mengenai penelitian yang akan dilaksanakan dengan menjelaskan variabel penelitian dan definisi operasional, penentuan jenis sampel, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, serta metode analisis.

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menguraikan deskripsi objek penelitian dengan pelaksanaan proses serta interpretasi data yang diperoleh untuk mencari makna dan hasil analisis.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan serta saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Proyek

Menurut Dipohusodo (1996), proyek adalah suatu usaha yang terorganisir untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu yang telah ditetapkan. Proyek adalah suatu usaha dengan tujuan tertentu dan waktu serta sumber daya yang terbatas.

Sedangkan konstruksi adalah denah atau model bangunan yang dihasilkan dari kegiatan proyek. Oleh karena itu, proyek konstruksi adalah pembangunan suatu jenis bangunan dalam jangka waktu tertentu dengan menggunakan sumber daya proyek yang terbatas. Proyek didefinisikan sebagai serangkaian aktivitas unik yang saling terkait dan dilakukan untuk mencapai hasil tertentu. dalam kurun waktu tertentu (Soeharto, 1995) .

Menurut PMBOK (Badan Pengelola Proyek Pengetahuan), edisi ke-3, pengertian proyek adalah bahwa proyek adalah suatu usaha yang bersifat sementara yang mempunyai awal dan akhir, serta merupakan suatu produk, jasa, atau suatu produk yang unik. prestasi. Itu harus digunakan untuk membuahkan hasil. Di sisi lain, menurut Larson (2006), proyek adalah upaya yang kompleks dan tidak rutin yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya, dan spesifikasi kinerja yang disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan. Pengertian proyek menurut Husen (2009) adalah proyek merupakan gabungan sumber daya seperti manusia, peralatan, dan modal/biaya yang disatukan dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai suatu tujuan.

Proyek biasanya menciptakan layanan, produk, atau hasil yang unik dan spesifik. Menurut definisi tersebut, proyek adalah suatu kegiatan yang tidak dapat dilaksanakan tanpa batas waktu dan harus mempunyai tujuan yang jelas. Proyek di organisasi mana pun memerlukan koordinasi dan kerja sama antar departemen untuk mencapai tujuan yang optimal dan jelas. Manajemen proyek sangat penting dalam produksi barang dan jasa.

Dari ide hingga produksi akhir suatu produk atau jasa, setiap langkah atau fase dapat diklasifikasikan sebagai proyek terpisah. Setiap proyek memerlukan seorang manajer proyek yang bertanggung jawab mengelola seluruh aspek proyek, mulai dari perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengendalian proyek hingga penyelesaian sesuai anggaran, jadwal, dan kualitas hasil yang ditentukan.

2.1.1 Perencanaan dan Penjadwalan Proyek

Dalam perencanaan dan penjadwalan proyek memiliki suatu keterikatan. Dimana perencanaan sendiri merupakan sebuah proses dalam pengambilan keputusan dari alternatif-alternatif yang memungkinkan. Contohnya seperti pemilihan metode konstruksi yang tepat serta urutan pengerjaan yang efisien. Proses inilah yang di gunakan sebagai acuan untuk memperkirakan pelaksanaan kegiatan yang akan datang, penjadwalan pekerjaan, estimasi biaya,serta berbagai hal penting lainnya yang mana sangat berguna untuk pengendalian proyek.

Penjelasan mengenai pengadaan barang/jasa juga diatur dalam Perpres No. 70 Tahun 2012, tepatnya pada pasal 1 ayat 1 yang berbunyi “kegiatan untuk memperoleh barang/jasa oleh Kementerian/Lembaga/Satuan Kerja Perangkat Daerah/Institusi yang prosesnya dimulai dari perencanaan kebutuhan sampai diselesaikannya seluruh kegiatan untuk memperoleh barang/jasa”. Soeharto (1999), berpendapat didalam proses untuk mencapai tujuan tersebut, terdapat tiga batasan yang disebut dengan (*triple constrain*), yang mana sangat berpengaruh dalam proses tersebut. Adapun batasan tersebut ialah :

- Biaya proyek harus sesuai dengan yang telah direncanakan, serta tidak melebihi anggaran yang telah di tetapkan.
- Jadwal proyek harus diselesaikan berdasarkan waktu dan tanggal yang telah ditetapkan.
- Mutu produk atau output dari kegiatan proyek harus memenuhi kriteria serta spesifikasi yang telah ditetapkan.

2.1.2 Ciri Ciri Proyek

Menurut Budihartono (2008), Proyek adalah aktivitas atau kegiatan yang telah direncanakan untuk diselesaikan dalam waktu yang telah ditentukan dan didalamnya dialokasikan biayanya. Dengan hubungan antara kegiatan, waktu, serta biaya, dapat disimpulkan bahwa proyek mempunyai ciri pokok sebagai berikut :

- a) Memiliki tujuan yang khusus, produk akhir atau hasil kerja akhir
- b) Jumlah biaya, sasaran jadwal serta kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan.
- c) Bersifat sementara, dalam arti umumnya dibatasi oleh selesainya tugas. Dimana titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas.
- d) Non rutin, tidak berulang-ulang. Jenis dan kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

2.1.3 Jenis Jenis Proyek

Menurut Soeharto (1999), proyek dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian. Diantara nya adalah :

- Proyek *Engineering*-Konstruksi Terdiri dari pengkajian kelayakan, desain *engineering*, pengadaan, dan konstruksi.
- Proyek *Engineering*-Manufaktur Dimaksudkan untuk membuat produk baru, meliputi pengembangan produk, manufaktur, perakitan, uji coba fungsi dan operasi produk yang dihasilkan.
- Proyek Penelitian dan Pengembangan Bertujuan untuk melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka menghasilkan produk tertentu.
- Proyek Pelayanan merupakan Manajemen Proyek pelayanan manajemen tidak memberikan hasil dalam bentuk fisik, tetapi laporan akhir, misalnya merancang sistem informasi manajemen.
- Proyek Kapital, Proyek kapital merupakan proyek yang berkaitan dengan penggunaan dana kapital untuk investasi.

- Proyek Radio-Telekomunikasi Bertujuan untuk membangun jaringan telekomunikasi yang dapat menjangkau area yang luas dengan biaya minimal.⁷
- Proyek Konservasi *Bio-Diversity*, Proyek konservasi *bio-diversity* merupakan proyek yang berkaitan dengan usaha pelestarian lingkungan.

2.1.4 Siklus Pada Proyek

Siklus pada proyek konstruksi ada 4 tahap yaitu:

- 1) Inisiasi proyek (pendefinisian proyek)
 - Tahap ke-1 yaitu pendugaan. Dimana dalam tahapan ini biasanya akan ada penyampaian kemungkinan - kemungkinan mengenai proyek yang akan dijalankan.
 - Tahap ke-2 yaitu kemungkinan terdiri dari rencana waktu, biaya dan spesifikasi.
- 2) Perencanaan proyek (perencanaan detail)
 - Tahap ke-3 yaitu pra-desain terdiri dari data dan survei awal.
 - Tahap ke-4 yaitu desain terdiri dari gambar tender dan RKS atau spesifikasi.
 - Tahap ke-5 yaitu estimasi (BQ, RAB) yang berisikan tentang deskripsi pekerjaan, kuantitas dan harga satuan pekerjaan.
 - Tahap ke-6 yaitu tender aanwijzing klarifikasi dan kontrak.
 - Tahap ke-7 yaitu pembentukan tim proyek.
 - Tahap ke-8 yaitu *schedulling* (perencanaan).
 - Tahap ke-9 yaitu pembuatan gambar untuk konstruksi
- 3) Eksekusi proyek (Pengawasan dan Kontrol)
 - Tahap ke-10 yaitu pekerjaan persiapan.
 - Tahap ke-11 yaitu pelaksanaan konstruksi.
- 4) Penutupan Konstruksi (evaluasi dan *review* proyek)

2.2 Manajemen Proyek

Menurut Soeharto (1999) , Manajemen proyek merupakan proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian kegiatan anggota organisasi dan juga sumber daya lainnya sehingga dapat mencapai tujuan organisasi yang telah ditentukan sebelumnya. Ada beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari pendapat para ahli di atas. Manajemen proyek adalah kegiatan mengoordinasikan sumber daya. Sumber Daya (Sumber daya manusia, sumber daya material, teknologi, pengetahuan, keahlian) untuk mencapai hasil proyek. Rangkaian kegiatan ini mencakup Tujuan , Perencanaan, Pengorganisasian, Eksekusi, dan Pemantauan atau Pengendalian. Manajemen merupakan hal yang sangat penting dalam pekerjaan. Pada umumnya, sebuah proyek memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Waktu (*Timeline*): Proyek memiliki *timeline* atau garis waktu yang pasti dengan titik awal dan titik akhir yang terukur.
- Sumber Daya (*Resource*): Sebuah proyek memiliki sumber daya modal dan tenaga kerja yang terbatas.
- Alat (*Tools*): Menggunakan alat-alat (*tools*) dan teknik khusus digunakan untuk manajemen proyek, contohnya *Gantt Chart*. – Tim (*Team*): Manajemen Proyek memerlukan tim yang beragam dari berbagai departemen dan fungsi.

Manajemen proyek adalah kegiatan yang bertujuan untuk mencapai sasaran yang telah didefinisikan dengan jelas dengan seefisien mungkin untuk mencapai tujuan yang disepakati, dibutuhkan sumber sumber daya , termasuk sumber daya manusia, adalah kunci dari segalanya. Manajemen dalam konteks pembangunan memiliki rangkap fungsi yaitu:

- Membangun dorongan / antusiasme untuk memotivasi orang agar tugas selesai dilakukan dengan baik
- *Direct* sumber daya manusia dan sumber daya lainnya secara berurutan berjalan di jalur yang seharusnya bergerak menuju tujuan yang telah ditetapkan. Pertama, kita membutuhkan tujuan dan sasaran dengan sistematis, selain kebijakan dasar, juga harus dinyatakan dengan jelas. Adapun hal kedua terkait dengan menemukan metode yang disetujui dan membuat prosedur kerja bersama-sama untuk mencapai tujuan ini.

2.2.1 Proses Manajemen Proyek

Menurut A.D Austen dan R.H Neale (1994) yang dimaksud dengan proses manajemen adalah suatu proses untuk memanfaatkan sumber daya manusia dan sumberdaya lainnya untuk mencapai tujuan tertentu. Proses manajemen atau sering juga disebut fungsi manajemen, dalam satu kesatuan sebagai berikut dibawah ini:

- Penetapan tujuan (*goal setting*). Penetapan tujuan merupakan tahapan awal dari proses manajemen. Tujuan merupakan misi sasaran yang akan tercapai.
- Perencanaan (*planning*). Perencanaan merupakan proses pemilihan informasi dan pembuatan asumsi-asumsi mengenai keadaan dimasa yang akan datang untuk merumuskan kegiatan-kegiatan yang perlu dilakukan dalam rangka pencapaian tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.
- *Staffing*. *Staffing* adalah proses manajemen yang berkenaan dengan pengerahan (*recruitment*), penempatan, pelatihan, dan pengembangan tenaga kerja dalam organisasi. Pada dasarnya prinsip dari tahapan proses manajemen itu adalah menempatkan orang yang sesuai pada tempat yang sesuai dan pas pada saat yang tepat (*right people, right position, right time*).
- *Directing*. *Directing* adalah usaha untuk memobilisasi sumber-sumber daya yang dimiliki oleh organisasi agar dapat bergerak dalam satu kesatuan yang sesuai dengan rencana yang telah dibuat. Dalam tahapan proses ini terkandung usaha-usaha bagaimana memotivasi orang-orang agar dapat bekerja.
- *Supervising*. *Supervising* didefinisikan sebagai interaksi langsung antara individu-individu dalam suatu organisasi untuk mencapai kinerja kerja serta tujuan organisasi tersebut.
- Pengendalian (*Controlling*). *Controlling* yaitu panduan atau aturan untuk melaksanakan aktifitas suatu usaha atau bagian-bagian lain dari usaha tersebut untuk tercapainya tujuan yang telah disepakati.

2.2.2 Tahapan Manajemen Proyek

Menurut Ervianto (2005) , kegiatan proyek dapat dibagi menjadi 6 tahapan. Yaitu :

- Tahap studi kelayakan (*feasibility study*)

- Tahap penjelasan (*briefing*)
- Tahap perancangan (*design*)
- Tahap pengadaan (*procurement*)
- Tahap pelaksanaan (*construction*)

Menurut Dipohusodo (1995), tahapan proyek dibagi menjadi 5 tahap. Yaitu :

1. Tahap pengembangan konsep, adapun kegiatan yang dilakukan dalam tahap ini adalah melakukan survei pendahuluan dengan investigasi lapangan dimana proyek akan dilaksanakan. Hal ini akan mengungkapkan informasi-informasi yang sangat diperlukan dalam pembuatan konsep proyek. Seperti misalnya informasi mengenai upah tenaga kerja setempat, harga material, perizinan pemerintah setempat, kemampuan penyedia jasa setempat baik kontraktor maupun konsultan, informasi mengenai iklim disekitar lokasi proyek yang digunakan untuk mengantisipasi kendala yang dapat diakibatkan oleh cuaca dan lain sebagainya.
2. Tahap perencanaan, adapun kegiatan yang dilakukan adalah pengajuan proposal, survei lanjutan, pembuatan desain awal/sketsa rencana (*preliminary design*) dan perancangan detail (*detail design*), keempat kegiatan ini tidak dapat dipisahkan satu sama lain karena hasil kegiatan pertama akan berpengaruh pada kegiatan kedua dan selanjutnya. Tujuan dari tahap ini sebenarnya untuk mendapatkan rencana kerja final yang memuat pengelompokan pekerjaan dan kegiatan secara terperinci. Adapun sasaran pokok rencana kerja final adalah:
 - Dengan menggunakan sebagai pedoman pelaksanaan pekerjaan maka akan didapat harga kontrak konstruksi dan material yang lebih pasti, bernilai tetap dan bersaing, sehingga tidak akan melewati batas anggaran yang tersedia.
 - Pekerjaan akan dapat diselesaikan sesuai dengan kualitas dan dalam rentang waktu seperti yang telah direncanakan atau ditetapkan.
3. Tahap pelelangan, kegiatan yang dilakukan adalah kegiatan administrasi untuk pelelangan sampai dengan terpilihnya pemenang lelang.
4. Tahap Pelaksanaan Konstruksi, dalam tahap ini adapun kegiatan yang dilakukan antara lain persiapan lapangan, pelaksanaan konstruksi fisik proyek

sampai dengan selesainya konstruksi itu sendiri. Salah satu kegiatan yang cukup penting pada saat pelaksanaan konstruksi fisik adalah kegiatan pengendalian biaya dan jadwal konstruksi, untuk pengendalian biaya konstruksi hal-hal yang harus diperhatikan adalah alokasi biaya untuk sumber daya proyek mulai dari tenaga kerja, peralatan sampai dengan material konstruksi, sedangkan pengendalian jadwal diupayakan agar setiap kegiatan dalam proyek berjalan sesuai dengan yang direncanakan, dalam hal ini semua pihak yang terlibat diharapkan bisa menggunakan berbagai sumber daya yang dimiliki agar tujuan proyek tercapai dengan baik.

5. Tahap pengoperasian, setelah konstruksi fisik selesai maka penyedia jasa akan menyerahkannya kepada pengguna jasa untuk dioperasikan, dalam tahap ini penyedia jasa masih memiliki tanggung jawab untuk memelihara bangunan tersebut sesuai dengan perjanjian.

Sedangkan menurut A.D Austen dan R.H Neale (1994) dalam Suyatno (2010), tahapan utama proyek konstruksi terdiri dari 5 tahap, yaitu:

1. Tahap *briefing* bertujuan memungkinkan klien menjelaskan fungsi proyek dan biaya yang diijinkan, sehingga para arsitek, insinyur, *surveyor* kuantitas dan anggota lain kelompok perancang dapat secara tepat menafsirkan keinginannya dan menafsirkan biaya. Yang harus dilakukan selama tahap *briefing*.
 - Menyusun rencana kerja dan menunjuk para perancang dan ahli;
 - Mempertimbangkan kebutuhan pemakai, keadaan lokasi dan lapangan, merencanakan rancangan, taksiran biaya, persyaratan mutu; Mempersiapkan: Program data departemen, program data ruangan, jadwal waktu, sketsa dengan skala 1 : 1000, 1 : 1500 atau 1 : 2000, yang menggambarkan denah dan batasbatas proyek, taksiran biaya dan implikasinya dan rencana pelaksanaan.
2. Tahap perencanaan dan perancangan bertujuan untuk melengkapi penjelasan proyek dan menentukan tata letak, rancangan, metode konstruksi dan taksiran biaya agar mendapat persetujuan yang perlu dari klien dan pihak berwenang yang terlibat. Kegiatan pada tahap ini meliputi:
 - Memeriksa masalah teknis,

- Meminta persetujuan dari klien
 - Mempersiapkan rancangan sketsa/prarancangan, termasuk taksiran biaya, rancangan terinci, spesifikasi dan jadwal, daftar kuantitas, taksiran biaya akhir, program pelaksanaan pendahuluan, termasuk jadwal waktu.
3. Tahap pelelangan (*tender*) menunjuk kontraktor bangunan, atau sejumlah kontraktor yang akan melaksanakan konstruksi. Kegiatan pada tahap ini untuk mendapatkan penawaran dari para kontraktor untuk pembangunan gedung dan untuk menyerahkan kontrak. Dalam tahap ini klien terkait kuat pada sebagian besar pengeluaran proyek, jadi prosedur serta proses harus didefinisikan secara cermat dan ketat.
 4. Tahap konstruksi atau tahap pelaksanaan pembangunan bertujuan membangun bangunan dalam batasan biaya dan waktu yang telah disepakati, mutu yang telah disyaratkan. Kegiatan dalam tahap ini adalah: merencanakan, mengkoordinasi dan mengendalikan operasi lapangan.
 5. Tahap persiapan penggunaan bertujuan menjamin agar bangunan yang telah selesai dibangun sesuai dokumen kontrak, dan semua fasilitas bekerja sebagaimana mestinya. Kejadiannya adalah:
 - Mempersiapkan catatan pelaksanaan
 - Meneliti bangunan dengan cermat dan memperbaiki kerusakan
 - Menguji sifat kedap air bangunan
 - Memulai menguji dan menyesuaikan semua fasilitas
 - Mempersiapkan petunjuk operasi serta pedoman pemeliharaan
 - Melatih staf.

2.2.3 Fungsi Manajemen Proyek

Menurut Dimiyati & Nurjaman (2014), manajemen proyek memiliki fungsi sebagai suatu proses manajemen dalam mengenal susunan pelaksanaan yang logis serta menggambarkan tindakan manajemen diarahkan pada pencapaian sasaran yang telah ditetapkan karena penetapan tujuan (sasaran) merupakan tindakan manajemen yang pertama, yang diikuti tindakan perencanaan (*planning*), organisasi (*organizing*), dan koordinasi (*coordinating*), pelaksanaan (*actuating*)

dan pengawasan dan pengendalian (*controlling*) dengan 15 pemanfaatan sumber daya yang tersedia secara efisien dan efektif.

Secara umum, fungsi manajemen dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Fungsi perencanaan (*planning*) berupa tindakan pengambilan keputusan yang mengandung data dan informasi, ataupun fakta kegiatan yang akan dipilih dan akan dilakukan pada masa mendatang. Tindakan perencanaan proyek meliputi:
 - Menetapkan tujuan dan sasaran proyek.
 - Menganalisa kendala dan risiko yang mungkin terjadi untuk seluruh proyek ataupun perbagian dari rencana.
 - Menetapkan penggunaan sumber daya.
 - Menyusun rencana induk jangka panjang dan pendek.
 - Menyumbangkan strategi dan prosedur operasi.
 - Menyiapkan pendanaan serta standar kualitas yang diharapkan.
 - Menentukan metode dan aspek-aspek teknik yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan. Manfaat fungsi perencanaan tersebut adalah sebagai alat pengawas atau pengendali kegiatan, serta sarana untuk memilih dan menetapkan kegiatan yang diperlukan.
2. Fungsi organisasi (*Organizing*) adalah mempersatukan kumpulan kegiatan manusia, yang mempunyai pekerjaan masing-masing, saling berhubungan satu sama yang lain dengan tata cara tertentu dan berinteraksi dengan lingkungannya dalam rangka mendukung tercapainya tujuan. Untuk menjalankan fungsi organisasi, diperlukan pengetahuan tentang berbagai tipe organisasi sehingga dapat dilakukan analisis terhadap penerapan jenis organisasi yang sesuai dengan proyek yang akan dijalankan.

Tindakan organisasi, antara lain:

- Menentukan daftar penugasan
 - Menyusun ruang lingkup kegiatan
 - Menyusun struktur kegiatan
 - Menyusun daftar personil organisasi beserta lingkup tugasnya.
3. Fungsi pelaksanaan (*Actuating*) adalah menyelaraskan seluruh anggota organisasi dalam kegiatan pelaksanaan, serta mengupayakan agar seluruh

anggota organisasi dapat bekerja sama dalam pencapaian tujuan bersama.

Tindakan pelaksanaan itu, antara lain:

- Mengorganisasikan pelaksanaan kegiatan.
 - Mendistribusikan tugas, wewenang dan tanggung jawab.
 - Memberikan pengarahan penugasan dan motivasi
4. Fungsi pengendalian (*controlling*) adalah mengukur kualitas penampilan dan menganalisis serta mengevaluasi penampilan yang diikuti dengan tindakan perbaikan yang harus diambil terhadap penyimpangan yang terjadi (di luar batas toleransi). Tindakan pengendalian meliputi:
- Mengukur kualitas hasil membandingkan hasil terhadap standar kualitas
 - Mengevaluasi penyimpangan yang terjadi
 - Memberikan saran-saran perbaikan
 - Menyusun laporan kegiatan

2.3 CPM (*Critical Path Method*)

Levin dan Kirkpatrick (1972), menyatakan bahwa metode jalur kritis (*Critical Path Method*) adalah sebuah metode yang bertujuan untuk merencanakan dan mengawasi proyek. CPM merupakan metode dalam sistem proyek yang lebih sering digunakan daripada 5 sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. CPM fokus pada analisa jaringan kerja yang akan mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan ataupun percepatan waktu penyelesaian total proyek.

Menurut Heizer dan Render (2006), CPM pada dasarnya menitik beratkan pada persoalan keseimbangan antara biaya dan waktu penyelesaian proyek-proyek yang besar. CPM membuat asumsi bahwa waktu kegiatan diketahui pasti, sehingga hanya diperlukan satu faktor untuk tiap kegiatan. Pada CPM dipakai cara “deterministik”, yaitu memakai satu angka estimasi.

Jaringan kerja (*Network planning*) prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram *network*. Dengan demikian dapat dikemukakan bagian-bagian pekerjaan yang harus didahulukan, sehingga dapat dijadikan dasar

untuk melakukan pekerjaan selanjutnya dan dapat dilihat pula bahwa suatu pekerjaan belum dapat dimulai apabila kegiatan sebelumnya belum selesai dikerjakan.

Pada CPM dipakai cara “deterministik”, yaitu memakai satu angka estimasi. Jadi, disini kurun waktu untuk menyelesaikan pekerjaan dianggap diketahui, kemudian pada tahap berikutnya, diadakan pengkajian lebih lanjut untuk memperpendek kurun waktu, misalnya dengan menambah biaya atau *time cost trade-off* atau *crash program*. Sistematika dari proses penyusunan jaringan kerja (*network planning*) adalah sebagai berikut Soeharto (1999):

- a) Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan, memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan atau kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek.
- b) Menyusun kembali komponen-komponen pada butir 1, menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai logika ketergantungan.
- c) Memberikan perkiraan kurun waktu bagi masing-masing kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek.
- d) Mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*) dan *float* pada jaringan kerja.

2.3.1 Lintasan Kritis

Menurut Soeharto (1999), jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis yang dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek. Jalur kritis/lintasan kritis dikenal sebagai jalur yang memiliki rangkaian dari komponen-komponen kegiatan proyek yang berisi jumlah waktu dari kegiatan tersebut.

Menurut Badri (1997) manfaat yang didapat jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut:

- a) Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh pekerjaan proyek tertunda penyelesaiannya.
- b) Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya, bila pekerjaan-pekerjaan yang ada pada lintasan kritis dapat dipercepat.
- c) Pengawasan dapat dikontrol melalui penyelesaian jalur kritis yang tepat dalam penyelesaiannya dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan

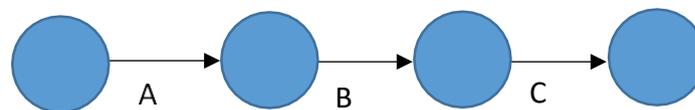
biaya yang efisien) dan *crash program* (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya lembur.

- d) *Time slack* atau kelonggaran waktu terdapat pada pekerjaan yang tidak melalui lintasan kritis. Ini memungkinkan bagi manajer/pimpro untuk memindahkan tenaga kerja, alat, dan biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis agar efektif dan efisien.

Jika dalam suatu proyek memiliki banyak jalur kritis, maka semakin banyak pula aktivitas yang harus diawasi. Akumulasi durasi waktu paling lama dalam jalur kritis akan dijadikan sebagai estimasi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Jalur kritis diperoleh dari diagram jaringan yang memperlihatkan hubungan dan urutan kegiatan dalam suatu proyek.

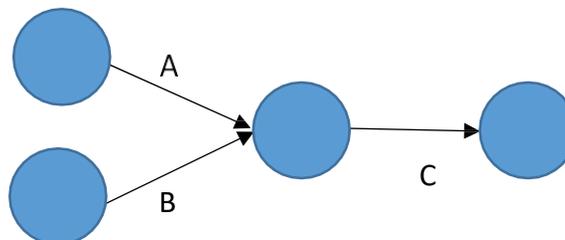
Logika katergantungan kegiatan-kegiatan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

- 1) Jika kegiatan A harus diselesaikan dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai dan kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan B selesai, hubungan kegiatankegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



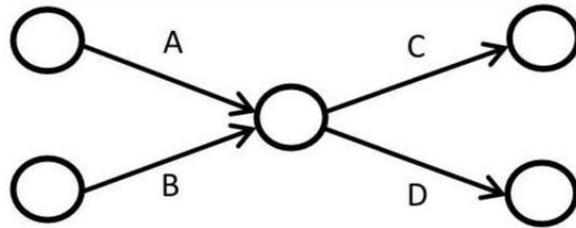
Gambar 2.1: Kegiatan A pendahulu kegiatan B & kegiatan B pendahulu kegiatan C
(Sumber : Google Scholar)

- 2) Kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, hubungannya dapat dilihat pada Gambar 2.2



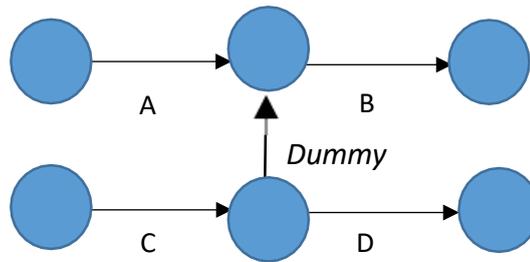
Gambar 2.2: Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C
(Sumber : Google Scholar)

- 3) Jika kegiatan A dan B harus dimulai sebelum kegiatan C dan D, hubungan kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3: Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D
(Sumber : Google Scholar)

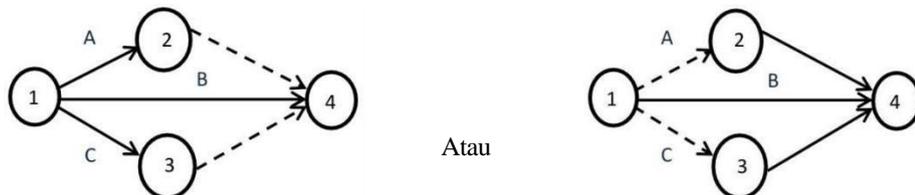
- 4) Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, tetapi D sudah dapat dimulai bila kegiatan B sudah selesai, hubungan kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4: Kegiatan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D
(Sumber : Google Scholar)

Fungsi dummy (\rightarrow) di atas adalah untuk memindahkan seketika itu juga (sesuai dengan arah panah) keterangan tentang selesainya kegiatan B.

- 5) Jika kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada lingkaran kejadian yang sama, maka hubungan kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5: Kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama
(Sumber : Google Scholar)

Terdapat dua metode mengidentifikasi jalur kritis dalam CPM (*Critical Path Method*), antara lain :

1. Mengarah ke depan.

Forward Pass (mengarah ke depan) merupakan waktu yang paling awal dimana proyek dapat diselesaikan. Waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk memulai disebut “*early start*” sedangkan waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk mengakhiri disebut “*early finish*”. Dalam metode penentuan jalur kritis, yang paling awal diidentifikasi adalah kemungkinan waktu untuk memulai proyek dan kemudian serangkaian kegiatan untuk mengidentifikasi waktu penyelesaian (Aryo Andri Nugroho, 2007).

- a. *Earliest Start (ES)* : *early start* atau mulai terdahulu adalah waktu paling awal dimana suatu kegiatan sudah dapat dimulai, dengan asumsi semua kegiatan pendahulu atau semua kegiatan yang mengawalinya sudah selesai dikerjakan.
- b. *Earliest Finish (EF)* : *early finish* atau selesai terdahulu adalah waktu paling awal suatu kegiatan dapat selesai.

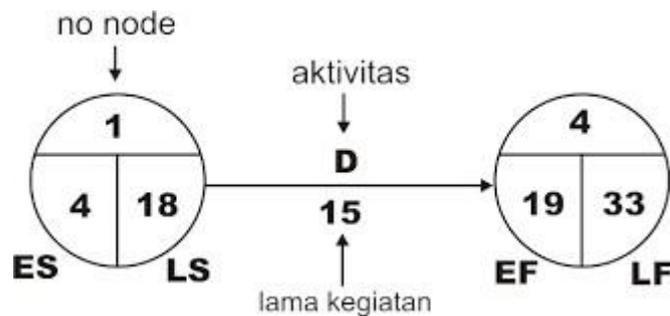
$$EF = ES + D \tag{2.1}$$

Keterangan :

EF = Earliest Finish

ES = Earliest Start

D = Durasi



Gambar 2.6: Jadwal Proyek
(Sumber : Google Scholar)

2. Mengarah ke belakang

Backward Pass (mengarah ke belakang) merupakan waktu paling akhir dimana proyek dapat diselesaikan. Waktu penyelesaian proyek didasarkan pada kerja mundur dari waktu akhir pada kegiatan terakhir untuk mengawali kegiatan pertama. Waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk memulai disebut "*latest start*" sedangkan waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk mengakhiri disebut "*latest finish*" (Aryo Andri Nugroho, 2007).

- a. *Latest Start* (LS) : *latest start* atau mulai terakhir adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. *Latest start* menunjukkan waktu toleransi terakhir dimana suatu kegiatan harus mulai dilakukan.
- b. *Latest Finish* (LF) : *Latest Finish* atau selesai terakhir adalah waktu toleransi terakhir suatu kegiatan harus dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian kegiatan berikutnya dan keseluruhan proyek (Aryo Andri Nugroho, 2007).

$$LF = LS + D \quad (2.2)$$

Keterangan :

LF = Latest Finish

LS = Latest Start

D = Durasi

Pada *network* proyek, dapat ditemukan *float/slack* yaitu sisa waktu atau waktu mundur aktivitas, sama dengan LS-ES atau LF-EF. *Float/slack* memberikan sejumlah kelonggaran waktu dan elastisitas pada sebuah jaringan kerja. *Slack time* akan selalu muncul pada rangkaian kegiatan yang bukan merupakan jalur kritis, dan tidak akan pernah muncul pada jalur kritis.

Slack time menjadi perhatian manajemen karena *slack time* akan menjadi sumber daya yang bisa digunakan dan sumber penghematan yang mungkin dilakukan oleh manajemen. Ini dipakai pada waktu penggunaan *network* dalam praktek, atau digunakan pada waktu mengerjakan penentuan jumlah material, peralatan, dan tenaga kerja.

Dalam mempermudah penggunaan dan penerapannya, *Slack* terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. *Total float/slack* (TF)

Jumlah waktu di mana waktu penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari penyelesaian proyek secara keseluruhan.

$$TF = LF - ES - D \quad (2.3)$$

Keterangan :

TF = Total Float

LF = Latest Finish

ES = Early Start

D = Durasi

2. *Free float/slack* (FF)

Jumlah waktu di mana penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari dimulainya aktivitas yang lain atau saat paling cepat terjadinya *event* lain pada *network*.

$$FF = EF - ES - D \quad (2.4)$$

Keterangan :

FF = Free Float

ES = Early Start

EF = Early Finish

D = Durasi

2.3.2 Jaringan kerja

Jaringan kerja adalah sebuah jaringan yang berisikan rangkaian-rangkaian kegiatan untuk menyelesaikan proyek sesuai dengan urutan serta ketergantungan kegiatan antar proyek. Menurut Soeharto (1999) sebelum membentuk sebuah jaringan kerja, terlebih dahulu harus di tentukan langkah-langkah dalam menyusun jaringan kerja CPM. Langkah-langkah nya yaitu :

- a) Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan, memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan atau kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek.
- b) Menyusun kembali komponen-komponen pada butir 1, menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai logika ketergantungan.

c) Memberikan perkiraan kurun waktu bagi masing-masing kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek.

d) Mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*) dan *float* pada jaringan kerja.

Menurut Hayun (2005) simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu jaringan adalah sebagai berikut:

a) \rightarrow (anak panah/busur), menyatakan sebuah aktifitas yang dibutuhkan oleh proyek. Aktifitas ini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan duration (jangka waktu tertentu). Tidak ada skala waktu, anak panah hanya menunjukkan awal dan akhir suatu aktifitas.

b) \bigcirc (lingkaran kecil/simpul/*node*) menyatakan suatu kejadian atau peristiwa.

c) $--->$ (anak panah terputus-putus) menyatakan aktifitas semu (*dummy activity*). Dummy ini tidak mempunyai durasi waktu, karena tidak menghabiskan *resource* (hanya membatasi mulainya aktifitas). Bedanya dengan aktifitas biasa adalah aktifitas *dummy* tidak memakan waktu dan sumber daya, jadi waktu aktifitas dan biaya sama dengan nol.

d) \longrightarrow (anak panah tebal) menyatakan aktifitas pada lintasan kritis.

Simbol-simbol tersebut digunakan dengan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut (Hayun, 2005):

a) Di antara dua kejadian (*event*) yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah

b) Nama suatu aktivitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor kejadian.

c) Aktivitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi.

d) Diagram hanya memiliki sebuah saat paling cepat dimulainya kejadian (*initial event*) dan sebuah saat paling cepat diselesaikannya kejadian (*terminal event*)

2.3.3 Durasi Waktu

Durasi proyek adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan proyek (Maharany dan Fajarwati, 2006). Maharany dan Fajarwati (2006) menjelaskan bahwa beban kerja, metode kerja (*construction method*),

kondisi lokasi, dan keterampilan pekerja yang melakukan pekerjaan proyek mempengaruhi lamanya pekerjaan.

Durasi Aktivitas Durasi aktivitas metode jaringan adalah waktu yang diperlukan untuk menjalankan suatu aktivitas dari awal hingga selesai. Periode biasanya dinyatakan dalam jam, hari, atau minggu. Perhitungan durasi metode CPM digunakan untuk memperkirakan waktu penyelesaian suatu kegiatan dengan menggunakan perkiraan durasi tunggal. Cara ini digunakan bila durasinya diketahui secara pasti dan tidak berbeda jauh. Rumus yang digunakan untuk menghitung masa aktif adalah (Soeharto, 1999):

$$D = \frac{V}{Pr.N} \quad (2.5)$$

Keterangan :

D = Durasi

V = Volume

Pr = Produktivitas kerja rata-rata

N = Jumlah tenaga kerja dan peralatan

2.4 PERT (*Project Evaluation and Review Technique*)

PERT (*Project evaluation and review technique*) adalah metode yang bertujuan untuk mengurangi penundaan, gangguan, dan konflik produksi sebanyak mungkin, Koordinasi menyeluruh dan sinkronisasi berbagai bagian, dan Mempercepat penyelesaian proyek.

Apabila CPM menggunakan pendekatan deterministik dengan angka tunggal yang mencerminkan kepastian perkiraan waktu komponen kegiatan proyek, PERT dirancang direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan (Soeharto, 1999, dan Eka Dannyanti, 2010) . Menurut Heizer dan Render (2005), dalam PERT digunakan distribusi peluang berdasarkan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan, antara lain :

- a) Waktu Optimis
- b) Waktu Psimis
- c) Waktu Realistis

Dalam Heizer dan Render (2009), PERT mengatasi masalah variasi waktu aktivitas saat merencanakan proyek. Menurut Handoko (2009), PERT tidak hanya berguna untuk proyek-proyek berskala besar yang memerlukan waktu bertahun-tahun dan ribuan pekerja, namun juga digunakan untuk meningkatkan efisiensi kerja proyek-proyek dengan segala ukuran. PERT fokus pada upaya mendapatkan periode optimal (ke arah yang lebih akurat). PERT menggunakan elemen probabilistik.

Siswanto (2007) menyatakan bahwa PERT menggunakan estimasi waktu distribusi beta untuk menentukan waktu penyelesaian suatu kegiatan sehingga lebih realistis. Menurut Hayan (2005), estimasi durasi tiga kali lipat merupakan dasar penghitungan PERT dan didasarkan pada asumsi dasar bahwa aktivitas tersebut dilakukan berkali-kali, maka *aktualtime* akan membentuk distribusi beta dimana *optimistic* (waktu optimis) dan *pessimistic* (waktu pesimis) merupakan buntut (*tail*), sedangkan *most likely duration* (waktu realistis) adalah mode dari distribusi beta tersebut. Kemudian diasumsikan pendekatan dari durasi rata-rata yang disebut *expected return* (*te*) dengan rumus berikut :

$$te = \frac{a+4m+b}{6} \quad (2.6)$$

Keterangan :

te = *expected duration*

a = waktu optimis

b = waktu psimis

Selanjutnya adalah rumus deviasi standar kegiatan. Untuk mencari deviasi standar maka digunakan rumus :

$$S = \frac{1}{6} (b-a) \quad (2.7)$$

Keterangan :

S = Deviasi standar kegiatan

a = waktu optimis

b = waktu psimis

Selanjutnya terdapat rumus dari variasi kegiatan, rumus variasi kegiatan proyek dinyatakan dalam :

$$V(te) = S^2 = \left\{ \frac{b-a^2}{6} \right\} \quad (2.8)$$

Keterangan :

$V(te)$ = Variasi Kegiatan

S = Deviasi standar

a = waktu optimis

b = waktu psimis

Untuk mengetahui tercapai atau tidaknya probabilistic dalam jadwal target, dapat dilakukan dengan menggunakan penghubungan antara waktu yang diharapkan (te) dengan target T (d) yang dinyatakan dengan rumus :

$$Z = \frac{T(d) - TE}{S} \quad (2.9)$$

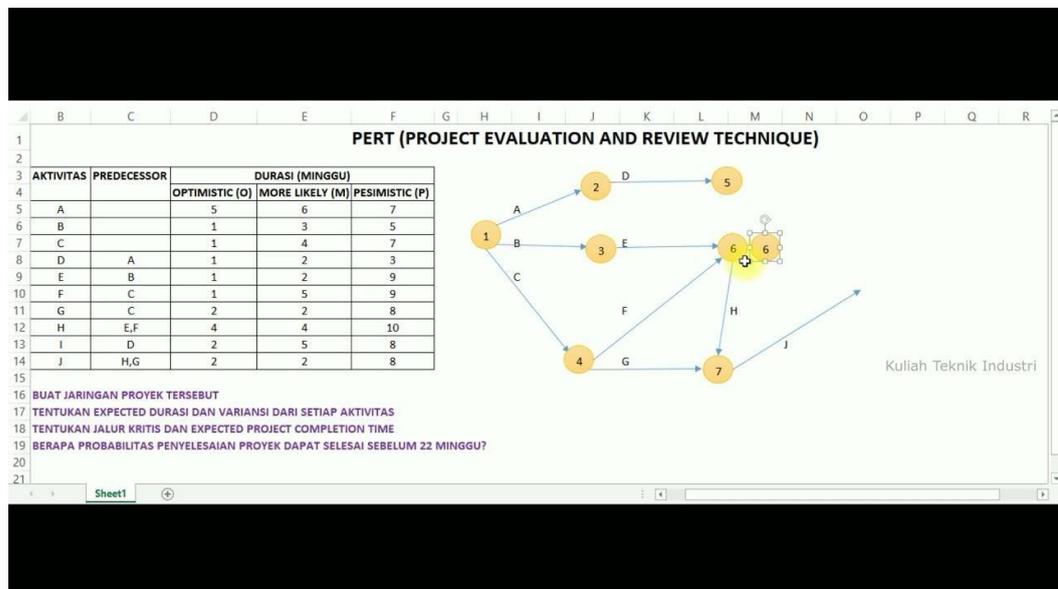
Keterangan :

Z = Angka kemungkinan mencapai target

T(d) = Target jadwal

S = Deviasi standar kegiatan

Angka Z merupakan angka probabilitas yang persentasenya dapat dicari dengan menggunakan tabel distribusi normal kumulatif Z. Pada metode PERT penekanan diarahkan kepada usaha mendapatkan kurun waktu yang paling baik. Pada metode PERT menggunakan unsur probability. Kemudian diasumsikan pendekatan dari durasi rata-rata yang disebut *expected return* (te).



Gambar 2.7: diagram dan tabel PERT

(Sumber : Youtube Kuliah Teknik Industri)

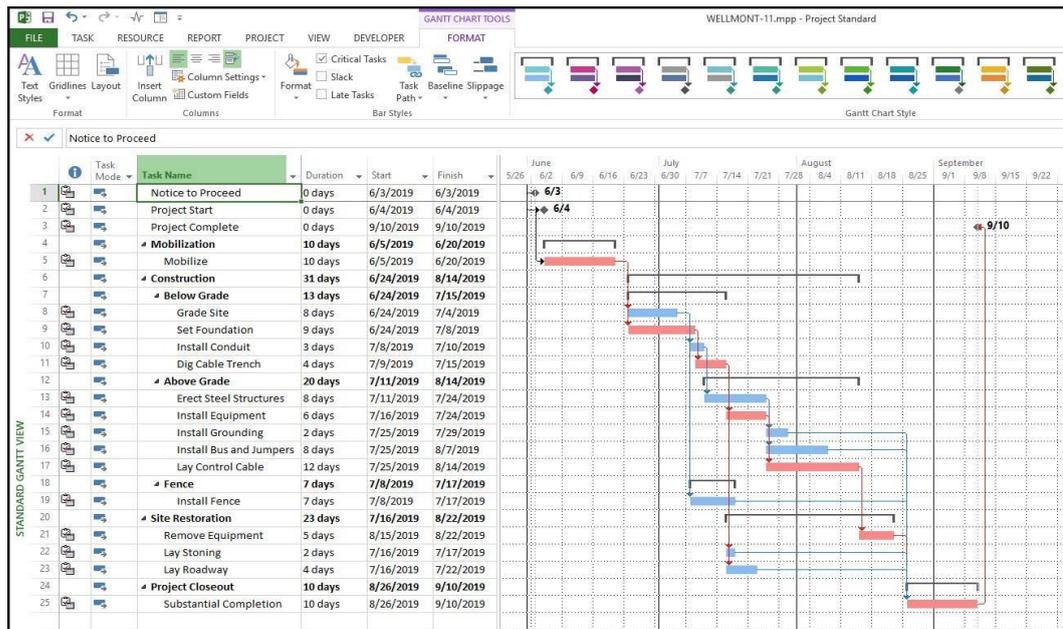
2.5 Perbedaan CPM dan PERT

Pada prinsipnya yang menyangkut perbedaan PERT dan CPM adalah sebagai berikut:

- a) CPM dan PERT pada dasarnya serupa, bedanya CPM adalah teknik deterministik sedangkan PERT bersifat probabilistik.
- b) Pada teknik deterministik (CPM), waktu kegiatan diasumsikan diketahui dengan pasti, sehingga merupakan nilai tunggal, Sedangkan pada PERT waktu kegiatan merupakan *variable* random yang memiliki distribusi probabilistik.
- c) Pada PERT digunakan tiga jenis waktu pengerjaan yaitu yang tercepat, terlama serta terlayak, sedangkan pada CPM hanya memiliki satu jenis informasi waktu pengerjaan yaitu waktu yang paling tepat dan layak untuk menyelesaikan suatu proyek.
- d) PERT digunakan pada perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan, sedangkan CPM digunakan untuk menjadwalkan dan mengendalikan aktivitas yang sudah pernah dikerjakan sehingga data, waktu dan biaya setiap unsur kegiatan telah diketahui oleh *evaluator*.
- e) Pada PERT yang ditekankan tepat waktu, sebab dengan penyingkatan waktu maka biaya proyek turut mengecil, sedangkan pada CPM menekankan tepat biaya.
- f) Dalam PERT anak panah menunjukkan tata urutan (hubungan presidentil), sedangkan pada CPM tanda panah adalah kegiatan

2.6 Kurva S

Kurva “S” menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan aktivitas, waktu, dan tenaga, yang dinyatakan sebagai persentase kumulatif dari seluruh aktivitas proyek. Kurva S adalah representasi grafis dari bobot kemajuan aktivitas (%) kumulatif pada sumbu vertikal atau y dibandingkan dengan waktu pada sumbu horizontal atau sumbu x. Kemajuan kegiatan biasanya diukur dengan jumlah uang yang dikeluarkan untuk proyek tersebut. Dengan membandingkan kurva S yang direncanakan dan kurva implementasi, Anda dapat menentukan apakah kemajuan



Gambar 2.9: Contoh tampilan *Microsoft Project*

(Sumber : Google Scholar)

Adapun manfaat dari *MS Project 2007* adalah :

- Menyimpan detail mengenai proyek di dalam *database*-nya yang meliputi detail tugas-tugas beserta hubungannya satu dengan yang lain, sumber daya yang dipakai, biaya, jalur kritis, dan lain-lain.
- Menggunakan informasi tersebut untuk menghitung dan memelihara jadwal, biaya dan elemen-elemen lain termasuk juga menciptakan suatu rencana proyek.
- Melakukan pelacakan selama proyek berjalan untuk menentukan apakah proyek akan dapat diselesaikan tepat waktu dan sesuai anggaran yang direncanakan atau tidak

2.8 Preservasi Konstruksi

Preservasi adalah kegiatan penanganan , berupa pencegahan, perawatan dan perbaikan yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi bangunan/infrastruktur agar tetap berfungsi secara optimal melayani lalu lintas sehingga umur rencana yang ditetapkan dapat tercapai. Preservasi harus dilakukan secara periodik agar kualitas jalan terjaga dan berfungsi dengan baik saat dilalui para pengguna.

2.9 Penelitian Terdahulu

Implementasi CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) telah digunakan oleh beberapa peneliti terdahulu. Hal ini dicantumkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.1: Penelitian Terdahulu

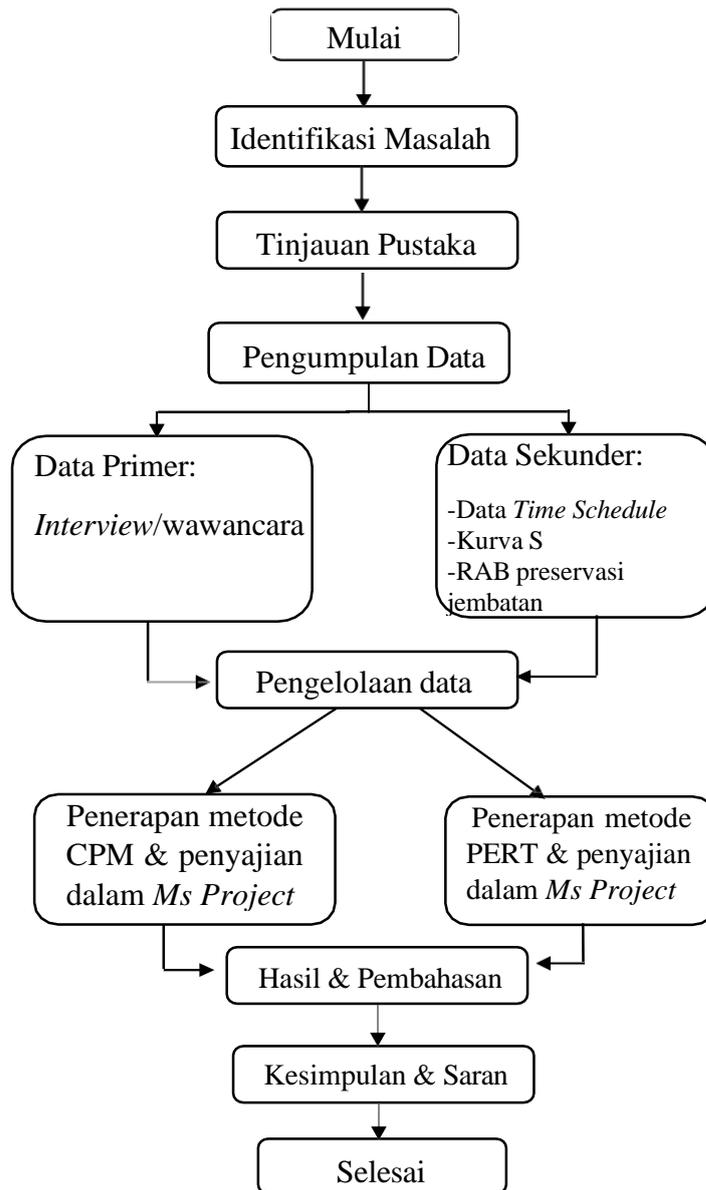
No.	Nama	Judul	Kesimpulan
1.	Ayu Wulandari (2021) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Evaluasi Optimalisasi <i>Time Schedule</i> Pada Proyek Pembangunan Jalan Transmigrasi Teget Menggunakan Metode Cpm Dan Pert Kabupaten Bener Meriah	Percepatan pekerjaan proyek dari 154 hari dengan biaya Rp1.510,242,206 menjadi 117 hari dengan biaya Rp.1.393,494,708
2.	Lisa Handayani Sihotang (2021) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Evaluasi Pengendalian Waktu dan Biaya Pada Proyek Peningkatan Ruas Jalan Nasreuhe-Lewak-Sibigo Kab. Simeuluc Dengan Metode CPM dan PERT	Pada pekerjaan normal memiliki durasi waktu 140 hari dengan biaya Rp. 11.016.753.703,80. Setelah pengendalian di dapat hasil CPM waktu pekerjaan 140 hari dengan biaya Rp. 8.758.923.806 dan PERT dengan waktu pekerjaan 142 hari dan biaya Rp. 8.635.558.682
3.	Anang Kheiska Assofni (2023)	Evaluasi Optimalisasi <i>Time Schedule</i> Pada Pembangunan Jalan Baru Menggunakan Metode CPM dan PERT Jalan Kapten Sumarsono Medan	Percepatan pekerjaan proyek dari 61 Minggu dengan biaya Rp. 23.491.297.029,9 menjadi 52 Minggu dengan biaya Rp.20.766.543.509,9

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir

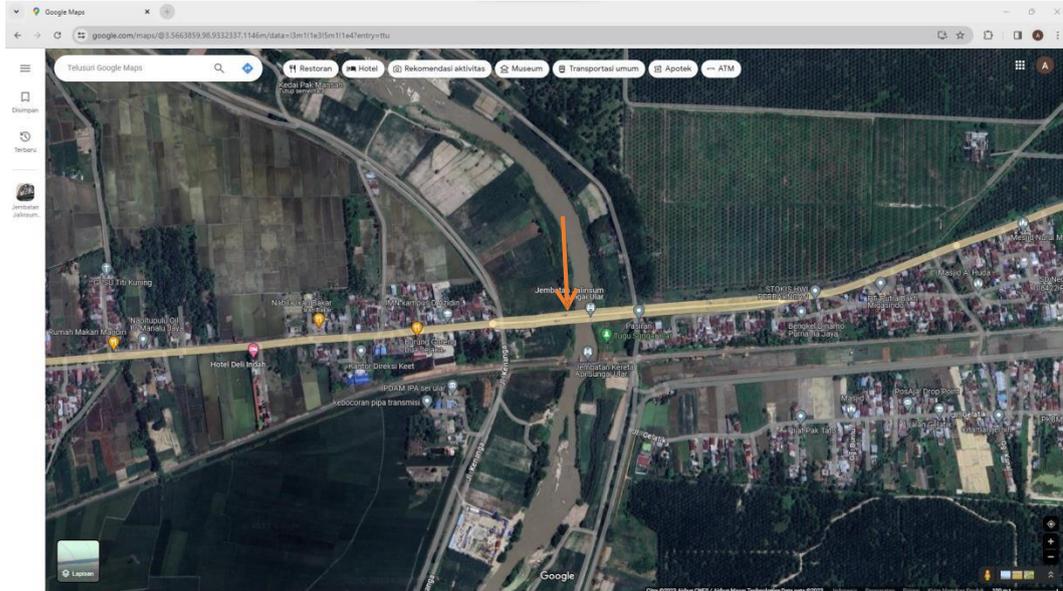
Penelitian yang dilakukan dapat digambarkan melalui bagan alir berikut ini :



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di jalan lintas sumatera, tepatnya pada jalan Medan – Tebingtinggi penghubung Kabupaten Serdang Bedagai dengan Kabupaten Deli Serdang, lebih jelas secara skematis dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2: Lokasi Penelitian

(Sumber : Google maps)

3.3 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini masalah yang teridentifikasi adalah bagaimana bentuk jaringan kerja proyek preservasi jembatan sei ular a Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang, berapa durasi optimal proyek preservasi jembatan sei ular a Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang, dan berapa total biaya proyek preservasi jembatan sei ular a Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang. Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Kajian Literatur Studi pustaka yaitu pengumpulan data yang dilakukan dengan cara membaca buku-buku literatur, jurnal-jurnal, internet, majalah, dan penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini.

2. Perumusan Masalah Setelah mengetahui masalah apa saja yang terdapat di tempat penelitian, maka peneliti mendapat serta merumuskan beberapa masalah yang ingin diketahui.
3. Batasan Masalah Setelah melakukan identifikasi masalah, dan perumusan masalah, maka peneliti membuat batasan penelitian yang digunakan untuk membatasi penelitian ini. Pengambilan Data dilakukan dengan meminta langsung dokumen pada CV. Raja Sarana Perkasa.

Berdasarkan permasalahan yang disampaikan, berhasil tidaknya pelaksanaan proyek sering kali disebabkan oleh kurangnya perencanaan kegiatan dan pengelolaan yang tidak efektif, sehingga pelaksanaan tidak efisien sehingga mengakibatkan keterlambatan, kualitas pekerjaan yang buruk, dan proyek yang berdampak pada meningkatnya biaya pelaksanaan.

Dengan menggunakan metode CPM dan PERT, perusahaan dapat menggunakan waktu pada setiap aktivitas atau kegiatan seefisien mungkin dalam kaitannya dengan waktu dan biaya produksi serta meminimalkan biaya sesuai rencana awal.

3.4 Variabel Penelitian

Secara umum variabel dibagi menjadi dua, yaitu variabel independen dan variabel dependen. Variabel independen merupakan tipe variabel yang mendefinisikan atau mempengaruhi variabel lain, sedangkan variabel dependen adalah variabel yang didefinisikan atau dipengaruhi oleh variabel independen. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel waktu optimal proyek sebagai variabel dependen, sedangkan variabel independennya, yaitu durasi proyek, hubungan ketergantungan antar kegiatan proyek, serta rencana anggaran biaya.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini ialah waktu kegiatan proyek, jadwal pelaksanaan proyek, serta biaya anggaran proyek. Jadi dalam penelitian ini akan menggunakan data primer dan sekunder.

- a) Data primer adalah data yang diperoleh peneliti dari tangan pertama atau sumber utama dari fenomena yang sedang dikaji atau pihak yang berhubungan dengan masalah yang diteliti, seperti informasi yang didapat melalui wawancara/*interview* pekerja atau *staff* pihak perusahaan kontraktor. Didapat dari CV. Raja Sarana Perkasa dengan judul “Penerapan Metode CPM Dan PERT Dalam Mengoptimalkan *Time Schedule* Pada Proyek Preservasi Jembatan Sei Ular A Perbaungan-Kabupaten Deli Serdang”.
- b) Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh peneliti dari studi literatur seperti rancangan biaya proyek dari dokumen buku proyek yang didapat dari CV. Raja Sarana Perkasa yang juga berisikan kurva s, RAB, dan waktu pelaksanaan proyek.

Dokumen kontrak yang di gunakan untuk menerapkan metode CPM dan PERT dalam penelitian ini ialah:

- Instansi : Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Prov. Sumatera Utara
- Nama Paket : Preservasi Jembatan Jln. Sisingamangaraja (Medan) - Jln. Ahmad Yani (Tebing Tinggi) - Jln. Imam Bonjol (Tebing Tinggi) - Jln. Soekarno-Hatta (Tebing Tinggi) - Bts. Kab. Batu Bara
- Nilai Pekerjaan : Rp. 1.659.405.000,- (Satu Milyar Enam Ratus Lima Puluh Sembilan Juta Empat Ratus Lima Ribu Rupiah) termasuk PPN 11%
- Jangka Waktu Pelaksanaan : 120 (Seratus Dua Puluh) hari kalender
- Sumber Dana : Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN)
- Tahun Anggaran : 2023
- Mulai Tanggal : 11 April 2023
- Selesai Tanggal : 8 Agustus 2023

3.6 Jenis Studi

Jenis studi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Data Kualitatif, merupakan data yang hanya dapat diukur secara tidak langsung, data tidak dinyatakan dalam bentuk angka, tetapi diuraikan dengan cara memberikan pengertian, penerangan, dan menafsirkan data yang diperoleh (Hadi, 1994). Hubungan ketergantungan sangat diperlukan karena dengan diketahuinya hubungan ketergantungan ini maka kegiatan yang harus didahulukan dapat dikerjakan dan dapat dijadikan dasar untuk melakukan kegiatan selanjutnya dan dapat dilihat pula bahwa suatu kegiatan belum dapat dimulai apabila kegiatan sebelumnya belum selesai dikerjakan.
- b) Data Kuantitatif, yaitu data dengan menggunakan pengukuran-pengukuran dan pembuktian-pembuktian, khususnya pengujian hipotesis yang dirumuskan sebelumnya dengan menggunakan metode statistika untuk mengukur dan membuktikan penelitian (Sugiyono, 1999). Dalam penelitian ini data yang diperlukan adalah data mengenai waktu kegiatan, jadwal pelaksanaan proyek, biaya proyek, data perkiraan kebutuhan tenaga kerja proyek, dan data lain yang berhubungan dengan permasalahan penelitian.

3.7 Metode Analisa Data

Analisa hasil/analisa data merupakan bagian dari pembahasan yang berisikan rangkuman hasil dari pengolahan data. Pada analisa data, dilakukan pembahasan yang berisikan penerapan metode yang dilakukan apakah efektif dan efisien untuk digunakan dalam proyek preservasi jembatan sei ular a Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang.

Estimasi waktu dalam tahapan tugas akhir Penerapan Metode CPM Dan PERT Dalam Mengoptimalkan *Time Schedule* Pada Proyek Preservasi Jembatan Sei Ular A Perbaungan-Kabupaten Deli Serdang, menggunakan metode CPM dan PERT dan penyelesaian proyek dapat dilakukan dengan cara :

- 1) pengambilan dokumen dengan metode observasi yang dilakukan selama 7(Tujuh) hari di Jalan lintas Medan-Tebingtinggi.

2) Proses pengolahan data menggunakan teknik penjadwalan dengan metode CPM dan PERT Pengolahan data akan dilakukan dengan sebagai berikut:

- Menentukan durasi proyek.
- Menentukan aktivitas yang didahului dan yang didahului.
- Membuat diagram *network* .
- Menentukan jalur kritis.
- Menentukan waktu dan biaya proyek.

3) Pengumpulan data yang berhubungan dengan biaya dan data aktivitas proyek sebagai berikut:

- Data Biaya, Data biaya ini terdiri dari biaya bahan material dan biaya tenaga kerja biaya upah perhari, biaya harga sewa alat berat. Dan data ini diperoleh dari document perusahaan. CV. Raja Sarana Perkasa
- Data Aktivitas, Data aktivitas merupakan data yang diperlukan untuk proyek preservasi jembatan Sei ular a Perbaungan – Kabupaten Deli Serdang Untuk menentukan aktivitas yang akan timbul maka akan digunakan metode abjad (ABC) sedangkan untuk menyusun aktivitas berdasarkan levelnya akan menggunakan *software Microsoft Project*.

Bagian akhir dari metodologi penelitian ini adalah kesimpulan dan saran. Dimana kesimpulan akan memberikan gambaran secara menyeluruh dari hasil analisis pembahasan masalah yang sedang di teliti dengan jelas, singkat dan sistematis. Sedangkan saran akan berisikan usulan atau pendapat yang berkaitan dengan pemecahan masalah terhadap metode apa yang sebaiknya digunakan dalam proyek yang diteliti.

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Informasi Proyek

Preservasi yang dilakukan tepatnya pada jembatan Sei Ular yang memiliki panjang 160 meter, lebar 6,1 meter serta memiliki 3 bentang yang menghubungkan ruas batas Kab Deli Serdang – Perbaungan. Preservasi ini dilakukan oleh CV. Raja Sarana Perkasa selaku kontraktor pelaksana. Mudahnya akses untuk menjangkau wilayah dari batas Kab. Deli Serdang – Perbaungan merupakan hal yang menjadi pertimbangan dalam preservasi jembatan ini.

4.2 Data Pelaksanaan Proyek dan RAB

Pengumpulan data dalam pelaksanaan penelitian ini sangatlah penting guna untuk keberhasilan pengerjaan penelitian. Data pelaksanaan proyek meliputi data Rencana Anggaran Biaya pekerjaan berupa uraian pekerjaan, satuan, kuantitas, harga satuan, jumlah harga bobot pada proyek preservasi jembatan Sei Ular.

Tabel 4.1: RAB proyek preservasi jembatan sei ular

Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
Divisi 3. Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	Rp. 26.006.647,40
Divisi 6. Perkerasan Aspal	Rp. 228.999.156,22
Divisi 7. Struktur	Rp. 125.798.255,76
Divisi 8. Rehabilitasi Jembatan	Rp. 1.007.980.114,72
Divisi 9. Pekerjaan Harian & Pekerjaan Lain-lain	Rp. 11.981.467,74
Divisi 10. Pekerjaan Pemeliharaan	Rp. 24.193.603,82
A. Jumlah Harga Pekerjaan	Rp. 1.494.959.245,66
B. PPN = 11 % X A	Rp. 164.445.517,02
Total Harga + PPN = A + B	Rp. 1.659.404.762,68

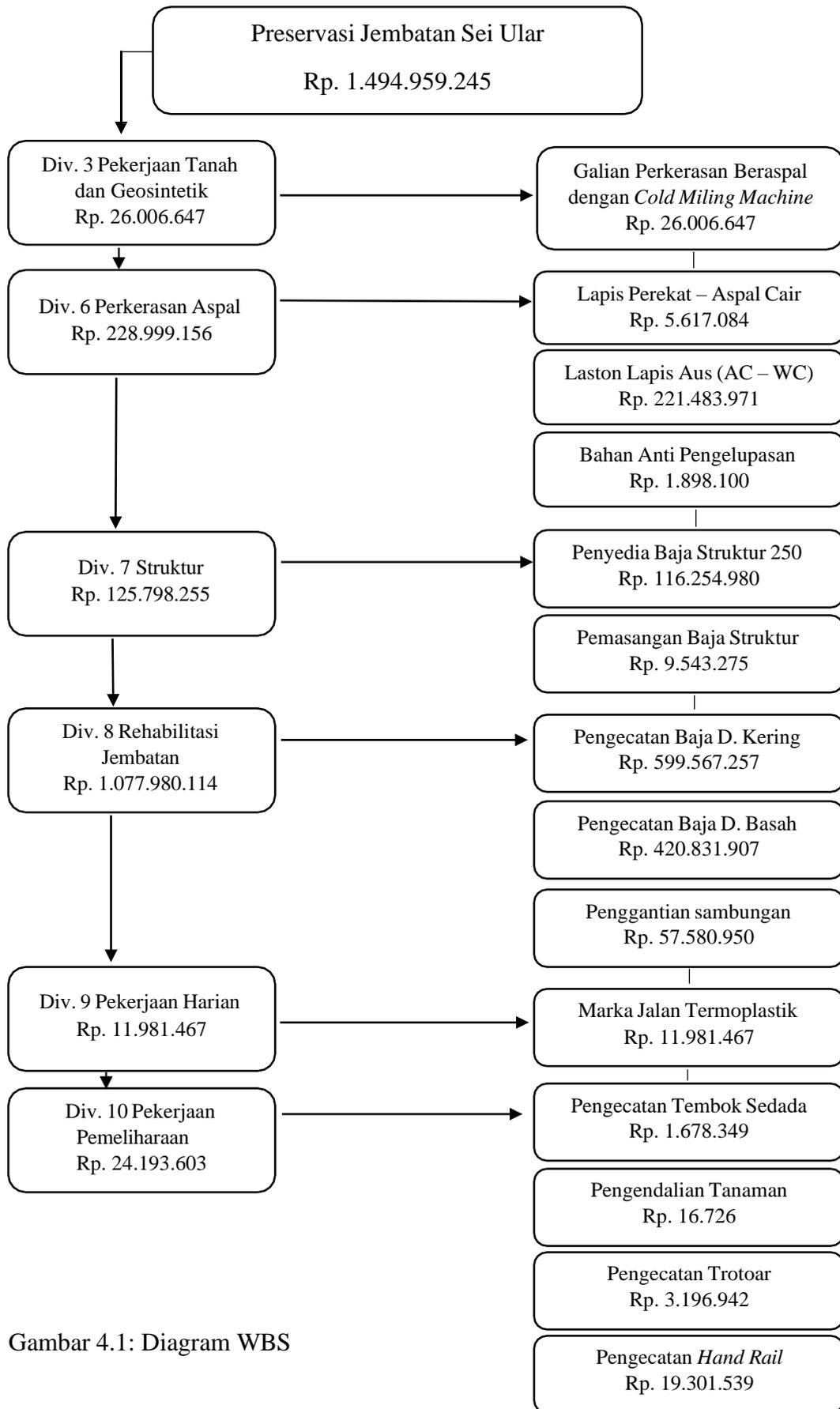
4.3 Work Break Down Structure (WBS)

Metode pengorganisasian proyek agar menjadi pelaporan yang hierarkis merupakan pengertian dari struktur pekerjaan terperinci (WBS). WBS digunakan untuk memecahkan atau melakukan *breakdown* dari tiap-tiap proses pekerjaan menjadi lebih terperinci. WBS disusun dengan dasar pembelajaran semua dokumen proyek menjadi bagian-bagian dengan mengikuti pola struktur dan hirarki tertentu agar menjadi item-item pekerjaan yang detail dan terperinci. Berikut tabel 4.2 serta pembagian WBS pada pekerjaan yang telah di *breakdown* di bawah ini :

Tabel 4.2: *Work Breakdown Structure*

No	Task
1	Galian Perkerasan Beraspal Dengan <i>Cold Mining Machine</i>
2	Lapis Perekat – Aspal Cair / Emulsi
3	Laston Lapis Aus (AC – WC)
4	Bahan Anti Pengelupasan
5	Penyedia Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 Mpa)
6	Pemasangan Baja Struktur
7	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron
8	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron
9	Penggantian Dan Perbaikan Sambungan Siar Muai Tipe <i>Asphaltic Plug</i>
10	Marka Jalan Termoplastik
11	Pengecatan Tembok Sedada
12	Pengendalian Tanaman Di Area Sekitar Jembatan
13	Pengecatan Trotoar Jembatan
14	Pengecatan <i>Hand Rail</i>

WBS merupakan suatu daftar yang bersifat *top – down* yang menerangkan komponen-komponen yang harus dibangun dan pekerjaan yang berkaitan dengannya. Manfaat Penggunaan WBS adalah meminimalisir pelebaran lingkup proyek, mengurangi pekerjaan berulang (*rework*). Agar lebih jelasnya dibawah ini adalah contoh gambar WBS dengan diagram:



Gambar 4.1: Diagram WBS

4.4 Durasi Aktivitas

Dalam WBS, durasi aktivitas merupakan elemen pekerjaan yang biasanya ditemukan dengan membutuhkan durasi, biaya dan sumber daya. Aktivitas juga mencakup pengembangan WBS yang lebih rinci dan penjelasan yang mendukung pengertian tentang bagaimana pekerjaan akan dilakukan, sehingga dapat dibuat estimasi biaya dan durasi pekerjaan yang realistis. Berdasarkan *schedule* tersebut CV. Raja Sarana Perkasa menargetkan bahwa Pekerjaan Preservasi Jembatan Sei Ular A Perbaungan – Kab. Deli Serdang diselesaikan tidak lebih dari 120 hari sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Untuk memudahkan dalam menggambarkan *network diagram*, maka setiap aktivitas dapat diurutkan berdasarkan waktu penyelesaian kegiatan. Data durasi dari setiap aktivitas dapat ditampilkan pada table 4.3 berikut dibawah ini:

Tabel 4.3: Durasi Setiap Kegiatan

No	Task Name	Activity	Duration
1	Galian Perkerasan Beraspal Dengan <i>Cold Mining Machine</i>	A	14
2	Lapis Perekat – Aspal Cair / Emulsi	B	28
3	Laston Lapis Aus (AC – WC)	C	28
4	Bahan Anti Pengelupasan	D	28
5	Penyedia Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 Mpa)	E	28
6	Pemasangan Baja Struktur	F	14
7	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron	G	77
8	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron	H	77
9	Penggantian Dan Perbaikan Sambungan Siar Muai Tipe <i>Asphaltic Plug</i>	I	28
10	Marka Jalan Termoplastik	J	28
11	Pengecatan Tembok Sedada	K	14
12	Pengendalian Tanaman Di Area Sekitar Jembatan	L	7
13	Pengecatan Trotoar Jembatan	M	14
14	Pengecatan <i>Hand Rail</i>	N	14

4.5 Data Biaya Aktivitas

Data biaya aktivitas merupakan total biaya material dalam pengerjaan preservasi jembatan Sei Ular Rp. 1.659.405.000,00 dengan rincian pada tabel 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.4: Anggaran Biaya Setiap Pekerjaan

No	Task Name	Aktivitas	Duration	Anggaran Biaya
1	Galian Perkerasan Beraspal Dengan Cold Mining Machine	A	14	Rp. 26.006.647
2	Lapis Perekat – Aspal Cair / Emulsi	B	28	Rp. 5.617.084
3	Laston Lapis Aus (AC – WC)	C	28	Rp. 221.483.971
4	Bahan Anti Pengelupasan	D	28	Rp. 1.898.100
5	Penyedia Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 Mpa)	E	28	Rp. 116.254.980
6	Pemasangan Baja Struktur	F	14	Rp. 9.543.275
7	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron	G	77	Rp. 599.567.257
8	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron	H	77	Rp. 420.831.907
9	Penggantian Dan Perbaikan Sambungan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug	I	28	Rp. 57.580.950
10	Marka Jalan Termoplastik	J	28	Rp. 11.981.467
11	Pengecatan Tembok Sedada	K	14	Rp. 1.678.349
12	Pengendalian Tanaman Di Area Sekitar Jembatan	L	7	Rp. 16.726
13	Pengecatan Trotoar Jembatan	M	14	Rp. 3.196.942
14	Pengecatan Hand Rail	N	14	Rp. 19.301.539
Total				Rp. 1.494.959.245

4.6 Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh akan digunakan untuk membuat jaringan kerja yang akan menggambarkan rangkaian kegiatan konstruksi mulai dari persiapan hingga berlangsungnya kegiatan. Pembuatan jaringan kerja ini menggunakan metode CPM dan PERT untuk mengetahui jaringan kritis dari masing-masing metode yang digunakan.

4.7 Critical Path Method

Dalam suatu pekerjaan konstruksi, terdapat kegiatan – kegiatan yang tidak memiliki kelonggaran waktu (*float*) dan penundaan pada salah satu kegiatan ini akan menyebabkan penundaan dan keterlambatan keseluruhan proyek. Kegiatan – kegiatan inilah yang disebut dengan jalur kritis. Jalur kritis merupakan kegiatan-kegiatan dengan durasi total terpanjang serta memiliki *zero float* yang dapat menentukan durasi total proyek. Langkah – langkah pembuatan jalur kritis dengan metode CPM adalah :

1. Pembuatan jadwal kegiatan dengan *Microsoft Project* dapat dilihat pada tabel 4.5 dan jadwal kegiatan manual pada tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.5: Kegiatan Dengan *Microsoft Project*

<i>Symbol</i>	<i>Task Name</i>	<i>Duration</i>	<i>Start</i>	<i>Finish</i>	<i>Predecessors</i>
X	Preservasi Jembatan Sei Ular	112 days	Tue 11/04/23	Mon 07/08/23	
1	Div. 3 Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	14 days	Tue 16/05/23	Mon 29/05/23	
2	Galian Perkerasan Beraspal dengan <i>Cold Miling Machine</i>	14 days	Tue 16/05/23	Mon 29/05/23	8
3	Div. 6 Perkerasan Aspal	28 days	Tue 30/05/23	Mon 26/06/23	
4	Lapis Perekat – Aspal Cair	28 days	Tue 30/05/23	Mon 26/06/23	2
5	Laston Lapis Aus (AC – WC)	28 days	Tue 30/05/23	Mon 26/06/23	4SS
6	Bahan Anti Pengelupasan	28 days	Tue 30/05/23	Mon 26/06/23	5SS
7	Div. 7 Struktur	28 days	Tue 11/04/23	Mon 15/05/23	
8	Penyedia Baja Struktur 250	28 days	Tue 11/04/23	Mon 15/05/23	
9	Pemasangan Baja Struktur	14 days	Tue 02/05/23	Mon 15/05/23	8

Lanjutan Tabel 4.5

10	Div. 8 Rehabilitasi Jembatan	77 days	Fri 12/05/ 23	Fri 28/07/ 23	
11	Pengecatan Baja D. Kering	77 days	Fri 12/05/ 23	Fri 28/07/ 23	9SS+75%
12	Pengecatan Baja D. Basah	77 days	Fri 12/05/ 23	Fri 28/07/ 23	9SS+75%
13	Penggantian sambungan	28 days	Tue 20/06/ 23	Mon 17/07/ 23	11SS+50%
14	Div. 9 Pekerjaan Harian	28 days	Tue 27/06/ 23	Mon 24/07/ 23	
15	Marka Jalan Termoplastik	28 days	Tue 27/06/ 23	Mon 24/07/ 23	6
16	Div. 10 Pekerjaan Pemeliharaan	28 days	Tue 11/07/ 23	Mon 07/08/ 23	
17	Pengecatan Tembok Sedada	14 days	Tue 25/07/ 23	Mon 07/08/ 23	13
18	Pengendalian Tanaman	7 days	Tue 01/08/ 23	Mon 07/08/ 23	19;20
19	Pengecatan Trotoar	14 days	Tue 11/07/ 23	Mon 24/07/ 23	15FF
20	Pengecatan <i>Hand Rail</i>	14 days	Tue 18/07/ 23	Mon 31/07/ 23	17FF

Tabel 4.6: Jadwal Kegiatan Manual

No	<i>Task Name</i>	Aktivitas	<i>Predecessors</i>	<i>Duration</i>
1	Galian Perkerasan Beraspal Dengan Cold <i>Mining Machine</i>	A	E	14
2	Lapis Perekat – Aspal Cair / Emulsi	B	A	28
3	Laston Lapis Aus (AC – WC)	C	B	28
4	Bahan Anti Pengelupasan	D	C	28
5	Penyedia Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 Mpa)	E	-	28
6	Pemasangan Baja Struktur	F	E	14

Lanjutan Tabel 4.6

7	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron	G	F	77
8	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron	H	F	77
9	Penggantian Dan Perbaikan Sambungan Siar Muai Tipe <i>Asphaltic Plug</i>	I	G	28
10	Marka Jalan Termoplastik	J	D	28
11	Pengecatan Tembok Sedada	K	I	14
12	Pengendalian Tanaman Di Area Sekitar Jembatan	L	M,N	7
13	Pengecatan Trotoar Jembatan	M	J	14
14	Pengecatan <i>Hand Rail</i>	N	K	14

Dengan perencanaan yang baik diharapkan waktu penyelesaian suatu proyek dapat sesuai dengan target waktu yang diharapkan. Selain itu dengan adanya perencanaan yang baik diharapkan proyek dikerjakan dengan biaya yang efisien dan kualitas yang sesuai dengan yang diharapkan.

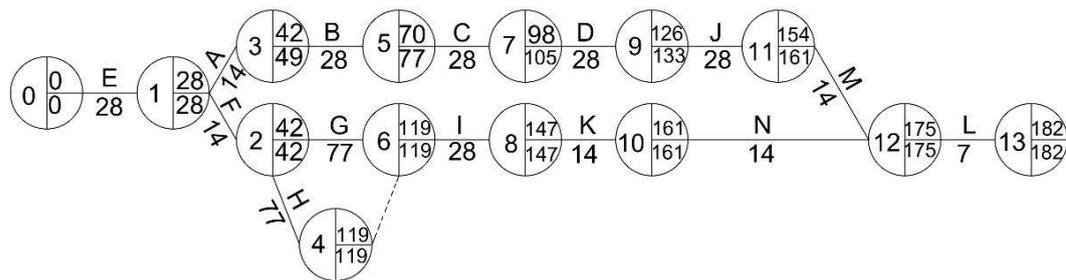
2. Pembuatan Diagram *Network Planning* Dari jadwal kegiatan tersebut kemudian dibuat diagram *network planning*. Pengisian nilai diagram tersebut dilakukan Perhitungan maju, yaitu :

- a. Saat paling awal untuk terjadinya kegiatan (*event*) yang pertama dari jaringan kerja disamakan dengan nol ($SA = 0$),
- b. Tiap-tiap aktivitas mulai paling awalnya (MA) disamakan dengan saat paling awal terjadinya ($MA = SA$),
- c. Jadi, $BA = MA + d = SA + d$
- d. Untuk *merge event*, saat mulai paling awal terjadinya disamakan dengan harga terbesar dari saat berakhir paling awal dari aktivitas aktivitas sebelumnya Perhitungan mundur Sesudah langkah cara perhitungan maju selesai dilakukan sampai *event* yang terakhir, maka untuk pengecekan

perlu dilakukan perhitungan mundur dimana perlu diperhatikan pokok-pokok pedoman utama sebagai berikut:

- Saat paling lambat yang diijinkan pada *event* terakhir dari jaringan kerja disamakan dengan saat paling awal untuk *event* tersebut yang didapat dari cara perhitungan maju ($S = SA$).
- Saat mulai paling lambat yang diijinkan untuk suatu aktivitas adalah (ML) sama dengan saat berakhir paling lambat (SL) yang diijinkan untuk kejadian berikutnya dikurangi waktu pelaksanaan aktivitas tersebut (d). $BA = MA + d = SA + d$

Untuk *Burst event*, saat paling lambat yang diijinkan untuk terjadinya suatu *event* sama dengan harga terkecil dari saat mulai paling lambat yang diijinkan untuk aktivitas aktivitas sesudahnya. Berikut *network planning* yang didapat dari penerapan metode CPM dalam mencari jalur kritis :



Gambar 4.2: *Network Diagram CPM*

Maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur, perhitungan maju dilakukan untuk mengetahui *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF) sedangkan perhitungan mundur akan mengetahui *Lates Start* (LS) dan *Lates Finish* (LF). Waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan. $EF=ES + D$ (durasi) atau $EF (k-1) = ES (k-1) + D$ (durasi).

Tabel. 4.7: Hasil Perhitungan ES-EF, LS-LF

No	Aktivitas	Predecessors	Duration	ES	EF	LS	LF
				A	B	C	E
1	A	E	14	28	42	28	49
2	B	A	28	42	70	49	77
3	C	B	28	70	98	77	105
4	D	C	28	98	126	105	133
5	E	-	28	0	28	0	28
6	F	E	14	28	42	28	42
7	G	F	77	42	119	42	119
8	H	F	77	42	119	42	119
9	I	G	28	119	147	119	147
10	J	D	28	126	154	133	161
11	K	I	14	147	161	147	161
12	L	M,N	7	175	183	175	183
13	M	J	14	154	175	161	175
14	N	K	14	161	175	161	175

Keterangan :

ES : *Earliest Start* (waktu paling awal tercepat)

EF : *Earliest Finish* (waktu paling awal pekerjaan dapat diselesaikan)

LS : *Lates Start* (waktu paling lambat kegiatan)

LF : *Lates Finish* (waktu paling lambat untuk menyelesaikan pekerjaan)

Setelah diketahui nilai ES-EF dan LS-LF pada masing-masing kegiatan, maka selanjutnya akan mencari *Free Float* (FF) dan *Total Float* (TF) juga *Independent Float* (IF) untuk mengetahui kegiatan kritis.

Tabel 4.8: Hasil Perhitungan *Float*

No	Aktivitas	Predecessor <i>s</i>	Duration	Early		Latest		Float	
				ES	EF	LS	LF	FF	TF
				A	B	C	E	B-A-D	E-A-D
1	A	E	14	28	42	28	49	0	7
2	B	A	28	42	70	49	77	0	7
3	C	B	28	70	98	77	105	0	7
4	D	C	28	98	126	105	133	0	7
5	E	-	28	0	28	0	28	0	0
6	F	E	14	28	42	28	42	0	0
7	G	F	77	42	119	42	119	0	0
8	H	F	77	42	119	42	119	0	0
9	I	G	28	119	147	119	147	0	0
10	J	D	28	126	154	133	161	0	7
11	K	I	14	147	161	147	161	0	0
12	L	M,N	7	175	183	175	183	0	0
13	M	J	14	154	175	161	175	7	7
14	N	K	14	161	175	161	175	0	0

Dalam CPM terdapat jenis *Float* yang dapat digunakan untuk menganalisis pelaksanaan proyek yang sedang berjalan ataupun dalam hal perencanaan pemanfaatan sumber daya proyek pada terlihat Tabel

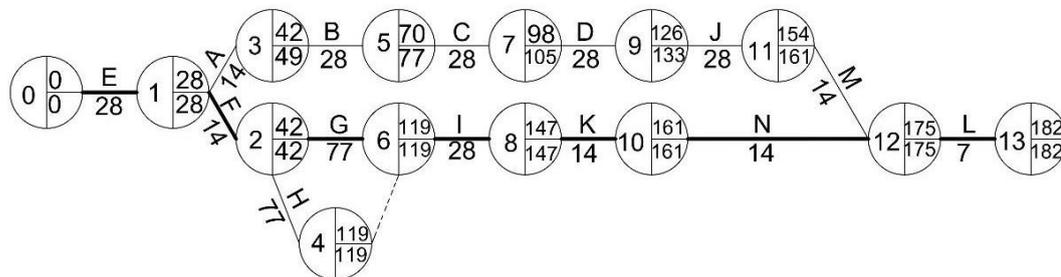
Tabel 4.9: Hasil Perhitungan *Float* Kritis dan Tidak Kritis

No	Aktivitas	Predecessors	Duration	Early		Latest		Float		Keterangan
				ES	EF	LS	LF	FF	TF	
				A	B	C	E	B-A-D	E-A-D	
1	A	E	14	28	42	28	49	0	7	TK
2	B	A	28	42	70	49	77	0	7	TK
3	C	B	28	70	98	77	105	0	7	TK
4	D	C	28	98	126	105	133	0	7	TK
5	E	-	28	0	28	0	28	0	0	K
6	F	E	14	28	42	28	42	0	0	K
7	G	F	77	42	119	42	119	0	0	K
8	H	F	77	42	119	42	119	0	0	K

Lanjutan Tabel 4.9

9	I	G	28	119	147	119	147	0	0	K
10	J	D	28	126	154	133	161	0	7	TK
11	K	I	14	147	161	147	161	0	0	K
12	L	M,N	7	175	183	175	183	0	0	K
13	M	J	14	154	175	161	175	7	7	TK
14	N	K	14	161	175	161	175	0	0	K

Dari tabel diatas dapat diketahui aktivitas yang termasuk kedalam jalur kritis yaitu pada kegiatan **E, F, G, I, K, L, N** yaitu pekerjaan penyedia baja struktur, pemasangan baja struktur, pengecatan struktur baja pada daerah kering, pengecatan struktur baja pada daerah basah, penggantian dan perbaikan sambungan, pengecatan tembok sedada, pengendalian tanaman di area sekitar jembatan, pengecatan *hand rail*. Kemudian data tersebut akan dipindahkan kedalam diagram *network* yang telah disesuaikan dengan hasil yang telah diperoleh, berikut gambar diagram *network* dengan menggunakan Metode CPM.



Gambar 4.3: Network Diagram CPM Dengan Lintasan Kritis

4.8 Project Evaluation and Review Technique

Metode jaringan untuk penjadwalan proyek yang dikenal dengan sebagai metode PERT ini untuk pertama kali dikembangkan pada tahun 1957 oleh kantor khusus angkatan taut yang bekerja sama dengan Booz, Allen, dan Hamilton. Langkah pertama dalam penyusunan jaringan kerja menggunakan metode PERT ialah menentukan perkiran durasi optimis (a) dan durasi pesimis (b) dari setiap aktivitas berdasarkan durasi yang ada (m). Tahap selanjutnya adalah dengan

menghitung waktu yang diharapkan (T_e), dalam PERT waktu menjadi dasar ukuran mengenai waktu yang diperlukan oleh suatu proyek.

Tabel 4.10: Estimasi Waktu Pada Metode PERT

No	Aktivitas	Predecessors	Optimis (a)	Realistis (m)	Pesimis (b)
1	A	E	12	14	17
2	B	A	26	28	31
3	C	B	26	28	31
4	D	C	26	28	31
5	E	-	26	28	31
6	F	E	12	14	17
7	G	F	75	77	80
8	H	F	75	77	80
9	I	G	26	28	31
10	J	D	26	28	31
11	K	I	12	14	17
12	L	M,N	5	7	10
13	M	J	12	14	15
14	N	K	12	14	15

Setelah membuat estimasi waktu maka dicari nilai T_e (waktu yang diharapkan) dengan menggunakan rumus:

$$te = \frac{a+4m+b}{6} \quad (2.6)$$

Keterangan :

te = *expected duration*

a = waktu optimis

b = waktu psimis

m = waktu paling mungkin

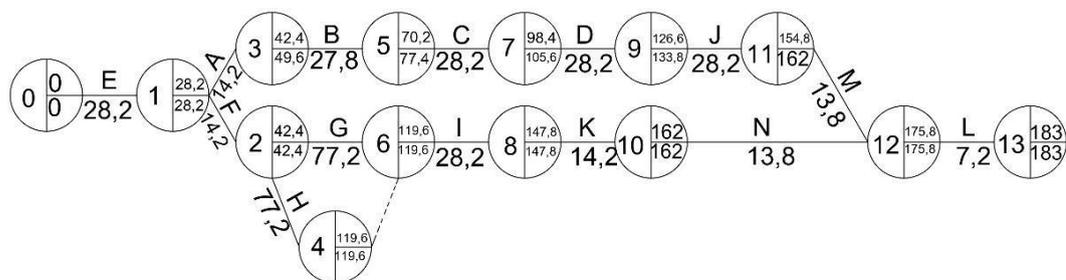
Didapatkan nilai te untuk masing-masing kegiatan dalam bentuk tabel dibawah ini:

Tabel 4.11: Waktu Yang di Harapkan

No	Task Name	Aktivitas	Te(days)
1	Galian Perkerasan Beraspal Dengan Cold Mining Machine	A	14.2
2	Lapis Perekat – Aspal Cair / Emulsi	B	27.8
3	Laston Lapis Aus (AC – WC)	C	28.2
4	Bahan Anti Pengelupasan	D	28.2
5	Penyedia Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 Mpa)	E	28.2
6	Pemasangan Baja Struktur	F	14.2
7	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron	G	77.2
8	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron	H	77.2
9	Penggantian Dan Perbaikan Sambungan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug	I	28.2
10	Marka Jalan Termoplastik	J	28.2
11	Pengecatan Tembok Sedada	K	14.2
12	Pengendalian Tanaman Di Area Sekitar Jembatan	L	7.2
13	Pengecatan Trotoar Jembatan	M	13.8
14	Pengecatan Hand Rail	N	13.8

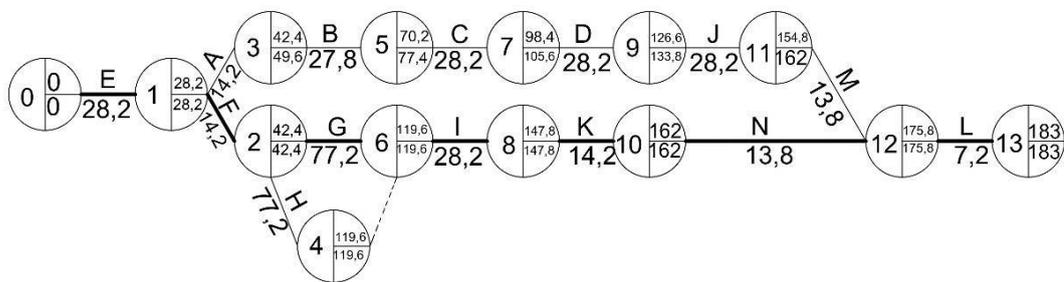
Dengan menggunakan nilai te (durasi waktu yang diharapkan) maka dibuatlah sebuah diagram jaringan kerja proyek. dimana prinsip pembuatan jaringan kerja ini sama seperti dengan metode CPM. Perhitungan waktu penyelesaian menggunakan metode PERT dilakukan dengan hitungan maju dan mundur.

Berdasarkan *network* pada gambar 4.2, kemudian dilakukan hitungan maju dan hitungan mundur pada PERT



Gambar 4.4: Network Diagram PERT

Dari Tabel 4.11 dapat diketahui aktivitas yang termasuk kedalam jalur kritis sama dengan jalur kritis cpm yaitu pada kegiatan **E, F, G, I, K, L, N** yaitu pekerjaan penyedia baja struktur, pemasangan baja struktur, pengecatan struktur baja pada daerah kering, pengecatan struktur baja pada daerah basah, penggantian dan perbaikan sambungan, pengecatan tembok sedada, pengendalian tanaman di area sekitar jembatan, pengecatan *hand rail*. Kemudian data tersebut akan dipindahkan kedalam diagram *network* yang telah disesuaikan dengan hasil yang telah diperoleh, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 dengan menggunakan Metode PERT.



Gambar 4.5: *Network Diagram* PERT Dengan Lintasan Kritis

4.9 Prinsip *Fast Track*

Setelah mendapatkan aktivitas-aktivitas di lintasan kritis, maka selanjutnya dilakukan percepatan waktu dengan menggunakan prinsip *fast track* dengan menggunakan *microsoft project*. Setelah dilakukan percepatan lakukan perbandingan waktu pelaksanaan awal dengan waktu pelaksanaan setelah dilakukan *fast track*.

Tabel 4.12: Percepatan waktu pada lintasan kritis CPM beserta *predecessor*

<i>Task Name</i>	<i>Duration</i>	<i>Start</i>	<i>Finish</i>	<i>Predecessors</i>
SCHEDULE AWAL SEI ULAR	87 days	Mon 24/04/23	Tue 25/07/23	
Div. 3 Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	14 days	Mon 15/05/23	Sun 28/05/23	
Galian Perkerasan Beraspal dengan <i>Cold Miling Machine</i>	14 days	Mon 15/05/23	Sun 28/05/23	
Div. 6 Perkerasan Aspal	28 days	Mon 29/05/23	Sat 01/07/23	
Lapis Perekat – Aspal Cair	28 days	Mon 29/05/23	Sat 01/07/23	2
Laston Lapis Aus (AC – WC)	28 days	Mon 29/05/23	Sat 01/07/23	4SS
Bahan Anti Pengelupasan	28 days	Mon 29/05/23	Sat 01/07/23	5SS
Div. 7 Struktur	35 days	Mon 24/04/23	Sun 28/05/23	
Penyedia Baja Struktur 250	28 days	Mon 24/04/23	Sun 21/05/23	
Pemasangan Baja Struktur	14 days	Mon 15/05/23	Sun 28/05/23	8SS+75%
Div. 8 Rehabilitasi Jembatan	73 days	Mon 08/05/23	Tue 25/07/23	
Pengecatan Baja D. Kering	73 days	Mon 08/05/23	Tue 25/07/23	8SS+50%
Pengecatan Baja D. Basah	51 days	Mon 08/05/23	Mon 03/07/23	8SS+50%
Penggantian sambungan	28 days	Mon 15/05/23	Sun 11/06/23	8SS+75%

Lanjutan Tabel 4.12

Div. 9 Pekerjaan Harian	28 days	Wed 28/06/23	Tue 25/07/23	
Marka Jalan Termoplastik	28 days	Wed 28/06/23	Tue 25/07/23	11FF
Div. 10 Pekerjaan Pemeliharaan	14 days	Wed 12/07/23	Tue 25/07/23	
Pengecatan Tembok Sedada	14 days	Wed 12/07/23	Tue 25/07/23	11FF
Pengendalian Tanaman	7 days	Wed 19/07/23	Tue 25/07/23	11FF
Pengecatan Trotoar	14 days	Wed 12/07/23	Tue 25/07/23	11FF
Pengecatan Hand Rail	14 days	Wed 12/07/23	Tue 25/07/23	11FF

Tabel 4.13: Percepatan waktu pada lintasan kritis PERT beserta *predecessor*

Task Name	Duration (days)	Start	Finish	Optimistic Time (days)	Most Likely Time (days)	Pessimistic Time (days)	Expected Time (days)	Predecessors
SCHEDULE AWAL SEI ULAR	87,3	Mon 24/04/23	Wed 26/07/23	x	x	x	x	
Div. 3 Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	14,2	Mon 15/05/23	Mon 29/05/23		x	x	x	
Galian Perkerasan Beraspal dengan Cold Miling Machine	14,2	Mon 15/05/23	Mon 29/05/23	12	14	17	14,17	
Div. 6 Perkerasan Aspal	28,2	Mon 29/05/23	Sun 02/07/23	x	x	x	x	
Lapis Perekat – Aspal Cair	28,2	Mon 29/05/23	Sun 02/07/23	26	28	31	28,17	2
Laston Lapis Aus (AC – WC)	28,2	Mon 29/05/23	Sun 02/07/23	26	28	31	28,17	4SS
Bahan Anti Pengelupasan	28,2	Mon 29/05/23	Sun 02/07/23	26	28	31	28,17	5SS
Div. 7 Struktur	35,2	Mon 24/04/23	Mon 29/05/23	x	x	x	x	
Penyedia Baja Struktur 250	28,2	Mon 24/04/23	Mon 22/05/23	26	28	31	28,17	
Pemasangan Baja Struktur	14,2	Mon 15/05/23	Mon 29/05/23	12	14	17	14,17	8SS+75%
Div. 8 Rehabilitasi Jembatan	73,2	Mon 08/05/23	Wed 26/07/23	x	x	x	x	
Pengecatan Baja D. Kering	73,2	Mon 08/05/23	Wed 26/07/23	75	77	80	77,17	8SS+50%
Pengecatan Baja D. Basah	51,2	Mon 08/05/23	Tue 04/07/23	75	77	80	77,17	8SS+50%
Penggantian sambungan	28,2	Mon 15/05/23	Sun 18/06/23	26	28	31	28,17	8SS+75%

Lanjutan Tabel 4.13

Div. 9 Pekerjaan Harian	28,2	Wed 28/06/23	Wed 26/07/23	x	x	x	x	
Marka Jalan Termoplastik	28,2	Wed 28/06/23	Wed 26/07/23	26	28	31	28,17	11FF
Div. 10 Pekerjaan Pemeliharaan	14,2	Wed 12/07/23	Wed 26/07/23	x	x	x	x	
Pengecatan Tembok Sedada	14,2	Wed 12/07/23	Wed 26/07/23	12	14	17	14,17	11FF
Pengendalian Tanaman	7,2	Wed 19/07/23	Wed 26/07/23	5	7	10	7,17	11FF
Pengecatan Trotoar	13,8	Wed 12/07/23	Tue 25/07/23	12	14	15	13,83	11FF
Pengecatan Hand Rail	13,8	Wed 12/07/23	Tue 25/07/23	12	14	15	13,83	11FF

4.10 Analisa Produktivitas Harian

Setelah dilakukan percepatan waktu pada lintasan kritis, selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan produktivitas harian. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah pekerjaan tersebut memang dapat dilakukan percepatan dan bagaimana metode percepatannya dilakukan.

Tabel 4.14: Perbandingan Pekerjaan

Uraian Pekerjaan	Durasi Awal	Durasi Percepatan
Preservasi Jembatan Sei Ular	112 Hari	87 Hari
Div. 8 Rehabilitasi Jembatan	77 Hari	73 Hari
Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron	77 Hari	73 Hari
Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron	77 Hari	51 Hari
Penggantian Dan Perbaikan Sambungan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug	28 Hari	28 Hari

- Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron
(Analisis produktivitas *schedule* penawaran).

Volume Pekerjaan : 2536 m²

Durasi awal : 77 hari

Durasi percepatan : 73 hari

Produktivitas harian (*time schedule*) : $\frac{\text{Volume total}}{\text{jumlah hari rencana awal}}$

$$: \frac{2536}{77}$$

$$: 32,93 \text{ m}^2$$

Analisa produktivitas harian Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron menurut analisa harga satuan pekerjaan bidang bina marga tahun 2023.

Tabel 4.15: AHSP bina marga Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron

III	BAHAN PERALATAN DAN TENAGA KERJA						
1	Bahan						
1.a	- Cat Dasar	= Kd x Fh	Wd	0.286		Kg	
1.b	- Cat Lapisan Akhir	= Ka x Fh	Wa	0.255		Kg	
1.c	- Pengencer (thinner)	=10% x (Vol dasar+vol cat protektif)	Wt	0.040		liter	
1.d	- Pasir untuk sand blasing						
2	Alat						
2.a	Sand Blaster		E77				
	Kapasitas pembersihan		V	6	m2/jam		Asumsi
	Faktor Efisiensi alat		Fa	0.83	-		
	Kap. Prod. / jam =	Q1 = V x Fa	Q1	4.98	M2/Jam		
	Koefisien Alat / M3	= 1 : Q1	E77	0.20	Jam		
2.b	Generator Set		E12				
	Kapasitas genset mengikuti Sand Blaster		Q2	4.98			
	Koefisien alat		E12	0.20	Jam		
2b	Alat bantu:						
	Kuas cat						
	Sikat kawat						
	Amplas						
	Kape						
3	TENAGA						
	Alat yang menentukan pekerjaan, Q1		Q1	4.98	m2/jam		
	Produksi lubang per hari = Tk x Q1		Qt	34.86	m2		
	Kebutuhan tenaga:						
		Pekerja	P	5.00	orang		
		Tukang	T	5.00	orang		
		Mandor	M	1.00	orang		
	Koefisien tenaga						
	Pekerja (Tk x P) : Qt	Pekerja	L01	1.0040	jam		
	Tekerja (Tk x P) : Qt	Tukang	L02	1.0040	jam		
	Mandor (Tk x M) : Qt	Mandor	L03	0.2008	jam		

- Jumlah hari pelaksanaan (analisa) : $\frac{\text{Volume total}}{\text{Produktivitas harian}}$
: $\frac{2536}{34.86}$
: 72,74 (dibulatkan menjadi 73 hari)

Setelah di lakukan analisis berdasarkan analisa harga satuan pekerjaan bidang bina marga tahun 2023 dengan menghitung *volume* produktivitas harian Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron, berdasarkan analisa kapasitas produktivitas pengecatan sebesar 34,86 m² / hari. Sedangkan pada *time schedule* penawaran didapat produktivitas per hari dari pengecatan struktur baja daerah kering sebesar 32,93 m² / hari. Maka diambil kesimpulan pekerjaan pengecatan struktur baja pada daerah kering tebal 240 mikron dapat dipercepat menjadi 73 hari .

- Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron

(Analisis produktivitas *schedule* penawaran).

Volume Pekerjaan : 1780 m²

Durasi awal : 77 hari

Durasi percepatan : 51 hari

Produktivitas harian (*time schedule*) : $\frac{\text{Volume total}}{\text{jumlah hari rencana awal}}$

: $\frac{1780}{77}$

: 23,11 m²

Analisa produktivitas harian Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron menurut analisa harga satuan pekerjaan bidang bina marga tahun 2023.

Tabel 4.16: AHSP bina marga Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron

III	BAHAN PERALATAN DAN TENAGA KERJA					
1	Bahan					
1.a	- Cat Dasar	= Kd x Fh	Wd	0.286	Kg	
1.b	- Cat Lapisan Akhir	= Ka x Fh	Wa	0.255	Kg	
1.c	- Pengencer (thinner)	=10% x (Vol dasar+vol cat protektif)	Wt	0.040	liter	
1.d	- Pasir untuk sand blastng					
2	Alat					
2.a	Sand Blaster		E77			
	Kapasitas pembersihan		V	6	m2/jam	Asumsi
	Faktor Efisiensi alat		Fa	0.83	-	
	Kap. Prod. / jam =	Q1 = V x Fa	Q1	4.98	M2/Jam	
	Koefisien Alat / M3	= 1 : Q1	E77	0.20	Jam	
2.b	Generator Set		E12			
	Kapasitas genset mengikuti Sand Blaster		Q2	4.98		
	Koefisien alat		E12	0.20	Jam	
2.c.	Alat bantu:					
	Kuas cat					
	Sikat kawat					
	Amplas					
	Kape					
3.	TENAGA					
	Alat yang menentukan pekerjaan, Q1		Q1	4.98	m2/jam	
	Produksi lubang per hari = Tk x Q1		Qt	34.86	m2	
	Kebutuhan tenaga:					
		Pekerja	P	5.00	orang	
		Tukang	T	5.00	orang	
		Mandor	M	1.00	orang	
	Koefisien tenaga					
	Pekerja (Tk x P) : Qt	Pekerja	L01	1.0040	jam	
	Tekerja (Tk x P) : Qt	Tukang	L02	1.0040	jam	
	Mandor (Tk x M) : Qt	Mandor	L03	0.2008	jam	

- Jumlah hari pelaksanaan (analisa) : $\frac{Volume\ total}{Produktivitas\ harian}$

: $\frac{1780}{34.86}$

: 51,06 (dibulatkan menjadi 51 hari)

Setelah di lakukan analisis berdasarkan analisa harga satuan pekerjaan bidang bina marga tahun 2023 dengan menghitung *volume* produktivitas harian Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron, berdasarkan analisa kapasitas produktivitas pengecatan sebesar 34,86 m² / hari. Sedangkan pada *time schedule* penawaran didapat produktivitas per hari dari pengecatan struktur baja daerah basah sebesar 23,11 m² / hari. Maka diambil kesimpulan pekerjaan Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron dapat dipercepat menjadi 51 hari .

Tabel 4.17: Perbandingan Biaya Pekerjaan

Uraian Pekerjaan	Biaya Awal	Biaya Setelah Percepatan
Preservasi Jembatan Sei Ular	Rp1,494,959,194	Rp1,321,713,758
Div. 8 Rehabilitasi Jembatan	Rp1,077,980,114	Rp904,734,678
Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron	Rp599,567,257	Rp568,420,906
Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron	Rp420,831,907	Rp278,732,822
Penggantian Dan Perbaikan Sambungan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug	Rp57,580,950	Rp57,580,950

- Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 mikron (analisis harga pekerjaan menurut *schedule*).

Total Biaya Pekerjaan	: Rp599,567,257
Durasi Awal	: 77 hari
Durasi Setelah Percepatan	: 73 hari
Biaya Harian	: $\frac{\text{total biaya pekerjaan}}{\text{jumlah hari pekerjaan}}$
	: $\frac{\text{Rp599,567,257}}{77}$
	: Rp7,786,588
Biaya Percepatan	: Biaya Harian * durasi percepatan
	: Rp7,786,588 * 73
	: Rp568,420,906

Dengan berkurangnya hari pekerjaan akibat produktivitas harian, biaya pekerjaan juga ikut berkurang. Pada perhitungan biaya pekerjaan yang mana dihitung berpatokan pada *time schedule* dari data pengerjaan, didapat hasil biaya pekerjaan lebih hemat Rp31,146,351. Dalam perhitungan ini, biaya pekerjaan tidak diambil dari AHSP bina marga tahun 2023 dikarenakan harga satuan pokok (HSP) setiap daerah cenderung berbeda. Oleh karena itu, diambil data biaya pekerjaan dari *schedule* yang memiliki total biaya dan jumlah waktu pengerjaan.

- Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron
(analisis harga pekerjaan menurut *schedule*).

Total Biaya Pekerjaan	: Rp420,831,907
Durasi Awal	: 77 hari
Durasi Setelah Percepatan	: 51 hari
Biaya Harian	: $\frac{\text{total biaya pekerjaan}}{\text{jumlah hari pekerjaan}}$
	: $\frac{\text{Rp420,831,907}}{77}$
	: Rp5,465,349
Biaya Percepatan	: Biaya Harian * durasi percepatan
	: Rp5,465,349 * 51
	: Rp278,732,822

Dengan berkurangnya hari pekerjaan akibat produktivitas harian, biaya pekerjaan juga ikut berkurang. Pada perhitungan biaya pekerjaan yang mana dihitung berpatokan pada *time schedule* dari data pengerjaan, didapat hasil biaya pekerjaan lebih hemat Rp142.099.085. Dalam perhitungan ini, biaya pekerjaan tidak diambil dari AHSP bina marga tahun 2023 dikarenakan harga satuan pokok (HSP) setiap daerah cenderung berbeda. Oleh karena itu, diambil data biaya pekerjaan dari *schedule* yang memiliki total biaya dan jumlah waktu pengerjaan.

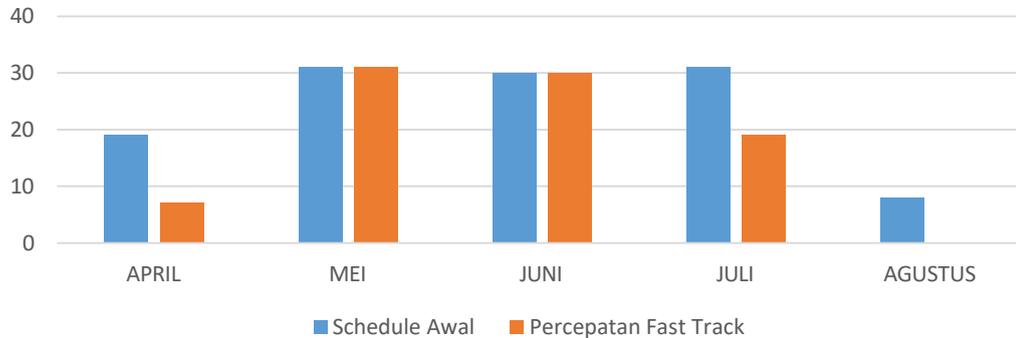
4.11 Hasil Dan Pembahasan

Setelah melakukan pengelolaan hubungan antar pekerjaan di *Microsoft project*, lalu percepatan pelaksanaan pekerjaan pada item pekerjaan Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 mikron dan Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron maka didapatkan percepatan waktu pelaksanaan pekerjaan Proyek Preservasi Jembatan Sei Ular A Perbaungan Kabupaten Deli Serdang selama 23 hari. Selain melakukan percepatan pekerjaan ada beberapa pekerjaan yang dimajukan waktu memulai pekerjaannya bisa dilihat pada tabel 4.12 (CPM) dan 4.13 (PERT) pada item pekerjaan marka jalan termoplastik, pengecatan tembok sedada, pengecatan *hand rail*, pengecatan trotoar jembatan, dan pengendalian tanaman di sekitar daerah jembatan. Hal ini dilakukan

untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek. Pekerjaan tersebut bisa dilakukan lebih cepat karena *prodecessors* pada pekerjaan yang disebutkan tersebut telah dimulai lebih dulu dan ada pekerjaan yang tidak terikat dengan pekerjaan lain atau tidak memiliki *prodecessors*. Hal ini juga menjadi dasar-dasar penerapan percepatan waktu metode *fast track* yaitu melakukan pekerjaan secara parralel system atau secara tumpang tindih.

Setelah analisis percepatan waktu dan menghitung produktivitas harian didapat percepatan waktu selama 23 hari, dari waktu perencanaan awal proyek selesai dalam waktu 120(110 hari kerja) hari, namun setelah dilakukan analisis percepatan waktu dengan metode fast track dapat diselesaikan dalam waktu 87 hari. Dapat dilihat pada gambar 4.6 untuk perbandingan waktu pelaksanaan proyek preservasi awal dan setelah di lakukan percepatan dengan metode *fast track*.

Diagram Perbandingan *Schedule* Sebelum Dan Setelah Percepatan



Gambar 4.6: Diagram perbandingan *schedule* sebelum dan setelah percepatan

Dengan percepatan ini, tidak hanya berdampak pada waktu namun juga biaya pekerjaan, dimana semakin cepat pekerjaan dilakukan akan semakin sedikit biaya yang di keluarkan (terkecuali pada metode *crashing*). Pada *schedule* awal pekerjaan proyek preservasi dengan biaya pekerjaan proyek Rp1,494,959,194. Namun setelah di terapkan nya metode *fast track* serta menganalisa produktivitas pekerjaan dengan AHSP, di dapat waktu pekerjaan lebih singkat yaitu 87 hari dengan biaya Rp1,321,713,758. Pekerjaan lebih hemat Rp. 173.245.436.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dengan menerapkan metode CPM dan PERT dalam menemukan lintasan kritis pada proyek preservasi jembatan Sei Ular, dan prinsip percepatan *fast track* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan perbandingan kedua metode ini didapatkan hasil estimasi waktu optimal bahwa penjadwalan akan metode CPM yaitu selama 87 hari karena lebih stabil dan terperinci dibandingkan menggunakan metode PERT dan juga perbedaan jumlah hari yang tidak terlalu jauh. Terjadi percepatan waktu 23 hari dari waktu pelaksanaan yang direncanakan yaitu selama 120 hari (110 hari kerja).
2. Setelah menerapkan metode CPM dan PERT di *time schedule*, di dapat lintasan kritis yaitu pada kegiatan **E, F, G, I, K, L**, dan **N** baik pada lintasan kritis CPM maupun lintasan kritis PERT. Setelah dilakukan percepatan dengan prinsip *fast track* terdapat perubahan lintasan kritis yang menjadi waktu optimal pekerjaan. Pada CPM waktu optimal 87 hari dengan melalui kegiatan **E, G, J, K, L, M**, dan **N**. waktu optimal pada PERT dengan durasi 87,3 hari dengan melalui kegiatan **E**, dan **G**.
3. Total biaya pekerjaan proyek preservasi jembatan Sei ular pada awalnya Rp1,494,959,194. Setelah di lakukan percepatan menjadi Rp1,321,713,758 yang mana menjadi lebih hemat Rp. 173.245.436 atau 11,59% dari biaya awal pekerjaan. Adapun percepatan biaya yang terjadi didapat dari mengoptimalkan item pekerjaan divisi 8 menjadi lebih efektif, yaitu :
 - Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 mikron
Pekerjaan ini awalnya dilakukan selama 77 hari. Setelah dilakukan percepatan durasi pekerjaan menjadi 73 hari.
 - Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron
Pekerjaan ini awalnya dilakukan selama 77 hari. Setelah dilakukan percepatan, durasi pekerjaan menjadi 51 hari.

5.2 Saran

1. Penerapan metode percepatan ini diperlukan koordinasi antara pelaksana lapangan dan pengawas lapangan setiap harinya selama proses preservasi berlangsung dan perlu dilakukan evaluasi harian untuk menghindari keterlambatan percepatan penjadwalan tersebut.
2. Agar tidak terjadi penundaan dalam melaksanakan pekerjaan proyek, pekerjaan yang diluar jalur kritis perlu diawasi dan dikontrol dengan ketat agar pekerjaan tidak terlambat.
3. Setiap pengerjaan proyek sebaiknya menggunakan metode agar semua penjadwalan dan pembiayaan bisa terperinci dengan benar, jika suatu saat terjadi kesalahan bisa dicari dimana letak dari kesalahannya.

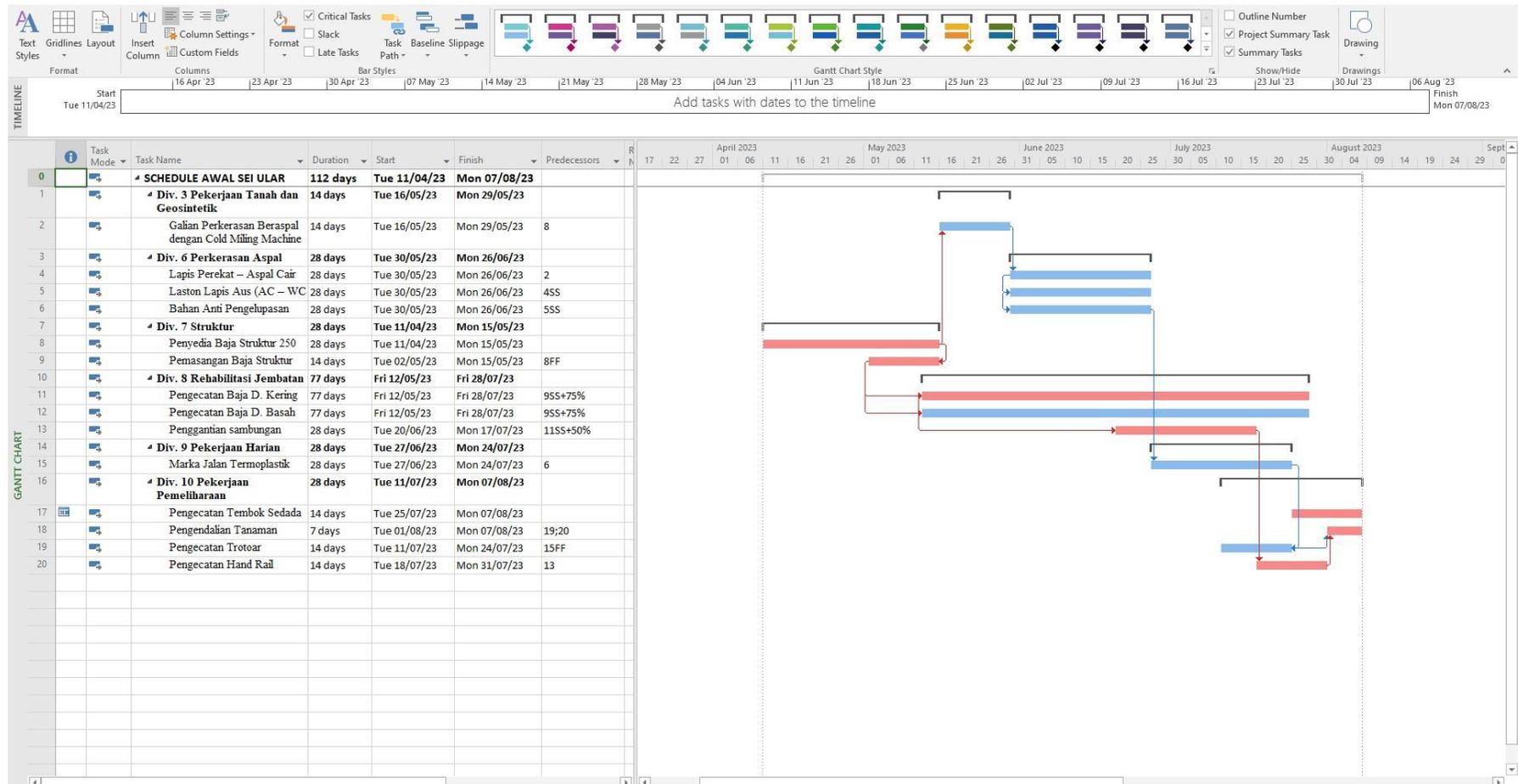
DAFTAR PUSTAKA

- A, R., L, F. R., Bachmid, S., Watono, & Arsal, S. F. (2022). Perbandingan Critical Path Method (CPM) dengan Program Evaluation and Review Technique (PERT) Terhadap Penjadwalan Waktu Proyek (Studi Kasus Proyek Pembangunan Fakultas Hukum UMI). *Jurnal teknik sipil - MACCA* , 7(2).
- Abdurrasyid, A., Luqman, L., Haris, A., & Indrianto, I. (2019). Implementasi Metode PERT dan CPM pada Sistem Informasi Manajemen Proyek Pembangunan Kapal. *Khazanah Informatika : Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 5(1). <https://doi.org/10.23917/khif.v5i1.7066>
- Aprilia, S. C. , Wasono. , & A. Q. Q. (2023). Optimalisasi Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Rumah Tinggal Di Kecamatan Rantau Pulung Kutai Timur Menggunakan Critical Path Method (CPM) Dan Program Evaluation And Review Technique (PERT). . *Jurnal Ilmiah Matematika Volume* , 2(1).
- Astari, N. M., Subagyo, A. M., & Kusnadi, K. (2022). Perencanaan manajemen proyek dengan metode cpm (critical path method) dan pert (program evaluation and review technique). *Konstruksia*, 13(1). <https://doi.org/10.24853/jk.13.1.164-180>
- Danang, H., H, R., & Pratikso. (2023). Penggunaan Metode PERT dan CPM dalam Proyek Pembangunan Jalan. *PONDASI*, 28(1).
- Husna, R. A., Ilmiyah, N. F., & Resti, N. C. (2022). Implementasi CPM dan PERT dalam Memprediksi Durasi serta Biaya Pembangunan Musala Al-Ikhlas di Kotawaringin Barat. *Journal Focus Action of Research Mathematic (Factor M)*, 5(1). https://doi.org/10.30762/f_m.v5i1.633
- Iluk, T., Ridwan, A., & Winarto, S. (2020). Penerapan Metode CPM Dan Pert Pada Gedung Parkir 3 Lantai Grand Pannglima Polim Kediri. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil* , 3(2).
- Maarif, M. S. (2022). Analisa penjadwalan proyek dengan metode pert dan cpm pada pembangunan gedung hotel di sidoarjo. *Agregat*, 7(1). <https://doi.org/10.30651/ag.v7i1.9154>

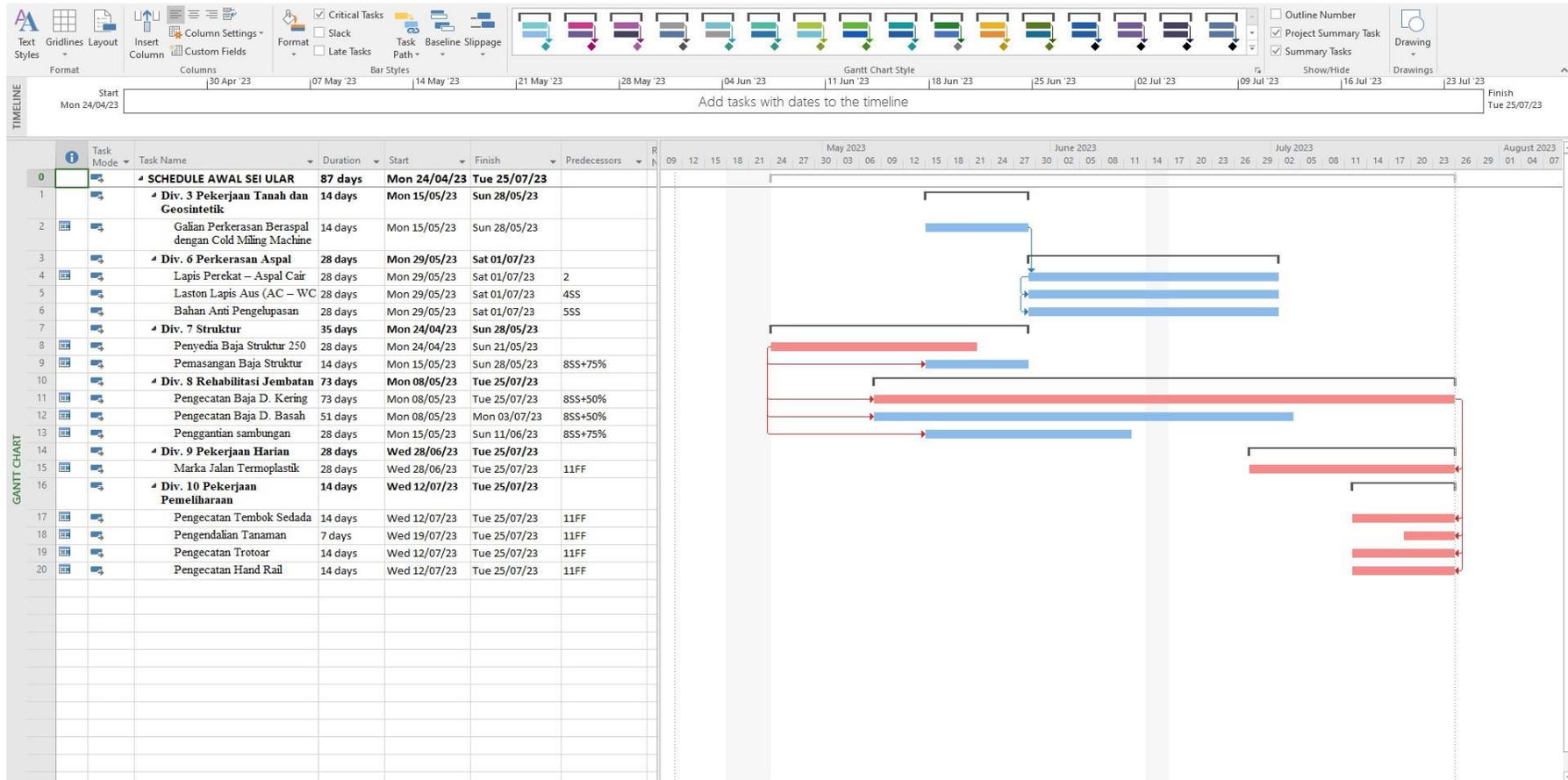
- Prabowo, H., & Anhar, M. (2021). Optimalisasi Project Management pada PT.Cipta Ekatama Nusantara Menggunakan Metode CPM/PERT dalam Pembangunan Perumahan Cendana Sawangan Regency. *Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia, 1*(1).
- Sahril. (2022). Analisis manajemen waktu menggunakan metode cpm dan pert pada proyek pembangunan jalan tol pekanbaru-bangkinang. *Universitas Islam Riau*.
- Tardok, E. L. (2018). Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode CPM dan PERT Pada Proyek Pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok (Doctoral dissertation). *Jurnal Skripsi*.
- Uktolseja, A. M., Wullur, M., & Karuntu, M. M. (2023). Evaluasi Pelaksanaan Proyek Menggunakan Metode PERT Dan CPM (Studi Kasus: Preservasi Jalan Tolango-Paguyaman, Tolango-Bulontio). *Jurnal LPPM Bidang EkoSosBudKum, 6*(2).
- Wulandari, A. (2021).). Evaluasi Optimalisasi Time Schedule pada Proyek Pembangunan Jalan Transmigrasi Teget Menggunakan Metode Cpm dan Pert Kabupaten Bener Meriah. *Jurnal Skripsi*.
- Yusdiana, D. E., & Satyawisudarini, I. (2018). Penerapan metode pert dan cpm dalam pelaksanaan proyek pembangunan jalan paving untuk mencapai efektivitas waktu penyelesaian proyek. *Jurnal Manajemen Dan Bisnis (ALMANA), 2*(3).
- Yuwono, W., Kaukab, M. E., & Mahfud, Y. (2021). Kajian Metode PERT-CPM dan Pemanfaatannya dalam Manajemen Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek. *Journal of Economic, Management, Accounting and Technology, 4*(2). <https://doi.org/10.32500/jematech.v4i2.1925>

LAMPIRAN

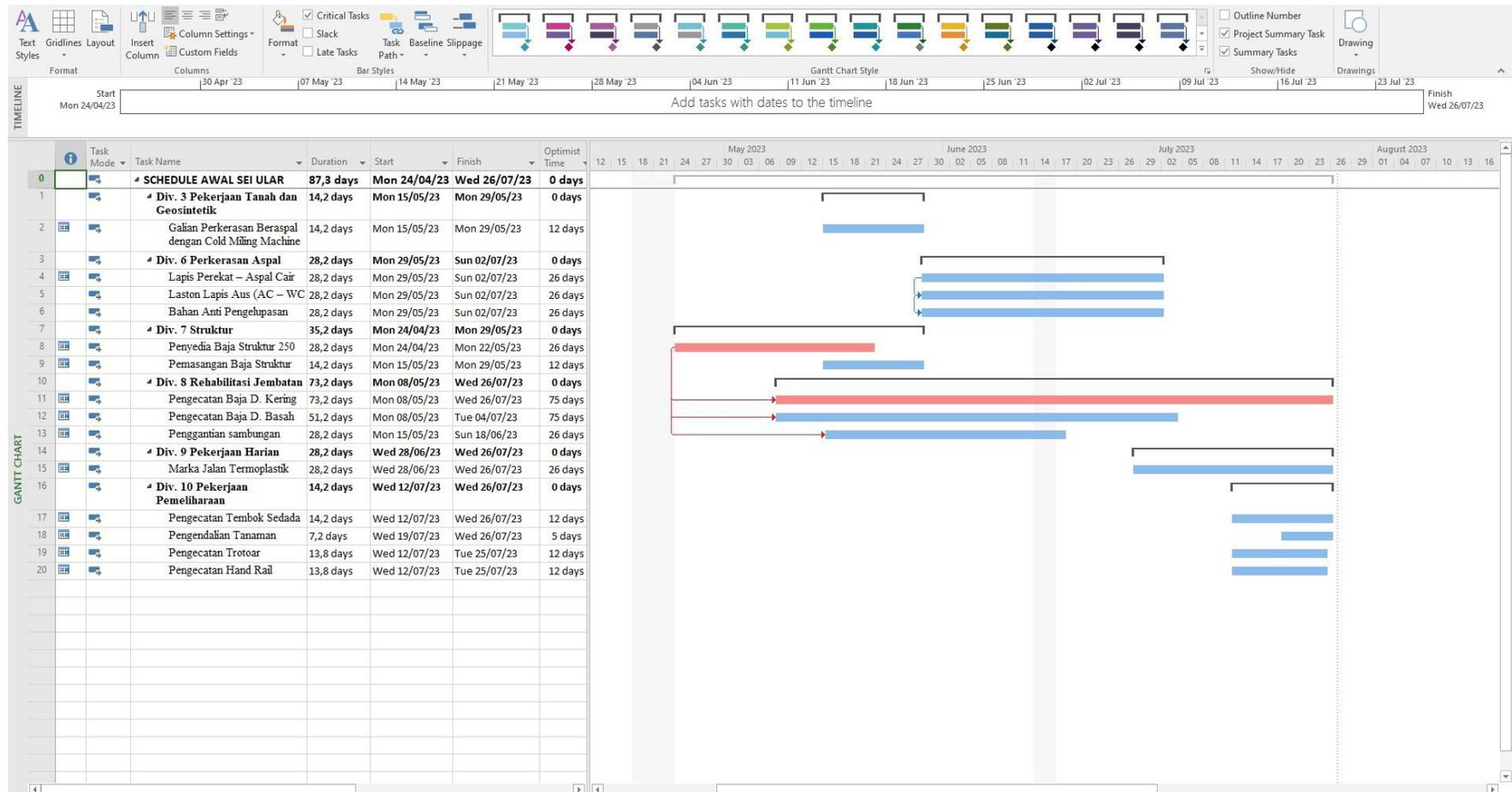
Lampiran 1. Schedule Awal Proyek Preservasi Jembatan Sei Ular A Perbaungan Kabupaten Deli Serdang



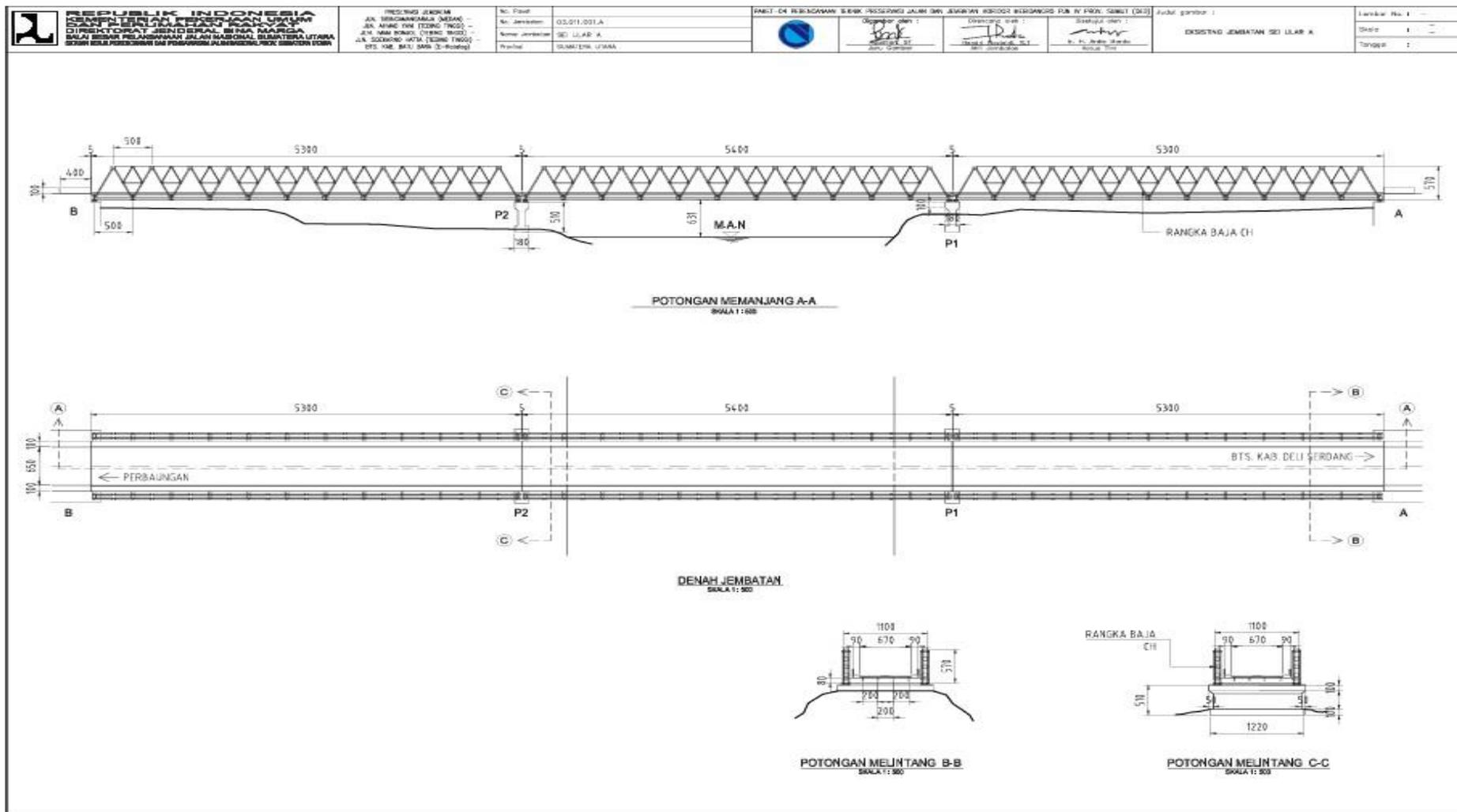
Lampiran 2. Schedule Setelah Penerapan Metode CPM Dan Prinsip *Fast Track*



Lampiran 3. Schedule Setelah Penerapan Metode PERT Dan Prinsip Fast Track

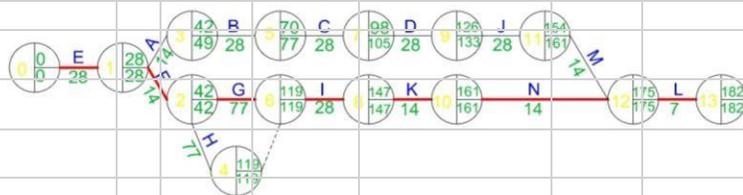


Lampiran 5. Existing Jembatan Sei Ular A



Lampiran 6. Percobaan Pada Prinsip Percepatan *Crashing*

METODE CRASHING



No	Task Name	Aktivitas	Duration	Anggaran Biaya
1	Galian Perkerasan Beraspal Dengan Cold Mining Machine	A	14	Rp26,006,647
2	Lapis Perekat – Aspal Cair / Emulsi	B	28	Rp5,617,084
3	Laston Lapis Aus (AC – WC)	C	28	Rp221,483,971
4	Bahan Anti Pengelupasan	D	28	Rp1,898,100
5	Penyedia Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 Mpa)	E	28	Rp116,254,980
6	Pemasangan Baja Struktur	F	14	Rp9,543,275
7	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Kering Tebal 240 Mikron	G	77	Rp599,567,257
8	Pengecatan Struktur Baja Pada Daerah Basah / Pasang Surut 500 Mikron	H	77	Rp420,831,907
9	Penggantian Dan Perbaikan Sambungan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug	I	28	Rp57,580,950
10	Marka Jalan Termoplastik	J	28	Rp11,981,467
11	Pengecatan Tembok Sedada	K	14	Rp1,678,349
12	Pengendalian Tanaman Di Area Sekitar Jembatan	L	7	Rp16,726
13	Pengecatan Trotoar Jembatan	M	14	Rp3,196,942
14	Pengecatan Hand Rail	N	14	Rp19,301,539
Total				Rp1,494,959,194

Biaya percepatan crashing =

$$\frac{\text{waktu normal}}{\text{waktu percepatan}} \times \text{Biaya Percepatan}$$

$$\frac{399}{182} \times \text{Rp803,943,076}$$

Rp1,762,490,590 biaya lintasan kritis

total biaya : Rp2,453,506,708

Rp691,016,118

biaya lintasan non kritis

Lampiran 7. Daftar Kuantitas Dan Harga

DAFTAR KUANTITAS DAN HARGA					
PPK	: 4.6 Provinsi Sumatera Utara				
No. Paket Kontrak	: HK.02.01/APBN/Bb2-Wil.4.6/01/2023				
Nama Paket	: Preservasi Jembatan Jln. Sisingamangaraja (Medan) - Jln. Ahmad Yani (Tebing Tinggi) - Jln. Imam Bonjol (Tebing Tinggi) - Jln. Soekarno Hatta (Tebing Tinggi) - Bts. Kab. Batu Bara (E-Katalog)				
Penyedia Jasa	: CV. Raja Sarana Perkasa				
Tanggal Kontrak	: 11 April 2023				
NO. MATA PEMBAYARAN	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)	KUANTITAS	JUMLAH HARGA PEKERJAAN (Rp)
	DIVISI 1. UMUM				
1.2	Mobilisasi			1.00	
1.2	Mobilisasi	LS			
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 1 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					
	SKh-1.22. SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN KONSTRUKSI (SMKK)				
1	Penyiapan dokumen penerapan SMKK:				
SKh-1.1.22.(1a)	Pembuatan dokumen RKK, RKPL, RMLLP, RMPK	Set		6.00	
SKh-1.1.22.(1b)	Pembuatan prosedur dan instruksi kerja	Set		3.00	
SKh-1.1.22.(1c)	Penyusunan pelaporan penerapan SMKK	Set		24.00	
2	Sosialisasi, promosi dan pelatihan:				
SKh-1.1.22.(2a)	Induksi Keselamatan Konstruksi (Safety Induction)	Org		15.00	
SKh-1.1.22.(2b)	Pengarahan Keselamatan Konstruksi (Safety Briefing)	Org		15.00	
SKh-1.1.22.(2c)	Pertemuan keselamatan (Safety Talk dan/atau Tool Box Meeting)	Org		15.00	
SKh-1.1.22.(2g)	Spanduk (Banner)	Lb		1.00	
SKh-1.1.22.(2i)	Papan Informasi Keselamatan konstruksi	Bh		1.00	
3	Alat Pelindung Kerja dan Alat Pelindung Diri:				
3b	APD, antara lain :				
SKh-1.1.22.(3b1)	Topi pelindung (Safety Helmet)	Bh		15.00	
SKh-1.1.22.(3b2)	Pelindung mata (Goggles, Spectacles)	Bh		15.00	
SKh-1.1.22.(3b6)	Pelindung pernafasan dan mulut (masker, masker respirator)	Bh		15.00	
SKh-1.1.22.(3b7)	Sarung tangan (Safety Gloves)	Psg		15.00	
SKh-1.1.22.(3b8)	Sepatu keselamatan (Safety Shoes, rubber safety shoes and toe cap)	Psg		15.00	
SKh-1.1.22.(3b9)	Penunjang seluruh tubuh (Full Body Harness)	Bh		3.00	
SKh-1.1.22.(3b11)	Rompi keselamatan (Safety Vest)	Bh		15.00	
SKh-1.1.22.(3b13)	Pelindung jatuh (Fall Arrester)	Bh		3.00	
4	Asuransi dan perizinan terkait keselamatan konstruksi:				
SKh-1.1.22.(4a)	Asuransi (Construction All Risk/ CAR)	Ls		1.00	
5	Personel Keselamatan Konstruksi:				
SKh-1.1.22.(5c)	Petugas Keselamatan Konstruksi, Petugas K3 Konstruksi	Org		1.00	
6	Fasilitas sarana, Prasarana, dan alat kesehatan				
SKh-1.1.22.(6a)	Peralatan P3K	Set		1.00	
7	Rambu dan Perlengkapan lalu lintas yang diperlukan atau manajemen lalu lintas:				
SKh-1.1.22.(7c)	Rambu peringatan	Bh		10.00	
SKh-1.1.22.(7h)	Kerucut lalu lintas (traffic cone)	Bh		10.00	
SKh-1.1.22.(7i)	Tongkat Pengatur Lalu Lintas (Warning Lights Stick)	Bh		2.00	
9	Kegiatan dan peralatan terkait Pengendalian Risiko Keselamatan Konstruksi:				
SKh-1.1.22.(9a1)	Alat Pemadam Api Ringan (APAR)	Bh		1.00	
SKh-1.1.22.(9a4)	Bendera K3	Bh		1.00	
SKh-1.22 SMKK (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					

	DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK				
3.1.(7)	Galian Perkerasan Beraspal dengan Cold Milling Machine	M ³	565,361.90	46.00	26,006,647.40
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					26,006,647.40
	DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL				
6.1.(2a)	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi	Liter	20,500.31	274.00	5,617,084.94
6.3(5a)	Laston Lapis Aus (AC-WC)	Ton	2,129,653.57	104.00	221,483,971.28
6.3.(8)	Bahan anti pengelupasan	Kg	99,900.00	19.00	1,898,100.00
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 6 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					228,999,156.22
	DIVISI 7. STRUKTUR				
7.4.(1a)	Penyediaan Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 MPa)	Kg	41,490.00	2,802.00	116,254,980.00
7.4.(2)	Pemasangan Baja Struktur	Kg	3,405.88	2,802.00	9,543,275.76
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					125,798,255.76
	DIVISI 8. REHABILITASI JEMBATAN				
8.7.(1b)	Pengecatan struktur baja pada daerah kering tebal 240	M ²	236,422.42	2,536.00	599,567,257.12
8.7.(2b)	Pengecatan struktur baja pada daerah basah/pasang surut 500 mikron	M ²	236,422.42	1,780.00	420,831,907.60
8.11.(1)	Penggantian dan Perbaikan Sambungan Sjar Muat Tipe Asphaltic Plug	M ¹	1,857,450.00	31.00	57,580,950.00
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 8 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					1,077,980,114.72
	DIVISI 9. PEKERJAAN HARIAN & PEKERJAAN LAIN-LAIN				
9.2.(1)	Marka Jalan Termoplastik	M ²	260,466.69	46.00	11,981,467.74
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 9 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					11,981,467.74
	DIVISI 10. PEKERJAAN PEMELIHARAAN				
10.2.(1)	Pemeliharaan Jembatan 'Sei Ular A bentang 160 m				
	Pengecatan Tembok Sedada	M2	39,961.78	42.00	1,678,394.76
	Pengendalian Tanaman	M2	1,393.91	12.00	16,726.92
	Pengecatan Trotoar Jembatan	M ¹	39,961.78	80.00	3,196,942.40
	Pengecatan Hand Rail	M2	39,961.78	483.00	19,301,539.74
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 10 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					24,193,603.82

Lampiran 8. Rekapitulasi Daftar Kuantitas Dan Harga

REKAPITULASI DAFTAR KUANTITAS DAN HARGA		
Proyek / PPK	: 4.6 Provinsi Sumatera Utara	
No. Paket Kontrak	: HK.02.01/APBN/Bb2-Wil.4.6/02/2023	
Nama Paket	: Preservasi Jembatan Jln. Sisingamangaraja (Medan) - Jln. Ahmad Yani (Tebing Tinggi) - Jln. Imam Bonjol (Tebing Tinggi) - Jln. Soekarno Hatta (Tebing Tinggi) - Bts. Kab. Batu Bara (E-Katalog)	
Penyedia Jasa	: CV. Raja Sarana Perkasa	
Tanggal Kontrak	: 11 April 2023	
No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)
1	Umum	-
Skh-1.22	Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)	-
2	Drainase	-
3	Pekerjaan Tanah Dan Geosintetik	26,006,647.40
4	Pelebaran Preventif	-
5	Pekerasan Berbutir Dan Perkerasan Beton Semen	-
6	Perkerasan Aspal	228,999,156.22
7	Struktur	125,798,255.76
8	Rehabilitasi Jembatan	1,077,980,114.72
9	Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain-Lain	11,981,467.74
10	Pekerjaan Pemeliharaan Kinerja	24,193,603.82
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk PPN 11 %)	1,494,959,245.66
(B)	Pembulatan	1,494,959,000.00
Terbilang :	Satu milyar empat ratus sembilan puluh empat juta sembilan ratus lima puluh sembilan ribu rupiah	

Lampiran 9. Dokumentasi Lapangan



Perkerasan Pada Oprit Yang Bergelombang Dan Kasar



Sambungan Jembatan Yang Mengalami Kerusakan



Penurunan Mutu Cat Pada Rangka Bagian Atas



Diperlukan Penguatan Pada Rangka Baj

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Ammar Fadhli Shevandra Tanjung
Panggilan : Ammar
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 7 Februari 2002
Alamat : Jalan Pattimura No. 09 B
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Mahendra
Ibu : Yenny Mulyani
No. Hp : 081265372857

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2007210080
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 03 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD Negeri 1 Gunungsitoli	2014
2	SMP	SMP Negeri 1 Gunungsitoli	2017
3	SMA	SMA Negeri 1 Gunungsitoli	2020
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2020 sampai selesai		