

## **TUGAS AKHIR**

### **PENERAPAN METODE CPM (*CRITICAL PATH METHOD*) PADA PROYEK KONSTRUKSI PEMBANGUNAN BENDUNGAN LAU-SIMEME PAKET II KAB. DELI SERDANG**

**(Studi Kasus)**

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

**Disusun Oleh:**

**M.ZIKRIL AULIA**

**1607210080**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 – EXT. 12  
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> Email : [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

Bila menjawab surat ini agar disebutkan  
Nomor dan tanggalnya

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : M.Zikril Aulia

NPM : 1607210080

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Penerapan Metode CPM (*Critical Path Method*) Pada  
Proyek Konstruksi Pembangunan Bendungan Lau-  
Simeme Paket II Kab. Deli Serdang

Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA  
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 23 Februari, 2020

Dosen Pembimbing

Citra Utami S.T.M.T

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : M.Zikril Aulia

NPM : 1607210080

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir : “PENERAPAN METODE CPM (*CRITICAL PATH METHOD*) PADA PROYEK KONSTRUKSI PEMBANGUNAN BENDUNGAN LAU-SIMEME PAKET II KAB. DELI SERDANG.”


Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 5 Januari 2021

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Citra Utami, S.T.,M.T

Dosen Pembanding I



Muhammad Husin Gultom, S.T,M.T

Dosen Pembanding II



Hj. Irma Dewi, S.T,M.Si

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

---

**SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M.Zikril Aulia  
Tempat/Tanggal Lahir : Tanjung Morawa/21 Mei 1998  
NPM : 1607210080  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Penerapan Metode CPM (*Critical Path Method*) Pada Proyek Konstruksi Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tangan akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

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

Medan, 5 Januari 2021

Saya yang menyatakan



M.Zikril Aulia

## ABSTRAK

### **PENERAPAN METODE CPM (*CRITICAL PATH METHOD*) PADA PROYEK KONSTRUKSI PEMBANGUNAN BENDUNGAN LAU-SIMEME PAKET II KAB. DELI SERDANG (STUDI KASUS)**

M.Zikril Aulia  
1607210080  
Citra Utami, S.T,M.T

Perkembangan infrastruktur dan bangunan gedung pada saat ini semakin besar. Banyak pihak swasta maupun pemerintah bersaing untuk melakukan pembangunan baik skala besar maupun skala kecil. Tidak jarang proyek konstruksi mengalami keterlambatan untuk menyelesaikan waktu penyelesaian, sehingga banyak kerugian yang terjadi khususnya pada waktu dan biaya. Dengan persaingan ketat ini, penyelesaian proyek secara tepat waktu merupakan prioritas utama perusahaan konstruksi. Perencanaan durasi metode CPM adalah sebuah rekomendasi dalam memilih dari sekian banyak metode yang ada, karena terdapat perhitungan waktu paling awal proyek dimulai, waktu paling akhir proyek dimulai serta waktu paling awal selesai dan waktu paling akhir selesai sehingga dapat diketahui jeda waktu dari semua kegiatan. Dalam tugas akhir ini penulis mengambil data penjadwalan dari PT.PP (PERSERO)-ANDESTMONT,KSO pada proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang yang akan digunakan sebagai dasar penulisan tugas akhir ini dalam melakukan analisis CPM dan dilakukan percepatan durasi pekerjaan dengan tambahan jam kerja lembur (*overtime*) serta menghitung total biaya dari percepatan tersebut untuk dijadikan bahan perbandingan dalam hasil penulisan. Berdasarkan analisa yang sudah dilakukan menggunakan aplikasi *microsoft project* 2016, durasi pekerjaan secara normal adalah 668 hari kerja serta memiliki 9 *unit* pekerjaan kritis dari 31 *item* pekerjaan. Dari 9 *unit* pekerjaan tersebut, hanya 8 *unit* pekerjaan yang dilakukan percepatan (*crashing*) agar tidak menciptakan lintasan kritis yang baru. Setelah dilakukan percepatan terjadi penurunan durasi pekerjaan menjadi 545 hari kerja. Selisih penurunan durasi sebesar 123 hari atau 18,42%. Total biaya awal dengan durasi normal adalah Rp.176.594.683.120,56 sedangkan apabila proyek dilakukan percepatan, biaya proyek menjadi Rp.176.557.549.469,00. Efisiensi biaya setelah dilakukan percepatan (*crashing*) adalah 0,03% dengan selisih biaya sebesar Rp.37.133.651,56 yang akan menjadi bagian keuntungan pihak kontraktor.

Kata kunci: jadwal, biaya, CPM, konstruksi, durasi.

## ABSTRACT

### **APPLICATION OF CPM METHOD (CRITICAL PATH METHOD) TO CONSTRUCTION PROJECT IN LAU-SIMEME DAM DEVELOPMENT PACKET II DELI SERDANG DISTRICT (CASE STUDY)**

M.Zikril Aulia  
1607210080  
Citra Utami, S.T,M.T

*The development of infrastructure and buildings is currently getting bigger. Many private and government parties compete to carry out both large and small scale development. It is not uncommon for construction projects to experience delays in completing the completion time, so that many losses occur, especially in time and costs. With this intense competition, the completion of projects on time is a top priority for construction companies. The CPM method duration planning is a recommendation in choosing from the many available methods, because there is a calculation of the earliest time the project starts, the last time the project starts and the earliest time it is finished and the last time it is finished so that the time lag of all activities can be known. In this final project the authors take the scheduling data from PT.PP (PERSERO) -ANDESTMONT, KSO on the Lau-Simeme Dam Development Project Package II, Deli Serdang Regency which will be used as the basis for writing this thesis in conducting CPM analysis and accelerating the duration of work with additional hours of work overtime (overtime) and calculate the total cost of the acceleration to be used as a comparison in the results of writing. Based on the analysis that has been carried out using the Microsoft Project application 2016, the normal work duration is 668 working days and has 9 critical work units out of 31 work items. Of the 9 work units, only 8 work units were accelerated (crashing) so as not to create a new critical path. After accelerating the work duration decreased to 545 working days. The difference in the decrease in duration was 123 days or 18.42%. The total initial cost with normal duration is IDR 176,594,683,120.56, whereas if the project is accelerated, the project cost will be IDR 177,557,549,469.00. The cost efficiency after the acceleration (crashing) is 0.03% with the difference in costs of Rp. 37,133,651.56 which will be part of the contractor's profit.*

*Key words: schedule, cost, CPM, construction, duration.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran ALLAH SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Penerapan Metode CPM (*critical path method*) Pada Proyek Konstruksi Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), medan.

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

1. Ibu Citra Utami, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Muhammad Husin Gultom, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Hj. Irma Dewi S.T, M.Si selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Dosen Pembimbing II yang telah mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Ketua 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. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staff Administrasi Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Doni Triadmoejo, S.T selaku *Site Engineer* pada Proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang yang telah banyak membantu penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

9. Orang tua penulis Saiful Bahri, Neneng Aswintaya, dan saudara/i kandung saya Wulan Gustya Saifutri, S.E, Mutya Hayati Safitri atas dukungan moril maupun material dan kasih sayang tulus selama ini kepada penulis.
10. Seseorang yang tidak mungkin penulis sebutkan nama nya disini yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Teman seperjuangan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Tugas akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 5 Januari 2021

M.Zikril Aulia



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Manajemen	6
2.2 Tujuan Manajemen	6
2.3 Fungsi Manajemen	7
2.4 Proyek	7
2.5 Manajemen Proyek	9
2.6 Manajemen Konstruksi	12
2.7 Penjadwalan Proyek	13
2.7.1 Metode Penjadwalan Proyek	13
2.8 <i>Critical Path Methode</i> (CPM)	20
2.8.1 Hubungan Antar Simbol Kegiatan	25
2.8.2 Metode Penyusunan Jaringan Kerja	29
2.8.3 Perkiraan Waktu	29

2.8.4 Perhitungan Maju	30
2.8.5 Perhitungan Mundur	30
2.9 Tenggang Waktu Kegiatan	30
2.9.1 <i>Float</i>	31
2.10 Durasi Proyek	32
2.10.1 Durasi Aktivitas	32
2.11 Efektivitas Waktu	34
2.12 Efisiensi Waktu dan Biaya	34
2.13 Hubungan Biaya Terhadap Waktu Pelaksanaan	34
2.14 Rencana Anggaran Biaya	35
2.15 Asumsi dan Batasan CPM	35
2.16 Syarat Mempercepat Umur Proyek	36
2.17 <i>Crashing</i>	36
2.18 Produktifitas Harian Kerja Normal dan Percepatan	37
2.19 Percepatan Dengan Jam Kerja Lembur	37
2.20 <i>Crash Cost</i> , dan <i>Cost slope</i>	38
2.21 Program <i>Microsoft Project</i>	39
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Bagan Alir Penelitian	40
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	41
3.2.1 Lokasi Penelitian	41
3.2.2 Waktu Penelitian	42
3.3 Populasi dan Sampel	42
3.3.1 Populasi Penelitian	42
3.3.2 Sampel Penelitian	42
3.4 Pendekatan dan Teknik Penelitian	43
3.4.1 Pendekatan Penelitian	43
3.4.2 Teknik Penelitian	43
3.5 Jenis dan Sumber Data	44
3.5.1 Jenis Data	44
3.5.2 Sumber Data	45
3.6 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional	45

3.6.1	Variabel Penelitian	45
3.6.2	Definisi Operasional	46
3.7	Teknik Pengumpulan Data	47
3.8	Metode Pengambilan Sampel	47
3.9	Tahap Analisis Data	48
<b>BAB 4 ANALISA DATA</b>		
4.1	Data Kontrak Proyek	51
4.1.1	Harga Kontrak Pekerja	52
4.1.2	Harga Kontrak Sewa Alat	53
4.1.3	Harga Kontrak Bahan ( <i>material</i> )	54
4.2	<i>Item</i> Pekerjaan	56
4.3	<i>Work Breakdown Struktur</i>	57
4.4	Durasi Pekerjaan	59
4.4.1	Daftar Volume Pekerjaan (BoQ)	59
4.4.2	Daftar Jumlah Pekerja dan Alat	60
4.4.3	Daftar Koefisien Pekerjaan	66
4.4.4	Perhitungan Durasi Pekerjaan	68
4.5	Hubungan Logika Ketergantungan	76
4.6	Analisis <i>Critical Path Method</i>	78
4.7	Percepatan Durasi & Biaya Percepatan	83
4.7.1	Durasi Pekerjaan Dengan Tambahan Jam Kerja Lembur	84
4.7.2	Perhitungan Biaya Pekerjaan Jam Kerja Lembur	88
4.8	Perhitungan Ulang Analisa CPM	96
4.9	Analisa Finansial Proyek	102
4.10	Hasil Penelitian	105
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan	106
5.2	Saran	107
<b>LAMPIRAN</b>		
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Manajemen Proyek Dengan Manajemen Klasik	9
Tabel 2.2	Penurunan Kapasitas Produksi	38
Tabel 4.1	Data Kontrak Proyek	51
Tabel 4.2	Harga Kontrak Pekerja Per Hari	52
Tabel 4.3	Harga Sewa Alat Per Jam	53
Tabel 4.4	Harga bahan ( <i>material</i> )	54
Tabel 4.5	<i>Item</i> Pekerjaan Proyek Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab Deli Serdang	56
Tabel 4.6	Sub Pekerjaan Bangunan Pengelak	56
Tabel 4.7	<i>Work Breakdown Struktur</i> dan Kode Kegiatan	57
Tabel 4.8	Daftar BoQ Pekerjaan	59
Tabel 4.9	Daftar Koefisien Pekerjaan	66
Tabel 4.10	Hubungan Logika Ketergantungan	76
Tabel 4.11	Biaya Dengan Durasi Normal Pekerjaan Kritis	84
Tabel 4.12	Total Durasi <i>Crash</i>	88
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan <i>cost slope</i> perhari dan <i>cost slope</i> percepatan	95
Tabel 4.14	Pekerjaan Kritis yang Dipercepat	96
Tabel 4.15	Biaya Tidak Langsung Jam Kerja Lembur 3 Jam	102
Tabel 4.16	Biaya Tidak Langsung Jam Kerja Normal	103

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram <i>Milestone</i>	14
Gambar 2.2	Hubungan Kegiatan	19
Gambar 2.3	<i>Network Diagram</i> AOA	20
Gambar 2.4	Perbandingan Dua Pendekatan Menggambarkan Jaringan Kerja	20
Gambar 2.5	Anak Panah	23
Gambar 2.6	Lingkaran	23
Gambar 2.7	Anak Panah Terputus-putus	24
Gambar 2.8	CPM	25
Gambar 2.9	Sebuah Kegiatan Menuju Kesebuah Peristiwa	26
Gambar 2.10	Beberapa Kegiatan Menuju Kesebuah Peristiwa	27
Gambar 2.11	Sebuah Kegiatan Keluar Dari Sebuah Peristiwa	27
Gambar 2.12	Beberapa Kegiatan Keluar Dari Sebuah Peristiwa	28
Gambar 2.13	Jaringan Kerja	29
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	40
Gambar 3.2	Denah Lokasi Proyek	41
Gambar 4.1	Diagram Batang ( <i>barchat</i> ) <i>schedule</i>	79
Gambar 4.2	Diagram <i>Network Schedule</i>	82
Gambar 4.3	<i>Critical Task Schedule</i>	83
Gambar 4.4	Hasil Analisa <i>Microsoft Project</i> 2016 Setelah Percepatan	96
Gambar 4.5	Diagram Batang ( <i>Barchat</i> ) Percepatan	98
Gambar 4.6	Diagram <i>Network</i> Percepatan	101

## DAFTAR NOTASI

AHSP	: Analisa Harga Satuan Pekerjaan
AOA	: <i>Activity On Arrow</i>
AON	: <i>Activity On Node</i>
<i>Backward</i>	: Perhitungan Mundur
BoQ	: <i>Bill Of Quantity</i>
<i>Cost</i>	: Biaya
CPM	: <i>Critical Path Method</i>
<i>Crash</i>	: Percepatan Durasi Dengan Penambahan Biaya
D	: Durasi Kegiatan
Dc	: Durasi <i>Crash</i>
<i>Direct Cost</i>	: Biaya Langsung
<i>Dummy</i>	: Kegiatan Semu yang Tidak Memerlukan Sumber Daya
EET	: <i>Earlist Event Time</i>
EF	: <i>Early Finish</i>
EFj	: <i>Early Finish</i> yang Berada Pada <i>Node j</i>
ES	: <i>Early Start</i>
ESi	: <i>Early Start</i> yang Berada Pada <i>Node i</i>
F	: Faktor Penurunan Produksi Jam Kerja Lembur
<i>Forward</i>	: Perhitungan Maju
<i>Float</i>	: Tenggang Waktu Keterlambatan Setiap Kegiatan
FF	: <i>Free Float</i>
IF	: <i>Independent Float</i>
<i>Indirect Cost</i>	: Biaya Tak Langsung
JL	: Jumlah Alat
JN	: Jam Kerja Normal
JOT	: Jumlah Jam Kerja Lembur
JT	: Jumlah Tenaga Kerja
KAT	: Kebutuhan Alat
KOF	: Koefisien Pekerjaan
KP	: Kapasitas Produksi

KPR	: Kebutuhan Pekerja
LET	: <i>Latest Event Time</i>
LF	: <i>Late Finish</i>
LFj	: <i>Late Finish</i> yang Berada Pada <i>Node j</i>
LS	: <i>Late Start</i>
LSi	: <i>Late Start</i> yang Berada Pada <i>Node i</i>
NE	: <i>Node Event</i>
NEi	: <i>Node Event</i> yang Berada Pada Ekor Anak Panah
NEj	: <i>Node Event</i> yang Berada Pada Kepala Anak Panah
<i>Network Diagram</i>	: Jaringan Kegiatan Pekerjaan yang Menyatakan Urutan Antar Pekerjaan
RAB	: Rencana Anggaran Biaya
<i>Slack</i>	: Selisih Waktu Antara ES dan LS
TF	: <i>Total Float</i>
<i>Trade Off</i>	: Pertukaran Waktu Dengan Biaya yang Efisien
<i>Unit Price</i>	: Jenis Kontrak
VO	: Volume Pekerjaan
WBS	: <i>Work Breakdown Struktur</i>
X	: Kegiatan Pekerjaan

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan bangsa Indonesia diberbagai sektor terjadi dengan cepat dan semakin baik, dalam pertumbuhan bangsa yang ada saat ini dinilai belum simbang antara daerah-daerah terluar Indonesia, hal ini mendorong pemerintah untuk memprioritaskan pembangunan infrastruktur didaerah-daerah terluar Indonesia, termasuk didalamnya Provinsi Sumatera Utara.

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi bangsa Indonesia, geliat pembangunan diberbagai sektor berkembang sangat pesat. Banyak pihak swasta dan pemerintah berlomba untuk melakukan pembangunan. Kegiatan pembangunan ini berupa proyek-proyek, misalnya proyek pembangunan tempat usaha, proyek gedung, proyek konstruksi, proyek infrastruktur, proyek pengembangan suatu produk, proyek radio telekomunikasi dan lain-lain. Adanya pembangunan proyek, diharapkan mampu meningkatkan kemajuan ekonomi diberbagai sektor.

Dengan pertumbuhan positif yang ada terselesaikannya suatu proyek infrastruktur tepat waktu juga menjadi suatu prioritas. Disini peran manajemen proyek sangat penting guna meminimalkan kegagalan dan keterlambatan dalam menyelesaikan suatu proyek.

Dalam pelaksanaan suatu proyek akan membutuhkan suatu perencanaan, penjadwalan dan pengendalian yang baik, serta diperngaruhi oleh berbagai faktor antara lain : sumber daya yang baik, ketersediaan material, ketersediaan peralatan, kondisi alam, cuaca dan faktor lainnya yang berpengaruh pada kemajuan proyek tersebut. Selain berpengaruh pada kemajuan pelaksanaan proyek, faktor tersebut dapat juga menjadi penyebab adanya keterlambatan penyelesaian proyek, sehingga waktu yang telah direncanakan menjadi melebihi waktu yang ditentukan sebelumnya. Jika suatu proyek mengalami masalah, maka berdampak pada pelaksanaan proyek tersebut, apabila pelaksanaan suatu proyek



mengalami kegagalan berarti gagal pula tujuan yang diharapkan sebelumnya dan menimbulkan pemborosan terhadap penggunaan waktu dan biaya.

Penjadwalan proyek membantu menunjukkan hubungan setiap aktivitas dengan aktivitas lainnya dan terhadap keseluruhan proyek, mengidentifikasi hubungan yang harus didahulukan diantara aktivitas. CPM (*Critical Path Methode*) membuat asumsi bahwa waktu aktivitas yang diketahui dengan pasti sehingga hanya diperlukan satu faktor waktu untuk setiap aktivitas. Salah satu keuntungan CPM berdasarkan Adedeji dan Bello (2014) yaitu CPM cocok untuk formulasi, penjadwalan, dan mengelola berbagai kegiatan disemua pekerjaan konstruksi, karena menyediakan jadwal yang dibangun secara empiris.

Dalam penelitian ini, penulis melakukan studi terhadap data penjadwalan proyek konstruksi milik PT. PP (PERSERO)–Andesmont (KSO) pada Proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme paket II Kab. Deli Serdang, dimana dalam penjadwalan keseluruhan menggunakan metode Bar Chat. Sehingga penulis ingin membuat skenario baru dalam membuat jadwal proyek dengan metode CPM (*Critical Path Methode*).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam tugas akhir ini permasalahan yang akan dibahas dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apa hasil dari penerapan metode jalur kritis CPM (*Critical Path Methode*) pada item pekerjaan bangunan (terowongan) pengelak, Proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme paket II Kab. Deli Serdang ?
2. Apa saja pekerjaan kritis dan non kritis yang terdapat pada item pekerjaan bangunan (terowongan) pengelak, Proyek Pembangunan Bendungan Lau-simeme paket II Kab. Deli Serdang ?
3. Bagaimana perbandingan durasi waktu dan biaya yang dikeluarkan antara penjadwalan rencana Proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme paket II Kab. Deli Serdang dengan penjadwalan dengan metode CPM (*Critical Path Methode*) ?

### **1.3 Ruang Lingkup**

Penelitian ini hanya fokus pada ruang lingkup sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas durasi dan biaya yang dikeluarkan dari pekerjaan bangunan (terowongan) pengelak pada proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme paket II Kab. Deli Serdang dengan menggunakan *softwar* bantuan berupa *microsoft excel* dan *microsoft project*.
2. Pekerjaan kritis dan non kritis yang dianalisa hanya pada item pekerjaan bangunan (terowongan) pengelak berdasarkan *schedule* dan *shopdrawing* yang didapat dari PT. PP (PERSERO)-ANDESMONT, KSO selaku kontraktor utama dari proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli serdang.
3. Perhitungan biaya menggunakan analisa harga satuan pekerjaan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2016.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui hasil dari penerapan metode CPM (*Critical Path Methode*) dalam penjadwalan waktu dan biaya yang dikeluarkan pada item pekerjaan bangunan (terowongan) pengelak, Proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme paket II Kab. Deli Serdang.
2. Untuk mengetahui pekerjaan kritis dan non kritis pada pekerjaan bangunan (terowongan) pengelak, Proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang.
3. Untuk mengetahui perbandingan waktu dan biaya yang dikeluarkan antara penjadwalan rencana Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang dengan keadaan normal dan penjadwalan dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Methode*) hasil analisis yang akan dilakukan percepatan.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan ini adalah:

1. Untuk memberikan informasi bagi pihak kontraktor mengenai perencanaan durasi dan biaya total proyek konstruksi agar dapat mengontrol, serta mengatur waktu penyelesaian proyek dengan lebih efisien dan efektif sehingga dapat meminimalisir keterlambatan pada proyek.
2. Untuk mengetahui kegiatan mana yang harus diselesaikan terlebih dahulu khususnya pada item pekerjaan bangunan (terowongan) pengelak, agar penjadwalan proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme paket II Kab. Deli Serdang dapat terpenuhi.
3. Untuk rekan-rekan mahasiswa agar dapat dijadikan referensi tambahan mengenai metode CPM (*Critical Path Methode*).

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini akan membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini terdapat sub bab dan landasan teori dari penelitian terdahulu yang memaparkan teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang diteliti serta beberapa penelitian yang dilakukan peneliti-peneliti sebelumnya dan juga peraturan-peraturan SNI yang berlaku dan berkaitan dengan penelitian yang dibahas.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini akan menguraikan deskripsi tentang bagaimana penelitian akan dilaksanakan dengan menjelaskan variabel penelitian dan definisi operasional, penentuan jenis sampel, jenis sumber data, metode pengumpulan data, dan metode analisis

#### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menyajikan mengenai analisis perhitungan durasi dari setiap pekerjaan, membuat jadwal kedalam bentuk diagram, serta menentukan pekerjaan kritis dan non kritis pada seluruh item pekerjaan yang akan dikerjakan.

#### BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran atas hasil penelitian yang sudah dilakukan.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Manajemen**

Manajemen telah memberi batasan untuk melaksanakan suatu pekerjaan dengan memanfaatkan sumber daya yang ada melalui pengorganisasian. Pengertian diatas maksudnya adalah bagaimana mengorganisir, memimpin dan mengendalikan pemanfaatan segala sumber daya yaitu manusia, uang, bahan, dan alat-alat dalam suatu usaha untuk mencapai dengan tujuan dengan menggunakan metode-metode tertentu (Iswendra & Novianti, 2018).

Manajemen menurut James A.F Stoner / Charles Wankel:

“manajemen adalah proses perencanaan, pengorganisasian, dan proses pengendalian upaya anggota organisasi dan proses penggunaan sumber daya organisasi untuk tercapainya organisasi yang telah ditetapkan”. (James F Stoner, “Manajemen”, edisi ketiga, CV. Intermedia, Jakarta, 1986, Hal 4).

#### **2.2 Tujuan Manajemen**

Tujuan utama untuk mempelajari manajemen adalah untuk memperoleh suatu cara atau teknik yang baik untuk dilakukan atau diterapkan agar sumber daya yang dimiliki, baik manusia, keuangan, alat dan lainnya bisa dimanfaatkan secara efektif atau dengan kata lain mampu mengendalikan sumber daya yang ada (Telaumbanua et al., 2017).

Manajemen yang baik mengandung pengertian sumber yang terbatas misalnya modal, tenaga dan sebagainya dapat diatur sehingga memperoleh hasil atau pemasukan (*input*) yang efektif dan efisien karena sistem pengaturannya tertata dengan efektifitas dan efisiensi. Efektifitas dan efisiensi adalah dua dua konsepsi utama untuk mengukur prestasi kerja manajemen. Efisiensi adalah untuk kemampuan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan benar sedangkan efektifitas merupakan kemampuan untuk memilih tujuan yang telah ditetapkan. Jadi pengertian efektifitas dan efisiensi berarti segala sesuatu dilaksanakan

dengan berdaya guna yang berarti tepat, cepat, hemat, dan selamat. (Telaumbanua et al., 2017).

### **2.3 Fungsi Manajemen**

Dalam fungsinya menggerakkan organisasi manajemen merupakan suatu proyek yang dinamis yang meliputi fungsi-fungsi *planning*, *organizing*, *actualing*, *controlling*, dan lain-lain. Manajemen suatu rangkaian pekerjaan yang berkaitan serta berfungsi satu sama lain (Telaumbanua et al., 2017).

Fungsi manajemen ada empat, yaitu:

1. *Planning* (perencanaan)
2. *Organizing* (pengorganisasian)
3. *Actualing* (penggerakkan)
4. *Controlling* (pengawasan)

### **2.4 Proyek**

Proyek dalam analisis jaringan kerja adalah serangkaian kegiatan-kegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang unik dan hanya dilakukan dalam periode tertentu (temporer) (Maharesi, 2002).

Proyek dapat didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan yang hanya terjadi sekali, dimana pelaksanaannya sejak awal sampai akhir dibatasi kurun waktu tertentu (Tampubolon, 2014) (dikutip dari Eka Dannyanti, 2010).

Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas.

Munawaroh 2003 (dikutip dari Eka Dannyanti, 2010) menyatakan proyek merupakan bagian dari program kerja suatu organisasi yang sifatnya temporer untuk mendukung pencapaian tujuan organisasi, dengan memanfaatkan sumber daya manusia maupun non sumber daya manusia.

proyek adalah suatu pekerjaan yang memiliki tanda-tanda khusus sebagai berikut, yaitu:

1. Waktu mulai dan selesainya sudah direncanakan.

2. Merupakan suatu kesatuan pekerjaan yang dapat dipisahkan dari yang lain.
3. Biasanya volume pekerjaan besar dan hubungan antar aktifitas kompleks.

proyek dapat didefinisikan sebagai sederetan tugas yang diarahkan kepada suatu hasil utama. kegiatan proyek – dalam proses mencapai hasil akhirnya dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu yang harus dipenuhi – dibedakan dari kegiatan operasional, hal tersebut karena sifatnya yang dinamis, non rutin, multi-kegiatan dengan intensitas yang berubah-ubah, serta memiliki siklus yang pendek.

Dalam Meredith dan Mantel 2006 (dikutip dari Eka Danyanti, 2010) dikatakan bahwa “*The project is complex enough that the subtask require careful coordination and control in terms of timing, precedence, cost, and performance.*” Setiap pekerjaan yang memiliki kegiatan awal dan memiliki kegiatan akhir, dengan kata lain setiap pekerjaan yang dimulai pada waktu tertentu dan direncanakan selesai atau berakhir pada waktu yang telah ditetapkan disebut proyek.

Proyek ada dua jenis yaitu proyek fisik seperti pembangunan gedung dan proyek non fisik seperti pembuatan peraturan. Sedangkan proyek fisik dibagi dua, yaitu proyek konstruksi dan proyek non konstruksi (Elfitra & Galih, 2013).

Karakteristik proyek konstruksi dapat dipandang dalam tiga dimensi, yaitu unik, melibatkan sumber daya dan membutuhkan organisasi. Kemudian proses penyelesaian harus berpegang pada tiga kendala (*triple constrain*): sesuai spesifikasi yang ditetapkan, sesuai *time schedule* dan sesuai biaya yang direncanakan. Terdapat tiga karakteristik proyek adalah, sebagai berikut:

#### 1. Proyek bersifat unik

Keunikan dari proyek konstruksi adalah tidak pernah terjadi rangkaian kegiatan yang sama persis (tidak ada proyek identik, yang ada adalah proyek sejenis), proyek bersifat sementara dan selalu melibatkan grup pekerja yang berbeda-beda

#### 2. Membutuhkan sumber daya (*resources*)

Setiap proyek konstruksi membutuhkan sumber daya dalam penyelesaiannya, yaitu pekerja dan “sesuatu” (uang, mesin, metoda, material). Pengorganisasian semua sumber daya tersebut dilakukan oleh manajer proyek.

### 3. Membutuhkan organisasi

Setiap organisasi mempunyai keragaman tujuan dimana didalamnya terlibat sejumlah individu dengan ragam keahlian, ketertarikan, kepribadian, dan juga ketidakpastian.

## 2.5 Manajemen Proyek

Dari wawasan manajemen bahwa manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan.

PMI (*Project Management Institute*) (dikutip dari , mengemukakan definisi manajemen proyek sebagai berikut, manajemen proyek adalah ilmu dan seni yang berkaitan dengan memimpin dan mengkoordinir sumber daya yang terdiri dari manusia dan material dengan menggunakan tehnik pengelolaan modern untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan, yaitu lingkup, mutu, jadwal, dan biaya, serta memenuhi keinginan para *stake holder*.

Berikut ini perbedaan manajemen proyek dengan manajemen klasik menurut D.I Cleland dan W.R King. (dikutip dari Eka Dannyanti, 2010).

Tabel 2.1: Perbedaan Manajemen Proyek dengan Manajemen Klasik (Eka Dannyanti, 2010).

Fenomena	Wawasan Proyek (Manajemen Proyek)	Wawasan Fungsional (Manajemen Klasik)
Lini-staf dikotomi	Hierarki lini-staf serta wewenang dan tanggung jawab tetap ada sebagai fungsi penunjang.	Fungsi lini mempunyai tanggung jawab tunggal untuk mencapai sasaran.
Hubungan atasan dengan bawahan.	Manajer ke spesialis, kelompok dengan kelompok.	Merupakan dasar hubungan pokok dalam struktur organisasi.
Struktur piramida.	Unsur-unsur rantai hubungan vertikal tetap ada, ditambah adanya arus kegiatan horisontal.	Kegiatan utama organisasi dilakukan menurut hirarki vertikal.



Tabel 2.1: *Lanjutan*

Fenomena	Wawasan Proyek (Manajemen Proyek)	Wawasan Fungsional (Manajemen Klasik)
Kerja sama untuk men capai tujuan.	<i>Joint venture</i> para peserta, ada tujuan yang sama dan ada juga yang berbeda.	Kelompok dalam orga nisasi dengan tujuan tunggal.
Kesatuan komando.	Manajer proyek mengelola, menyilang lini fungsional untuk mencapai sasaran.	Manajer lini merupa kan pimpinan tunggal dari kelompok yang bertujuan sama.
Wewenang dan tang gung jawab.	Terdapat kemungkinan tan ggung jawab lebih besar dari otoritas resmi.	Tanggung jawab sepa dan dengan wewe nang, integritas, tang gung jawab, dan wewe nang terpelihara.
Jangka waktu.	Kegiatan manajemen pro yek berlangsung dalam jangka pendek. Tidak cukup waktu untuk men capai optimasi operasional proyek.	Terus-menerus dalam jangka waktu panjang sesuai umur instalasi dan produk. Optimasi dapat diusahakan mak simal.

Manajemen proyek merupakan semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu.

Pengertian dari optimal disini adalah menyatakan kriteria kesuksesan pelaksanaan dari suatu proyek konstruksi yaitu apabila memenuhi:

1. Dilaksanakan dalam batasan waktu yang telah ditetapkan.
2. Dilaksanakan sesuai dengan biaya yang sudah diamggarkan.
3. Kualitasnya memenuhi syarat-syarat teknis pekerjaan.
4. Memberikan manfaat sesuai dengan perencanaan.

Dari beberapa pengertian diatas dapat dilihat bahwa konsep manajemen proyek mengandung hal-hal sebagai berikut:

1. Menggunakan pengertian manajemen berdasarkan fungsinya yaitu: merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan berupa manusia, biaya dan material.
2. Kegiatan yang dikelola berjangka pendek dengan sasaran yang telah ditentukan.
3. Memakai pendekatan sistem.
4. Mempunyai hirarki horizontal dan vertikal

Beberapa poin diatas menunjukkan bahwa manajemen proyek tidak bermaksud meniadakan arus kegiatan vertikal, tetapi ingin memasukkan pendekatan teknik serta metode yang spesifik untuk menanggapi tuntutan dan tantangan yang dihadapi dalam kegiatan proyek.

Manajemen proyek meliputi tiga fase, yaitu:

1. Perencanaan.

Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek dan organisasi tim-nya.

2. Penjadwalan.

Fase ini menghubungkan orang, uang dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.

3. Pengendalian.

Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

Menurut Siswanto (2007) (dikutip dari Eka Dannyanti, 2010), dalam manajemen proyek, penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentu waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lain, yaitu:

1. Penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgetting*), kebutuhan sumber daya manusia (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang lain.
2. Proses pengendalian (*controlling*).

Tujuan manajemen proyek adalah sebagai berikut:

1. Tepat waktu (*on time*) yaitu waktu atau jadwal yang merupakan salah satu sasaran utama proyek, keterlambatan akan mengakibatkan kerugian, seperti penambahan biaya, kehilangan kesempatan produk memasuki pasar.
2. Tepat anggaran (*on budget*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.
3. Tepat spesifikasi (*on specification*) dimana proyek harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

## **2.6 Manajemen Konstruksi**

Manajemen adalah proses perencanaan, pengarahan, pengorganisasian, dan pengawasan terhadap usaha-usaha para anggota organisasi dan penggunaan sumber daya organisasi lainnya. Manajemen konstruksi memiliki ruang lingkup yang cukup luas, karena mencakup tahap kegiatan sejak awal pelaksanaan pekerjaan sampai dengan akhir pelaksanaan yang berupa hasil pembangunan (Telaumbanua et al., 2017).

Manajemen konstruksi adalah suatu metode untuk memenuhi kebutuhan konstruksi. Manajemen konstruksi menangani tahapan-tahapan perencanaan, desain dan konstruksi proyek kedalam tugas-tugas yang terpadukan (Iswendra & Noviarti, 2018).

Tugas-tugas itu dibebankan kepada suatu tim manajemen yang terdiri dari pemilik, manajer dan organisasi perancang. Kontraktor dan / atau badan pendukung dana dapat pula merupakan bagian dari tim tersebut. Hubungan kontrak antar anggota tim dimasukkan untuk menekan seminimal mungkin adanya pertentangan dan menumbuhkan daya tanggap dalam lingkungan tim itu sendiri.

Ciri yang paling membedakan proses manajemen konstruksi dengan yang lainnya adalah adanya satu perusahaan tunggal, perusahaan manajemen konstruksi yang terlibat dalam keseluruhan proyek.

Manajemen konstruksi digunakan karena memiliki keuntungan dibandingkan dengan sistem konvensional dalam banyak hal. Keuntungan-keuntungan tersebut dapat ditinjau dari aspek biaya, mutu dan waktu (Iwawo et al., 2016).

## 2.7 Penjadwalan Proyek

Proyek merupakan rangkaian kegiatan yang mempunyai dimensi waktu, fisik dan biaya guna mewujudkan gagasan serta mendapatkan tujuan tertentu (Brando et al., 2017)

Secara garis besar ada beberapa metode diagram penjadwalan yang cukup kenal dalam penjadwalan proyek, diantaranya:

1. Diagram batang
2. Penjadwalan linear
3. Diagram jaringan / *Network Diagram*

Penjadwalan proyek adalah kegiatan menetapkan jangka waktu kegiatan proyek yang harus diselesaikan, bahan baku, tenaga kerja serta waktu yang dibutuhkan oleh setiap aktivitas (Iwawo et al., 2016).

Penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dimana setiap aktifitas harus dilaksanakan agar proyek tepat waktu dengan biaya yang ekonomis (Callahan, 1992 dikutip dari Setiawati et al., 2017).

Jadwal yang ekonomis, metode jaringan kerja (CPM) digunakan menganalisis masalah, dengan memperkirakan:

1. Jadwal bagi proyek, didasarkan biaya langsung untuk mempersingkat waktu penyelesaian komponen-komponennya.
2. Jadwal yang optimal dengan memperhatikan biaya langsung dan tidak langsung.

### 2.7.1 Metode Penjadwalan Proyek

Dalam konteks penjadwalan, terdapat dua perbedaan, yaitu waktu (*time*) dan kurun waktu (*duration*). Bila waktu menyatakan siang/malam, sedangkan kurun waktu (*duration*) menunjukkan lama waktu yang dibutuhkan dalam melakukan suatu kegiatan, seperti lamanya waktu kerja dalam satu hari adalah 8 jam (Telaumbanua et al., 2017).

Ada beberapa teknik dan metode dalam perencanaan proyek, diantaranya adalah:

## 1. Peta Gantt (*Gantt Chart*)

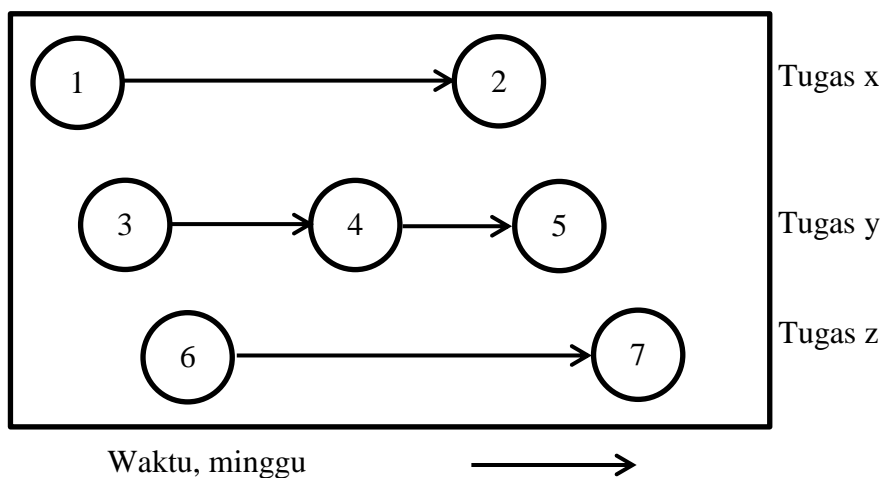
Dari semua teknik-teknik perencanaan yang dikenal salah satunya adalah peta gantt (*gantt chart*) yang dikembangkan oleh Henry L Gantt, salah seorang pioneer dari *scientific* manajemen, dalam suatu konvensional Bar Chart biasanya hanya menunjukkan masa lalu, atau analisa dari kondisi tertentu menurut kebiasaan yang lebih mudah dimengerti pada suatu tabel, gambar atau tulisan yang berupa uraian (Iswendra & Noviarti, 2018).

*Gantt Chart* merupakan diagram perencanaan yang digunakan untuk penjadwalan sumber daya dan alokasi waktu. *Gantt Chart* adalah contoh teknik non-matematis yang banyak digunakan dan sangat populer dikalangan para manajer karena sederhana dan mudah dibaca.

## 2. Metode Pembabakan (*Milestone Methode*)

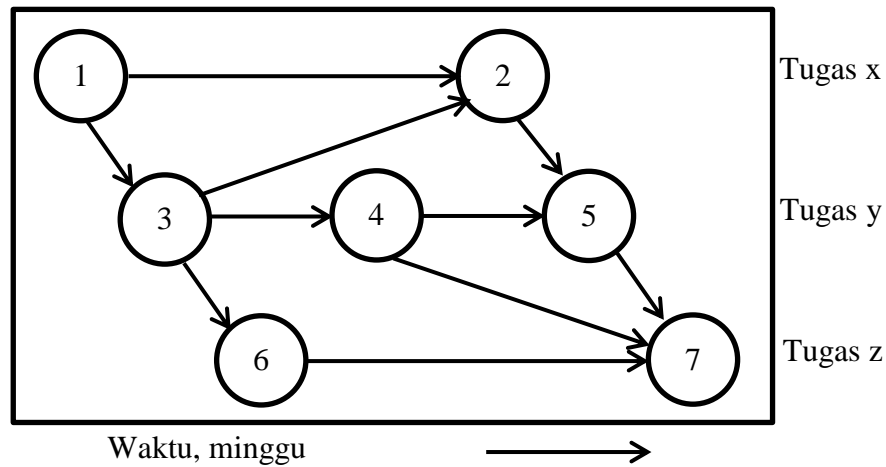
*Milestone metode* merupakan penyempurnaan dari *gantt chart* yang sederhana. Dalam *gantt chart* mungkin saja ada beberapa *milestone* yang dapat merupakan kejadian atau dimana aktivitas lain mulai dilakukan. Untuk lebih jelas menunjukkan kebergantungan diantara aktivitas-aktivitas, maka diantara *milestone-milestone* dihubungkan dengan anak panah seperti terlihat pada gambar 2.1. gambar A menunjukkan *milestone* dalam *bar chart* biasa dan gambar B menunjukkan *milestone metode* dengan anak panah yang menunjukkan kebergantungan aktivitas-aktivitas. Berikut 2 contoh dari gambar *Milestone method*:

Gambar A



Gambar 2.1: Diagram *milestone* (Iswendra & Noviarti, 2018)

Gambar B



Gambar 2.1: Lanjutan

### 3. Garis Keseimbangan (*line of balance*)

*Line of balance* pada mulanya berasal dari industri manufaktur dan kemudian pada tahun 1942 dikembangkan oleh Departemen Angkatan Laut AS untuk pemrograman dan pengendalian proyek-proyek yang bersifat repetitif. Kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh *National Building Agency* di Inggris untuk proyek-proyek perumahan yang bersifat repetitif, dimana alat penjadwalan yang berorientasi pada sumber daya ini ternyata lebih sesuai dan realistis dari pada alat penjadwalan yang berorientasi (Brando et al., 2017).

Teknik *line of balancing* dikembangkan untuk menangani jumlah produksi pada suatu industri, sehingga terciptanya keseimbangan antara setiap stasiun kerja pada proses produksi tersebut. Pada dunia konstruksi teknik dapat dipakai pada pembangunan rumah atau pada *finishing*, dimana terdapat kegiatan-kegiatan yang dikerjakan bersama-sama. Dasar dari teknik ini adalah satu set *bar chart* yang menunjukkan susunan dari produk yang diproduksi.

### 4. Bagan Balok (*Bar Chart*)

Dalam *bar chart* (bagan balok). Kegiatan digambarkan oleh balok horizontal. Panjang balok menyatakan lama kegiatan dalam skala waktu yang dipilih. Bagan balok terdiri atas sumbu y yang menyatakan kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek dan digambarkan sebagai balok, sedangkan sumbu x

menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu, atau bulan sebagai durasinya (Iwawo et al., 2016).

## 5. Kurva-S

Pada kurva-S, sumbu mendatar menunjukkan waktu kalender, dan sumbu vertikal menunjukkan sumbu kumulatif biaya atau persentase penyelesaian pekerjaan. Kurva yang berbentuk huruf “S” tersebut lebih banyak terbentuk karena kelaziman dalam pelaksanaan proyek, yaitu:

- a. Kemajuan pada awal-awalnya bergerak lambat.
- b. Kemudian diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama.
- c. Pada akhirnya kegiatan menurun kembali dan berhenti pada suatu titik akhir.

## 6. *Time Chainage Diagram*

*Time Chainage Diagram* adalah salah satu metode dari penjadwalan linear. Nama lain dari *Time Chainage Diagram* adalah *Space Time Diagram*. *Time Chainage Diagram* adalah variasi lain dari LoB (Mawdesley et al, 1989). Metode ini juga dikenal sebagai *Time Distance Chart* yaitu merupakan perluasan sederhana dari metode *Bar Chart* yang dikenal luas oleh sistem perencanaan (Brando et al., 2017).

## 7. *Network Planning*

Menurut Tubagus Haedar Ali (1935:38 dikutip dari Iwawo et al., 2016), *network planning* adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam *network diagram* proyek yang bersangkutan.

Jaringan kerja (*network planning*) pada 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 (Syahputra, 2017).

Menurut (Telaumbanua et al., 2017), Manfaat penerapan *network scheduling*:

- a. Penggambaran logika hubungan antar kegiatan, membuat perencanaan proyek menjadi lebih rinci dan detail.
- b. Dengan memperhitungkan dan mengetahui waktu terjadinya setiap kegiatan yang ditimbulkan oleh satu atau beberapa kegiatan, kesukaran-kesukaran yang bakal timbul dapat diketahui jauh sebelum terjadi sehingga tindakan pencegahan yang diperlukan dapat dilakukan.
- c. Dalam *network planning* dapat terlihat jelas waktu penyelesaian yang dapat ditunda atau harus disegerakan.
- d. Sebagai alat komunikatif yang efektif.
- e. Memungkinkan tercapainya penyelenggaraan proyek yang lebih ekonomis dipandang dari sudut biaya langsung dan penggunaan sumber daya yang optimum.
- f. Berguna untuk menyelesaikan klaim yang diakibatkan oleh keterlambatan dalam menentukan pembayaran kemajuan pekerjaan, menganalisis *cash flow* dan pengendalian biaya.
- g. Menyediakan kemampuan analisis untuk mencoba mengubah sebagian dari proses, lalu mengamati efek terhadap proyek secara keseluruhan.
- h. Terdiri atas metode *Activity On Arrow* (AOA) dan *Activity On Node* (AON).

Tahap-tahap penyusunan *Network Planning*:

- a. Menginventarisasi kegiatan-kegiatan dari paket WBS berdasar item pekerjaan, lalu diberikan kode kegiatan untuk memudahkan identifikasi.
- b. Memperhatikan durasi setiap pekerjaan dengan mempertimbangkan jenis pekerjaan, volume pekerjaan, jumlah sumber daya, lingkungan kerja, serta produktivitas kerja.
- c. Menentukan logika ketergantungan antar kegiatan dilakukan dengan tiga kemungkinan hubungan, yaitu kegiatan yang mendahului, kegiatan yang didahului, serta bebas.
- d. Perhitungan analisis waktu serta alokasi sumber daya, dilakukan setelah langkah-langkah diatas.



## 8. *Network Diagram*

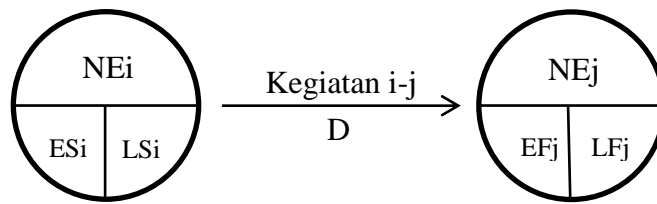
*Network Diagram* adalah visualisasi proyek berdasarkan *network planning*. *Network Diagram* berupa jaringan kerja yang berisi lintasan-lintasan kegiatan dan urutan-urutan peristiwa yang ada selama penyelenggara proyek. *Network Diagram* terdiri dari simbol kegiatan, simbol peristiwa dan bila diperlukan simbol hubungan antar peristiwa. (*dummy*) (Iwawo et al., 2016).

Metode *Network Diagram* atau metode jaringan kerja diperkenalkan pada tahun 50-an oleh tim perusahaan *DuPont* dan *Rand Corporation* untuk mengembangkan sistem manajemen.

Variabel kegiatan dalam membuat *Diagram Network* adalah kurun waktu, tanggal mulai dan tanggal berakhir. Bila kegiatan tersebut dijumlahkan kembali akan menjadi lingkup proyek keseluruhan (Sugiyarto et al., 2013) . Adapun beberapa variabel *Diagram Network*, sebagai berikut:

- a. Peristiwa atau kejadian *milestone*, suatu titik waktu dimana semua kegiatan sebelumnya sudah selesai dan kegiatan sesudah itu dapat dimulai. Peristiwa dalam proyek adalah titik awal dimulainya proyek dan peristiwa akhir adalah titik dimana proyek selesai. Salah satu peristiwa atau *event* yang penting dinamakan tonggak kemajuan atau *milestone*.
- b. Node i dan Node j, yang berada diekor anak panah adalah node i, sedangkan yang dikepala adalah node j. Tetapi node j akan menjadi node i untuk kegiatan berikutnya.
- c. Kecuali kegiatan awal maka sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, kegiatan terdahulu harus diselesaikan.
- d. *Dummy* merupakan anak panah yang hanya menjelaskan hubungan ketergantungan antara dua kegiatan, tidak memerlukan sumber daya dan tidak membutuhkan waktu.
- e. Penyajian grafis jaringan kerja tidak membutuhkan skala, kecuali untuk keperluan tertentu.

Berikut dibawah ini gambar dari hubungan kegiatan:



Gambar 2.2: Hubungan kegiatan (Sugiyarto et al., 2013)

Keterangan :

Nei : nomor dari lingkaran kegiatan yang merupakan permulaan dari kegiatan yang ditinjau

Nej : nomor dari lingkaran kejadian yang merupakan ujung akhir kegiatan yang ditinjau.

Ada dua pendekatan yang digunakan dalam *Network Diagram* yaitu:

a. *Activity On Node* (AON)

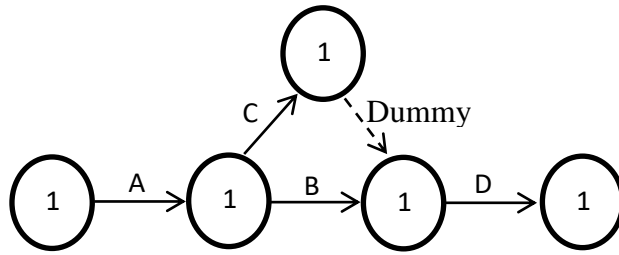
PDM metode yang digunakan adalah *Activity On Node* (AON) dimana tanda panah hanya menyatakan keterkaitan antara kegiatan. Kegiatan dari peristiwa pada PDM ditulis dalam bentuk node yang berbentuk kotak segi empat.

b. *Activity On Arrow* (AOA)

Beberapa hal yang digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan diagram *network* adalah sebagai berikut:

- 1) Dalam penggambaran, *network diagram* harus jelas dan mudah untuk dibaca.
- 2) Harus dimulai dari *event* (kejadian) dan diakhiri pada *event* (kejadian).
- 3) Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang digambar garis lurus dan boleh patah.
- 4) Dihindari terjadinya perpotongan antara anak panah.

Berikut adalah contoh dari *network diagram Activity On Arrow* (AOA):



Gambar 2.3: *Network diagram AOA* (Brando et al., 2017)

Berikut ini penjelasan dua pendekatan yang dijelaskan melalui gambar dibawah ini:

Kegiatan-pada-Titik	Arti dari Kegiatan	Kegiatan-pada-Panah
	A datang sebelum B yang datang sebelum C.	
	A dan B keduanya harus diselesaikan sebelum C dapat dimulai.	
	B dan C tidak dapat dimulai hingga A selesai.	
	C dan D tidak dapat dimulai hingga A dan B keduanya selesai.	
	C tidak dapat dimulai hingga A dan B keduanya selesai; D tidak dapat dimulai hingga B selesai. Kegiatan ditunjukkan pada AOA.	
	B dan C tidak dapat dimulai hingga A, D tidak dapat dimulai hingga B dan C keduanya selesai. Kegiatan ditunjukkan pada AOA.	

Gambar 2.4: Perbandingan dua pendekatan menggambarkan jaringan kerja. (*Principles of Operations management*, 2004) (dikutip dari (Brando et al., 2017).

### 2.8 Critical Path Methode (CPM)

*Critical Path Methode* (CPM) merupakan dasar dari sistem perencanaan dan pengendalian pekerjaan yang didasarkan pada *network* atau jaringan kerja. CPM pertama kali digunakan di Inggris pada pertengahan tahun 50-an pada suatu proyek pembangkit tenaga listrik, kemudian dikembangkan oleh *Intergrated Engineering Control Group of E.I du Pont de Nemours and Company* yang diprakarsai oleh Walker dan Kelly jr. Tahun 1957, keduanya dari *Reiningtone*

*Rand, Univac Computer Division*, yang dinamakan penjadwalan jalur kritis (*Critical Path Scheduling-CPS*) (Tarore, 2002) (dikutip dari Iwawo et al., 2016).

Metode ini mampu mengidentifikasi jalur kritis pada sekumpulan aktifitas yang telah ditentukan ketergantungan antar aktifitasnya. Aktifitas adalah sebuah tugas spesifik yang memiliki satu hasil yang dapat diukur yang memiliki durasi pengerjaannya. (Oliver de Weck, 2012 dikutip dari Dwiretnani & Kurnia, 2014).

Menurut Srivastava (1995:663) (dikutip dari Sugiyarto et al., 2013), CPM adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan estimasi waktunya bersifat deterministik (pasti). Setiap kegiatan dapat diselesaikan lebih cepat dari waktu normalnya dengan cara memintas kegiatan untuk sejumlah biaya tertentu. Dengan demikian, apabila waktu penyelesaian proyek tidak memuaskan, beberapa kegiatan tertentu dapat dipintas untuk dapat menyelesaikan proyek dengan waktu yang lebih sedikit.

Dalam operasionalnya CPM (*Critical Path Methode*) digambarkan dengan menggunakan diagram anak panah untuk menentukan lintasan kritis sehingga disebut juga metode lintasan kritis.

Metode ini sangat bagus untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek serta paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. CPM juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan (Setiawati et al., 2017). Komponen-komponen dalam metode CPM adalah:

1. *Diagram Network*.
2. Hubungan antar simbol dan urutan kegiatan.
3. Jalur kritis.
4. Tenggang waktu kegiatan
5. Limit jadwal kegiatan.

Manfaat yang diperoleh jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut:

1. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh proyek tertunda penyelesaiannya.

2. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya bila pekerjaan-pekerjaan yang ada dilintasan kritis dapat dipercepat.
3. Pengawasan atau kontrol hanya diperketat pada lintasan kritis saja, sehingga pekerjaan-pekerjaan dilintasan kritis perlu pengawasan ketat agar tidak tertunda 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 atau lembur.

Secara teoritis yaitu perhitungan dengan metode *Critical Path Methode* (CPM) berdasarkan data pembangunan. Lima langkah dalam metode CPM (Elfitra & Galih, 2013), yaitu:

1. Identifikasi proyek dan semua aktifitas atau tugas yang signifikan.
2. Membuat keterkaitan antara aktivitas-aktivitasnya. Putuskan aktivitas mana yang harus mendahului dan mana yang harus mengikuti yang lain.
3. Menggambar jaringan yang menghubungkan semua aktifitas.
4. Hitung jalur kritis paling panjang melalui jaringan itu.
5. Gunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek.

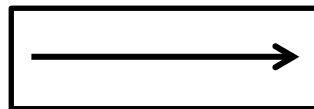
Didalam suatu kegiatan yang besar, seperti penyelesaian suatu proyek, yang mencakup kegiatan-kegiatan yang terpisah tetapi berkaitan satu sama lainnya senantiasa ada sejumlah kegiatan yang dianggap “vital” bagi selesainya proyek waktu penyelesaiannya tidak dapat ditunda-tunda kalau kita tidak ingin terjadi keterlambatan secara menyeluruh dari penyelesaian proyek.

Pada umumnya kegiatan yang bersifat kritis dapat ditemukan pada satu jalur atau lintasan sejak awal sampai akhir proyek. Kemungkinan untuk menetapkan adanya lintasan kritis suatu jaringan digunakan salah satu atau metode jalur kritis. Jumlah simbol yang digunakan dalam sebuah jaringan kerja, minimum ada dua macam dan maksimum ada tiga macam. Macam-macam simbol tersebut adalah:

1. Anak panah

Anak panah ini melambangkan suatu kegiatan dari suatu proyek. Pada umumnya nama kegiatan dicantumkan diatas anak panah dan lama kegiatan dibawahnya. Ekor anak panah ditafsirkan sebagai kegiatan dimulai dan

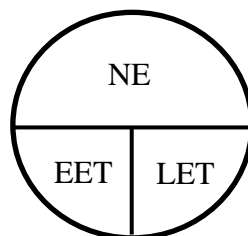
kepalanya ditafsirkan kegiatan selesai. Lamanya kegiatan adalah jarak waktu antara kegiatan dimulai dengan kegiatan selesai. Pada lamanya kegiatan diberi kode huruf besar A,B,C dan seterusnya. Berikut gambar dari anak panah dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 2.5: Anak panah (Iswendra & Noviarti, 2018).

## 2. Lingkaran

Lingkaran yang menggambarkan peristiwa selalu digambarkan lingkaran yang terbagi atas tiga bagian ruangan, ruangan sebelah atas merupakan tempat bilangan atau huruf yang menyatakan peristiwa. Ruangan sebelah kiri bawah merupakan yang menyatakan lamanya hari (waktu satuan hari) yang merupakan saat paling awal peristiwa yang bersangkutan. Ruangan sebelah kanan bawah merupakan tempat bilangan yang menyatakan saat paling lambat peristiwa yang bersangkutan boleh terjadi. Selisih waktu dari kedua saat tersebut adalah tenggang waktu peristiwa (*Slack*) berharga positif. Ada kemungkinan tenggang waktu tersebut berharga nol, maka peristiwa yang bersangkutan merupakan peristiwa yang kritis, jika berharga negatif peristiwa tersebut adalah peristiwa super kritis dan ini bertanda bahwa proyek tidak akan selesai pada waktu yang telah ditetapkan. Berikut gambar dari lingkaran yang dilengkapi dengan contoh *schedule* pekerjaan:



Gambar 2.6: Lingkaran (Iswendra & Noviarti, 2018).

Keterangan:

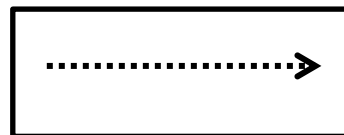
NE = *Number of event*

EET = *Earlist Event Time* (waktu paling awal)

LET = *Latest Event Time* (waktu paling akhir)

### 3. Anak panah terputus-putus (*Dummy*)

Anak panah terputus-putus melambangkan hubungan antar peristiwa, sama halnya dengan anak panah yang melambangkan kegiatan. Hubungan antar kegiatan (*Dummy*) tidak membutuhkan waktu, sumber daya dan ruangan. Oleh karena itu hubungan antar peristiwa tidak perlu diperhitungkan. *Dummy* ini menyatakan logika ketergantungan yang patut diperhatikan. Berikut gambar dari *Dummy*:



Gambar 2.7: Anak panah terputus-putus (Rachman & Iswendra, 2018).

Untuk dapat membaca diagram jaringan kerja sebuah proyek perlu dijelaskan pengertian dasar hubungan antara simbol yang ada dalam setiap jaringan kerja. Notasi yang dipakai dalam penjelasan mengenai hubungan antar simbol ini adalah sebagai berikut:

D (x) = Durasi kegiatan X

ES (x) = Waktu mulai paling cepat untuk kegiatan X

EF (x) = Waktu selesai paling cepat untuk kegiatan X

LS (x) = Waktu mulai paling lambat untuk kegiatan X

LF (x) = Waktu selesai paling lambat untuk kegiatan X

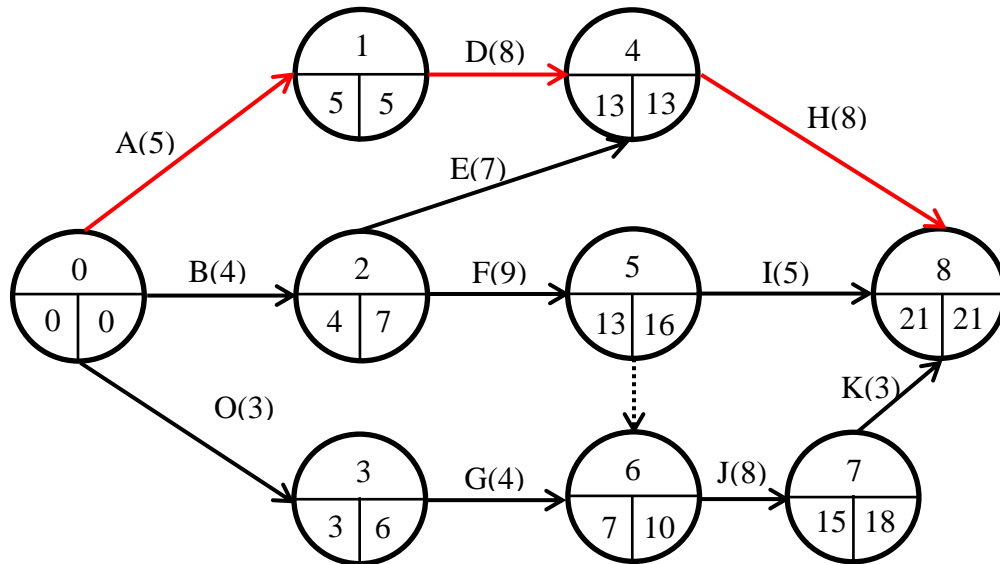
TF (x) = Tenggang waktu total untuk kegiatan X

FF (x) = Tenggang waktu bebas untuk kegiatan X

S = Waktu mulai proyek

T = Waktu penyelesaian proyek

Untuk dapat lebih jelas mengenai tentang *Critical Path Methode* (CPM) disertai dengan *Network Planning* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.8: CPM (Iswendra & Noviarti, 2018).

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} EF(A) &= 0 + 5 \\ &= 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LS(H) &= 21 - 8 \\ &= 13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TF(H) &= 21 - 13 - 8 \\ &= 0 \text{ (kritis)} \end{aligned}$$

### 2.8.1 Hubungan Antar Simbol Kegiatan

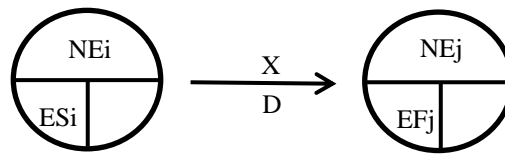
Dalam proses perhitungan dengan metode CPM dikenal adanya beberapa parameter sebagai berikut:

1. EET (*Earliest Event Time*), saat paling awal peristiwa / *node* / *event* mungkin terjadi, yang berarti waktu paling cepat suatu kegiatan yang berasal dari *node* tersebut dapat dimulai karena menurut aturan dasar suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan-kegiatan terdahulu diselesaikan (Sugiyarto et al., 2013).



- a. *Early Start*, saat paling cepat peristiwa yang mungkin terjadi, maksudnya waktu mulai paling awal suatu kegiatan. Bila waktu kegiatan dinyatakan dalam hari, maka waktu ini merupakan hari pertama kegiatan dimulai.
- b. *Early Finish*, saat paling cepat peristiwa terakhir mungkin terjadi, berarti waktu selesai paling awal suatu kegiatan. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka *Early Finish* kegiatan terdahulunya merupakan *Early Start* kegiatan berikutnya.

Berikut gambar untuk sebuah kegiatan menuju sebuah peristiwa:



gambar 2.9: Sebuah kegiatan menuju sebuah peristiwa (Sugiyarto et al., 2013)

Untuk bisa mengetahui sebuah kegiatan menuju sebuah peristiwa dapat ditentukan dengan Pers. 2.1 dibawah ini:

$$EF_j = ES_i + D \quad (2.1)$$

Keterangan:

X = kegiatan

NE<sub>i</sub> = nomor dari peristiwa awal kegiatan

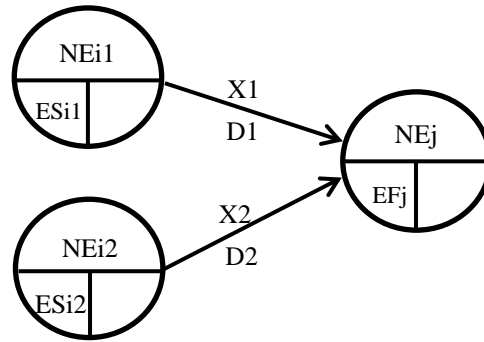
NE<sub>j</sub> = nomor dari peristiwa akhir kegiatan

D = Lama kegiatan X yang diperkirakan

ES<sub>i</sub> = saat paling awal peristiwa awal

EF<sub>j</sub> = saat paling awal peristiwa akhir

Sedangkan untuk beberapa kegiatan menuju sebuah peristiwa dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.10: Beberapa kegiatan menuju sebuah peristiwa (Sugiyarto et al., 2013).

Untuk bisa mengetahui beberapa kegiatan menuju sebuah peristiwa dapat ditentukan dengan Pers. 2.2 dibawah ini:

$$EF_j = (ES_i + D) \text{ maksimum} \quad (2.2)$$

Keterangan:

X = nama kegiatan

ES<sub>i</sub> = saat paling awal peristiwa awal dari kegiatan

D = lama kegiatan yang diperkirakan

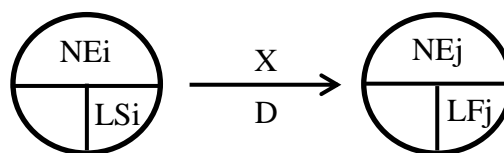
EF<sub>j</sub> = saat paling awal peristiwa akhir seluruh kegiatan

2. LET (*Latest Event Time*), saat paling lambat suatu peristiwa boleh terjadi, berarti waktu paling lambat yang masih diperbolehkan.

a. *Latest Start*, saat paling lambat peristiwa awal boleh terjadi atau waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai, yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.

b. *Latest Finish*, saat paling lambat peristiwa akhir boleh terjadi, berarti waktu paling akhir kegiatan boleh selesai tanpa memperlambat penyelesaian proyek.

Berikut gambar sebuah kegiatan keluar dari sebuah peristiwa:



Gambar 2.11: Sebuah kegiatan keluar dari sebuah peristiwa (Sugiyarto et al., 2013).

Untuk bisa mengetahui sebuah kegiatan keluar dari sebuah peristiwa dapat ditentukan dengan Pers. 2.3 dibawah ini:

$$LS_i = LF_j - D \quad (2.3)$$

Keterangan:

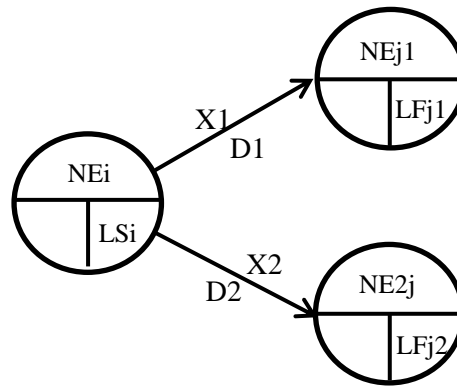
X = kegiatan

D = lama kegiatan X yang diperkirakan

LS<sub>i</sub> = saat paling lambat peristiwa awal

LF<sub>j</sub> = saat paling lambat peristiwa akhir

Sedangkan untuk beberapa kegiatan keluar dari sebuah peristiwa dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.12: Beberapa kegiatan keluar dari sebuah peristiwa (Sugiyarto et al., 2013).

Untuk bisa mengetahui beberapa kegiatan keluar dari sebuah peristiwa dapat ditentukan dengan Pers. 2.4 dibawah ini:

$$LS_i = (LF_j - D) \text{ minimum} \quad (2.4)$$

Keterangan:

X = nama kegiatan

LF<sub>j</sub> = saat paling lambat peristiwa akhir kegiatan X

D = lama kegiatan X yang diperkirakan

LS<sub>i</sub> = saat paling lambat peristiwa awal kegiatan

## 2.8.2 Metode Penyusunan Jaringan Kerja

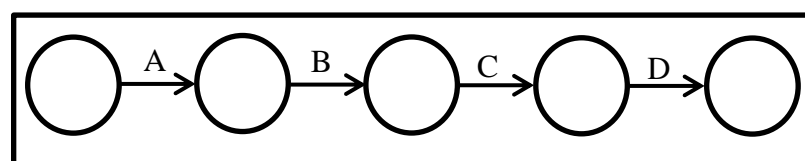
Unsur yang diperlukan dalam membuat jaringan kerja proyek adalah jenis kegiatan, logika ketergantungan, perkiraan waktunya dan metode pelaksanaan. Jika hal tersebut diatas diketahui maka tidak dapat menghitung setiap kegiatan yaitu waktu mulai paling cepat, waktu selesai paling lambat, tenggang waktu total dan tenggang waktu bebas (Iswendra & Noviarti, 2018). Adapun langkah-langkah didalam menyusun jaringan kerja adalah sebagai berikut:

### 1. Inventarisasi kegiatan

Proses inventarisasi kegiatan dilakukan dengan memecah suatu proyek menjadi beberapa bagian komponen utama proyek. Selanjutnya komponen utama ini dipecah menjadi beberapa komponen lagi, dan pada tahapan akhir didapat paket-paket pekerjaan. Proses ini biasa disebut *Work Break Down Structue* (WBS).

### 2. Logika ketergantungan kegiatan

Setelah semua jenis kegiatan diketahui maka kita dapat membuat jaringan kerja berdasarkan logika ketergantungan ini akan menghasilkan berbagai bentuk jaringan kerja. Berikut adalah contoh jaringan kerja yang paling sederhana. Untuk logika ketergantungan dengan bentuk jaringan kerja dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.13. Jaringan kerja (Iswendra & Noviarti, 2018).

Pada gambar nampak bahwa setiap kegiatan tidak dapat dikerjakan apabila kegiatan pendahulunya belum selesai dikerjakan.

## 2.8.3 Perkiraan Waktu

Perkiraan waktu yang dimaksud adalah jangka waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap kegiatan. Pada umumnya apabila waktu pelaksanaan

bertambah panjang maka biaya pelaksanaannya akan bertambah besar, dan demikian pula sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh biaya *overhead* yang besarnya tergantung dari waktu pelaksanaan (Iswendra & Noviarti, 2018).

#### **2.8.4 Perhitungan Maju**

Hitungan maju adalah cara perhitungan waktu awal mulai sebuah proyek yang tercepat sampai selesai nya proyek dengan waktu yang tercepat atau simbol yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu, E<sub>Si</sub>, E<sub>Sj</sub>, dan D (Sugiyarto et al., 2013). Aturan yang digunakan dalam perhitungan maju adalah:

1. Kecuali kegiatan awal, maka suatu kegiatan baru dapat dimulai setelah kegiatan yang mendahuluinya (*predecessor*) sudah dilaksanakan.
2. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan yang menjadi satu jalur, maka E<sub>fj</sub> (kegiatan selesai paling cepat) tersebut adalah E<sub>Si</sub> (kegiatan mulai paling cepat) yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

#### **2.8.5 Perhitungan Mundur**

Perhitungan mundur adalah cara mengetahui waktu paling akhir sebuah kegiatan untuk dimulai hingga selesai nya kegiatan tersebut dengan waktu paling lama (Sugiyarto et al., 2013). Hitungan mundur dimulai dari paling kanan (kegiatan akhir dari sebuah proyek). Aturan dalam hitungan mundur adalah:

1. Bila hanya ada satu kegiatan yang keluar dari peristiwa, maka waktu paling akhir dikurangi dengan kurun waktu kegiatannya.
2. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih yang mengikuti, maka L<sub>si</sub> (waktu paling lama kegiatan dilaksanakan) kegiatan tersebut adalah L<sub>Fj</sub> (waktu paling lama kegiatan selesai) yang terkecil dari kegiatan terdahulu nya.

#### **2.9 Tenggang Waktu Kegiatan**

Tenggang waktu kegiatan adalah jangka waktu yang merupakan ukuran batas toleransi keterlambatan kegiatan. Dengan ukuran ini dapat diketahui karakteristik pengaruh keterlambatan terhadap penyelenggaraan proyek dan terhadap pola

kebutuhan sumber daya dan biaya (Sugiyarto et al., 2013). Syarat menghitung tenggang waktu kegiatan adalah:

1. Telah ada *Network Diagram* yang tepat yaitu terdiri dari kegiatan, peristiwa, dan *dummy* (bila diperlukan) yang jumlahnya tepat, hubungan logika ketergantungan memenuhi persyaratan, dan nomor-nomor peristiwanya memenuhi persyaratan.
2. Lama kegiatan perkiraan masing-masing telah ditentukan.
3. Telah dihitung EET dan LET semua peristiwa.

### 2.9.1 Float

*Float* merupakan sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan, sehingga memungkinkan penundaan atau perlambatan kegiatan secara sengaja / tidak sengaja, tetapi penundaan tersebut tidak menyebabkan proyek menjadi terlambat dalam penyelesaiannya (Sugiyarto et al., 2013). Ada tiga macam bentuk tenggang waktu kegiatan, yaitu:

#### 1. *Total Float* (TF)

Pada penyusunan dan perencanaan jadwal proyek, arti penting dari *total float* adalah menunjukkan jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda tanpa mempengaruhi jadwal proyek secara keseluruhan. *Total float* berguna untuk menentukan lintasan kritis untuk mempercepat durasi proyek, bila  $TF = 0$ . Untuk mengetahui *total float* (TF) dapat ditentukan dengan Pers. 2.5 dibawah ini:

$$TF = LS_j - D - ES_i \quad (2.5)$$

#### 2. *Free Float* (FF)

*Free float* adalah jangka waktu antara saat paling awal peristiwa akhir ( $ES_j$ ) kegiatan yang bersangkutan dengan saat selesainya kegiatan yang bersangkutan, bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling awal ( $ES_i$ ). *Free float* juga berguna untuk alokasi sumber daya dan waktu dengan memindahkannya ke kegiatan lain. Untuk mengetahui *free float* (FF) dapat ditentukan dengan Pers. 2.6 dibawah ini:

$$FF = ES_j - D - ES_i \quad (2.6)$$

### 3. *Independent Float* (IF)

*Independent float* adalah jangka waktu antara saat paling awal peristiwa akhir (ES<sub>j</sub>) kegiatan yang bersangkutan dengan saat selesainya kegiatan tersebut, bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling lambat peristiwa awal (ES<sub>i</sub>) nya. Untuk mengetahui *independent float* dapat ditentukan dengan Pers. 2.7 dibawah ini:

$$IF = ES_j - D - LS_i \quad (2.7)$$

## 2.10 Durasi Proyek

Durasi proyek adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan proyek (Maharany dan Fajarwati, 2006) (dikutip dari Astutik, 2016).

faktor yang berpengaruh dalam menentukan durasi pekerjaan adalah volume pekerjaan, metode kerja, (*construction method*), keadaan lapangan, serta keterampilan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan proyek.

### 2.10.1 Durasi Aktivitas

Produktifitas pekerja digunakan sebagai sumber ketidakpastian untuk menyusun jadwal probabilistik (Brando et al., 2017). Dalam menentukan durasi pekerjaan perlu diketahui teknik perhitungan *koefisien* dari pekerjaan yang akan dihitung. Kebutuhan tenaga kerja/alat dihitung berdasarkan *koefisien* AHSP dikalikan dengan volume pekerjaannya.

Lamanya menentukan waktu pelaksanaan untuk setiap pekerjaan, dihitung berdasarkan kebutuhan tenaga kerja atau alat dibagi jumlah tenaga kerja atau alat yang akan digunakan (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, 2017).

Untuk bisa mendapatkan total lamanya suatu pekerjaan harus diketahui terlebih dahulu jenis pekerjaan (manual atau mekanis) dan alat yang digunakan. Apabila pekerjaan tersebut dilaksanakan secara manual, maka dapat dilakukan dengan Pers. 2.8 dibawah ini:

$$KPR = VO \times KOF \quad (2.8)$$

Keterangan:

KPR = kebutuhan pekerja

VO = volume pekerjaan

KOF = koefisien AHSP

Setelah didapatkan total KPR, maka dilanjutkan dengan perhitungan durasi pekerjaan. Adapun cara menghitung durasi dapat dilakukan dengan menggunakan Pers. 2.9 dibawah ini:

$$D = \frac{KPR}{(JT \times 7)} \quad (2.9)$$

Keterangan:

D = durasi pekerjaan

KPR = kebutuhan pekerja

JT = jumlah tenaga kerja

7 = total jam kerja efektif dalam 1 hari kerja

Apabila pekerjaan yang akan dihitung merupakan pekerjaan mekanis, maka dapat dilakukan dengan Pers. 2.10 dibawah ini:

$$KAT = VO \times KOF \quad (2.10)$$

Keterangan:

KAT = kebutuhan alat

VO = volume pekerjaan

KOF = koefisien AHSP

Setelah didapat total KAT, maka dilanjutkan dengan mencari total hari dari pekerjaan tersebut. Adapun cara menentukan durasi pekerjaan alat mekanis dapat menggunakan Pers. 2.11 dibawah ini:

$$D = \frac{KAT}{(JL \times 7)} \quad (2.11)$$

Keterangan:

D = durasi pekerjaan

KAT = kebutuhan alat

JL = jumlah alat yang digunakan

7 = total jam kerja dalam 1 hari kerja



## **2.11 Efektivitas Waktu**

Rahardjo Adisasmita (2011:70) (dikutip dari Yusdiana & Satyawisudarini, 2018) mengemukakan bahwa “efektivitas merupakan rangkaian *input*, proses dan *output* dalam memandang suatu hal tertentu.” Dalam suatu organisasi atau perusahaan, program atau kegiatan dinilai apabila *output* yang dihasilkan bisa memenuhi tujuan yang diharapkan. Efektifitas merupakan suatu kondisi atau keadaan dimana dalam memilih tujuan yang hendak dicapai dan sarana peralatan yang digunakan disertai tujuan yang diinginkan dapat tercapai dengan hasil yang memuaskan. Kesesuaian antara waktu dan jadwal proyek dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

1. Material
2. Tenaga kerja
3. Peralatan
4. Keuangan
5. Kontraktor
6. Mitra kerja
7. Konsultan
8. Faktor eksternal

## **2.12 Efisiensi Waktu dan Biaya**

Efisiensi adalah tingkat kehematan dalam menggunakan sumber daya yang ada dalam rangka mencapai tujuan yang diinginkan. Efisiensi terbagi menjadi dua, yaitu efisiensi waktu dan efisiensi biaya. Efisiensi waktu adalah tingkat kehematan dalam hal waktu saat pelaksanaan hingga kapan proyek itu selesai. Sedangkan efisiensi biaya adalah tingkat kehematan dan pengorbanan ekonomi yang dilakukan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan (Muchdoro, 1997:180) (dikutip dari Sugiyarto et al., 2013).

## **2.13 Hubungan Biaya Terhadap Waktu Pelaksanaan**

Aspek biaya diperhitungkan dalam penjadwalan proyek, dengan jalan mendefinisikan hubungan biaya dengan lamanya kegiatan dalam proyek, dimana

biaya yang dimaksud adalah biaya langsung (*direct cost*). Sedangkan biaya tak langsung (*indirect cost*) akan diperhitungkan dalam menentukan biaya total suatu proyek (Telaumbanua et al., 2017).

Biaya langsung akan meningkat apabila waktu pelaksanaan proyek dipercepat, namun biaya langsung ini akan meningkat juga bila waktu pelaksanaan proyek diperlambat. Biaya tidak langsung tidak tergantung pada kuantitas pekerjaan melainkan bergantung pada jangka waktu pelaksanaan proyek maka biaya kumulatifnya akan naik secara linear menurut umur proyek.

#### **2.14 Rencana Anggaran Biaya Proyek**

Biaya proyek merupakan dana (uang) yang akan dipakai dalam menjalankan sebuah proyek konstruksi, biaya ini yang akan digunakan ketika proyek berjalan dalam satu kurun waktu tertentu. Aspek-aspek yang harus diperhitungkan dalam biaya ialah membuat hubungan biaya dan waktu (*duration*) untuk setiap kegiatan yang dilakukan. Dalam hal ini biaya yang dimaksud adalah biaya langsung saja, tidak termasuk biaya administrasi, supervisi dan lainnya. (Hayun,2005) (dikutip dari Astutik, 2016).

#### **2.15 Asumsi dan Batasan CPM**

Jadwal CPM yang tersedia adalah benar/ideal. Dan dapat dilaksanakan (realistis) berdasarkan sumber daya yang dimiliki (pekerja, material dan peralatan) (Sompie & Pratas, 2015).

Durasi keterlambatan yang terjadi pada suatu aktifitas hanya diperhitungkan sampai batas 50% durasi semula. Untuk keterlambatan lebih dari 50% dapat:

1. Dilakukan perhitungan dengan cara yang sama.
2. Percepatan durasi yang dilakukan pada suatu aktifitas dilakukan se-maksimal mungkin berdasarkan durasi semua aktifitas tersebut.
3. Percepatan durasi hanya dilakukan pada suatu aktifitas pengikut saja dengan tujuan membuat suatu perbandingan antara masing-masing alternatif percepatan aktifitas yang ada.
4. Penambahan jam kerja maksimum dalam satu hari kerja adalah 3 jam, sehingga dalam satu hari kerja, pekerja bekerja maksimum 11 jam.

5. Jumlah pekerja maksimum untuk menyelesaikan tiap aktifitas adalah 50 pekerja per aktifitas untuk luas dan besar proyek dalam studi penelitian ini.
6. Semua jenis aktifitas diasumsikan dapat dikerjakan pada siang hari dan malam hari.
7. Semua peralatan dan material yang dibutuhkan diasumsikan tersedia cukup.

### **2.16 Syarat Mempercepat Umur Proyek**

Syarat yang harus dipenuhi agar dapat membuat rencana dengan umur proyek yang lebih cepat daripada keadaan semula adalah (Sompie & Pratisis, 2015):

1. Telah ada *Network Diagram*.
2. Lama kegiatan perkiraan masing-masing kegiatan telah ditentukan.
3. Berdasarkan ketentuan diatas, dihitung saat paling awal (EET) dan saat paling lambat (LET) semua peristiwa.
4. Hitung *total float* dan *free float* dari masing-masing kegiatan dengan tujuan mendapatkan jalur kritis atau non kritis dari semua kegiatan.
5. Lakukan percepatan pada pekerjaan-pekerjaan yang termasuk kritis

### **2.17 Crashing**

Dalam sebuah penjadwalan proyek terdapat hubungan antara durasi dan biaya dari pekerjaan, yang bisa di artikan apabila proyek dilaksanakan dengan waktu lama maka biaya semakin rendah. Sedangkan apabila proyek dilaksanakan secara cepat maka biaya akan meningkat (Hutasoit et al., 2014). Dalam bahasa asing dikenal dengan *crashing* yaitu proses mempercepat durasi sebuah pekerjaan yang dilakukan secara sengaja dan sistematis dan analisis dengan melakukan pengujian pada masing-masing pekerjaan khususnya pada pekerjaan kritis (Hutasoit et al., 2014).

Proses *crashing* biasanya dengan menambah sumber daya manusia dalam pekerjaan tersebut ataupun dengan menambah jam kerja (lembur) pada pekerjaan yang akan dilakukan percepatan.

## 2.18 Produktifitas Harian Kerja Normal dan Percepatan

Produktifitas harian merupakan sebuah acuan yang digunakan untuk *unit* (tenaga kerja dan alat) dalam mengerjakan suatu volume pekerjaan tertentu setiap hari nya baik itu dalam keadaan normal maupun saat pekerjaan dipercepat (Oetomo et al., 2017). Secara umum produktifitas harian bisa dilakukan dengan Pers. 2.12 dibawah ini:

$$\text{Produktifitas harian normal} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi normal}} \quad (2.12)$$

Produktifitas harian dipercepat didapat dari produktifitas harian normal dengan produktifitas saat jam lembur per hari. Sedangkan untuk produktifitas pekerja pada jam lembur, diasumsikan mengalami penurunan sebesar 20%. Hal itu dikarenakan semakin lama manusia bekerja maka stamina berkurang dan tidak bisa bekerja 100 % (Oetomo et al., 2017).

## 2.19 Percepatan Dengan Jam Kerja Lembur

Salah satu cara untuk melakukan percepatan adalah dengan menambah jam kerja dari jam yang pada umumnya (*overtime*). Penambahan jam kerja ini sangat sering dilakukan dikarenakan dapat memberdayakan sumber daya yang sudah ada dilapangan dan cukup dengan mengefisiensikan tambahan biaya yang akan dikeluarkan kontraktor (Oetomo et al., 2017). Pada penelitian ini acuan untuk harga upah kerja lembur dan batasan jam kerja lembur berdasarkan KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 (Kepmenakertrans, 2004) dengan uraian sebagai berikut:

1. Penambahan jam kerja lembur dalam 1 hari hanya boleh 3 jam dan 14 jam untuk 1 minggu.
2. Memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila jam kerja lembur dilakukan selama 3 jam.
3. Untuk jam lembur pertama upah pekerja dikali 1,5 dari upah pekerja per jam.
4. Untuk jam lembur kedua dan seterusnya harus dibayar 2 kali lipat upah jam lembur dalam satu jam.

Untuk menghitung hasil percepatan pada penambahan jam kerja lembur bisa dengan menggunakan Pers. 2.13 berikut ini:

$$Dc = \frac{VO}{(JN \times KP) + (JOT \times KP \times F)} \quad (2.13)$$

Keterangan:

Dc = durasi *crash* (hari)

JN = jam kerja normal

KP = kapasitas produksi/jam

JOT = jumlah jam kerja lembur

F = faktor penurunan kapasitas produksi jam kerja lembur

VO = volume pekerjaan

Dalam melakukan tambahan jam kerja lembur, secara langsung akan berdampak terhadap prestasi pekerja dalam melakukan pekerjaannya atau tenaga kerja tidak akan bisa bekerja secara 100%. Hal tersebut dikarenakan terlalu banyak tenaga yang dikeluarkan sehingga konsentrasi akan menurun. Berikut ini adalah tabel penurunan kapasitas produksi tenaga kerja:

Tabel 2.2: Penurunan kapasitas produksi tenaga kerja (Wijaya et al., 2018).

No	Jam lembur	Penurunan indeks produktifitas	Prestasi kerja (%)
1	1 jam	0,05	95
2	2 jam	0,1	90
3	3 jam	0,2	80
4	4 jam	0,4	60

## 2.20 *Crash Cost*, dan *Cost Slope*

Dalam menghitung biaya percepatan dari masing-masing kegiatan dibutuhkan analisa *crash cost*, dan *cost slope*. Perhitungan *crash cost* ini digunakan untuk menentukan *cost slope* masing-masing kegiatan yang dipercepat. Sedangkan *cost slope* berguna untuk meninjau kemiringan dari masing-masing segmen garis yang dapat memberikan identifikasi mengenai pengaruh biaya terhadap pengurangan waktu penyelesaian suatu proyek (Hutasoit et al., 2014).

## 2.21 Program *Microsoft Project*

Dalam sebuah proyek konstruksi pasti akan banyak mengalami sebuah masalah ketika dilapangan, sehingga dalam merencanakan sebuah kegiatan (pelaksanaan) harus dilakukan dengan cermat, tepat, dan benar (Wowor et al., 2013). Oleh karena itu dibutuhkan *software* yang dapat membantu manajer proyek dalam merencanakan pelaksanaan, yaitu *microsoft project* atau disingkat dengan *MS Project*.

Aplikasi *microsoft project* adalah salah satu *software* administrasi proyek yang dapat melakukan perencanaan, pengolahan, pengawasan dan pelaporan data dari suatu proyek. *Microsoft project* memberikan unsur-unsur manajemen proyek yang sempurna dengan menggabungkan keuntungan seperti, kemudahan, kemampuan, dan fleksibilitas sehingga seorang manajer proyek dapat memonitoring perencanaan dan pelaksanaan secara akurat dan efisien (Wohon, 2015).

Menurut (PULUNGAN, 2015), tujuan penjadwalan dengan *microsoft project* adalah:

1. Mengetahui durasi kerja proyek.
2. Membuat durasi optimum.
3. Mengendalikan jadwal yang dibuat.
4. Mengalokasikan sumber daya yang digunakan.

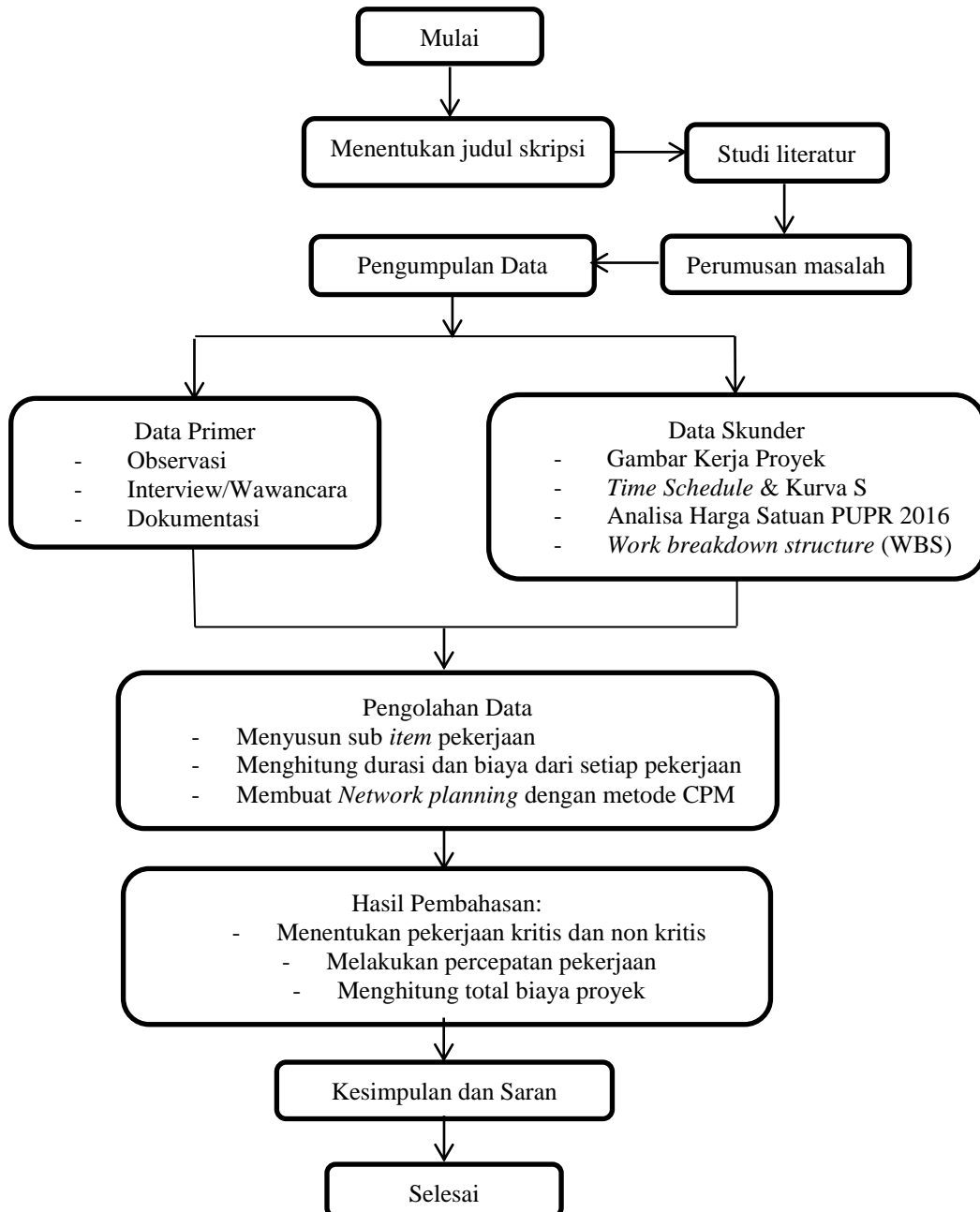
Komponen-komponen yang dibutuhkan dalam aplikasi *microsoft project* adalah:

1. Kegiatan (rincian tugas dan tugas utama).
2. Durasi kegiatan dari setiap kegiatan yang sudah di *breakdown structure*.
3. Hubungan dari setiap kegiatan.
4. *Resources* (sumber daya).

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian (Data primer,2020).

### 3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

#### 3.2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Bendungan Lau-Simeme paket II yang terletak di Desa Kuala Dekah, Kecamatan Sibiru-Biru, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Berikut adalah denah lokasi proyek:



Gambar 3.2: Denah lokasi proyek (PT. PP PERSERO-ANDESTMONT KSO,2020).

Letak Geografis dan kondisi wilayah Sibiru-Biru, Kabupaten Deli Serdang terletak diantara koordinat  $2^{\circ} 57'' - 3^{\circ} 16''$  Lintang Utara dan  $98^{\circ} 33'' - 99^{\circ} 27''$  Bujur Timur. Secara administratif Kabupaten Deli Serdang terdiri dari 22 (dua puluh dua) Kecamatan, 14 (empat belas) Kelurahan dan 380 Desa, dengan luas wilayah 249.772 Ha (2.497,72 Km<sup>2</sup>). Batas-batas wilayah Kabupaten Deli



Serdang adalah sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Langkat dan Selat Malaka, sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Karo dan Kabupaten Simalungun, sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Langkat dan Kabupaten Karo, sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Serdang Berdagai.

### **3.2.2 Waktu Penelitian**

Penelitian akan dilaksanakan selama 2 (dua) bulan dimulai dari 15 Januari 2020-15 Maret 2020. Peneliti akan melakukan observasi, pengamatan serta wawancara selama 2 (dua) bulan di instansi terkait (PT. PP PERSERO-ANDESTMONT KSO) selaku kontraktor utama dari proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang dari pukul 00.09-16.00 WIB.

## **3.3 Populasi dan Sampel**

### **3.3.1 Populasi**

Populasi atau *Universe* adalah jumlah keseluruhan dari satuan-satuan atau individu-individu yang karakteristiknya hendak diteliti dan satuan-satuan tersebut dinamakan unit analisis dan dapat berupa orang-orang, institusi-institusi, benda-benda, dan sebagainya (Yusdiana & Satyawisudarini, 2018)

Populasi juga dapat dikatakan wilayah generalisasi yang terdiri atas objek/subjek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya

Pada penelitian ini populasi yang ditetapkan oleh peneliti adalah seluruh pegawai/non pegawai serta pekerja kasar (tukang) yang terikat dengan Perusahaan PT. PP PERSERO-ANDESTMONT, KSO khususnya pada proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang.

### **3.3.2 Sampel**

Sampel adalah bagian atau jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Bila populasi besar, dan peneliti tidak mungkin mempelajari semua yang ada pada populasi, seperti karena keterbatasan dana, tenaga dan

waktu, maka peneliti akan mengambil sampel dari populasi itu. Apa yang dipelajari dari sampel itu, kesimpulannya akan diberlakukan untuk populasi. Untuk itu sampel yang diambil dari populasi harus betul-betul representative (Sandu & Sodik, 2015)

Pada penelitian ini sampel yang ditetapkan oleh peneliti adalah para pegawai/staff yang memiliki posisi (jabatan) dilapangan (bukan dikantor proyek) serta melibatkan beberapa pekerja kasar (tukang). Ini dilakukan dikarenakan, didalam penelitian ini peneliti membahas tentang durasi pekerjaan dan membuat penjadwalan ulang proyek agar lebih efektif sehingga peneliti ingin mengetahui penyebab-penyebab keterlambatan dari suatu pekerjaan baik itu alam maupun non alam (teknis), peneliti juga ingin mengetahui durasi jam kerja dari semua pekerja yang berada dilapangan serta upah yang diberikan institusi terkait kepada para pekerja dilapangan.

### **3.4 Pendekatan dan Teknik Penelitian**

#### **3.4.1 Pendekatan penelitian**

pendekatan kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat analisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui (Yenika Purhariani, 2017).

Pada penelitian ini peneliti menggunakan pendekatan kuantitatif yang berupa angka-angka yang dapat dihitung serta diukur secara sistematis, seperti data waktu yang dibutuhkan untuk setiap kegiatan pada proyek, jumlah pekerja dari setiap item pekerjaan pada proyek dan upah pekerja.

#### **3.4.2 Teknik Penelitian**

penelitian deskriptif adalah penelitian yang dimaksudkan untuk menyelidiki keadaan, kondisi, atau hal lain-lain yang sudah disebutkan, yang hasilnya dipaparkan dalam bentuk laporan penelitian (Yenika Purhariani, 2017).

Pada penelitian ini peneliti menggunakan teknik penelitian deskriptif dengan cara meneliti suatu objek dan mendeskripsikan secara sistematis mengenai keadaan yang ada pada sebuah proyek.

### 3.5 Jenis dan Sumber Data

#### 3.5.1 Jenis Data

Pada penelitian ini peneliti mengelompokkan jenis data menjadi 2 bagian, yaitu jenis data berdasarkan sifatnya dan jenis data berdasarkan cara memperolehnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini:

##### 1. Jenis data berdasarkan sifatnya.

###### a. Data kualitatif

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) (dikutip dari (Eka Dannyanti, 2010).

Dalam penelitian ini, peneliti memerlukan data mengenai kegiatan proyek dan hubungan ketergantungan antar kegiatan. Hubungan ketergantungan sangat diperlukan karena dengan diketahuinya hubungan ketergantungan ini maka kegiatan yang didahulukan dapat dikerjakan dan dapat dijadikan dasar untuk melakukan kegiatan selanjutnya, serta dapat dilihat pula bahwa suatu kegiatan belum dapat dimulai apabila kegiatan sebelumnya belum selesai dikerjakan.

###### b. Data kuantitatif

Data kuantitatif merupakan data dengan menggunakan pengukuran-pengukuran dan pembuktian-pembuktian, khususnya pengujian hipotesis yang dirumuskan sebelumnya dengan menggunakan statistika untuk mengukur dan membuktikan penelitian.

Dalam penelitian ini, peneliti memerlukan data seperti waktu kegiatan proyek, jadwal kegiatan proyek, jumlah pekerja dari tiap item pekerjaan, serta harga upah pekerja dan data lain yang berhubungan dengan permasalahan penelitian.

##### 2. Jenis data berdasarkan cara memperolehnya

###### a. Data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari sumbernya, diamati, dan dicatat untuk pertama kalinya (Marzuki,2005) (dikutip dari (Yenika Purhariani, 2017).

Data primer dari penelitian ini diperoleh secara langsung dari sumber yang diteliti melalui proses wawancara, observasi dan dokumentasi dari tiap kegiatan yang sudah dikerjakan. Data yang dibutuhkan peneliti seperti, hubungan ketergantungan dari setiap pekerjaan, penyebab-penyebab keterlambatan dari setiap item pekerjaan, jumlah pekerja dari setiap item pekerjaan, dan harga upah untuk pekerja (tukang).

b. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang bukan diusahakan sendiri pengumpulannya oleh peneliti. Data sekunder diperoleh dari Biro Statistik, dokumen-dokumen perusahaan atau organisasi, surat kabar dan majalah, ataupun publikasi lainnya. Biasanya sudah dalam bentuk publikasi seperti data yang diperoleh dari situasi-situasi internet dan data lainnya yang berhubungan langsung dengan objek yang diteliti sebagai sumber perhitungan sehingga menjadi data yang siap digunakan.

Data sekunder yang dibutuhkan peneliti didalam penelitian ini adalah gambar kerja proyek, *time schedule* & kurva S, analisis harga satuan (AHS) berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2016, dan *work breakdown structure* (WBS).

### **3.5.2 Sumber Data**

Sumber data dalam penelitian ini termasuk data internal, yaitu data yang diperoleh langsung dari tempat dan institusi perusahaan penelitian sehingga informasi (data sekunder) penelitian tidak didapat melalui pihak perantara. Dalam hal ini data yang didapatkan berasal dari perusahaan PT. PP PERSERO-ANDESTMONT, KSO pada proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang.

## **3.6 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional**

### **3.6.1 Variabel Penelitian**

Variabel secara umum dibagi menjadi dua, yaitu variabel independen (bebas) dan variabel dependen (terikat). Variabel independen merupakan tipe variabel

yang menjelaskan atau mempengaruhi variabel lain, sedangkan variabel dependen adalah tipe variabel yang dijelaskan atau dipengaruhi oleh variabel independen (Eka Dannyanti, 2010).

Variabel independen (bebas) yang ada didalam penelitian ini yaitu urutan dari tiap item pekerjaan, durasi dari setiap pekerjaan, dan hubungan ketergantungan antar kegiatan proyek. Sedangkan variabel dependen (terikat) yaitu waktu optimal proyek dan penjadwalan proyek.

### **3.6.2 Definisi Operasional**

Dalam mempermudah proses penganalisaan maka tiap variabel akan didefinisikan secara operasional. Definisi operasional merupakan penjabaran satu variabel penelitian kedalam indikator-indikator yang terperinci (Dannyanti Eka,2010). Definisi operasional dari variabel penelitian adalah sebagai berikut:

#### **1. Waktu optimal proyek**

Waktu dalam hal ini adalah lamanya suatu rangkaian ketika proses berlangsung, yang merupakan penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah-langkah kegiatan untuk mencapai sasaran. Waktu optimal proyek adalah jumlah waktu penyelesaian proyek yang terbaik atau waktu yang relatif singkat (Dannyanti Eka,2010).

#### **2. Durasi proyek**

Durasi proyek adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan proyek.

#### **3. Hubungan ketergantungan antar kegiatan**

Hubungan ketergantungan antar kegiatan proyek terkait dengan kegiatan mana yang harus didahulukan atau dikerjakan dan dapat dilihat pula bahwa suatu kegiatan belum dapat apabila kegiatan sebelumnya belum selesai dikerjakan.

#### **4. Penjadwalan proyek**

Penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktifitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dimana setiap aktifitas harus dilaksanakan agar proyek tepat waktu dengan biaya yang ekonomis.

### 3.7 Teknik Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian, data yang dikumpulkan akan digunakan untuk memecahkan masalah yang ada sehingga data tersebut harus benar-benar dapat dipercaya dan akurat. Dalam suatu penelitian ilmiah, metode pengumpulan data dimaksudkan untuk memperoleh bahan-bahan yang relevan, akurat, dan terpercaya (Danniyanti Eka, 2010).

Metode pengumpulan data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah:

#### 1. Wawancara

Wawancara sebagai teknik pencarian dan pengumpulan informasi dilakukan dengan mendatangi secara langsung kepada para responden untuk dimintai keterangan mengenai sesuatu yang diketahuinya (bisa mengenai suatu kejadian, fakta, maupun pendapat responden (Sandu & Sodik, 2015).

#### 2. Observasi

Observasi adalah pengamatan dan pencatatan secara teliti dan sistematis atas gejala-gejala (fenomena) yang sedang diteliti.

#### 3. Studi Pustaka

Pengumpulan data yang dilakukan dengan membaca buku-buku literatur, jurnal-jurnal, internet, majalah, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

### 3.8 Metode Pengambilan Sampel

Teknik sampling adalah cara untuk menentukan sampel yang jumlahnya sesuai dengan ukuran sampel yang akan dijadikan sumber data sebenarnya, dengan memperhatikan sifat-sifat dan penyebaran populasi agar diperoleh sampel yang representatif (Sandu & Sodik, 2015).

Dalam penelitian ini teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *Non Probability Sampling*. Ada beberapa jenis teknik *sampling* yang bisa digunakan didalam *Non Probability Sampling* akan tetapi, peneliti hanya menggunakan *Purposive Sampling* (pengambilan sampel secara disengaja).

*Purposive Sampling* adalah cara (teknik) pengambilan sampel dengan menetapkan target yang dipilih dari seluruh populasi yang benar-benar memahami dan mengetahui apa yang diinginkan oleh peneliti, sehingga peneliti

akan mendapatkan berupa data baik kuantitatif maupun kualitatif yang sesuai dengan permasalahan yang diteliti.

Teknik ini dipilih oleh peneliti dikarenakan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini seperti harga upah pekerja yang akan dilakukan wawancara langsung kepada pekerja kasar (tukang), hubungan ketergantungan dari setiap pekerjaan yang akan dilakukan wawancara langsung kepada staff/pegawai dari perusahaan terkait yang memiliki wilayah kerja dilapangan konstruksi, dan penyebab-penyebab keterlambatan dari setiap pekerjaan baik teknis maupun non teknis yang akan dilakukan wawancara kepada staff/pegawai dari perusahaan terkait yang memiliki wilayah kerja dilapangan konstruksi.

### **3.9 Tahap Analisis Data**

Dalam penelitian ini akan digunakan metode *Critical Path Methode* (CPM) khususnya pada penjadwalan sebuah proyek. Proyek yang akan dilakukan penjadwalan adalah proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang dengan kontraktor pelaksana PT PP PERSERO-ANDESTMONT, KSO.

Pada metode CPM, terdapat dua buah perkiraan waktu dan biaya untuk setiap kegiatan yang terdapat dalam jaringan. Kedua perkiraan tersebut adalah perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya normal (*normal estimate*) dan perkiraan waktu dan biaya yang sifatnya dipercepat (*Crash Estimate*). Dalam menentukan perkiraan waktu penyelesaian akan dikenal jalur kritis, jalur yang memiliki rangkaian-rangkaian kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Sehingga dapat dikatakan bahwa jalur kritis berisikan kegiatan-kegiatan kritis dari awal sampai akhir jalur.

Untuk mengetahui langkah-langkah yang akan dilakukan didalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengumpulkan data-data dari PT PP PERSERO-ANDESTMONT, KSO seperti data gambar kerja proyek, *Time Schedule & Kurva S*, Analisis Harga Satuan (AHS), dan *Work Break Down Structure* (WBS).

2. Melakukan inventarisasi kegiatan, yaitu memecah kegiatan utama proyek menjadi komponen-komponen kerja yang rinci kedalam sebuah tabel agar mudah untuk dideskripsikan.
3. Setelah poin 2 selesai, dilanjutkan dengan memberikan kode kegiatan dari seluruh item pekerjaan kedalam tabel agar mudah untuk diidentifikasi. Kode bisa berupa huruf abjad dari A-Z, apabila terlalu banyak item pekerjaan maka kode akan menjadi 2 digit huruf abjad, contoh nya AA, BB, CC, dan seterusnya.
4. Menghitung durasi dan biaya dari masing-masing kegiatan yang dihasilkan dari perhitungan produktifitas pekerja berdasarkan analisa harga satuan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2016 serta hasil pengamatan dan wawancara dilapangan, yaitu volume pekerjaan, jumlah pekerja, harga pekerja, dan produktifitas pekerja per hari. Dalam perhitungan ini satuan yang digunakan adalah hari.
5. Menyusun kembali komponen-komponen dari masing-masing pekerjaan pada poin 2 menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai logika ketergantungan antara tiap pekerjaan berdasarkan studi literatur, pengamatan dan wawancara langsung dengan staff/pegawai dilapangan. Menentukan logika ketergantungan antar kegiatan dilakukan dengan tiga kemungkinan hubungan, yaitu kegiatan yang mendahului, kegiatan yang didahului, serta bebas (*Dummy*).
6. Melakukan perhitungan analisa waktu dengan metode CPM dengan tolak ukur EET (*Earlist Event Time*) atau sering disebut waktu paling awal, dan LET (*Latest Event Time*) atau waktu paling akhir. Ada 3 perhitungan yang digunakan dalam metode CPM khusus nya untuk mengetahui nilai waktu dari EET dan LET, yaitu:
  - a Perhitungan kedepan.
  - b Perhitungan kebelakang.
  - c Perhitungan *Slack* atau *Total Float*.Pada perhitungan ini peneliti akan menggunakan *software* bantuan berupa *microsoft excel* 2010 agar perhitungan lebih cepat diselesaikan.
7. Setelah perhitungan pada poin 6 selesai dilakukan terhadap semua item pekerjaan maka akan ditentukan jalur kritisnya. Pekerjaan dapat dikatakan kritis apabila  $TF$  (*Total Float*) = 0.



8. Langkah selanjutnya menggambar *network planning* CPM berisi, *node* (berupa lingkaran) yang didalamnya berisi nomor dari kegiatan, hasil perhitungan EET dan LET, lalu tanda anak panah yang menunjukkan arah dari kegiatan sebelumnya menuju kegiatan berikutnya, kode kegiatan yang sudah ditentukan, durasi kegiatan yang sebelumnya dihitung pada poin 4, *dummy* dari kegiatan yang sudah ditentukan serta kegiatan kritis yang sudah didapat dari *total float*. Pada penggambaran *network planning* ini peneliti menggunakan *software* bantuan berupa *microsoft project 2016*.
9. Setelah membuat *network planning* maka dilakukan penghitungan biaya dari semua pekerjaan yang didapat dari Kurva-S, indeks harga satuan dari tiap pekerjaan berdasarkan analisa harga satuan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2016 dan upah pekerja.
10. Apabila hasil waktu akhir belum memuaskan maka peneliti akan melakukan metode percepatan pada kegiatan yang memiliki jalur kritis. Adapun metode percepatan yang akan dilakukan adalah:
  - a Menambah jam kerja lembur (*overtime*).
11. Apabila metode tersebut sudah dijalankan maka tahap selanjutnya adalah mengulangi tahapan mulai dari poin 2, khususnya pada pekerjaan yang dilakukan percepatan. Tahapan tersebut harus dilakukan sampai dengan poin 9.

## BAB 4

### ANALISA PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Kontrak Proyek

Proyek pembangunan Bendungan Lau-Simeme Kab.Deli Serdang dibawah perintah Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat Republik Indonesia bidang sumber daya air, yang direncanakan mulai dari awal tahun 2017 dengan jangka waktu 5 tahun yang ditargetkan akan selesai pada tahun 2022. Untuk mendukung penelitian ini maka dibutuhkan data-data proyek sebagai berikut:

Tabel 4.1: Data kontrak proyek (PT.PP (PERSERO)-ANDESTMONT, KSO, 2020).

Nama proyek	Pembangunan Bendungan Lau-Simeme paket II, Kab. Deli Serdang (kode paket: HK.02.03/BENDUNGAN/ 2017/02).
Lokasi	Desa Kuala Dekah Kec.Sibiru-Biru, Kab.Deli Serdang, Sumatera utara.
Pemberi tugas	Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat Direktorat Sumber Daya Air. SNVT Pembangunan Bendungan Balai Wilayah Sungai Sumatera II.
Konsultan perencana	PT. Wahana Adya, PT. Teknik Cipta (KSO).
Konsultan Supervisi	PT. Mettana (KSO)
Waktu pelaksanaan	52 bulan (1567 hari kalender) Tahun anggaran 2017-2022.
Masa pemeliharaan	12 bulan.
Jenis kontrak	<i>Unit price</i>
Uang muka	15% dari nilai kontrak
Pembayaran	<i>Monthly certificate</i>

Tabel 4.1: *Lanjutan*

Nilai kontrak + PPN	Rp.581.047.000.000,-
Denda keterlambatan	1/1000 dari total nilai kontrak yang belum dikerjakan

Seperti yang sudah dijelaskan pada bab 1 khususnya pada sub bab rumusan masalah, ruang lingkup dan tujuan penelitian yang dirangkum pada poin 2, penelitian ini hanya pada bagian pekerjaan bangunan terowongan pengelak (tidak dari awal sampai *finishing*). Oleh karena itu nilai kontrak yang digunakan dalam penelitian ini bukan berdasarkan nilai kontrak pada tabel 4.1. Nilai kontrak untuk pekerjaan bangunan pengelak yaitu, Rp. 176.594.683.120,56 serta durasi waktu untuk *item* pekerjaan bangunan pengelak hanya 668 hari kalender.

#### 4.1.1 Harga Kontrak Pekerja

Dalam membuat sebuah jadwal perencanaan sebuah proyek, hal yang perlu diketahui adalah harga pekerja yang akan dipakai saat pelaksanaan pekerjaan. Sehingga harga-harga pekerja ini yang akan dimasukkan kedalam AHSP untuk menentukan total biaya pada RAB. Berikut ini harga pekerja yang didapat dari hasil wawancara dengan mandor lapangan:

Tabel 4.2: Harga kontrak pekerja per hari (data primer,2020).

No	Jenis Pekerja	Harga Pekerja/jam	Harga Pekerja/hari
1	Pekerja	Rp21.428,58	Rp150.000,00
2	Tukang kayu	Rp28.571,43	Rp200.000,00
3	Tukang batu	Rp28.571,43	Rp200.000,00
4	Tukang	Rp28.571,43	Rp200.000,00
5	Mandor	Rp35.714,29	Rp250.000,00
6	Juru ledak	Rp42.857,15	Rp300.000,00
7	Operator alat berat	Rp35.714,29	Rp250.000,00
8	Pembantu operator	Rp25.000,00	Rp175.000,00
9	Supir truk	Rp28.571,43	Rp200.000,00
10	Pembantu supir	Rp14.285,71	Rp100.000,00

#### 4.1.2 Harga Kontrak Sewa Alat

Dalam membuat AHSP wajib diketahui harga sewa dari alat-alat yang akan digunakan saat tahap pelaksanaan, agar saat menghitung anggaran biaya pelaksanaan bisa dilakukan dengan tepat. Berikut ini harga sewa alat per-jam yang didapat dari wawancara dengan mandor dilapangan:

Tabel 4.3: Harga sewa alat per-jam (data primer,2020).

No	Jenis alat	Kode alat	Harga sewa alat
1	<i>Air compressor 5 m3/min</i>	E.13.c	Rp205.942,30
2	<i>Air compressor 17 m3/min</i>	E.32.g	Rp895.000,00
3	<i>Baching plant mixer 600 L</i>	E.24.e	Rp582.194,83
4	<i>Blasting machine</i>	E.27.f	Rp246.812,80
5	<i>Bor jack leg</i>	E.37.g	Rp148.494,90
6	<i>Bulldozer</i>	E.05.b	Rp385.760,85
7	<i>Cassing</i>	E.15.d	Rp105.724,72
8	<i>Chainsaw</i>	E.02.a	Rp30.741,00
9	<i>Concrete mixer 350 L</i>	E.11.c	Rp213.310,87
10	<i>Concrete mixer 500 L</i>	E.31.g	Rp377.745,25
11	<i>Concrete pipe pump</i>	E.35.g	Rp157.300,25
12	<i>Concrete vibratory</i>	E.26.f	Rp77.819,83
13	<i>Drilling machine</i>	E.17.d	Rp178.629,00
14	<i>Dump truck</i>	E.04.a	Rp375.654,13
15	<i>Escafolding</i>	E.40.h	Rp52.756,00
15	<i>Excavator standar</i>	E.03.a	Rp215.002,27
16	<i>Generator set 200 KAV</i>	E.14.c	Rp392.180,50
17	<i>Generator set 250 KAV</i>	E.28.f	Rp649.293,76
18	<i>Grouting pump</i>	E.39.h	Rp249.632,82
19	<i>Generator set 350 KAV</i>	E.29.f	Rp836.000,00
20	<i>Jumbo drill</i>	E.10.c	Rp995.367,93
21	Manometer	E.34.g	Rp31.187,61
22	Mesin las	E.36.g	Rp90.368,98
23	Mesin penggerak	E.23.c	Rp392.180,50
24	Packer	E.21.e	Rp96.827,81
25	Pompa air	E.18.d	Rp96.889,00
26	<i>Rock drill breaker</i>	E.09.b	Rp235.925,00
27	<i>Shot machine</i>	E.12.c	Rp566.000,00
28	Stang packer	E.22.c	Rp71.867,28
29	<i>Thermourcouple</i>	E.39.h	Rp25.000,00

Tabel 4.3: *Lanjutan*

No	Jenis alat	Kode alat	Harga sewa alat
30	<i>Truck mixer</i>	E.25.f	Rp582.439,81
31	<i>Vibratory roller</i>	E.08.b	Rp294.480,99
32	<i>Water meter</i>	E.33.g	Rp44.698,85
33	<i>Water presure test</i>	E.20.d	Rp128.870,19
34	<i>Water swifel</i>	E.19.d	Rp63.919,43
35	<i>Water tank truck 4 m3</i>	E.07.b	Rp198.890,75
36	<i>Water tank truck 5 m3</i>	E.30.g	Rp228.846,50
37	<i>Water pump</i>	E.01.a	Rp96.889,00
38	<i>Wheel loader</i>	E.06.b	Rp432.670,21

#### 4.1.3 Harga Kontrak Bahan (*Material*)

Jenis bahan dan harga dari bahan yang akan dipakai dalam pelaksanaan juga komponen penting sebelum membuat perencanaan sebuah proyek, agar tahap pelaksanaan bisa berjalan tanpa adanya hambatan apapun termasuk ketersediaan material. Berikut ini merupakan jenis dan harga material yang akan dipakai pada proyek Bendungan Lau-Simeme Kab. Deli Serdang paket II berdasarkan hasil wawancara dengan mandor yang ada dilapangan:

Tabel 4.4: Harga bahan (*material*) (data primer,2020).

No	Jenis bahan (material)	Kode bahan	Satuan	Harga bahan (material)
1	<i>Additive</i>	M.18.d	Kg	Rp55.600,00
2	Agregat kasar dia. 12,5 mm	M.15.d	m3	Rp237.700,00
3	Agregat kasar dia. >15 mm	M.33.h	m3	Rp272.310,00
4	Air	M.17.d	liter	Rp650,00
5	<i>Ammonium nitrat</i>	M.10.c	Kg	Rp19.710,00
6	Angkur <i>split set</i>	M.24.f	Bh	Rp17.300,00
7	Bambu	M.04.a	Btg	Rp32.500,00
8	Baja plat tebal 5 mm	M.20.e	m2	Rp476.352,18
9	Baja <i>still rib</i> H (150x150x6,9)	M.21.e	Kg	Rp35.700,00
10	Baja tulangan <i>grouting</i>	M.28.g	Kg	Rp11.780,00

Tabel 4.4: Lanjutan

No	Jenis bahan (material)	Kode bahan	Satuan	Harga bahan (material)
11	Batu bronjong	M.05.e	m3	Rp118.250,82
12	Baut baja $\varnothing$ 25 cm	M.19.e	M	Rp74.700,50
13	Baut HTB	M.22.e	Kg	Rp31.863,00
14	Bekisting besi ( <i>sliding form</i> )	M.42.j	m2	Rp391.647,00
14	Besi polos dowel bar	M.36.i	Kg	Rp10.750,00
15	Besi tulangan ulir	M.34.h	Kg	Rp12.500,00
16	Beton <i>grouting</i>	M.27.g	m3	Rp975.719,00
17	Beton mortar	M.29.g	m3	Rp2.460.000,00
18	Bit 36 mm	M.30.g	Bh	Rp1.057.500,00
19	bit 46 mm	M.08.b	Bh	Rp1.213.975,00
20	Detonator	M.12.c	Bh	Rp43.815,00
21	<i>Dynamit</i> 30 mm	M.09.c	Bh	Rp34.500,00
22	<i>Fuel oil</i>	M.11.k	Liter	Rp9.659,00
23	<i>Grout pipe</i>	M.31.g	M	Rp63.500,00
24	Ijuk	M.40.i	Kg	Rp8.500,00
25	Kawat ikat beton	M.35.h	Kg	Rp13.150,00
26	Kawat ikat besi dowel bar	M.37.i	Kg	Rp12.250,00
27	Kawat untuk bronjong	M.06.f	Kg	Rp19.350,87
28	Kawat ikat <i>wiremesh</i>	M.26.f	Kg	Rp12.850,00
29	Kawat las	M.23.f	Kg	Rp27.681,00
30	Kayu balok kelas I	M.01.a	m3	Rp10.300.000,00
31	Krikil	M.41.j	m3	Rp212.380,00
32	<i>Leg wire</i>	M.13.c	M	Rp15.730,87
33	<i>Mastic filler</i>	M.32.h	Kg	Rp132.000,00
34	Paku biasa	M.03.a	Kg	Rp30.000,00
35	Papan kayu kelas I	M.02.a	m3	Rp10.550.000,00
36	Pasir beton	M.16.d	m3	Rp208.690,00
37	Pasir <i>steaming</i>	M.07.b	m3	Rp185.700,00
38	Pipa <i>weep hole</i> 75 mm	M.39.i	M	Rp18.000,00
39	Semen PC	M.14.d	Kg	Rp1.697,00
40	Water stop PVC 320 mm	M.38.i	M	Rp132.000,00
41	<i>Wiremesh</i> 150x150x5 mm	M.26.f	m2	Rp27.500,00

## 4.2 Item Pekerjaan

Pada proyek Bendungan Lau-Simeme Kab.Deli Serdang paket II, ada beberapa *item* pekerjaan yang meliputi dari awal persiapan sampai pekerjaan akhir (*finishing*). Berikut *item-item* pekerjaan pada proyek Bendungan Lau-Simeme Kab.Deli Serdang paket II.

Tabel 4.5: *Item* pekerjaan proyek Bendungan Lau-Simeme Kab.Deli Serdang paket II (PT.PP (PERSERO)-ANDESTMONT,KSO,2020).

No	<i>Item</i> Pekerjaan
1	Pekerjaan persiapan
2	Pekerjaan jalan relokasi
3	Pekerjaan bangunan pengelak
4	Pekerjaan bangunan pelimpah
5	Pekerjaan bangunan pengambilan
6	Pekerjaan <i>hydro mechanical</i>
7	Pekerjaan bangunan fasilitas

Dalam penelitian ini hanya satu *item* pekerjaan yang akan dilakukan analisa, yaitu pada poin 3 pada tabel 4.5 (pekerjaan bangunan pengelak). Adapun *sub* pekerjaan dari *item* pekerjaan bangunan pengelak yaitu:

Tabel 4.6: *sub* pekerjaan bangunan pengelak (PT. PP (PERSERO)-ANDESTMONT,KSO,2020).

No	<i>Sub</i> Pekerjaan
1	Pekerjaan <i>dewatering</i>
2	Pekerjaan <i>temporary coferdam</i>
3	Pekerjaan terowongan pengelak
4	Pekerjaan penunjang proteksi
5	Pekerjaan <i>grouting</i>
6	Pekerjaan beton

### 4.3 Work Breakdown Struktur

Untuk keperluan penelitian ini, maka *sub* pekerjaan pada tabel 4.6 harus dilakukan *breakdown* dengan tujuan penulis dapat melakukan analisa khususnya pada analisa logika ketergantungan dan perhitungan durasi yang lebih akurat. Sehingga tidak terjadi kesalahan dalam menentukan *predecessor* dan *sucessor* dari tiap pekerjaan. Pada *work breakdown struktur* ini juga ditambahkan kode kegiatan dari setiap *sub* pekerjaan yang telah dipecah secara rinci agar memudahkan penulis dalam melakukan analisa.

Berdasarkan data dari kurva-s yang ada pada lampiran dan hasil wawancara yang dilakukan dengan pegawai perusahaan PT.PP (PERSERO)-ANDESTMONT,KSO, maka hasil *breakdown* beserta kode dari setiap kegiatan bisa dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.7: *Work breakdown struktur* dan kode kegiatan (data primer,2020).

No	<i>Work Breakdown Struktur</i>	Kode Kegiatan
I	Pekerjaan <i>dewatering</i>	
1.1	<i>Dewatering</i> selama galian terbuka dan galian terwongan	A
II	Pekerjaan <i>temporary cofferdam</i>	
2.1	<i>Land clearing</i> dan <i>grubbing</i>	B
2.2	Timbunan tanah kembali dipadatkan	C
2.3	Timbunan batu setempat (bronjong)	D
III	Pekerjaan terowongan pengelak	
3.1	<i>Land clearing</i> dan <i>grubbing</i>	E
3.2	Galian batu mekanis diangkut sejauh 1 Km ( <i>stockpile</i> )	F
3.3	Galian biasa diangkut sejauh 2 Km ( <i>disposal</i> )	G
3.4	Galian batu terowongan ( <i>blasting</i> )	H
IV	Pekerjaan penunjang proteksi	
4.1	<i>Shotcrete</i> tebal 10 cm	I
4.2	<i>Shotcrete</i> tebal 5 cm	J
4.3	<i>Rockbolt (grouted)</i>	K



Tabel 4.7: *Lanjutan*

No	<i>Work Breakdown Struktur</i>	Kode Kegiatan
4.4	Pemasangan <i>still rib (support)</i> H 125x125x6,9x9	L
4.5	Pemasangan <i>wiremesh</i> 100x100x5 mm	M
V	Pekerjaan <i>grouting</i>	
5.1	<i>Drilling</i> untuk <i>grouting</i> 0-10 m	N
5.2	<i>Grouting</i> termasuk material dan peralatan	O
5.3	<i>Drilling</i> untuk pilot dan <i>check hole</i> 0-10 m	P
5.4	<i>Water test/permeability test</i> 1 tekanan	Q
5.5	<i>Water test/permeability test</i> 7 tekanan	R
5.6	<i>Backfill grouting material</i>	S
VI	Pekerjaan beton	
6.1	Pembesian tulangan ulir untuk lantai kerja	T
6.2	Lantai kerja beton K-125	U
6.3	Pembesian tulangan ulir untuk terwongan	V
6.4	Pemasangan <i>dowel bar</i>	W
6.5	Pemasangan pipa <i>weep hole</i> 75 mm	X
6.6	Pemasangan pipa <i>water stop</i> 320 mm	Y
6.7	Bekisting besi ( <i>sliding form</i> )	Z
6.8	Beton K-225 <i>type B</i> (untuk terowongan)	AA
6.9	Pembesian tulangan ulir untuk <i>box culvert</i>	AB
6.10	Beton K-225 <i>type A</i> (untuk <i>box culvert</i> )	AC
6.11	Pembesian tulangan ulir untuk <i>plugging</i>	AD
6.12	Beton K-300 <i>type B</i> (untuk <i>plugging</i> )	AE

Dari tabel diatas, bisa dilihat bahwa hasil awal *sub* pekerjaan hanya memiliki 6 pekerjaan, akan tetapi sesudah dilakukan *work breakdown struktur* secara rinci, jumlah pekerjaan menjadi 31 pekerjaan. Sehingga bisa membuat hasil perhitungan analisa menjadi lebih akurat.

#### 4.4 Durasi Pekerjaan

Dalam menghitung durasi sebuah pekerjaan ada beberapa komponen penting yang harus diketahui seperti daftar volume pekerjaan (BoQ), koefisien dari setiap pekerjaan, dan harus diketahui apakah pekerjaan tersebut dilakukan secara manual atau mekanis, apabila mekanis maka perlu diketahui jenis alat berat apa serta berapa jumlah alat berat yang digunakan pada pekerjaan tersebut.

##### 4.4.1 Daftar Volume Pekerjaan (BoQ)

Berdasarkan hasil wawancara dengan pegawai perusahaan PT.PP (PERSERO)-ANDESTMONT,KSO dan data kurva-s yang ada dilampiran, maka berikut ini merupakan daftar volume pekerjaan (BoQ) untuk proyek Bendungan Lau-Simeme Kab. Deli Serdang paket II khususnya pada bagian pekerjaan bangunan pengelak:

Tabel 4.8: Daftar BoQ pekerjaan (data primer,2020).

No	Nama kegiatan	Volume pekerjaan	Satuan
I	Pekerjaan <i>Dewatering</i>		
1.1	<i>Dewatering</i> selama konstruksi di galian terbuka dan galian terowongan	1,00	Ls
II	Pekerjaan <i>Temporary cofferdam</i>		
2.1	<i>Land clearing and grubbing</i>	3.049,66	m <sup>2</sup>
2.2	Timbunan tanah kembali dipadatkan	8.035,01	m <sup>3</sup>
2.3	Timbunan batu setempat (bronjong)	3.834,23	m <sup>3</sup>
III	Pekerjaan terowongan pengelak		
3.1	<i>Land clearing and grubbing</i>	14.590,02	m <sup>2</sup>
3.2	Galian biasa diangkut sejauh 2 km (kedisposal)	44.600,25	m <sup>3</sup>
3.3	Galian batu mekanis diangkut sejauh 1 Km ( <i>stockpile</i> )	56.055,99	m <sup>3</sup>
3.4	Galian terowongan ( <i>blasting</i> )	46.992,32	m <sup>3</sup>
IV	Pekerjaan penunjang dan proteksi		
4.1	<i>Shotcrete</i> tebal 10 cm	29.759,99	m <sup>2</sup>

Tabel 4.8: Lanjutan

No	Nama kegiatan	Volume pekerjaan	Satuan
4.2	Pekerjaan shotcrate tebal 5 cm	15.280,80	m2
4.3	Rock bolt (grouted)	23.810,00	M
4.4	Steel rib support (H-125x125x6,5x9)	84.750,05	Kg
4.5	Pemasangan besi <i>wiremesh</i> 100x100x5 mm termasuk asesoris	29.759,99	m2
V	Pekerjaan <i>grouting</i>		
5.1	<i>Drilling</i> untuk <i>grouting</i> 0-10 m	16.460,00	M
5.2	<i>Grouting</i> termasuk material dan peralatan	213,98	Ton
5.3	<i>Backfill grouting material</i>	92,68	m3
5.4	<i>Drilling</i> untuk <i>pilot</i> dan <i>check hole</i> 0-10 m	600,00	M
5.5	<i>Water test/ permeability test</i> 7 tekanan	120,00	Nos
5.5	<i>Water test/ permeability test</i> 1 tekanan	462,00	Nos
VI	Pekerjaan beton		
6.1	Beton K-300 <i>type B</i> (untuk <i>plugging</i> )	1.917,40	m3
6.2	Beton K-225 <i>type B</i> (untuk terowongan)	14.895,61	m3
6.3	Beton K-225 <i>type A</i> (untuk <i>box culvert</i> )	3.663,84	m3
6.4	Pembesian tulangan ulir untuk (terowongan)	814.231,86	Kg
6.5	Bekisting besi (slidding form)	21.169,55	m2
6.6	Waterstop W=320 mm	3.327,14	M
6.7	<i>Dowel bar</i> Dia. 22	3.001,90	Kg
6.8	Lantai kerja beton K-125	809,41	m3
6.9	<i>Weep hole</i> Dia. 75 mm	2.494,00	bh
6.10	Pembesian tulangan ulir (untuk <i>Plugging</i> )	124.167,91	Kg
6.11	Pembesian tulangan ulir (untuk <i>box culvert</i> )	246.240,50	Kg
6.12	Pembesian tulangan ulir untuk lantai kerja	66.513,39	Kg

#### 4.4.2Daftar Jumlah Pekerja dan Alat

Berdasarkan hasil wawancara dengan mandor dilapangan maka dapat diketahui berapa orang pekerja, tukang, mandor yang digabungkan menjadi satu

grup (regu) dalam sebuah kegiatan dan dapat juga diketahui apakah pekerjaan dilaksanakan secara manual atau mekanis serta diketahui berapa jumlah alat berat yang digunakan saat pelaksanaan. Untuk bisa mengetahui secara jelas bisa dilihat pada uraian dibawah ini:

1. Pekerjaan *dewatering* selama galian terbuka dan galian terowongan.

Jenis pekerjaan = semi mekanis

Jumlah tenaga kerja = 4 orang

Jumlah alat = 8 unit *water pump* 10 KW, 8 unit *generator set*, 5 unit *air compressor*, 1 unit *excavator*, 100 m3 *concrete pipe pump*.

2. Pekerjaan *land clearing and grubbing (temporary cofferdam)*.

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 6 orang

Jumlah alat = 4 unit *chainsaw*, 1 unit *bulldozer*, 1 unit *wheel loader*, 2 unit *dump truck*.

3. Pekerjaan timbunan tanah kembali dipadatkan.

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 6 orang

Jumlah alat = 2 unit *excavator*, 1 unit *bulldozer*, 3 unit *dump truck*, 1 unit *water tank truck*, 2 unit *vibratory roller*.

4. Pekerjaan timbunan batu setempat (bronjong).

Jenis pekerjaan = manual

Jumlah tenaga kerja = 12 orang

Jumlah alat = alat bantu bersifat *lump sump (LS)*.

5. Pekerjaan *land clearing and grubbing (terowongan pengelak)*.

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 6 orang

Jumlah alat = 4 unit *chainsaw*, 4 unit *bulldozer*, 2 unit *wheel loader*, 4 unit *dump truck*.

6. Pekerjaan galian biasa diangkut sejauh 2 Km (kedisposal).

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 3 orang

- Jumlah alat = 2 unit excavator, 6 unit dump truck, 1 unit bulldozer.
7. Pekerjaan galian batu mekanis diangkut sejauh 1 Km (ke *stockpile*).
- Jenis pekerjaan = mekanis
- Jumlah tenaga kerja = 11 orang
- Jumlah alat = 6 unit excavator, 6 unit rock drill breaker, 8 unit dump truck, 2 unit wheel loader, 1 unit bulldozer.
8. Pekerjaan galian batu (*blasting*).
- Jenis pekerjaan = mekanis
- Jumlah tenaga kerja = 28 orang
- Jumlah alat = 1 unit jumbo driil, 1 unit wheel loader, 5 unit dump truck, 1 unit blasting machine, 3 unit diesel generator, 1 unit bulldozer.
9. Pekerjaan *shotcrete* tebal 5 cm.
- Jenis pekerjaan = mekanis
- Jumlah tenaga kerja = 22 orang
- Jumlah alat = 1 unit concrete mixer 350 L, 1 unit water tank truck, 1 unit shotmachine, 1 unit compressor, 2 unit diesel generator.
10. Pekerjaan *shotcrete* tebal 10 cm.
- Jenis pekerjaan = mekanis
- Jumlah tenaga kerja = 22 orang
- Jumlah alat = 1 unit concrete mixer 350 L, 1 unit water tank truck, 5 unit shotmachine, 5 unit compressor, 5 unit diesel generator.
11. Pekerjaan Pemasangan *rockbolt* (*grouted*).
- Jenis pekerjaan = mekanis
- Jumlah tenaga kerja = 16 orang
- Jumlah alat = 1 unit jumbo driil
12. Pemasangan baja *still rib* (*support*) H 125x125x6,9x9 mm
- Jenis pekerjaan = semi mekanis
- Jumlah tenaga kerja = 15 orang
- Jumlah alat = 5 unit mesin las, 5 unit generator set.

13. Pemasangan besi *wiremesh* 100x100x5mm.

Jenis pekerjaan = semi mekanis

Jumlah tenaga kerja = 10 orang

Jumlah alat = 5 unit bor *jack leg*, 5 unit *generator set*.

14. Pekerjaan *grouting material* dan peralatan

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 27 orang

Jumlah alat = 1 unit *concrete mixer* 350 L, 2 unit *water tank truck*, 1 unit *compressor*, 1 unit *grouting pump*, 1 unit *cassing hole*, 1 unit *tremy pipe*, 1 unit *generator set*.

15. Pekerjaan *drilling grouting* 0-10 m.

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 27 orang

Jumlah alat = 2 unit *compressor*, 1 unit *jumbo driil*, 2 unit *generator set*.

16. Pekerjaan *backfill grouting material*.

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 29 orang

Jumlah alat = 1 unit *concrete mixer* 500 L, 2 unit *water tank truck*, 1 unit *compressor*, 1 unit *grouting pump*, 1 unit *cassing hole*, 1 unit *tremmy pipe*, 2 unit *drilling machine*, 1 unit *generator set*.

17. Pekerjaan *drilling* untuk *pilot* dan *check hole* 0-10 m.

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 9 orang

Jumlah alat = 1 unit *drilling machine*, 1 unit *compressor*, 1 unit *generator set*, 1 unit pompa air, 1 unit *water swifel*, 1 unit *cassing hole*.

18. Pekerjaan *water test permeability* 7 tekanan.

Jenis pekerjaan = semi mekanis

Jumlah tenaga kerja = 7 orang

Jumlah alat = 1 *unit water test*, 2 *unit packer*, 2 *unit stang packer*, 1 *unit generator set*, 1 *unit watermeter*, 1 *unit manometer*.

19. Pekerjaan *water test permeability* 1 tekanan.

Jenis pekerjaan = semi mekanis

Jumlah tenaga kerja = 7 orang

Jumlah alat = 1 *unit water test*, 2 *unit packer*, 2 *unit stang packer*, 1 *unit generator set*, 1 *unit watermeter*, 1 *unit manometer*.

20. Pekerjaan beton K-300 (untuk *plugging*).

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 18 orang

Jumlah alat = 1 *unit batching plant* 600 L, 6 *unit concrete vibratory*, 1 *unit water tank truck*, 3 *unit thermourcouple*, 2 *unit truck mixer*.

21. Pekerjaan beton K-225 (untuk terowongan).

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 31 orang

Jumlah alat = 1 *unit batching plant* 600 L, 6 *unit concrete vibratory*, 1 *unit water tank truck*, 3 *unit thermourcouple*, 3 *unit truck mixer*.

22. Pekerjaan beton K-225 (untuk *box culvert*).

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 15 orang

Jumlah alat = 1 *unit batching plant* 600 L, 6 *unit concrete vibratory*, 1 *unit water tank truck*, 2 *unit truck mixer*.

23. Pekerjaan lantai kerja beton K-125.

Jenis pekerjaan = mekanis

Jumlah tenaga kerja = 11 orang

Jumlah alat = 1 *unit batching plant* 600 L, 6 *unit concrete vibratory*, 1 *unit water tank truck*, 2 *unit truck mixer*.

24. Pembesian tulangan ulir dia.22 mm untuk terowongan.

Jenis pekerjaan = manual

Jumlah tenaga kerja = 30 orang

Jumlah alat = alat bantu bersifat *lump sump* (LS).

25. Pembesian tulangan ulir dia.22 mm untuk *plugging*.

Jenis pekerjaan = manual

Jumlah tenaga kerja = 20 orang

Jumlah alat = alat bantu bersifat *lump sump* (LS).

26. Pembesian tulangan ulir dia.22 mm untuk *box culvert*.

Jenis pekerjaan = manual

Jumlah tenaga kerja = 20 orang

Jumlah alat = alat bantu bersifat *lump sump* (LS).

27. Pembesian tulangan ulir dia.22 mm untuk rantai kerja.

Jenis pekerjaan = manual

Jumlah tenaga kerja = 20 orang

Jumlah alat = alat bantu bersifat *lump sump* (LS).

28. Pemasangan *dowel bar* dia.22 mm.

Jenis pekerjaan = manual

Jumlah tenaga kerja = 10 orang

Jumlah alat = alat bantu bersifat *lump sump* (LS).

29. Pemasangan bekisting besi (*sliding form*).

Jenis pekerjaan = manual

Jumlah tenaga kerja = 30 orang

Jumlah alat = 1 *unit excavator*, 1 *unit escafoling*.

30. Pemasangan pipa *water stop* 320 mm.

Jenis pekerjaan = manual

Jumlah tenaga kerja = 9 orang

Jumlah alat = alat bantu bersifat *lump sump* (LS).

31. Pemasangan pipa *weep hole* 75 mm.

Jenis pekerjaan = manual

Jumlah tenaga kerja = 9 orang

Jumlah alat = alat bantu bersifat *lump sump* (LS).



#### 4.4.3 Daftar Koefisien Pekerjaan

Angka koefisien dibuat berdasarkan perhitungan analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) yang telah didapatkan oleh penulis dari PT.PP (PERSERO)-ANDESTMONT,KSO dan dapat dilihat pada bab lampiran. Untuk pekerjaan manual dan semi mekanis angka koefisien didapat dari pedoman analisa harga satuan bidang sumber daya air (Permenpu, 2016). Sedangkan untuk pekerjaan yang dilakukan secara mekanis angka koefisien harus dicari terlebih dahulu sesuai pedoman dari AHSP bidang sumber daya air dengan melakukan perhitungan produktivitas dari alat yang digunakan.

Sebelum memasukkan angka koefisien, harus ditentukan terlebih dahulu kapasitas produksi yang paling menentukan dari pekerjaan tersebut (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, 2017). Untuk pekerjaan yang bersifat lump sump (LS), koefisien tidak digunakan karena pekerjaan tersebut bersifat pengikut dan harus disesuaikan dengan pekerjaan yang membutuhkan dilapangan. Berdasarkan AHSP yang ada dilampiran dan hasil wawancara dilapangan, koefisien dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.9: Daftar koefisien pekerjaan (data primer,2020).

No	Nama kegiatan	Kapasitas produksi yang menentukan	Koefisien (jam)
I	Pekerjaan <i>Dewatering</i>		
1.1	<i>Dewatering</i> selama konstruksi di galian terbuka dan galian terowongan	-	-
II	Pekerjaan <i>Temporary cofferdam</i>		
2.1	<i>Land clearing and grubbing</i>	<i>Bulldozer</i>	0,1240
2.2	Timbunan tanah kembali dipadatkan	<i>Vibratory roller</i>	0,0664
2.3	Timbunan batu setempat (bronjong)	Pekerja	0,3000
III	Pekerjaan terowongan pengelak		
3.1	<i>Land clearing and grubbing</i>	<i>Bulldozer</i>	0,1240
3.2	Galian biasa diangkut sejauh 2 Km (kedisposal)	<i>Excavator</i>	0,0148
3.3	Galian batu mekanis diangkut sejauh 1 Km (ke <i>stockpile</i> )	<i>Rockdrill breaker</i>	0,0422

Tabel 4.9: Lanjutan

No	Nama kegiatan	Kapasitas produksi yang menentukan	Koefisien (jam)
3.4	Galian terowongan ( <i>blasting</i> )	<i>Jumbo drill</i>	0,0459
IV	Pekerjaan penunjang proteksi		
4.1	Pekerjaan <i>shotcrete</i> tebal 5 cm	<i>Shot machine</i>	0,0610
4.2	Pekerjaan <i>shotcrete</i> tebal 10 cm	<i>Shot machine</i>	0,3414
4.3	<i>Rockbolt (grouted)</i>	<i>Jumbo drill</i>	0,0226
4.4	<i>Steel rib (support)</i> H125x125x6,9x9 mm	Mesin las	0,0458
4.6	Pemasangan besi <i>wiremesh</i> 100x100x5 mm termasuk asesoris	Bor <i>jack leg</i>	0,0680
V	Pekerjaan <i>grouting</i>		
5.1	<i>Drilling</i> untuk <i>grouting</i> 0-10 m	<i>Jumbo drill</i>	0,1204
5.2	<i>Grouting</i> termasuk material dan peralatan	<i>Grouting pump</i>	0,7126
5.3	<i>Backfill grouting material</i>	<i>Grouting pump</i>	0,5891
5.4	<i>Drilling</i> untuk <i>pilot</i> dan <i>check hole</i>	<i>Drilling machine</i>	0,1921
5.5	<i>Water test permeability</i> 7 tekanan	<i>Water pressure test</i>	0,2125
5.6	<i>Water test permeability</i> 1 tekanan	<i>Water pressure test</i>	0,1493
VI	Pekerjaan beton		
6.1	Beton K-300 (untuk <i>plugging</i> )	<i>Truck mixer</i>	0,1994
6.2	Beton K-225 (untuk terowongan)	<i>Truck mixer</i>	0,3083
6.3	Beton K-225 (untuk <i>box culvert</i> )	<i>Truck mixer</i>	0,2035
6.4	Lantai kerja beton K-125	<i>Truck mixer</i>	0,1954
6.5	Pembesian tulangan ulir dia.22 mm (untuk <i>plugging</i> )	Pekerja	0,0321
6.6	Pembesian tulangan ulir dia.22 mm (untuk terowongan)	Pekerja	0,0321
6.7	Pembesian tulangan ulir dia.22 mm (untuk <i>box culvert</i> )	Pekerja	0,0321
6.8	Pembesian tulangan ulir dia.22 mm (untuk lantai kerja)	Pekerja	0,0321
6.9	Pemasangan <i>dowel bar</i> dia.22 mm	Pekerja	0,0321
6.10	Pemasangan bekisting besi ( <i>sliding form</i> )	Pekerja	0,5722

Tabel 4.9: *Lanjutan*

No	Nama kegiatan	Kapasitas produksi yang menentukan	Koefisien (jam)
6.11	Pemasangan pipa <i>water stop</i> 320 mm	Pekerja	0,1194
6.12	Pemasangan pipa <i>weep hole</i> 75 mm	Pekerja	0,2475

#### 4.4.4 Perhitungan Durasi Pekerjaan

Dalam menghitung durasi sebuah pekerjaan yang dilaksanakan secara manual, penulis menggunakan rumus persamaan 2.9 dan 2.10. Sedangkan untuk pekerjaan secara mekanis, penulis menggunakan rumus 2.11 dan 2.12 yang sudah dijelaskan pada bab 2. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada uraian dibawah ini:

1. *land clearing and grubbing (temporary cofferdam)*

Diketahui,

$$VO = 3.049,66 \text{ m}^2$$

$$KOF = 0,01240 \text{ jam}$$

$$JL = 1 \text{ unit bulldozer}$$

Maka,

$$KAT = 3.049,66 \times 0,01240 = 378,158 \text{ jam}$$

$$D = \frac{378,158}{(1 \times 7)} = 54,02 \sim 52 \text{ hari}$$

2. Timbunan tanah kembali dipadatkan

Diketahui,

$$VO = 8.035,01 \text{ m}^3$$

$$KOF = 0,0664 \text{ jam}$$

$$JL = 2 \text{ unit vibratory roller}$$

Maka,

$$KAT = 8.035,01 \times 0,0664 = 533,525 \text{ jam}$$

$$D = \frac{533,525}{(2 \times 7)} = 38,10 \sim 38 \text{ hari}$$

3. Timbunan batu setempat (bronjong)

Diketahui,

$$VO = 3.834,23 \text{ m}^3$$

$$\text{KOF} = 0,3000 \text{ jam}$$

$$\text{JT} = 12 \text{ orang}$$

Maka,

$$\text{KPR} = 3.834,23 \times 0,3000 = 1.150,27 \text{ OJ}$$

$$\text{D} = \frac{1.150,27}{(12 \times 7)} = 13,69 \sim 14 \text{ hari}$$

4. *Land clearing and grubbing* (terowongan pengelak)

Diketahui,

$$\text{VO} = 14.590,02 \text{ m}^2$$

$$\text{KOF} = 0,1240 \text{ jam}$$

$$\text{JL} = 4 \text{ unit bulldozer}$$

Maka,

$$\text{KAT} = 14.590,02 \times 0,1240 = 1.809,163 \text{ jam}$$

$$\text{D} = \frac{1.809,163}{(4 \times 7)} = 64,61 \sim 65 \text{ hari}$$

5. Galian biasa diangkut sejauh 2 Km (kedisposal)

Diketahui,

$$\text{VO} = 44.600,25 \text{ m}^3$$

$$\text{KOF} = 0,0148 \text{ jam}$$

$$\text{JL} = 2 \text{ unit excavator}$$

Maka,

$$\text{KAT} = 44.600,25 \times 0,0148 = 660,084 \text{ jam}$$

$$\text{D} = \frac{660,084}{(2 \times 7)} = 47,38 \sim 48 \text{ hari}$$

6. Galian batu mekanis diangkut sejauh 1 Km (ke *stockpile*)

Diketahui,

$$\text{VO} = 56.055,99 \text{ m}^3$$

$$\text{KOF} = 0,0422 \text{ jam}$$

$$\text{JL} = 6 \text{ unit rock drill breaker}$$

Maka,

$$\text{KAT} = 56.055,99 \times 0,0422 = 2.365,57 \text{ jam}$$

$$\text{D} = \frac{2.365,57}{(6 \times 7)} = 56 \text{ hari}$$

7. Galian batu terowongan (*blasting*)

Diketahui,

$$VO = 46.992,32 \text{ m}^3$$

$$KOF = 0,0459 \text{ jam}$$

$$JL = 1 \text{ unit jumbo drill}$$

Maka,

$$KAT = 46.992,32 \times 0,0459 = 2.156,948 \text{ jam}$$

$$D = \frac{2.156,948}{(1 \times 7)} = 308,13 \sim 308 \text{ hari}$$

8. *Shotcrete* tebal 5 cm

Diketahui,

$$VO = 15.280,80 \text{ m}^2$$

$$KOF = 0,0610 \text{ jam}$$

$$JL = 1 \text{ unit shot machine}$$

Maka,

$$KAT = 15.280,80 \times 0,0610 = 932,13 \text{ jam}$$

$$D = \frac{932,13}{(1 \times 7)} = 133,56 \sim 134 \text{ hari}$$

9. *Shotcrete* tebal 10 cm

Diketahui,

$$VO = 29.759,99 \text{ m}^2$$

$$KOF = 0,3414 \text{ jam}$$

$$JL = 5 \text{ unit shot machine}$$

Maka,

$$KAT = 29.759,99 \times 0,3414 = 10.160,06 \text{ jam}$$

$$D = \frac{10.160,06}{(5 \times 7)} = 290,28 \sim 290 \text{ hari}$$

10. *Rockbolt (grouted)*

Diketahui,

$$VO = 23.810,00 \text{ m}$$

$$KOF = 0,0226 \text{ jam}$$

$$JL = 1 \text{ unit jumbo drill}$$

Maka,

$$\text{KAT} = 23.810,00 \times 0,0226 = 538,106 \text{ jam}$$

$$\text{D} = \frac{538,106}{(1 \times 7)} = 76,87 \sim 77 \text{ hari}$$

11. Pemasangan *still rib (support)* H125x125x6,9x9 mm

Diketahui,

$$\text{VO} = 84.750,05 \text{ Kg}$$

$$\text{KOF} = 0,0458 \text{ jam}$$

$$\text{JL} = 5 \text{ unit mesin las}$$

Maka,

$$\text{KAT} = 84.750,05 \times 0,0458 = 3.881,56 \text{ jam}$$

$$\text{D} = \frac{3.881,56}{(5 \times 7)} = 110,90 \sim 111 \text{ hari}$$

12. Pemasangan besi *wiremesh* 100x100x5 mm

Diketahui,

$$\text{VO} = 29.759,99 \text{ m}^2$$

$$\text{KOF} = 0,0680 \text{ jam}$$

$$\text{JL} = 2 \text{ unit bor jackleg}$$

Maka,

$$\text{KAT} = 29.759,99 \times 0,0680 = 2.023,68 \text{ jam}$$

$$\text{D} = \frac{2.023,68}{(2 \times 7)} = 144,54 \sim 145 \text{ hari}$$

13. *Drilling* untuk *grouting* 0-10 m

Diketahui,

$$\text{VO} = 16.460,00 \text{ m}$$

$$\text{KOF} = 0,1204 \text{ jam}$$

$$\text{JL} = 1 \text{ unit jumbo drill}$$

Maka,

$$\text{KAT} = 16.460,00 \times 0,1204 = 1.981,79 \text{ jam}$$

$$\text{D} = \frac{1.981,79}{(1 \times 7)} = 283,11 \sim 283 \text{ hari}$$

14. *Grouting* termasuk material dan peralatan

Diketahui,

$$\text{VO} = 213,98 \text{ ton}$$

$$\text{KOF} = 0,7126 \text{ jam}$$

$$JL = 1 \text{ unit grouting pump}$$

Maka,

$$KAT = 213,98 \times 0,7126 = 152,48 \text{ jam}$$

$$D = \frac{152,48}{(1 \times 7)} = 21,79 \sim 22 \text{ hari}$$

#### 15. *Backfill grouting material*

Diketahui,

$$VO = 92,68 \text{ m}^3$$

$$KOF = 0,5891 \text{ jam}$$

$$JL = 1 \text{ unit grouting pump}$$

Maka,

$$KAT = 92,68 \times 0,5891 = 54,60 \text{ jam}$$

$$D = \frac{54,60}{(1 \times 7)} = 7,8 \sim 8 \text{ hari}$$

#### 16. *Drilling untuk pilot dan check hole*

Diketahui,

$$VO = 600,00 \text{ m}$$

$$KOF = 0,1921 \text{ jam}$$

$$JL = 1 \text{ unit drilling machine}$$

Maka,

$$KAT = 600,00 \times 0,1921 = 115,26 \text{ jam}$$

$$D = \frac{115,26}{(1 \times 7)} = 16,56 \sim 17 \text{ hari}$$

#### 17. *Water test permeability 7 tekanan*

Diketahui,

$$VO = 120,00 \text{ Kg}$$

$$KOF = 0,2125 \text{ jam}$$

$$JL = 1 \text{ unit water test}$$

Maka,

$$KAT = 120,00 \times 0,2125 = 25,5 \text{ jam}$$

$$D = \frac{25,5}{(1 \times 7)} = 3,64 \sim 4 \text{ hari}$$

#### 18. *Water test permeability 1 tekanan*

Diketahui,

$$\begin{aligned}\text{VO} &= 462,00 \text{ Kg} \\ \text{KOF} &= 0,1493 \text{ jam} \\ \text{JL} &= 1 \text{ unit water test}\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}\text{KAT} &= 462,00 \times 0,1493 = 68,98 \text{ jam} \\ \text{D} &= \frac{68,98}{(1 \times 7)} = 9,87 \sim 10 \text{ hari}\end{aligned}$$

19. Pekerjaan beton K-300 *type B* (untuk *plugging*)

Diketahui,

$$\begin{aligned}\text{VO} &= 1.917,40 \text{ m}^3 \\ \text{KOF} &= 0,1994 \text{ jam} \\ \text{JL} &= 2 \text{ unit Truck mixer}\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}\text{KAT} &= 1.917,40 \times 0,1994 = 382,33 \text{ jam} \\ \text{D} &= \frac{382,33}{(2 \times 7)} = 27,30 \sim 28 \text{ hari}\end{aligned}$$

20. Pekerjaan beton K-225 *type B* (untuk terowongan)

Diketahui,

$$\begin{aligned}\text{VO} &= 14.895,61 \text{ m}^3 \\ \text{KOF} &= 0,3083 \text{ jam} \\ \text{JL} &= 3 \text{ unit Truck mixer}\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}\text{KAT} &= 14.895,61 \times 0,3083 = 4.592,33 \text{ jam} \\ \text{D} &= \frac{4.592,33}{(3 \times 7)} = 218,68 \sim 219 \text{ hari}\end{aligned}$$

21. Pekerjaan beton K-225 *type A* (untuk *box culvert*)

Diketahui,

$$\begin{aligned}\text{VO} &= 3.663,84 \text{ m}^3 \\ \text{KOF} &= 0,2035 \text{ jam} \\ \text{JL} &= 2 \text{ unit Truck mixer}\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}\text{KAT} &= 3.663,84 \times 0,2035 = 745,60 \text{ jam} \\ \text{D} &= \frac{745,60}{(2 \times 7)} = 53,65 \sim 54 \text{ hari}\end{aligned}$$



22. Pekerjaan lantai kerja beton K-125

Diketahui,

$$VO = 809,41 \text{ m}^3$$

$$KOF = 0,1954 \text{ jam}$$

$$JL = 2 \text{ unit truck mixer}$$

Maka,

$$KAT = 809,41 \times 0,1954 = 158,16 \text{ jam}$$

$$D = \frac{158,16}{(2 \times 7)} = 11,30 \sim 12 \text{ hari}$$

23. Pembesian tulangan ulir dia.22 mm (untuk *plugging*)

Diketahui,

$$VO = 124.167,91 \text{ Kg}$$

$$KOF = 0,0321 \text{ jam}$$

$$JT = 20 \text{ orang}$$

Maka,

$$KPR = 124.167,91 \times 0,0321 = 3.985,78 \text{ jam}$$

$$D = \frac{3.985,78}{(20 \times 7)} = 28,47 \sim 29 \text{ hari}$$

24. Pembesian tulangan ulir dia.22 mm (untuk terowongan)

Diketahui,

$$VO = 814.231,86 \text{ Kg}$$

$$KOF = 0,0321 \text{ jam}$$

$$JT = 30 \text{ orang}$$

Maka,

$$KPR = 814.231,86 \times 0,0321 = 26.136,85 \text{ jam}$$

$$D = \frac{26.136,85}{(30 \times 7)} = 124,57 \sim 125 \text{ hari}$$

25. Pembesian tulangan ulir dia.22 mm (untuk *box culvert*)

Diketahui,

$$VO = 246.240,50 \text{ Kg}$$

$$KOF = 0,0321 \text{ jam}$$

$$JT = 20 \text{ orang}$$

Maka,

$$\text{KPR} = 246.240,50 \times 0,0321 = 7.904,33 \text{ jam}$$

$$D = \frac{7.904,33}{(20 \times 7)} = 56,46 \sim 57 \text{ hari}$$

26. Pembesian tulangan ulir dia.22 mm (untuk lantai kerja)

Diketahui,

$$\text{VO} = 66.513,39 \text{ Kg}$$

$$\text{KOF} = 0,0321 \text{ jam}$$

$$\text{JT} = 20 \text{ orang}$$

Maka,

$$\text{KPR} = 66.513,39 \times 0,0321 = 2.135,08 \text{ jam}$$

$$D = \frac{2.135,08}{(20 \times 7)} = 15,27 \sim 16 \text{ hari}$$

27. Pemasangan *dowel bar* dia.22 mm

Diketahui,

$$\text{VO} = 3.001,90 \text{ Kg}$$

$$\text{KOF} = 0,0321 \text{ jam}$$

$$\text{JT} = 10 \text{ orang}$$

Maka,

$$\text{KPR} = 3.001,90 \times 0,0321 = 96,37 \text{ jam}$$

$$D = \frac{96,37}{(10 \times 7)} = 4,76 \sim 5 \text{ hari}$$

28. Pemasangan bekisting besi (*sliding form*)'

Diketahui,

$$\text{VO} = 21.169,55 \text{ m}^2$$

$$\text{KOF} = 0,5722 \text{ jam}$$

$$\text{JT} = 30 \text{ orang}$$

Maka,

$$\text{KPR} = 21.169,55 \times 0,5722 = 12.113,18 \text{ jam}$$

$$D = \frac{12.113,18}{(30 \times 7)} = 57,70 \sim 58 \text{ hari}$$

29. Pemasangan *waterstop* 320 mm

Diketahui,

$$\text{VO} = 3.327,14 \text{ m}$$

$$\text{KOF} = 0,1194 \text{ jam}$$

JT = 9 orang

Maka,

KPR =  $3.327,14 \times 0,1194 = 397,27$  jam

D =  $\frac{397,27}{(9 \times 7)} = 6,68 \sim 7$  hari

30. Pemasangan pipa *weep hole* dia.75 mm

Diketahui,

VO = 2.494,00 bh

KOF = 0,2475 jam

JT = 9 orang

Maka,

KPR =  $2.494,00 \times 0,2475 = 617,27$  jam

D =  $\frac{617,27}{(9 \times 7)} = 9,80 \sim 10$  hari

#### 4.5 Hubungan Logika Ketergantungan

Untuk membuat suatu rangkaian *diagram network*, harus membutuhkan logika ketergantungan antara satu kegiatan dengan satu kegiatan lainnya agar *diagram network* tersebut lebih kompleks. Berdasarkan hasil wawancara dan studi lapangan maka penulis membuat hubungan logika ketergantungan sebagai berikut:

Tabel 4.10: Hubungan logika ketergantungan (data primer,2020).

Kode kegiatan	Uraian pekerjaan	<i>Predecessor</i>	Durasi (hari)
A	<i>Dewatering</i> selama galian konstruksi	-	LS
B	<i>Land claring and grubbing (temporary cofferdam)</i>	-	52
C	Timbunan tanah kembali dipadatkan	<i>B finish to start-30 day</i>	38
D	Timbunan batuan setempat (bronjong)	<i>C finish to finish</i>	14
E	<i>Land clearing and grubbing (terowongan pengelak)</i>	-	65
F	Galian batu mekanis diangkut sejauh 1 Km ( <i>kestockpile</i> )	<i>E finish to start-30 day</i>	56

Tabel 4.10: Lanjutan

Kode kegiatan	Uraian pekerjaan	Kegiatan yang mendahului	Durasi (hari)
G	Galian biasa diangkut sejauh 2 Km (disposal)	F <i>finish to finish</i>	48
H	Galian batu terowongan ( <i>blasting</i> )	G <i>finish to start</i> -30 day, D <i>finish to start</i>	308
I	<i>Shotcrete</i> tebal 10 cm	H <i>start to start</i>	290
J	<i>Shotcrete</i> tebal 5 cm	H <i>start to start</i>	125
K	<i>Rockbolt (grouted)</i>	H <i>start to start</i>	77
L	Pemasangan <i>still rib (support)</i> H 125x125x6,9x9	H <i>start to start</i>	111
M	Pemasangan <i>wiremesh</i> 100x100x5 mm	H <i>start to start</i>	145
N	<i>Drilling</i> untuk <i>grouting</i> 0-10 m	H <i>finish to start</i> -125 day	283
O	<i>Grouting</i> termasuk material dan peralatan	N <i>start to start</i>	22
P	<i>Drilling</i> untuk pilot dan <i>check hole</i> 0-10 m	O <i>finish to start</i>	17
Q	<i>Water test/permeability test</i> 1 tekanan	P <i>finish to start</i>	10
R	<i>Water test/permeability test</i> 7 tekanan	Q <i>finish to finish</i>	4
S	<i>Backfill grouting material</i>	R <i>finish to finish</i>	8
T	Pembesian tulangan ulir untuk lantai kerja	N <i>start to start</i> +60 day	16
U	Lantai kerja beton K-125	T <i>finish to start</i> -8 day	12
V	Pembesian tulangan ulir untuk terowongan	U <i>finish to start</i>	125
W	Pemasangan <i>dowel bar</i>	V <i>finish to finish</i>	5
X	Pemasangan pipa <i>weep hole</i> 75 mm	V <i>finish to finish</i>	10
Y	Pemasangan pipa <i>water stop</i> 320 mm	V <i>finish to finish</i>	7
Z	Bekisting besi ( <i>sliding form</i> )	V <i>start to start</i>	58
AA	Beton K-225 <i>type B</i> (untuk terowongan)	V,Z <i>finish to finish</i>	219
AB	Pembesian tulangan ulir untuk <i>box culvert</i>	AA <i>start to start</i> + 60 day	57

Tabel 4.10: *Lanjutan*

Kode kegiatan	Uraian pekerjaan	Kegiatan yang mendahului	Durasi (hari)
AC	Beton K-225 <i>type A</i> (untuk <i>box culvert</i> )	38 <i>finish to start</i>	54
AD	Pembesian tulangan ulir untuk <i>plugging</i>	AA <i>start to start+60 day</i>	29
AE	Beton K-300 <i>type B</i> (untuk <i>plugging</i> )	AD <i>finish to start</i>	28

#### 4.6 Analisis *Critical Path Method*

Perhitungan ini merupakan analisis waktu secara keseluruhan *item* pekerjaan atau waktu tercepat (*early start*) dan waktu terlama (*lates start*) serta waktu tercepat kapan pekerjaan tersebut harus selesai (*early finish*) dan kapan waktu terlama pekerjaan tersebut harus selesai (*lates finish*). Selain itu juga akan dilakukan perhitungan untuk mencari jalur kritis dari masing-masing kegiatan.

Dalam menentukan penjadwalan proyek tersebut, harus diketahui terlebih dahulu durasi masing-masing *item* pekerjaan yang sudah dihitung pada subbab 4.4.4, dan harus membuat hubungan logika ketergantungan dari masing-masing *item* pekerjaan yang sudah dilakukan pada subbab 4.5. Dalam menganalisa durasi keseluruhan dan jalur kritis penulis menggunakan bantuan *softwar microsoft project 2016*.

Setelah mengisi data-data yang dibutuhkan pada aplikasi *microsoft project 2016*, dapat diketahui proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang dapat selesai selama 668 hari kerja (21 bulan) atau proyek dimulai pada tanggal 01-Maret-2018 dan selesai pada tanggal 28-Desember-2019. Berikut ini adalah hasil analisa penjadwalan dari aplikasi *microsoft project 2016* dalam bentuk diagram batang (*barchat*) serta dalam bentuk *network diagram*:

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	1, 2018	Qtr 2, 2018	Qtr 3, 2018	Qtr 4, 2018	Qtr 1, 2019	Qtr 2, 2019	Qtr 3, 2019	Qtr 4, 2019	Qtr 1, 2020												
						Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
0	<b>BENDUNGAN LAU-SIMEME PAKET II</b>	668 days	Thu 01/03/18	Sat 28/12/19																						
1	<b>1 START</b>	0 days	Thu 01/03/18	Thu 01/03/18																						
2	<b>2 Pekerjaan Dewatering</b>	1 day	Thu 01/03/18	Thu 01/03/18																						
3	<b>2.1 Dewatering selama konstruksi di galian terbuka dan galian terowongan (A)</b>	1 day	Thu 01/03/18	Thu 01/03/18	155																					
4	<b>3 Pekerjaan Temporary cofferdam</b>	60 days	Thu 01/03/18	Sun 29/04/18																						
5	<b>3.1 Land clearing and grubbing (B)</b>	52 days	Thu 01/03/18	Sat 21/04/18	155																					
6	<b>3.2 Timbunan tanah kembali dipadatkan (C)</b>	38 days	Fri 23/03/18	Sun 29/04/18	5FS-30 days																					
7	<b>3.3 Timbunan batu setempat (D)</b>	14 days	Mon 16/04/18	Sun 29/04/18	6FF																					
8	<b>4 Pekerjaan terowongan pengelak</b>	369 days	Thu 01/03/18	Mon 04/03/19																						
9	<b>4.1 Land clearing and grubbing (E)</b>	65 days	Thu 01/03/18	Fri 04/05/18	155																					
10	<b>4.2 Galian batuan mekanis diangkut maksimum 1 km (diangkut ke stockpile) (F)</b>	56 days	Thu 05/04/18	Wed 30/05/18	9FS-30 days																					
11	<b>4.3 Galian biasa diangkut sejauh maksimum 2 km (diangkut ke disposal) (G)</b>	48 days	Fri 13/04/18	Wed 30/05/18	10FF																					
12	<b>4.4 Galian terowongan (blasting) (H)</b>	308 days	Tue 01/05/18	Mon 04/03/19	11FS-30 days;7																					
13	<b>5 Pekerjaan penunjang dan proteksi</b>	308 days	Tue 01/05/18	Mon 04/03/19																						
14	<b>5.1 shotcrate setebal 10 cm (I)</b>	290 days	Tue 01/05/18	Thu 14/02/19	12SS																					

Gambar 4.1: diagram batang (*barchat*) schedule (Data primer,2020).

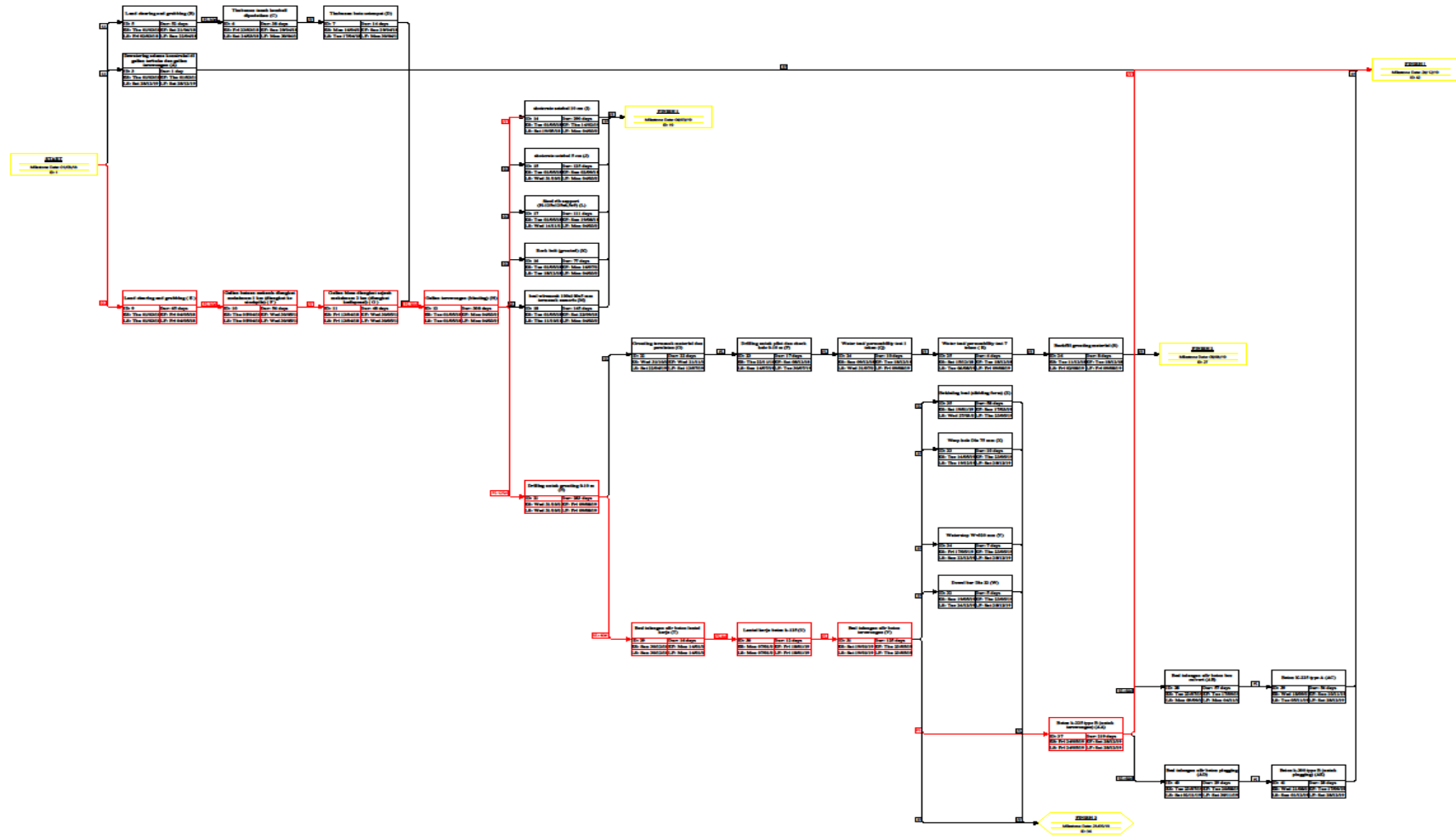
ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Timeline (Qtr 1, 2018 to Qtr 1, 2020)																	
						1, 2018 Feb Mar	Qtr 2, 2018 Apr May Jun	Qtr 3, 2018 Jul Aug Sep	Qtr 4, 2018 Oct Nov Dec	Qtr 1, 2019 Jan Feb Mar	Qtr 2, 2019 Apr May Jun	Qtr 3, 2019 Jul Aug Sep	Qtr 4, 2019 Oct Nov Dec	Qtr 1, 2020 Jan Feb									
16	5.3 Rock bolt (grouted) (K)	77 days	Tue 01/05/18	Mon 16/07/18	1255		01/05																
17	5.4 Steel rib support (H-125x125x6,5x9) (L)	111 days	Tue 01/05/18	Sun 19/08/18	1255		16/07																
18	5.5 besi wiremesh 100x100x5 mm termasuk asesoris (M)	145 days	Tue 01/05/18	Sat 22/09/18	1255		01/05																
19	5.6 FINISH 1	0 days	Mon 04/03/19	Mon 04/03/19	12FF;14FF;15FF;16FF																		
20	6 Pekerjaan grouting	283 days	Wed 31/10/18	Fri 09/08/19																			
21	6.1 Drilling untuk grouting 0-10 m (N)	283 days	Wed 31/10/18	Fri 09/08/19	12F5-125 days																		
22	6.2 Grouting termasuk material dan peralatan (O)	22 days	Wed 31/10/18	Wed 21/11/18	2155																		
23	6.3 Drilling untuk pilot dan check hole 0-10 m (P)	17 days	Thu 22/11/18	Sat 08/12/18	22																		
24	6.4 Water test/ permeability test 1 tekan (Q)	10 days	Sun 09/12/18	Tue 18/12/18	23																		
25	6.5 Water test/ permeability test 7 tekan (R)	4 days	Sat 15/12/18	Tue 18/12/18	24FF																		
26	6.6 Backfill grouting material (S)	8 days	Tue 11/12/18	Tue 18/12/18	25FF																		
27	6.7 FINISH 2	0 days	Fri 09/08/19	Fri 09/08/19	26FF																		
28	7 Pekerjaan beton	364 days	Sun 30/12/18	Sat 28/12/19																			
29	7.1 Besi tulangan ulir beton lantai kerja (T)	16 days	Sun 30/12/18	Mon 14/01/19	2155+60 days																		
30	7.2 Lantai kerja beton k-125 (U)	12 days	Mon 07/01/19	Fri 18/01/19	29F5-8 days																		
31	7.3 Besi tulangan ulir beton terowongan (V)	125 days	Sat 19/01/19	Thu 23/05/19	30																		

Gambar 4.1: Lanjutan



Gambar 4.1: Lanjutan

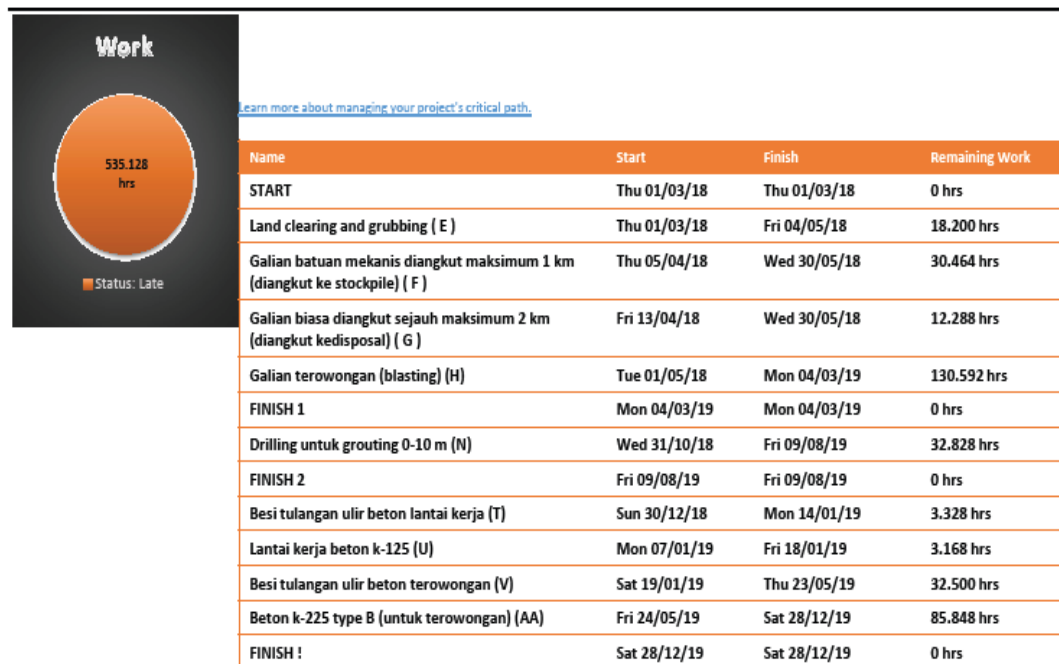




Gambar 4.2: Diagram *network schedule* (Data primer,2020)

Berdasarkan gambar diatas (gambar4.1 dan gambar 4.2), dapat diketahui bahwa terdapat 9 *unit* pekerjaan kritis atau termasuk kedalam *critical path*, dimana apabila pekerjaan tersebut terlambat 1 hari bisa menyebabkan keterlambatan seluruh *item* pekerjaan. Berikut ini adalah *critical task* yang didapatkan dari analisa *microsoft project* 2016:

## CRITICAL TASKS



Gambar 4.3: *Critical task schedule* (Data primer,2020).

### 4.7 Percepatan Durasi & Biaya Percepatan pekerjaan

Sebelum melakukan percepatan dari pekerjaan kritis, harus diketahui terlebih dahulu biaya dengan durasi normal dari masing-masing kegiatan khususnya pada pekerjaan kritis. Total biaya normal ini didapatkan berdasarkan hasil analisa harga satuan pekerjaan yang bisa dilihat pada bagian lampiran. Berikut adalah daftar biaya dengan durasi normal untuk pekerjaan kritis:

Tabel 4.11: Biaya dengan durasi normal pekerjaan kritis (Data primer,2020).

Kode kegiatan	Volume pekerjaan	Durasi (hari)	Harga satuan	Harga total
E	14.590,02 m <sup>2</sup>	65	Rp.28.786,99	Rp.420.002.628,85
F	56.055,99 m <sup>3</sup>	56	Rp.124.838,96	Rp.6.997.971.395,54
G	44.600,25 m <sup>3</sup>	48	Rp.51.369,98	Rp.2.291.114.168,61
H	46.992,32 m <sup>3</sup>	308	Rp.1.036.408,67	Rp.48.703.252.107,35
N	16.460,99 m	283	Rp.784.739,75	Rp.12.916.816.311,14
T	66.513,39 Kg	16	Rp.16.070,99	Rp.1.068.936.352,31
U	809,41 m <sup>3</sup>	12	Rp.1.286.086,59	Rp.1.040.971.349,14
V	814.231,86 Kg	125	Rp.16.070,99	Rp.13.085.516.079,80
AA	14.895,61 m <sup>3</sup>	219	Rp.1.827.385,42	Rp.27.220.026.954,73

#### 4.7.1 Durasi Pekerjaan Dengan Tambahan Jam Kerja Lembur

Seperti yang sudah dijelaskan pada bab 2 (subbab 2.20), jam kerja lembur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah 3 jam kerja dimulai pada pukul 18.00-21.00 WIB. Dikarenakan bertambahnya waktu kerja selama 3 jam, maka Terjadi penurunan kapasitas produktifitas dari masing-masing pekerja sebesar 20%, hal tersebut dikarenakan faktor kelelahan dari pekerja sehingga akan mempengaruhi kinerja (hasil) yang dikeluarkan oleh pekerja itu sendiri.

Sesuai acuan yang digunakan penulis dalam penelitian ini, rumus yang digunakan untuk menghitung durasi akibat jam kerja lembur menggunakan persamaan 2.12 dan 2.13. Maka secara detail perhitungan bisa dilihat pada uraian dibawah ini:

##### 1. *Land clearing and grubbing* (E)

Diketahui,

$$VO = 14.590,02 \text{ m}^2$$

$$D = 65 \text{ hari}$$

$$JN = 7 \times 65 = 455 \text{ jam}$$

$$KP = \frac{14.590,02}{455} = 32,08 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$JOT = 3 \text{ jam}$$

$$F = 80\%$$

Maka,

$$Dc = \frac{14.590,02}{(32,08 \times 7) + (3 \times 32,08 \times 0,8)} = 48,48 \sim 49 \text{ hari}$$

2. Galian batuan mekanis diangkut sejauh 1 Km (*stockpile*) (F)

Diketahui,

$$VO = 56.055,99 \text{ m}^3$$

$$D = 56 \text{ hari}$$

$$JN = 7 \times 56 = 392 \text{ jam}$$

$$KP = \frac{56.055,99}{392} = 143 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$JOT = 3 \text{ jam}$$

$$F = 80\%$$

Maka,

$$Dc = \frac{56.055,99}{(143 \times 7) + (3 \times 143 \times 0,8)} = 41,71 \sim 42 \text{ hari}$$

3. Galian biasa diangkut sejauh 2 Km (*disposal*) (G)

Diketahui,

$$VO = 44.600,25 \text{ m}^3$$

$$D = 48 \text{ hari}$$

$$JN = 7 \times 48 = 336 \text{ jam}$$

$$KP = \frac{44.600,25}{336} = 132,74 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$JOT = 3 \text{ jam}$$

$$F = 80\%$$

Maka,

$$Dc = \frac{44.600,25}{(132,74 \times 7) + (3 \times 132,74 \times 0,8)} = 35,75 \sim 36 \text{ hari}$$

4. Galian batu terowongan (*blasting*) (H)

Diketahui,

$$VO = 46.992,32 \text{ m}^3$$

$$D = 308 \text{ hari}$$

$$JN = 7 \times 308 = 2.156 \text{ jam}$$

$$KP = \frac{46.992,32}{2.156} = 21,80 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$JOT = 3 \text{ jam}$$

$$F = 80\%$$

Maka,

$$Dc = \frac{46.992,32}{(21,80 \times 7) + (3 \times 21,80 \times 0,8)} = 229,52 \sim 230 \text{ hari}$$

#### 5. *Drilling* untuk *grouting* 0-10 m (N)

Diketahui,

$$VO = 16.460,00 \text{ m}$$

$$D = 283 \text{ hari}$$

$$JN = 7 \times 283 = 1.981 \text{ jam}$$

$$KP = \frac{16.460,00}{1.981} = 8,31 \text{ m/jam}$$

$$JOT = 3 \text{ jam}$$

$$F = 80\%$$

Maka,

$$Dc = \frac{16.460,00}{(8,31 \times 7) + (3 \times 8,31 \times 0,8)} = 210,72 \sim 211 \text{ hari}$$

#### 6. Pembesian tulangan ulir untuk rantai kerja (T)

Diketahui,

$$VO = 66.513,39 \text{ Kg}$$

$$D = 16 \text{ hari}$$

$$JN = 7 \times 16 = 112 \text{ jam}$$

$$KP = \frac{66.513,39}{112} = 593,88 \text{ Kg/jam}$$

$$JOT = 3 \text{ jam}$$

$$F = 80\%$$

Maka,

$$Dc = \frac{66513,39}{(593,88 \times 7) + (3 \times 593,88 \times 0,8)} = 11,93 \sim 12 \text{ hari}$$

#### 7. Rantai kerja beton K-125 (U)

Diketahui,

$$VO = 809,41 \text{ m}^3$$

$$D = 12 \text{ hari}$$

$$JN = 7 \times 12 = 84 \text{ jam}$$

$$KP = \frac{809,41}{84} = 9,65 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{JOT} = 3 \text{ jam}$$

$$F = 80\%$$

Maka,

$$D_c = \frac{809,41}{(9,65 \times 7) + (3 \times 9,65 \times 0,8)} = 8,93 \sim 9 \text{ hari}$$

#### 8. Pembesian tulangan ulir untuk terowongan (V)

Diketahui,

$$\text{VO} = 814.231,86 \text{ Kg}$$

$$D = 125 \text{ hari}$$

$$\text{JN} = 7 \times 125 = 875 \text{ jam}$$

$$\text{KP} = \frac{814.231,86}{875} = 930,56 \text{ Kg/jam}$$

$$\text{JOT} = 3 \text{ jam}$$

$$F = 80\%$$

Maka,

$$D_c = \frac{814.231,86}{(930,56 \times 7) + (3 \times 930,56 \times 0,8)} = 93,08 \sim 93 \text{ hari}$$

#### 9. Beton K-225 untuk terowongan (AA)

Diketahui,

$$\text{VO} = 14.895,61 \text{ m}^3$$

$$D = 219 \text{ hari}$$

$$\text{JN} = 7 \times 219 = 1.533 \text{ jam}$$

$$\text{KP} = \frac{14.895,61}{1.533} = 9,73 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{JOT} = 3 \text{ jam}$$

$$F = 80\%$$

Maka,

$$D_c = \frac{14.895,61}{(9,73 \times 7) + (3 \times 9,73 \times 0,8)} = 162,88 \sim 163 \text{ hari}$$

Untuk durasi percepatan seluruh pekerjaan yang berada pada jalur kritis, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.12: *Total durasi crash* (Data primer,2020).

Kode kegiatan	Nama kegiatan	Durasi normal (hari)	Durasi <i>crash</i> (hari)	<i>Total crash</i> (hari)
E	<i>Land clearing and grubbing</i>	65	49	16
F	Galian batu mekanis diangkut sejauh 1 Km ( <i>stockpile</i> )	56	42	17
G	Galian biasa diangkut sejauh 1 Km ( <i>disposal</i> )	48	36	12
H	Galian batu terowongan ( <i>blasting</i> )	308	230	78
N	<i>Drilling</i> untuk grouting 0-10 m	283	211	72
T	Pembesian tulangan ulir untuk lantai kerja	16	12	4
U	Beton K-125 untuk lantai kerja	12	9	3
V	Pembesian tulangan ulir untuk terowongan	125	93	32
AA	Beton K-225 untuk terowongan	219	163	56

#### 4.7.2 Perhitungan Biaya Pekerjaan Jam Kerja Lembur

Dalam menghitung jumlah biaya dari percepatan setiap pekerjaan diasumsikan bahwa harga sewa peralatan dan harga bahan material tidak berubah. Berikut ini adalah uraian perhitungan *total cost* dan *cost slope* dari pekerjaan yang dilakukan percepatan, yaitu:

##### 1. *Land clearing and grubbing* (E)

Diketahui,

$$VO = 14.590,02 \text{ m}^2$$

$$D = 65 \text{ hari}$$

$$Dc = 49 \text{ hari}$$

$$KP/\text{hari} = \frac{14.590,02}{65} = 224,47 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$KP/\text{jam} = 32,07 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$KP/\text{waktu lembur} = 3 \times 32,07 \times 0,8 = 76,97 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$KP/\text{percepatan} = (32,07 + 76,97) \times 7 = 763,28 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Harga satuan} = \text{Rp.}28.786,99/\text{m}^2$$

$$\text{Total biaya} = \text{Rp.}420.002.628,85$$

Maka,

$$\text{Upah normal/jam} = \text{Rp.}28.786,99 \times 32,07 \text{ m}^2/\text{jam} = \text{Rp.}923.198,77/\text{jam}$$

$$\text{Upah normal/hari} = \text{Rp.}923.198,77 \times 7 = \text{Rp.}6.462.391,39/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah 3 jam lembur} &= (1,5 \times 923.198,77) + 2 (2 \times 923.198,77) \\ &= \text{Rp.}5.077.593,24/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Cost percepatan} = \frac{(\text{Rp.}420.002.628,85 + \text{Rp.}5.077.593,24)}{49}$$

$$= \text{Rp.}8.675.106,58/\text{hari}$$

$$\text{Cost total biaya} = \text{Rp.}420.002.628,85 + \text{Rp.}8.675.106,58$$

$$= \text{Rp.}428.677.735,40/\text{hari}$$

$$\text{Cost slope} = \frac{(428.677.735,40 - 420.002.628,85)}{(65-49)}$$

$$= \text{Rp.}542.194.16/\text{hari}$$

## 2. Galian batuan mekanis diangkut sejauh 1 Km (*stockpile*)

Diketahui,

$$\text{VO} = 56.055,99 \text{ m}^3$$

$$\text{D} = 56 \text{ hari}$$

$$\text{Dc} = 42 \text{ hari}$$

$$\text{Kp/hari} = \frac{56.055,99}{56} = 1001 \text{ m}^3$$

$$\text{KP/jam} = 143 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{KP/waktu lembur} = 3 \times 143 \times 0,8 = 343,20 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{KP/percepatan} = (143 + 343,20) \times 7 = 3.403,40 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Harga satuan} = \text{Rp.}124.838,96/\text{m}^3$$

$$\text{Total biaya} = \text{Rp.}6.997.971.395,54$$

Maka,

$$\text{Upah normal/jam} = \text{Rp.}124.838,96 \times 143 \text{ m}^3/\text{jam} = \text{Rp.}17.851.971,28/\text{hari}$$

$$\text{Upah normal/hari} = 17.851.971,28 \times 7 = \text{Rp.}124.963.799/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah 3 jam lembur} &= (1,5 \times 17.851.971,28) + 2 \times (2 \times 17.851.971,28) \\ &= \text{Rp.}98.185.842,04/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Cost percepatan} = \frac{(\text{Rp.}6.997.971.395,54 + \text{Rp.}98.185.842,04)}{42}$$

$$= \text{Rp.}168.956.124,70/\text{hari}$$

$$\text{Cost total biaya} = \text{Rp.}6.997.971.395,54 + \text{Rp.}168.956.124,70$$



$$\begin{aligned}
&= \text{Rp.}7.166.927.520/\text{hari} \\
\text{Cost slope} &= \frac{(7.166.927.520 - 6.997.971.395,54)}{(56 - 42)} \\
&= \text{Rp.}12.068.294,60/\text{hari}
\end{aligned}$$

### 3. Galian biasa diangkut sejauh 2 Km (disposal) (G)

Diketahui,

$$\begin{aligned}
\text{VO} &= 44.600,25 \text{ m}^3 \\
\text{D} &= 48 \text{ hari} \\
\text{Dc} &= 36 \text{ hari} \\
\text{KP/hari} &= \frac{44.600,25}{48} = 929,18 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{KP/jam} &= 132,74 \text{ m}^3/\text{jam} \\
\text{KP/waktu lembur} &= 3 \times 132,74 \times 0,8 = 318,58 \text{ m}^3/\text{jam} \\
\text{KP/percepatan} &= (132,74 + 318,58) \times 7 = 3.159,24 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{Harga satuan} &= \text{Rp.}51.369,98/\text{m}^3 \\
\text{Total biaya} &= \text{Rp.}2.291.114.168,61
\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
\text{Upah normal/jam} &= \text{Rp.}51.369,98 \times 132,74 \text{ m}^3/\text{jam} = \text{Rp.}6.818.851,15/\text{jam} \\
\text{Upah normal/hari} &= \text{Rp.}6.818.851,15 \times 7 = \text{Rp.}47.731.958,05/\text{hari} \\
\text{Upah 3 jam lembur} &= (1,5 \times 6.818.851,15) + 2 \times (2 \times 6.818.851,15) \\
&= \text{Rp.}37.503.681,33/\text{hari} \\
\text{Cost percepatan} &= \frac{(\text{Rp.}2.291.114.168,61 + \text{Rp.}37.503.681,33)}{36} \\
&= \text{Rp.}64.683.829,17/\text{hari} \\
\text{Cost total biaya} &= \text{Rp.}2.291.114.168,61 + \text{Rp.}64.683.829,17 \\
&= \text{Rp.}2.355.797.998/\text{hari} \\
\text{Cost slope} &= \frac{(2.355.797.998 - 2.291.114.168,61)}{(48 - 36)} \\
&= \text{Rp.}5.390.319,12/\text{hari}
\end{aligned}$$

### 4. Galian batu terowongan (*blasting*) (H)

Diketahui,

$$\begin{aligned}
\text{VO} &= 46.992,32 \text{ m}^3 \\
\text{D} &= 308 \text{ hari} \\
\text{Dc} &= 230 \text{ hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KP/hari} &= \frac{46.992,32}{308} = 152,58 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{KP/jam} &= 21,80 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{KP/waktu lembur} &= 3 \times 21,80 \times 0,8 = 52,32 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{KP/percepatan} &= (21,80 + 52,32) \times 7 = 518,84 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Harga satuan} &= \text{Rp.1.036.408,67/m}^3 \\ \text{Total biaya} &= \text{Rp.48.703.252.107,35} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Upah normal/jam} &= \text{Rp.1.036.408,67} \times 21,80 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= \text{Rp.22.593.709,01 m}^3/\text{jam} \\ \text{Upah normal/hari} &= \text{Rp.22.593.709,01} \times 7 = \text{Rp.158.155.963/hari} \\ \text{Upah 3 jam lembur} &= (1,5 \times 22.593.709,01) + 2 \times (2 \times 22.593.709,01) \\ &= \text{Rp.124.265.399,60/hari} \\ \text{Cost percepatan} &= \frac{(\text{Rp.48.703.252.107,35} + \text{Rp.124.265.399,60})}{230} \\ &= \text{Rp.212.293.554,40/hari} \\ \text{Cost total biaya} &= \text{Rp.48.703.252.107,35} + \text{Rp.212.293.554,40} \\ &= \text{Rp.48.915.545.660/hari} \\ \text{Cost slope} &= \frac{(\text{Rp.48.915.545.660} - \text{Rp.48.703.252.107,35})}{(308 - 230)} \\ &= \text{Rp.2.721.712,22/hari} \end{aligned}$$

##### 5. *Drilling* untuk *grouting* 0-10 m (N)

Diketahui,

$$\begin{aligned} \text{VO} &= 16.460,00 \text{ m} \\ \text{D} &= 283 \text{ hari} \\ \text{Dc} &= 211 \text{ hari} \\ \text{KP/hari} &= \frac{16.460,00}{283} = 58,17 \text{ m/hari} \\ \text{KP/jam} &= 8,31 \text{ m/jam} \\ \text{KP/waktu lembur} &= 3 \times 8,31 \times 0,8 = 19,95 \text{ m/jam} \\ \text{KP/percepatan} &= (8,31 + 19,95) \times 7 = 197,82 \text{ m/jam} \\ \text{Harga satuan} &= \text{Rp.784.739,75/m} \\ \text{Total biaya} &= \text{Rp.12.916.816.311,14} \end{aligned}$$

Maka,

$$\text{Upah normal/jam} = \text{Rp.784.739,75} \times 8,31 \text{ m} = \text{Rp.6.521.187,33/jam}$$

$$\text{Upah normal/hari} = \text{Rp.6.521.187,33} \times 7 = \text{Rp.45.648.311,31/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah 3 jam lembur} &= (1,5 \times 6.521.187,33) + 2 \times (2 \times 6.521.187,33) \\ &= \text{Rp.35.866.530,32/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Cost percepatan} = \frac{(\text{Rp.12.916.816.311,14} + 35.866.530,32)}{211}$$

$$= \text{Rp.61.387.122,47/hari}$$

$$\text{Cost total biaya} = \text{Rp.12.916.816.311,14} + \text{Rp.61.387.122,47}$$

$$= \text{Rp.12.978.203.433/hari}$$

$$\text{Cost slope} = \frac{(\text{Rp.12.978.203.433} - \text{Rp.12.916.816.311,14})}{(283 - 211)}$$

$$= \text{Rp.852.598,93/hari}$$

#### 6. Pembesian tulangan ulir untuk lantai kerja (T)

Diketahui,

$$\text{VO} = 66.513,39 \text{ Kg}$$

$$\text{D} = 16 \text{ hari}$$

$$\text{Dc} = 12 \text{ hari}$$

$$\text{KP/hari} = \frac{66.513,39}{16} = 4.157,08 \text{ Kg/hari}$$

$$\text{KP/jam} = 593,88 \text{ Kg/jam}$$

$$\text{KP/waktu lembur} = 3 \times 593,88 \times 0,8 = 1.425,31 \text{ Kg/jam}$$

$$\text{KP/percepatan} = (593,88 + 1.425,31) \times 7 = 14.134,33/\text{hari}$$

$$\text{Harga satuan} = \text{Rp.16.070,99/Kg}$$

$$\text{Total biaya} = \text{Rp.1.086.936.352,31}$$

Maka,

$$\text{Upah normal/jam} = \text{Rp.16.070,99} \times 593,88 = \text{Rp.9.544.239,54/jam}$$

$$\text{Upah normal/hari} = \text{Rp.9.544.239,54} \times 7 = \text{Rp.66.809.676,79/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah 3 jam lembur} &= (1,5 \times 9.544.239,54) + 2 \times (2 \times 9.544.239,54) \\ &= \text{Rp.52.493.317,47/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Cost percepatan} = \frac{(\text{Rp.1.086.936.352,31} + \text{Rp.52.493.317,47})}{12}$$

$$= \text{Rp.94.952.472,48/hari}$$

$$\text{Cost biaya total} = \text{Rp.1.086.936.352,31} + \text{Rp.94.952.472,47}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp.1.181.888.825/hari} \\
 \text{Cost slope} &= \frac{(\text{Rp.1.181.888.825,00} - \text{Rp.1.086.936.352,31})}{(16 - 12)} \\
 &= \text{Rp.23.738.118,17/hari}
 \end{aligned}$$

#### 7. Lantai kerja beton K-125 (U)

Diketahui,

$$\begin{aligned}
 \text{VO} &= 809,41 \text{ m}^3 \\
 \text{D} &= 12 \text{ hari} \\
 \text{Dc} &= 9 \text{ hari} \\
 \text{KP/hari} &= \frac{809,41}{12} = 67,46 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{KP/jam} &= 9,64 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{KP/waktu lembur} &= 3 \times 9,64 \times 0,8 = 23,14 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{KP/percepatan} &= (9,64 + 23,14) \times 7 = 229,46 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Harga satuan} &= \text{Rp.1.286.086,59/m}^3 \\
 \text{Total biaya} &= \text{Rp.1.040.971.349,14}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{Upah normal/jam} &= \text{Rp.1.286.086,59} \times 9,64 \text{ m}^3 = \text{Rp.12.397.874,73/jam} \\
 \text{Upah normal/hari} &= \text{Rp.12.397.874,73} \times 7 = \text{Rp.86.785.123,09/hari} \\
 \text{Upah 3 jam lembur} &= (1,5 \times 12.397.874,73) + 2 \times (2 \times 12.397.874,73) \\
 &= \text{Rp.68.188.311,02/jam} \\
 \text{Cost percepatan} &= \frac{(\text{Rp.1.040.971.349,14} + \text{Rp.68.188.311,02})}{9} \\
 &= \text{Rp.123.239.962,20/hari} \\
 \text{Cost total biaya} &= \text{Rp.1.040.971.349,14} + \text{Rp.123.239.962,20} \\
 &= \text{Rp.1.164.211.311/hari} \\
 \text{Cost slope} &= \frac{(\text{Rp.1.164.211.311} - \text{Rp.1.040.971.349,14})}{(12 - 9)} \\
 &= \text{Rp.41.079.987,29/hari}
 \end{aligned}$$

#### 8. Pembesian tulangan ulir untuk terowongan (V)

Diketahui,

$$\begin{aligned}
 \text{VO} &= 814.231,86 \text{ Kg} \\
 \text{D} &= 125 \text{ hari} \\
 \text{Dc} &= 93 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KP/hari} &= \frac{814.231,86}{125} = 6.513,86 \text{ Kg/hari} \\ \text{KP/jam} &= 930,56 \text{ Kg/jam} \\ \text{KP/waktu lembur} &= 3 \times 930,56 \times 0,8 = 2.233,35 \text{ Kg/jam} \\ \text{KP/percepatan} &= (930,56 + 2.233,35) \times 7 = 22.147,37 \text{ Kg/hari} \\ \text{Harga satuan} &= \text{Rp.16.070,99/Kg} \\ \text{Total biaya} &= \text{Rp.13.085.516.079,80} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Upah normal/jam} &= \text{Rp.16.070,99} \times 930,56 \text{ Kg} = \text{Rp.14.955.020,45/jam} \\ \text{Upah normal/hari} &= \text{Rp.14.955.020,45} \times 7 = \text{Rp.104.685.143,20/hari} \\ \text{Upah 3 jam lembur} &= (1,5 \times 14.955.020,45) + 2 \times (2 \times 14.955.020,45) \\ &= \text{Rp.82.252.612,48/jam} \\ \text{Cost percepatan} &= \frac{(\text{Rp.13.085.516.079,80} + \text{Rp.82.252.612,48})}{93} \\ &= \text{Rp.141.588.910,70/hari} \\ \text{Cost total biaya} &= \text{Rp.13.085.516.079,80} + \text{Rp.141.588.910,70} \\ &= \text{Rp.13.227.104.991/hari} \\ \text{Cost slope} &= \frac{(\text{Rp.13.227.104.991} - \text{Rp.13.085.516.079,80})}{(125 - 93)} \\ &= \text{Rp.4.424.653,48/hari} \end{aligned}$$

#### 9. Pekerjaan beton K-225 untuk terowongan (AA)

Diketahui,

$$\begin{aligned} \text{VO} &= 14.895,61 \text{ m}^3 \\ \text{D} &= 219 \text{ hari} \\ \text{Dc} &= 163 \text{ hari} \\ \text{KP/hari} &= \frac{14.895,61}{219} = 68,02 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{KP/jam} &= 9,72 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{KP/waktu lembur} &= 3 \times 9,72 \times 0,8 = 23,33 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{KP/percepatan} &= (9,72 + 23,33) \times 7 = 231,35 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Harga satuan} &= \text{Rp.1.827.385,42/m}^3 \\ \text{Total biaya} &= \text{Rp.27.220.026.954,73} \\ \text{Maka,} \\ \text{Upah normal/jam} &= \text{Rp.1.827.385,42} \times 9,72 \text{ m}^3 = \text{Rp.17.762.186,28/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Upah normal/hari} &= \text{Rp.}17.762.186,28 \times 7 = \text{Rp.}124.335.304/\text{hari} \\
\text{Upah 3 jam lembur} &= (1,5 \times 17.762.186,28) + 2 \times (2 \times 17.762.186,28) \\
&= \text{Rp.}97.692.024,54/\text{jam} \\
\text{Cost percepatan} &= \frac{(\text{Rp.}27.220.026.954,73 + 97.692.024,54)}{163} \\
&= \text{Rp.}167.593.368/\text{hari} \\
\text{Cost total biaya} &= \text{Rp.}27.220.026.954,73 + \text{Rp.}167.593.368 \\
&= \text{Rp.}27.387.620.322/\text{hari} \\
\text{Cost slope} &= \frac{(\text{Rp.}27.387.620.322 - \text{Rp.}27.220.026.954,73)}{(219 - 163)} \\
&= \text{Rp.}2.992.738,70/\text{hari}
\end{aligned}$$

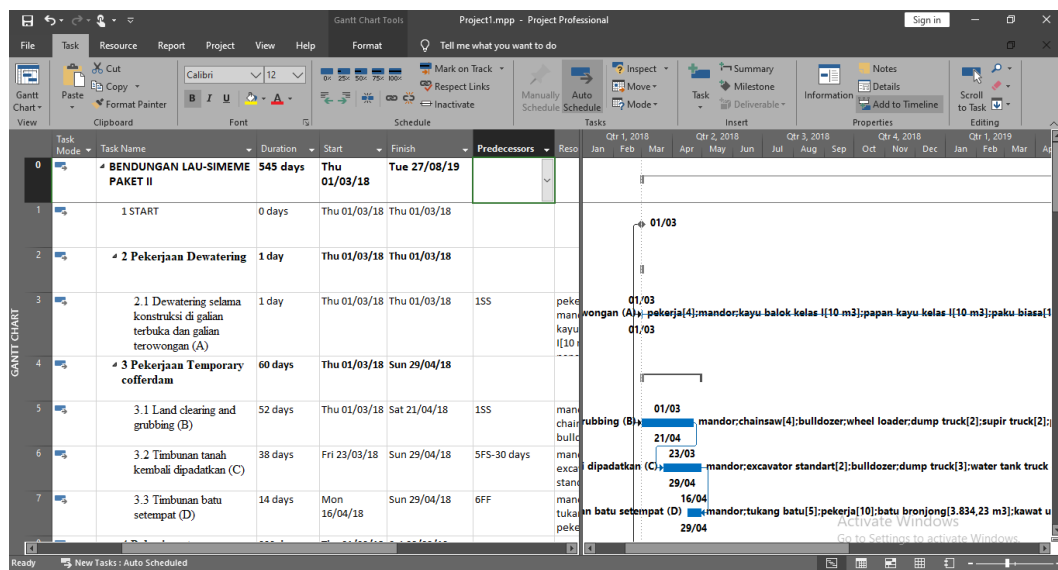
Setelah menghitung kenaikan biaya yang diakibatkan penambahan jam kerja lembur selama 3 jam, maka dilakukan perhitungan total *cost slope* percepatan dari masing-masing pekerjaan kritis yang dipercepat dengan cara mengalikan nilai *cost slope* perhari dengan jumlah durasi percepatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.13: Hasil perhitungan *cost slope* perhari dan *cost slope* percepatan (Data primer,2020).

Kode kegiatan	Durasi normal (hari)	Durasi crash (hari)	Total crash (hari)	<i>Cost slope</i> perhari	<i>Cost slope</i> percepatan
E	65	49	16	Rp.542.194,16	Rp.8.675.106,56
F	56	42	14	Rp.12.068.294,60	Rp.168.956.124,40
G	48	36	12	Rp.5.390.319,12	Rp.64.683.829,44
H	308	230	78	Rp.2.721.712,22	Rp.212.293.553,16
N	283	211	72	Rp.852.598,93	Rp.61.387.122,96
T	16	12	4	Rp.23.738.118,17	Rp.94.952.472,68
U	12	9	3	Rp.41.079.987,29	Rp.123.239.961,87
V	125	93	32	Rp.4.424.653,48	Rp.141.588.911,36
AA	219	163	56	Rp.2.992.738,70	Rp.167.593.367,20
Total:				Rp.93.810.616,67	Rp.1.043.370.450

#### 4.8 Perhitungan Ulang Analisa CPM

Setelah melakukan perhitungan percepatan durasi pada pekerjaan kritis disertai dengan perhitungan biaya tambahan untuk jam kerja lembur, maka dilakukan penjadwalan ulang dengan aplikasi *microsoft project 2016* dengan memiliki hasil proyek mengalami pengurangan umur yang awalnya 668 hari, berubah lebih cepat menjadi 545 hari atau terjadi selisih 123 hari dari rencana awal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.4: Hasil analisa *microsoft project 2016* setelah percepatan (Data primer,2020).

Akan tetapi dalam melakukan penjadwalan ulang menggunakan aplikasi *microsoft project 2016*, tidak semua pekerjaan kritis dilakukan percepatan. Hal itu dikarenakan agar penjadwalan yang dilakukan aplikasi *microsoft project 2016* tidak memunculkan jalur kritis yang baru. Sehingga pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan percepatan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14: Pekerjaan kritis yang dipercepat (Data primer,2020).

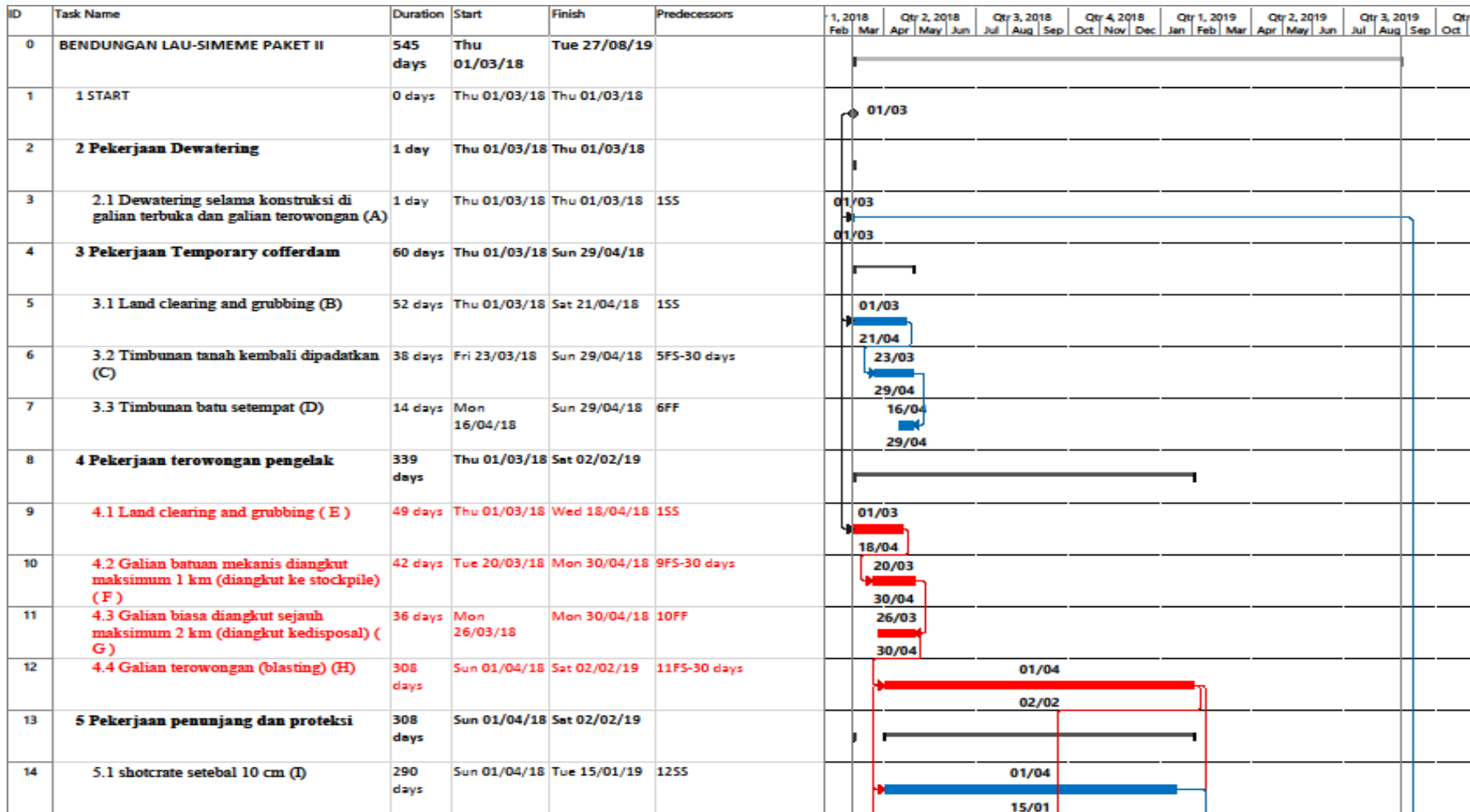
Kode kegiatan	Nama kegiatan	Durasi normal (hari)	Durasi crash (hari)	Cost slope percepatan
E	<i>Land clearing and grubbing</i>	65	49	Rp.8.675.106,56

Tabel 4.14: Lanjutan

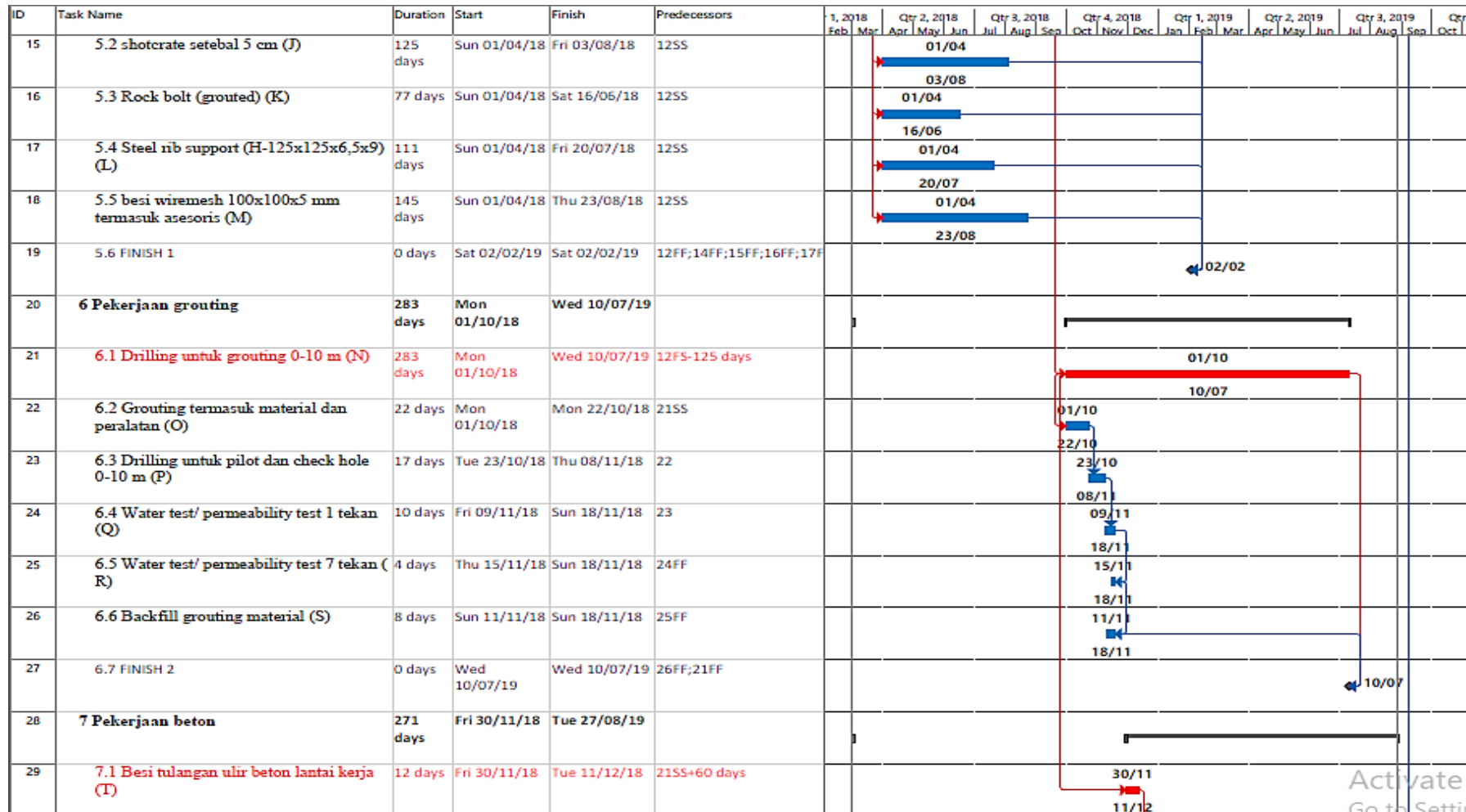
Kode kegiatan	Nama kegiatan	Durasi normal (hari)	Durasi <i>crash</i> (hari)	<i>Cost slope</i> percepatan
F	Galian batu mekanis diangkut sejauh 1 Km ( <i>stockpile</i> )	56	42	Rp.168.956.124,40
G	Galian biasa diangkut sejauh 1 Km (disposal)	48	36	Rp.64.683.829,44
N	<i>Drilling</i> untuk grouting 0-10 m	283	211	Rp.61.387.122,96
T	Pembesian tulangan ulir untuk lantai kerja	16	12	Rp.94.952.472,68
U	Beton K-125 untuk lantai kerja	12	9	Rp.123.239.961,87
V	Pembesian tulangan ulir untuk terowongan	125	93	Rp.141.588.911,36
AA	Beton K-225 untuk terowongan	219	163	Rp.167.593.367,20
Total:				Rp.831.077.000,00

Jadi hasil percepatan durasi dan biaya tambahan (*direct cost*) untuk tambahan jam kerja lembur selama 3 jam yaitu umur proyek berkurang sebesar 123 hari menjadi 545 hari dengan total *cost slope* percepatan sebesar Rp.831.077.000,00 sehingga untuk biaya langsung proyek adalah  $Rp.176.594.683.120,56 + Rp.831.077.000,00 = Rp.177.425.760.121$ . Berikut ini adalah tampilan diagram batang (*barchat*) percepatan dan diagram *network* percepatan hasil analisa *microsoft project* 2016:



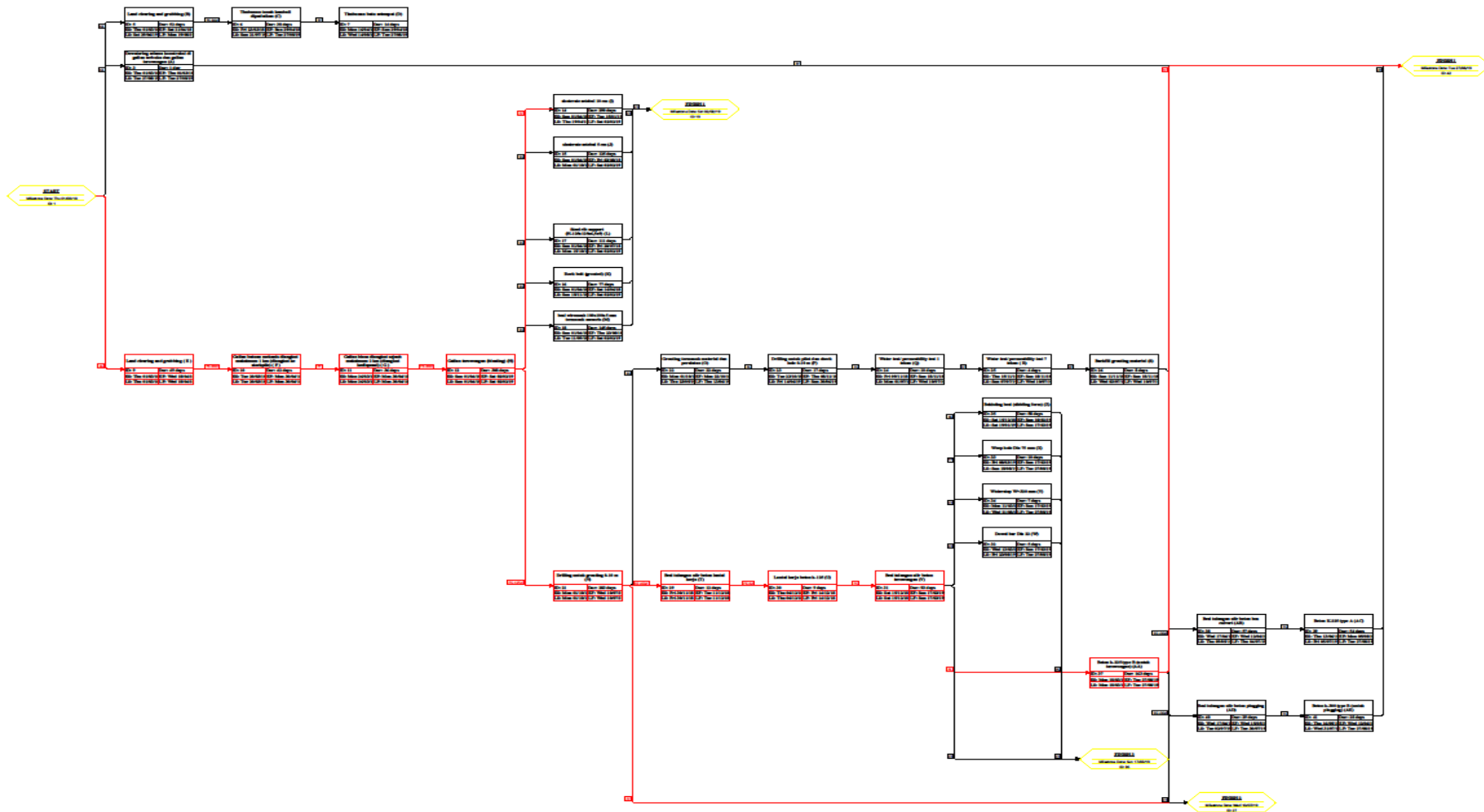


Gambar 4.5: Diagram batang (*barchat*) percepatan (Data primer,2020).



Gambar 4.5: Lanjutan





Gambar 4.6: Diagram *network* percepatan (Data primer,2020).

#### 4.9 Analisa Finansial Proyek

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas dari percepatan umur proyek baik dari waktu dan biaya, karena dalam mempercepat umur proyek tidak akan bisa lepas dari kenaikan biaya itu sendiri. Sebelum melakukan analisa perlu diketahui terlebih dahulu biaya tidak langsung (*indirect cost*) baik *overhead* kantor dan *overhead* lapangan.

Biaya tidak langsung merupakan biaya yang akan digunakan untuk mengontrol dan mengawasi manajemen proyek, fasilitas selama proyek berlangsung, keamanan proyek, dan transportasi proyek tersebut, sehingga ada keuntungan ketika umur proyek dilakukan *crashing* yaitu berkurangnya biaya tidak langsung. Akan tetapi ada beberapa biaya tidak langsung yang ikut bertambah ketika proyek tersebut melakukan percepatan tambahan jam kerja lembur. Berikut ini biaya tidak langsung untuk melakukan percepatan tambahan jam kerja lembur selama 3 jam:

Tabel 4.15: Biaya tidak langsung jam kerja lembur 3 jam (Data primer,2020).

No	Uraian pekerjaan	Vol	Satuan	Biaya/bulan
A	<i>Overhead</i> kantor			
1	<i>General superitendent</i> (GSP)	1	Orang	Rp.6.678.705
2	<i>Safety officer</i>	1	Orang	Rp.8.642.865
Jumlah <i>overhead</i> kantor/bulan				Rp.15.321.570
B	<i>Overhead</i> lapangan			
1	Listrik	Ls	Bulan	Rp.750.000
2	Bensin motor	3	<i>Unit</i>	Rp.200.000
3	Makan pekerja lembur	50	Orang	Rp.850.000
Jumlah <i>overhead</i> lapangan/bulan				Rp.1.800.000
Total <i>overhead</i> kantor dan lapangan/bulan				Rp.17.121.570
Total <i>overhead</i> /hari				Rp.570.719

Setelah dilakukan percepatan durasi dari masing-masing pekerjaan serta melakukan penjadwalan ulang dengan aplikasi *microsoft project* 2016 dapat diketahui bahwa durasi pekerjaan lembur keseluruhan adalah 392 hari kerja dengan jangka waktu 3 jam perhari. Sehingga selama pekerjaan lembur ini berlangsung akan terjadi penambahan biaya tidak langsung (*overhead*).

Jadi total biaya keseluruhan setelah dilakukan *crashing* ditambah dengan biaya tidak langsung (*overhead*) untuk 3 jam lembur adalah:

$$= \text{Rp.}177.425.760.121 + \text{Rp.}223.721.848.$$

$$= \text{Rp.} 177.649.481.969$$

Setelah diketahui biaya *overhead* selama 3 jam lembur, selanjutnya mengetahui total pengurangan biaya berdasarkan pengurangan umur proyek. Berikut ini merupakan biaya tidak langsung (*overhead*) yang dikeluarkan berdasarkan durasi normal proyek:

Tabel 4.16: Biaya tidak langsung jam kerja normal (Data primer,2020).

No	Uraian pekerjaan	Vol	Satuan	Biaya/bulan
A	<i>Overhead</i> kantor			
1	<i>Project manager</i>	1	Orang	Rp.15.000.000
2	<i>Safety officer</i>	3	Orang	Rp.34.500.000
3	<i>Quality control</i>	2	Orang	Rp.23.000.000
4	<i>Site operation manager</i>	1	Orang	Rp.10.000.000
5	<i>Site engineering manager</i>	1	Orang	Rp.10.000.000
6	<i>Site administrasi manager</i>	1	Orang	Rp.10.000.000
7	<i>General superitendent</i>	2	Orang	Rp.17.000.000
8	<i>Superitendent</i>	1	Orang	Rp.8.000.000
9	<i>Supervisor</i>	1	Orang	Rp.6.000.000
10	<i>Surveyour</i>	1	Orang	Rp.6.000.000
11	Asisten <i>surveyour</i>	1	Orang	Rp.5.000.000
12	<i>Staff engineer</i>	1	Orang	Rp.9.000.000
13	<i>Quantity supervisor</i>	2	Orang	Rp.16.000.000
14	POP	2	Orang	Rp.15.000.000
15	<i>Drafter</i>	2	Orang	Rp.9.000.000
16	<i>Bim modeller</i>	1	Orang	Rp.6.500.000
17	Logistik	1	Orang	Rp.4.200.000
18	PPD	1	Orang	Rp.4.500.00
19	Peralatan	2	Orang	Rp.8.000.000
20	Staff akuntansi	1	Orang	Rp.8.000.000
21	Umum	1	Orang	Rp.7.500.000
22	Humas	1	Orang	Rp.6.000.000
23	<i>Office boy</i>	2	Orang	Rp.7.000.000
Jumlah <i>overhead</i> kantor/bulan				Rp.245.200.000
B	<i>Overhead</i> lapangan			
1	Listrik	Ls	Bulan	Rp.1.000.000
2	Bensin mobil	3	<i>Unit</i>	Rp.1.500.000
3	Bensin motor	6	<i>Unit</i>	Rp.850.000
4	Makan staff pegawai	40	Orang	Rp.3.500.000
5	Wifi	3	<i>Unit</i>	Rp.1.050.000

Tabel 4.16: *Lanjutan*

No	Uraian pekerjaan	Vol	Satuan	Biaya/bulan
6	Biaya rapat	Ls	Bulan	Rp.1.000.000
7	Perbaikan alat-alat tulis kantor	Ls	Bulan	Rp.500.000
8	Satpam	3	Orang	Rp.3.900.000
9	Tukang cuci	2	Orang	Rp.1.300.000
10	Tukang masak	3	Orang	Rp.2.400.000
11	Supir kantor	3	Orang	Rp.3.600.000
12	Air minum kantor	3	<i>Unit</i>	Rp.500.000
Jumlah <i>overhead</i> lapangan/bulan				Rp.21.100.000
Total <i>overhead</i> kantor dan lapangan/bulan				Rp.266.300.000
Total <i>overhead</i> /hari				Rp.8.877.500

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa biaya tidak langsung (*overhead*) pada jam kerja normal adalah Rp.8.877.500/hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa apabila umur proyek berkurang 1 hari maka akan terjadi pengurangan biaya tidak langsung sebesar nilai tersebut.

Durasi keseluruhan pekerjaan sebelum dilakukan *crashing* adalah 668 hari, sedangkan setelah dilakukan *crashing* berkurang menjadi 545 hari kerja terjadi selisih 123 hari kerja, sehingga biaya tidak langsung proyek selama 123 hari kerja adalah sebagai berikut:

$$= \text{Rp.}8.877.500 \times 123 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp.}1.091.932.500$$

Sehingga total biaya proyek setelah dilakukan *crashing* adalah:

$$= \text{biaya langsung} - \text{biaya tidak langsung (123 hari)}$$

$$= \text{Rp.}177.649.481.969 - \text{Rp.}1.091.932.500$$

$$= \text{Rp.}176.557.549.469$$

Total biaya proyek secara keseluruhan untuk jam kerja normal dengan durasi 668 hari kerja adalah Rp.176.594.683.120,56, sedangkan total biaya proyek untuk percepatan jam kerja lembur selama 3 jam dengan durasi *crashing* 545 hari kerja adalah Rp.176.557.549.469,00 sehingga akan menimbulkan efisiensi waktu sebagai berikut:

1. Efisiensi umur proyek

$$= 668 \text{ hari kerja (normal)} - 545 \text{ hari kerja (crashing)}$$

$$= 123 \text{ hari kerja}$$

$$= \frac{668 - 545}{668} \times 100\%$$

$$= 18,42\%$$

## 2. Efisiensi biaya proyek

$$= \text{Rp.}176.594.683.120,56 - \text{Rp.}176.557.549.469,00$$

$$= \text{Rp.}37.133.652,00$$

$$= \frac{\text{Rp.}176.594.683.120,56 - \text{Rp.}176.557.549.469,00}{\text{Rp.}176.594.683.120,56} \times 100\%$$

$$= 0,03\%$$

## 4.10 Hasil Penelitian

Berdasarkan semua perhitungan diatas yang diawali dengan subbab 4.4.4 sampai subbab 4.9, dapat diketahui bahawa proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab.Deli Serdang dapat selesai dalam jangka waktu 668 hari kerja dengan total biaya sebesar Rp.176.594.683.120,56 (dalam keadaan normal), lalu dilakukan analisa dengan aplikasi bantuan *microsoft project 2016* untuk mengetahui pekerjaan-pekerjaan kritis dari seluruh *item* pekerjaan. Dari pekerjaan kritis tersebut penulis dapat melakukan percepatan (*crashing*) dengan metode tambahan jam kerja lembur tanpa mengabaikan kenaikan biaya yang timbul dari percepatan tersebut. Dari gambar 4.3 dan tabel 4.12 dapat diketahui bahwa ada 9 *unit* pekerjaan kritis namun, yang dilakukan percepatan (*crashing*) hanya 8 *unit* pekerjaan, hal ini dilakukan agar tidak muncul lintasan kritis yang baru.

Setelah diketahui pekerjaan-pekerjaan kritis yang akan dilakukan percepatan dilakukan *crash duration* dan *cost slope* dari masing-masing pekerjaan kritis dengan tujuan mengetahui pemangkasan durasi dan kenaikan biaya. Untuk efisiensi umur proyek adalah 18,42% dengan selisih percepatan sebesar 123 hari kerja serta durasi percepatan (*crashing*) adalah 645 hari kerja dengan total biaya Rp.176.557.549.469,00 memiliki efisiensi biaya sebesar 0,03%.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan studi kasus yang telah dilakukan pada proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang disertai dengan analisis pembahasan dengan judul penerapan metode CPM (*critical path methode*) pada proyek konstruksi didapat beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Berdasarkan jumlah durasi seluruh kegiatan dan mengaitkan tiap-tiap kegiatan dengan hubungan logika ketergantungan ditambah dengan analisa perhitungan CPM (*critical path methode*) dengan aplikasi bantuan *microsoft project* 2016, didapat total durasi normal *item* bangunan pengelak selama 668 hari kerja (kalender) dengan total biaya Rp.176.594.683.120,56 serta jumlah sub pekerjaan sebanyak 31 *unit* pekerjaan.
2. Hasil dari analisa aplikasi *microsoft project* 2016 diketahui bahwa terdapat 9 *unit* pekerjaan kritis, namun hanya 8 pekerjaan kritis yang akan dilakukan percepatan dengan tujuan tidak menciptakan lintasan kritis yang baru. Pekerjaan kritis tersebut yaitu:
  - a. *land clearing and grubbing* (E).
  - b. galian batu mekanis diangkut sejauh 1 Km (*stockpile*) (F).
  - c. Galian biasa diangkut sejauh 2 Km (disposal) (G).
  - d. *Drilling* untuk *grouting* 0-10 m (N).
  - e. Pembesian tulangan ulir untuk lantai kerja (T).
  - f. Lantai kerja beton K-125 (U).
  - g. Pembesian tulangan ulir untuk beton terowongan (V).
  - h. Beton K-225 *type* B untuk terowongan (AA).
3. Setelah dilakukan analisis percepatan durasi dengan metode tambahan jam kerja lembur serta melakukan penjadwalan ulang dengan aplikasi *microsoft project* 2016 diketahui perbandingan waktu dan biaya, yaitu:
  - a Durasi pekerjaan pada *item* bangunan pengelak setelah dilakukan *crashing* menjadi 545 hari kerja dengan total biaya Rp.176.557.549.469,00.

- b Persentase efisiensi waktu setelah dilakukan *crashing* adalah 18,42% dengan selisih durasi sebesar 123 hari kerja.
- c Persentase efisiensi biaya setelah dilakukan *crashing* adalah 0,03% dengan selisih biaya sebesar Rp.37.133.651,56 yang akan menjadi keuntungan pihak kontraktor.

## 5.2 Saran

1. Diharapkan kepada *scheduller* dan kontraktor untuk bisa memilih alternatif percepatan dengan tambahan jam kerja lembur (*overtime*) agar bisa mempercepat durasi dari seluruh pekerjaan yang ada baik untuk proyek dengan skala kecil, sedang, maupun besar.
2. Dari penelitian ini juga dapat menjadi bahan pertimbangan kepada pemilik proyek dalam memilih jenis kegiatan yang akan dipercepat dan biaya yang paling maksimal dan efisien sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan dari proyek ini.
3. Diharapkan untuk penelitian berikutnya agar membuat hubungan antara waktu dan biaya optimum dalam mempercepat durasi pekerjaan agar hasil lebih akurat dan efisien.
4. Diharapkan untuk penelitian berikutnya agar menambah analisa percepatan seperti metode pergantian *shift* malam, penambahan dan pergantian alat, dan penambahan tenaga kerja agar lebih banyak hasil yang bisa dipertimbangkan untuk melakukan percepatan durasi pekerjaan.

## LAMPIRAN

### A.1 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Tabel L.1: Harga satuan dan harga total seluruh pekerjaan

No	Jenis kegiatan	Harga satuan	Harga total
I	Pekerjaan Dewatering		
1.1	Dewatering selama galian konstruksi	Rp.1.120.605.813,26	Rp.1.120.605.813,26
II	Pekerjaan temporary cofferdam		
2.1	Land clearing and grubbing	Rp.28.786,99	Rp.87.790.419,48
2.2	Timbunan tanah kembali dipadatkan	Rp.45.088,99	Rp.362.290.586,47
2.3	Timbunan batu setempat	Rp.174.217,94	Rp.667.992.193,33
III	Pekerjaan terowongan pengelak		
3.1	Land clearing and grubbing	Rp.28.786,99	Rp.420.002.628,85
3.2	Galian biasa diangkut sejauh 2 Km (disposal)	Rp.51.369,98	Rp.2.291.114.168,61
3.3	Galian batu mekanis diangkut sejauh 1 Km (stockpile)	Rp.124.838,96	Rp.6.997.971.395,54
3.4	Galian batu terowongan (blasting)	Rp.1.036.408,67	Rp.48.703.252.107,35
IV	Pekerjaan penunjang proteksi		
4.1	Shotcrate tebal 10 cm	Rp.546.281,83	Rp.16.257.342.257,15
4.2	Shotcrate tebal 5 cm	Rp.273.140,91	Rp.4.173.811.125,28
4.3	Rock bolt (grouted)	Rp.219.603,93	Rp.5.228.769.584,81
4.4	Stell rib support (H-125x125x6,5x9	Rp.58.167,98	Rp.4.929.739.231,54
4.5	Pemasangan wiremesh 100x100x5 mm	Rp.101.056,97	Rp.3.007.454.458,46
V	Pekerjaan grouting		
5.1	Drilling untuk grouting 0-10 m	Rp.784.739,75	Rp.12.916.816.311,14
5.2	Grouting termasuk material dan peralatan	Rp.2.895.265,08	Rp.619.528.822,56
5.3	Backfill grouting material	Rp.4.781.588,49	Rp.443.162.402,50
5.4	Drilling untuk pillot dan check hole 0-10 m	Rp.824.119,74	Rp.494.471.843,47
5.5	Water test 7 tekan	Rp.237.588,92	Rp.28.510.670,97

Tabel L.1: *lanjutan*

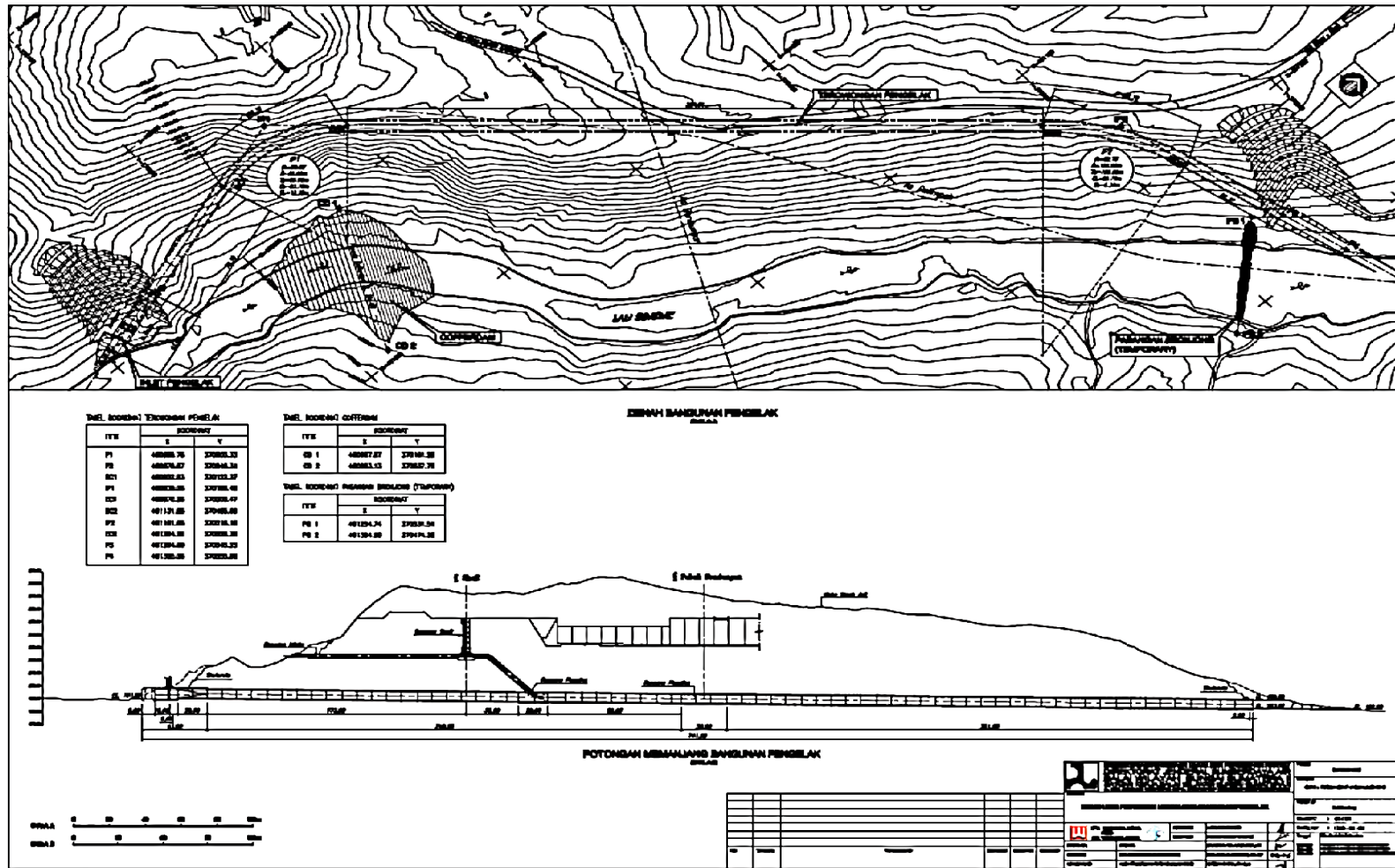
No	Jenis kegiatan	Harga satuan	Harga total
5.6	Water test 1 tekan	Rp.161.842,95	Rp.74.771.442,33
VI	Pekerjaan beton		
6.1	Beton K-300 type B untuk plugging	Rp.1.587.596,50	Rp.3.044.057.524,19
6.2	Beton K-225 type B untuk terowongan	Rp.1.827.385,42	Rp.27.220.026.954,73
6.3	Beton K-225 type A untuk box culvert	Rp.1.432.969,55	Rp.5.250.166.843,93
6.4	Besi tulangan ulir untuk lantai kerja	Rp.16.070,99	Rp.1.068.96.352,31,
6.5	Besi tulangan ulir untuk terowongan	Rp.16.070,99	Rp.13.085.516.079,80
6.6	Besi tulangan ulir untuk box culvert	Rp.16.070,99	Rp.3.957.329.822,79
6.7	Besi tulangan ulir untuk plugging	Rp.16.070,99	Rp.1.995.501.849,93
6.8	Dowel bar dia.22	Rp.16.070,99	Rp.48.243.583,91
6.9	Bekisting besi (sliding form)	Rp.493.195,84	Rp.10.440.732.597,16
6.10	Waterstop W=320 mm	Rp.161.072,95	Rp.535.912.251,57
6.11	Lantai kerja beton K-125	Rp.1.286.086,59	Rp.1.040.971.349,14
6.12	Weep hole dia.75 mm	Rp.32.834,99	Rp.81.890.464,07

## A.2 Schedule Proyek Pembangunan Bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang

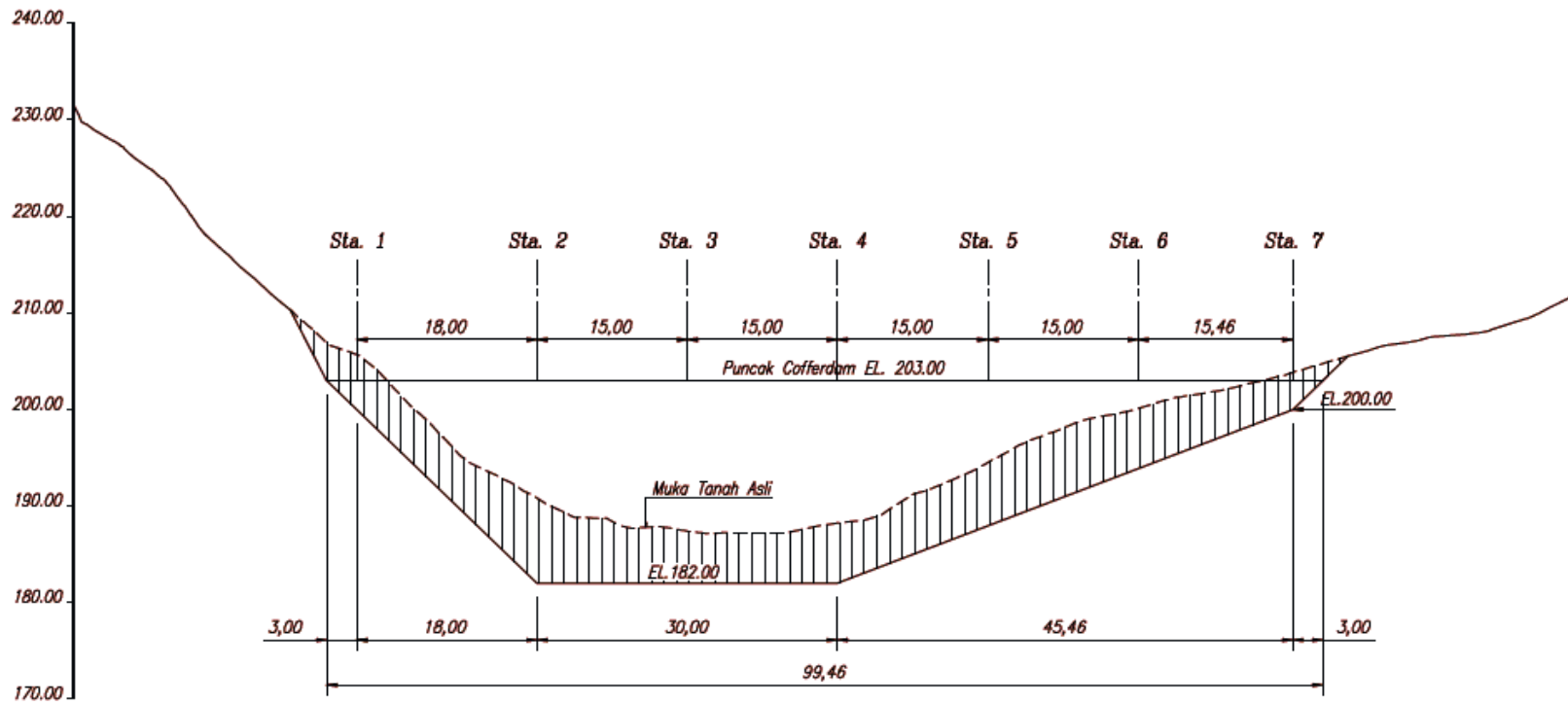
URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOLUME	2018												2019											
			Mar '18	Apr '18	Mei '18	Jun '18	Jul '18	Agus '18	Sep '18	Oktr '18	Nov '18	Des '18	Jan '19	Feb '19	Mar '19	Apr '19	Mei '19	Jun '19	Jul '19	Agas '19	Sep '19	Oktr '19	Nov '19	Des '19		
<b>PEKERJAAN BANGUNAN PENGELAK</b>																										
<b>3.1 PEKERJAAN DEWATERING</b>																										
301	Dewatering selama konstruksi di galian terbuka dengan galian lerak	L5	1,00																							
<b>3.2 PEKERJAAN TEMPORARY COFFERDAM HULU DAN HILIR</b>																										
302	Land Clearing dan Grubbing	m <sup>2</sup>	4.000,00																							
303	Timbunan tanah kembali diadatkan	m <sup>3</sup>	5.400,00																							
304	Timbunan Batu Selempat	m <sup>3</sup>	1600,00																							
305	Pemasangan Geotekstil	m <sup>2</sup>	2.000,00																							
<b>3.3 PEKERJAAN TEROWONGAN PENGELAK</b>																										
<b>PEKERJAAN TANAH</b>																										
306	Land Clearing dan Grubbing	m <sup>2</sup>	11.930,46																							
307	Galian biasa dangkai sejauh maksimum 2 Km (dangkai ke di)	m <sup>3</sup>	36.234,07																							
308	Galian Balau mekanis dangkai maksimum 1Km (dangkai ke m)	m <sup>3</sup>	25.580,76																							
309	Galian Terowongan (drilling)	m <sup>3</sup>	51.031,94																							
<b>3.4 PEKERJAAN PENUNJANG DAN PROTEKSI</b>																										
310	Pekerjaan Shotcrete tebal 10 cm	m <sup>2</sup>	16.095,57																							
311	Pemasangan besi wiremesh 100 x 100 x 5 mm termasuk aksesoris	m <sup>2</sup>	16.095,57																							
312	Pitch Bolt (grounded)	lm	4.951,00																							
313	Steel Pipe Support (H-125, D5x6,5,9)	kg	183.793,79																							
<b>3.5 PEKERJAAN GROUTING</b>																										
314	Drilling untuk Grouting 0-10 m	m	11.485,00																							
315	Grouting termasuk material dan peralatan	ton	157,75																							
316	Backfill Grouting Material	m <sup>3</sup>	2.679,51																							
317	Drilling untuk Pilot dan Check Hole	m																								
317.1	Drilling untuk Pilot dan Check Hole 0-10 m	m	1.964,00																							
318	Water Test Permeability test 7 tekanan	nos	720,00																							
319	Water Test Permeability test Tekanan	nos	20,00																							
<b>3.6 PEKERJAAN BETON</b>																										
319	Beton K-300 Type B (untuk plugging)	m <sup>3</sup>	739,20																							
320	Beton K-225 Type B (untuk terowongan)	m <sup>3</sup>	21.194,45																							
321	Beton K-225 Type A	m <sup>3</sup>	790,80																							
322	Besi Tulangan Ulir	kg	1.077.987,63																							
323	Bekisting Besi (Sliding Form)	m <sup>2</sup>	33.388,80																							
324	Waterstop W=320 mm	m	1.376,80																							
325	Dowel Bar Dia 22	kg	2.532,00																							
326	Beton K-175	m <sup>3</sup>	984,50																							
327	Weep hole Dia. 100 mm	lm	28,00																							

Gambar L.1: *Schedule* proyek bendungan Lau-Simeme

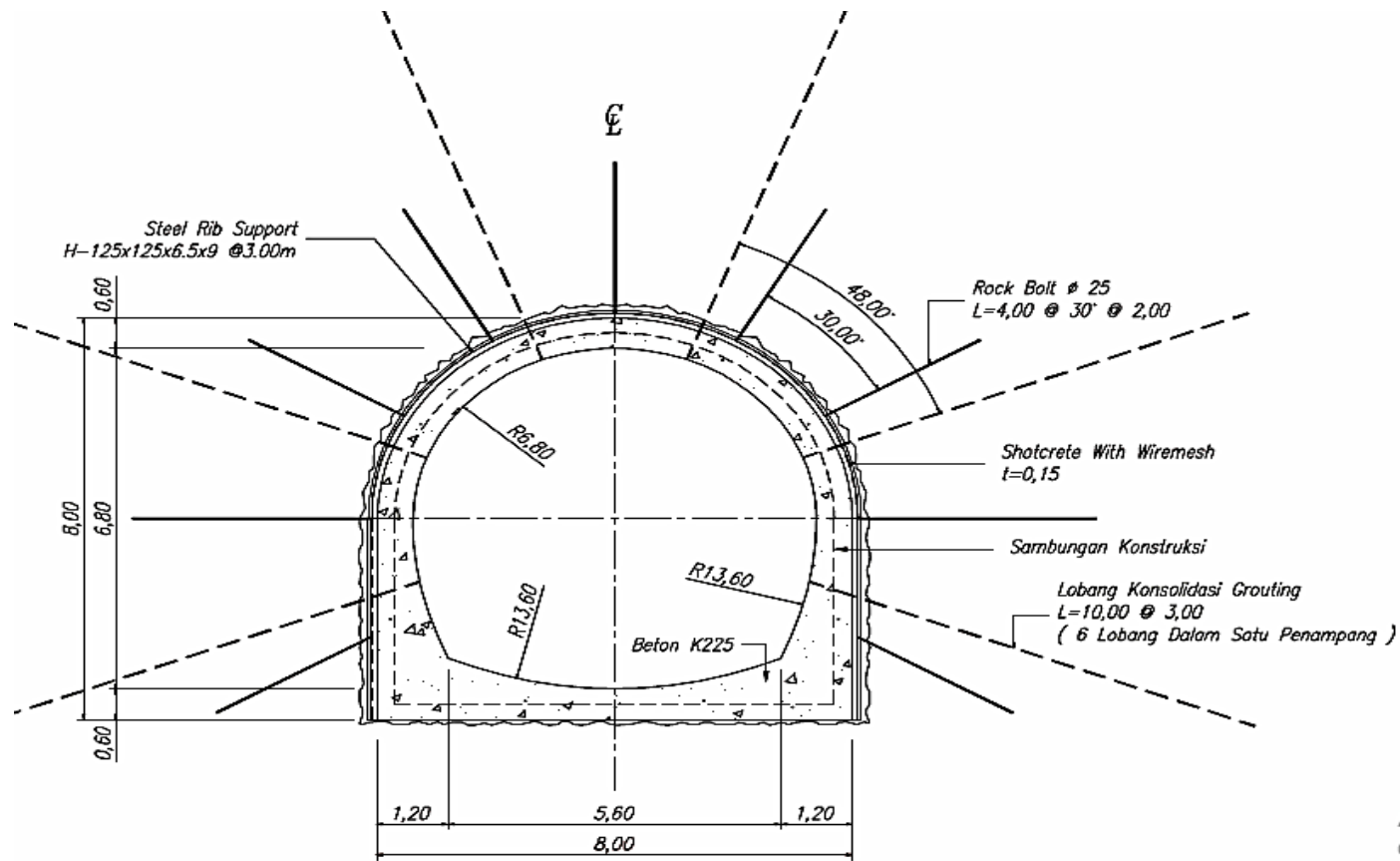
### A.3 Gambar kerja



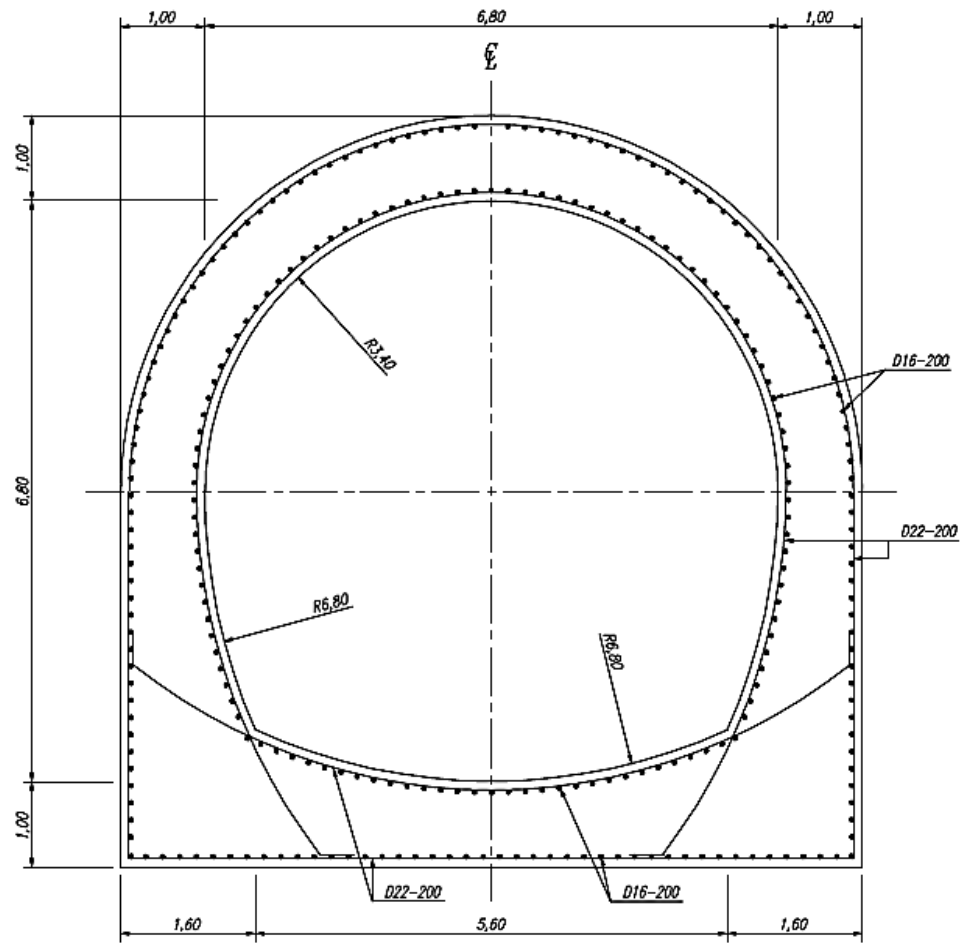
Gambar L2: *Profil memanjang bangunan pengelak*



Gambar L.3: profil memanjang cofferdam

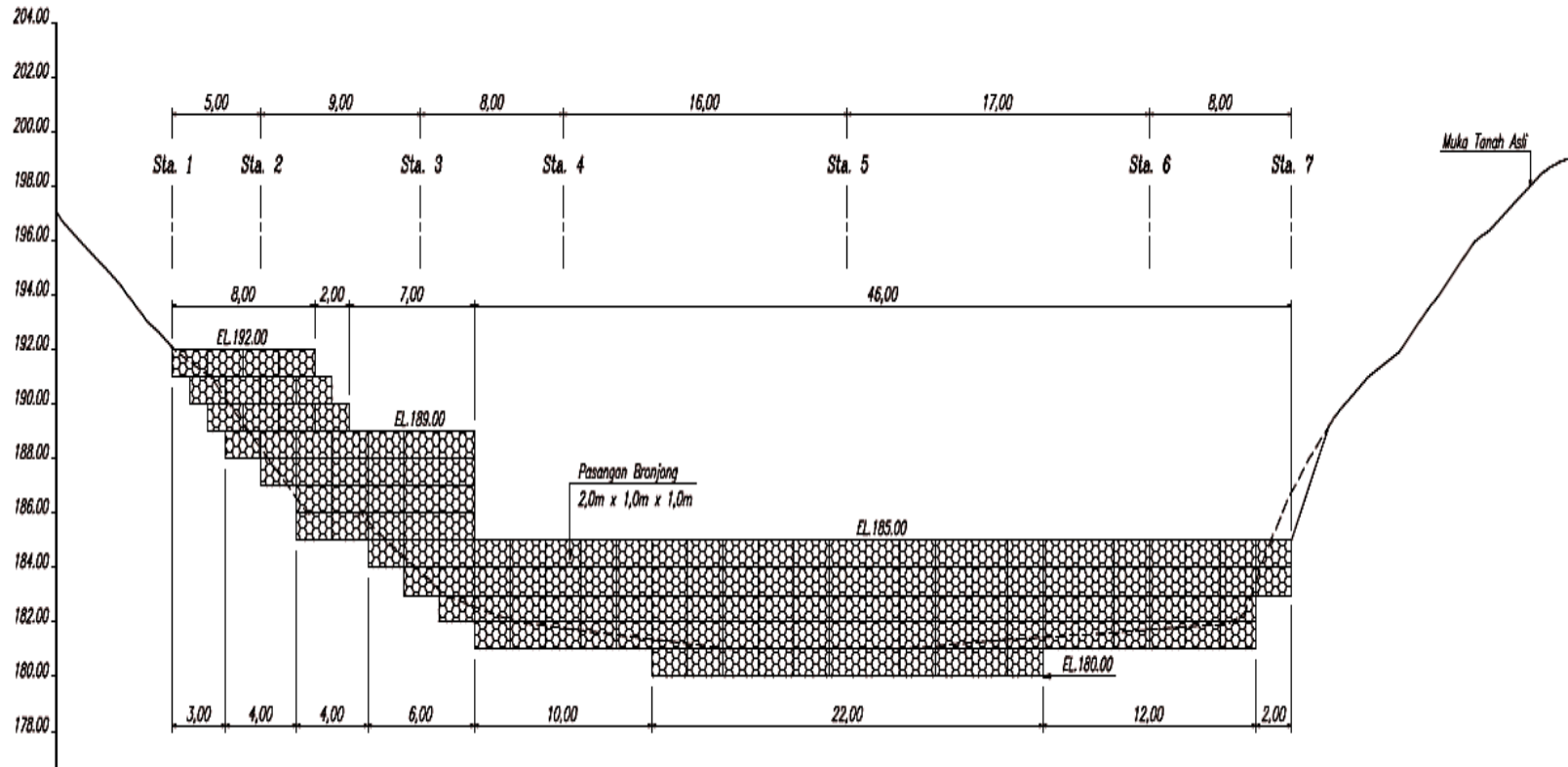


Gambar L.4: detail terowongan pengelak



Gambar L.5: detail penulangan terowongan





Gambar L.6: Profil memanjang pasangan bronjong

## DAFTAR PUSTAKA

- Astutik, F. (2016). Artikel Skripsi Universitas Nusantara PGRI Kediri ANALISIS PENERAPAN METODE. In *Ekonomi Akuntansi* (Vol. 01, Issue 08).
- Brando, R., Walangitan, P. D. R. O., & Tjakra, J. (2017). SISTEM PENGENDALIAN WAKTU DENGAN CRITICAL PATH METHOD (CPM) PADA PROYEK KONSTRUKSI (Studi Kasus : Menara Alfa Omega Tomohon). *Jurnal Sipil Statik*, 5(6), 363–371.
- Dwiretnani, A., & Kurnia, A. (2014). Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Evaluasi Dan Review Proyek (Pert) Dan Critical Path Method (Cpm). *Pert Dan Cpm*, 3(Juli-Desember 2015), 7.
- Eka Dannyanti. (2010). ( Studi Kasus Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip ). *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Pert Dan Cpm*.
- Elfitra, P., & Galih, W. (2013). Penerapan Metode Jalur Kritis Dalam Penyusunan. *Faktor Exacta*, 8(3), 210–217.
- Hutasoit, P. hubertus, B.F.Sompie, & Pratasis, P. A. K. (2014). PENGARUH PERCEPATAN DURASI TERHADAP PENINGKATAN BIAYA. (STUDI KASUS : PERUMAHAN PURI KELAPA GADING). *TEKNO SIPIL*, 12(61), 54–64.
- Iswendra, & Noviarti, R. D. (2018). *Proyek Pembangunan Gedung Cobalt Dan Linac Rsmh Palembang Dengan Menggunakan Metode Cpm*. 8(2).
- Iwawo, E. R. M., Tjakra, J., & Pratasis, P. A. K. (2016). Penerapan Metode Cpm Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung Baru Kompleks Eben Haezar Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 4(9), 551–558.
- Kepmenakertrans. (2004). *Keputusan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Kep.102 /Men/Vi/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur*. 1–5.
- Maharesi, R. (2002). *Penjadwalan Proyek Dengan Menggabungkan Metode PERT Dan CPM Retno Maharesi*. 51–60.
- Oetomo, W., Priyoto, P., & Uhad, U. (2017). Analisis Waktu dan Biaya dengan Metode Crash Duration pada Keterlambatan Proyek Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 6(1), 8–22. <https://doi.org/10.33084/mits.v6i1.262>
- Permenpu. (2016). *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (Ahsp) Bidang Umum*. 73. <http://sni.litbang.pu.go.id/image/sni/isi/permenpuno28-prt-m-2016.pdf>

- PULUNGAN, M. F. S. (2015). *EVALUASI PERCEPATAN DURASI PROYEK DENGAN PERCEPATAN JAM KERJA LEMBUR DAN JUMLAH ALAT PROYEK PEMBANGUNAN JALAN LINTAS TAKENGON - UWAQ (ACEH TENGAH) (STUDI KASUS)*. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017). *Modul perhitungan hidrologi pelatihan perencanaan bendungan tingkat dasar 2017*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Sandu, S., & Sodik, M. A. (2015). *DASAR METODOLOGI PENELITIAN* (Ayup (ed.)). Literasi Media Publishing.
- Setiawati, S., Syahrizal, & Rezky Ariessa Dewi. (2017). Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Rehabilitasi / Perbaikan Dan Peningkatan Infrastruktur Irigasi Daerah Lintas Kabupaten/Kota D.I Pekanbaru). *Jurnal Teknik Sipil USU*, 6(1), 1–14. <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jts/article/viewFile/16596/7011>
- Sompie, B. F., & Pratisis, P. (2015). *Sistem pengendalian waktu pada pekerjaan konstruksi jalan raya dengan menggunakan metode cpm*. 3(1).
- Sugiyarto, Qomariyah, S., & Hamzah, F. (2013). *Analisis Network Planning Dengan Cpm ( Critical Path Method )*. 1(4), 408–416.
- Syahputra, D. (2017). Pembangunan Perumahan Pada Pt . Perkasa Properti Menggunakan Metode Critical Path Method ( Cpm ) Dan Pert. *Informasi Dan Teknologi Ilmiah (INTI)*, XII, 10–14.
- Telaumbanua, T. A., Mangare, jantje b, & Sibi, M. (2017). *Modisland Manado Dengan Metode Cpm*. 5(8), 549–557.
- Wijaya, H. K., Priyo, M., & Harsoyo, Y. priyatno. (2018). Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off. *Teknik Sipil*, I(20130110183), 1–14.
- Wohon, F. Y. (2015). Analisa Pengaruh Percepatan Durasi Pada Biaya Proyek Menggunakan Program Microsoft Project 2013 (Studi Kasus : Pembangunan Gereja GMIM Syaloom Karombasan). *Jurnal Teknik Sipil*, 3 (2)(2337–6732), 141–150.
- Wowor, F. N., Sompie, B. F., Walangitan, D. R. O., Malingkas, G. Y., Teknik, F., Teknik, J., Universitas, S., Ratulangi, S., Masalah, P., & Masalah, B. (2013). Aplikasi Microsoft Project Dalam Pengendalian. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(8), 543–548.

Yenika Purhariani. (2017). PENERAPAN CPM (Critical Path Method) DALAM PEMBANGUNAN RUMAH (Studi Kasus Pembangunan Rumah Tipe 36 Ukuran 6 m x 6 m di Jalan Balowerti Nomor 37 Kecamatan Kota Kota Kediri) THE APPLICABILITY OF CPM (Critical Path Method) IN THE CONSTRUCTIN OF HOUSES (Case. *PENERAPAN CPM (Critical Path Method) DALAM PEMBANGUNAN RUMAH (Studi Kasus Pembangunan Rumah Tipe 36 Ukuran 6 m x 6 m Di Jalan Balowerti Nomor 37 Kecamatan Kota Kota Kediri)*, 01(03), 14.

Yusdiana, E. D., & Satyawisudarini, I. (2018). PENERAPAN METODE PERT DAN CPM DALAM PELAKSANAAN PROYEK PEMBANGUNAN JALAN PAVING UNTUK MENCAPAI EFEKTIVITAS WAKTU PENYELESAIAN PROYEK. *JURNAL MANAJEMEN DAN BISNIS*, 2(1), 20–30. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### INFORMASI PRIBADI

Nama : M.Zikril Aulia  
Panggilan : Zikril  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 21 Mei 1998  
Jenis Kelamin : Laki Laki  
Alamat Sekarang : Jalan Sederhana, Desa Sekip, Kec.Lubuk Pakam  
HP/Tlpn.Seluler : 0895611930809

---

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210080  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jenis Kelamain : Laki-laki  
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

---

### PENDIDIKAN FORMAL

<b>Tingkat Pendidikan Nama dan Tempat Tahun Kelulusan</b>		
Sekolah Dasar	SDN 101900 Lubuk Pakam	2010
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 2 Lubuk Pakam	2013
Sekolah Menengah Atas	SMAN 2 Lubuk Pakam	2016

---