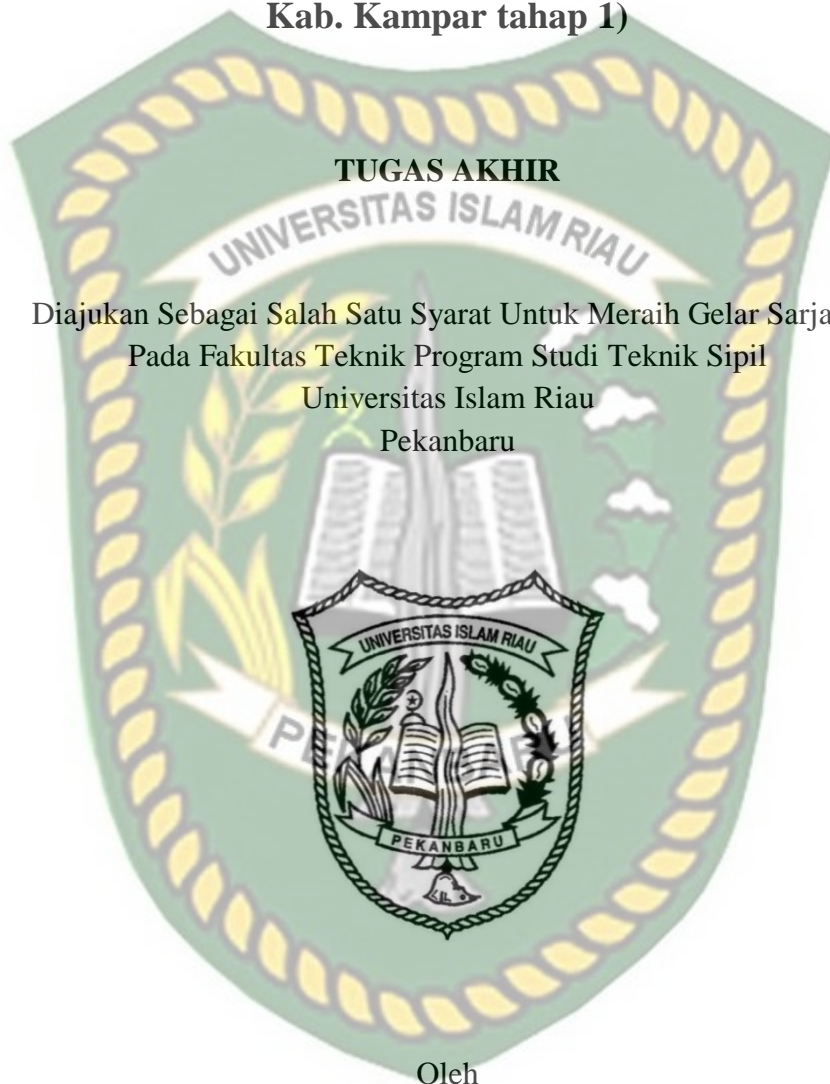


**EFISIENSI BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PROYEK
DENGAN METODE CRASHING**

**(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Limau Manis
Kab. Kampar tahap 1)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Riau
Pekanbaru



Oleh

RAHMAT IRFAN

123110565

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2019**

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Efisiensi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek Dengan Metode *Crashing* studi kasus: Proyek Pembangunan Jembatan Limau Manis Kabupaten Kampar tahap 1. Shalawat dan salam senantiasa kita sampaikan untuk teladan dan pemimpin kita tercinta, Nabi Muhammad SAW, beserta keluarganya, para sahabat, hingga para pengikutnya.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang penulis miliki. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi pembaca khususnya dan dunia pendidikan pada umumnya.

Pekanbaru, Februari 2019

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, SH., MCL selaku Rektor Universitas Islam Riau
2. Bapak Ir. H.Abdul Kudus Zaini, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. kurnia Hastuti, S.T., M.T selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak M. Ariyon, S.T.,M.T selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Syawaldi, Msc selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
6. Ibu Dr. Elizar, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan dosen Pembimbing I
7. Bapak Firman Syarif,S.T.,M.Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
8. Ibu Roza Mildawati,S.T.,M.T selaku dosen Pembimbing II
9. Ibu Dra. Hj. Astuti Boer, M.Si selaku dosen penguji
10. Ibu Sapitri,S.T.,M.T selaku dosen penguji
11. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

13. Kedua orangtua tercinta Ayahanda Afridaus dan Ibunda Mariati, adik-adik saya Ade Gusti Putri,S.pd., Reimadi Saputra, Naufal Tawakal, serta keluarga dikampung yang telah memberikan motivasi dan dukungan baik secara materil maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.
14. PPTK Pembangunan Jembatan Limau Manis, Rini Ariyanti,ST,MT dan pihak-pihak terkait yang telah membantu dalam segi pemberian data untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
15. Teman-Teman Angkatan 2012 (Reza Harimusli, M. Ricki, Ade Maulana, Setiaedi Saputra, Hafish Ramadhan, dll). Terima kasih sudah menjadi teman seperjuangan dalam meraih gelar Sarjana Teknik, semoga yang belum mendapatkan gelar secepatnya meraih gelar ST.
16. Abang-abang angkatan 2011 (Prasetyo Wardhana,ST, Gusnanda,ST, dll) yang telah memberi dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
17. Semua pihak yang ikut membantu kelancaran Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Terima kasih atas segala sesuatu yang telah diberikan. Dari sinilah penulis banyak menimba ilmu dan pengetahuan serta pengalaman yang nantinya akan bermanfaat bagi penulis dikemudian hari. Semoga Allah SWT memberikan pahala yang berlipat ganda sesuai dengan yang kita kerjakan, Amin.

Pekanbaru, Februari 2019

Penulis

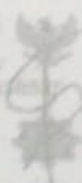
PERNYATAAN

Dengan Ini Saya Menyatakan :

1. Karya tulis ini asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik S1 (Strata satu) Sarjana Teknik, baik di Universitas Islam Riau maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan perancangan saya sendiri, tanpa ada bantuan, referensi, arahan Dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau hasil penelitian orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menanggung sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi.

Pekanbaru, April 2019

Yang Membuat Pernyataan,



RAHMATIRFAN

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Halaman Persetujuan	
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	
KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Umum.....	4
2.2 Hasil Penelitian Sejenis.....	4
2.3 Keaslian Penelitian.....	7
BAB III LANDASAN TEORI.....	8
3.1 Umum.....	8
3.2 Manajemen Konstruksi	8
3.3 Fungsi Manajemen Konstruksi.....	8
3.4 Proyek Konstruksi	12
3.5 Jenis-jenis proyek Konstruksi	14
3.6 Tahapan kegiatan proyek konstruksi.....	14

3.7	Unsur-unsur Pelaksanaan Proyek Konstruksi	19
3.8	Organisasi dalam Proyek Konstruksi	22
3.9	Penjadwalan Proyek Konstruksi.....	30
3.10	Perkembangan Penjadwalan Proyek	31
3.11	Penjadwalan Dengan Komputer.....	43
3.12	Penjadwalan Dengan Menggunakan <i>Microsoft Project</i>	44
3.12.1	Indikator Perhitungan	44
3.12.2	Menjalankan <i>Microsoft Project</i>	45
3.12.3	Memasukkan data ke Dalam <i>Task Sheet</i>	46
3.12.4	Melihat <i>Float</i>	48
3.12.5	Mengubah Tampilan.....	48
3.12.6	Menampilkan Lintasan Kritis	49
3.12.7	Menghubungkan Kegiatan	50
3.12.8	Pengalokasian Biaya Kegiatan	52
3.13	Biaya Proyek	53
3.13.1	Biaya Langsung	53
3.13.2	Biaya Tidak Langsung	54
3.13.3	Biaya Total	54
3.14	Pembayaran Proyek.....	55
3.15	<i>Duration-Cost Trade Off</i>	56
3.15.1	<i>Project Crashing</i>	56
3.15.2	<i>Least Cost Analysis</i>	56
3.16	Mempercepat Waktu Penyelesaian	57
BAB IV METODE PENELITIAN		65
4.1	Tinjauan Umum Proyek	65
4.2	Lokasi Penelitian	65
4.3	Data Penelitian	66
4.4	Tahapan Penelitian	66
4.5	Analisa Data	69
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		70

5.1	Data Penelitian	70
5.2	Data Kegiatan-kegiatan Kritis	70
5.3	Tahapan <i>Crashing</i> Dengan Penambahan Jam Kerja	72
5.3.1	Analisis Durasi Percepatan	73
5.3.2	Analisis Biaya Percepatan	78
5.3.3	Analisis Biaya Proyek.....	86
5.3.4	Efisiensi Waktu dan Biaya.....	101
5.4	Tahapan <i>Crashing</i> dengan Penambahan Tenaga kerja dan Alat....	103
5.4.1	Durasi Percepatan	104
5.4.2	Analisis Biaya Percepatan	105
5.4.3	Analisis Biaya Proyek.....	114
5.4.4	Efisiensi Waktu dan Biaya.....	128
5.5	Perbandingan Waktu dan Biaya Percepatan.....	130
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		132
6.1	Kesimpulan.....	132
6.2	Saran.....	133
DAFTAR PUSTAKA		134
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Tiga karakteristik proyek konstruksi	13
Gambar 3.2	Kegiatan pada tahapan Proyek	15
Gambar 3.3	Organisasi Fungsional	23
Gambar 3.4	Organisasi Proyek Murni.....	24
Gambar 3.5	.. Organisasi Matrik Lemah	25
Gambar 3.6	Organisasi Matrik kuat	26
Gambar 3.7	Organisasi Proyek Tradisional	27
Gambar 3.8	Organisasi Pembangun-Pemilik	28
Gambar 3.9	Organisasi Proyek Putar Kunci	28
Gambar 3.10	Organisasi Manajemen Konstruksi.....	29
Gambar 3.11	<i>Bar Chart</i>	32
Gambar 3.12	<i>Time Schedule</i>	34
Gambar 3.13	Diagram AOA dengan metode CPM.....	37
Gambar 3.14	Beberapa model Node AON dan PDM	38
Gambar 3.15	Hubungan <i>Finish to Start</i> dengan <i>Lag</i> positif dan <i>Lag</i> nol.....	39
Gambar 3.16	Hubungan <i>Finish to Start</i> dengan <i>Lag</i> negatif	40
Gambar 3.17	Hubungan <i>Start to Start</i> dengan <i>Lag</i> positif.....	40
Gambar 3.18	Hubungan <i>Start to Start</i> dengan <i>Lag</i> nol.....	41
Gambar 3.19	Hubungan <i>finish to finish</i> dengan <i>Lag</i> nol.....	41
Gambar 3.20	Hubungan <i>finish to finish</i> dengan <i>Lag</i> positif.....	42
Gambar 3.21	Hubungan <i>start to finish</i> dengan <i>Lag</i> positif	42
Gambar 3.22	Tampilan lembar kerja <i>Microsoft project</i>	45
Gambar 3.23	Data kegiatan di dalam <i>Task Sheet</i>	47
Gambar 3.24	Tampilan <i>Float</i> pada lembar kerja <i>Task Sheet</i>	48
Gambar 3.25	Tampilan <i>Network Diagram</i>	49
Gambar 3.26	Tampilan <i>Text Styles</i>	49
Gambar 3.27	Tampilan <i>Critical Task</i>	50
Gambar 3.28	<i>Finish to Start</i>	50
Gambar 3.29	<i>Finish to Finish</i>	51
Gambar 3.30	<i>Start to Start</i>	51
Gambar 3.31	<i>Start to Finish</i>	52
Gambar 3.32	Tampilan <i>Resource Sheet</i>	53
Gambar 3.33	Hubungan waktu-biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan	54

Gambar 3.34	Hubungan biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total proyek	55
Gambar 3.35	Indikasi menurunnya produktivitas akibat penambahan jam kerja	59
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian	65
Gambar 4.2	Bagan alir penelitian	68
Gambar 4.3	<i>Flowchart</i> pengolahan data menggunakan <i>Microsoft project</i>	69
Gambar 5.1	Grafik biaya langsung pada penambahan lembur 1 jam	87
Gambar 5.2	Grafik biaya langsung pada penambahan lembur 2 jam	89
Gambar 5.3	Grafik biaya langsung pada penambahan lembur 3 jam	91
Gambar 5.4	Grafik biaya tidak langsung pada penambahan lembur 1 jam	93
Gambar 5.5	Grafik biaya tidak langsung pada penambahan lembur 2 jam	95
Gambar 5.6	Grafik biaya tidak langsung pada penambahan lembur 3 jam	96
Gambar 5.7	Grafik biaya total pada penambahan lembur 1 jam	98
Gambar 5.8	Grafik biaya total pada penambahan lembur 2 jam	99
Gambar 5.9	Grafik biaya total pada penambahan lembur 3 jam	101
Gambar 5.10	Grafik biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 1	116
Gambar 5.11	Grafik biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 2	117
Gambar 5.12	Grafik biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 3	119
Gambar 5.13	Grafik biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 1	120
Gambar 5.14	Grafik biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 2	122
Gambar 5.15	Grafik biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 3	123
Gambar 5.16	Grafik biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 1	125
Gambar 5.17	Grafik biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 2	126
Gambar 5.18	Grafik biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 3	128
Gambar 5.19	Grafik perbandingan waktu dan biaya percepatan	131

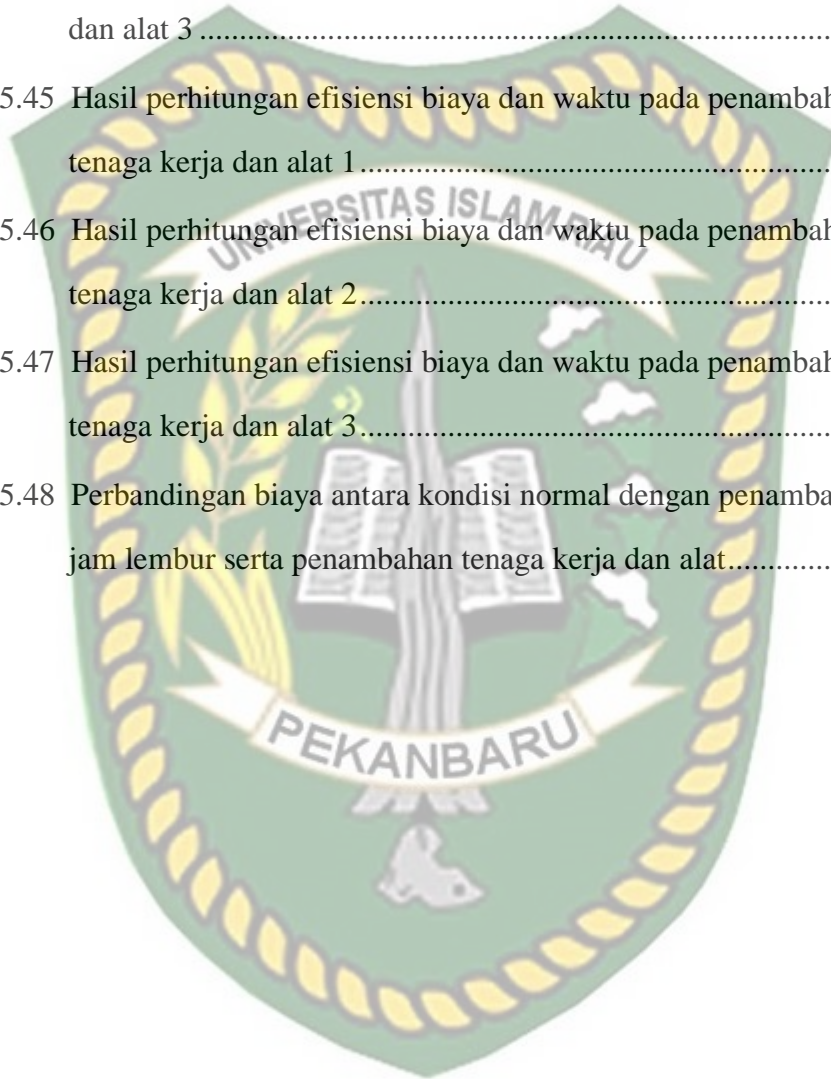
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa perbedaan dan persamaan dari penelitian terdahulu	6
Tabel 3.1	Perhitungan bobot pekerjaan.....	33
Tabel 3.2	Koefisien penurunan produktivitas	59
Tabel 5.1	Daftar kegiatan kritis pada kondisi normal	70
Tabel 5.2	Daftar kegiatan kritis yang di <i>crashing</i> menggunakan <i>Microsoft Project 2016</i>	71
Tabel 5.3	Hasil perhitungan produktivitas tiap pekerjaan.....	74
Tabel 5.4	Hasil perhitungan produktivitas lembur.....	76
Tabel 5.5	Hasil perhitungan <i>crashing</i> durasi pada <i>microsoft project 2016</i>	77
Tabel 5.6	Biaya normal, biaya lembur tenaga kerja dan alat	78
Tabel 5.7	Hasil perhitungan biaya percepatan pada <i>Microsoft Project 2016</i> ..	80
Tabel 5.8	Hasil perhitungan <i>cost variance</i> pada <i>Microsoft Project 2016</i> dengan Penambahan lembur.....	81
Tabel 5.9	Hasil perhitungan <i>duration variance</i> pada <i>Microsoft</i> <i>Project 2016</i> dengan penambahan lembur	82
Tabel 5.10	Hasil analisis <i>Cost slope</i> pada <i>Microsoft Project 2016</i> dengan penambahan lembur.....	83
Tabel 5.11	Urutan uraian pekerjaan berdasarkan nilai <i>cost slope</i> terkecil hingga terbesar pada penambahan lembur 1 jam	84
Tabel 5.12	Urutan uraian Pekerjaan berdasarkan nilai <i>cost slope</i> terkecil hingga terbesar pada penambahan lembur 2 jam	85
Tabel 5.13	Urutan uraian Pekerjaan berdasarkan nilai <i>cost slope</i> terkecil hingga terbesar pada penambahan lembur 3 jam	85

Tabel 5.14 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan lembur 1 jam.....	87
Tabel 5.15 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan lembur 2 jam.....	88
Tabel 5.16 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan lembur 3 jam.....	90
Tabel 5.17 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan lembur 1 jam.....	92
Tabel 5.18 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan lembur 2 jam.....	94
Tabel 5.19 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan lembur 3 jam.....	96
Tabel 5.20 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan lembur 1 jam	97
Tabel 5.21 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan lembur 2 jam	99
Tabel 5.22 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan lembur 3 jam	100
Tabel 5.23 Hasil perhitungan efisiensi biaya dan waktu pada lembur 1 jam.....	102
Tabel 5.24 Hasil perhitungan efisiensi biaya dan waktu pada lembur 2 jam.....	102
Tabel 5.25 Hasil perhitungan efisiensi biaya dan waktu pada lembur 3 jam.....	103
Tabel 5.26 Durasi percepatan pada penambahan tenaga kerja dan alat	105
Tabel 5.27 Koefisien dan harga satuan pekerjaan Baja Tulangan U32 ulir	106
Tabel 5.28 Hasil kebutuhan <i>resources</i> perjam pada percepatan durasi	107
Tabel 5.29 Hasil perhitungan biaya percepatan pada <i>Microsoft Project</i> 2016 untuk biaya penambahan tenaga kerja dan alat	109

Tabel 5.30 Hasil perhitungan <i>Cost Variance</i> , <i>Duration Variance</i> , dan <i>Cost Slope</i> terhadap biaya penambahan tenaga kerja dan alat 1	111
Tabel 5.31 Hasil perhitungan <i>Cost Variance</i> , <i>Duration Variance</i> , dan <i>Cost Slope</i> terhadap biaya penambahan tenaga kerja dan alat 2....	111
Tabel 5.32 Hasil perhitungan <i>Cost Variance</i> , <i>Duration Variance</i> , dan <i>Cost Slope</i> terhadap biaya penambahan tenaga kerja dan alat 3....	112
Tabel 5.33 Urutan uraian pekerjaan berdasarkan nilai <i>cost slope</i> terkecil hingga terbesar pada penambahan tenaga kerja dan alat 1.....	113
Tabel 5.34 Urutan uraian pekerjaan berdasarkan nilai <i>cost slope</i> terkecil hingga terbesar pada penambahan tenaga kerja dan alat 2.....	113
Tabel 5.35 Urutan uraian pekerjaan berdasarkan nilai <i>cost slope</i> terkecil hingga terbesar pada penambahan tenaga kerja dan alat 3.....	114
Tabel 5.36 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 1	115
Tabel 5.37 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 2.....	117
Tabel 5.38 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 3.....	118
Tabel 5.39 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 1	120
Tabel 5.40 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 2.....	121
Tabel 5.41 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 3.....	123
Tabel 5.42 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 1	124

Tabel 5.43 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 2	126
Tabel 5.44 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 3	127
Tabel 5.45 Hasil perhitungan efisiensi biaya dan waktu pada penambahan tenaga kerja dan alat 1	129
Tabel 5.46 Hasil perhitungan efisiensi biaya dan waktu pada penambahan tenaga kerja dan alat 2	129
Tabel 5.47 Hasil perhitungan efisiensi biaya dan waktu pada penambahan tenaga kerja dan alat 3	130
Tabel 5.48 Perbandingan biaya antara kondisi normal dengan penambahan jam lembur serta penambahan tenaga kerja dan alat.....	131



DAFTAR NOTASI

ADM	= <i>Arrow Diagramming Method</i>
AON	= <i>Activity on Node</i>
Blj	= Biaya lembur perjam
bn	= Biaya normal
bo	= Biaya operator
bpo	= Biaya pembantu operator
brh	= Biaya <i>resources</i> harian
Brj	= Biaya <i>resources</i> perjam
Btp	= Biaya total percepatan
Btr	= Biaya total <i>resources</i>
Btrh	= Biaya total <i>resources</i> harian
CPM	= <i>Critical Path Method</i>
D	= Durasi
Ec	= <i>Efficiency Cost</i>
EF	= <i>Earliest Finish</i>
ES	= <i>Earliest Start</i>
Et	= <i>Efficiency Time</i>
FF	= <i>Finish to Finish</i>
FS	= <i>Finish to Start</i>
jk	= Jam kerja
kr	= Kebutuhan <i>resources</i>
LF	= <i>Late Finish</i>
LS	= <i>Late Start</i>
PDM	= <i>Preseden Diagram Method</i>



PERT = *Program Evaluation and Review Technique*

PMBOK = *Project Manajement Body of Knowledge*

RAB = Rencana Anggaran Biaya

SF = *Start to Finish*

SS = *Start to Start*



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A

1. Perhitungan salah satu item pekerjaan pada penambahan jam kerja (lembur).
2. Perhitungan salah satu item pekerjaan pada penambahan tenaga kerja.
3. Data *output microsoft project 2016* pada *baseline*, penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.

Lampiran B

1. *Time Schedule*
2. Rencana Anggaran Biaya
3. Rekapitulasi biaya
4. Dokumentasi

Lampiran C

1. Lembaran Disposisi Tugas Akhir
2. Surat Usul Judul Skripsi Tugas Akhir
3. Surat Keputusan Tugas Akhir
4. Surat Keterangan Persetujuan Seminar Tugas Akhir
5. Lembaran Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir
6. Surat Keterangan Persetujuan Komprehensif Tugas Akhir
7. Surat Keterangan Komprehensif
8. Berita Acara Komprehensif Tugas Akhir
9. Surat Keterangan Persetujuan Jilid Tugas Akhir

EFISIENSI BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE CRASHING

(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Limau Manis Kab. Kampar tahap 1)

RAHMAT IRFAN

NPM : 123110565

Abstrak

Dalam proses pelaksanaan konstruksi, proyek konstruksi sering mengalami kendala yang tidak diinginkan, salah satunya adalah terjadinya keterlambatan dalam pengerjaan proyek. keterlambatan tersebut dapat terjadi karena berbagai faktor seperti kondisi cuaca yang buruk, perubahan desain dan kurangnya tenaga kerja. Untuk menghindari faktor-faktor tersebut, opsi alternatif yang dapat digunakan untuk mendukung penyelesaian proyek sangat diperlukan. Alternatif tersebut dapat berupa penambahan jam kerja, menggunakan alat yang lebih produktif, meningkatkan jumlah pekerja, dan memilih metode konstruksi yang lebih cepat.

Studi ini menganalisis efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan metode *crashing* pada pembangunan Jembatan Limau Manis Kabupaten Kampar tahap 1, menggunakan alternatif penambahan jam kerja lembur 1-3 jam dan penambahan tenaga kerja dengan bantuan aplikasi *microsoft project 2016*. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek antara penambahan jam kerja yang bervariasi 1-3 jam dengan penambahan tenaga kerja dan alat.

Hasil analisis menunjukkan biaya dan waktu optimum akibat penambahan jam kerja selama 1 jam adalah Rp7.717.189.988,38 dan untuk penambahan tenaga kerja dan alat 1 adalah Rp7.693.275.214,50 dengan durasi keduanya adalah 206 hari. Biaya dan waktu optimum akibat penambahan jam kerja selama 2 jam adalah Rp7.645.075.886,47 dan untuk penambahan tenaga kerja dan alat 2 adalah Rp7.584.559.020,26 dengan durasi keduanya adalah 181 hari. Biaya dan waktu optimum akibat penambahan jam kerja selama 3 jam adalah Rp7.611.416.535,41 dan untuk penambahan tenaga kerja dan alat 3 adalah Rp7.516.520.710,91 dengan durasi keduanya adalah 165 hari.

Kata kunci: *direct and indirect cost*, *microsoft project 2016*, metode *crashing*, penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja dan alat.

COST EFFICIENCY AND PROJECT EXECUTION TIME WITH CRASHING METHOD

*(Case Study: Construction Project for Limau Manis Bridge in Kab. Kampar on
Phase 1)*

RAHMAT IRFAN

NPM: 123110565

Abstract

In the process of executing construction, projects of construction often having undesirable problems, one of them was delaying in the project execution. It can occur because of various factors such as bad weather conditions, design changes and lack of workforce. To avoid these factors, alternative options can be used to support project completion were very necessary. These alternatives can be in the form of adding working hours, using more productive tools, increasing number of workers, and choosing a faster construction method.

This research analyzed the cost efficiency and project execution time with the crashing method on the construction project of Limau Manis Bridge in Kampar regency on phase 1, using alternative options like additional overtime work for 1-3 hours and additional workforce with the help of Microsoft Project 2016 application. The purpose of this study was to determine the cost changes and project execution time between the addition of working hours varying 1-3 hours with the addition of workforce and tools.

The results of analysis showed that the optimum cost and time as a result of additional 1 hour's working hours was Rp7.717.189.988,38 and for the first additional of workforces and tools was Rp7.693.275.214,50 with the duration of both were 206 days. Then, the optimum cost and time as a result of additional 2 hour's working hours was Rp7.645.075.886,47 and for the second additional of workforces and tools was Rp7.584.559.020,26 with the duration of both were 181 days. Furthermore, the optimum cost and time as a result of additional 3 hour's working hours was Rp7.611.416.535,41 and for the third additional of workforces and tools was Rp7.516.520.710,91 with the duration of both were 165 days.

Keywords: Additional Working Hours, Additional Workforces or tools, Crashing Method, Direct and Indirect Cost, Microsoft Project 2016.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyalang sungai/saluran air, lembah atau menyalang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitektural yang meliputi aspek lalu lintas, aspek teknis, dan aspek estetika (Supriyadi, 2007).

Penjadwalan merupakan unsur yang paling penting di dalam pelaksanaan proyek. Namun di dalam pelaksanaan, jadwal yang digunakan sering tidak efektif di lapangan, hal ini disebabkan penyusunannya yang tidak didasari dengan logika-logika teknis yang baik dan ketidakmampuan mengendalikan jadwal yang telah direncanakan. Kondisi yang demikian mengakibatkan seringnya pelaksanaan proyek tidak sesuai dengan waktu, anggaran, dan mutu yang telah ditetapkan. Keterlambatan pembangunan jembatan bisa disebabkan karena kurangnya tenaga kerja, material, peralatan, kesalahan perencanaan, dan kondisi cuaca yang tidak memungkinkan (Abrar, 2009).

Pada perencanaan proyek konstruksi, efisiensi waktu dan biaya sangat penting untuk direncanakan. Dari waktu dan biaya yang efisien maka pelaksana proyek akan mendapatkan ketepatan waktu selesai dan keuntungan yang maksimal. Untuk bisa mendapatkan hal tersebut maka yang harus dilakukan adalah membuat jaringan kerja proyek, mencari kegiatan-kegiatan kritis dan menghitung durasi proyek serta mengetahui jumlah sumber daya. *Time cost trade off* (TCTO) atau pertukaran waktu dan biaya merupakan suatu cara yang digunakan untuk mempercepat waktu dan pelaksanaan pada proyek dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis yang disengaja dan sistematis. Dalam hal ini ada beberapa faktor yang berpengaruh diantaranya durasi normal (*normal duration*), durasi percepatan (*crash duration*), biaya

normal (*normal cost*), serta biaya percepatan (*crash cost*). Ada beberapa macam cara untuk mempercepat pelaksanaan konstruksi seperti *Project Crashing* dan *least cost analysis*. *Project Crashing* dilakukan agar pekerjaan selesai dengan pertukaran silang waktu dan biaya. Beberapa cara yang dapat dilakukan antara lain menambah jumlah *shift* kerja, jumlah jam kerja, jumlah tenaga kerja, jumlah ketersediaan bahan, serta memakai peralatan yang lebih produktif dan metode instalasi yang lebih cepat.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka perlu dilakukan penelitian tentang efisiensi waktu dan biaya suatu proyek dengan metode *crashing*. Dalam hal ini studi kasus yang di ambil berada di Provinsi Riau, tepatnya di Kabupaten Kampar yaitu “Pembangunan Jembatan Limau Manis Tahap 1” dengan metode yang akan dilakukan adalah penambahan jam kerja (lembur) yang bervariasi dari 1 jam lembur sampai 3 jam lembur dan menentukan penambahan tenaga kerja dan alat.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diangkat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Berapa besar perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah *crashing* durasi dengan penambahan jam kerja yang bervariasi yaitu 1 jam, 2 jam dan 3 jam ?
2. Berapa besar perubahan waktu dan biaya sesudah *crashing* durasi dengan penambahan tenaga kerja dan alat ?
3. Berapa selisih perbandingan biaya *crashing* durasi antara penambahan jam kerja dengan penambahan tenaga kerja dan alat ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek dengan penambahan jam kerja yang bervariasi yaitu 1 jam, 2 jam dan 3 jam.
2. Mengetahui perubahan waktu dan biaya dengan penambahan tenaga kerja dan alat.

3. Membandingkan selisih biaya *crashing* durasi antara penambahan jam kerja dengan penambahan tenaga kerja dan alat.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai berikut :

1. Menjadi bahan bacaan dan literatur untuk penulisan karya ilmiah yang berhubungan dengan manajemen konstruksi khususnya metode *Crashing*.
2. Memberikan gambaran dan tambahan pengetahuan tentang penggunaan *Microsoft Project* dalam manajemen proyek.

1.5 Batasan Masalah

Demi tercapainya penelitian diperlukan suatu batasan dalam penulisan agar pembahasan tidak meluas ruang lingkupnya sehingga tujuan dari penulisan dapat tercapai dan dipahami.

Adapun ruang lingkup penulisan yang dijadikan sebagai batasan dalam penulisan adalah sebagai berikut :

1. Kinerja pelaksanaan proyek tidak ditinjau.
2. Tidak menghitung peralatan yang digunakan.
3. Hari kerja yang berlangsung dalam pelaksanaan proyek adalah Senin-Minggu, dengan jam kerja berkisar 08.00-17.00 WIB dengan dengan waktu istirahat pada 12.00-13.00 WIB dan maksimum jam lembur yang diperkenankan selama 3 jam dari jam 17.00-21.00 WIB dengan waktu istirahat pada 18.00-19.00 WIB.
4. Efisiensi waktu dan biaya dilakukan dengan menggunakan program *Microsoft Project 2016*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka merupakan peninjauan kembali (*review of related literature*). Sesuai dengan arti tersebut suatu tinjauan pustaka berfungsi sebagai peninjauan kembali pustaka (laporan penelitian dan sebagainya) tentang masalah yang berkaitan tidak terlalu harus tepat identik dengan bidang permasalahan yang dihadapi, termasuk pula yang sering dan berkala (*collateral*).

2.2 Hasil Penelitian Sejenis

Tinjauan pustaka berisikan tentang penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan penelitian yang akan dilakukan untuk memberikan solusi bagi penelitian yang sedang dilakukan dalam permasalahan yang tidak terpecahkan demi mendapatkan hasil penelitian yang sangat memuaskan. Dalam penelitian ini disajikan beberapa hasil penelitian terdahulu yaitu oleh Ermis Vera (2010), Aulia Rahman (2015), dan Peter Samosir (2017).

Vera (2010) melakukan penelitian tentang “optimasi waktu dan biaya dengan metode crash (studi kasus proyek pemeliharaan gedung dan bangunan rumah sakit Orthopedi Prof.Dr.R.Soeharso Surakarta)”. Tujuan penelitian dilakukan untuk membandingkan waktu dan biaya proyek sebelum dan sesudah *crashing*. Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah metode *crashing* dengan mempercepat durasi kegiatan-kegiatan yang terletak pada lintasan kritis yang mempunyai *cost slope* terendah. Hasil penelitian yang dilakukan pada Proyek tersebut menunjukkan bahwa percepatan yang dilakukan menyebabkan berkurangnya biaya tidak langsung dan menurunnya pengeluaran biaya total proyek. Dari hasil perhitungan diperoleh waktu penyelesaian proyek optimum yaitu 49 hari kerja (57 hari kalender) dengan biaya total proyek sebesar Rp.501.269.374,29. Sedangkan waktu penyelesaian normal 74 hari kerja (90 hari kalender) dengan biaya total proyek Rp.516.188.297,49. Jadi terjadi pengurangan durasi selama 25 hari dan penghematan biaya sebesar Rp.14.918.923,20.

Rahman (2015) meneliti tentang analisa optimalisasi biaya dan waktu proyek dengan cara crash program (studi kasus : proyek pembangunan pabrik refenery dan fraksinasi di Belawan). Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui besar biaya proyek yang dikeluarkan setelah mengalami percepatan dan mengetahui pekerjaan-pekerjaan proyek yang membutuhkan percepatan. Membuat jaringan kerja dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) berdasarkan *time schedule* untuk menentukan lintasan kritis dan melakukan percepatan dengan menggunakan *crash project*. Hasil penelitian yang dilakukan pada proyek tersebut menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode CPM, proyek pembangunan pabrik Refenery dan Fraksinasi di Belawan ini dapat diselesaikan dalam 312 hari pada waktu normal dengan lintasan kritis yang berada pada kegiatan B-C-G-N-AH-U-W-Z. Dengan waktu penyelesaian normal proyek yaitu 312 hari, biaya yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 20.800.000.060,02. Dengan menambah 1 jam penambahan jam kerja lembur maka proyek dapat dipercepat sebanyak 24 hari dengan biaya tambahan sebesar Rp. 93.431.044,80 sehingga total biaya proyek menjadi Rp. 20.893.431.104,82. Maka dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan penambahan 1 jam kerja lembur pada pekerja maka dapat mempercepat waktu penyelesaian proyek dari waktu normal dan biaya setelah dipercepat akan bertambah dari biaya normal proyek.

Samosir (2017) meneliti tentang analisis optimalisasi waktu dan biaya dengan aplikasi *Microsoft Project* pada proyek konstruksi gedung dengan penambahan jam kerja (studi kasus : pembangunan gedung SATPAS type 455 m² Polres Langkat). Tujuan penelitian ini menghitung waktu optimum dan penambahan biaya optimum akibat percepatan waktu pelaksanaan proyek pembangunan gedung SATPAS type 455 m² Polres Langkat dengan menggunakan *microsoft project*. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah *crash program* dengan menggunakan *microsoft project*. Hasil penelitian pada proyek tersebut menunjukkan bahwa waktu optimum yang diperoleh dari percepatan durasi untuk penambahan 2 jam yaitu 86 hari dengan efisiensi waktu optimumnya adalah 10,417%. Waktu optimum yang diperoleh dari percepatan durasi untuk penambahan 3 jam yaitu 82 hari dan efisiensi optimumnya adalah

14,583%. Waktu optimum yang diperoleh dari percepatan durasi untuk penambahan 4 jam yaitu 79 hari dan efisiensi optimumnya adalah 17,708%. Penambahan biaya akibat percepatan waktu pelaksanaan proyek untuk penambahan 2 jam kerja lembur dari Rp. 1,953,291,100.72 menjadi Rp. 1,980,491,577.91 dan efisiensi biaya untuk waktu optimum adalah 1,392%. Penambahan 3 jam kerja lembur dari Rp. 1,953,291,100.72 menjadi Rp. 1,994,369,372.40 dan efisiensi biaya untuk waktu optimum adalah 2,103%. Penambahan 4 jam kerja lembur dari Rp. 1,953,291,100.72 menjadi Rp. 2,006,645,882.90 dan efisiensi biaya untuk waktu optimum adalah 2,732%.

Dari beberapa perbedaan hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Beberapa perbedaan dan persamaan dari penelitian terdahulu

<i>Deskripsi</i>	<i>Vera (2010)</i>	<i>Rahman (2015)</i>	<i>Samosir(2017)</i>
<i>Judul</i>	<i>Optimasi waktu dan biaya dengan metode crash (studi kasus proyek pemeliharaan gedung dan bangunan rumah sakit Orthopedi Prof.Dr.R.Soeharso Surakarta).</i>	<i>Optimalisasi biaya dan waktu proyek dengan cara crash program (studi kasus : proyek pembangunan pabrik refinery dan fraksinasi di Belawan).</i>	<i>Analisis optimalisasi waktu dan biaya dengan aplikasi Microsoft Project pada proyek konstruksi gedung dengan penambahan jam kerja (studi kasus : pembangunan gedung SATPAS type 455 m² Polres Langkat).</i>
<i>Tujuan</i>	<i>- Membandingkan waktu dan biaya proyek sebelum dan sesudah crashing. - Menentukan durasi optimum pelaksanaan proyek.</i>	<i>- Mengetahui besar biaya proyek yang dikeluarkan setelah percepatan dengan cara crash program. - Mengetahui pekerjaan-pekerjaan proyek yang membutuhkan percepatan.</i>	<i>- Menghitung waktu optimum yang diperoleh percepatan durasi proyek. - Menghitung biaya optimum akibat percepatan waktu pelaksanaan proyek.</i>
<i>Metode</i>	<i>Menentukan lintasan kritis dengan microsoft project dan crash program</i>	<i>Menentukan lintasan kritis dengan metode CPM dan menganalisis</i>	<i>Menentukan lintasan kritis dengan microsoft project dan crash program</i>

	<i>dengan menggunakan microsoft project.</i>	<i>percepatan dengan Crash program</i>	<i>dengan menggunakan microsoft project.</i>
--	--	--	--

Tabel 2.1 (Lanjutan)

Hasil	waktu penyelesaian proyek optimum yaitu 49 hari kerja (57 hari kalender) dengan biaya total proyek sebesar Rp.501.269.374,29.	Menambah 1 jam lembur maka proyek dapat dipercepat sebanyak 24 hari dengan biaya tambahan sebesar Rp. 93.431.044,80 sehingga total biaya proyek menjadi Rp. 20.893.431.104,82.	Penambahan 4 jam kerja lembur dari Rp. 1,953,291,100.72 menjadi Rp. 2,006,645,882.90 dan efisiensi biaya untuk waktu optimum adalah 2,732%.
-------	---	--	---

Pada Tabel 2.1 menunjukkan adanya perbedaan dan persamaan pada masing-masing penelitian berdasarkan dari judul, tujuan, metode dan hasil dari penelitian tersebut.

2.3 Keaslian Penelitian

Dari tinjauan pustaka yang dilakukan oleh penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa ada kesamaan dengan judul-judul peneliti terdahulu dan penggunaan metode. Namun ada yang berbeda dari Tugas Akhir ini dengan Tugas Akhir sebelumnya, objek lokasi yang diteliti dalam Tugas Akhir ini berbeda dengan objek lokasi yang diteliti oleh penulis sebelumnya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilakukan dan umumnya berjangka pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Selain itu proyek konstruksi memiliki 3 (tiga) karakteristik yaitu : bersifat unik, membutuhkan sumber daya (uang, mesin, metoda, dan material), dan membutuhkan organisasi (Ervianto, 2002).

Menurut Soeharto (1995), kegiatan proyek dapat diartikan sebagai suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber dana tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas dan sasaran yang telah digariskan dengan tegas.

3.2 Manajemen Konstruksi

Manajemen proyek konstruksi adalah proses penerapan fungsi-fungsi manajemen (perencanaan, pelaksanaan dan penerapan) secara sistimatis pada suatu proyek dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif dan efisien agar tercapai tujuan proyek secara optimal.

Manajemen Konstruksi meliputi mutu fisik konstruksi, biaya dan waktu. manajemen material dan manajemen tenaga kerja yang akan lebih ditekankan. Hal itu dikarenakan manajemen perencanaan berperan hanya 20% dan sisanya manajemen pelaksanaan termasuk didalamnya pengendalian biaya dan waktu proyek (Soeharto,1995).

3.3 Fungsi Manajemen Konstruksi

Fungsi-fungsi manajemen dikemukakan oleh beberapa ahli ilmu manajemen yang pada dasarnya memiliki kesamaan, yaitu sebagai berikut :

1. Louis Allen : *Planning, Leading, Controlling* (POLC).

2. Harold Koontz : *Planning, Organizing, Staffing, Directing, Leading, Controlling* (POSDLC).
3. Luther Gulick : *Planning, Organizing, Staffing, Directing, Coordinating, Reporting, Budgeting* (POSDiCorB).
4. George R. Terry : *Planning, Organizing, Actuating, Controlling* (POAC).

Fungsi-fungsi manajemen di dalam unsur manajemen merupakan perangkat lunak (prosedur operasi), manajer merupakan perangkat SDM serta organisasi berikut perangkat pendukungnya merupakan perangkat kerasnya. Fungsi-fungsi manajemen tersebut yaitu (George R. Terry, 1958):

1. *Planning* /Perencanaan

Planning/perencanaan merupakan suatu tindakan pengambilan keputusan data, informasi, asumsi atau fakta kegiatan yang dipilih dan akan dilakukan pada masa mendatang. Bentuk tindakan tersebut antara lain :

- a. Menetapkan tujuan dan sasaran usaha.
- b. Menyusun rencana induk jangka panjang dan pendek.
- c. Menyiapkan pendanaan serta standar kualitas yang diharapkan.

Manfaat dari fungsi perencanaan diatas adalah sebagai alat pengawas maupun pengendalian kegiatan atau pedoman peksanaan kegiatan serta sarana untuk memilih dan menetapkan kegiatan yang diperlukan.

PMBOK 3rd Ed (*Project Manajemen Body of Knowledge*) membuat area ilmu manajemen bagi perencanaan yaitu :

- a. Perencanaan lingkup proyek

Perencanaan lingkup proyek merupakan suatu proses penggambaran proyek dan batas-batasnya secara tertulis misalnya untuk proyek konstruksi, perencanaan lingkup proyek didapat dari tahap awal siklus proyek yang mencakup studi kelayakan terutama yang mencakup biaya dan manfaat proyek, jadwal serta mutu agar diperoleh alternatif lingkup yang terbaik.

- b. Perencanaan mutu

Perencanaan mutu proyek merupakan proses penentuan standar dan kriteria mutu yang akan dipakai oleh proyek, serta usaha untuk dapat

memenuhinya. Ketentuan standar mutu akan besar pengaruhnya terhadap biaya proyek terutama pada waktu desain engineering, seleksi peralatan, dan material.

c. Perencanaan waktu

Perencanaan waktu meliputi hal-hal mengenai penyelesaian proyek tepat waktu yang ditetapkan. Perencanaan ini memberikan masukan kepada perencanaan sumber daya agar sumber daya tersebut siap pada waktu yang diperlukan.

d. Perencanaan biaya

Perencanaan biaya merupakan rangkaian langkah untuk perkiraan besarnya biaya dari sumber daya yang diperlukan oleh proyek. Langkah-langkah tersebut termasuk juga mempertimbangkan berbagai alternatif yang mungkin dalam mendapatkan biaya yang paling ekonomis bagi kinerja atau material. Hal ini menyebabkan perencanaan biaya baru dapat diselesaikan bila telah tersedia perencanaan keperluan sumber daya.

e. Perencanaan sumber daya

Perencanaan sumber daya proyek dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu perencanaan sumber daya manusia (SDM) yang meliputi rancangan organisasi, pengisian personil untuk kantor pusat, mobilisasi dan pelatihan tenaga kerja untuk lapangan, serta sumber daya non manusia yang meliputi pengadaan material, peralatan yang akan menjadi bagian permanen proyek serta peralatan konstruksi. (PMBOK 3rd Ed).

2. Pengorganisasian/*Organizing*

Pengorganisasian adalah suatu tindakan mempersatukan kumpulan kegiatan manusia yang mempunyai pekerjaan masing-masing saling berhubungan satu sama lain dengan tata cara tertentu. Tindakan tersebut antara lain berupa :

- a. Membagi pekerjaan ke dalam tugas operasional.
- b. Menggabungkan jabatan ke dalam unit yang terkait.
- c. Memilih dan menempatkan orang-orang pada pekerjaan yang sesuai.

d. Menyesuaikan wewenang dan tanggung jawab masing-masing personel.

Manfaat dari fungsi organisasi merupakan pedoman pelaksanaan fungsi, pembagian tugas, hubungan tanggung jawab serta delegasi kewenangannya terlihat jelas.

Organisasi yang dibentuk akan berhasil jika setiap anggota mampu bekerja sama dengan tujuan mencapai tujuan bersama. Proses pembentukan organisasi atau siklus hidup organisasi pada umumnya mengikuti tahap-tahap sebagai berikut (Ervianto, 2002) :

- 1) *Prestage*, bahwa setiap individu memiliki tujuan dan ketertarikan yang berbeda-beda. Keinginan ini sering dituangkan dalam visi dan misi.
- 2) *Forming*, tahap pertama berupa pengamatan antara sesama anggota organisasi dengan anggapan bahwa setiap anggota adalah bagian dari grup.
- 3) *Storming*, merupakan tahap kedua. Pada tahap ini setiap anggota dengan berbagai ketertarikan mulai melakukan pengelompokan.
- 4) *Norming*, adalah tahap ketiga yang memberikan sebuah aturan main yang disebut regulasi. Tujuannya untuk membawa grup tetap berfokus pada tujuan grup, bukan individu.
- 5) *Performing*, merupakan tahap keempat. Pada tahap ini grup sudah berfungsi dan mengarah pada tujuan grup. Masing-masing anggota melaksanakan tugas sesuai perannya. Ukuran kinerja dapat dilihat dan dievaluasi setiap saat.
- 6) *Adjourning*, adalah tahap akhir setelah tujuan tercapai, masing-masing anggotanya mulai berhenti memainkan fungsi dan perannya.

3. *Actuating*/Pelaksanaan

Dari keseluruhan proses manajemen, fungsi pelaksanaan adalah yang terpenting di antara fungsi lainnya, karena fungsi ini ditekankan pada hubungan dan kegiatan langsung pada anggota organisasi, sementara perencanaan dan pengorganisasian lebih bersifat abstrak atau tidak langsung. George R. Terry menguraikan bahwa pelaksanaan adalah upaya untuk menggerakkan anggota organisasi sesuai dengan keinginan dan usaha mereka untuk mencapai tujuan

perusahaan serta anggota di organisasi karena setiap anggota pasti juga memiliki tujuan pribadi. Tindakan yang dilakukan dalam fungsi *actuating* antara lain (George R. Terry, 1958) :

- a. Mengkoordinasikan pelaksanaan kegiatan.
- b. Berkomunikasi secara efektif.
- c. Mendistribusikan tugas, wewenang dan tanggung jawab.
- d. Memberikan pengarahan, penugasan dan motivasi.

Manfaat dari fungsi pelaksanaan ini adalah terciptanya keseimbangan tugas, hak dan kewajiban masing-masing bagian dalam organisasi dan mendorong tercapainya efisiensi serta kebersamaan dalam bekerja sama untuk tujuan bersama.

4. *Controlling*/Pengendalian

Pengendalian manajemen merupakan usaha tersistematis dari perusahaan untuk mencapai tujuannya dengan cara membandingkan prestasi kerja dengan rencana dan membuat tindakan yang tepat untuk mengoreksi perbedaan yang penting. Tindakan tersebut meliputi, antara lain (George R. Terry, 1958) :

- a. Mengukur kualitas hasil.
- b. Membandingkan hasil terhadap standar kualitas.
- c. Mengevaluasi penyimpangan yang terjadi.
- d. Memberikan saran-saran perbaikan.
- e. Menyusun laporan kegiatan.

Manfaat dari fungsi pengendalian adalah memperkecil kemungkinan kesalahan yang terjadi dari segi kualitas, kuantitas, biaya maupun waktu.

3.4 **Proyek Konstruksi**

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang berlangsung dalam waktu yang terbatas dengan sumber daya tertentu untuk mendapatkan hasil konstruksi dengan standar kualitas yang baik. Dalam mencapai hasil konstruksi yang baik dibutuhkan berbagai macam elemen pendukung di dalam pelaksanaan konstruksi.

Proyek konstruksi mempunyai tiga karakteristik yang dapat dipandang secara tiga dimensi (Ervianto, 2002), yaitu :

1. Bersifat unik

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

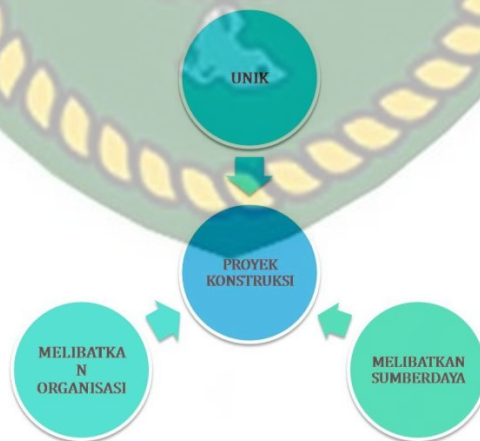
2. Dibutuhkan sumber daya

Setiap proyek konstruksi membutuhkan sumber daya, yaitu pekerja, biaya, material, alat berat, dan sebagainya.

3. Organisasi

Setiap organisasi mempunyai keragaman tujuan dimana di dalamnya terlibat sejumlah individu dengan keahlian yang bervariasi dan ketidakpastian.

Suatu rangkaian kegiatan dalam proyek konstruksi dapat dibedakan atas 2 jenis, yaitu kegiatan rutin dan kegiatan proyek. Kegiatan rutin adalah suatu rangkaian kegiatan terus-menerus yang berulang dan berlangsung lama, sementara kegiatan proyek adalah suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berlangsung dalam jangka waktu yang pendek. Karakteristik proyek konstruksi dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tiga karakteristik proyek konstruksi (Ervianto, 2002)

Pada Gambar 3.1 menunjukkan hubungan proyek kostruksi dengan tiga karakteristik tersebut. Proyek konstruksi memang secara khusus jika dilihat secara menyeluruh memiliki beberapa keunikan jika dibandingkan dengan beberapa jenis

proyek lainnya. Tanpa sumber daya, proyek konstruksi tidak dapat berjalan dengan semestinya. Tanpa organisasi, proyek konstruksi tidak berjalan sistematis.

3.5 Jenis Jenis Proyek Konstruksi

Menurut Ervianto (2005), proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi dua jenis kelompok bangunan, yaitu :

1. Bangunan gedung : rumah, kantor, dan lain-lain. Ciri-ciri dari kelompok bangunan ini adalah :
 - a. Proyek konstruksi menghasilkan tempat orang bekerja atau tinggal.
 - b. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang relatif sempit dan kondisi pondasi umumnya sudah diketahui.
 - c. Manajemen dibutuhkan, terutama untuk *progressing* pekerjaan.
2. Bangunan sipil : jalan, jembatan, bendungan, dan infrastruktur lainnya. Ciri-ciri dari kelompok bangunan ini adalah :
 - a. Proyek konstruksi dilaksanakan untuk mengendalikan alam agar berguna bagi kepentingan manusia.
 - b. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang luas atau panjang kondisi pondasi sangat berbeda satu sama lain dalam suatu proyek.
 - c. Manajemen dibutuhkan untuk memecahkan permasalahan.

3.6 Tahapan Kegiatan Proyek Konstruksi

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi harus melalui suatu proses yang panjang dan dalam setiap tahapnya harus direncanakan dengan sebaik mungkin agar yang dihasilkan sesuai dengan tujuan awal proyek. Manajemen konstruksi mempunyai ruang lingkup yang cukup luas, karena mencakup tahapan kegiatan sejak awal pelaksanaan pekerjaan sampai dengan akhir pelaksanaan yang berupa hasil pembangunan. Berbagai aspek yang harus dikaji dalam setiap tahap merupakan kerangka dasar dari proses konstruksi.

Aspek ini terbagi menjadi empat kelompok utama (Ervianto, 2002), yaitu :

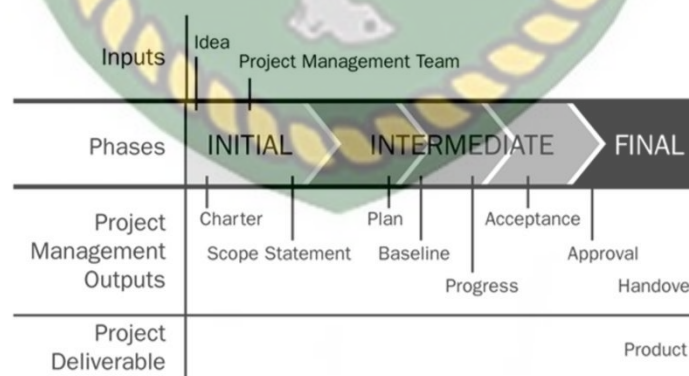
1. Aspek fungsional : konsep umum, pola operasional, program tata ruang, dan lain sebagainya.

2. Aspek lokasi dan lapangan : iklim, topografi, jalan masuk, prasarana, formalitas hukum, dan lain sebagainya.
3. Aspek konstruksi : prinsip rancangan, standar teknis, ketersediaan bahan bangunan, metode pembangunan, dan keselamatan operasi.
4. Aspek operasional : administrasi proyek, arus kas, kebutuhan perawatan, kesehatan, dan keselamatan kerja.

Tahapan proyek konstruksi dimulai sejak munculnya prakarsa pembangunan yang selanjutnya ditindaklanjuti dengan survey dan seterusnya hingga konstruksi benar-benar berdiri dan dapat dioperasikan sesuai dengan tujuan fungsionalnya. Suatu proyek dibagi menjadi beberapa tahapan untuk menjaga kesesuaian hubungan pada kegiatan operasional pihak-pihak yang terkait dalam pelaksanaannya. Hal tersebut terintegrasi menjadi suatu bentuk siklus kehidupan proyek yang mencakup (PMBOK 3rd Ed) :

1. *What*, Teknik apa yang dilakukan.
2. *When*, Kapan deliverables dicapai dan bagaimana ditinjau, divalidasi.
3. *Who*, Siapa yang terlibat.
4. *How*, Bagaimana mengontrol dan menyetujui.

Tahapan proyek tersebut berupa tahap awal, tahap menengah dan tahap akhir. Bagian-bagian kegiatan pada setiap tahap tersebut dijelaskan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kegiatan pada tahapan Proyek (PMBOK 3rd Ed)

Pada Gambar 3.2 menunjukkan tahap awal (*Initial phase*) dimulai dari pembentukan ide, lingkup pekerjaan, dan tim manajemen proyek. Tahap menengah (*Intermediate phase*) terdiri dari kegiatan perencanaan, acuan dasar,

progres kegiatan, dan hasil. Sementara tahap akhir (*Final phase*) melingkupi persetujuan dan penyerahterimaan proyek sebagai hasil akhir produk kepada pemilik atau penyandang dana.

Dalam dunia konstruksi, tahapan yang terjadi dalam pembangunan proyeknya tidak jauh berbeda. Pembagian tahapan yang biasanya disebut sebagai siklus hidup proyek konstruksi dibuat lebih terperinci walaupun dasar dari tahapan proyek, yaitu tahap awal, menengah, dan akhir tetap dapat terlihat dalam siklus hidup tersebut.

Salah satu sistematika penahapan yang disusun oleh PMI (*Project Management Institute*), yaitu suatu institusi yang mengembangkan manajemen proyek dan telah dikenal dan diakui secara luas terutama oleh mereka yang terkait dengan masalah proyek. Secara lengkap penahapan menurut PMBOK-PMI (*Project Manajemen Body of Knowledge - Project Management Institute*) adalah sebagai berikut (PMBOK 3rd Ed) :

1. Tahap Konseptual

Periode ini terdiri dari beberapa kegiatan, yaitu penyusunan dan perumusan gagasan, analisis pendahuluan dan pengkajian kelayakan. Salah satu kegiatan utama yang bersifat menyeluruh, dalam tahap ini yang mencoba menyoroti segala aspek mengenai layak tidaknya suatu gagasan untuk direalisasikan disebut studi kelayakan. Dibandingkan dengan pengkajian yang dilakukan sebelumnya, studi kelayakan mempunyai lingkup dan aspek pengkajian yang lebih luas, mendorong potensi yang positif dan menaruh perhatian khusus terhadap kendala dan keterbatasannya.

Deliverable akhir tahap konseptual adalah paket atau dokumen hasil studi kelayakan. Dokumen tersebut umumnya berisi analisis berbagai aspek kelayakan seperti pemasaran, permintaan, teknik, produksi, manajemen, dan organisasi. Dokumen tersebut juga berisi perkiraan garis besar biaya dan jadwal proyek.

2. Tahap perencanaan dan pengembangan/PP/Definisi

Pada masa permulaan siklus proyek, kegiatan ditujukan untuk mengidentifikasi dan merumuskan gagasan, mengembangkannya menjadi alternatif, lengkap dengan indikasi lingkungan kerja, jadwal dan biaya. Meskipun

demikian, semua itu masih dalam tahap konseptual dalam arti pengkajian sudah melebar dan meluas mencakup aspek yang mempunyai kaitan erat antara gagasan dan peluang yang tersedia, tetapi belum cukup mendalam untuk dapat dipakai sebagai dasar mengambil keputusan akhir jadi tidaknya menanam investasi atau melaksanakan proyek. Oleh karena itu, perlu diadakan pengkajian yang lebih mendalam agar dapat ditarik kesimpulan yang mantap.

Sejalan dengan usaha tersebut, mulailah dirintis rencana kesiapan perangkat dan pelaksanaan proyek ataupun strategi penyelenggaraan. Dengan demikian, kegiatan utama dalam tahap PP/Definisi adalah sebagai berikut (PMBOK 3rd Ed) :

- a. Melanjutkan evaluasi hasil kegiatan tahap konseptual, dalam arti lebih mendalam dan terinci, sehingga kesimpulannya cukup mantap untuk dipakai sebagai dasar pengambilan keputusan perihal kelangsungan investasi atau proyek.
- b. Menyiapkan perangkat seperti data, kriteria dan spesifikasi teknik, engineering dan komersial yang selanjutnya dipakai untuk membuat RFP, dokumen dan kontrak.
- c. Menyusun perencanaan dan membuat keputusan strategis yang berkaitan dengan garis penyelenggaraan proyek, seperti macam kontrak yang akan dipakai, bobot sasaran pokok, filosofi desain dan komposisi pendanaan.
- d. Memilih peserta proyek yang terdiri dari tim proyek pemilik, kontraktor, konsultan, arsitek dan lain-lain.

Deliverable akhir tahap PP/Definisi adalah sebagai berikut (PMBOK 3rd Ed):

- a. Dokumen berisi hasil analisis lanjutan kelayakan proyek.
- b. Dokumen berisi rencana strategis dan operasional proyek.
- c. Dokumen berisi definisi lingkup, anggaran biaya, jadwal induk dan garis besar kriteria mutu proyek.
- d. RFP atau paket lelang.
- e. Dokumen hasil evaluasi proposal dari para peserta lelang.

Kegiatan menyiapkan *Deliverable* pada penyelenggaraan proyek E-MK dengan jenis kontrak *lump sum* dilakukan oleh pihak pemilik proyek. Namun

demikian, kegiatan tersebut sering pula dilakukan dengan menggunakan konsultan.

3. Tahap Implementasi

Komponen kegiatan utama pada tahap ini berbeda dari proyek ke proyek, tetapi untuk proyek E-MK umumnya terdiri dari kegiatan desain-engineering terinci fasilitas yang hendak dibangun, desain engineering produk, pengadaan material dan peralatan, manufaktur atau fabrikasi dan instalasi atau konstruksi. Kegiatan desain engineering terinci merupakan tindak lanjut jenis pekerjaan yang sama yang telah dirintis di tahap PP/Definisi. Tahap implementasi terdiri dari kegiatan sebagai berikut :

- a. Mengkaji lingkup kerja proyek, kemudian membuat program implementasi dan mengkomunikasikan kepada peserta dan penanggung jawab proyek.
- b. Melakukan pekerjaan desain engineering terinci, pengadaan material dan peralatan, fabrikasi, instalasi atau konstruksi.
- c. Melakukan perencanaan dan pengendalian aspek biaya, jadwal dan mutu.

Deliverable tahap implementasi adalah produk atau instalasi proyek yang telah selesai secara mekanis.

4. Tahap Terminasi

Kegiatan utama pada tahap terminasi adalah sebagai berikut (PMBOK 3rd Ed) :

- a. Mempersiapkan instalasi atau produk beroperasi, seperti uji coba *start-up*, dan *performance test*.
- b. Penyelesaian administrasi dan keuangan proyek seperti asuransi dan klaim.
- c. Seleksi dan kompilasi dokumen proyek untuk diserahkan kepada pemilik atau kepada induk perusahaan.
- d. Melaksanakan demobilisasi dan *reassignment personil*.

Deliverable akhir pada tahap terminasi berupa :

- a. Instalasi atau produk yang siap pakai atau siap beroperasi. Ini ditandai dengan diterbitkannya sertifikat “*operasional acceptance*” oleh pemilik proyek untuk pelaksana atau kontraktor.
- b. Dokumen pernyataan penyelesaian masalah asuransi, klaim dan jaminan (*warranty*).

3.7 Unsur-unsur Pelaksanaan Proyek Konstruksi

Unsur pelaksanaan proyek merupakan faktor utama dalam merealisasikan kegiatan-kegiatan pembangunan yang ada di suatu proyek. Orang/badan yang membiayai, merencanakan dan melaksanakan bangunan tersebut disebut unsur-unsur pelaksanaan proyek konstruksi (Ervianto, 2005). Unsur-unsur pelaksana pembangunan yang terlibat dalam kegiatan pembangunan yaitu : *owner*, konsultan perencana (struktur dan arsitek), kontraktor/pemborong, dan konsultan pengawas.

1. Pemilik Proyek

Pemilik proyek atau pemberi tugas adalah orang atau badan yang memiliki proyek dan memberikan pekerjaan kepada pihak penyedia jasa dan yang membayar biaya pekerjaan tersebut (Ervianto, 2005). Pemberi tugas dalam surat perjanjian pemborongan adalah sebagai pihak pertama dan dapat mengambil keputusan sepihak untuk mengambil alih pekerjaan yang dilakukan, dengan cara menulis surat kepada kontraktor apabila terjadi hal-hal diluar kontrak yang ditetapkan dalam undang-undang didalam surat perjanjian kerja (SPK). Pemberi tugas juga berwenang untuk memberitahukan hasil lelang secara tertulis kepada kontraktor.

Menurut Ervianto (2005) tugas dan wewenang pemilik proyek adalah :

- a. Menunjuk penyedia jasa (konsultan dan kontraktor).
- b. Meminta laporan secara periodik mengenai pelaksanaan pekerjaan yang telah dilakukan oleh penyedia jasa.
- c. Memberikan fasilitas baik sarana dan prasarana yang dibutuhkan oleh pihak penyedia jasa untuk kelancaran pekerjaan.
- d. Menyediakan lahan untuk tempat pelaksanaan pekerjaan.

- e. Menyediakan dana dan kemudian membayar kepada pihak penyedia jasa sejumlah biaya yang diperlukan untuk mewujudkan sebuah bangunan.
- f. Ikut mengawasi jalanya pelaksanaan pekerjaan yang direncanakan dengan cara menempatkan atau menunjuk suatu badan atau orang untuk bertindak atas nama pemilik.
- g. Mengesahkan perubahan dalam pekerjaan (bila terjadi).
- h. Menerima dan mengesahkan pekerjaan yang telah selesai dilaksanakan oleh penyedia jasa jika produknya telah sesuai dengan apa yang dikehendaki.
- i. Memberikan hasil lelang secara tertulis kepada masing-masing kontraktor.

2. Konsultan Perencana

Konsultan perencana adalah suatu badan hukum atau perorangan yang diberi tugas oleh pemberi tugas untuk merencanakan dan mendesain bangunan sesuai dengan keinginan pemilik proyek. Selain itu juga memberikan saran dan pertimbangan akan segala sesuatu yang berhubungan dengan perkembangan proyek tersebut. Perencana juga bertugas untuk memberikan jawaban dan penjelasan atas hal-hal yang kurang jelas terhadap gambar rencana dan rencana kerja dan syarat-syarat. Perencana juga harus membuat gambar revisi bila terjadi perubahan-perubahan rencana dalam proyek. Pekerjaan perencanaan meliputi perencanaan arsitektur, struktur, mekanikal dan elektrikal, anggaran biaya serta memberikan saran yang diperlukan dalam pelaksanaan pembangunan (Ervianto, 2005).

Tugas dan kewajiban konsultan perencana adalah :

- a. Membuat perencanaan secara lengkap yang terdiri dari gambar rencana, rencana kerja, syarat-syarat, dan hitungan struktur, rencana anggaran biaya.
- b. Memberikan usulan serta pertimbangan kepada pemilik proyek, konsultan supervisi, dan kontraktor tentang pelaksanaan pekerjaan.

- c. Membuat gambar revisi bila terjadi perubahan perencanaan.
- d. Menghadiri rapat koordinasi pengelolaan proyek.
- e. Memberikan jawaban dan penjelasan kepada kontraktor tentang hal-hal yang kurang jelas dalam gambar rencana, rencana kerja, dan syarat-syarat (Ervianto, 2005).

3. Kontraktor

Kontraktor adalah orang atau badan hukum yang menerima pekerjaan dan menyelenggarakan pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan biaya yang telah ditetapkan berdasarkan gambar rencana, peraturan, dan syarat-syarat yang telah ditetapkan (Ervianto, 2005).

Tugas dan wewenang kontraktor :

- a. Melaksanakan pekerjaan sesuai dengan gambar rencana, peraturan, syarat-syarat, risalah penjelasan pekerjaan, yang ditetapkan oleh pemilik proyek.
- b. Membuat gambar-gambar pelaksanaan yang disahkan oleh konsultan manajemen konstruksi.
- c. Membuat laporan hasil pekerjaan berupa laporan harian, mingguan, dan bulanan kepada konsultan manajemen konstruksi.
- d. Menyediakan alat keselamatan kerja dan keamanan di lokasi proyek.
- e. Menyerahkan seluruh atau sebagian pekerjaan yang telah diselesaikan sesuai dengan ketentuan yang berlaku (Ervianto, 2005).

4. Konsultan Pengawas

Konsultan pengawas adalah suatu badan hukum atau perorangan baik swasta atau instansi pemerintah yang berfungsi sebagai badan yang bertugas mengawasi dan mengontrol jalannya proyek agar mencapai hasil kerja yang optimal menurut persyaratan yang ada (Ervianto, 2005).

Tugas konsultan pengawas antara lain :

- a. Menyelesaikan pelaksanaan pekerjaan dalam waktu yang telah ditetapkan.
- b. Membimbing dan mengadakan pengawasan secara periodik dalam pelaksanaan pekerjaan.

- c. Melakukan perhitungan prestasi pekerjaan.
- d. Mengkoordinasi dan mengendalikan kegiatan konstruksi serta aliran informasi antar berbagai bidang agar pelaksanaan pekerjaan berjalan lancar.
- e. Menghindari kesalahan yang mungkin terjadi sedini mungkin serta menghindari pembengkakan biaya.
- f. Mengatasi dan memecahkan persoalan yang timbul di lapangan agar dicapai hasil akhir sesuai dengan yang diharapkan dengan kualitas, kuantitas serta waktu pelaksanaan yang ditetapkan.
- g. Menghentikan sementara bila terjadi penyimpangan dari peraturan yang berlaku.
- h. Menyusun laporan kemajuan pekerjaan (harian, mingguan, bulanan).
- i. Menyiapkan dan menghitung adanya kemungkinan tambah atau berkurangnya pekerjaan. (Ervianto, 2005).

3.8 Organisasi Dalam Proyek Konstruksi

Definisi organisasi secara umum adalah pengaturan kegiatan-kegiatan dari beberapa individu di bawah satu koordinasi yang berfungsi untuk pencapaian satu tujuan. Organisasi juga dapat diartikan sebagai tindakan guna mempersatukan dan mengatur sumber-sumber daya yang mencakup tenaga kerja serta material yang terbentuk dalam kumpulan kegiatan manusia yang memiliki tugas masing-masing dan saling berhubungan satu sama lain. Semakin banyak individu atau kelompok yang terlibat, maka makin kompleks bentuk organisasi yang terbentuk.

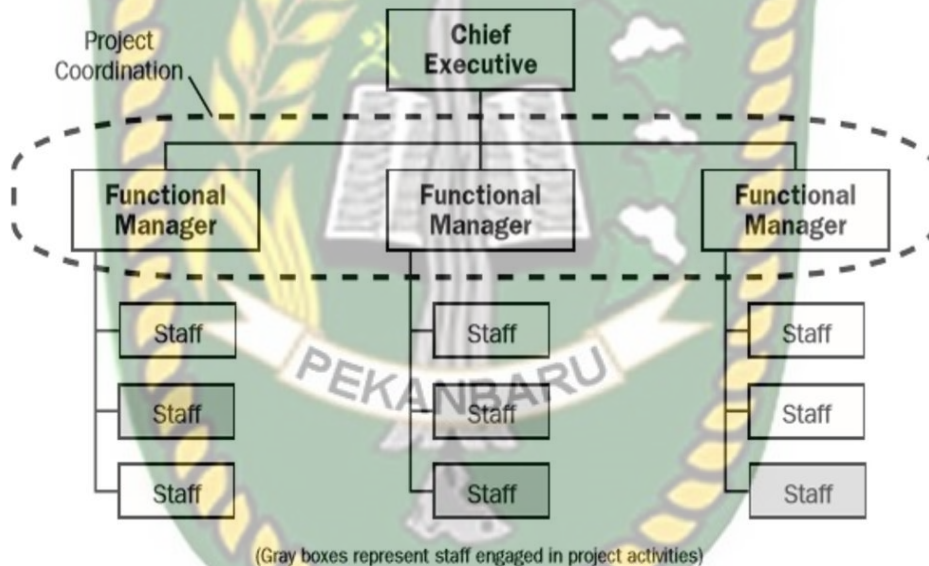
Bentuk-bentuk organisasi proyek pada umumnya adalah sebagai berikut (PMBOK-PMI 3rd Ed) :

1. Organisasi Fungsional.
2. Organisasi Proyek Murni.
3. Organisasi Matrik.

Ketiga bentuk organisasi proyek tersebut di atas dapat dijelaskan lebih jauh sebagai berikut.

1. Organisasi Fungsional

Organisasi fungsional merupakan organisasi klasik yang setiap staf/tenaga kerjanya memiliki satu atasan. Anggota staf dikelompokkan dalam spesialisasi, seperti bagian produksi, pemasaran, teknik, akunting, dan setiap staf memiliki wewenang dan tanggung jawab yang jelas. Menurut Iman Soeharto (1997), organisasi fungsional memiliki keuntungan dalam kemudahan, pengawasan, dan penyediaan karena setiap anggota/staf hanya melapor ke satu pimpinan. Di samping itu, setiap staf memiliki kesempatan untuk meningkatkan keterampilan dan keahliannya karena konsentrasi staf yang terpusat pada bidang keahliannya. Organisasi ini memudahkan dalam pengendalian kinerja staf. Bentuk dari organisasi ini dapat dilihat pada Gambar 3.3.

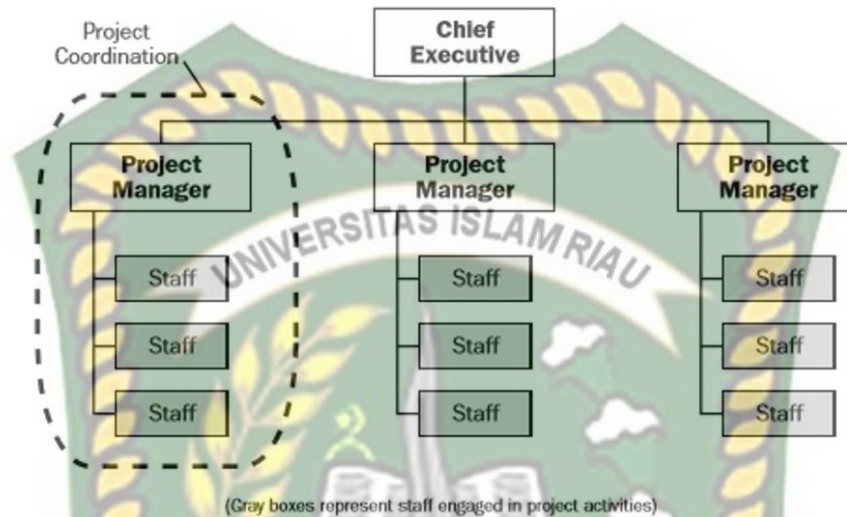


Gambar 3.3 Organisasi Fungsional (PMBOK 3rd Ed)

Pada Gambar 3.3 menunjukkan koordinasi proyek pada organisasi fungsional. Kesulitan yang dihadapi pada bentuk organisasi ini antara lain adalah adanya kecenderungan mengutamakan kinerja dan keluaran hanya pada masing-masing bidang sehingga mengurangi perhatian terhadap sasaran/tujuan proyek secara keseluruhan. Kerugian lain adalah jika organisasi cukup besar, dapat terjadi distorsi informasi yang disebabkan oleh makin panjangnya rantai pengambilan keputusan.

2. Organisasi Proyek Murni

Jenis organisasi ini sering juga memiliki unit-unit kecil organisasi yang disebut departemen, tetapi kelompok unit ini tetap memberikan laporan langsung ke proyek manajer. Bentuk organisasi proyek ini dilihat pada Gambar 3.4.

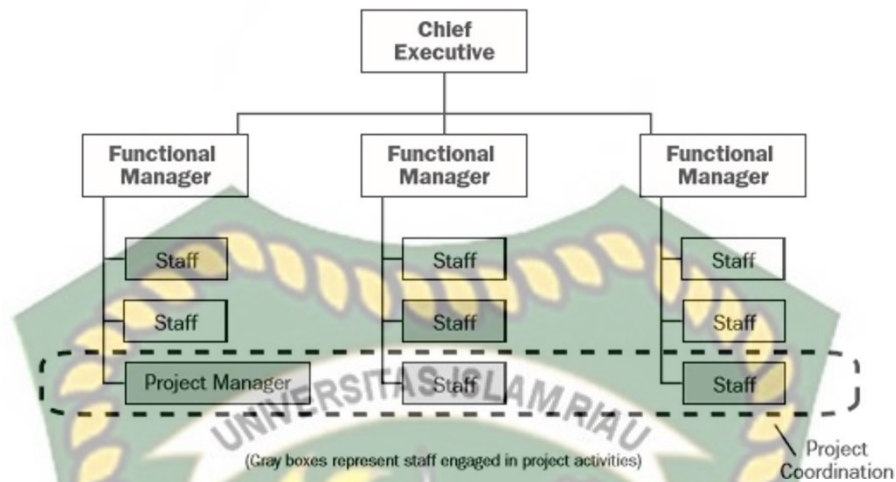


Gambar 3.4 Organisasi Proyek Murni (PMBOK 3rd Ed)

Pada Gambar 3.4 menunjukkan terdapat beberapa manajer proyek yang membawahi staf-staf dan merupakan satu koordinasi. Sebagian besar sumber daya organisasi terserap pada pekerjaan proyek dan manajer proyek memiliki kekuasaan penuh dalam pengambilan keputusan.

3. Organisasi Matrik

Organisasi matrik merupakan bentukan baru dari organisasi fungsional dan organisasi proyek. Bentukan organisasi baru yang beranggotakan staf dari setiap fungsi yang ada disebut organisasi matrik lemah. Organisasi matrik lemah mengatur banyak karakteristik dari organisasi fungsional dan manajer proyek lebih bersifat sebagai koordinator daripada sebagai manajer. Bentukan baru ini nantinya akan menjadi sebuah tim proyek yang ditugaskan untuk mengelola proyek konstruksi di lapangan. Kelemahan bentuk organisasi ini adalah tim yang dibentuk semuanya memiliki kualifikasi staf bukan manajer sehingga kemampuan manajerialnya sangat terbatas. Bentuk organisasi ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.

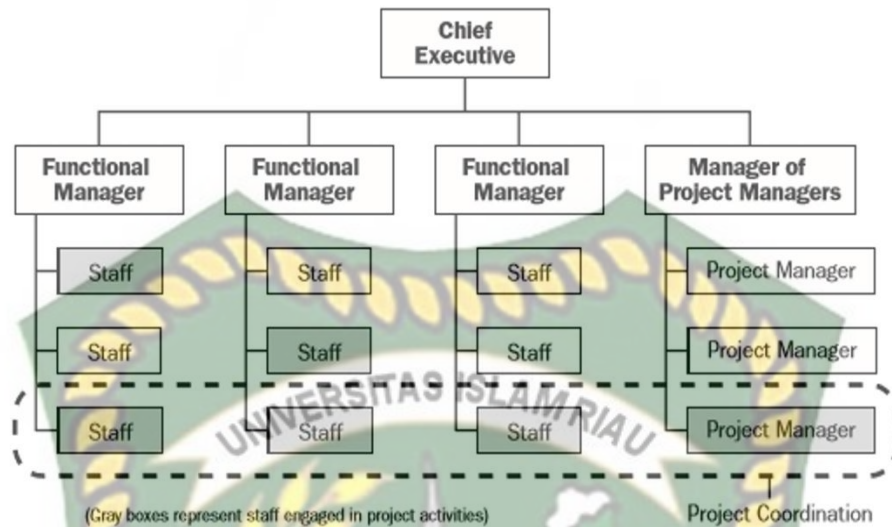


Gambar 3.5 Organisasi Matrik Lemah (PMBOK 3rd Ed)

Pada Gambar 3.5 menunjukkan manajer proyek memiliki kekuatan besar dan peran manajer fungsional berkurang menjadi sekedar orang yang bertanggung jawab untuk menyediakan sumber daya untuk proyek seperti pelatihan untuk pegawai.

Sebagai kebalikan dari organisasi matrik lemah, maka organisasi matrik kuat memiliki banyak karakteristik dari organisasi proyek dan dapat memiliki manajer proyek secara penuh dengan otoritas yang dapat dipertimbangkan dan juga memiliki staf administrasi proyek sendiri. Bentuk organisasi ini dapat dilihat pada Gambar 3.6.

Keuntungan diberikan tipe organisasi matrik adalah pemanfaatan sumber daya manusia yang efisien, anggota tim mempunyai pekerjaan operasional tetap setelah proyek selesai, sharing pengetahuan antar divisi yang lebih baik dari pada tipe fungsional dan adanya keterlibatan stakeholder yang kuat.



Gambar 3.6 Organisasi Matrik kuat (PMBOK 3rd Ed)

Pada Gambar 3.6 menunjukkan manajer proyek hanya berfungsi sekedar untuk koordinasi proyek dan dokumentasi. Pada proyek konstruksi, khususnya bentuk organisasi dikaitkan dengan jenis kontrak yang berlaku pada pelaksanaan proyek antar pemberi tugas dengan pemberi jasa konstruksi atau kontraktor. Pada hakikatnya bentuk-bentuk organisasi proyek konstruksi ini dikelompokkan menjadi empat jenis (Barrie, dkk. 1995), yaitu sebagai berikut :

1. Organisasi Tradisional

Dalam struktur organisasi ini pihak pemilik mempekerjakan seorang pendesain dengan tugas merancang rencana dan spesifikasi proyek. Tugas pemilik selanjutnya adalah memonitor dan mengawasi implementasi proyek. Pembangunan konstruksi dilakukan oleh kontraktor utama yang memberikan jasa kepada pemilik melalui kesepakatan kontrak. Beberapa pekerjaan konstruksi dapat dikerjakan oleh kontraktor-kontraktor lepas atau biasa disebut subkontraktor. Hubungan antara subkontraktor dengan kontraktor utama terikat dalam suatu kontrak kerja dan subkontraktor berada dibawah pengawasan kontraktor utama serta bertanggung jawab hanya pada kontraktor utama.

Jenis-jenis kontrak dalam struktur organisasi tradisional adalah harga tetap (*fixed cost*), harga satuan (*unit price*), maksimum bergaransi, dan kontrak biaya

tambah upah tetap (barrie, 1995). Bentuk organisasi ini dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Organisasi Proyek Tradisional (Barrie, 1995)

Pada Gambar 3.7 menunjukkan dalam sistem ini, pemilik pada tahap perancangan dan perencanaan mengadakan ikatan kontrak dengan konsultan perencana. Pada tahap pelaksanaan, pemilik mengadakan ikatan kontrak dengan kontraktor. Pihak kontraktor seakan-akan bekerja sendiri-sendiri secara independent. Perencana menyelesaikan tugas-tugas perencanaannya sebelum pemilik memilih kontraktor pelaksana. Setelah penentuan kontraktor biasanya pemilik meminta perencana menjadi pengawas pelaksanaan proyek atas nama pemilik.

2. Organisasi Pembangun-Pemilik

Bentuk organisasi ini merupakan turunan dari organisasi tradisional. Dalam organisasi ini, pemilik bekerja dengan kemampuan sendiri, baik di bidang perencanaan atau desain maupun pelaksanaan konstruksinya sehingga tugas pemilik adalah sebagai desainer dan kontraktor. Meskipun pemilik juga bertindak sebagai kontraktor, beberapa pekerjaan konstruksi dapat diberikan kepada kontraktor/subkontraktor dan biasanya jenis kontrak yang mengikat adalah harga tetap, harga satuan, atau kontrak tertentu yang dinegosiasikan. Bentuk organisasi dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Organisasi Pembangun-Pemilik (Barrie, 1995)

Pada Gambar 3.8 menunjukkan konsultan dan kontraktor merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dengan organisasi pemilik proyek meskipun proyek telah selesai.

3. Organisasi Proyek Putar Kunci (*Turn-Key Project*)

Pada organisasi ini, kegiatan perencanaan, perancangan, dan pelaksanaan pembangunan proyek dilakukan oleh satu perusahaan. Beberapa pekerjaan yang dilakukan oleh subkontraktor spesialis. Jenis kontrak yang digunakan pada organisasi ini adalah harga tetap, harga maksimum, atau putar kunci dengan biaya upah (Barrie, 1995). Bentuk organisasi dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Organisasi Proyek Putar Kunci (Barrie, 1995)

Gambar 3.9 menunjukkan pada model organisasi ini kontraktor sekaligus sebagai konsultan perencana sesuai dengan kontrak antara kontraktor dengan pemilik proyek.

4. Organisasi Manajemen Konstruksi

Organisasi ini merupakan bentuk organisasi yang mempersatukan tiga unsur dalam pembangunan suatu proyek, yaitu pemilik, konsultan, dan manajer konstruksi dalam suatu hubungan yang tidak saling bertentangan. Manajer konstruksi bertindak sebagai tangan kanan atau wakil dari pemilik. Keuntungan bentuk organisasi ini antara lain adalah keterampilan konstruksi yang khusus dapat dimanfaatkan pada semua tahap proyek tanpa menimbulkan perselisihan antara pemilik dan perancang proyek serta adanya kesempatan bagi rekayasa nilai dalam tahap desain, penawaran, dan penunjukan pemenang kontraktor. Di sisi lain, kelemahan yang ditunjukkan pada struktur organisasi ini adalah keberhasilan proyek terutama ditentukan pada perencanaan dan penjadwalan bergantung pada keterampilan manajer konstruksi (Barrie, 1995). Bentuk organisasi dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Organisasi Manajemen Konstruksi (Barrie, 1995)

Gambar 3.10 menunjukkan organisasi manajemen konstruksi berkaitan dengan manajemen proyek yang terdiri dari manajemen konstruksi dan pihak-pihak lainnya seperti kontraktor, konsultan perencana dan lainnya, yang mempunyai tugas mengelola proyek secara terpadu.

3.9 Penjadwalan Proyek Konstruksi

Schedule atau penjadwalan adalah unsur yang paling penting di dalam pelaksanaan proyek. Namun di dalam pelaksanaan jadwal cenderung tidak terpakai secara efektif di lapangan, hal ini disebabkan penyusunannya yang tidak didasari dengan logika-logika teknis yang baik dan ketidakmampuan mengendalikan jadwal yang telah direncanakan. Kondisi yang demikian mengakibatkan seringkali pelaksanaan proyek tidak sesuai dengan waktu, anggaran, dan mutu yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, beberapa literatur mengidentikkan *planning and scheduling* dengan manajemen proyek merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan.

Teknik penjadwalan dibuat untuk mencapai efektifitas dan efisiensi yang tinggi dari sumber daya yang akan digunakan selama masa pelaksanaan proyek konstruksi. Instrumen yang digunakan untuk perencanaan produktivitas dan biaya antara lain; tenaga kerja, material dan peralatan. Sumber daya tersebut harus direncanakan seefisien mungkin, agar diperoleh biaya pelaksanaan yang minimum tetapi kualitas tetap terjaga.

Manfaat dari perencanaan antara lain; mengorganisir kegiatan-kegiatan yang terkait dalam proyek, menentukan pembagian tugas, memperkirakan jumlah sumber daya yang dibutuhkan, mengalokasikan tanggung jawab pelaksanaan proyek, mempermudah dalam pengendalian kemajuan proyek, dan mengantisipasi kondisi yang tidak diharapkan dalam perubahan rencana yang mungkin terjadi selama proyek berlangsung. Penjadwalan memiliki dua fungsi yaitu fungsi pengorganisasian dan fungsi pengendalian. Dalam melaksanakan proyek konstruksi, ada tiga faktor yang akan menjadi tolak ukur keberhasilan proyek konstruksi tersebut, yaitu mutu, biaya dan waktu. Selama ini pengalaman menunjukkan bahwa pemborosan biaya saat pelaksanaan lebih disebabkan oleh ketidaktepatan dalam pengambilan keputusan pada tahap penjadwalan. Oleh karena itu merencanakan waktu (jadwal) pelaksanaan sangat penting dalam suatu proyek konstruksi, (Soeharto, 1997).

3.10 Perkembangan Penjadwalan Proyek

Dimulai dengan metode manual berupa penggambaran diagram batang yang dibuat dengan pola pemikiran saat itu, sehingga hubungan antar kegiatan sangat sulit diketahui dasar pembuatannya.

Network analysis sebenarnya adalah perbaikan dari metode diagram batang. Metode ini menyajikan secara jelas hubungan ketergantungan antara bagian kegiatan dengan kegiatan lainnya yang digambarkan dalam diagram *network*. Dengan metode ini dapat diketahui bagian-bagian kegiatan yang harus didahulukan, yang harus menunggu selesainya kegiatan lain, dan kegiatan yang tidak perlu tergesa-gesa dikerjakan.

Metode *Network analysis* ini mengalami penyempurnaan secara bertahap, yaitu PERT, CPM, PDM, dan terakhir adalah penjadwalan dengan menggunakan komputer.

1. *Bar Chart* dan Kurva S

Gantt chart atau lebih dikenal di Indonesia sebagai diagram batang atau *bar chart*. Metode ini mula-mula dipakai dan diperkenalkan oleh Hendri Lawrence Gantt pada tahun 1917. Tujuan metode ini untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, jumlah waktu dan waktu selesai. Hingga kini metode diagram batang masih banyak digunakan. Hal ini disebabkan diagram batang mudah dibuat dan dipahami, sehingga sangat berguna sebagai alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek.

Penggambaran *bar chart* terdiri dari kolom dan baris. Pada kolom tersusun urutan kegiatan yang disusun secara berurutan. Pada baris menunjukkan periode waktu berupa jam, harian, mingguan ataupun bulanan. Penggambaran *bar* (batang) pada tiap baris kegiatan akan menunjukkan waktu mulai dan waktu selesainya kegiatan.

Pada proyek yang tidak terlalu banyak kegiatannya, metode *bar chart* ini sering digunakan yang digabungkan dengan kurva "S" sebagai pemantau biaya. Disebut dengan kurva S dikarenakan bentuknya yang menyerupai huruf S. hal ini terjadi karena pada awal proyek (kegiatan persiapan) besarnya biaya yang dikeluarkan per satuan waktu cenderung rendah, kemudian meningkat cepat pada

pertengahan proyek (kegiatan konstruksi) dan menurun/ rendah kembali pada akhir proyek (penyelesaian akhir).

Kurva ini pertama kali dikembangkan oleh Jenderal Warren T. Hannum, seorang perwira Zeni Amerika Serikat atas dasar pengamatan pelaksanaan sejumlah besar proyek dari awal hingga selesai. Kurva ini dipergunakan hanya sebagai pembanding dan tidak rinci memberikan data yang diperlukan.

Kurva S secara grafis adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot %) kumulatif pada sumbu vertikal, terhadap waktu pada sumbu horizontal. Kemajuan kegiatan ini biasanya diukur terhadap jumlah uang yang telah dikeluarkan oleh proyek. Dengan membandingkan kurva S, rencana dengan kurva pelaksanaan dapat diketahui kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat ataupun lebih dari yang direncanakan. Bentuk dari *bar chart* dapat dilihat pada Gambar 3.11.

No	Urutan Kegiatan	Minggu ke-															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	Pek. Pondasi	█	█	█	█												
2	Pek. Beton		█	█	█	█	█										
3	Pek. Kap							█	█	█	█						
4	Pek. Loteng										█	█	█	█			
5	Pek. Plesteran														█	█	█
6	Pek. Lantai				█	█	█	█									
7	Pek. Pintu											█	█	█			
8	Pek. Pengecatan															█	█
9	Pek. Perlengkapan																█

Gambar 3.11 Bar Chart (Syafriandi, 2017))

Pada Gambar 3.11 dapat diuraikan bahwa untuk menggambarkan *Bar Chart*-nya dilakukan dengan cara menggambarkan garis/balok mulai dari minggu pertama dan berakhir pada minggu keempat. Kegiatan pondasi dimulai pada minggu kedua dan berakhir pada minggu ketujuh dan demikian seterusnya.

Bobot kegiatan adalah nilai persentase proyek yang digunakan untuk mengetahui kemajuan proyek tersebut. Untuk mempermudah proses perhitungan dalam penjadwalan atau perencanaan waktu, digunakan Bagan Balok (*Bar Chart*).

Keunggulan penggunaan *bar chart* pada sistem penjadwalan adalah mudah dibaca dan mengerti oleh seluruh level, mulai dari pelaksana sampai manajer

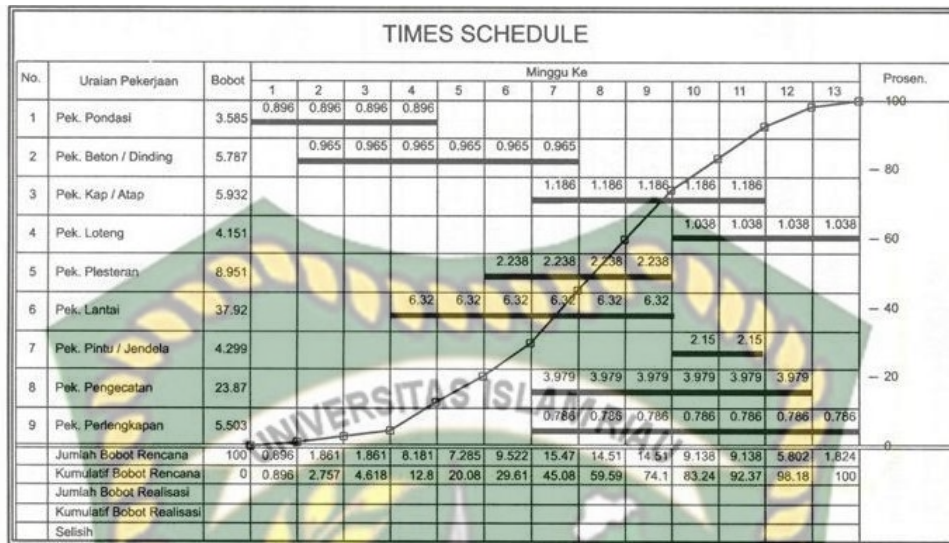
karena bentuk grafisnya yang sederhana. Oleh sebab itu, *bar chart* ini sangat umum digunakan pada industri konstruksi, terutama pada tahapan awal proyek yang banyak terjadi perubahan-perubahan rencana. *Bar Chart* sangat cocok digunakan karena pembuatannya sangat memungkinkan untuk direvisi berkali-kali. Kelemahan *bar chart* adalah kurang dapat menjelaskan keterkaitan antar kegiatan dan tidak dapat secara langsung memberikan informasi mengenai akibat-akibat yang akan terjadi apabila ada suatu perubahan.

Sampai saat ini Metode Bagan Balok masih digunakan secara luas, baik berdiri sendiri atau digabungkan dengan metode lain misalnya Kurva S. Fungsi Kurva S adalah memberikan gambaran kemajuan pekerjaan dengan waktu yang direpresentasikan terhadap bobot penyerapan biaya (Abduh, 2004). Contoh perhitungan bobot dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perhitungan bobot pekerjaan (Syafriandi, 2017))

No.	Urutan Kegiatan/Pekerjaan	Harga Pekerjaan	Persen Bobot (%)
1.	Kegiatan pondasi	2.141.888,49	3,585
2.	Kegiatan beton/dinding	3.457.844,27	5,787
3.	Kegiatan kap/atap	3.544.532,50	5,932
4.	Kegiatan loteng	2.479.985,50	4,151
5.	Kegiatan plesteran	5.348.047,74	8,951
6.	Kegiatan lantai	22.658.096,34	37,921
7.	Kegiatan pintu/jendela	2.568.604,20	4,299
8.	Kegiatan pengecatan	14.263.244,95	23,871
9.	Kegiatan perlengkapan	3.288.300,00	5,503
	Jumlah	59.705.543,99	100,00

Pada Tabel 3.1 menunjukkan contoh perhitungan bobot yang nantinya akan dijadikan kurva S. persentase bobot harus mencapai 100% hingga akhir kegiatan proyek. Bentuk kurva S dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Time Schedule (Syafriandi,2017)

Pada Gambar 3.12 dapat diuraikan bahwa dari gambar tersebut harga kegiatan telah diketahui, kemudian dari setiap kegiatan dicari nilai pekerjaannya atau bobot dalam persen dengan rumus diatas. Setelah mendapatkan bobot kegiatan, selanjutnya adalah membuat tabel *bar chart* dan bobot kegiatan didistribusi atau dibagi-bagi ke setiap periode pekerjaan. Misalnya kegiatan pondasi akan dilaksanakan selama 4 minggu, maka bobot kegiatan per periode yaitu $3,585\% / 4 = 0,896\%$ (lihat kurva diatas). Hasil tiap periode dijumlahkan dan selajutnya bobot per periode ditambahkan periode sebelumnya (kumulatif), sehingga akhir proyek akan mencapai bobot 100%. Selanjutnya dibuatkan kurva dengan memplot nilai bobot per periodenya.

2. PERT

Metode ini dikembangkan oleh Navy Special Project Office, yaitu biro proyek-proyek khusus Angkatan Laut Amerika Serikat pada tahun 1957. PERT merupakan singkatan dari *Program Evaluation and Review Technique* atau teknik menilai dan meninjau kembali program. Metode ini bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan maupun gangguan dan konflik suatu jadwal. PERT pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian kegiatan yang digambarkan dalam bentuk diagram *network*. Dengan demikian, diketahui bagian-bagian kegiatan mana yang harus didahulukan dan

kegiatan mana yang menunggu selesainya pekerjaan. Metode PERT biasa juga di *Arrow Diagramming Method* (ADM), metode yang menggunakan anak panah sebagai aktivitas dan menghubungkannya dengan anak panah yang menunjukkan ketergantungan.

Untuk membuat jaringan kerja kita harus mengetahui semua kegiatan yang terjadi pada suatu proyek, waktu (durasi) tiap kegiatan dan ketergantungan antar kegiatan (kegiatan pendahulu/ *predecessors* dan kegiatan pengikut/ *successors*). Urutan-urutan logis seluruh proyek harus diketahui dengan baik. Untuk setiap kegiatan harus diketahui kegiatan pendahulu serta kegiatan pengikutnya. Dengan demikian, jaringan kerja dapat terbentuk sejak awal proyek sampai dengan akhir proyek.

Untuk dapat menjadwalkan dengan metode ini ada beberapa hal yang perlu diketahui, yaitu elemen-elemen dari PERT. (Badri, 1991).

A. Tanda (*symbol*)

- 1) Anak panah (*Arrow*), kegiatan (*activity*), *job* :
 - a) Anak panah menunjukkan hubungan antara kegiatan juga dicantumkan durasi.
 - b) Sebuah anak panah mewakili satu kegiatan.
 - c) Awal busur panah dinyatakan sebagai permulaan kegiatan dan mata panah sebagai akhir kegiatan.

- 2) lingkaran kecil (*node*), kejadian/peristiwa, event

Lingkaran kecil ini merupakan awal atau ujung dari pertemuan satu atau lebih kegiatan-kegiatan (anak panah). *Node* dapat diberi nomor urutan.

- 3) Anak panah terputus-putus, kegiatan semu (*Dummy*)

Perbedaannya dengan kegiatan biasa, *dummy* tidak menggunakan durasi (nol) dan tidak menggunakan sumber daya.

Dibandingkan dengan *bar chart*, metode PERT ini mempunyai beberapa keunggulan, yaitu hubungan ketergantungan kegiatan yang logis, sehingga memungkinkan proyek dapat dikendalikan dan dikerjakan dengan prosedur yang

jelas. Apabila ada suatu peristiwa yang terganggu, maka kita dapat mengetahui pengaruhnya terhadap kegiatan yang lain.

Walaupun metode ini mempunyai keunggulan, akan tetapi metode ini juga mempunyai kelemahan pada pembacaan, disebabkan tidak semua level manajemen dapat membaca/ memahami dan dapat mengetahui mana kegiatan yang menjadi perhatian penuh agar proyek tersebut dapat selesai sesuai rencana. Metode ini sangat bermanfaat untuk penjadwalan awal suatu perencanaan proyek mulai dari tahap *Briefing*, perencanaan, tender, konstruksi, dan persiapan penggunaan.

Umumnya penggunaan metode PERT saat ini untuk perencanaan logik sebuah jadwal yang nantinya akan disempurnakan kembali dengan metode yang lebih baik, misalnya CPM atau PDM.

3. CPM

Pada tahun 1958, perusahaan bahan-bahan kimia Du Pon Company (USA) memecahkan kesulitan-kesulitan dalam proses fabrikasi menemukan metode *Critical Path Method* (CPM). Pada dasarnya metode ini berbentuk diagram *network* yang hampir sama dengan PERT. Perbedaan mendasarnya adalah menentukan perkiraan waktu, CPM dapat memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap kegiatan dan dapat menentukan prioritas kegiatan yang harus mendapat perhatian pengawasan yang cermat, agar kegiatan dapat selesai sesuai rencana.

Metode ini lebih dikenal dengan istilah lintasan kritis. Hal ini disebabkan dengan metode ini nantinya akan membentuk suatu jalur atau lintasan yang memerlukan perhatian khusus (kritis). Tujuan lintasan kritis ini untuk mengetahui dengan cepat kegiatan-kegiatan yang tingkat kepekaannya tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan, sehingga setiap saat dapat ditentukan tingkat prioritas kebijaksanaan penyelenggara proyek apabila kegiatan tersebut terlambat.

Metode ini mempunyai istilah-istilah dan simbol-simbol yang sedikit berbeda dengan PERT, yaitu tanda (simbol), anak panah (*arrow*), kegiatan (*activity*), *job*. (Badri, 1991).

Ada tiga jenis anak panah :

Anak panah biasa, menunjukkan suatu kegiatan yang dapat dikerjakan secara normal.

Anak panah tebal, menunjukkan suatu kegiatan yang harus menjadi perhatian (kritis)

Anak panah putus-putus, menunjukkan kegiatan *dummy*.

Lingkaran kecil (*node*), kejadian/ peristiwa, *event* :



pada *node* CPM terbagi tiga bagian yang terdiri dari nomor *node*, EET (*Earliest Event Time*), dan LET (*Latest Event Time*).

CPM tidak jauh berbeda dengan PERT, akan tetapi CPM lebih baik dikarenakan CPM dapat mengontrol keterlambatan kegiatan yang memengaruhi selesainya suatu pekerjaan.

Seperti halnya PERT, CPM mempunyai kelemahan pada pembacaan bagi level manajemen tingkat bawah. Pada penjadwalan masih banyak menggunakan *dummy*, yang sering membingungkan pembacaan. Selain itu, metode CPM menggunakan aturan ketergantungan kegiatan selesai mulai, artinya suatu kegiatan harus selesai terlebih dahulu kemudian dapat dilanjutkan kegiatan berikutnya. Contoh dari bentuk CPM dapat dilihat pada Gambar 3.13.

Gambar 3.13 Diagram AOA dengan metode CPM (Badri, 1991)

Gambar 3.13 menunjukkan bentuk dari diagram metode CPM. Jika perhitungan ke depan ada dua atau lebih kejadian, maka nilai yang terbesar akan diambil dan jika hitungan kebelakang ada dua atau lebih kejadian, maka nilai terkecil yang akan diambil.

4. PDM

Metode Preseden Diagram (PDM) diperkenalkan oleh J.W. Fondahl dari Universitas Stanford USA pada awal dekade 60-an. Kemudian dikembangkan oleh perusahaan IBM dalam rangka penggunaan komputer untuk memproses hitungan-hitungan yang berkaitan dengan metode PDM. PDM adalah jaringan kerja yang umumnya berbentuk segi empat sedangkan anak panahnya hanya

sebagai petunjuk kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Dengan demikian *dummy* pada PDM tidak diperlukan.

Pada PERT atau CPM baru dapat dimulai setelah kegiatan pendahulunya selesai. Pada PDM sebuah kegiatan dapat dikerjakan tanpa menunggu kegiatan pendahulunya selesai 100%, hal ini dengan cara tumpang tindih (*overlapping*). Cara ini dapat mempercepat waktu selesainya pelaksanaan proyek.

Pada PDM yang digunakan adalah *Activity on Node* (AON), di mana tanda panah hanya menyatakan keterkaitan antar kegiatan. Kegiatan dari peristiwa pada PDM ditulis dalam bentuk *node* yang berbentuk kotak segi empat. Definisi kegiatan dan peristiwa sama seperti CPM. Model node dari PDM dapat dilihat pada Gambar 3.14.

Gambar 3.14 Beberapa model Node AON dan PDM (Callahan, 1992)

Gambar 3.14 menunjukkan model hubungan antarkegiatan lebih fleksibel jika dibandingkan dengan diagram AON dan AOA. Pada metode diagram AON dan AOA hanya boleh digunakan satu jenis hubungan logis antara aktivitas yaitu suatu kegiatan tidak dapat dilakukan jika kegiatan sebelumnya belum selesai. Berlawanan dengan hal tersebut PDM menggunakan empat hubungan logis di antara aktivitas-aktivitasnya. Metode PDM dapat juga menggunakan konsep *lag* (jarak hari) antarkegiatan untuk lebih memudahkan dalam penjadwalan.

Keempat hubungan logis tersebut yaitu : (Callahan, 1992)

- a. *Finish to Start* (FS)
- b. *Start to Start* (SS)
- c. *Finish to Finish* (FF)
- d. *Start to Finish* (SF)

Hubungan logis *Finish to Start* (FS) pada PDM merupakan hubungan logis yang terjadi pada metode AOA dan AON. Jika hanya FS yang digunakan pada PDM, berarti penjadwalan tersebut sama dengan metode AOA dan identik dengan metode AON.

Berikut adalah uraian penjelasan mengenai ke empat hubungan logis pada PDM (Callahan, 1992) :

a. Hubungan *Finish to Start* (FS)

Hubungan *Finish to Start* merupakan hubungan yang paling sering digunakan dalam PDM. Suatu aktivitas tidak dapat dimulai sebelum aktivitas sebelumnya selesai. Hubungan *Finish to Start* dapat dibuat dalam tiga jenis jika *lag* digunakan yaitu *lag nol*, *lag positif* dan *lag negatif*. Bentuk dari hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.15.

Gambar 3.15 Hubungan *Finish to Start* dengan *Lag* positif dan *Lag nol* (Callahan, 1992)

Pada Gambar 3.15 menunjukkan hubungan tipikal untuk pembesian dan pemasangan bekisting dengan pengecoran plat. *Lag nol* ditunjukkan pada akhir kegiatan pembesian dan pemasangan bekisting serta di awal kegiatan pengecoran sebab beton dapat dituangkan sesegera mungkin setelah pembesian dan bekisting selesai dilakukan. *Lag 14 hari* ditunjukkan di antara penyelesaian pengecoran dengan pelepasan bekisting. Hubungan menjelaskan bahwa kegiatan 20 harus menunggu 14 hari sebelum pembongkaran bekisting dilakukan.

Lag negatif digunakan dalam situasi di mana suatu aktivitas diijinkan dilakukan sebelum aktivitas sebelumnya. Selesai. *Lag* ini dapat ditunjukkan dalam Gambar 3.16.

Gambar 3.16 Hubungan *Finish to Start* dengan *Lag* negatif (Callahan, 1992)

Pada Gambar 3.16 menunjukkan hubungan antara aktivitas penggalian tanah dengan instalasi pipa. Penggalian tanah memiliki durasi 3 hari untuk penyelesaian, tetapi tidak seluruh tiga hari tersebut harus selesai baru pekerjaan instalasi pipa dimulai. Memasuki hari kedua pekerjaan penggalian tanah, pekerjaan instalasi pipa sudah dapat dimulai. Hal ini menunjukkan dengan menggunakan *lag negatif 1* atau *-1*.

b. Hubungan *Start to Start* (SS)

Gambar 3.17 Hubungan *Start to Start* dengan *Lag* positif (Callahan, 1992)

Pada Gambar 3.17 menunjukkan bahwa instalasi pipa dapat dilakukan dua hari setelah mulainya aktivitas penggalian tanah. Hubungan ini dapat juga ditunjukkan dengan menggunakan hubungan *start to start* (SS) dengan lag positif.

Hubungan *start to start* (SS) dengan lag negatif digunakan untuk menunjukkan hubungan antara dua aktivitas yang dimulai bersamaan. Contohnya, pemasangan bekisting dibuat bersamaan dengan pembesian pada plat lantai beton. Gambar 3.18 menunjukkan hal tersebut.

Gambar 3.18 Hubungan *Start to Start* dengan *Lag nol* (Callahan, 1992)

Gambar 3.18 menunjukkan hubungan *Start to Start* dengan *Lag nol* juga biasanya dibuat untuk dua kegiatan dengan dua subkontraktor yang berbeda atau dua kegiatan dengan di bawah satu kontraktor tetapi menggunakan tenaga kerja, mterial, dan peralatan yang berbeda.

c. Hubungan *Finish to Finish* (FF)

Sama halnya dengan hubungan *Start to Start*, hubungan *Finish to Finish* digunakan untuk menunjukkan hubungan antara selesainya dua aktivitas. Hubungan FF dengan lag nol dapat dilihat pada Gambar 3.19.

Gambar 3.19 Hubungan *finish to finish* dengan *Lag nol* (Callahan, 1992)

Pada Gambar 3.19 menunjukkan ketika bekisting pelat telah selesai dipasang, pekerjaan pembesian pelat juga dapat selesai. Hubungan FF dengan lag positif dapat dilihat pada Gambar 3.20.

Gambar 3.20 Hubungan *finish to finish* dengan *Lag positif* (Callahan, 1992)

Gambar 3.20 menunjukkan hubungan *finish to finish* dengan lag positif digambarkan dengan instalasi tangki tidak dapat selesai hingga satu hari setelah penyelesaian pengukuran dan penggalian tanah.

d. Hubungan *Start to Finish* (SF)

Penjadwalan dengan menggunakan PDM mengizinkan penggunaan hubungan *Start to Finish*. Contoh yang dapat diberikan pada hubungan ini adalah sebagai berikut. Sebuah gedung kantor akan dibangun dengan menggunakan lantai karpet dan kayu. Lantai dapat dipasang sebelum, sesudah, atau bersamaan dengan pemasangan karpet di semua tempat kecuali di kantor direktur, di mana lantai kayu panel sudah harus terpasang baru diikuti dengan pemasangan karpet. Hubungan yang tepat adalah mulainya kegiatan pemasangan lantai kayu dengan selesainya pekerjaan pemasangan karpet (dengan lag positif). Contoh tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.21.

Gambar 3.21 Hubungan *start to finish* dengan *Lag* positif (Callahan, 1992)

Pada Gambar 3.21 menunjukkan hubungan keterkaitan kegiatan pasang lantai dengan kegiatan pasang karpet dengan hubungan *start to finish*. Walaupun penggunaan PDM lebih logis dibandingkan dengan metode lainnya, akan tetapi penggambaran masih dalam bentuk *network* yang hanya dapat dibaca/ dimengerti oleh level manajemen tertentu saja.

Penggunaan PDM saat ini sangat populer pemakaiannya, namun karena masih bersifat *network*, sehingga pemakaiannya masih tidak disukai, tetapi perhitungan inilah kemudian menjadi rumusan pada metode penjadwalan menggunakan komputer.

5. Metode Linier

Selain metode *bar chart* dan *network*, berikutnya ada lagi metode berupa garis linier. Ada beberapa penyebutan untuk metode penjadwalan ini, ada yang menyebutnya LSM (*Linier Schedule Method*) ada juga yang menyebutnya LOB (*Line Of Balance*). Umumnya metode ini digunakan untuk pekerjaan jalan, namun semakin lama metode ini juga digunakan untuk bangunan gedung.

3.11 Penjadwalan dengan Komputer

Salah satu keunggulan yang paling mencolok dari penggunaan alat bantu komputer adalah kemampuan mengolah data dalam jumlah besar dengan

kemungkinan kesalahan yang kecil. Dengan demikian, penyusunan jadwal dapat lebih cepat dan teliti. Setiap saat situasi proyek mengalami perubahan, sehingga perlu penyesuaian terhadap kondisi lapangan.

Saat ini telah banyak program penjadwalan dengan menggunakan komputer. Program-program tersebut seperti *microsoft project*, *primavera*, dan lain-lain. Pada dasarnya program-program tersebut berprinsip pada perhitungan CPM, PDM, dan dengan penampilan *gantt chart* yang disempurnakan, sehingga hubungan keterkaitan tiap kegiatan tergambar dengan jelas. Dengan penggunaan komputer, penjadwalan dapat dilakukan secara terpadu (waktu, material, tenaga kerja, dan biaya), cepat, tepat, dan memudahkan dalam pengambilan keputusan serta kunci-kunci pokok permasalahan pelaksanaan proyek.

3.12 Penjadwalan dengan menggunakan *Microsoft Project*

Microsoft Project adalah suatu program aplikasi atau *software* komputer yang digunakan untuk membuat penjadwalan di proyek, khususnya proyek konstruksi. *Microsoft Project* membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap penggunaan sumber daya, baik yang berupa sumber daya manusia, peralatan, maupun bahan. Aplikasi ini juga dapat mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap sektor kegiatan, mencatat jam kerja para pegawai, jam lembur, dan menghitung pengeluaran untuk biaya tenaga kerja pada beberapa kegiatan. Program ini dapat menyajikan laporan pada setiap posisi sesuai dengan perkembangan yang terjadi pada proyek.

3.12.1 Indikator Perhitungan

Microsoft Project menggunakan perhitungan *network planning* dan menggunakan diagram *gantt chart* atau *bar chart* yang disempurnakan dengan hubungan ketergantungan/ *linking* sebagai tampilan grafisnya agar memudahkan pembacaan. Untuk memahami bagaimana *Microsoft Project* menghitung, perlu kiranya dimengerti terlebih dahulu indikator-indikator yang dipergunakan :

1. Durasi (D) adalah waktu yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan.
2. *Earlies Start* (ES) adalah saat paling cepat kegiatan tersebut dilaksanakan.

3. *Earlies Finish* (EF) adalah saat paling cepat kegiatan tersebut diselesaikan.
4. *Late Start* (LS) adalah saat paling lambat kegiatan tersebut dilaksanakan.
5. *Late Finish* (LF) adalah saat paling lambat kegiatan tersebut diselesaikan.
6. *Free Float* (FF) adalah jumlah waktu tunda atau memperpanjang waktu kegiatan tanpa mempengaruhi waktu awal kegiatan berikutnya.
7. *Total Float* (TF) adalah jumlah waktu tunda atau memperpanjang waktu kegiatan tanpa mempengaruhi akhir proyek.

Semakin besar harga *Total Float*, maka semakin banyak waktu tunda tanpa mengakibatkan keterlambatan akhir rangkaian kegiatan. *Free float* menunjukkan kegiatan dapat terlambat dikerjakan tanpa mempengaruhi waktu awal aktivitas sesudahnya.

3.12.2 Menjalankan *Microsoft Project*

Memulai pengoperasian dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Klik tombol start, akan terlihat menu pilihan.
2. Pilih menu programs.
3. Pilih menu *Microsoft Office*.
4. Klik *Microsoft Office Project 2010* untuk memulai program.

Setelah melakukan langkah tersebut, nantinya akan muncul lembaran kerja baru seperti Gambar 3.22.

Gambar 3.22 Tampilan lembar kerja *Microsoft project* (Syafriandi, 2017)

Gambar 3.22 menunjukkan tampilan awal pada *microsoft project*. Di samping kiri berupa *task sheet* dan di samping kanan berupa *gant chart*. Lembaran kerja ini terbagi dua yang dipisahkan oleh pembatas yang dapat digeser-geser dengan *mouse*.

Lembaran *task sheet* pada tampilan *gant chart* terdiri dari *field-field* (kolom) :

1. *Task Name*, bila diterjemahkan berarti nama kegiatan atau tugas. Dalam sebuah proyek akan terdiri dari beberapa kegiatan. Masing-masing kegiatan menempati satu baris.

2. *Duration*, adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Pada kolom ini berisikan lamanya kegiatan dilakukan, satuannya adalah :
 - a. w untuk minggu (*weeks*).
 - b. d untuk hari (*days*).
 - c. h untuk jam (*hours*).
 - d. m untuk menit (*minutes*).
 - e. mo untuk bulan (*month*).
3. *Start*, untuk tanggal kapan kegiatan tersebut dimulai. Data pada kolom ini akan menyesuaikan sendiri jika ada keterkaitan (*link*) kegiatan tersebut dengan kegiatan lain.
4. *Finish*, kolom ini otomatis akan terisi mengenai kapan kegiatan tersebut akan selesai jika telah ditentukan durasi dari kegiatan tersebut.
5. *Predecessors*, adalah suatu kegiatan yang harus dimulai atau selesai sebelum kegiatan pada baris ini dilaksanakan. Dalam proyek, suatu kegiatan senantiasa saling berkaitan dengan kegiatan yang lain, sehingga antara satu kegiatan dengan kegiatan lain mempunyai hubungan. Jika kegiatan B terkait hubungan dengan kegiatan A, maka kegiatan A dikatakan *predecessors* bagi kegiatan B dan sebaliknya kegiatan B sebagai *successor* bagi kegiatan A. kolom *predecessors* diisi dengan nomor baris dan jenis hubungan ketergantungan.
6. *Resources Name*, digunakan untuk menuliskan sumber daya yang digunakan atau yang bertanggung jawab.

3.12.3 Memasukkan Data ke dalam *Task Sheet*

Setelah lembar kerja terbuka, maka data dapat diisikan pada kolom-kolom *task sheet*, data yang diisikan yaitu :

1. Data kegiatan proyek dimasukkan dengan mengetikkan pada kolom *task name*, dan waktu kegiatan pada kolom durasi.
2. Kolom *start* dan *finish* akan terisi sendiri (sesuai dengan tanggal pengetikan).

3. Masukkan hubungan ketergantungan “sebelum” pada kolom *predecessor*, pada kasus diatas hubungan ketergantungannya adalah nama kegiatan. Namun pada kolom ini yang diisi adalah nomor ID-nya, misalnya mulai dengan 1, G dengan dengan nomor 2, A dengan nomor 4, dan seterusnya.
4. Untuk kolom *resources* diisi menggunakan sumber daya.
5. Pada lembaran kanan (grafik *gantt chart*) nantinya akan tergambar dengan sendirinya *bar chart* kegiatan tersebut dengan hubungan keterkaitannya. Terlihat pada kegiatan H, *bar* atau diagram batangnya yang semula pada awal kegiatan kemudian berpindah atau terjadwal dengan sendirinya setelah kegiatan G. hal ini disebabkan hubungan ketergantungannya diisikan dengan nomor 2 seperti berikut.
6. Untuk mengubah menjadi *Auto Schedule* dengan cara menyorot kolom *Task Name* kemudian klik *Ribbon auto Schedule*. Tampilan *task sheet* dapat dilihat pada Gambar 3.23.

Gambar 3.23 Data kegiatan di dalam Task Sheet (Syafriandi, 2017)

Gambar 3.23 menunjukkan tampilan *task sheet* yang sudah diisi dengan data-data *Work Breakdown Structure* (WBS) berdasarkan cangkupan kegiatan-kegiatan proyek.

3.12.4 Melihat Float

Untuk mengetahui nilai ES, EF, LS, LF, FF, TF dapat dilakukan dengan menukar lembaran kerja untuk *gantt chart* yang dapat disesuaikan kolom isinya (*task sheet*). (Pada *microsoft project*, float = Slack ES = Start, EF = Finish).

Langkah penyelesaian :

1. Pada menu view, klik ikon *Tables*.
2. Setelah mengklik ikon *Tables*, nantinya akan keluar menu pilihan macam-macam *Tables*. Pilih *Schedule*. Tampilan float dapat dilihat pada Gambar 3.24.

Gambar 3.24 Tampilan *Float* pada lembar kerja *Task Sheet* (Syafriandi, 2017)

Gambar 3.24 menunjukkan kegiatan-kegiatan yang memiliki float pada tampilan float. Nilai float sangat tergantung pada proses kegiatan.

3.12.5 Mengubah Tampilan

Microsoft Project terdiri dari beberapa tampilan, yaitu *Gantt chart*, *Calendar*, dan *Network Diagram*. Untuk menukar tampilan tersebut dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :
Memilih menu *Task* dan menentukan tampilan yang dikehendaki, misalnya tampilan *Network Diagram* yang dapat dilihat pada Gambar 3.25.

Gambar 3.25 Tampilan *Network Diagram* (Syafriandi, 2017)

Pada Gambar 3.25 menunjukkan tampilan *Network Diagram* yang berada pada lintasan kritis secara otomatis sudah ditampilkan dengan format warna merah.

3.12.6 Menampilkan Lintasan Kritis

Ada beberapa cara untuk memperlihatkan lintasan kritis yang terjadi pada contoh jadwal yang telah dibuat sebagai berikut :

1. Pada *text styles*, yaitu dengan menuju ke menu *Format*, pilih *Text styles* pada *Item to change* pilih *Critical Task*, dan pada *Color* pilih warna selain hitam misalnya merah. Tampilan *text styles* dapat dilihat pada Gambar 3.26.

Gambar 3.26 Tampilan *Text Styles* (Syafriandi, 2017)

Pada Gambar 3.26 menunjukkan tampilan *text styles* yang dapat dirubah berdasarkan pemilihan *item to change* seperti jenis *font*, *font style*, *size*, dan beberapa tampilan warna yang dapat dirubah sesuai pilihan.

2. Pilih *Format*, lalu centang *Critical Task*, kemudian akan muncul *bar chart* yang berwarna. Warna biru untuk non kritis dan merah untuk kritis seperti pada Gambar 3.27.

Gambar 3.27 Tampilan *Critical Task* (Syafriandi, 2017)

Pada Gambar 3.27 menunjukkan tampilan *gantt chart* pada jendela *microsoft project* yang telah disesuaikan dengan format *text styles* pada *item to change*.

3.12.7 Menghubungkan kegiatan

Ada empat jenis hubungan ketergantungan kegiatan. Masing-masing jenis ketergantungan tersebut adalah sebagai berikut :

1. FS (*Finish to Start*)

Finish to Start adalah hubungan ketergantungan suatu kegiatan baru dapat dikerjakan jika kegiatan sebelumnya telah selesai. Contoh tampilan *Finish to Start* dapat dilihat pada Gambar 3.28.

Gambar 3.28 *Finish to Start* (Syafriandi, 2017)

Pada Gambar 3.28 menunjukkan kegiatan pondasi baru dapat dimulai setelah kegiatan galian selesai.

2. FF (*Finish to Finish*)

Finish to Finish adalah hubungan ketergantungan suatu kegiatan harus selesai bersamaan dengan selesainya kegiatan lain. Contoh tampilan *Finish to Finish* dapat dilihat pada Gambar 3.29.

Gambar 3.29 *Finish to Finish* (Syafriandi, 2017)

Pada Gambar 3.29 menunjukkan kegiatan pekerjaan taman selesai bersamaan dengan kegiatan pekerjaan pagar.

3. SS (*Start to Start*)

Start to Start adalah hubungan ketergantungan suatu kegiatan harus dimulai bersamaan dengan kegiatan lainnya. Contoh tampilan *Start to Start* dapat dilihat pada Gambar 3.30.

Gambar 3.30 *Start to Start* (Syafriandi, 2017)

Pada Gambar 3.30 menunjukkan kegiatan pembersihan lapangan bersamaan dengan kegiatan direksikeet.

4. SF (*Start to Finish*)

Start to Finish adalah hubungan ketergantungan suatu pekerjaan A baru dapat diakhiri jika pekerjaan B sudah dimulai. Contoh tampilan *Start to Finish* dapat dilihat pada Gambar 3.31.

Gambar 3.31 *Start to Finish* (Syafriandi, 2017)

Pada Gambar 3.31 menunjukkan aplikasi *Start to Finish* digunakan untuk mengetahui kapan kegiatan tersebut selesai, misalnya instalasi genset dilakukan setelah ruangnya selesai, maka gensetnya sudah ada di proyek 2 hari sebelum instalasi genset.

3.12.8 Pengalokasian Biaya Kegiatan

Pengalokasian sumber daya harus dilakukan untuk mengetahui besar biaya yang diperlukan proyek tersebut. Untuk mengetahui besarnya biaya per kegiatan terlebih harus ditentukan harga tiap jenis sumber daya. Pada *Microsoft Project* terlebih dahulu harus disusun sumber daya pada tampilan *resource sheet*.

Resource sheet mempunyai kolom isian sebagai berikut :

1. *Resource name*, nama sumber daya.
2. *Type* ada dua pilihan, *work* dan *material*.
3. *Material label*, jenis satuan sumber daya.
4. *Max unit*, adalah jumlah sumber daya.
5. *Std rate*, harga per satuan atau per periode sumber daya bisa per hari, per jam atau per satuan untuk material.
6. *Ovr rate*, harga kegiatan tambahan atau lembur (bisa per hari atau per jam)
7. *Cost/ use*, harga tetap sumber daya (biasanya untuk mobilisasi atau biaya subkontraktor).
8. *Accrue at*, pembayaran terdiri dari *Start*, *Prorate*, dan *End*.
9. *Base calendar*, waktu kerja yang dipakai.

10. *Code*, untuk membuat penomoran kode misalnya untuk nomor account. Tampilan *resources sheet* dapat dilihat pada Gambar 3.32.

Gambar 3.32 Tampilan *Resource Sheet* (Syafriandi, 2017)

Pada Gambar 3.32 menunjukkan sumber daya seperti tenaga kerja, peralatan dan bahan yang dimasukkan ke dalam *Resources sheet*.

3.13 Biaya Proyek

Penggerak untuk menjalankan proyek adalah pembiayaan. Biaya yang dimaksudkan adalah seluruh biaya yang berhubungan, baik langsung maupun tidak langsung dengan proyek tersebut, termasuk biaya-biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan sumber daya dan seluruh biaya yang digolongkan dalam biaya *overhead* maupun biaya tetap lainnya. Untuk mengetahuinya, maka perlu dibuatkan suatu anggaran proyek. Anggaran proyek terdiri dari biaya langsung, biaya tak langsung, dan total biaya proyek (Soeharto, 1997).

3.13.1 Biaya langsung/ *Resource Cost*

Biaya langsung adalah biaya yang langsung berpengaruh terhadap pelaksanaan fisik proyek, bisa juga biaya tenaga kerja (Soeharto, 1997). Yang termasuk biaya langsung adalah :

1. Biaya bahan, dengan memperhatikan spesifikasi, kualitas dan kuantitas bahan yang dibutuhkan dapat dilakukan perhitungan biaya untuk bahan.
2. Biaya tenaga kerja, biaya ini diperhitungkan dengan memperkirakan keahlian dan jumlah yang yang dipakai untuk melaksanakan setiap kegiatan proyek.
3. Biaya peralatan, pada proyek umumnya biaya peralatan ini digolongkan sebagai jenis biaya tersendiri, biaya ini dapat merupakan sewa atau biaya penyusutan peralatan.

3.13.2 Biaya tak Langsung/ *Fixed Cost* (biaya tetap)

Biaya tak langsung adalah pengeluaran untuk manajemen, dimana biaya ini dikeluarkan untuk dapat melancarkan pelaksanaan proyek (Soeharto, 1997), biaya-biaya tersebut antara lain :

1. Gaji dan pengeluaran lain bagi tenaga administrasi, tim penyedia, dan manajemen proyek.
2. Biaya pengadaan fasilitas sementara untuk pekerja, seperti perumahan atau asrama sementara, tempat rekreasi, dan lain-lain, yang biasanya diperlukan untuk proyek-proyek besar yang letaknya terpencil.
3. Menyewa atau membeli alat-alat berat untuk konstruksi.
4. Ongkos menyewa kantor, termasuk keperluan utiliti seperti listrik dan air.
5. Bunga dari dana yang perlukan proyek.

3.13.3 Biaya Total Proyek

Total biaya adalah penjumlahan biaya langsung dan biaya tak langsung. Penentuan biaya biasanya dilakukan pada biaya optimum (titik terendah) penjumlahan. Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek, semakin lama proyek selesai maka biaya yang dikeluarkan akan semakin besar. Hubungan waktu dan biaya dapat dilihat pada Gambar 3.33.

Gambar 3.33 Hubungan waktu-biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan (Soeharto, 1997)

Gambar 3.33 menunjukkan semakin durasi dipersingkat maka biaya akan mengalami peningkatan dari biaya normal. Hubungan biaya total proyek dapat dilihat pada Gambar 3.34.

Gambar 3.34 Hubungan biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total proyek (Soeharto, 1997)

Gambar 3.34 menunjukkan biaya minimum dari biaya total proyek. Biaya total didapat dari biaya langsung ditambah dengan biaya tidak langsung, sehingga nilai optimal yang diambil adalah nilai total proyek terkecil.

3.14 Pembayaran Proyek

Biaya proyek terdiri dari masukan dan pengeluaran. Biaya pemasukan didapat dari pemilik proyek. Pemilik proyek biasanya dikeluarkan secara bertahap sesuai dengan periode tertentu atau sesuai dengan peningkatan proyek. Biaya pengeluaran proyek adalah biaya yang dikeluarkan oleh pelaksana atau kontraktor untuk menyelesaikan setiap kegiatan proyek. Jenis pembayaran oleh kontraktor terdiri dari :

1. Pembayaran yang dilakukan pada awal suatu kegiatan dimulai (*start*), misalnya pengeluaran untuk pembelian bahan seperti semen, pasir, batu, dan lainnya yang dibayar atau diadakan sebelum pelaksanaan dimulai.
2. Pembayaran yang dilakukan per waktu tertentu (*prorate*), pengeluaran ini biasanya untuk pekerja, tukang, dan lainnya yang dibayarkan per hari atau per minggu.
3. Pembayaran yang dibayarkan saat selesainya (*end*) kegiatan proyek, misalnya yang dilakukan secara borongan di mana setelah selesai pekerjaan tersebut baru dibayarkan.
4. Pembayaran yang dibayarkan per periode tertentu atau termin sesuai dengan hasil yang didapat. Pada kondisi standar, fasilitas ini tidak ada pada *Microsoft Project*, akan tetapi pembayaran ini sering dilakukan di lapangan sehingga perlu trik khusus untuk menyiasati hal ini.

3.15 Duration-Cost Trade Off

Penyesuaian durasi proyek (*Duration – Cost Trade Off*) dimaksudkan untuk mengatasi masalah-masalah seperti proses penjadwalan durasi proyek yang tidak sesuai dengan durasi kontrak, terjadi keterlambatan pada pelaksanaan kegiatan proyek, untuk memperoleh bonus apabila penyelesaian proyek dipercepat, atau mempercepat jadwal proyek karena menghindari cuaca buruk pada sisa waktu proyek. Sebagai konsekuensi dari penyesuaian durasi proyek lebih cepat, biasanya adalah dengan menambah biaya berupa biaya *direct cost* dan *indirect cost*.

3.15.1 Project Crashing

Project crashing dilakukan agar pekerjaan selesai dengan pertukaran silang waktu dan biaya dengan menambah shift kerja, jumlah jam kerja, jumlah tenaga kerja, jumlah ketersediaan bahan, serta memakai peralatan yang lebih produktif dan metode instalasi yang lebih cepat sebagai komponen biaya *direct cost*. *Project crashing* atau crash program dilakukan dengan cara perbaikan jadwal menggunakan *network planning* yang berada pada lintasan kritis. Konsekuensi *project crashing* adalah meningkatnya biaya langsung (*direct cost*). Di sini sumber daya yang berada di lintasan tidak kritis dapat dioptimalkan dengan memindahkannya ke lintasan kritis. Pemindahan sumber dayanya dibatasi pada titik jenuh, sehingga proses ini dapat memberikan hasil yang efektif (Abrar, 2009).

3.15.2 *Least Cost Analysis*

Least cost analysis adalah suatu analisis untuk memperoleh durasi proyek yang optimal, yaitu durasi dengan biaya total proyek yang minimal. Pada analisis ini, bila durasi proyek dipersingkat biasanya *direct cost* akan naik dan *indirect cost* akan turun. Sering pula diperhitungkan adanya bonus bila hal ini dapat mempersingkat waktu penyelesaian proyek, sebagai penghargaan dari pemilik proyek. Untuk melakukan perbaikan jadwal dengan menggunakan metode ini, tambahan biaya sebagai pertukaran antara biaya dengan waktu yang dipercepat adalah biaya totalnya.

Dalam proses ini juga dapat ditunjukkan bahwa *direct cost* akan cenderung naik seiring dengan berkurangnya durasi proyek, sebaliknya *indirect cost* akan cenderung menurun dengan berkurangnya durasi proyek. Bonus biasanya akan diberikan oleh pemilik proyek sebagai penghargaan atas pelaksanaan proyek yang lebih cepat kepada pengelola proyek dengan besaran yang terus membesar bila proyek dipercepat.

Sebagai kesimpulannya, untuk mempercepat durasi proyek dengan *project crashing* dibutuhkan tambahan biaya sebagai penggantinya, dengan langkah pertama melakukan tambahan biaya langsung/ *direct cost* dengan perbaikan jadwal pada lintasan kritis, setelah itu langkah kedua adalah melakukan *least cost*

analysis dengan perhitungan biaya total proyek juga dengan perbaikan jadwal pada lintasan kritisnya (Abrar, 2009).

3.16 Mempercepat Waktu Penyelesaian

Untuk dapat dapat menyelesaikan proyek dengan waktu yang tersedia, maka perlu dipercepat jadwal pelaksanaannya pada kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis. Cara terbaik untuk mempercepat selesainya suatu kegiatan adalah menambah sumber daya, sehingga produktifitas per harinya meningkat. Cara tersebut antara lain :

1. Penambahan jam kerja/ lembur

Penambahan tenaga kerja sering kali menjadi hambatan, hal ini disebabkan sulitnya mencari tenaga kerja yang terampil dan keterbatasan ruang kerja didalam menyelesaikan kegiatan. Metode yang baik untuk mengantisipasi keterlambatan proyek dapat dilakukan dengan penambahan jumlah jam kerja/ lembur, di mana penurunan kinerja dan penambahan biaya tenaga kerja pada penambahan waktu tetap ditoleransi. Penambahan jam kerja bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, dan 3 jam dengan waktu penambahan yang diinginkan. Semakin besar penambahan jam kerja dapat menimbulkan penurunan produktifitas.

Untuk dapat melaksanakan metode lembur, harus terlebih dahulu memenuhi kriteria-kriteria sebagai berikut :

- a. Bersedianya pekerja untuk lembur.
- b. Adanya izin dari pemilik proyek.
- c. Keadaan alam/ cuaca tidak menjadi hambatan.

Untuk menghitung percepatan waktu dianalisis terhadap persamaan-persamaan berikut (Azki, 2018) :

a. Produktivitas harian

Produktivitas harian adalah kemampuan tenaga kerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan dalam hitungan per hari. Untuk menghitung produktivitas harian menggunakan persamaan :

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (3.1)$$

b. Produktivitas per jam

Produktivitas per jam adalah kemampuan tenaga kerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan dalam hitungan tiap jam. Untuk menghitung produktivitas tiap jam menggunakan persamaan :

$$\text{Produktivitas per jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam Kerja per hari}} \quad (3.2)$$

c. Produktivitas Lembur

Produktivitas lembur adalah produktivitas yang telah ditambah dengan penambahan jam kerja atau lembur.

Untuk menghitung produktivitas ini menggunakan persamaan :

$$\text{Produktivitas lembur} = (a \times b \times \text{produktivitas per jam}) \quad (3.3)$$

Dimana :

a = Lama penambahan jam kerja.

b = Koefisien penurunan produktivitas penambahan jam kerja.

Indeks produktivitas dapat dilihat pada Gambar 3.35.

d. *Crash Duration*

Crash duration adalah durasi pekerjaan yang telah mengalami percepatan. Untuk menghitung *crash duration* menggunakan persamaan :

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{(\text{Produktivitas harian}) + (\text{Produktivitas lembur per jam})} \quad (3.4)$$

Gambar 3.35 Indikasi menurunnya produktivitas akibat penambahan jam kerja (Soeharto, 1997)

Gambar 3.35 menunjukkan semakin lama penambahan jam kerja faktor penurunan produktifitas akan semakin besar. Koefisien penurunan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Koefisien penurunan produktivitas (Soeharto,1997)

Jam lembur (jam)	Penurunan indeks produktivitas	Prestasi kerja (%)
1	0,1	90
2	0,2	80

3	0,3	70
---	-----	----

Pada Tabel 3.2 menunjukkan tingkat prestasi kerja tiap jam lembur. Setiap penambahan jam kerja akan berkurang prestasi kerja sebesar 10%.

Menurut keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 standar upah untuk lembur adalah :

- a. Waktu lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (jam) dalam satu hari.
- b. Memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila kerja lembur dilakukan selama 3 jam atau lebih.
- c. Untuk kerja lembur pertama harus dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam.
- d. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali lipat upah satu jam.

Adapun perhitungan untuk biaya tambahan dapat dirumuskan sebagai berikut (Azki, 2018) :

- a. Biaya lembur pekerja

Biaya lembur adalah biaya yang dikeluarkan tiap penambahan jam kerja. Untuk menghitung biaya ini dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Biaya lembur pekerja} = 1,5 \times \text{upah sejam normal untuk jam kerja lembur pertama} + 2 \times n \times \text{upah sejam normal utk jam kerja berikutnya} \quad (3.5)$$

Dimana :

n = Jumlah penambahan jam kerja (lembur)

- b. *Crash Cost* pekerja perhari

Crash cost adalah biaya yang dikeluarkan perhari pada waktu normal ditambah dengan biaya lembur akibat percepatan.

Untuk menghitung biaya percepatan dapat menggunakan persamaan :

$$\text{crash cost pekerja perhari} = (\text{jam kerja perhari} \times \text{normal cost pekerja}) + (n \times \text{biaya lembur perjam}) \quad (3.6)$$

- c. *Slope* biaya (*Cost Slope*)

Cost slope adalah pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas per satuan waktu. Untuk menghitung biaya *slope* dapat menggunakan persamaan :

$$Cost\ slope = \frac{Crash\ cost - Normal\ Cost}{Durasi\ Normal - Durasi\ Crash} \quad (3.7)$$

d. *Duration Variance*

Duration variance adalah selisih antara durasi normal dengan durasi percepatan. Untuk menghitung *duration variance* dapat menggunakan persamaan :

$$Duration\ Variance = durasi\ normal - durasi\ percepatan \quad (3.8)$$

e. *Cost Variance*

Cost variance adalah selisih antara biaya percepatan dengan biaya normal. Untuk menghitung *cost variance* dapat menggunakan persamaan :

$$cost\ variance = biaya\ percepatan - biaya\ normal \quad (3.9)$$

Adapun perhitungan untuk total jam lembur, *actual work*, dan *overtime work* akibat penambahan jam kerja/lembur adalah sebagai berikut (Azki, 2018) :

a. Total Jam Lembur

Total jam lembur adalah jumlah jam lembur selama durasi pekerjaan. Untuk menghitung total jam lembur dapat menggunakan persamaan :

$$Total\ jam\ lembur = (jam\ lembur \times durasi\ percepatan) \quad (3.10)$$

b. *Overtime work*

Overtime work adalah jumlah jam kerja lembur selama durasi pekerjaan terhadap jumlah pekerja. Untuk menghitung *overtime work* dapat menggunakan persamaan :

$$Overtime\ work = jumlah\ unit\ pekerja \times total\ jam\ lembur \quad (3.11)$$

c. *Actual work*

Actual work adalah jumlah jam kerja selama durasi pekerjaan dengan penambahan jam lembur terhadap jumlah pekerja. Untuk menghitung *actual work* dapat menggunakan persamaan :

$$Actual\ work = (jumlah\ unit\ pekerja \times jam\ kerja \times durasi\ percepatan) + jam\ lembur \quad (3.12)$$

Adapun perhitungan untuk biaya normal *resources* dan biaya percepatan tenaga kerja pada setiap item pekerjaan adalah sebagai berikut (Azki, 2018) :

- a. Kebutuhan *Resources* perjam

Kebutuhan *resources* perjam adalah jumlah unit *resources* dalam satuan jam. Untuk menghitung *resources* dapat menggunakan persamaan :

$$\text{kebutuhan resources perjam} = \frac{(\text{koefisien} \times \text{volume pekerjaan})}{\text{durasi}} \times \text{jam kerja perhari} \quad (3.13)$$

- b. Biaya *Resources* perhari

Biaya *resources* perhari adalah biaya kebutuhan *resources* perhari berdasarkan harga satuan. Untuk menghitung biaya *resources* dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Biaya resources perhari} = (\text{jam kerja} \times \text{kebutuhan resources} \times \text{harga satuan resources}) \quad (3.14)$$

- c. Biaya Total *Resources* harian

Biaya total *resources* harian adalah biaya keseluruhan *resources* dalam satu item pekerjaan perhari. Untuk menghitung biaya total *resources* dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Biaya total resources harian} = (\Sigma \text{Biaya resources harian}) \quad (3.15)$$

- d. Biaya Total *Resources*

Biaya total *resources* adalah biaya keseluruhan *resources* dalam satu item pekerjaan berdasarkan durasi normal atau durasi percepatan tenaga kerja. Untuk menghitung biaya total *resources* dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Biaya total resources} = (\text{biaya total resources harian} \times \text{durasi}) + \text{biaya bahan} \quad (3.16)$$

Perhitungan untuk biaya percepatan *resources* pada waktu lembur untuk setiap item pekerjaan adalah sebagai berikut (Azki, 2018) :

- a. Biaya *resources* lembur

Biaya *resources* lembur adalah biaya unit *resources* berdasarkan biaya waktu lembur perjam. Untuk menghitung biaya *resources* lembur dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Biaya resources lembur} = \text{kebutuhan resources} \times \text{biaya lembur perjam} \quad (3.17)$$

b. Biaya total *resources* dengan lembur

Dalam hal ini biaya total *resources* normal perhari ditambah dengan biaya total lembur perhari pada satu item pekerjaan. Untuk menghitung biaya total *resources* lembur dapat menggunakan persamaan :

$$\text{biaya total resources dengan lembur} = (\text{biaya normal} \times \Sigma \text{biaya resources lembur}) \quad (3.18)$$

c. Biaya Total Percepatan

Biaya total percepatan adalah biaya keseluruhan *resources* dalam satu item pekerjaan berdasarkan durasi percepatan. Untuk menghitung biaya total *resources* dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Biaya total percepatan} = (\text{biaya total resources harian} \times \text{durasi percepatan}) + \text{biaya bahan} \quad (3.19)$$

Perhitungan biaya total, efisiensi biaya dan waktu pada masing-masing item pekerjaan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut (Azki, 2018) :

a. Biaya Total

Biaya total adalah penjumlahan biaya langsung dan biaya tidak langsung dengan penentuan biaya biasanya dilakukan pada biaya optimum. Untuk menghitung biaya total dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Biaya total} = \text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung} \quad (3.20)$$

b. Efisiensi Waktu

Efisiensi waktu adalah persentase dari waktu optimum durasi proyek akibat percepatan. Untuk menghitung biaya total dapat menggunakan persamaan :

$$Et = \left(\frac{\text{durasi proyek} - \text{durasi kumulatif pekerjaan}}{\text{durasi proyek}} \right) \times 100\% \quad (3.21)$$

c. Efisiensi Biaya

Efisiensi biaya adalah persentase dari biaya optimum biaya proyek akibat percepatan. Untuk menghitung biaya total dapat menggunakan persamaan :

$$Ec = \left(\frac{\text{biaya total proyek} - \text{biaya total kumulatif pekerjaan}}{\text{biaya total proyek}} \right) \times 100\% \quad (3.22)$$

2. Penambahan sumber daya berkualitas (tenaga kerja)

Penambahan sumber daya (tenaga kerja, material maupun peralatan) yang kualitasnya lebih baik dapat mempercepat waktu kegiatan cepat selesai, misalnya tenaga kerja yang terlatih, material yang bermutu lebih baik (dapat cepat mengeras misalnya pada beton) ataupun peralatan yang lebih cepat memproduksi. Prosedur untuk mempersingkat waktu dengan penambahan sumber daya sebagai berikut :

- a. Tentukan lintasan kritis yang sangat berpengaruh terhadap waktu akhir proyek.
- b. Tentukan biaya normal masing-masing kegiatan.
- c. Menghitung penambahan (*slope*) biaya masing-masing kegiatan.
- d. Mempercepat kegiatan pada lintasan kritis yang penambahan biayanya paling murah.

Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut (Azki, 2018) :

- a. Jumlah tenaga kerja normal
Jumlah tenaga kerja dalam suatu pekerjaan pada durasi normal. Untuk menghitung jumlah pekerja ini menggunakan persamaan :

$$\text{Tenaga kerja normal} = \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{jam kerja}} \quad (3.23)$$

- b. Jumlah tenaga kerja dipercepat
Jumlah tenaga kerja dalam suatu pekerjaan pada durasi yang dipercepat. Untuk menghitung jumlah pekerja ini menggunakan persamaan :

$$\text{Tenaga kerja dipercepat} = \frac{(\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{jam kerja}} \quad (3.24)$$

BAB IV

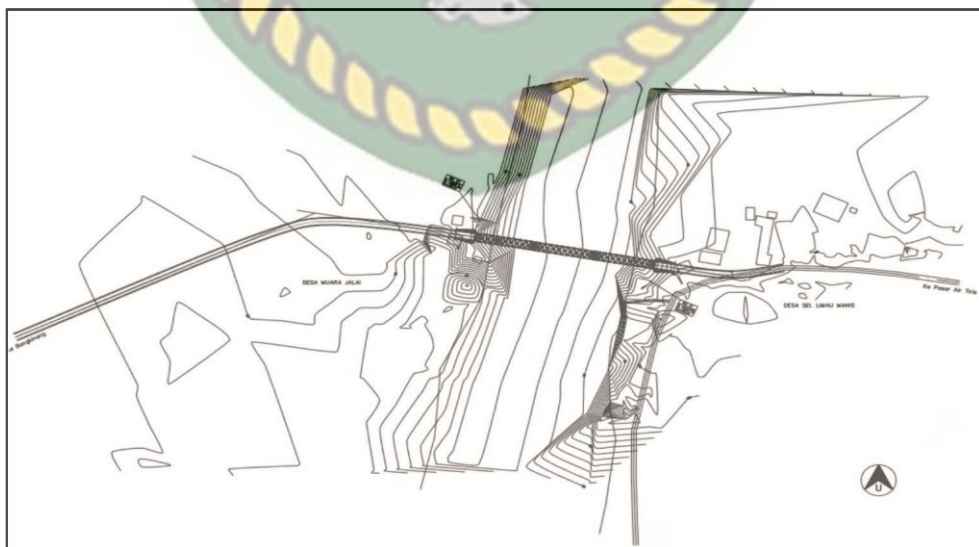
METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum Proyek

Penyusunan Tugas Akhir ini membahas tentang efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan metode *Crashing* pada proyek Pembangunan Jembatan Limau Manis Kabupaten Kampar Tahap 1. Kontraktor pelaksana PT. Fatma Nusa Mulia yang ditunjuk langsung melalui lelang. Dana proyek merupakan dana APBD dengan masa pengerjaan 240 hari pada Bulan April Tahun 2017. Proyek ini berupa jembatan tipe rangka batang dengan panjang bentang 150 meter dan lebar 7 meter. Pekerjaan yang dilakukan pada tahap 1 ini berupa rangka batang dengan bentang 50 meter termasuk pekerjaan lantai jembatan, pekerjaan pilar pertama, pekerjaan fender, pekerjaan *Abutment*, dan pekerjaan *sheet pile*.

4.2 Lokasi Penelitian

Pembangunan Jembatan Limau Manis Kabupaten Kampar Tahap 1 (*multiyears*) yang dilaksanakan pihak kontraktor dan pihak-pihak terkait bertujuan menghubungkan desa muara jalai dengan desa limau manis Kabupaten Kampar. Untuk lokasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

4.3 Data Penelitian

Dalam pelaksanaan penyusunan tugas akhir sangatlah dibutuhkan data-data terkait untuk dianalisis lebih lanjut. Data tersebut dibedakan menjadi dua macam yaitu data primer dan data sekunder. Pada penelitian ini data yang digunakan hanya data sekunder berupa data Rencana Anggaran Biaya (RAB), daftar harga satuan dasar pekerjaan, *time schedule* atau kurva S, dan laporan harian proyek.

4.4 Tahapan Penelitian

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini, dilakukan beberapa tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Persiapan

Persiapan merupakan penentuan objek penelitian dalam bidang ilmu sipil, baik berupa bangunan gedung, jalan, jembatan, lalu lintas, irigasi, drainase maupun manajemen konstruksi. Untuk memudahkan dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini, maka hendaknya mengambil sesuai dengan pemahaman keilmuan yang diperoleh. Sebelum melakukan penelitian diperlukan pengumpulan referensi seperti (buku, jurnal, skripsi) dan surat izin persiapan penelitian yang akan dibutuhkan.

2. Survei Lapangan

Survei lapangan adalah langkah untuk memperoleh informasi terkait objek penelitian yang akan diteliti. Selain informasi yang diperoleh sebagai bahan untuk melakukan penelitian, data merupakan hal yang sangat penting untuk melakukan penelitian.

3. Pengumpulan data

Salah satu komponen yang penting dalam penelitian adalah proses penelitian dalam pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Data-data yang digunakan pada penelitian ini berupa Rencana Anggaran biaya (RAB), daftar harga satuan dasar pekerjaan, *Time Schedule* (Kurva S), dan laporan harian proyek.

4. Menyusun *network planning*

Network planning adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram network sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. Dalam penelitian ini, pembuatan *network planning* menggunakan program *microsoft project 2016*. Penyusunan *network planning* disesuaikan dengan kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan dilapangan.

5. Menghitung jumlah sumber daya

Sumber daya adalah sarana kebutuhan untuk menjalankan proyek agar dapat mencapai tujuan dan sasaran proyek secara efektif dan efisien. Sumber daya pada proyek dapat berupa tenaga kerja, peralatan, dan material. Dalam penelitian ini, jumlah sumber daya dianalisis terlebih dahulu sebelum diinput menggunakan program *microsoft project 2016*. Analisis yang dilakukan berdasarkan dari data harga satuan dasar pekerjaan dan Rencana Anggaran biaya (RAB).

6. Analisis Data

Analisis data merupakan pengolahan data yang diperoleh dengan menganalisa data menggunakan metode yang telah ditetapkan dalam penelitian ini. Dalam menganalisa data yang diperoleh dari pihak kontraktor dan diolah menggunakan rumus-rumus dengan menghitung indikator-indikator yang telah ditentukan. Analisa data ini dilakukan dengan bantuan *software Microsoft Project 2016*. Metode yang akan digunakan adalah metode *Duration Cost Trade Off* berupa *Crashing program*.

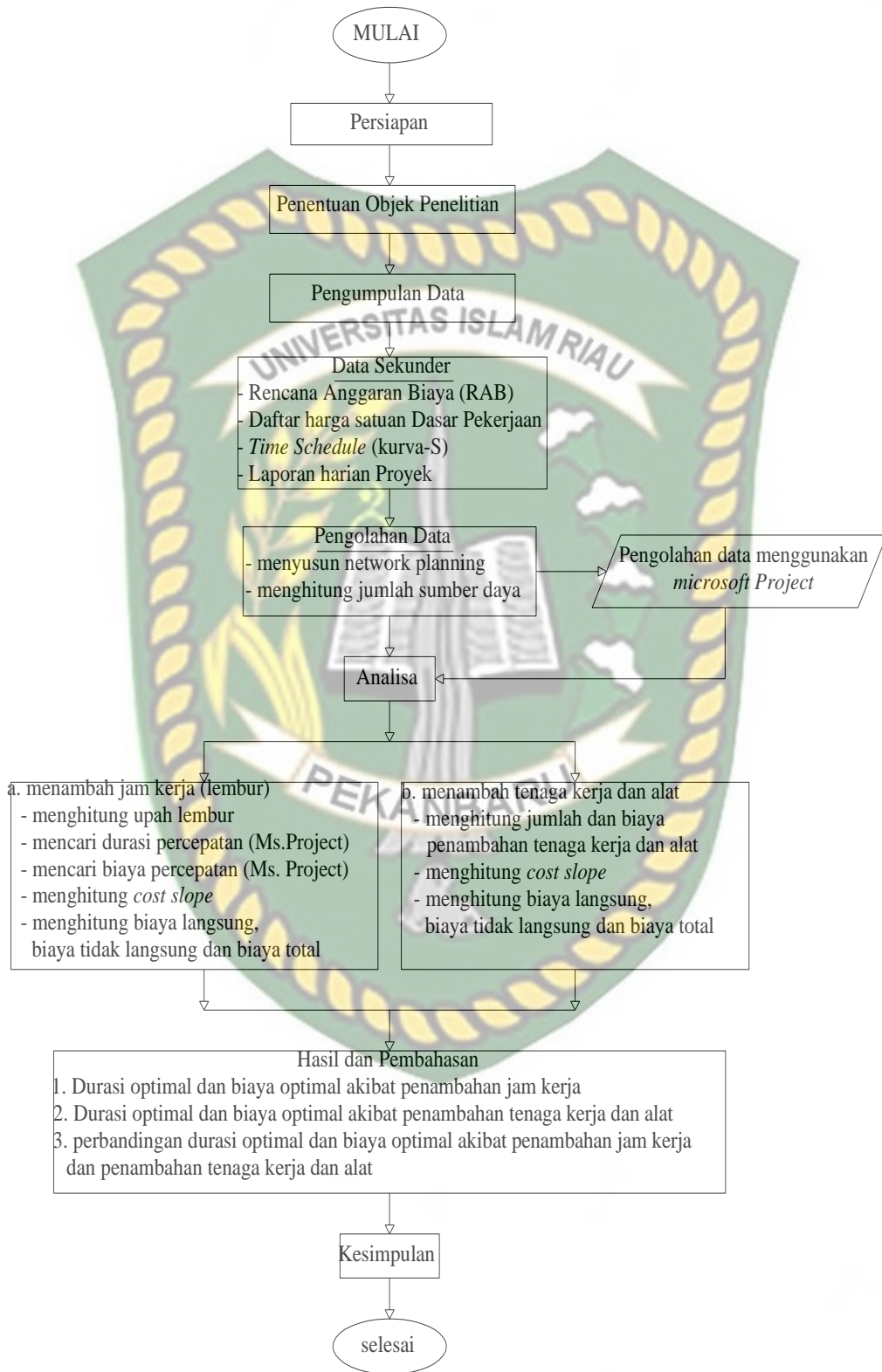
7. Pembahasan

Hasil analisa data yang telah diolah dijabarkan dalam bentuk Tabel dan grafik, serta dilakukan pembahasan dengan memberikan penjelasan terhadap langkah-langkah dalam menganalisa data.

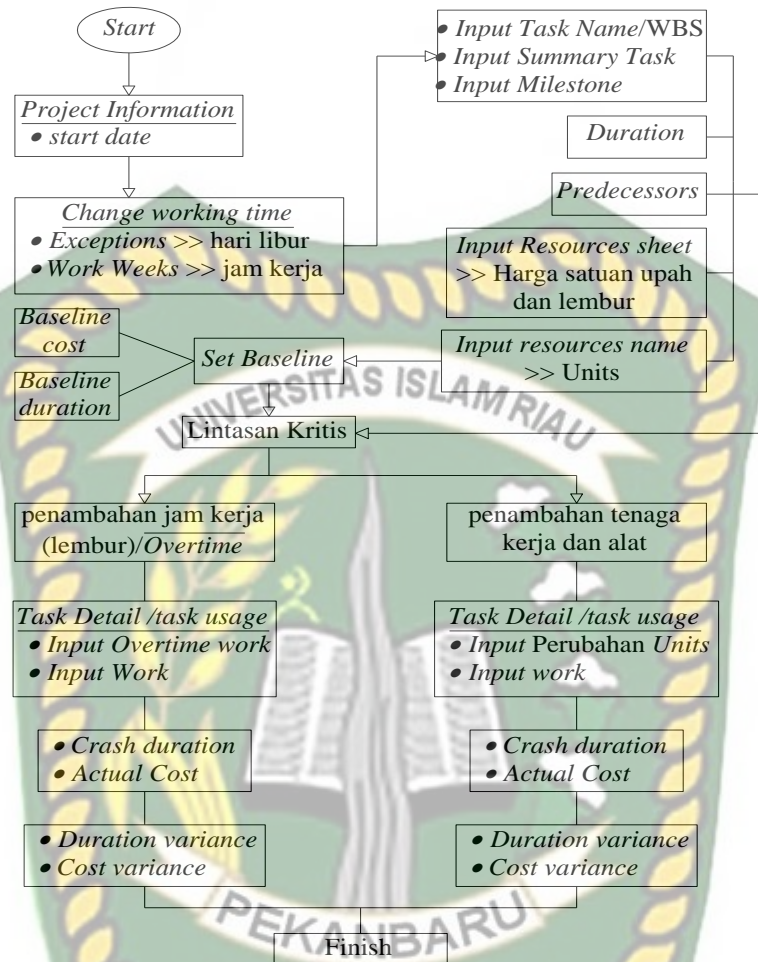
8. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan dan saran merupakan hasil akhir dari sebuah penelitian tugas akhir.

Bagan alir tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan *Flowchart* pengolahan data menggunakan *Microsoft project* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Bagan alir penelitian



Gambar 4.3 Flowchart pengolahan data menggunakan *Microsoft project*

4.5 Analisa Data

Analisis data yang dilakukan dengan bantuan *software Microsoft Project* 2016. Dengan menginputkan data terkait untuk dianalisis ke dalam *software* tersebut, maka *Microsoft Project* ini nantinya akan melakukan kalkulasi perhitungan secara otomatis sesuai dengan rumus-rumus kalkulasi yang terdapat pada program ini. Proses *input* data dengan bantuan *Microsoft Project* ini dilakukan pengujian dari semua kegiatan yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis atau kegiatan yang tidak boleh mengalami sebuah keterlambatan yang memiliki nilai *cost slope* terendah. Kemudian selanjutnya adalah membandingkan hasil analisis percepatan waktu proyek sebelum dan sesudah antara penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja dan alat.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

Proyek yang ditinjau dalam penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Jembatan Limau Manis Kabupaten Kampar tahap 1 dengan rincian sebagai berikut :

Pemilik Proyek	: Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang
Konsultan Perencana	: Gita Lestari Konsultan
Konsultan Pengawas	: PT. Giritama Persada
Kontraktor	: PT. Fatma Nusa Mulia
Anggaran	: Rp. 8.591.171.000,00
Tanggal pekerjaan dimulai	: 24 April 2017
Tanggal pekerjaan selesai	: 30 Desember 2017

5.2 Data Kegiatan-Kegiatan Kritis

Pada penelitian ini, lintasan kritis didapat menggunakan program *microsoft project 2016* dalam bentuk *gant chart* dan *network diagram*. Daftar kegiatan-kegiatan kritis pada kondisi normal dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan data *output microsoft project* pada Lampiran A *Baseline Gantt Chart*.

Tabel 5.1 Daftar Kegiatan Kritis pada Kondisi Normal

No	WBS	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	Predecessors
1	1.2.A.f	Baja Tulangan U 32 Ulir (di air) / Pilar	35	16, 14
2	1.2.A.g	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	35	17FS-34 days
3	1.2.B.e	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	50	23, 21, 18
4	1.2.B.f	Beton mutu rendah fc' 10 Mpa (K-	1	24SS

		125)		
5	1.2.B.g	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / <i>abutment</i>	50	24FS-49d, 25FS-1d
6	1.2.C.a	Pemancangan <i>Sheet Pile</i> Beton Type W 350 A120	25	26FS-47d, 9
7	1.2.D.a	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	57	28FS-23 days;18

Tabel 5.1 (Lanjutan)

No	WBS	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	Predecessors
8	1.2.D.b	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	5	30FS-5d
9	1.2.D.c	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	30	31
10	1.2.D.d	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	12	32FS-11d
11	1.2.E.a	Geotekstil untuk drainage Bawah permukaan	3	33;28
12	1.2.E.b	Timbunan biasa	11	35
13	1.2.E.c	Beton mutu rendah fc' 15 Mpa (K-175)	2	36

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 5.1 menunjukkan kegiatan-kegiatan yang kritis pada kondisi normal. Kegiatan kritis ini didapat dari data yang sudah di input menggunakan *Microsoft Project 2016* yang dapat dilihat pada Lampiran A *Baseline Gantt Chart*.

Data-data uraian pekerjaan disesuaikan dengan proses tumbuhnya proyek.

Dalam hal ini, ada beberapa pekerjaan yang tidak bisa di *crashing* dikarenakan ada beberapa faktor seperti, tidak memiliki *resources* tenaga kerja dan durasi yang sedikit. Daftar kegiatan kritis dari analisa menggunakan *Microsoft Project 2016* yang di *crashing* dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Daftar Kegiatan Kritis yang di *crashing* menggunakan *Microsoft Project 2016*

No	WBS	Uraian Pekerjaan	Durasi	Predecessors
1	1.2.A.f	Baja Tulangan U 32 Ulir (diair) / Pilar	35	16, 14
2	1.2.A.g	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	35	17FS-34 days
3	1.2.B.e	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / <i>Abutment</i>	50	23, 21, 18
4	1.2.B.g	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / <i>abutment</i>	50	24FS-49d, 25FS-1d
5	1.2.C.a	<i>Pemancangan Sheet Pile</i> Beton Type W 350 A120	25	26FS-47d, 9
6	1.2.D.a	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	57	28FS-23 days;18
7	1.2.D.b	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	5	30FS-5d
8	1.2.D.c	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	30	31
9	1.2.D.d	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	12	32FS-11d
10	1.2.E.b	Timbunan biasa	11	35

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.2 menunjukkan bahwa beberapa kegiatan yang akan dipercepat merupakan pekerjaan yang memiliki unsur tenaga kerja dengan durasi yang memenuhi untuk *crashing*. Beberapa alasan pemilihan item kegiatan kritis tersebut adalah sebagai berikut :

1. Kegiatan kritis yang terpilih merupakan kegiatan yang *resources work* atau pekerja (termasuk penggunaan alat berat) sehingga bisa dilakukan percepatan dengan mengolah *resources work* tersebut.
2. Pada kegiatan kritis terpilih tersebut apabila dipercepat akan mengurangi biaya tidak langsung pada kegiatan pekerjaan tersebut.
3. Pada lintasan kritis tersebut dapat dilakukan percepatan dengan penambahan waktu lembur atau dengan penambahan tenaga kerja dan alat.
4. Apabila mempercepat kegiatan kritis akan mempercepat durasi dari kegiatan proyek tersebut secara keseluruhan.

5.3 Tahapan *Crashing* dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Dalam tahapan *crashing*, ada beberapa tahapan dalam mempercepat durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) sebagai berikut :

1. Menentukan lintasan kritis yang diperoleh dari program *microsoft project 2016*. Data-data proyek di input kedalam *microsoft project* dan menghubungkan antar kegiatan sesuai dengan hubungan ketergantungan pekerjaan dilapangan. Data yang dihasilkan dalam bentuk *gant chart* dan *network diagram*.
2. Pekerjaan yang *dicrashing* adalah pekerjaan kritis yang memiliki *resources* tenaga kerja dan alat pada durasi yang memungkinkan untuk di *crashing*.
3. Menentukan produktivitas harian tiap pekerjaan.
4. Menentukan produktivitas perjam.
5. Menentukan produktivitas lembur.
6. Menghitung durasi percepatan.

Kemudian dari tahap kompresi durasi akan dicari biaya percepatan akibat penambahan jam kerja. Tahapan-tahapan dari biaya percepatan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan biaya lembur perjam *resources*.
2. Menghitung kebutuhan *resources* per item pekerjaan.
3. Menghitung biaya *resources* harian dan lembur.
4. Menghitung biaya total *resources* (harian + lembur).
5. Menghitung biaya percepatan.
6. Menghitung *cost slope*.
7. Menghitung biaya proyek.

Biaya proyek yang dianalisis adalah biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total. Biaya optimal yang diambil adalah biaya total proyek terkecil (titik terendah).

8. Menghitung efisiensi waktu dan biaya

5.3.1 Analisis Durasi Percepatan

Durasi percepatan merupakan durasi yang sudah dipercepat menggunakan opsi-opsi dari percepatan jadwal seperti penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja sebagai langkah dalam mempercepat selesainya proyek. Dalam

menentukan durasi percepatan dengan penambahan jam kerja, ada beberapa tahapan yang dilakukan. Tahapan-tahapan diuraikan sebagai berikut :

1. Kondisi Normal

Waktu pelaksanaan proyek pada kondisi normal adalah 235 hari. Penjadwalan dibuat menggunakan *microsoft project 2016* dalam bentuk *gant chart* dan *network diagram*. Terdapat lintasan kritis dari proses input menggunakan *microsoft project 2016* yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan data *output microsoft project* pada Lampiran A *Baseline Gantt Chart*. Ada beberapa pekerjaan yang tidak bisa di *crashing* dikarenakan ada beberapa faktor seperti, tidak memiliki *resources* tenaga kerja dan durasi yang sedikit. Kegiatan kritis yang di *crashing* menggunakan *Microsoft Project 2016* dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebelumnya.

2. Produktivitas Harian dan Perjam Pada Pekerjaan

Setelah lintasan kritis diketahui, selanjutnya menentukan produktivitas harian serta produktivitas perjam pada kegiatan kritis.

Salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

Volume pekerjaan : 16310,35 kg

Jam kerja per hari : 8 jam

Durasi normal : 35 hari

$$\begin{aligned}
 \text{a. Produktifitas harian} &= \frac{\text{Volume}}{\text{durasi normal (hari)}} \\
 &= \frac{16310,35 \text{ m}^3}{35 \text{ hari}} \\
 &= 466,01 \text{ kg/hari} \\
 \text{b. Produktifitas per jam} &= \frac{466,01 \text{ kg/hari}}{8 \text{ jam}} \\
 &= 58,25 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Hasil analisis produktivitas untuk masing-masing item pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil perhitungan produktivitas tiap pekerjaan

No	Item Pekerjaan	Volume pekerjaan	Satuan	Jam Kerja (jam/hari)	Durasi (hari)	Produktifitas Harian (satuan/hari)	Produktifitas per jam (satuan/jam)
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (di air) / Pilar	16310,35	kg	8	35	466,01	58,25
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	151,23	m3	8	35	4,32	0,54
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	23534,12	kg	8	50	470,68	58,84
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / abutment	135,27	m3	8	50	2,71	0,34
5	Pemancangan Sheet Pile Beton Type W 350 A120	360	m'	8	25	14,40	1,80
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	102000	kg	8	57	1789,47	223,68
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	1614,7	kg	8	5	322,94	40,37

Tabel 5.3 (Lanjutan)

No	Item Pekerjaan	Volume pekerjaan	Satuan	Jam Kerja (jam/hari)	Durasi (hari)	Produktifitas Harian (satuan/hari)	Produktifitas per jam (satuan/jam)
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	21249,09	kg	8	30	708,30	88,54
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	67,25	m3	8	12	5,60	0,70
10	Timbunan biasa	281,04	m3	8	11	25,55	3,19

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.3 menunjukkan hasil dari nilai produktivitas tiap item pekerjaan. Volume pekerjaan didapat dari data RAB proyek yang terlampir pada Lampiran B. Jam kerja perhari dan durasi disesuaikan dengan data-data yang ada di lapangan berdasarkan laporan harian proyek. Perhitungan produktivitas harian dan produktivitas tiap jam pada Tabel 5.3 menggunakan Persamaan 3.1 dan 3.2 yang terlampir pada BAB III hal. 58.

3. Produktivitas Lembur

Selanjutnya dihitung produktivitas lembur tiap item pekerjaan dengan variasi 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Analisis produktivitas lembur disesuaikan dengan koefisien penurunan produktivitas tiap jam lembur pada masing-masing item pekerjaan. Koefisien penurunan produktivitas dapat dilihat pada Tabel 3.2 BAB III hal.59. Salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur 1 jam} &= 1 \times 0,9 \times \text{produktifitas per jam} \\
 &= 1 \times 0,9 \times 58,25 \\
 &= 52,43 \text{ kg/hari} = 52 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur 2 jam} &= (1 \times 0,9 \times \text{prod. Perjam}) + (1 \times 0,8 \times \text{prod. Perjam}) \\
 &= (1 \times 0,9 \times 58,25) + (1 \times 0,8 \times 58,25) \\
 &= 99,03 \text{ kg/hari} = 99 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur 3 jam} &= (1 \times 0,9 \times \text{prod perjam}) + (1 \times 0,8 \times \text{prod. Perjam}) \\
 &\quad + (1 \times 0,7 \times \text{prod perjam}) \\
 &= (1 \times 0,9 \times 58,25) + (1 \times 0,8 \times 58,25) + (1 \times 0,7 \times \\
 &\quad 58,25) \\
 &= 139,80 \text{ kg/hari} = 140 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Hasil analisis produktivitas lembur untuk masing-masing item pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil perhitungan produktivitas lembur

No	Item Pekerjaan	Satuan	Produktifitas Lembur (satuan/hari)		
			L. 1 jam	L. 2 jam	L. 3 jam
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (diair) / Pilar	kg	52	99	140
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	m3	0	1	1

3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / <i>Abutment</i>	kg	53	100	141
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / <i>abutment</i>	m ³	0	1	1
5	Pemasangan <i>Sheet Pile</i> Beton Type W 350 A120	m'	2	3	4
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	kg	201	380	537
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	kg	36	69	97
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	kg	80	151	212
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	m ³	1	1	2
10	Timbunan biasa	m ³	3	5	8

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.4 menunjukkan nilai produktivitas lembur pada masing-masing item pekerjaan. Perhitungan produktivitas lembur pada Tabel diatas menggunakan Persamaan 3.3 yang terlampir pada BAB III hal.59.

4. Durasi Percepatan

Selanjutnya analisis yang dilakukan adalah menghitung durasi percepatan. Salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Baja Tulangan U32 Ulir (di air)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

$$\text{Durasi percepatan} = \frac{\text{volume}}{(\text{produktivitas harian}) + (\text{produktivitas lembur tiap jam})}$$

$$\text{Lembur 1 jam} = \frac{16310,35 \text{ kg}}{466,01 \text{ kg/hari} + 52,43 \text{ kg/hari}}$$

$$= 31,46 \text{ hari} = 32 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan durasi percepatan untuk masing-masing item pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan contoh perhitungan durasi percepatan untuk lembur selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran A-3.

Tabel 5.5 Hasil perhitungan *crashing* durasi pada *microsoft project 2016*

No	Item Pekerjaan	Durasi	Durasi <i>Crashing</i> (hari)
----	----------------	--------	-------------------------------

		(hari)	L. 1 jam	L. 2 jam	L. 3 jam
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (di air) / Pilar	35	32	29	27
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	35	32	29	27
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	50	45	41	39
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / abutment	50	45	41	39
5	Pemancangan Sheet Pile Beton Type W 350 A120	25	23	21	19
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	57	51	47	44
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	5	5	4	4
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	30	27	25	23
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	12	11	10	9
10	Timbunan biasa	11	10	9	9

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.5 menunjukkan item-item pekerjaan yang sudah dilakukan *crashing* akibat lembur 1 jam, 2 jam dan 3 jam berdasarkan pada contoh penyelesaian diatas serta kesesuaian terhadap hasil pengolahan yang telah didapat di *microsoft project 2016* dan dapat dilihat pada Lampiran A-3. Hasil dari durasi *crashing* dapat dilihat adanya pengurangan hari dari durasi normal pada tiap-tiap jam lembur. Perhitungan durasi percepatan pada Tabel 5.5 menggunakan Persamaan 3.4 yang terlampir pada BAB III hal.59.

5.3.2 Analisis Biaya Percepatan

Biaya percepatan merupakan biaya yang dihasilkan akibat adanya durasi percepatan yang disebabkan oleh lembur 1-3 jam dalam sehari. Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang akan dihitung biaya percepatannya berdasarkan penambahan jam lembur dan durasi percepatan menggunakan *Microsoft Project 2016* dan dikontrol dengan *Microsoft Excel 2010*. Tahapan-tahapan diuraikan sebagai berikut :

1. Biaya Lembur *Resources*

Biaya lembur *resources* dihitung untuk mencari besarnya upah biaya lembur dari alat berat dan tenaga kerja. Salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Resources Name : Pekerja
 Biaya normal pekerja perjam (bn) : Rp 11.800,00
 Biaya lembur
 Lembur 1 jam (L1) = 1,5 x Rp 11.800,00
 = Rp 17.700,00

Biaya normal dan biaya lembur dari tenaga kerja dan alat berat pada item pekerjaan lintasan kritis akan disajikan secara mendetail pada Tabel 5.6 dan contoh perhitungan biaya lembur *resources* untuk lembur selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran A-5.

Tabel 5.6 Biaya normal, biaya lembur tenaga kerja dan alat

Resources		Biaya Normal perjam	Biaya Lembur Per jam		
			Lembur 1 jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam
Pekerja	L01	Rp11.800,00	Rp17.700,00	Rp20.650,00	Rp21.633,33
Tukang	L02	Rp13.600,00	Rp20.400,00	Rp23.800,00	Rp24.933,33
Mandor	L03	Rp15.400,00	Rp23.100,00	Rp26.950,00	Rp28.233,33
Concrete Mixer	E06	Rp79.499,32	Rp92.199,32	Rp98.549,32	Rp100.665,99
Concrete Vibrator	E20	Rp37.470,26	Rp50.170,26	Rp56.520,26	Rp58.636,93
Concrete Pump	E28	Rp299.639,33	Rp312.339,33	Rp318.689,33	Rp320.806,00
Water Pump	E22	Rp78.686,40	Rp91.386,40	Rp97.736,40	Rp99.853,07
Crane on Track 35 T	E31	Rp686.231,89	Rp698.931,89	Rp705.281,89	Rp707.398,56
Pile Driver + H	E30	Rp274.998,16	Rp287.698,16	Rp294.048,16	Rp296.164,83
Mesin las	E32	Rp235.644,76	Rp248.344,76	Rp254.694,76	Rp256.811,43
Las Potong	E32	Rp235.644,76	Rp248.344,76	Rp254.694,76	Rp256.811,43

Tabel 5.6 (Lanjutan)

Resources		Biaya Normal perjam	Biaya Lembur Per jam		
			Lembur 1 jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam
Excavator	E10	Rp579.633,42	Rp592.333,42	Rp598.683,42	Rp600.800,09

Dump Truck	E08	Rp343.862,52	Rp356.562,52	Rp362.912,52	Rp365.029,19
Tamper	E25	Rp30.296,13	Rp42.996,13	Rp49.346,13	Rp51.462,80

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.6 menunjukkan jenis-jenis *resources* pada item pekerjaan lintasan kritis. Biaya normal perjam berdasarkan pada harga dasar satuan (Lampiran B) dan untuk biaya lembur perjam berdasarkan pada hitungan rumus yang telah ditentukan. Perhitungan biaya lembur *resources* ditentukan berdasarkan keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 standar upah untuk lembur yang terdapat pada BAB III hal.60.

2. Biaya normal dan biaya Percepatan

Biaya normal didapat setelah menentukan kebutuhan *resources* item pekerjaan dan biaya total *resources* dengan durasi normal. Untuk biaya percepatan didapat setelah menentukan biaya normal, biaya *resources* lembur dan biaya total *resources* dengan durasi percepatan. Salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

Biaya normal = (Btrh x durasi normal) + biaya material
 = (Rp1.051.008,00 x 35 hari) + Rp197.844.545,5
 = Rp234.629.926,5

Biaya percepatan L. 1 jam = (Btrh x durasi percepatan) + biaya material
 = (Rp1.248.072,00 x 32 hari) + Rp197.844.545,5
 = Rp237.782.950,5

Untuk proses perhitungan biaya normal dan biaya percepatan untuk lembur selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran A-6 sampai dengan A-11 dan untuk hasil perhitungan biaya normal dan biaya percepatan pada masing-masing item pekerjaan yang diperoleh dari *Microsoft project* dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil perhitungan biaya percepatan pada *Microsoft Project* 2016

No	Uraian Pekerjaan	Biaya Normal	Biaya Percepatan
----	------------------	--------------	------------------

			Lembur 1 jam	Lembur2 jam	Lembur 3 jam
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (di air) / Pilar	Rp234.629.926,50	Rp237.782.950,50	Rp241.658.542,50	Rp245.731.195,75
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	Rp307.162.960,37	Rp308.035.944,40	Rp308.940.531,41	Rp309.996.452,19
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / <i>Abutment</i>	Rp338.534.416,00	Rp342.182.676,00	Rp348.019.764,61	Rp355.316.407,98
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / <i>abutment</i>	Rp244.493.895,51	Rp245.902.688,03	Rp248.098.860,55	Rp251.090.131,59
5	Pemancangan <i>Sheet Pile</i> Beton <i>Type W 350 A120</i>	Rp68.093.954,16	Rp71.831.606,56	Rp75.241.535,87	Rp76.835.040,52
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	Rp382.678.121,04	Rp388.733.568,98	Rp400.632.171,06	Rp411.999.525,59
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	Rp11.671.951,58	Rp0,00	Rp12.054.307,54	Rp12.951.021,80
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	Rp305.665.043,50	Rp308.959.103,50	Rp315.147.943,50	Rp319.739.659,94
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	Rp155.733.270,86	Rp157.106.346,19	Rp158.695.116,64	Rp159.614.342,98
10	Timbunan biasa	Rp43.776.976,26	Rp44.035.029,24	Rp44.139.205,24	Rp45.134.987,66

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.7 menunjukkan biaya normal dan biaya percepatan pada masing-masing item pekerjaan. Terdapat perbedaan antara biaya normal dan biaya percepatan akibat pengaruh dari waktu lembur 1 jam, 2 jam dan 3 jam yang diinput menggunakan *Microsoft Project 2016*. Perhitungan biaya normal dan biaya percepatan pada Tabel 5.7 menggunakan Persamaan 3.13 hingga Persamaan 3.19 yang terlampir pada BAB III hal.61 dan 63.

3. *Cost Variance, Duration Variance dan Cost Slope*

Pada analisis *Cost variance* dan *Duration variance* dihitung menggunakan *Microsoft Project 2016* yang akan digunakan untuk perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total. Berdasarkan pada Tabel 5.7 juga dapat diketahui selisih biaya (*Cost variance*) antara biaya normal dengan biaya percepatan tiap lemburnya, yaitu dengan cara :

$$\text{Selisih biaya} = \text{Biaya Percepatan} - \text{Biaya normal}$$

Sebagai contoh diambil salah satu dari item pekerjaan untuk perhitungan *cost variance* sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

Biaya normal : Rp234.629.926,50

Biaya percepatan 1 jam = Rp237.782.950,50

Cost variance L. 1 jam = Rp237.782.950,50 - Rp234.629.926,50
= Rp3.153.024,00

Hasil analisis *cost variance* dari seluruh item pekerjaan dengan menggunakan *Microsoft Project* 2016 dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil perhitungan *cost variance* pada *Microsoft Project* 2016 dengan penambahan lembur

No	Uraian Pekerjaan	Biaya Normal	Cost Variance		
			Lembur 1 jam	Lembur2 jam	Lembur 3 jam
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (diair) / Pilar	Rp234.629.926,50	Rp3.153.024,00	Rp7.028.616,00	Rp11.101.269,25
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	Rp307.162.960,37	Rp872.984,03	Rp1.777.571,04	Rp2.833.491,82
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	Rp338.534.416,00	Rp3.648.260,00	Rp9.485.348,61	Rp16.781.991,98
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / abutment	Rp244.493.895,51	Rp1.408.792,52	Rp3.604.965,04	Rp6.596.236,08
5	Pemancangan Sheet Pile Beton Type W 350 A120	Rp68.093.954,16	Rp3.737.652,40	Rp7.147.581,71	Rp8.741.086,36
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	Rp382.678.121,04	Rp6.055.447,94	Rp17.954.050,02	Rp29.321.404,55
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	Rp11.671.951,58	Rp0,00	Rp382.355,96	Rp1.279.070,22
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	Rp305.665.043,50	Rp3.294.060,00	Rp9.482.900,00	Rp14.074.616,44
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	Rp155.733.270,86	Rp1.373.075,33	Rp2.961.845,78	Rp3.881.072,12
10	Timbunan biasa	Rp43.776.976,26	Rp258.052,98	Rp362.228,98	Rp1.358.011,40

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.8 menunjukkan nilai *cost variance* terbesar pada pekerjaan Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar dan nilai *cost variance* terkecil pada

pekerjaan Timbunan Biasa. Perhitungan *cost variance* pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.9 yang terlampir pada BAB III hal.61.

Duration variance merupakan selisih durasi antara durasi normal dan durasi percepatan. Sebagai contoh diambil salah satu dari item pekerjaan untuk perhitungan *duration variance* sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

Durasi normal = 35 hari

Durasi Percepatan

Lembur 1 jam = 32 hari

Duration variance = 35 hari – 32 hari
 = 3 hari

Untuk hasil analisis *duration variance* dari semua item pekerjaan dengan menggunakan *Microsoft Project* 2016 dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil perhitungan *duration variance* pada *Microsoft Project* 2016 dengan penambahan lembur

No	Item Pekerjaan	Durasi (hari)	<i>Duration Variance</i> (hari)		
			L. 1 jam	L. 2 jam	L. 3 jam
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (diair) / Pilar	35	3	6	8
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	35	3	6	8
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	50	5	9	11
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / abutment	50	5	9	11
5	Pemancangan Sheet Pile Beton Type W 350 A120	25	2	4	6
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	57	6	10	13
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	5	0	1	1
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	30	3	5	7

9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	12	1	2	3
10	Timbunan biasa	11	1	2	2

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.9 menunjukkan *duration variance* terbesar pada pekerjaan pemasangan jembatan rangka baja standar dan *duration variance* terkecil pada pekerjaan pemasangan baja struktur BJ 34. Perhitungan *duration variance* pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.8 yang terlampir pada BAB III hal.61.

Cost Slope merupakan biaya perhari dari selisih biaya normal dengan biaya percepatan dan selisih durasi normal dengan durasi percepatan. Salah satu contoh perhitungan *cost slope* dari item pekerjaan kritis adalah sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

Cost Variance

Lembur 1 jam = Rp3.153.024,00

Duration Variance

Lembur 1 jam = 3 hari

Cost Slope

Lembur 1 jam = $\frac{\text{Cost variance}}{\text{Duration variance}}$

= $\frac{\text{Rp3.153.024,00}}{3 \text{ hari}}$

= Rp1.051.008,00

Berikut ini analisis *Cost slope* pada masing-masing item pekerjaan berdasarkan waktu lembur pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil analisis *Cost slope* pada *Microsoft Project* 2016 dengan penambahan lembur

No	Item Pekerjaan	<i>Cost Slope</i> per lembur		
		Lembur 1 jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam

1	Baja Tulangan U 32 Ulir (di air) / Pilar	Rp1.051.008,00	Rp1.171.436,00	Rp1.387.658,66
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	Rp290.994,68	Rp296.261,84	Rp354.186,48
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	Rp729.652,00	Rp1.053.927,62	Rp1.525.635,63
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / abutment	Rp281.758,50	Rp400.551,67	Rp599.657,83
5	Pemancangan Sheet Pile Beton Type W 350 A120	Rp1.868.826,20	Rp1.786.895,43	Rp1.456.847,73

Tabel 5.10 (Lanjutan)

No	Item Pekerjaan	Cost Slope per lembur		
		Lembur 1 jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	Rp1.009.241,32	Rp1.795.405,00	Rp2.255.492,66
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	Rp0,00	Rp382.355,96	Rp1.279.070,22
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	Rp1.098.020,00	Rp1.896.580,00	Rp2.010.659,49
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	Rp1.373.075,33	Rp1.480.922,89	Rp1.293.690,71
10	Timbunan biasa	Rp258.052,98	Rp181.114,49	Rp679.005,70

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.10 menunjukkan beberapa item pekerjaan yang memiliki nilai *cost slope* terbesar dan terkecil. Perhitungan *cost slope* pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.7 yang terlampir pada BAB III hal.60.

Untuk menguji kemungkinan efisiensi *Crashing* dengan melakukan *crashing* ulang dari *cost slope* terkecil. Urutan kegiatan kritis hasil *crashing* dari nilai *cost slope* terkecil sampai yang terbesar dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Urutan Uraian Pekerjaan berdasarkan nilai *cost slope* terkecil hingga

Terbesar pada penambahan lembur 1 jam

KODE	Durasi (hari)			Biaya (Rp)		Slope A-Z
	Normal	Crash	Selisih	Normal	Crash	
PBSBJ34	5	5	0	Rp11.671.951,58	Rp0,00	Rp0,00
TB	11	10	1	Rp43.776.976,26	Rp44.035.029,24	Rp258.052,98
BMS20darat	50	45	5	Rp244.493.895,51	Rp245.902.688,03	Rp281.758,50
BMS20air	35	32	3	Rp307.162.960,37	Rp308.035.944,40	Rp290.994,68
BTU32darat	50	45	5	Rp338.534.416,00	Rp342.182.676,00	Rp729.652,00
PJRBS	57	51	6	Rp382.678.121,04	Rp388.733.568,98	Rp1.009.241,32
BTU32air	35	32	3	Rp234.629.926,50	Rp237.782.950,50	Rp1.051.008,00
BTU32LJ	30	27	3	Rp305.665.043,50	Rp308.959.103,50	Rp1.098.020,00
BMS30LJ	12	11	1	Rp155.733.270,86	Rp157.106.346,19	Rp1.373.075,33
PSPBTW350	25	23	2	Rp68.093.954,16	Rp71.831.606,56	Rp1.868.826,20

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.11 menunjukkan urutan nilai *cost slope* yang terkecil hingga yang terbesar berdasarkan penambahan lembur 1 jam. Tata letak dari masing-masing item pekerjaan akan berubah sesuai nilai *cost slope* yang telah diurut.

Urutan kegiatan kritis hasil *crashing* dari nilai *cost slope* terkecil sampai yang terbesar untuk selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Urutan Uraian Pekerjaan berdasarkan nilai *cost slope* terkecil hingga Terbesar pada penambahan lembur 2 jam

KODE	Durasi (hari)			Biaya (Rp)		Slope A-Z
	Normal	Crash	Selisih	Normal	Crash	
TB	11	9	2	Rp43.776.976,26	Rp44.139.205,24	Rp181.114,49
BMS20air	35	29	6	Rp307.162.960,37	Rp308.940.531,41	Rp296.261,84
PBSBJ34	5	4	1	Rp11.671.951,58	Rp12.054.307,54	Rp382.355,96
BMS20darat	50	41	9	Rp244.493.895,51	Rp248.098.860,55	Rp400.551,67
BTU32darat	50	41	9	Rp338.534.416,00	Rp348.019.764,61	Rp1.053.927,62
BTU32air	35	29	6	Rp234.629.926,50	Rp241.658.542,50	Rp1.171.436,00
BMS30LJ	12	10	2	Rp155.733.270,86	Rp158.695.116,64	Rp1.480.922,89

PSPBTW350	25	21	4	Rp68.093.954,16	Rp75.241.535,87	Rp1.786.895,43
PJRBS	57	47	10	Rp382.678.121,04	Rp400.632.171,06	Rp1.795.405,00
BTU32LJ	30	25	5	Rp305.665.043,50	Rp315.147.943,50	Rp1.896.580,00

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.12 menunjukkan urutan nilai *cost slope* yang terkecil hingga yang terbesar berdasarkan penambahan lembur 2 jam. Tata letak dari masing-masing item pekerjaan akan berubah sesuai nilai *cost slope* yang telah di urut.

Urutan kegiatan kritis hasil *crashing* dari nilai *cost slope* terkecil sampai yang terbesar untuk selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Urutan Uraian Pekerjaan berdasarkan nilai *cost slope* terkecil hingga Terbesar pada penambahan lembur 3 jam

KODE	Durasi (hari)			Biaya (Rp)		Slope A-Z
	Normal	Crash	Selisih	Normal	Crash	
BMS20air	35	27	8	Rp307.162.960,37	Rp309.996.452,19	Rp354.186,48
BMS20darat	50	39	11	Rp244.493.895,51	Rp251.090.131,59	Rp599.657,83
TB	11	9	2	Rp43.776.976,26	Rp45.134.987,66	Rp679.005,70
PBSBJ34	5	4	1	Rp11.671.951,58	Rp12.951.021,80	Rp1.279.070,22
BMS30LJ	12	9	3	Rp155.733.270,86	Rp159.614.342,98	Rp1.293.690,71
BTU32air	35	27	8	Rp234.629.926,50	Rp245.731.195,75	Rp1.387.658,66
PSPBTW350	25	19	6	Rp68.093.954,16	Rp76.835.040,52	Rp1.456.847,73
BTU32darat	50	39	11	Rp338.534.416,00	Rp355.316.407,98	Rp1.525.635,63
BTU32LJ	30	23	7	Rp305.665.043,50	Rp319.739.659,94	Rp2.010.659,49
PJRBS	57	44	13	Rp382.678.121,04	Rp411.999.525,59	Rp2.255.492,66

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.13 menunjukkan urutan nilai *cost slope* yang terkecil hingga yang terbesar berdasarkan penambahan lembur 3 jam. Tata letak dari masing-masing item pekerjaan akan berubah sesuai nilai *cost slope* yang telah di urut.

5.3.3 Analisis Biaya Proyek

Setelah melalui proses analisis perhitungan sebelumnya, maka dapat dilanjutkan pada analisis biaya langsung, analisis biaya tidak langsung, dan analisis biaya total. Berikut ini merupakan rincian analisis biaya yang telah dibuat

menggunakan *Microsoft Excel 2010* berdasarkan hasil perhitungan *Microsoft Project 2016* sebagai berikut :

1. Analisis Biaya Langsung

Biaya langsung merupakan biaya yang langsung berpengaruh terhadap pelaksanaan fisik proyek, bisa juga disebut dengan biaya *resources*/tenaga kerja. Metode pelaksanaan sangat besar pengaruhnya terhadap biaya langsung suatu proyek. Berdasarkan pada penjelasan tersebut, maka diperoleh biaya langsung sebesar Rp6.799.346.860,57 yang didapat dari perhitungan menggunakan *Microsoft Project 2016*. Didalam biaya ini hanya ada biaya bahan dan biaya tenaga kerja sehingga tidak termasuk ke dalam biaya tidak langsung. Pada analisis biaya langsung, proses perhitungan akan dibuat berdasarkan pada waktu lembur.

a. Biaya Langsung pada penambahan lembur 1 jam

Untuk perhitungan biaya langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya langsung akibat percepatan (**Kode : BTU32air**)

Nama pekerjaan: Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

Nilai kumulatif didapatkan melalui persamaan :

$$= \text{Nilai kumulatif sebelumnya} - \text{selisih durasi}$$

$$\text{Lembur 1 jam} = 215 \text{ hari} - 3 \text{ hari}$$

$$= 212 \text{ hari}$$

Perhitungan biaya langsung lembur :

$$\text{Lembur 1 jam} = \text{biaya kumulatif sebelumnya} + (\text{Cost variance}$$

$$\text{BTU32air 1 jam})$$

$$= \text{Rp}6.811.590.398,04 + \text{Rp}3.153.024,00$$

$$= \text{Rp}6.814.743.422,04$$

Berikut hasil perhitungan biaya langsung pada pekerjaan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.14.

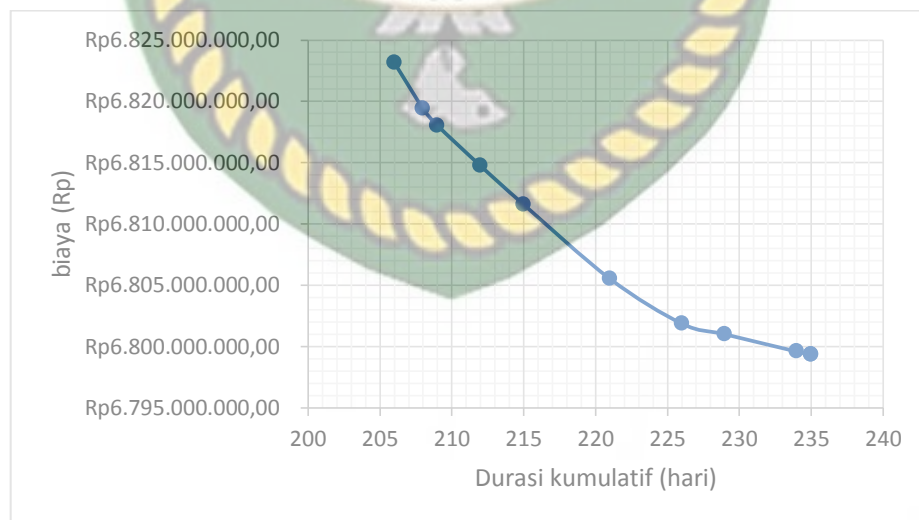
Tabel 5.14 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan lembur 1 jam

KODE	Durasi (hari)	Durasi	Cost variance	Biaya Langsung
------	---------------	--------	---------------	----------------

	Normal	Crash	Selisih	Kumulatif		
				235		Rp6.799.346.860,57
PBSBJ34	5	5	0	235	Rp0,00	Rp6.799.346.860,57
TB	11	10	1	234	Rp258.052,98	Rp6.799.604.913,55
BMS20darat	50	45	5	229	Rp1.408.792,52	Rp6.801.013.706,07
BMS20air	35	32	3	226	Rp872.984,03	Rp6.801.886.690,10
BTU32darat	50	45	5	221	Rp3.648.260,00	Rp6.805.534.950,10
PJRBS	57	51	6	215	Rp6.055.447,94	Rp6.811.590.398,04
BTU32air	35	32	3	212	Rp3.153.024,00	Rp6.814.743.422,04
BTU32LJ	30	27	3	209	Rp3.294.060,00	Rp6.818.037.482,04
BMS30LJ	12	11	1	208	Rp1.373.075,33	Rp6.819.410.557,37
PSPBTW350	25	23	2	206	Rp3.737.652,40	Rp6.823.148.209,77

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.14 menunjukkan peningkatan biaya langsung akibat penambahan waktu lembur 1 jam sebesar Rp6.823.148.209,77. Biaya ini sesuai dengan biaya aktual yang telah diperoleh pada *Microsoft Project 2016* berdasarkan waktu lembur 1 jam. Untuk grafik hubungan antara biaya langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik biaya langsung pada penambahan lembur 1 jam

Pada Gambar 5.1 menunjukkan biaya langsung mengalami kenaikan setelah mengalami percepatan. Kenaikan didasari akibat penambahan jam kerja selama 1 jam. Pada durasi normal, biaya langsung dalam 235 hari sebesar

Rp6.799.346.860,57, setelah mengalami percepatan dengan durasi kumulatif 206 hari biaya tersebut menjadi Rp6.823.148.209,77 dengan kenaikan sebesar Rp23.801.349,20 atau naik sebesar 0,35%.

b. Biaya Langsung pada Penambahan Lembur 2 jam

Untuk perhitungan biaya langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya langsung akibat percepatan (**Kode : BTU32air**)

Nama pekerjaan : Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

Nilai kumulatif didapatkan melalui persamaan :

$$= \text{Nilai kumulatif sebelumnya} - \text{selisih durasi}$$

$$\text{Lembur 2 jam} = 208 \text{ hari} - 6 \text{ hari}$$

$$= 202 \text{ hari}$$

Perhitungan biaya langsung lembur :

$$\text{Lembur 2 jam} = \text{biaya kumulatif sebelumnya} + (\text{Cost variance}$$

$$\text{BTU32air 2 jam)}$$

$$= \text{Rp6.814.959.330,20} + \text{Rp7.028.616,00}$$

$$= \text{Rp6.821.987.946,20}$$

Berikut hasil perhitungan biaya langsung pada pekerjaan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan lembur 2 jam

KODE	Durasi (hari)			Durasi Kumulatif	Cost variance	Biaya Langsung
	Normal	Crash	Selisih			
				235		Rp6.799.346.860,57
TB	11	9	2	233	Rp362.228,98	Rp6.799.709.089,55
BMS20air	35	29	6	227	Rp1.777.571,04	Rp6.801.486.660,59
PBSBJ34	5	4	1	226	Rp382.355,96	Rp6.801.869.016,55
BMS20darat	50	41	9	217	Rp3.604.965,04	Rp6.805.473.981,59
BTU32darat	50	41	9	208	Rp9.485.348,61	Rp6.814.959.330,20

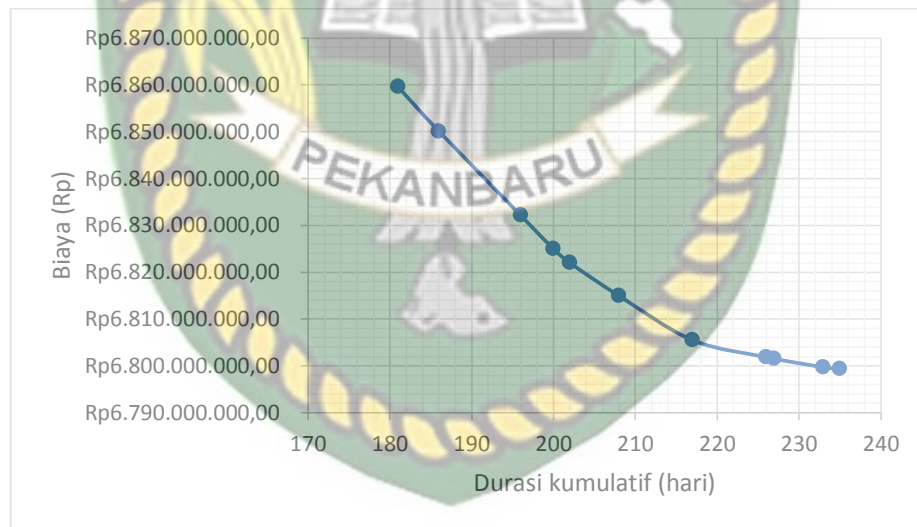
BTU32air	35	29	6	202	Rp7.028.616,00	Rp6.821.987.946,20
BMS30LJ	12	10	2	200	Rp2.961.845,78	Rp6.824.949.791,98
PSPBTW350	25	21	4	196	Rp7.147.581,71	Rp6.832.097.373,69

Tabel 5.15 (Lanjutan)

KODE	Durasi (hari)			Durasi Kumulatif	Cost variance	Biaya Langsung
	Normal	Crash	Selisih			
PJRBS	57	47	10	186	Rp17.954.050,02	Rp6.850.051.423,71
BTU32LJ	30	25	5	181	Rp9.482.900,00	Rp6.859.534.323,71

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.15 menunjukkan peningkatan biaya langsung akibat penambahan waktu lembur 2 jam sebesar Rp6.859.534.323,71. Biaya ini sesuai dengan biaya aktual yang telah diperoleh pada *Microsoft Project 2016* berdasarkan waktu lembur 2 jam. Untuk grafik hubungan antara biaya langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik biaya langsung pada penambahan lembur 2 jam

Pada Gambar 5.2 menunjukkan biaya langsung mengalami kenaikan setelah mengalami percepatan. Kenaikan didasari akibat penambahan jam kerja selama 2 jam. Pada durasi normal, biaya langsung dalam 235 hari sebesar Rp6.799.346.860,57, setelah mengalami percepatan dengan durasi kumulatif 180 hari biaya tersebut menjadi Rp6.859.534.323,71 dengan kenaikan sebesar Rp60.187.463,14 atau naik sebesar 0,89%.

c. Biaya Langsung pada Penambahan Lembur 3 jam

Untuk perhitungan biaya langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya langsung akibat percepatan (**Kode : BTU32air**)

Nama pekerjaan: Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

Nilai kumulatif didapatkan melalui persamaan :

$$= \text{Nilai kumulatif sebelumnya} - \text{selisih durasi}$$

$$\text{Lembur 3 jam} = 210 \text{ hari} - 8 \text{ hari}$$

$$= 202 \text{ hari}$$

Perhitungan biaya langsung lembur :

$$\text{Lembur 3 jam} = \text{biaya kumulatif sebelumnya} + (\text{Cost variance}$$

$$\text{BTU32air 3 jam})$$

$$= \text{Rp}6.815.294.742,21 + \text{Rp}11.101.269,25$$

$$= \text{Rp}6.826.396.011,46$$

Berikut hasil perhitungan biaya langsung pada pekerjaan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan lembur 3 jam

KODE	Durasi (hari)			Durasi Kumulatif	Cost variance	Biaya Langsung
	Normal	Crash	Selisih			
				235		Rp6.799.346.860,57
BMS20air	35	27	8	227	Rp2.833.491,82	Rp6.802.180.352,39
BMS20darat	50	39	11	216	Rp6.596.236,08	Rp6.808.776.588,47
TB	11	9	2	214	Rp1.358.011,40	Rp6.810.134.599,87
PBSBJ34	5	4	1	213	Rp1.279.070,22	Rp6.811.413.670,09
BMS30LJ	12	9	3	210	Rp3.881.072,12	Rp6.815.294.742,21
BTU32air	35	27	8	202	Rp11.101.269,25	Rp6.826.396.011,46
PSPBTW350	25	19	6	196	Rp8.741.086,36	Rp6.835.137.097,82
BTU32darat	50	39	11	185	Rp16.781.991,98	Rp6.851.919.089,80

BTU32LJ	30	23	7	178	Rp14.074.616,44	Rp6.865.993.706,24
PJRBS	57	44	13	165	Rp29.321.404,55	Rp6.895.315.110,79

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.16 menunjukkan peningkatan biaya langsung akibat penambahan waktu lembur 3 jam sebesar Rp6.895.315.110,79. Biaya ini sesuai dengan biaya aktual yang telah diperoleh pada *Microsoft Project 2016* berdasarkan waktu lembur 3 jam. Untuk grafik hubungan antara biaya langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik biaya langsung pada penambahan lembur 3 jam

Pada Gambar 5.3 menunjukkan biaya langsung mengalami kenaikan setelah mengalami percepatan. Kenaikan didasari akibat penambahan jam kerja selama 3 jam. Pada durasi normal, biaya langsung dalam 235 hari sebesar Rp6.799.346.860,57, setelah mengalami percepatan dengan durasi kumulatif 165 hari biaya tersebut menjadi Rp6.895.315.110,79 dengan kenaikan sebesar Rp95.968.250,22 atau naik sebesar 1,41%.

2. Analisis Biaya tidak Langsung

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11/PRT/M/2013 menjelaskan bahwa biaya umum adalah biaya tidak langsung yang dikeluarkan untuk mendukung terwujudnya pekerjaan yang bersangkutan atau biaya yang diperhitungkan sebagai biaya operasional.

Biaya umum/*overhead* ini dihitung berdasarkan persentase dari biaya langsung yang besarnya tergantung dari lama waktu pelaksanaan pekerjaan, besarnya tingkat bunga yang berlaku dan lain sebagainya sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Keuntungan ini sudah termasuk biaya resiko pekerjaan selama pelaksanaan dan masa pemeliharaan dalam kontrak pekerjaan. Perhitungan biaya umum dan keuntungan/*overhead and profit* yang wajar maksimal 15% sebagaimana tertuang dalam conoth penjelasan Perpres No.70 tahun 2012 Pasal 66 Ayat 8 digunakan jika tidak ada standarisasi yang mengatur. Nilai ini didapatkan dari nilai optimum yang relatif dekat dengan tingkat suku bunga Bank Indonesia.

Pada proyek ini, nilai persentase dari biaya *overhead and profit* adalah sebesar 15%, sehingga untuk mencari biaya tidak langsung didapat dari hasil analisis sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{biaya tidak langsung} &= 15\% \times \text{biaya langsung} \\ &= 15\% \times \text{Rp}6.799.346.860,57 \\ &= \text{Rp}1.019.902.029,00\end{aligned}$$

a. Biaya Tidak Langsung pada Penambahan Lembur 1 jam

Untuk perhitungan biaya tidak langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya tidak langsung akibat percepatan (Kode : **BTU32air**)

Nilai kumulatif didapatkan melalui persamaan :

$$\begin{aligned}\text{Lembur 1 jam} &= \text{Nilai kumulatif sebelumnya} - \text{selisih durasi} \\ &= 215 \text{ hari} - 3 \text{ hari} \\ &= 212 \text{ hari}\end{aligned}$$

Perhitungan biaya tidak langsung pada lembur :

$$\begin{aligned}\text{Lembur 1 jam} &= (\text{Biaya tidak langsung sebelumnya/durasi} \\ &\quad \text{kumulatif sebelumnya}) \times \text{durasi kumulatif} \\ &= (\text{Rp}933.101.856,32 / 215) \times 212 \\ &= \text{Rp}920.081.830,42\end{aligned}$$

Berikut hasil perhitungan biaya tidak langsung pada pekerjaan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada lembur 1 jam

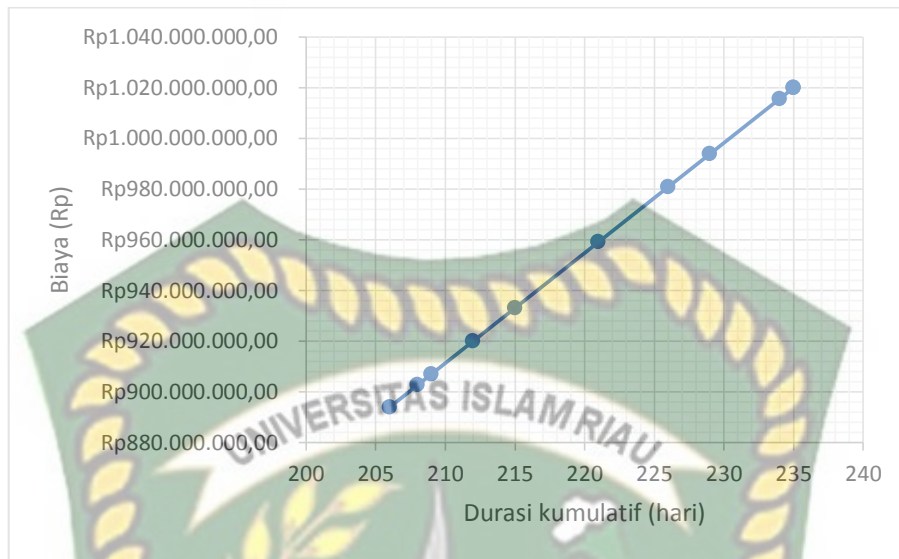
KODE	Durasi (hari)			Durasi Kumulatif	Biaya Tidak Langsung
	Normal	Crash	Selisih		
				235	Rp1.019.902.029,00
PBSBJ34	5	5	0	235	Rp1.019.902.029,00
TB	11	10	1	234	Rp1.015.562.020,37
BMS20darat	50	45	5	229	Rp993.861.977,20
BMS20air	35	32	3	226	Rp980.841.951,29
BTU32darat	50	45	5	221	Rp959.141.908,12
PJRBS	57	51	6	215	Rp933.101.856,32

Tabel 5.17 (Lanjutan)

KODE	Durasi (hari)			Durasi Kumulatif	Biaya Tidak Langsung
	Normal	Crash	Selisih		
BTU32air	35	32	3	212	Rp920.081.830,42
BTU32LJ	30	27	3	209	Rp907.061.804,51
BMS30LJ	12	11	1	208	Rp902.721.795,88
PSPBTW350	25	23	2	206	Rp894.041.778,61

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.17 menunjukkan penurunan biaya tidak langsung pada penambahan lembur 1 jam sebesar Rp894.041.778,61 dengan durasi kumulatif 206 hari. Untuk grafik hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik biaya tidak langsung pada penambahan lembur 1 jam

Pada Gambar 5.4 menunjukkan biaya tidak langsung mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya tidak langsung selama 235 hari sebesar Rp1.019.902.029,00, sehingga untuk biaya tidak langsung dengan durasi percepatan 206 hari sebesar Rp894.041.778,61 dengan penurunan sebesar Rp125.860.250,39 atau turun sebesar 12,34%.

b. Biaya Tidak Langsung pada Penambahan Lembur 2 jam

Untuk perhitungan biaya tidak langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya tidak langsung akibat percepatan (Kode : **BTU32air**)

Nilai kumulatif didapatkan melalui persamaan :

$$= \text{Nilai kumulatif sebelumnya} - \text{selisih durasi}$$

$$\text{Lembur 2 jam} = 208 \text{ hari} - 6 \text{ hari}$$

$$= 202 \text{ hari}$$

Perhitungan biaya tidak langsung pada lembur :

$$\text{Lembur 2 jam} = (\text{Biaya tidak langsung sebelumnya} / \text{durasi kumulatif sebelumnya}) \times \text{durasi kumulatif}$$

$$= (\text{Rp}902.721.795,88 / 208) \times 202$$

= Rp876.681.744,08

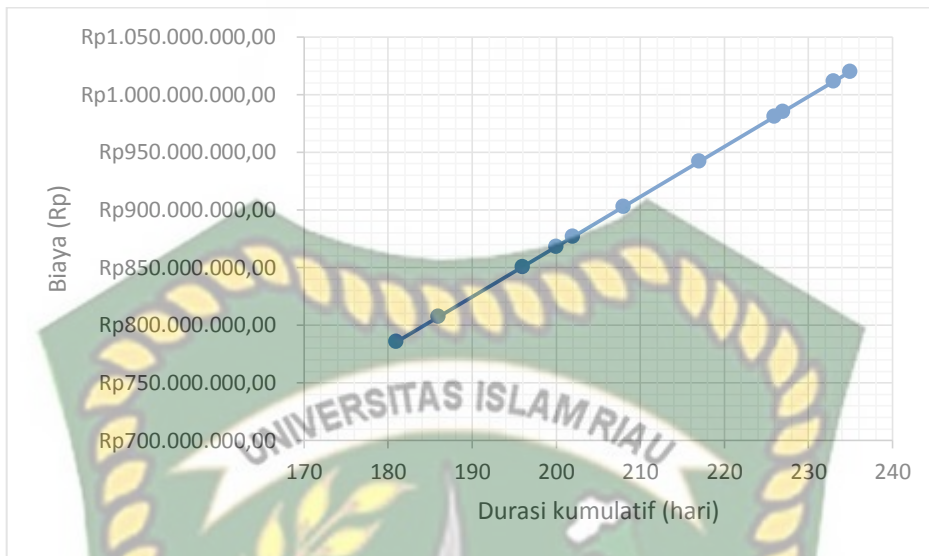
Berikut hasil perhitungan biaya tidak langsung pada pekerjaan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada lembur 2 jam

KODE	Durasi (hari)			Durasi Kumulatif	Biaya Tidak Langsung
	Normal	Crash	Selisih		
				235	Rp1.019.902.029,00
TB	11	9	2	233	Rp1.011.222.011,73
BMS20air	35	29	6	227	Rp985.181.959,93
PBSBJ34	5	4	1	226	Rp980.841.951,29
BMS20darat	50	41	9	217	Rp941.781.873,59
BTU32darat	50	41	9	208	Rp902.721.795,88
BTU32air	35	29	6	202	Rp876.681.744,08
BMS30LJ	12	10	2	200	Rp868.001.726,81
PSPBTW350	25	21	4	196	Rp850.641.692,27
PJRBS	57	47	10	186	Rp807.241.605,93
BTU32LJ	30	25	5	181	Rp785.541.562,76

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.18 menunjukkan penurunan biaya tidak langsung pada penambahan lembur 2 jam sebesar Rp785.541.562,76 dengan durasi kumulatif 181 hari. Untuk grafik hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik biaya tidak langsung pada penambahan lembur 2 jam

Pada Gambar 5.5 menunjukkan biaya tidak langsung mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya tidak langsung selama 235 hari sebesar Rp1.019.902.029,00, sehingga untuk biaya tidak langsung dengan durasi percepatan 181 hari sebesar Rp785.541.562,76 dengan penurunan sebesar Rp234.360.466,24 atau turun sebesar 22,98%.

c. Biaya Tidak Langsung pada Penambahan Lembur 3 jam

Untuk perhitungan biaya langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya tidak langsung akibat percepatan (Kode : **BTU32air**)

Nilai kumulatif didapatkan melalui persamaan :

$$= \text{Nilai kumulatif sebelumnya} - \text{selisih durasi}$$

$$\text{Lembur 3 jam} = 215 \text{ hari} - 3 \text{ hari}$$

$$= 212 \text{ hari}$$

Perhitungan biaya tidak langsung pada lembur :

$$\text{Lembur 3 jam} = (\text{Biaya tidak langsung sebelumnya} / \text{durasi kumulatif sebelumnya}) \times \text{durasi kumulatif}$$

$$= (\text{Rp}911.401.813,15 / 210) \times 202$$

$$= \text{Rp}876.681.744,08$$

$$= \text{Rp}876.681.744,08$$

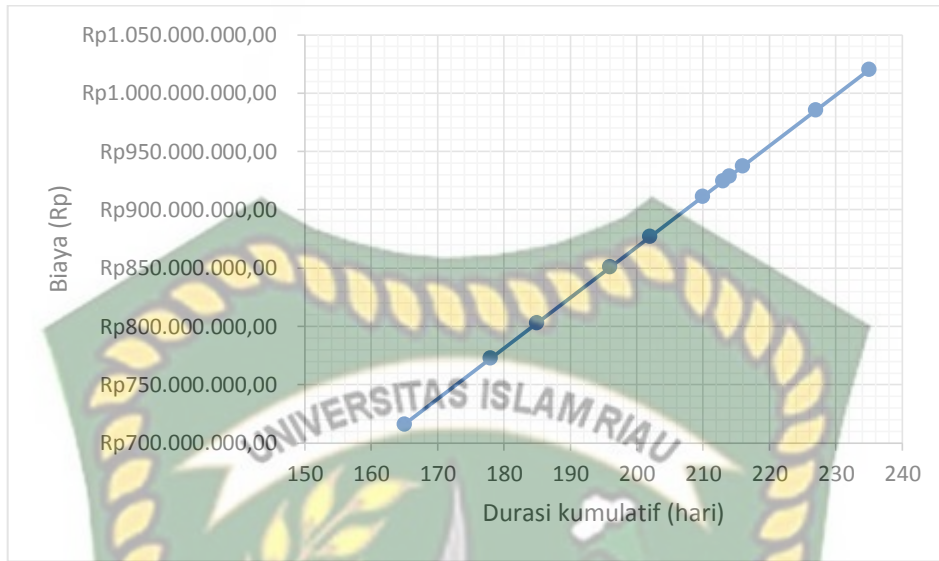
Berikut hasil perhitungan biaya tidak langsung pada pekerjaan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada lembur 3 jam

KODE	Durasi (hari)			Durasi Kumulatif	Biaya Tidak Langsung
	Normal	Crash	Selisih		
				235	Rp1.019.902.029,00
BMS20air	35	27	8	227	Rp985.181.959,93
BMS20darat	50	39	11	216	Rp937.441.864,95
TB	11	9	2	214	Rp928.761.847,69
PBSBJ34	5	4	1	213	Rp924.421.839,05
BMS30LJ	12	9	3	210	Rp911.401.813,15
BTU32air	35	27	8	202	Rp876.681.744,08
PSPBTW350	25	19	6	196	Rp850.641.692,27
BTU32darat	50	39	11	185	Rp802.901.597,30
BTU32LJ	30	23	7	178	Rp772.521.536,86
PJRBS	57	44	13	165	Rp716.101.424,62

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.19 menunjukkan penurunan biaya tidak langsung pada penambahan lembur 3 jam sebesar Rp716.101.424,62 dengan durasi kumulatif 165 hari. Untuk grafik hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik biaya tidak langsung pada penambahan lembur 3 jam

Pada Gambar 5.6 menunjukkan biaya tidak langsung mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya tidak langsung selama 235 hari sebesar Rp1.019.902.029,00, sehingga untuk biaya tidak langsung dengan durasi percepatan 165 hari sebesar Rp716.101.424,62 dengan penurunan sebesar Rp303.800.604,38 atau turun sebesar 29,79%.

3. Analisis Biaya Total

Dalam menentukan biaya total terhadap total durasi proyek dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Total biaya} = \text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung}$$

Sehingga nilai dari biaya total proyek adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{Rp}6.799.346.860,57 + \text{Rp}1.019.902.029,00 \\ &= \text{Rp}7.819.248.889,57 \end{aligned}$$

a. Biaya Total pada Penambahan Lembur 1 jam

Untuk perhitungan biaya total dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya total akibat percepatan pada salah satu item pekerjaan (Kode : **BTU32air**).

Perhitungan biaya total pada lembur :

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 jam} &= \text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung} \\ &= \text{Rp}6.814.743.422,04 + \text{Rp}920.081.830,42 \end{aligned}$$

= Rp7.734.825.252,46

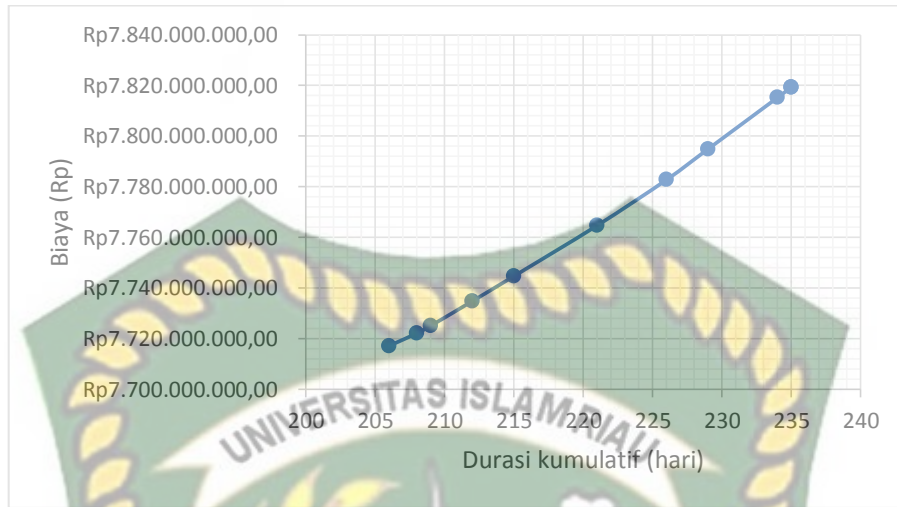
Hasil perhitungan biaya total proyek pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan lembur 1 jam

Kode	Durasi Kumulatif	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	BiayaTotal
	235	Rp6.799.346.860,57	Rp1.019.902.029,00	Rp7.819.248.889,57
PBSBJ34	235	Rp6.799.346.860,57	Rp1.019.902.029,00	Rp7.819.248.889,57
TB	234	Rp6.799.604.913,55	Rp1.015.562.020,37	Rp7.815.166.933,92
BMS20darat	229	Rp6.801.013.706,07	Rp993.861.977,20	Rp7.794.875.683,27
BMS20air	226	Rp6.801.886.690,10	Rp980.841.951,29	Rp7.782.728.641,39
BTU32darat	221	Rp6.805.534.950,10	Rp959.141.908,12	Rp7.764.676.858,22
PJRBS	215	Rp6.811.590.398,04	Rp933.101.856,32	Rp7.744.692.254,36
BTU32air	212	Rp6.814.743.422,04	Rp920.081.830,42	Rp7.734.825.252,46
BTU32LJ	209	Rp6.818.037.482,04	Rp907.061.804,51	Rp7.725.099.286,55
BMS30LJ	208	Rp6.819.410.557,37	Rp902.721.795,88	Rp7.722.132.353,25
PSPBTW350	206	Rp6.823.148.209,77	Rp894.041.778,61	Rp7.717.189.988,38

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.20 menunjukkan penurunan dari biaya total berdasarkan pada hasil penambahan biaya langsung dengan biaya tidak langsung terhadap durasi kumulatif 206 hari sebesar Rp7.717.189.988,38. Perhitungan biaya total pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.20 yang terlampir pada BAB III hal.63. Untuk grafik hubungan antara biaya total dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik biaya total pada penambahan lembur 1 jam

Pada Gambar 5.7 menunjukkan biaya total mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya total selama 235 hari sebesar Rp7.819.248.889,57, sehingga untuk biaya total dengan durasi percepatan 206 hari sebesar Rp7.717.189.988,38 dengan penurunan sebesar Rp102.058.901,19 atau turun sebesar 1,31 %.

b. Biaya Total pada Penambahan Lembur 2 jam

Untuk perhitungan biaya total dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya total akibat percepatan pada salah satu item pekerjaan (Kode : **BTU32air**).

Perhitungan biaya total pada lembur :

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur 2 jam} &= \text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung} \\
 &= \text{Rp6.821.987.946,20} + \text{Rp876.681.744,08} \\
 &= \text{Rp7.698.669.690,28}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan biaya total proyek pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.21.

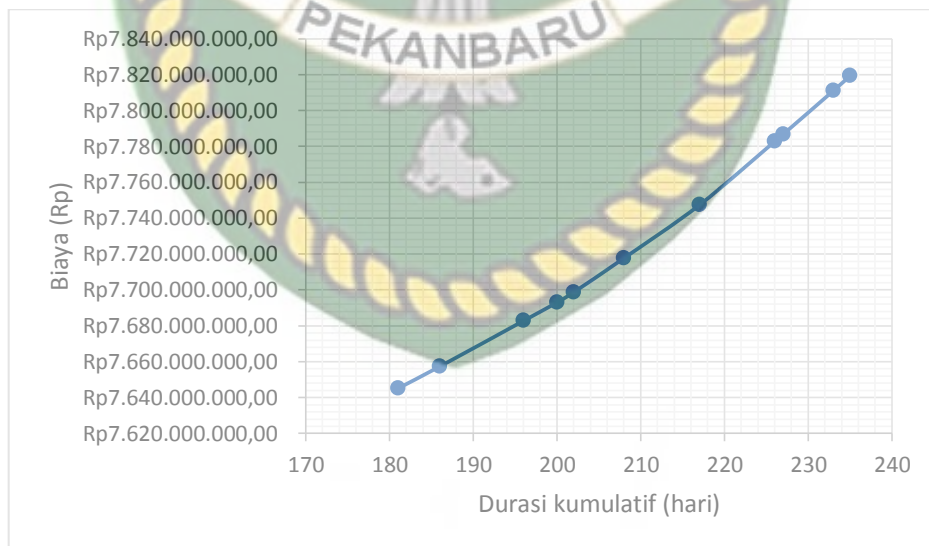
Tabel 5.21 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan lembur 2 jam

Kode	Durasi Kumulatif	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	BiayaTotal
	235	Rp6.799.346.860,57	Rp1.019.902.029,00	Rp7.819.248.889,57

TB	233	Rp6.799.709.089,55	Rp1.011.222.011,73	Rp7.810.931.101,28
BMS20air	227	Rp6.801.486.660,59	Rp985.181.959,93	Rp7.786.668.620,52
PBSBJ34	226	Rp6.801.869.016,55	Rp980.841.951,29	Rp7.782.710.967,84
BMS20darat	217	Rp6.805.473.981,59	Rp941.781.873,59	Rp7.747.255.855,18
BTU32darat	208	Rp6.814.959.330,20	Rp902.721.795,88	Rp7.717.681.126,08
BTU32air	202	Rp6.821.987.946,20	Rp876.681.744,08	Rp7.698.669.690,28
BMS30LJ	200	Rp6.824.949.791,98	Rp868.001.726,81	Rp7.692.951.518,79
PSPBTW350	196	Rp6.832.097.373,69	Rp850.641.692,27	Rp7.682.739.065,96
PJRBS	186	Rp6.850.051.423,71	Rp807.241.605,93	Rp7.657.293.029,64
BTU32LJ	181	Rp6.859.534.323,71	Rp785.541.562,76	Rp7.645.075.886,47

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.21 menunjukkan penurunan dari biaya total berdasarkan pada hasil penambahan biaya langsung dengan biaya tidak langsung terhadap durasi kumulatif 181 hari sebesar Rp7.645.075.886,47. Perhitungan biaya total pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.20 yang terlampir pada BAB III hal.63. Untuk grafik hubungan antara biaya total dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Grafik biaya total pada penambahan lembur 2 jam

Pada Gambar 5.8 menunjukkan biaya total mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya total selama 235 hari sebesar Rp7.819.248.889,57, sehingga untuk biaya total dengan durasi percepatan 181

hari sebesar Rp7.645.075.886,47 dengan penurunan sebesar Rp174.173.003,10 atau turun sebesar 2,23%.

c. Biaya Total pada Penambahan Lembur 3 jam

Untuk perhitungan biaya total dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya total akibat percepatan pada salah satu item pekerjaan (Kode : **BTU32air**).

Perhitungan biaya total pada lembur :

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur 3 jam} &= \text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung} \\
 &= \text{Rp6.826.396.011,46} + \text{Rp876.681.744,08} \\
 &= \text{Rp7.703.077.755,54}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan biaya total proyek pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.22.

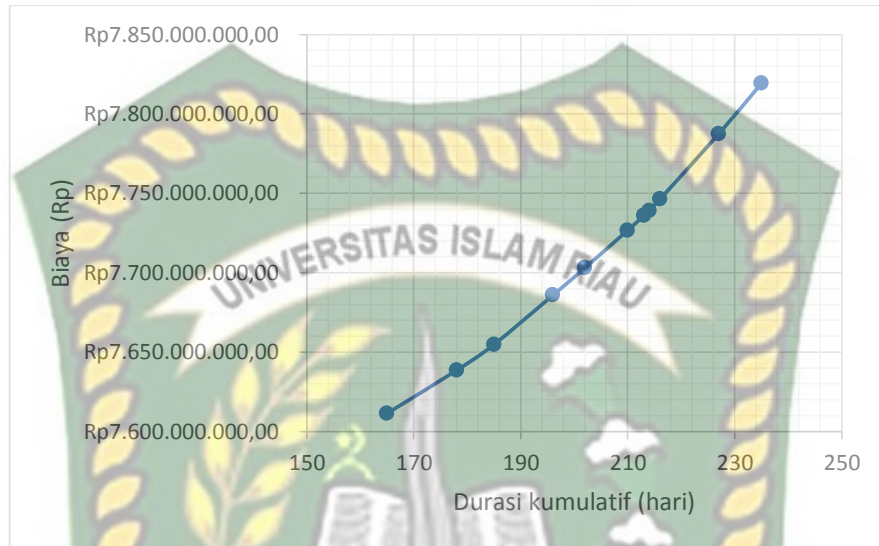
Tabel 5.22 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan lembur 3 jam

Kode	Durasi Kumulatif	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	BiayaTotal
	235	Rp6.799.346.860,57	Rp1.019.902.029,00	Rp7.819.248.889,57
BMS20air	227	Rp6.802.180.352,39	Rp985.181.959,93	Rp7.787.362.312,32
BMS20darat	216	Rp6.808.776.588,47	Rp937.441.864,95	Rp7.746.218.453,42
TB	214	Rp6.810.134.599,87	Rp928.761.847,69	Rp7.738.896.447,56
PBSBJ34	213	Rp6.811.413.670,09	Rp924.421.839,05	Rp7.735.835.509,14
BMS30LJ	210	Rp6.815.294.742,21	Rp911.401.813,15	Rp7.726.696.555,36
BTU32air	202	Rp6.826.396.011,46	Rp876.681.744,08	Rp7.703.077.755,54
PSPBTW350	196	Rp6.835.137.097,82	Rp850.641.692,27	Rp7.685.778.790,09
BTU32darat	185	Rp6.851.919.089,80	Rp802.901.597,30	Rp7.654.820.687,10
BTU32LJ	178	Rp6.865.993.706,24	Rp772.521.536,86	Rp7.638.515.243,10
PJRBS	165	Rp6.895.315.110,79	Rp716.101.424,62	Rp7.611.416.535,41

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.22 menunjukkan penurunan dari biaya total berdasarkan pada hasil penambahan biaya langsung dengan biaya tidak langsung terhadap durasi kumulatif 165 hari sebesar Rp7.611.416.535,41. Perhitungan biaya total pada

tabel diatas menggunakan Persamaan 3.20 yang terlampir pada BAB III hal.63. Untuk grafik hubungan antara biaya total dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Grafik biaya total pada penambahan lembur 3 jam

Pada Gambar 5.9 menunjukkan biaya total mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya total selama 235 hari sebesar Rp7.819.248.889,57, sehingga untuk biaya total dengan durasi percepatan 165 hari sebesar Rp7.611.416.535,41 dengan penurunan sebesar Rp207.832.354,16 atau turun sebesar 2,66%.

5.3.4 Efisiensi Waktu dan Biaya

Berdasarkan hasil analisis durasi percepatan dan biaya total proyek dapat dihitung efisiensi waktu dan biaya dari masing-masing waktu lembur. Perhitungan efisiensi biaya dan waktu adalah sebagai berikut :

Efisiensi waktu dan biaya pada salah satu item pekerjaan (Kode : **BTU32air**).

Perhitungan efisiensi waktu pada lembur :

$$\begin{aligned}
 1 \text{ jam } (Et) &= \left(\frac{\text{durasi proyek} - \text{durasi kumulatif pekerjaan}}{\text{durasi proyek}} \right) \times 100\% \\
 &= \left(\frac{235 - 212}{235} \right) \times 100\% \\
 &= 9,79 \%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.23 dan perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran A-12.

Tabel 5.23 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada lembur 1 jam

Kode	Durasi Kumulatif	BiayaTotal	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
	235	Rp7.819.248.889,57	0	0,00
PBSBJ34	235	Rp7.819.248.889,57	0,00	0,00
TB	234	Rp7.815.166.933,92	0,43	0,05
BMS20darat	229	Rp7.794.875.683,27	2,55	0,31
BMS20air	226	Rp7.782.728.641,39	3,83	0,47
BTU32darat	221	Rp7.764.676.858,22	5,96	0,70
PJRBS	215	Rp7.744.692.254,36	8,51	0,95
BTU32air	212	Rp7.734.825.252,46	9,79	1,08
BTU32LJ	209	Rp7.725.099.286,55	11,06	1,20
BMS30LJ	208	Rp7.722.132.353,25	11,49	1,24
PSPBTW350	206	Rp7.717.189.988,38	12,34	1,31

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.23 menunjukkan efisiensi waktu setelah mengalami percepatan pada lembur 1 jam sebesar 12,34% dan efisiensi biaya sebesar 1,31% dari biaya total pada durasi kumulatif 206 hari. Perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.21 dan 3.22 yang terlampir pada BAB III hal.63. Untuk hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada lembur 2 jam

Kode	Durasi Kumulatif	BiayaTotal	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
	235	Rp7.819.248.889,57	0	0,00

TB	233	Rp7.810.931.101,28	0,85	0,11
BMS20air	227	Rp7.786.668.620,52	3,40	0,42
PBSBJ34	226	Rp7.782.710.967,84	3,83	0,47
BMS20darat	217	Rp7.747.255.855,18	7,66	0,92
BTU32darat	208	Rp7.717.681.126,08	11,49	1,30
BTU32air	202	Rp7.698.669.690,28	14,04	1,54
BMS30LJ	200	Rp7.692.951.518,79	14,89	1,62
PSPBTW350	196	Rp7.682.739.065,96	16,60	1,75
PJRBS	186	Rp7.657.293.029,64	20,85	2,07
BTU32LJ	181	Rp7.645.075.886,47	22,98	2,23

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.24 menunjukkan efisiensi waktu setelah mengalami percepatan pada lembur 2 jam sebesar 22,98% dan efisiensi biaya sebesar 2,23% dari biaya total pada durasi kumulatif 181 hari. Perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.21 dan 3.22 yang terlampir pada BAB III hal.63. Untuk hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada lembur 3 jam

Kode	Durasi Kumulatif	BiayaTotal	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
	235	Rp7.819.248.889,57	0	0,00
BMS20air	227	Rp7.787.362.312,32	3,40	0,41
BMS20darat	216	Rp7.746.218.453,42	8,09	0,93
TB	214	Rp7.738.896.447,56	8,94	1,03
PBSBJ34	213	Rp7.735.835.509,14	9,36	1,07
BMS30LJ	210	Rp7.726.696.555,36	10,64	1,18
BTU32air	202	Rp7.703.077.755,54	14,04	1,49
PSPBTW350	196	Rp7.685.778.790,09	16,60	1,71

BTU32darat	185	Rp7.654.820.687,10	21,28	2,10
BTU32LJ	178	Rp7.638.515.243,10	24,26	2,31
PJRBS	165	Rp7.611.416.535,41	29,79	2,66

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.25 menunjukkan efisiensi waktu setelah mengalami percepatan pada lembur 3 jam sebesar 29,79% dan efisiensi biaya sebesar 2,66% dari biaya total pada durasi kumulatif 165 hari. Perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.21 dan 3.22 yang terlampir pada BAB III hal.63.

5.4 Tahapan *Crashing* dengan Penambahan Tenaga Kerja dan Alat

Dalam tahapan *crashing*, ada beberapa tahapan dalam mempercepat durasi dengan penambahan tenaga kerja dan alat sebagai berikut :

1. Menentukan lintasan kritis yang diperoleh dari program *microsoft project 2016* dari *baseline* yang sudah ditetapkan.
2. Pekerjaan yang *dicrashing* adalah pekerjaan kritis yang memiliki *resources* tenaga kerja dan alat pada durasi yang memungkinkan untuk di *crashing*.
3. Durasi percepatan yang digunakan adalah durasi percepatan yang telah digunakan pada Penambahan jam kerja. Tujuan dari hal ini disamakan mengenai durasi percepatannya adalah supaya efisiensi waktu antara penambahan jam kerja dengan penambahan tenaga kerja dan alat tidak berbeda, sehingga perbedaan yang akan dilihat adalah pada efisiensi biaya.
4. *Crashing* durasi digunakan pada setiap variasi tenaga kerja dan alat, sehingga nilai unit tenaga kerja dan alat pada setiap item pekerjaan kritis yang *dicrashing* akan meningkat.
5. Kebutuhan *resources* perjam pada item pekerjaan yang ditinjau akan mengalami perbedaan pada variasi tenaga kerja dan alat 1, tenaga kerja dan alat 2, serta tenaga kerja dan alat 3.
6. Dari peningkatan nilai unit akan mempengaruhi segi pembiayaan.

Kemudian dari tahap kompresi durasi akan dicari biaya percepatan akibat penambahan tenaga kerja dan alat. Tahapan-tahapan dari biaya percepatan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kebutuhan *resources* perjam yang sudah mengalami percepatan.
2. Menghitung biaya *resources* harian.
3. Menghitung biaya total *resources* pada durasi percepatan.
4. Menghitung *cost slope*
5. Menghitung biaya proyek
6. Menghitung efisiensi waktu dan biaya

5.4.1 Durasi Percepatan

Durasi percepatan merupakan durasi yang sudah dipercepat menggunakan opsi-opsi dari percepatan jadwal seperti penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja sebagai langkah dalam mempercepat selesainya proyek. Durasi percepatan dengan penambahan tenaga kerja dan alat menggunakan durasi percepatan yang telah digunakan pada Penambahan jam kerja. Tujuan dari hal ini disamakan mengenai durasi percepatannya adalah supaya efisiensi waktu antara penambahan waktu lembur dengan penambahan tenaga kerja tidak berbeda, sehingga perbedaan yang akan dilihat adalah pada efisiensi biaya. Durasi percepatan pada penambahan tenaga kerja dan alat dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Durasi percepatan pada Penambahan tenaga kerja dan alat

No	Item Pekerjaan	Durasi (hari)	Durasi <i>Crashing</i> (hari)		
			Tenaga kerja & alat 1	Tenaga kerja & alat 2	Tenaga kerja & alat 3
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (di air) / Pilar	35	32	29	27
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	35	32	29	27
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	50	45	41	39
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / abutment	50	45	41	39
5	Pemancangan Sheet Pile Beton Type W 350 A120	25	23	21	19
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	57	51	47	44

7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	5	5	4	4
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	30	27	25	23
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	12	11	10	9
10	Timbunan biasa	11	10	9	9

Pada Tabel 5.26 menunjukkan durasi *crashing* pada setiap item pekerjaan kritis. Durasi *crashing* pada penambahan tenaga kerja dan alat disamakan dengan durasi *crashing* pada penambahan jam kerja (lembur).

5.4.2 Analisis Biaya Percepatan

Biaya percepatan merupakan biaya yang dihasilkan akibat adanya durasi percepatan yang disebabkan oleh penambahan tenaga kerja dan alat dalam sehari. Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang akan dihitung biaya percepatannya berdasarkan penambahan tenaga kerja dan alat menggunakan *Microsoft Project* 2016 dan dikontrol dengan *Microsoft Excel* 2010. Tahapan-tahapan diuraikan sebagai berikut :

1. Kebutuhan *resources* perjam

Kebutuhan *resources* dihitung untuk menentukan jumlah unit *resources* yang digunakan pada item pekerjaan. Adapun salah satu contoh perhitungan kebutuhan *resources* pada penambahan tenaga kerja dan alat sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

Volume pekerjaan : 16310,35 kg

Jam kerja per hari : 8 jam

Durasi normal : 32 hari

Tabel koefisien *resources* pada pekerjaan Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Koefisien dan harga satuan pekerjaan Baja Tulangan U32 ulir

No	resources	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)
A	<u>Tenaga</u>			

1	Pekerja	(L01)	jam	0,105	Rp11.800
2	Tukang	(L02)	jam	0,035	Rp13.600
3	Mandor	(L03)	jam	0,035	Rp15.400

Sumber : Lampiran B

Pada Tabel 5.27 menunjukkan analisa dari masing-masing harga satuan terhadap pekerjaan Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar. Analisa harga satuan dasar dan koefisien ini nantinya akan menjadi acuan terhadap contoh perhitungan selanjutnya.

a. Kondisi normal

Kebutuhan resources (perjam) :

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{\text{koefisien} \times \text{volume pekerjaan}}{\text{durasi}} \right) \\
 &= \left(\frac{0,105 \times 16310,35}{8 \text{ jam /hari}} \right) \\
 \text{Pekerja} &= \left(\frac{1712,60675}{8 \text{ jam /hari}} \right) \\
 &= 6,12 \text{ orang/jam}
 \end{aligned}$$

b. Kondisi percepatan pada penambahan tenaga kerja 1

Kebutuhan resources (perjam) :

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{0,105 \times 16310,35}{32} \right) \\
 \text{Pekerja} &= \left(\frac{1712,60675}{8 \text{ jam /hari}} \right) \\
 &= 6,69 \text{ orang/jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran A-12 sampai dengan A-14 untuk salah satu contoh. Hasil dari kebutuhan *resources* setelah mengalami percepatan durasi pada penambahan tenaga kerja dan alat dari semua item pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Hasil kebutuhan *resources* perjam pada percepatan durasi

No	Item Pekerjaan	Resources	Unit normal	Units setelah percepatan (orang/unit/jam)		
				Tenaga kerja dan alat	Tenaga kerja dan alat	Tenaga kerja dan alat

				1	2	3
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (di air) / Pilar	pekerja	6,12	6,69	7,38	7,93
		tukang	2,04	2,23	2,46	2,64
		mandor	2,04	2,23	2,46	2,64
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	pekerja	0,54	0,59	0,65	0,70
		tukang	0,68	0,74	0,82	0,88
		mandor	0,14	0,15	0,16	0,18
		Conc. Mixer	0,14	0,15	0,16	0,18
		Conc. Vibrator	0,17	0,19	0,20	0,22
		Conc. Pump	0,02	0,02	0,02	0,03
		water pump	0,12	0,13	0,15	0,16
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	pekerja	6,18	6,86	7,53	7,92
		tukang	2,06	2,29	2,51	2,64
		mandor	2,06	2,29	2,51	2,64
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / abutment	pekerja	1,6	1,78	1,95	2,05
		tukang	0,4	0,44	0,49	0,51
		mandor	0,2	0,22	0,24	0,26
		Conc. Mixer	0,2	0,22	0,24	0,26
		Conc. Vibrator	0,57	0,64	0,70	0,73
		water pump	0,03	0,04	0,04	0,04
5	Pemancangan Sheet	pekerja	8,03	8,73	9,56	10,57

	Pile Beton Type W 350 A120	mandor	0,8	0,87	0,96	1,06
		crane on track	0,2	0,22	0,24	0,27
		piledriver + H	0,33	0,35	0,39	0,43

Tabel 5.28 (Lanjutan)

No	Item Pekerjaan	Resources	Unit normal	Units setelah percepatan (orang/unit/jam)		
				Tenaga kerja dan alat 1	Tenaga kerja dan alat 2	Tenaga kerja dan alat 3
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	pekerja	10,46	11,69	12,69	13,55
		tukang	5,97	6,68	7,24	7,74
		mandor	0,51	0,58	0,62	0,67
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	pekerja	2,42	2,42	3,03	3,03
		tukang	0,81	0,81	1,01	1,01
		mandor	0,81	0,81	1,01	1,01
		mesin las	0,28	0,28	0,35	0,35
		las potong	0,18	0,18	0,22	0,22
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	pekerja	9,3	10,33	11,16	12,13
		tukang	3,1	3,44	3,72	4,04
		mandor	3,1	3,44	3,72	4,04
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	Pekerja	5,63	6,14	6,75	7,50
		Tukang	3,75	4,09	4,50	5,00
		Mandor	0,47	0,51	0,56	0,63
		Conc. Mixer	0,47	0,51	0,56	0,63

		Conc. Vibrator	0,21	0,23	0,25	0,28
		water pump	0,22	0,24	0,26	0,29
10	Timbunan biasa	pekerja	0,31	0,34	0,38	0,38
		mandor	0,08	0,09	0,10	0,10
		Excavator	0,08	0,09	0,10	0,10
		Dump truck	0,13	0,14	0,16	0,16
		Tamper	0,08	0,09	0,10	0,10

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.28 menunjukkan kebutuhan *resources* pada masing-masing pekerjaan yang telah mengalami percepatan berdasarkan durasi percepatan. Tampak terlihat adanya perbedaan antara unit normal pada durasi normal dengan unit yang telah mengalami percepatan. Nilai ini nantinya akan diinput menggunakan *Microsoft project 2016* dengan mengubah nilai unit yang sebelumnya sudah diinput pada *baseline*. Perhitungan unit percepatan pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.24 yang terlampir pada BAB III hal.64.

2. Biaya normal dan biaya percepatan

Biaya normal didapat setelah menentukan kebutuhan *resources* item pekerjaan dan biaya total *resources* dengan durasi normal. Untuk biaya percepatan didapat setelah menentukan biaya normal, biaya *resources* setelah percepatan, dan biaya total *resources* dengan durasi percepatan. Salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)

Biaya normal = (Btrh x durasi normal) + biaya material
 = (Rp1.051.008,00 x 35 hari) + Rp197.844.545,5
 = Rp234.629.926,5

Tenaga kerja & alat 1 = (Btrh x durasi percepatan) + biaya material
 = (Rp1.148.896,00x 32 hari) + Rp197.844.545,5
 = Rp234.609.284,5

Untuk proses perhitungan biaya normal dan biaya percepatan pada penambahan tenaga kerja dan alat selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran A-14 sampai dengan A-20 dan untuk hasil perhitungan biaya normal dan biaya percepatan pada masing-masing item pekerjaan yang diperoleh dari *Microsoft project* dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Hasil perhitungan biaya percepatan pada *Microsoft Project* 2016 untuk biaya penambahan tenaga kerja dan alat

No	Uraian Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	Biaya <i>Crashing</i> (Rp)		
			Tenaga kerja dan alat 1	Tenaga kerja dan alat 2	Tenaga kerja dan alat 3
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (di air) / Pilar	Rp234.629.926,50	Rp234.609.284,57	Rp234.599.014,50	Rp234.593.590,50
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	Rp307.162.960,37	Rp306.942.057,98	Rp306.720.479,40	Rp307.464.464,52
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	Rp338.534.416,00	Rp338.517.696,00	Rp338.488.048,00	Rp338.513.808,00
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / abutment	Rp244.493.895,51	Rp244.684.432,04	Rp244.525.561,17	Rp244.612.271,36

Tabel 5.29 (Lanjutan)

No	Uraian Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	Biaya <i>Crashing</i> (Rp)		
			Tenaga kerja dan alat 1	Tenaga kerja dan alat 2	Tenaga kerja dan alat 3
5	Pemancangan Sheet Pile Beton Type W 350 A120	Rp68.093.954,16	Rp67.988.356,41	Rp68.202.205,25	Rp68.656.394,50
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	Rp382.678.121,04	Rp382.780.530,39	Rp382.705.449,84	Rp382.756.121,04
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	Rp11.671.951,58	Rp0,00	Rp11.633.764,87	Rp11.633.816,42
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	Rp305.665.043,50	Rp305.628.707,50	Rp305.665.043,50	Rp305.645.539,50
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	Rp155.733.270,86	Rp155.710.516,65	Rp155.666.064,19	Rp155.731.453,67
10	Timbunan biasa	Rp43.776.976,26	Rp43.793.557,98	Rp43.905.481,99	Rp43.905.481,99

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.29 menunjukkan adanya biaya-biaya pada item pekerjaan yang mengalami kenaikan dan ada juga yang mengalami penurunan akibat dari penambahan tenaga kerja dan alat. Perhitungan biaya percepatan pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.16 yang terlampir pada BAB III hal.62.

3. *Cost Variance, Duration Variance* dan *Cost Slope*

Analisis *Cost Variance, Duration Variance* dan *Cost Slope* pada penambahan tenaga kerja dan alat sama dengan analisis pada penambahan jam kerja. Sebagai contoh diambil salah satu contoh item pekerjaan untuk perhitungan analisis *cost variance, duration variance* dan *cost slope*.

Nama pekerjaan : Baja Tulangan U32 Ulir (diair)/Pilar (kode WBS : 1.2.A.f)
 Durasi normal : 35 hari
 Durasi percepatan 1 : 32 hari
 Biaya normal = Rp234.629.926,50
 Biaya percepatan 1 = Rp234.609.284,57
Cost variance tenaga kerja & alat 1 = Rp234.609.284,57 - Rp234.629.926,50
 = (Rp20.641,93)
Duration Variance = 35 hari – 32 hari
 = 3 hari

Hasil perhitungan *Cost Variance, Duration Variance*, dan *Cost Slope* pada masing-masing item pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.30. dan perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran A-21.

Tabel 5.30 Hasil perhitungan *Cost Variance, Duration Variance*, dan *Cost Slope* terhadap biaya penambahan tenaga kerja dan alat 1

No	Item Pekerjaan	<i>Cost Variance</i> (Rp)	<i>Duration Variance</i> (hari)	<i>Cost Slope</i> (Rp)
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (diair) / Pilar	(Rp20.641,93)	3	(Rp6.880,64)

2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	(Rp220.902,39)	3	(Rp73.634,13)
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	(Rp16.720,00)	5	(Rp3.344,00)
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / abutment	Rp190.536,53	5	Rp38.107,31
5	Pemasangan Sheet Pile Beton Type W 350 A120	(Rp105.597,75)	2	(Rp52.798,88)
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	Rp102.409,35	6	Rp17.068,22
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	Rp0,00	0	Rp0,00
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	(Rp36.336,00)	3	(Rp12.112,00)
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	(Rp22.754,21)	1	(Rp22.754,21)
10	Timbunan biasa	Rp16.581,72	1	Rp16.581,72

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.30 menunjukkan selisih biaya yang mengalami penurunan dan peningkatan dari biaya normal terhadap biaya penambahan tenaga kerja dan alat 1. Biaya yang berada dalam kurung dikarenakan biaya akibat penambahan tenaga kerja dan alat lebih kecil dari biaya normal. Perhitungan *Cost Variance*, *Duration Variance*, dan *Cost Slope* pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.7, 3.8, dan 3.9 yang terlampir pada BAB III hal.61. Untuk hasil perhitungan dari *Cost Variance*, *Duration Variance*, dan *Cost Slope* selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Hasil perhitungan *Cost Variance*, *Duration Variance*, dan *Cost Slope* terhadap biaya penambahan tenaga kerja dan alat 2

No	Kode Pekerjaan	<i>Cost Variance</i> (Rp)	<i>Duration Variance</i> (hari)	<i>Cost Slope</i>
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (di air) / Pilar	(Rp30.912,00)	6	(Rp5.152,00)
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	(Rp442.480,97)	6	(Rp73.746,83)
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	(Rp46.368,00)	9	(Rp5.152,00)

Tabel 5.31 (Lanjutan)

No	Kode Pekerjaan	Cost Variance (Rp)	Duration Variance (hari)	Cost Slope
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / abutment	Rp31.665,66	9	Rp3.518,41
5	Pemancangan Sheet Pile Beton Type W 350 A120	Rp108.251,09	4	Rp27.062,77
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	Rp27.328,80	10	Rp2.732,88
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	(Rp38.186,71)	1	(Rp38.186,71)
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	Rp0,00	5	Rp0,00
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	(Rp67.206,67)	2	(Rp33.603,34)
10	Timbunan biasa	Rp128.505,73	2	Rp64.252,87

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.31 menunjukkan selisih biaya yang mengalami penurunan dan peningkatan dari biaya normal terhadap biaya penambahan tenaga kerja dan alat 2. Biaya yang berada dalam kurung dikarenakan biaya akibat penambahan tenaga kerja dan alat lebih kecil dari biaya normal. Perhitungan *Cost Variance*, *Duration Variance*, dan *Cost Slope* pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.7, 3.8, dan 3.9 yang terlampir pada BAB III hal.61. Untuk hasil perhitungan dari *Cost Variance*, *Duration Variance*, dan *Cost Slope* selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32 Hasil perhitungan *Cost Variance*, *Duration Variance*, dan *Cost Slope* terhadap biaya penambahan tenaga kerja dan alat 3

No	Kode Pekerjaan	Cost Variance (Rp)	Duration Variance (hari)	Cost Slope
1	Baja Tulangan U 32 Ulir (di air) / Pilar	(Rp36.336,00)	8	(Rp4.542,00)
2	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa yg dilaksanakan di air / Pilar	Rp301.504,15	8	Rp37.688,02
3	Baja Tulangan U 32 Ulir (di darat) / Abutment	(Rp20.608,00)	11	(Rp1.873,45)
4	Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (K-250) di darat / abutment	Rp118.375,85	11	Rp10.761,44
5	Pemancangan Sheet Pile Beton Type W	Rp562.440,34	6	Rp93.740,06

	350 A120			
6	Pemasangan Jembatan Rangka Baja Standar	Rp78.000,00	13	Rp6.000,00
7	Pemasangan Baja Struktur BJ 34 (Titik Leleh 210 Mpa)	(Rp38.135,16)	1	(Rp38.135,16)
8	Baja Tulangan U 32 Ulir Lantai Jembatan	(Rp19.504,00)	7	(Rp2.786,29)
9	Beton mutu sedang fc' 30 Mpa / Lantai Jembatan	(Rp1.817,19)	3	(Rp605,73)
10	Timbunan biasa	Rp128.505,73	2	Rp64.252,87

Pada Tabel 5.32 menunjukkan selisih biaya yang mengalami penurunan dan peningkatan dari biaya normal terhadap biaya penambahan tenaga kerja dan alat 3. Biaya yang berada dalam kurung dikarenakan biaya akibat penambahan tenaga kerja dan alat lebih kecil dari biaya normal. Perhitungan *Cost Variance*, *Duration Variance*, dan *Cost Slope* pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.7, 3.8, dan 3.9 yang terlampir pada BAB III hal.61.

Untuk menguji kemungkinan efisiensi *Crashing* dengan melakukan *crashing* ulang dari *cost slope* terkecil. Urutan kegiatan-kegiatan kritis hasil *crashing* diurutkan dari nilai *cost slope* terkecil sampai yang terbesar dapat dilihat pada tabel 5.33.

Tabel 5.33 Urutan Uraian Pekerjaan berdasarkan nilai *cost slope* terkecil hingga Terbesar pada penambahan tenaga kerja dan alat 1

KODE	Durasi (hari)			Biaya (Rp)		Slope A-Z
	Normal	Crash	Selisih	Normal	Crash	
BMS20air	35	32	3	Rp307.162.960,37	Rp306.942.057,98	(Rp73.634,13)
PSPBTW350	25	23	2	Rp68.093.954,16	Rp67.988.356,41	(Rp52.798,88)
BMS30LJ	12	11	1	Rp155.733.270,86	Rp155.710.516,65	(Rp22.754,21)
BTU32LJ	30	27	3	Rp305.665.043,50	Rp305.628.707,50	(Rp12.112,00)
BTU32air	35	32	3	Rp234.629.926,50	Rp234.609.284,57	(Rp6.880,64)
BTU32darat	50	45	5	Rp338.534.416,00	Rp338.517.696,00	(Rp3.344,00)
PBSBJ34	5	5	0	Rp11.671.951,58	Rp0,00	Rp0,00
TB	11	10	1	Rp43.776.976,26	Rp43.793.557,98	Rp16.581,72
PJRBS	57	51	6	Rp382.678.121,04	Rp382.780.530,39	Rp17.068,22

BMS20darat	50	45	5	Rp244.493.895,51	Rp244.684.432,04	Rp38.107,31
------------	----	----	---	------------------	------------------	-------------

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.33 menunjukkan *cost slope* terkecil pada pekerjaan Beton Mutu Sedang 20 Mpa diair/pilar sebesar (Rp73.634,13) dan *cost slope* terbesar pada pekerjaan Beton Mutu Sedang 20Mpa didarat sebesar Rp38.107,31 Untuk urutan nilai *cost slope* terkecil selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.34.

Tabel 5.34 Urutan Uraian Pekerjaan berdasarkan nilai *cost slope* terkecil hingga Terbesar pada penambahan tenaga kerja dan alat 2

KODE	Durasi (hari)			Biaya (Rp)		Slope A-Z
	Normal	Crash	Selisih	Normal	Crash	
BMS20air	35	29	6	Rp307.162.960,37	Rp306.720.479,40	(Rp73.746,83)
PBSBJ34	5	4	1	Rp11.671.951,58	Rp11.633.764,87	(Rp38.186,71)
BMS30LJ	12	10	2	Rp155.733.270,86	Rp155.666.064,19	(Rp33.603,34)

Tabel 5.34 (Lanjutan)

KODE	Durasi (hari)			Biaya (Rp)		Slope A-Z
	Normal	Crash	Selisih	Normal	Crash	
BTU32darat	50	41	9	Rp338.534.416,00	Rp338.488.048,00	(Rp5.152,00)
BTU32air	35	29	6	Rp234.629.926,50	Rp234.599.014,50	(Rp5.152,00)
BTU32LJ	30	25	5	Rp305.665.043,50	Rp305.665.043,50	Rp0,00
PJRBS	57	47	10	Rp382.678.121,04	Rp382.705.449,84	Rp2.732,88
BMS20darat	50	41	9	Rp244.493.895,51	Rp244.525.561,17	Rp3.518,41
PSPBTW350	25	21	4	Rp68.093.954,16	Rp68.202.205,25	Rp27.062,77
TB	11	9	2	Rp43.776.976,26	Rp43.905.481,99	Rp64.252,87

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.34 menunjukkan *cost slope* terkecil pada pekerjaan Beton Mutu Sedang 20 Mpa diair/pilar sebesar (Rp73.746,83) dan *cost slope* terbesar pada pekerjaan Timbunan biasa sebesar Rp64.252,87. Untuk urutan nilai *cost slope* terkecil selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35 Urutan Uraian Pekerjaan berdasarkan nilai *cost slope* terkecil hingga Terbesar pada penambahan tenaga kerja dan alat 3

KODE	Durasi (hari)			Biaya (Rp)		Slope A-Z
	Normal	Crash	Selisih	Normal	Crash	
PBSBJ34	5	4	1	Rp11.671.951,58	Rp11.633.816,42	(Rp38.135,16)
BTU32air	35	27	8	Rp234.629.926,50	Rp234.593.590,50	(Rp4.542,00)
BTU32LJ	30	23	7	Rp305.665.043,50	Rp305.645.539,50	(Rp2.786,29)
BTU32darat	50	39	11	Rp338.534.416,00	Rp338.513.808,00	(Rp1.873,45)
BMS30LJ	12	9	3	Rp155.733.270,86	Rp155.731.453,67	(Rp605,73)
PJRBS	57	44	13	Rp382.678.121,04	Rp382.756.121,04	Rp6.000,00
BMS20darat	50	39	11	Rp244.493.895,51	Rp244.612.271,36	Rp10.761,44
BMS20air	35	27	8	Rp307.162.960,37	Rp307.464.464,52	Rp37.688,02
TB	11	9	2	Rp43.776.976,26	Rp43.905.481,99	Rp64.252,87
PSPBTW350	25	19	6	Rp68.093.954,16	Rp68.656.394,50	Rp93.740,06

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.35 menunjukkan *cost slope* terkecil pada pekerjaan Pemasangan Baja Struktur BJ34 sebesar (Rp38.135,16) dan *cost slope* terbesar pada pekerjaan Pemasangan *sheet pile* W350 sebesar Rp93.740,06.

5.4.3 Analisis Biaya Proyek

Setelah melalui proses analisis perhitungan sebelumnya, maka dapat dilanjutkan pada analisis biaya langsung, analisis biaya tidak langsung, dan analisis biaya total. Berikut ini merupakan rincian analisis biaya yang telah dibuat menggunakan *Microsoft Excel 2010* berdasarkan hasil perhitungan *Microsoft Project 2016* sebagai berikut :

1. Analisis Biaya Langsung

Biaya langsung ini tidak ada perbedaan dengan biaya langsung yang sebelumnya dikarenakan proses *baseline* yang sama dan hanya proses aktualnya yang berbeda. Nominal yang dipakai pada biaya langsung ini sebesar Rp6.799.346.860,57 yang didapat dari perhitungan menggunakan *Microsoft Project 2016*.

a. Biaya Langsung Pada Penambahan Tenaga Kerja dan alat 1

Perhitungan biaya langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya langsung akibat percepatan (Kode : **BTU32air**)

Perhitungan biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 1 :

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga kerja \& alat 1} &= \text{biaya kumulatif sebelumnya} + (\text{Cost variance} \\
 &\quad \text{BTU32air}) \\
 &= \text{Rp6.798.961.270,22} + (\text{Rp20.641,93}) \\
 &= \text{Rp6.798.940.628,29}
 \end{aligned}$$

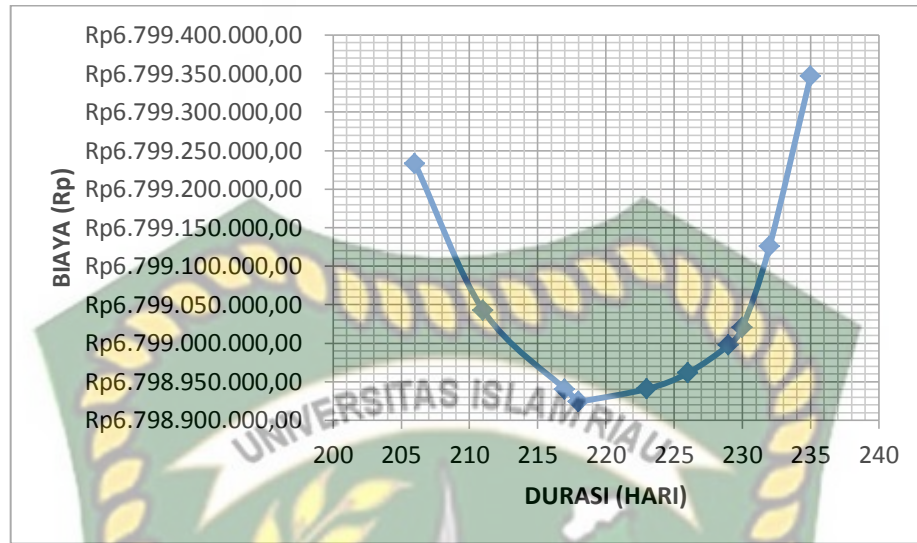
Hasil perhitungan biaya langsung pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.36.

Tabel 5.36 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 1

KODE	Durasi (hari)			Durasi kumulatif	Cost variance	Biaya Langsung
	Normal	Crash	Selisih			
				235		Rp6.799.346.860,57
BMS20air	35	32	3	232	(Rp220.902,39)	Rp6.799.125.958,18
PSPBTW350	25	23	2	230	(Rp105.597,75)	Rp6.799.020.360,43
BMS30LJ	12	11	1	229	(Rp22.754,21)	Rp6.798.997.606,22
BTU32LJ	30	27	3	226	(Rp36.336,00)	Rp6.798.961.270,22
BTU32air	35	32	3	223	(Rp20.641,93)	Rp6.798.940.628,29
BTU32darat	50	45	5	218	(Rp16.720,00)	Rp6.798.923.908,29
PBSBJ34	5	5	0	218	Rp0,00	Rp6.798.923.908,29
TB	11	10	1	217	Rp16.581,72	Rp6.798.940.490,01
PJRBS	57	51	6	211	Rp102.409,35	Rp6.799.042.899,36
BMS20darat	50	45	5	206	Rp190.536,53	Rp6.799.233.435,89

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.36 menunjukkan penurunan biaya langsung akibat penambahan tenaga kerja dan alat 1 sebesar Rp6.799.233.435,89 dengan perhitungan secara kumulatif. Biaya ini sesuai dengan biaya aktual yang telah diperoleh pada *Microsoft Project 2016* berdasarkan penambahan tenaga kerja dan alat 1. Untuk grafik hubungan antara biaya langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 1

Pada Gambar 5.10 menunjukkan biaya langsung mengalami penurunan setelah mengalami percepatan. Pada durasi normal, biaya langsung dalam 235 hari sebesar Rp6.799.346.860,57, setelah percepatan dengan durasi 206 hari, biaya tersebut menjadi Rp6.799.233.435,89 dengan penurunan sebesar Rp113.424,68 atau turun sebesar Rp0,002 %.

b. Biaya Langsung Pada Penambahan Tenaga Kerja dan alat 2

Perhitungan biaya langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya langsung akibat percepatan (Kode : **BTU32air**)

Perhitungan biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 2 :

Tenaga kerja & alat 2 = biaya kumulatif sebelumnya + (*Cost variance*

BTU32air)

$$= \text{Rp}6.798.752.618,22 + (\text{Rp}30.912,00)$$

$$= \text{Rp}6.798.721.706,22$$

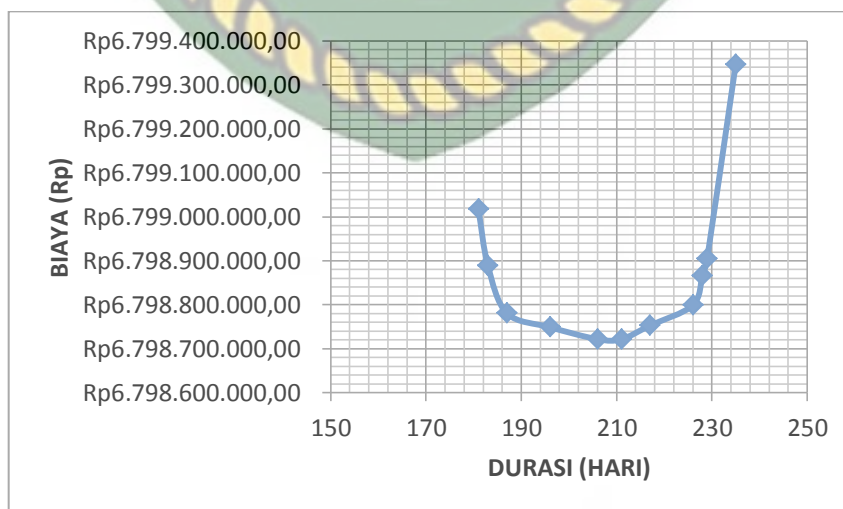
Hasil perhitungan biaya langsung pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.37.

Tabel 5.37 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 2

KODE	Durasi (hari)			Durasi kumulatif	Cost variance	Biaya Langsung
	Normal	Crash	Selisih			
				235		Rp6.799.346.860,57
BMS20air	35	29	6	229	(Rp442.480,97)	Rp6.798.904.379,60
PBSBJ34	5	4	1	228	(Rp38.186,71)	Rp6.798.866.192,89
BMS30LJ	12	10	2	226	(Rp67.206,67)	Rp6.798.798.986,22
BTU32darat	50	41	9	217	(Rp46.368,00)	Rp6.798.752.618,22
BTU32air	35	29	6	211	(Rp30.912,00)	Rp6.798.721.706,22
BTU32LJ	30	25	5	206	Rp0,00	Rp6.798.721.706,22
PJRBS	57	47	10	196	Rp27.328,80	Rp6.798.749.035,02
BMS20darat	50	41	9	187	Rp31.665,66	Rp6.798.780.700,68
PSPBTW350	25	21	4	183	Rp108.251,09	Rp6.798.888.951,77
TB	11	9	2	181	Rp128.505,73	Rp6.799.017.457,50

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.37 menunjukkan penurunan biaya langsung akibat penambahan tenaga kerja dan alat 2 sebesar Rp6.799.017.457,50 dengan perhitungan secara kumulatif. Biaya ini sesuai dengan biaya aktual yang telah diperoleh pada *Microsoft Project 2016* berdasarkan penambahan tenaga kerja dan alat 2. Untuk grafik hubungan antara biaya langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Grafik biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 2

Pada Gambar 5.11 menunjukkan biaya langsung mengalami penurunan setelah mengalami percepatan. Pada durasi normal, biaya langsung dalam 235 hari sebesar Rp6.799.346.860,57, setelah percepatan dengan durasi 181 hari biaya tersebut menjadi Rp6.799.017.457,50 dengan penurunan sebesar Rp329.403,07 atau turun sebesar Rp0,005 %.

c. Biaya Langsung Pada Penambahan Tenaga Kerja dan alat 3

Perhitungan biaya langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya langsung akibat percepatan (Kode : **BTU32air**)

Perhitungan biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 3 :

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga kerja \& alat 3} &= \text{biaya kumulatif sebelumnya} + (\text{Cost variance} \\
 &\quad \text{BTU32air}) \\
 &= \text{Rp6.799.308.725,41} + (\text{Rp36.336,00}) \\
 &= \text{Rp6.799.272.389,41}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan biaya langsung pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.38.

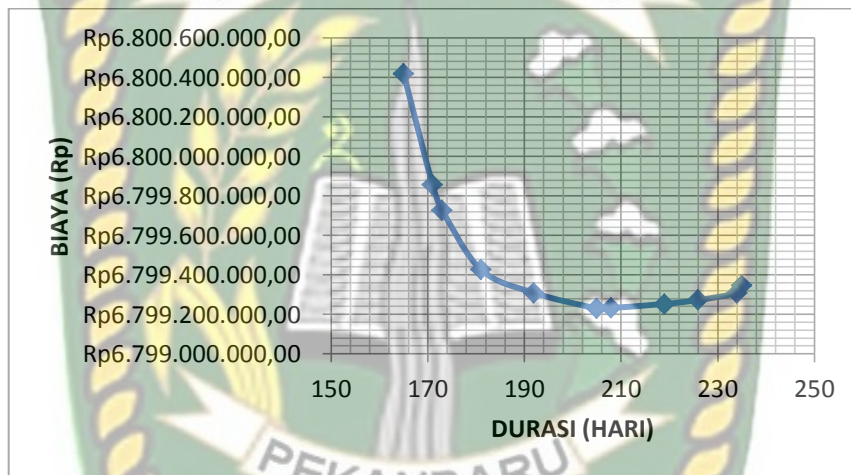
Tabel 5.38 Hasil perhitungan biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 3

KODE	Durasi (hari)			Durasi kumulatif	Cost variance	Biaya Langsung
	Normal	Crash	Selisih			
				235		Rp6.799.346.860,57
PBSBJ34	5	4	1	234	(Rp38.135,16)	Rp6.799.308.725,41
BTU32air	35	27	8	226	(Rp36.336,00)	Rp6.799.272.389,41
BTU32LJ	30	23	7	219	(Rp19.504,00)	Rp6.799.252.885,41
BTU32darat	50	39	11	208	(Rp20.608,00)	Rp6.799.232.277,41
BMS30LJ	12	9	3	205	(Rp1.817,19)	Rp6.799.230.460,22
PJRBS	57	44	13	192	Rp78.000,00	Rp6.799.308.460,22
BMS20darat	50	39	11	181	Rp118.375,85	Rp6.799.426.836,07
BMS20air	35	27	8	173	Rp301.504,15	Rp6.799.728.340,22

TB	11	9	2	171	Rp128.505,73	Rp6.799.856.845,95
PSPBTW350	25	19	6	165	Rp562.440,34	Rp6.800.419.286,29

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.38 menunjukkan peningkatan biaya langsung akibat penambahan tenaga kerja dan alat 3 sebesar Rp6.800.419.286,29 dengan perhitungan secara kumulatif. Biaya ini sesuai dengan biaya aktual yang telah diperoleh pada *Microsoft Project 2016* berdasarkan penambahan tenaga kerja dan alat 3. Untuk grafik hubungan antara biaya langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Grafik biaya langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 3

Pada Gambar 5.12 menunjukkan biaya langsung mengalami peningkatan setelah mengalami percepatan. Pada durasi normal, biaya langsung dalam 235 hari sebesar Rp6.799.346.860,57, setelah percepatan dengan durasi 165 hari biaya tersebut menjadi Rp6.800.419.286,29 dengan peningkatan sebesar Rp1.072.425,72 atau naik sebesar 0,016%.

2. Analisis Biaya Tidak Langsung

Pada proyek ini, nilai persentase dari biaya *overhead and profit* adalah sebesar 15%, sehingga untuk mencari biaya tidak langsung didapat dari hasil analisis sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{biaya tidak langsung} &= 15\% \times \text{biaya langsung} \\
 &= 15\% \times \text{Rp6.799.346.860,57} \\
 &= \text{Rp1.019.902.029,00}
 \end{aligned}$$

Analisis biaya tidak langsung dengan variasi sebagai berikut.

- a. Biaya Tidak Langsung Pada Penambahan Tenaga kerja dan alat 1

Perhitungan biaya tidak langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya tidak langsung akibat percepatan (Kode : **BTU32air**)

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga kerja \& alat 1} &= (\text{Biaya tidak langsung sebelumnya/durasi} \\
 &\text{kumulatif sebelumnya}) \times \text{durasi kumulatif} \\
 &= (\text{Rp}980.841.951,29 / 226) \times 223 \\
 &= \text{Rp}967.821.925,39
 \end{aligned}$$

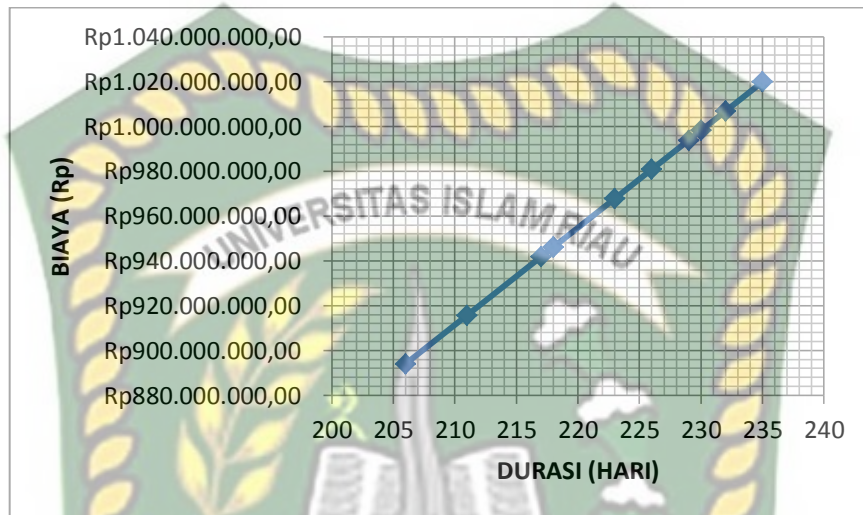
Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 1

KODE	Durasi (hari)			Durasi Kumulatif	Biaya Tidak Langsung
	Normal	Crash	Selisih		
				235	Rp1.019.902.029,00
BMS20air	35	32	3	232	Rp1.006.882.003,10
PSPBTW350	25	23	2	230	Rp998.201.985,83
BMS30LJ	12	11	1	229	Rp993.861.977,20
BTU32LJ	30	27	3	226	Rp980.841.951,29
BTU32air	35	32	3	223	Rp967.821.925,39
BTU32darat	50	45	5	218	Rp946.121.882,22
PBSBJ34	5	5	0	218	Rp946.121.882,22
TB	11	10	1	217	Rp941.781.873,59
PJRBS	57	51	6	211	Rp915.741.821,78
BMS20darat	50	45	5	206	Rp894.041.778,61

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.39 menunjukkan penurunan biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 1 sebesar Rp894.041.778,61 dengan durasi kumulatif 206 hari. Untuk grafik hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Grafik biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 1

Pada Gambar 5.13 menunjukkan biaya tidak langsung mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya tidak langsung selama 235 hari sebesar Rp1.019.902.029,00, sehingga untuk biaya tidak langsung dengan durasi percepatan 206 hari sebesar Rp894.041.778,61 dengan penurunan sebesar Rp125.860.250,39 atau turun sebesar 12,34%.

b. Biaya Tidak Langsung Pada Penambahan Tenaga kerja dan alat 2

Perhitungan biaya tidak langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya tidak langsung akibat percepatan (Kode : **BTU32air**)

Perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat :

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga kerja \& alat 2} &= (\text{Biaya tidak langsung sebelumnya/durasi} \\
 &\quad \text{kumulatif sebelumnya}) \times \text{durasi kumulatif} \\
 &= (\text{Rp}941.781.873,59 / 217 \text{ hari}) \times 211 \text{ hari} \\
 &= \text{Rp}915.741.821,78
 \end{aligned}$$

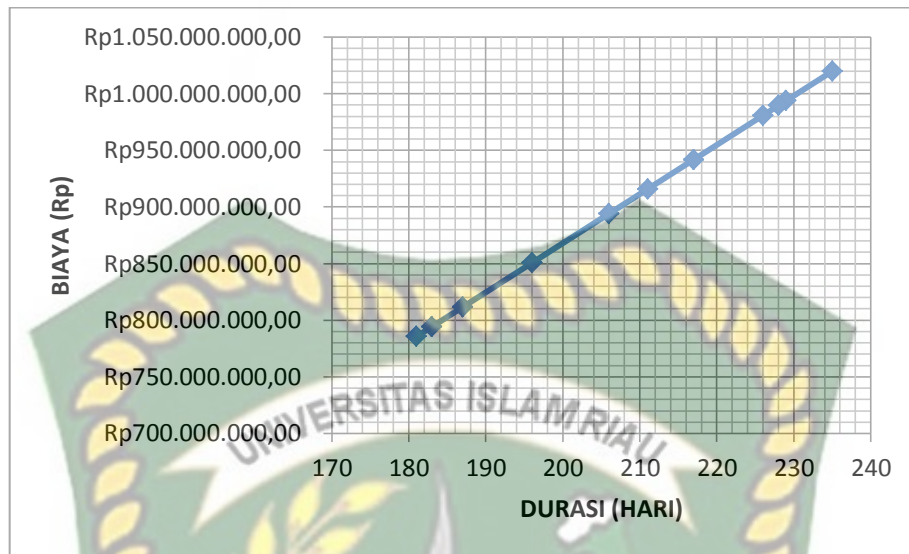
Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.40.

Tabel 5.40 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 2

KODE	Durasi (hari)			Durasi Kumulatif	Biaya Tidak Langsung
	Normal	Crash	Selisih		
				235	Rp1.019.902.029,00
BMS20air	35	29	6	229	Rp993.861.977,20
PBSBJ34	5	4	1	228	Rp989.521.968,56
BMS30LJ	12	10	2	226	Rp980.841.951,29
BTU32darat	50	41	9	217	Rp941.781.873,59
BTU32air	35	29	6	211	Rp915.741.821,78
BTU32LJ	30	25	5	206	Rp894.041.778,61
PJRBS	57	47	10	196	Rp850.641.692,27
BMS20darat	50	41	9	187	Rp811.581.614,57
PSPBTW350	25	21	4	183	Rp794.221.580,03
TB	11	9	2	181	Rp785.541.562,76

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.40 menunjukkan penurunan biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 2 sebesar Rp785.541.562,76 dengan durasi kumulatif 181 hari. Untuk grafik hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Grafik biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 2

Pada Gambar 5.14 menunjukkan biaya tidak langsung mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya tidak langsung selama 235 hari sebesar Rp1.019.902.029,00, sehingga untuk biaya tidak langsung dengan durasi percepatan 181 hari sebesar Rp785.541.562,76 dengan penurunan sebesar Rp234.360.466,24 atau turun sebesar 22,98%.

c. Biaya Tidak Langsung Pada Penambahan Tenaga kerja dan alat 3

Perhitungan biaya tidak langsung dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya tidak langsung akibat percepatan (Kode : **BTU32air**)

Perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat :

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga kerja \& alat 3} &= (\text{Biaya tidak langsung sebelumnya/durasi} \\
 &\quad \text{kumulatif sebelumnya}) \times \text{durasi kumulatif} \\
 &= (\text{Rp1.015.562.020,37 /234 hari}) \times 226 \text{ hari} \\
 &= \text{Rp980.841.951,29}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.41.

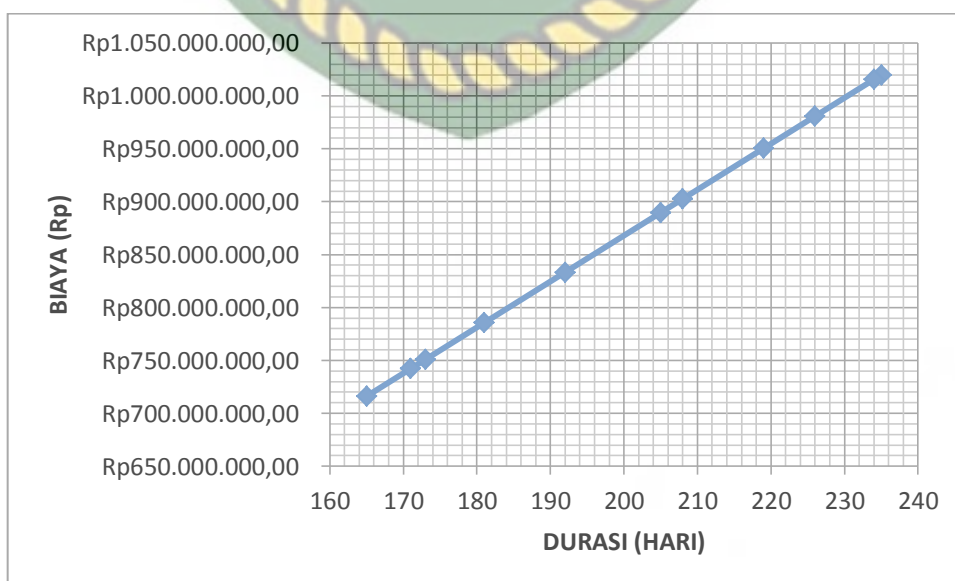
Tabel 5.41 Hasil perhitungan biaya tidak langsung pada penambahan tenaga

kerja dan alat 3

KODE	Durasi (hari)			Durasi Kumulatif	Biaya Tidak Langsung
	Normal	Crash	Selisih		
				235	Rp1.019.902.029,00
PBSBJ34	5	4	1	234	Rp1.015.562.020,37
BTU32air	35	27	8	226	Rp980.841.951,29
BTU32LJ	30	23	7	219	Rp950.461.890,86
BTU32darat	50	39	11	208	Rp902.721.795,88
BMS30LJ	12	9	3	205	Rp889.701.769,98
PJRBS	57	44	13	192	Rp833.281.657,74
BMS20darat	50	39	11	181	Rp785.541.562,76
BMS20air	35	27	8	173	Rp750.821.493,69
TB	11	9	2	171	Rp742.141.476,42
PSPBTW350	25	19	6	165	Rp716.101.424,62

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.41 menunjukkan penurunan biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 3 sebesar Rp716.101.424,62 dengan durasi kumulatif 165 hari. Untuk grafik hubungan antara biaya tidak langsung dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Grafik biaya tidak langsung pada penambahan tenaga kerja dan alat 3

Pada Gambar 5.15 menunjukkan biaya tidak langsung mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya tidak langsung selama 235 hari sebesar Rp1.019.902.029,00, sehingga untuk biaya tidak langsung dengan durasi percepatan 165 hari sebesar Rp716.101.424,62 dengan penurunan sebesar Rp303.800.604,38 atau turun sebesar 29,79%.

3. Analisis Biaya Total

Dalam menentukan biaya total terhadap total durasi proyek dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Total biaya} = \text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung}$$

Sehingga nilai dari biaya total proyek adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{Rp6.799.346.860,57} + \text{Rp1.019.902.029,00} \\ &= \text{Rp7.819.248.889,57} \end{aligned}$$

a. Biaya Total Pada Penambahan Tenaga Kerja dan Alat 1

Perhitungan biaya total dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya total akibat percepatan pada salah satu item pekerjaan (Kode : **BTU32air**).

Perhitungan biaya total pada penambahan tenaga kerja :

$$\begin{aligned} \text{Tenaga kerja \& alat 1} &= \text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung} \\ &= \text{Rp6.798.940.628,29} + \text{Rp967.821.925,39} \\ &= \text{Rp7.766.762.553,68} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan biaya total pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.42.

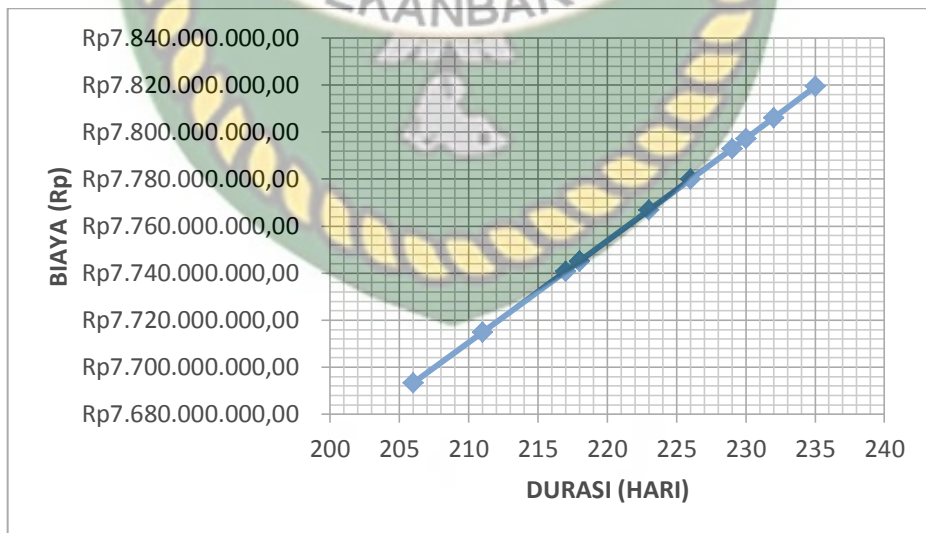
Tabel 5.42 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 1

Kode	Durasi Kumulatif	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Biaya Total
	235	Rp6.799.346.860,57	Rp1.019.902.029,00	Rp7.819.248.889,57
BMS20air	232	Rp6.799.125.958,18	Rp1.006.882.003,10	Rp7.806.007.961,28

PSPBTW350	230	Rp6.799.020.360,43	Rp998.201.985,83	Rp7.797.222.346,26
BMS30LJ	229	Rp6.798.997.606,22	Rp993.861.977,20	Rp7.792.859.583,42
BTU32LJ	226	Rp6.798.961.270,22	Rp980.841.951,29	Rp7.779.803.221,51
BTU32air	223	Rp6.798.940.628,29	Rp967.821.925,39	Rp7.766.762.553,68
BTU32darat	218	Rp6.798.923.908,29	Rp946.121.882,22	Rp7.745.045.790,51
PBSBJ34	218	Rp6.798.923.908,29	Rp946.121.882,22	Rp7.745.045.790,51
TB	217	Rp6.798.940.490,01	Rp941.781.873,59	Rp7.740.722.363,60
PJRBS	211	Rp6.799.042.899,36	Rp915.741.821,78	Rp7.714.784.721,14
BMS20darat	206	Rp6.799.233.435,89	Rp894.041.778,61	Rp7.693.275.214,50

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.42 menunjukkan penurunan dari biaya total berdasarkan pada hasil penambahan biaya langsung dengan biaya tidak langsung terhadap durasi kumulatif 206 hari sebesar Rp7.693.275.214,50. Perhitungan biaya total pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.20 yang terlampir pada BAB III hal.63. Untuk grafik hubungan antara biaya total dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Grafik biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 1

Pada Gambar 5.16 menunjukkan biaya total mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya total selama 235 hari sebesar Rp7.819.248.889,57, sehingga untuk biaya total dengan durasi percepatan 206 hari sebesar

Rp7.693.275.214,50 dengan penurunan sebesar Rp125.973.675,07 atau turun sebesar 1,61%.

b. Biaya Total Pada Penambahan Tenaga Kerja dan Alat 2

Perhitungan biaya total dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya total akibat percepatan pada salah satu item pekerjaan (Kode : **BTU32air**).

Perhitungan biaya total pada penambahan tenaga kerja :

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga kerja \& alat 2} &= \text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung} \\
 &= \text{Rp6.798.721.706,22} + \text{Rp915.741.821,78} \\
 &= \text{Rp7.714.463.528,00}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan biaya total pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.43.

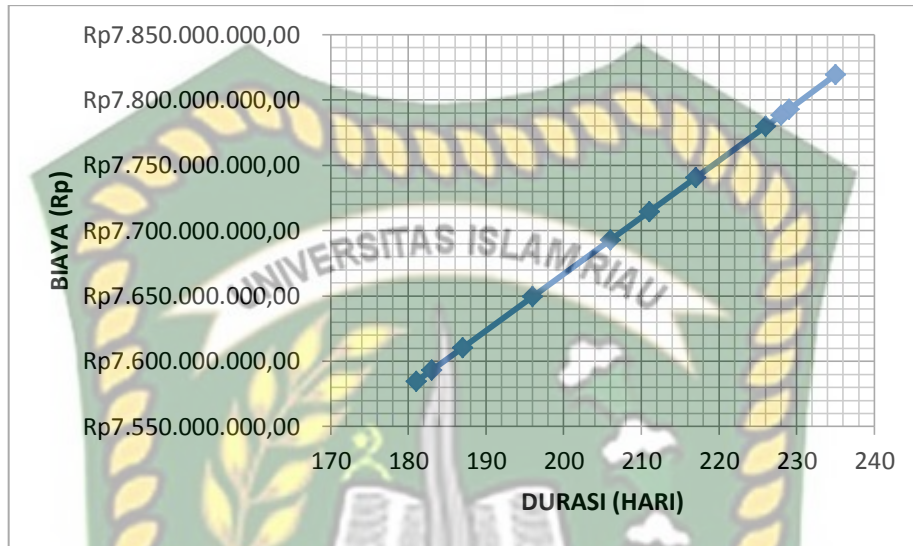
Tabel 5.43 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 2

Kode	Durasi Kumulatif	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Biaya Total
	235	Rp6.799.346.860,57	Rp1.019.902.029,00	Rp7.819.248.889,57
BMS20air	229	Rp6.798.904.379,60	Rp993.861.977,20	Rp7.792.766.356,80
PBSBJ34	228	Rp6.798.866.192,89	Rp989.521.968,56	Rp7.788.388.161,45
BMS30LJ	226	Rp6.798.798.986,22	Rp980.841.951,29	Rp7.779.640.937,51
BTU32darat	217	Rp6.798.752.618,22	Rp941.781.873,59	Rp7.740.534.491,81
BTU32air	211	Rp6.798.721.706,22	Rp915.741.821,78	Rp7.714.463.528,00
BTU32LJ	206	Rp6.798.721.706,22	Rp894.041.778,61	Rp7.692.763.484,83
PJRBS	196	Rp6.798.749.035,02	Rp850.641.692,27	Rp7.649.390.727,29
BMS20darat	187	Rp6.798.780.700,68	Rp811.581.614,57	Rp7.610.362.315,25
PSPBTW350	183	Rp6.798.888.951,77	Rp794.221.580,03	Rp7.593.110.531,80
TB	181	Rp6.799.017.457,50	Rp785.541.562,76	Rp7.584.559.020,26

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.43 menunjukkan penurunan dari biaya total berdasarkan pada hasil penambahan biaya langsung dengan biaya tidak langsung terhadap durasi kumulatif 181 hari sebesar Rp7.584.559.020,26. Perhitungan biaya total pada

tabel diatas menggunakan Persamaan 3.20 yang terlampir pada BAB III hal.63. Untuk grafik hubungan antara biaya total dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Grafik biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 2

Pada Gambar 5.17 menunjukkan biaya total mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya total selama 235 hari sebesar Rp7.819.248.889,57, sehingga untuk biaya total dengan durasi percepatan 181 hari sebesar Rp7.584.559.020,26 dengan penurunan sebesar Rp234.689.869,31 atau turun sebesar 3,00%.

c. Biaya Total Pada Penambahan Tenaga Kerja dan Alat 3

Perhitungan biaya total dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Biaya total akibat percepatan pada salah satu item pekerjaan (Kode : **BTU32air**).

Perhitungan biaya total pada penambahan tenaga kerja :

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga kerja \& alat 3} &= \text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung} \\
 &= \text{Rp}6.799.272.389,41 + \text{Rp}980.841.951,29 \\
 &= \text{Rp}7.780.114.340,70
 \end{aligned}$$

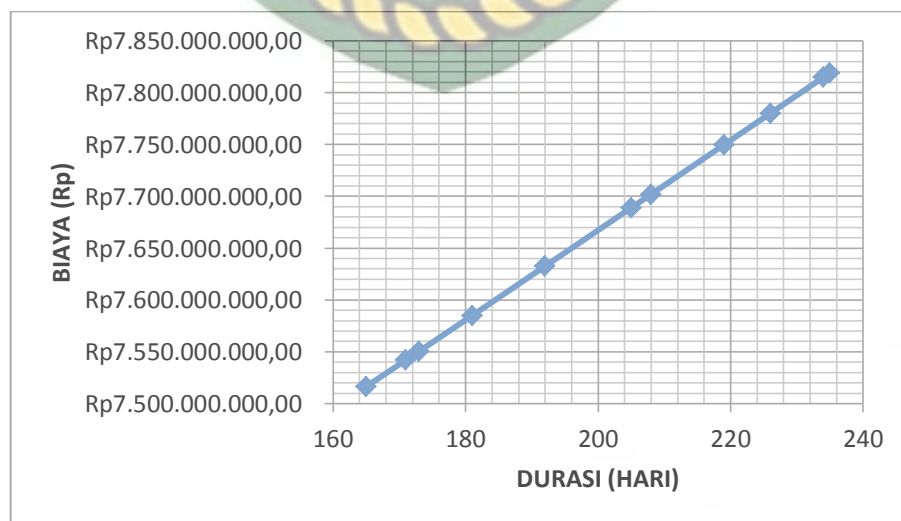
Hasil perhitungan biaya total pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.44.

Tabel 5.44 Hasil perhitungan biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 3

Kode	Durasi Kumulatif	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Biaya Total
	235	Rp6.799.346.860,57	Rp1.019.902.029,00	Rp7.819.248.889,57
PBSBJ34	234	Rp6.799.308.725,41	Rp1.015.562.020,37	Rp7.814.870.745,78
BTU32air	226	Rp6.799.272.389,41	Rp980.841.951,29	Rp7.780.114.340,70
BTU32LJ	219	Rp6.799.252.885,41	Rp950.461.890,86	Rp7.749.714.776,27
BTU32darat	208	Rp6.799.232.277,41	Rp902.721.795,88	Rp7.701.954.073,29
BMS30LJ	205	Rp6.799.230.460,22	Rp889.701.769,98	Rp7.688.932.230,20
PJRBS	192	Rp6.799.308.460,22	Rp833.281.657,74	Rp7.632.590.117,96
BMS20darat	181	Rp6.799.426.836,07	Rp785.541.562,76	Rp7.584.968.398,83
BMS20air	173	Rp6.799.728.340,22	Rp750.821.493,69	Rp7.550.549.833,91
TB	171	Rp6.799.856.845,95	Rp742.141.476,42	Rp7.541.998.322,37
PSPBTW350	165	Rp6.800.419.286,29	Rp716.101.424,62	Rp7.516.520.710,91

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.44 menunjukkan penurunan dari biaya total berdasarkan pada hasil penambahan biaya langsung dengan biaya tidak langsung terhadap durasi kumulatif 165 hari sebesar Rp7.516.520.710,91. Perhitungan biaya total pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.20 yang terlampir pada BAB III hal.63. Untuk grafik hubungan antara biaya total dengan durasi kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Grafik biaya total pada penambahan tenaga kerja dan alat 3

Pada Gambar 5.18 menunjukkan biaya total mengalami penurunan berdasarkan durasi kumulatif. Biaya total selama 235 hari sebesar Rp7.819.248.889,57, sehingga untuk biaya total dengan durasi percepatan 165 hari sebesar Rp7.516.520.710,91 dengan penurunan sebesar Rp302.728.178,66 atau turun sebesar 3,87%.

5.4.4 Efisiensi Waktu dan Biaya

Berdasarkan hasil analisis durasi percepatan dan biaya total proyek dapat dihitung efisiensi waktu dan biaya dari masing-masing item pekerjaan pada penambahan tenaga kerja dan alat. Analisis efisiensi waktu dan biaya ini tidak ada perbedaan dengan analisis yang sebelumnya.

Untuk mencari efisiensi waktu dan biaya adalah sebagai berikut :

Efisiensi waktu dan biaya pada salah satu item pekerjaan (Kode : **BTU32air**).

Perhitungan efisiensi waktu penambahan tenaga kerja dan alat :

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga kerja \& alat 1 } (Et) &= \left(\frac{\text{durasi proyek} - \text{durasi kumulatif pekerjaan}}{\text{durasi proyek}} \right) \times 100\% \\
 &= \left(\frac{235 - 223}{235} \right) \times 100\% \\
 &= 5,11 \%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada masing-masing pekerjaan terlampir pada Tabel 5.45 dan perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran A-22.

Tabel 5.45 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada penambahan tenaga kerja dan alat 1

Kode	Durasi Kumulatif	Biaya Total	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
	235	Rp7.819.248.889,57	0,00	0,00
BMS20air	232	Rp7.806.007.961,28	1,28	0,17
PSPBTW350	230	Rp7.797.222.346,26	2,13	0,28
BMS30LJ	229	Rp7.792.859.583,42	2,55	0,34

BTU32LJ	226	Rp7.779.803.221,51	3,83	0,50
BTU32air	223	Rp7.766.762.553,68	5,11	0,67
BTU32darat	218	Rp7.745.045.790,51	7,23	0,95
PBSBJ34	218	Rp7.745.045.790,51	7,23	0,95
TB	217	Rp7.740.722.363,60	7,66	1,00
PJRBS	211	Rp7.714.784.721,14	10,21	1,34
BMS20darat	206	Rp7.693.275.214,50	12,34	1,61

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.45 menunjukkan efisiensi waktu setelah mengalami percepatan pada durasi 206 hari sebesar 12,34% dan efisiensi biaya sebesar 1,61% dari biaya total proyek. Perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.21 dan 3.22 yang terlampir pada BAB III hal.63. Untuk hasil perhitungan efisiensi biaya dan waktu selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.46.

Tabel 5.46 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada penambahan tenaga kerja dan alat 2

Kode	Durasi Kumulatif	Biaya Total	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
	235	Rp7.819.248.889,57	0,00	0,00
BMS20air	229	Rp7.792.766.356,80	2,55	0,34
PBSBJ34	228	Rp7.788.388.161,45	2,98	0,39
BMS30LJ	226	Rp7.779.640.937,51	3,83	0,51
BTU32darat	217	Rp7.740.534.491,81	7,66	1,01
BTU32air	211	Rp7.714.463.528,00	10,21	1,34
BTU32LJ	206	Rp7.692.763.484,83	12,34	1,62
PJRBS	196	Rp7.649.390.727,29	16,60	2,17
BMS20darat	187	Rp7.610.362.315,25	20,43	2,67
PSPBTW350	183	Rp7.593.110.531,80	22,13	2,89

TB	181	Rp7.584.559.020,26	22,98	3,00
----	-----	--------------------	-------	------

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.46 menunjukkan efisiensi waktu setelah mengalami percepatan pada durasi 181 hari sebesar 22,98% dan efisiensi biaya sebesar 3,00% dari biaya total proyek. Perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.21 dan 3.22 yang terlampir pada BAB III hal.63. Untuk hasil perhitungan efisiensi biaya dan waktu selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.47.

Tabel 5.47 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada penambahan tenaga kerja dan alat 3

Kode	Durasi Kumulatif	Biaya Total	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
	235	Rp7.819.248.889,57	0,00	0,00
PBSBJ34	234	Rp7.814.870.745,78	0,43	0,06
BTU32air	226	Rp7.780.114.340,70	3,83	0,50
BTU32LJ	219	Rp7.749.714.776,27	6,81	0,89
BTU32darat	208	Rp7.701.954.073,29	11,49	1,50
BMS30LJ	205	Rp7.688.932.230,20	12,77	1,67
PJRBS	192	Rp7.632.590.117,96	18,30	2,39
BMS20darat	181	Rp7.584.968.398,83	22,98	3,00
BMS20air	173	Rp7.550.549.833,91	26,38	3,44
TB	171	Rp7.541.998.322,37	27,23	3,55
PSPBTW350	165	Rp7.516.520.710,91	29,79	3,87

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.47 menunjukkan efisiensi waktu setelah mengalami percepatan pada durasi 165 hari sebesar 29,79% dan efisiensi biaya sebesar 3,87% dari biaya total proyek. Perhitungan efisiensi waktu dan biaya pada tabel diatas menggunakan Persamaan 3.21 dan 3.22 yang terlampir pada BAB III hal.63.

5.5 Perbandingan Waktu dan Biaya Percepatan

Setelah semua penjabaran hasil dari variasi penambahan jam kerja (lembur) dan Penambahan tenaga kerja dan alat, berikut ini merupakan perbandingan antara waktu dan biaya normal, waktu dan biaya penambahan jam kerja (lembur) serta waktu dan biaya penambahan tenaga kerja dan alat yang dapat dilihat pada Tabel 5.48.

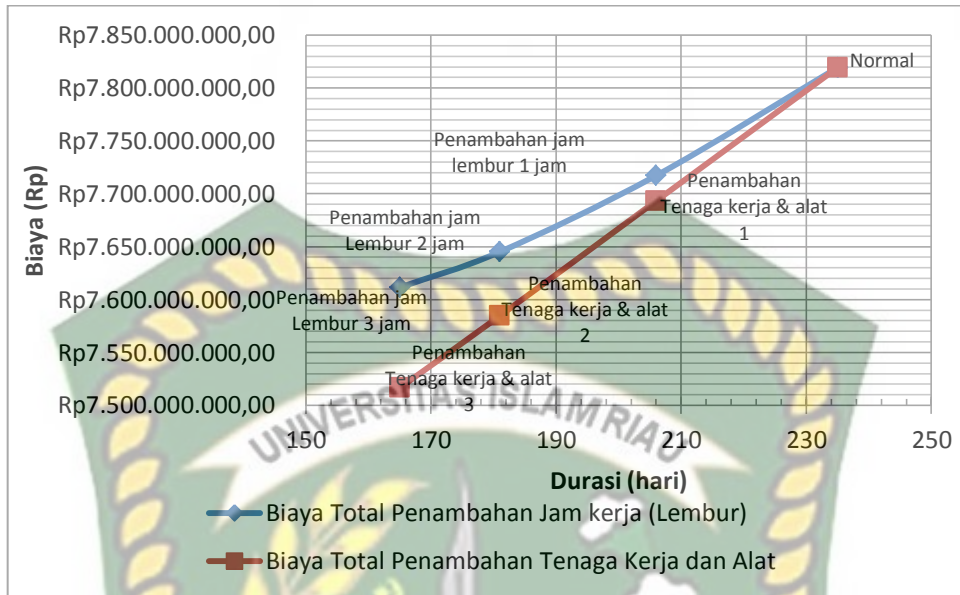
Tabel 5.48 Perbandingan biaya antara kondisi normal dengan penambahan jam lembur serta penambahan tenaga kerja dan alat

Variasi	Durasi (hari)	Biaya Total Penambahan Jam kerja (Lembur)	Biaya Total Penambahan Tenaga Kerja dan Alat	Selisih Biaya
Normal	235	Rp7.819.248.889,57	Rp7.819.248.889,57	Rp0,00
1	206	Rp7.717.189.988,38	Rp7.693.275.214,50	Rp23.914.773,88
2	181	Rp7.645.075.886,47	Rp7.584.559.020,26	Rp60.516.866,21
3	165	Rp7.611.416.535,41	Rp7.516.520.710,91	Rp94.895.824,50

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 5.48 menunjukkan penurunan biaya pada masing-masing variasi. Selisih biaya terbesar berada pada variasi 3 dengan durasi 165 hari antara biaya total penambahan lembur 3 jam dengan biaya total penambahan tenaga kerja dan alat 3 sebesar Rp94.895.824,50.

Dari tabel diatas, disajikan grafik perbandingan biaya antara kondisi normal dengan penambahan jam lembur serta penambahan tenaga kerja dan alat pada masing-masing variasi yang terlampir pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Grafik perbandingan waktu dan biaya percepatan

Pada Gambar 5.19 menunjukkan adanya perbedaan biaya pada penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga dan alat. Terlihat pada grafik, penambahan tenaga kerja dan alat lebih tergolong menurun terhadap biaya total pada setiap variasi. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa biaya penambahan tenaga kerja dan alat 3 jauh lebih efisien dari variasi yang lain.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dan hasil analisis serta pembahasan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Jembatan Limau Manis Kabupaten Kampar tahap 1 (*multiyears*) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Biaya penambahan waktu lembur 1 jam sebesar Rp7.717.189.988,38 pada durasi percepatan 206 hari dari biaya total semula sebesar Rp7.819.248.889,57 dengan durasi normal 235 hari, sehingga efisiensi waktu yang didapat 12,34% dan efisiensi biaya 1,31%. Biaya penambahan waktu lembur 2 jam sebesar Rp7.645.075.886,47 pada durasi percepatan 181 hari, sehingga efisiensi waktu yang didapat 22,98% dan efisiensi biaya 2,23%. Sementara biaya penambahan waktu lembur 3 jam sebesar Rp7.611.416.535,41 pada durasi percepatan 165 hari, sehingga efisiensi waktu yang didapat 29,79% dan efisiensi biaya 2,66%.
2. Biaya penambahan tenaga kerja dan alat 1 sebesar Rp7.693.275.214,50 pada durasi percepatan 206 hari dari biaya total semula sebesar Rp7.819.248.889,57 dengan durasi normal 235 hari, sehingga efisiensi waktu yang didapat 12,34 dan efisiensi biaya 1,61%. Biaya penambahan tenaga kerja dan alat 2 sebesar Rp7.584.559.020,26 pada durasi percepatan 181 hari, sehingga efisiensi waktu yang didapat 22,98% dan efisiensi biaya 3,00%. Sementara biaya penambahan tenaga kerja dan alat 3 sebesar Rp7.516.520.710,91 pada durasi percepatan 165 hari, sehingga efisiensi waktu yang didapat 29,79% dan efisiensi biaya 3,87%. Dari total keseluruhan analisa, didapatkan bahwa penambahan tenaga kerja dan alat 3 merupakan biaya yang paling efektif dan murah dari variasi analisa yang lain.

3. Selisih biaya antara penambahan waktu lembur 1 jam dengan penambahan tenaga kerja dan alat 1 sebesar Rp23.914.773,88. Selisih biaya antara penambahan waktu lembur 2 jam dengan penambahan tenaga kerja dan alat 2 sebesar Rp60.516.866,21. Selisih biaya antara penambahan waktu lembur 3 jam dengan penambahan tenaga kerja dan alat 3 sebesar Rp94.895.824,50.

6.2 Saran

1. Sangat diperlukan pengecekan berkala untuk setiap data, supaya memastikan data input dan output saling berkaitan.
2. Penyusunan pekerjaan hendaknya mendekati kondisi yang dilapangan, supaya hasil dari pengolahan data dapat diterapkan.
3. Penambahan data berupa metode konstruksi akan lebih mudah dalam menyusun jadwal pada *microsoft project 2016*.



DAFTAR PUSTAKA

- Azki, Hanny Ulqia Queene. 2018. *Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off pada Pekerjaan Jembatan Lemah Abang Kabupaten Sleman*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Badri, Sofwan. 1991. *Dasar-dasar Network Planning*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Barrie, Donald S., Paulson. 1995. *Manajemen Proyek Profesional*. Jakarta: Erlangga.
- Callahan, Michael T. 1992. *Construction Project Scheduling*. New York: Mc Graw Hill.
- Ervianto, Wulfram I. 2002. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: ANDI.
- Ervianto, Wulfram I. 2005. *Manajemen Proyek Konstruksi (Edisi Revisi)*. Yogyakarta: ANDI.
- Husen, Abrar. 2009. *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: ANDI.
- Hutasuhut, Aulia Rahman. 2015. *Analisa optimalisasi biaya dan waktu proyek dengan cara crash program (studi kasus: proyek pembangunan pabrik refinery dan fraksinasi di Belawan)*. Tugas Akhir. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Iramutyn, Ermis Vera. 2010. *Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Metode Crash (studi kasus: Proyek Pemeliharaan Gedung dan Bangunan Rumah Sakit Orthopedi Prof.Dr.R.Soeharso Surakarta)*. Tugas Akhir. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Kep.102/MEN/VI/2004 tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Luthan, Putri Lynna, Syafriandi. 2006. *Aplikasi Microsoft Project untuk Penjadwalan Kerja Proyek Teknik Sipil*. Yogyakarta: ANDI.
- Luthan, Putri Lynna, Syafriandi. 2017. *Manajemen Konstruksi Dengan Aplikasi Microsoft Project*. Yogyakarta: ANDI.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Project Manajemen Institute. 2004. *A Guide To The Project Manajemen Body of Knowledge Third Edition*. ANSI.

Samosir, Peter. 2017. *Analisis optimalisasi waktu dan biaya dengan aplikasi Microsoft Project pada proyek konstruksi gedung dengan penambahan jam kerja (studi kasus: pembangunan gedung SATPAS type 455 m² Polres Langkat)*. Tugas Akhir. Medan: Universitas Sumatra Utara.

Soeharto, Iman. 1995. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Cetakan Pertama. Jakarta: Erlangga.

Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Cetakan Kedua. Jakarta: Erlangga.

Terry, George R. 1968. *Principles of Management*. Homewood: Illinois.

Widiasanti, Irika, Lenggogeni. 2013. *Manajemen Konstruksi*. Bandung: Rosda Karya.

