

TESIS
OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE *CRASHING*
STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN JALAN SIMP. 4
KALIORANG – TALISAYAN KALIMANTAN TIMUR



Disusun oleh :

AFRIE NARDIANSYAH

17 914 022

KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021

TESIS

OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE *CRASHING*

STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN JALAN SIMP. 4

KALIORANG – TALISAYAN KALIMANTAN TIMUR



Disusun oleh:

AFRIE NARDIANSYAH

NIM: 17 914 022

**KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS


**OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE *CRASHING*
STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN JALAN SIMP. 4
KALIORANG – TALISAYAN KALIMANTAN TIMUR**



Ir. Akhmad Suraji, M.T., Ph.D, IP-M.
Dosen Pembimbing I


Tanggal:

Ir. Faisol AM., MS.
Dosen Pembimbing II


Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE CRASHING
STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN JALAN SIMP. 4
KALIORANG - TALISAYAN KALIMANTAN TIMUR**



Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dosen Penguji

(Ir. Akhmad Suraji, M.T., Ph.D, IP-M.)

(Ir. Faisol AM., MS.)

(Albani Musyafa S.T., M.T., Ph.D.)

Yogyakarta, 06 DEC 2021

Program Studi Teknik Sipil Program Magister
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia



Ketua Program

(Ir. Purni Nugrahani, ST., MT., Ph.D., IP-M.)

PERNYATAAN

Berikut ini merupakan pernyataan saya bahwa:

1. Tesis yang saya kerjakan merupakan syarat dari program studi magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
2. Tesis yang saya kerjakan ini merupakan hasil karya saya sendiri.
3. Adapun beberapa penulisan laporan yang saya buat mengutip dari hasil karya orang lain tetapi saya cantumkan sumbernya dengan jelas sesuai akidah, norma, dan etika penulisan karya ilmiah.
4. Jika terbukti pada laporan tesis ini bukan hasil karya saya sendiri, maka saya bersedia menerima sanksi serta pencabutan gelar akademik

Yogyakarta,

2021

Yang membuat pernyataan,



AFRIE NARDIANSYAH

NIM: 17 914 022

KATA PENGANTAR

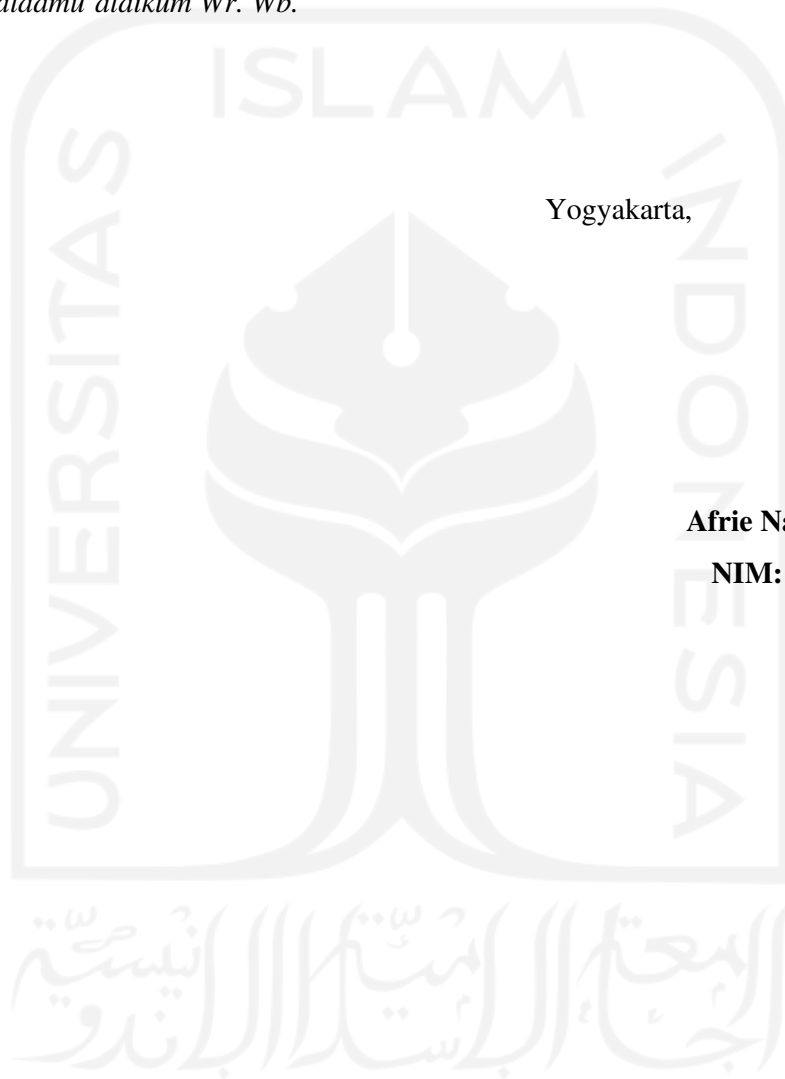
Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala Puji dan Syukur Penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT berkat Rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan laporan Tesis yang berjudul **“OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE CRASHING PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN SIMP. 4 KALIORANG – TALISAYAN KALIMANTAN TIMUR”**. Shalawat dan salam semoga selalu dicurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan dan pribadi mulia bagi seluruh umat manusia. Selama proses penyusunan laporan tesis ini, Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya Kepada:

1. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IP-M. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia;
2. Bapak Ir. Akhmad Suraji, M.T., Ph.D, IP-M. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan tesis ini;
3. Bapak Ir. Faisol A.M., M.S. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan tesis ini;
4. Bapak Albani Musyafa S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyelesaian tesis ini
5. Kedua orang tua Penulis yang selalu memberikan kasih sayang dan dukungan selama ini;
6. Pengelola Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil UII yang selalu membantu Penulis selama masa perkuliahan;
7. Rekan-rekan Magister Teknik Sipil secara khususnya Angkatan 2017 yang telah berjuang dan saling menyemangati Bersama-sama selama masa perkuliahan;
8. Dan juga Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak salah dan kekurangan, oleh karena itu Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini dapat bermanfaat khususnya bagi Penulis dan bagi masyarakat pada umumnya.

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.



Yogyakarta,

2021
Penulis,

Afrie Nardiansyah
NIM: 17 914 022

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Keaslian Penelitian	4
1.7. Sistematika Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya	6
2.1.1 <i>Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia</i>	6
2.1.2 Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pemeliharaan Jalan Harun Nafsi – HM Rifadin Samarinda Kalimantan Timur	7
2.1.3 Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Penyelesaian Proyek Jalan (Studi Kasus: Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Sumatera Barat)	8

2.1.4	Analisis Percepatan Durasi Dengan Metode “Time Cost Trade Off” Pada Proyek Peningkatan Jalan Bukit Seribu (LAPEN-RIGID) Kota Samarinda.....	8
2.1.5	Analisis Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode <i>Time Cost Trade Off</i> (Studi Kasus: Peningkatan Jalan Siluk-Kretek Bagian I)	9
2.1.6	Analisis Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode <i>Time Cost Trade Off</i>	9
2.1.7	Evaluasi Waktu dan Biaya Dengan Metoda <i>Crashing</i> Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit UII	11
2.2	Perbedaan Penelitian	11

BAB III LANDASAN TEORI

3.1.	Manajemen Proyek.....	15
3.2.	Keterlambatan Proyek Konstruksi.....	15
3.3.	Jenis-Jenis Keterlambatan	16
3.4.	Kurva S.....	16
3.5.	<i>Network Planning</i>	18
3.6.	PDM (<i>Precedence Diagram Method</i>)	19
3.7.	Teknik Perhitungan PDM.....	20
3.8.	Lintasan Kritis	22
3.9.	Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (<i>Time Cost Trade Off</i>)	23
3.10.	Metode <i>Crashing</i>	25
3.11.	Biaya Total Proyek.....	28
3.12.	Hubungan Antara Biaya dan Waktu.....	29
3.13.	Produktivitas Alat dan Tenaga	31
3.14.	Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)	36
3.15.	Penambahan Alat dan Tenaga	38

3.16. Biaya Penambahan Akibat Lembur (<i>Crash Cost</i>).....	38
3.17. Biaya Penambahan Alat dan Tenaga (<i>Crash Cost</i>).....	39
3.18. Program <i>Microsoft Project</i>	40

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Pendahuluan	45
4.2. Objek dan Subjek Penelitian	45
4.3. Data Penelitian.....	46
4.4. Alat yang Digunakan.....	46
4.5. Tahapan Penelitian	47
4.6. Bagan Alir Penelitian	48

BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Proyek.....	50
5.1.1 Data Awal Proyek	50
5.1.2 Daftar Harga Upah	50
5.1.3 Durasi Normal Kegiatan (Dn).....	51
5.2 Jaringan Kerja <i>Precedence Diagram Method</i> (PDM)	52
5.3 Menentukan Jumlah <i>Resource</i> Dan Upah Pada Pekerjaan Kondisi Normal.....	54
5.4 Analisis Perhitungan Percepatan Proyek Dengan Tambah Jam Kerja (Lembur)	55
5.4.1 Tambah Jam Kerja (Lembur) Selama 3 Jam.....	55
5.4.2 Tambah Jam Kerja (Lembur) Selama 4 Jam.....	66
5.4.3 Tambah Jam Kerja (Lembur) Selama 5 Jam.....	77
5.4.4 Tambah Jam Kerja (Lembur) Selama 6 Jam.....	88
5.4.5 Analisis Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung Akibat <i>Crashing</i> dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)	99
5.5 Analisis Percepatan Proyek Dengan Tambah Alat dan Tenaga.....	104
5.5.1 Tambah Alat dan Tenaga Sebesar 25%	104
5.5.2 Tambah Alat dan Tenaga Sebesar 50%	108

5.5.3	Tambah Alat dan Tenaga Sebesar 75%	112
5.5.4	Tambah Alat dan Tenaga Sebesar 100%	116
5.5.5	Aalisis Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung Akibat Crashing dengan Penambahan Alat dan Tenaga.....	120
5.6	Rekapitulasi Waktu Dan Biaya Proyek.....	124
5.7	Pembahasan.....	127
5.7.1	Analisis Waktu dan Biaya Proyek Pada Kondisi Normal....	127
5.7.2	Indeks Produktivitas (IP) terhadap <i>Crashing</i> dengan Penambahan Jam Kerja (lembur) dan <i>Crashing</i> dengan Penambahan Alat dan Tenaga	127
5.7.3	Analisis (Percepatan) <i>Crashing</i> dengan Penambahan Jam Kerja (lembur) dan <i>Crashing</i> dengan Penambahan Alat dan Tenaga.....	129
5.7.4	Perbandingan Analisis Percepatan (<i>Crashing</i>) Waktu dan Biaya Penelitian dengan Tinjauan Pustaka	149
5.7.5	Percepatan (<i>Crashing</i>) Waktu dan Biaya Menggunakan Penambahan Jam Kerja (Lembur) dan Penambahan Alat dan Tenaga Terhadap Proyek Jalan yang akan datang	151
5.7.6	Akibat Penambahan Jam Kerja (Lembur) dan Penambahan Alat dan Tenaga	155

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1.	Kesimpulan.....	156
6.2.	Saran	157

DAFTAR PUSTAKA	xix
-----------------------------	-----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Hubungan Kegiatan i dan j (Arianto, 2010)	18
Gambar 3.2	Lambang Kegiatan PDM (Arianto, 2010)	18
Gambar 3.3	Hubungan Waktu Dengan Biaya Total, Biaya Langsung, dan Biaya Tidak Langsung (Soeharto, 1997)	26
Gambar 3.4	Hubungan Waktu – Biaya Normal dan Dipercepat Untuk Suatu Kegiatan	27
Gambar 3.5	Hubungan Waktu – Biaya Normal dan Dipercepat Untuk Suatu Kegiatan.....	27
Gambar 3.6	Hubungan Waktu – Biaya Normal dan Dipercepat Untuk Suatu Kegiatan.....	28
Gambar 3.7	Grafik Indikasi Penurunan Produktivitas Karena Kerja Lembur (Soeharto, 1997)	35
Gambar 3.8	FS (<i>Finish to Start</i>)	40
Gambar 3.9	FF (<i>Finish to Finish</i>)	40
Gambar 3.10	SS (<i>Start to Start</i>)	41
Gambar 3.11	SF (<i>Start to Finish</i>)	41
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian	45
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian (Lanjutan).	46
Gambar 5.1	Grafik indikasi Penurunan Produktivitas karena penambahan jam kerja Lembur (Soeharto, 1995)	56
Gambar 5.2	Grafik indikasi Penurunan Produktivitas karena penambahan jam kerja Lembur (Soeharto, 1995).....	66
Gambar 5.3	Grafik indikasi Penurunan Produktivitas karena penambahan jam kerja Lembur (Soeharto, 1995).....	77
Gambar 5.4	Grafik indikasi Penurunan Produktivitas karena penambahan jam kerja Lembur (Soeharto, 1995).....	88
Gambar 5.5	Grafik Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi <i>crash</i> akibat lembur	102

Gambar 5.6 Grafik Hubungan waktu-biaya normal dan <i>crash</i> dengan Variasi Lembur	103
Gambar 5.7 Grafik Kepadatan Alat dan Tenaga dengan Indeks Produktivitas	104
Gambar 5.8 Grafik Kepadatan Alat dan Tenaga dengan Indeks Produktivitas	108
Gambar 5.9 Grafik Kepadatan Alat dan Tenaga dengan Indeks Produktivitas	112
Gambar 5.10 Grafik Kepadatan Alat dan Tenaga dengan Indeks Produktivitas	116
Gambar 5.11 Grafik Perbandingan Antara Biaya Tidak Langsung, Biaya Langsung, dan Biaya Total Pada Durasi Normal Dengan Durasi Crash Akibat Tambah Alat dan Tenaga.....	123
Gambar 5.12 Grafik Hubungan waktu-biaya normal dan <i>crash</i> dengan Variasi Tambah Alat dan Tenaga.....	124
Gambar 5.13 Grafik Hubungan Waktu – Biaya Antara Kondisi Normal dan Crashing.....	125
Gambar 5.14 Grafik Perbandingan antara waktu dan biaya kondisi Normal dan Crashing.....	126
Gambar 5.15 Grafik indikasi Penurunan Produktivitas karena penambahan jam kerja lembur (sumber: Soeharto, 1995)	127
Gambar 5.16 Grafik Kepadatan Alat dan Tenaga dengan Indeks Produktivitas	129
Gambar 5.17 Grafik Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi crash akibat lembur	130
Gambar 5.18 Grafik Hubungan waktu-biaya normal dan <i>crash</i> dengan Variasi Lembur.....	131
Gambar 5.19 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Lembur 3 Jam	132
Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Lembur 3 Jam	133
Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan <i>Crashing</i> Lembur 3 Jam	133
Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan <i>Crashing</i> Lembur 4 Jam	134

Gambar 5.23 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Lembur 4 Jam	135
Gambar 5.24 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan <i>Crashing</i> Lembur 4 Jam	135
Gambar 5.25 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Lembur 5 Jam	136
Gambar 5.26 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Lembur 5 Jam	137
Gambar 5.27 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan <i>Crashing</i> Lembur 5 Jam	137
Gambar 5.28 Grafik Perbandingan Biaya Langsung dengan <i>Crashing</i> Lembur 6 Jam	138
Gambar 5.29 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung dengan <i>Crashing</i> Lembur 6 Jam	139
Gambar 5.30 Grafik Perbandingan Biaya Total dengan <i>Crashing</i> Lembur 6 Jam ..	139
Gambar 5.31 Grafik Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi crash tambah alat dan tenaga	140
Gambar 5.32 Grafik Hubungan waktu-biaya normal dan Tambah Tenaga	141
Gambar 5.33 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 25%	142
Gambar 5.34 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 25%	142
Gambar 5.35 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 25%.....	143
Gambar 5.36 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 50%	144
Gambar 5.37 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 50%	144
Gambar 5.38 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 50%.....	145

Gambar 5.39 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 75%	146
Gambar 5.40 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 75%	146
Gambar 5.41 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 75%.....	147
Gambar 5.42 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 100%	148
Gambar 5.43 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 100%	148
Gambar 5.44 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan <i>Crashing</i> Tambah Tenaga sebesar 100%.....	149
Gambar 5.45 Grafik Perbandingan Biaya Normal dan <i>Crashing</i> Penelitian dengan Tinjauan Pustaka.....	150
Gambar 5.46 Grafik Perbandingan Biaya Normal dan <i>Crashing</i> Penelitian dengan Tinjauan Pustaka.....	150
Gambar 5.47 Grafik Perbandingan Durasi Penyelesaian Proyek Normal dan Terlambat 30 hari.....	151
Gambar 5.48 Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi crash akibat lembur dan tambah alat dan tenaga	151
Gambar 5.49 Grafik Hubungan waktu-biaya normal Variasi Lembur dan Variasi Tambah Alat dan Tenaga Kerja	151
Gambar 5.50 Hubungan waktu-biaya normal Variasi Tambah Alat dan Tenaga yang Optimum	152

DAFTAR TABEL

Tabel 5. 1 Daftar Harga Satuan Upah Pekerja Harian	51
Tabel 5. 2 Durasi Normal Pekerjaan	52
Tabel 5. 3 Kegiatan-kegiatan pada jalur lintasan kritis.....	53
Tabel 5. 4 Pekerjaan-pekerjaan yang dipercepat (crashing)	53
Tabel 5. 5 Durasi crash masing-masing pekerjaan pada penambahan jam kerja (lembur)	58
Tabel 5.6 Tabel Perhitungan Slope dan Biaya Crashing Penambahan Jam kerja (lembur) selama 3 jam	62
Tabel 5.7 Penambahan Biaya Akibat adanya Penambahan Jam Kerja (lembur).....	65
Tabel 5.8 Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 3 jam	66
Tabel 5. 9 Durasi crash masing-masing pekerjaan pada penambahan jam kerja (lembur)	69
Tabel 5.10 Tabel Perhitungan Slope dan Biaya Crashing Penambahan Jam kerja (lembur) selama 4 jam	73
Tabel 5.11 Penambahan Biaya Akibat adanya Penambahan Jam Kerja (lembur).....	76
Tabel 5.12 Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 4 jam	77
Tabel 5. 13 Durasi crash masing-masing pekerjaan pada penambahan jam kerja (lembur)	80
Tabel 5.14 Tabel Perhitungan Slope dan Biaya Crashing Penambahan Jam kerja (lembur) selama 5 jam	81
Tabel 5.15 Penambahan Biaya Akibat adanya Penambahan Jam Kerja (lembur).....	84
Tabel 5.16 Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 5 jam	85
Tabel 5. 17 Durasi crash masing-masing pekerjaan pada penambahan jam kerja (lembur)	88
Tabel 5.18 Tabel Perhitungan Slope dan Biaya Crashing Penambahan Jam kerja (lembur) selama 6 jam	92

Tabel 5.19 Penambahan Biaya Akibat adanya Penambahan Jam Kerja (lembur).....	95
Tabel 5.20 Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 6 jam.....	96
Tabel 5.21 Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal terhadap durasi crash dengan Lembur	99
Tabel 5.22 Penambahan Alat dan Tenaga Kerja untuk pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air	101
Tabel 5.23 Tabel Perhitungan Slope dan Biaya Crashing Penambahan Alat dan Tenaga sebesar 25%	104
Tabel 5.24 Penambahan Alat dan Tenaga Kerja untuk pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air	105
Tabel 5.25 Tabel Perhitungan Slope dan Biaya Crashing Penambahan Alat dan Tenaga sebesar 50%	108
Tabel 5.26 Penambahan Alat dan Tenaga Kerja untuk pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air	109
Tabel 5.27 Tabel Perhitungan Slope dan Biaya Crashing Penambahan Alat dan Tenaga sebesar 75%	112
Tabel 5.28 Penambahan Alat dan Tenaga Kerja untuk pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air	113
Tabel 5.29 Tabel Perhitungan Slope dan Biaya Crashing Penambahan Alat dan Tenaga sebesar 100%	116
Tabel 5.30 Perbandingan Antara Biaya Tidak Langsung, Biaya Langsung, dan Biaya Total Pada Durasi Normal Terhadap Durasi Crash Dengan Tambah Alat dan Tenaga.....	120
Tabel 5.31 Perbandingan antara waktu dan biaya kondisi Normal dan Crashing ...	121
Tabel 5.32 Efektivitas Tenaga Kerja untuk masing-masing Jam Kerja Lembur	125
Tabel 5.33 Perbandingan Antara Biaya Tidak Langsung, Biaya Langsung, dan Biaya Total Pada Durasi Normal Terhadap Durasi Crash Dengan Lembur.....	127
Tabel 5.34 Perbandingan Antara Biaya Tidak Langsung, Biaya Langsung, dan Biaya Total Pada Durasi Normal Terhadap Durasi Crash Dengan Tambah Alat dan Tenaga.....	137

Tabel 5.35 Perbandingan Waktu Normal dan Waktu Crashing Penelitian dengan
Tinjauan Pustaka 146

Tabel 5.36 Perbandingan Biaya Normal dan Waktu Crashing Penelitian dengan
Tinjauan Pustaka 147



ABSTRAK

Permasalahan konstruksi yang umum terjadi adalah keterlambatan dalam pelaksanaan proyek. Keterlambatan pada proyek akan mempengaruhi biaya proyek. Melihat kejadian tersebut pada penelitian ini akan dianalisis percepatan waktu proyek pada proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang - Kalisayan dengan metode Precedence Diagram Method (PDM) menggunakan software Microsoft Project 2010, sehingga didapatkan pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis. Pekerjaan yang berada di lintasan kritis tersebut akan di lakukan crashing dengan metode penambahan jam kerja (lembur), dan penambahan alat, hasil akhir dari kedua alternatif perhitungan crashing tersebut akan diperoleh perubahan percepatan durasi waktu suatu proyek dengan biaya yang optimal. Dari hasil penelitian optimasi waktu dan biaya dengan metode crashing pada proyek pembangunan jalan simp. 4 kaliorang - talisayan menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam, 4 jam, 5 jam, dan 6 jam serta alternatif yang kedua dengan variasi penambahan alat dan tenaga kerja sebesar 25%, 50%, 75% dan 100% dari jumlah alat dan tenaga normal didapatkan hasil akhir dari alternatif yang paling optimum dari kedua alternatif tersebut adalah pada alternatif penambahan alat dan tenaga sebesar 100% dari jumlah alat dan tenaga normal, didapatkan durasi crash menjadi 91 hari dari durasi normal sebesar 135 hari atau terjadi percepatan durasi sebesar 44 hari, dengan didapatkan biaya total sebesar Rp10.825.046.816,96 dari biaya total normal sebesar Rp10.868.916.625,88 atau terjadi penurunan biaya total sebesar 0,40%.

Kata kunci: Keterlambatan, lintasan kritis, *crashing*, penambahan jam kerja (lembur), penambahan alat dan tenaga, PDM (*Precedence Diagram Method*)

ABSTRACT

A common construction problem that occurs is delays in project implementation. Delays in projects will affect project costs. Seeing this incident, this study will analyze the acceleration of project time on the Simp Road Construction project. 4 Kaliorang - Kalisayan with the Precedence Diagram Method (PDM) using Microsoft Project 2010 software, so that jobs are on the critical path. The work that is on the critical path will be crashing with the method of adding working hours (overtime), and adding tools, the final result of the two alternative crashing calculations will be a change in the acceleration of the duration of a project at an optimal cost. From the results of time and cost optimization research with the crashing method on the simp road construction project. 4 kaliorang - talisayan uses the alternative of additional working hours (overtime) for 3 hours, 4 hours, 5 hours, and 6 hours and the second alternative with variations in the addition of tools and labor by 25%, 50%, 75% and 100% of the total normal tools and labor obtained the final result of the most optimum alternative of the two alternatives is the alternative of adding tools and labor by 100% of the normal number of tools and labor, the crash duration is 91 days from the normal duration of 135 days or there is an acceleration of the duration of 44 days, with a total cost of Rp. 10,825,046,816.96 from the normal total cost of Rp. 10,868,916,625.88 or a decrease in total costs of 0.40%.

Keywords: *Delays, critical path, crashing, additional working hours (overtime), additional tools and labor, PDM (Precedence Diagram Method)*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Konstruksi yang ada di Indonesia sangat berkembang pesat dalam membantu meningkatkan perekonomian. Namun, ada permasalahan yang dihadapi oleh dunia konstruksi di Indonesia, khususnya pada provinsi Kalimantan Timur. Yaitu keterlambatan dalam pelaksanaan proyek. Keterlambatan adalah sebuah kondisi yang sangat tidak dikehendaki, karena akan sangat merugikan kedua belah pihak. Keterlambatan dapat menyebabkan kerugian terhadap perekonomian, pembengkakan biaya, perselisihan, arbitrase, proyek terbengkalai, dan kualitas proyek yang rendah.

Paket pekerjaan Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Kalimantan Timur dari tahun 2018 sampai dengan 2019 mencapai 73 paket pekerjaan, yang mana setiap tahunnya mengalami keterlambatan rata-rata perpaket 15 %, keterlambatan terjadi mulai dari hari, minggu bahkan ada yang sampai satu bulan, yang disebabkan oleh beberapa faktor penyebab sehingga proyek tersebut tidak berjalan sesuai rencana.

Fadli (2017), mengungkapkan bahwa faktor dominan yang mempengaruhi keterlambatan proyek pemeliharaan jalan di Kalimantan Timur adalah tingkat pekerja yang belum optimal dan perubahan lingkup proyek selama pekerjaan masih berlangsung.

Berdasarkan keterlambatan yang terjadi, maka saya mengkaji faktor keterlambatan yang disebabkan oleh kekurangan alat dan tenaga.

Pada proyek konstruksi perencanaan waktu dan biaya sangat penting untuk diketahui untuk bisa mendapatkan keuntungan yang maksimal. Agar bisa mendapatkan hal tersebut, maka yang harus dilakukan adalah dengan mengoptimasi waktu dan biaya. Dengan dimulai membuat jaringan kerja proyek (*network*), mencari kegiatan-kegiatan

yang kritis dan menghitung durasi proyek serta mengetahui jumlah sumber daya (*resource*).

Metode crashing menjadi alternatif perencanaan untuk pelaksanaan proyek dalam menyusun perencanaan yang terbaik, sehingga dapat dihasilkan kondisi keuntungan maksimal yang diinginkan dengan penambahan biaya yang paling optimum.

Crashing adalah proses mereduksi waktu penyelesaian proyek dengan disengaja, sistematis dan analitik melalui pengujian dari semua kegiatan dalam proyek namun difokuskan pada kegiatan yang berada di jalur kritis. Maka lintasan kritis pada network planning harus sudah diketahui sebelum melakukan crashing, karena lintasan kritis menjadi penentu dalam mempercepat durasi

Melihat kejadian tersebut pada penelitian ini akan dianalisis percepatan waktu proyek pada proyek Pembangunan Jalan Simp.4 Kaliorang - Kalisayan dengan metode *Precedence Diagram Method* (PDM) menggunakan *software Microsoft Project 2010*, sehingga didapatkan pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis. Pekerjaan yang berada di lintasan kritis tersebut akan di lakukan *crashing* dengan metode penambahan jam kerja (lembur), serta penambahan alat dan tenaga, hasil akhir dari kedua alternatif perhitungan *crashing* tersebut akan diperoleh perubahan percepatan durasi waktu suatu proyek dengan biaya yang optimal.

1.2 . RUMUSAN MASALAH

Penelitian ini diharapkan dapat memiliki suatu kejelasan dalam pengerjaannya sesuai dengan latar belakang yang telah dibahas, maka perlu dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah besarnya perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek sesudah dilakukan variasi penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam ?

2. Berapakah besarnya perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek sesudah dilakukan variasi penambahan alat dan tenaga sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100% ?
3. Bagaimanakah perbandingan antara waktu dan biaya yang paling optimum dari hasil kedua variasi alternatif dengan biaya normal ?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Adapun maksud dan tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. mengetahui perbandingan waktu dan biaya pelaksanaan proyek sesudah dilakukan variasi penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam,
2. mengetahui perbandingan waktu dan biaya pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan alat dan tenaga sesudah dilakukan variasi penambahan alat dan tenaga sebesar 25%, 50%, 75% dan 100%,
3. mengetahui perbandingan antara waktu dan biaya yang paling optimum dari hasil kedua variasi alternatif dengan biaya normal.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan kebijakan pelaksanaan proyek,
2. sebagai bahan acuan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang ilmu manajemen operasional dan dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk penelitian yang akan datang,
3. memberikan gambaran dan tambahan pengetahuan tentang pengoperasian *Microsoft Project* dalam manajemen proyek.
4. Bagi peneliti dapat dijadikan bahan tambahan ilmu pengetahuan serta wawasan mengenai perencanaan waktu dengan biaya proyek yang seoptimal mungkin.

1.5 BATASAN MASALAH

Agar penelitian ini dapat lebih mengarah pada latar belakang dan permasalahan yang telah dirumuskan, maka dibuat batasan-batasan penelitian yang bertujuan untuk membatasi ruang lingkup, antara lain:

1. Pengambilan data berasal dari Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang - Talisayan
2. Hari kerja yang berlangsung dalam pelaksanaan proyek adalah Senin-Minggu, dengan jam kerja 7 jam antara jam 08.00-16.00 dengan waktu istirahat pada jam 12.00-13.00
3. perhitungan analisa percepatan waktu proyek pada penelitian ini menggunakan alternatif yaitu variasi penambahan jam kerja (lembur) 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam dan penambahan alat berat dan tenaga sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100% untuk mengetahui perubahan waktu dan biaya.
4. Nilai Indeks produktivitas akibat lembur diasumsikan berdasarkan grafik dari Iman Soeharto
5. Biaya material, biaya tenaga kerja, jadwal dan durasi pekerjaan diambil sesuai dengan data yang ada pada Rencana Anggaran Biaya dan *Time Schedule*
6. Batasan *crashing* adalah waktu dan biaya
7. Analisis jaringan kerja berupa *Precedence Diagram Method* (PDM) menggunakan program *Microsoft Project 2010*,
8. Sumber daya (material, tenaga kerja, dan peralatan) diasumsikan tidak terbatas.
9. Pada Penambahan Alat dan Pekerja tidak mempertimbangkan luas area pekerjaan

1.6 KEASLIAN PENELITIAN

Penelitian ini adalah benar-benar asli hasil dari karya penulis yang meliputi data, analisis maupun laporan kepenulisan dan bukan hasil menyalin dari penelitian yang lain

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Pada penulisan penelitian ini terdapat sistematika penulisan sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi mengenai uraian penulisan penelitian secara garis besar dengan tujuan memperkenalkan sifat dan jenis kegiatan penulisan penelitian yang mencakup antara lain: latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, keaslian penelitian, dan sistematika penelitian.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi mengenai rangkuman dari hasil penelitian terdahulu dan berhubungan dengan permasalahan yang terkait dengan penelitian yang diajukan.

3. BAB III LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi mengenai informasi teorotikal, formulasi, konsep-konsep, serta teori-teori atau formula yang terkait yang dapat digunakan dan dapat menjadi pendukung dalam menyelesaikan permasalahan dalam penelitian.

4. BAB IV METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi mengenai penjelasan tentang cara pengambilan data, analisis data, dan urutan dalam pelaksanaan penelitian.

5. BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi mengenai proses analisis, hasil analisis serta pembahasan mengenai hasil dari penelitian.

6. BAB VI KESIMPULAN

Pada bab ini berisi mengenai jawaban dari poin-poin yang ada di dalam tujuan dari penelitian, dan berisi saran-saran maupun harapan dari penyusun untuk penelitian selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka pada bab ini memuat uraian mengenai hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan kemudian akan dirangkum untuk menyusun konsep dan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan.

2.1 PENELITIAN SEBELUMNYA

Agar menghindari duplikasi maka diuraikan beberapa hasil penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan, sekaligus sebagai bahan pertimbangan dan referensi dalam menyelesaikan penelitian ini. beberapa hasil penelitian terkait yang pernah dilakukan antara lain:

2.1.1 Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia

Kaming et al (1997) dalam penelitiannya tentang *factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in indonesia* mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor utama yang mempengaruhi penundaan waktu adalah perubahan desain, produktivitas tenaga kerja yang buruk, perencanaan yang tidak memadai, dan kekurangan sumber daya.
2. Dalam kasus pembengkakan biaya, faktor yang paling penting adalah kenaikan biaya material karena inflasi, estimasi material yang tidak akurat dan tingkat kerumitan proyek.

3. Mempertimbangkan kelebihan waktu dan biaya secara bersamaan, faktor terpenting yang mempengaruhinya adalah: kenaikan biaya bahan karena inflasi, ketidaktepatan perkiraan, dan kurangnya pengalaman jenis proyek.

2.1.2 Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pemeliharaan Jalan Harun Nafsi – HM Rifadin Samarinda Kalimantan Timur

Fadly (2017) dalam penelitiannya tentang Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pemeliharaan Jalan Harun Nafsi – HM Rifadin Samarinda Kalimantan Timur mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat factor-faktor yang mempengaruhi secara signifikan penyebab keterlambatan proyek pemeliharaan jalan yaitu (1) Faktor yang berhubungan dengan waktu dan faktor pengerjaan, (2) Faktor manusia dan alam, (3) kondisi geografis, keterlambatan persetujuan, perubahan rencana dan pemogokan tenaga kerja, (4) tingkat pekerja yang tidak optimal dan perubahan ruang lingkup proyek selama pekerjaan pada keterlambatan proyek.
2. Faktor dominan yang mempengaruhi keterlambatan proyek pemeliharaan jalan merupakan faktor keempat yaitu tingkat pekerja yang belum optimal dan perubahan lingkup proyek selama pekerjaan masih berlangsung.

2.1.3 Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Penyelesaian Proyek Jalan (Studi Kasus : Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Sumatera Barat)

Nafdi (2014) dalam penelitiannya tentang Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Penyelesaian Proyek Jalan (Studi Kasus : Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Sumatera Barat) mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis korelasi memperlihatkan bahwa dari 66 variabel yang teridentifikasi pada awal penelitian hanya terdapat 51 variabel yang berpengaruh pada penyebab yang terjadinya keterlambatan pada proyek jalan, yang tergabung dalam 10 faktor.
2. Hasil analisis faktor didapatkan 2 faktor yang dominan mempengaruhi terhadap terjadinya keterlambatan pada proyek yaitu : Kontrol dan evaluasi Kerja dan Material dan Peralatan.

2.1.4 Analisa Percepatan Durasi Dengan Metode “Time Cost Trade Off” Pada Proyek Peningkatan Jalan Bukit Seribu (LAPEN-RIGID) Kota Samarinda

Darmadi (2019) dalam penelitiannya tentang Analisa Percepatan Durasi Dengan Metode “Time Cost Trade Off” Pada Proyek Peningkatan Jalan Bukit Seribu (LAPEN-RIGID) Kota Samarinda, mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu optimal untuk mempercepat durasi dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) adalah 125 Hari Kalender dengan efisiensi waktu optimal sebesar 89,29% artinya terdapat penghematan waktu sebesar 10,71% atau 15 Hari Kalender dari durasi normal, sedangkan yang optimal waktu percepatan durasi dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja adalah 133 Hari Kalender dengan efisiensi waktu optimum 95% artinya ada penghematan waktu 5% atau 7 Hari Kalender dari durasi normal.
2. Total biaya optimum dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) meningkat dari Rp 8.910.000.000,00 menjadi Rp 8.958.810.455,30 yang berarti terjadi peningkatan biaya sebesar 0,55% atau Rp 48.810.455,30 dan total biaya optimum dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja meningkat dari Rp 8.910.000.000,00 menjadi Rp 8.923.259.889,77 artinya terjadi kenaikan biaya sebesar 0,15% atau Rp 13.259.889,77

2.1.5 Analisis Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* (Studi Kasus: Peningkatan Jalan Siluk-Kretrek Bagian I)

Wibowo (2016) dalam penelitiannya tentang analisis biaya dan waktu proyek konstruksi dengan penambahan jam kerja (lembur) dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja menggunakan metode *time cost trade off* dengan studi kasus pekerjaan peningkatan jalan Siluk-Kretrek STA. 13+000 – 15+900, mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu dan biaya optimum akibat penambahan lembur 1 jam didapat pada umur proyek 104,98 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.056.110.917,11.
2. Untuk penambahan lembur 2 jam didapat durasi proyek 101,24 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.045.515.615,74, dan untuk penambahan lembur 3 jam didapat durasi proyek 97,92 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.041.418.149,56. Dari ketiga penambahan jam lembur didapatkan biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan lembur 3 jam dengan durasi 97,92 hari dan total biaya proyek Rp.6.041.418.149,56.
3. Waktu dan biaya total akibat penambahan tenaga kerja 1 didapat durasi proyek 104,98 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.049.998.075,53. Untuk penambahan tenaga kerja 2 didapat pada durasi proyek 101,24 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.042.355.075,59, untuk penambahan tenaga kerja 3 didapat durasi proyek 97,92 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.032.372.481,17. Dari ketiga penambahan tenaga kerja didapatkan biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan tenaga kerja 3 dengan durasi 97,92 hari dan total biaya proyek Rp.6.032.372.481,17.

4. Biaya mempercepat durasi proyek dengan penambahan jam lembur atau penambahan tenaga kerja lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

2.1.6 Analisis Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off*

Dalam penelitian Satria (2016) tentang analisis waktu dan biaya proyek konstruksi dengan penambahan jam kerja (lembur) dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja menggunakan metode *time cost trade off* dengan studi kasus pada pekerjaan peningkatan ruas jalan Karangmojo – Ponjong, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun Anggaran 2014 menyimpulkan hasil penelitian tersebut sebagai berikut:

1. Waktu dan biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 99 hari dengan biaya Rp 4.615.591.176,
2. setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 90 hari dan dengan biaya sebesar Rp 4.594.550.597,20, untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 84 hari dan biaya sebesar Rp 4.587.286.304,21 dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 77 hari dengan biaya Rp 4.577.634.143,92.
3. Setelah penambahan tenaga kerja 1 didapatkan durasi *crashing* 90 hari dan dengan biaya sebesar Rp 4.592.066.046,16, untuk penambahan tenaga kerja 2 didapatkan durasi *crashing* 84 hari dan biaya sebesar Rp 4.574.660.970,35 dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 77 hari dengan biaya Rp 4.556.280.590,27.

2.1.7 Evaluasi Waktu dan Biaya Dengan Metoda *Crashing* Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit UII

Penelitian ini dilakukan oleh Khinasis (2018) dengan pokok bahasan yang diteliti adalah “Evaluasi Waktu dan Biaya Dengan Metoda *Crashing* Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit UII menyimpulkan hasil penelitian tersebut sebagai berikut:

1. Hasil dari perhitungan didapatkan waktu dan biaya akibat percepatan yang optimum adalah pada penambahan tenaga kerja dengan pengurangan durasi sebesar 39 hari dari durasi normal 320 hari menjadi 21 hari dan didapatkan pengurangan biaya sebesar Rp. 23.770.822,46 dari biaya total pekerjaan normal yang jumlahnya sebesar Rp. 9.295.727.416,59 menjadi Rp. 9.217.956.594,13 atau turun 0,3 % dari total biaya pekerjaan normal.
2. Pada hasil perhitungan percepatan dengan alternatif penambahan jam kerja didapatkan pengurangan durasi sebesar 21 hari dari waktu normal 320 hari menjadi 299 hari dari durasi normal 320 hari menjadi 299 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp. 20.766.174,95 dari biaya total pekerjaan normal yang jumlahnya sebesar Rp. 9.295.727.416,59 menjadi Rp. 9.316.493.591,55 atau naik 0,2 % dari biaya total pekerjaan normal

2.2 PERBEDAAN PENELITIAN

No	Peneliti	Topik	Hasil Penelitian
1	Peter F. Kaming , Paul O. Olomolaiye , Gary D. Holt & Frank C. Harris (1997)	Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia	Faktor utama yang mempengaruhi penundaan waktu adalah perubahan desain, produktivitas tenaga kerja yang buruk, perencanaan yang tidak memadai, dan kekurangan sumber daya.

No	Peneliti	Topik	Hasil Penelitian
2	Fadly (2017)	Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pemeliharaan Jalan Harun Nafsi – HM Rifadin Samarinda Kalimantan Timur	Faktor dominan yang mempengaruhi keterlambatan proyek pemeliharaan jalan merupakan faktor keempat yaitu tingkat pekerjaan yang belum optimal dan perubahan lingkup proyek selama pekerjaan masih berlangsung.
3	Nafdi (2014)	Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Penyelesaian Proyek Jalan (Studi Kasus : Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Sumatera Barat)	Hasil analisis faktor didapatkan 2 faktor yang dominan mempengaruhi terhadap terjadinya keterlambatan pada proyek yaitu : Kontrol dan evaluasi Kerja dan Material dan Peralatan.
4	Darmadi (2019)	Analisa Percepatan Durasi Denga Metode “Time Cost Trade Off” Pada Proyek Peningkatan Jalan Bukit Seribu (LAPEN-RIGID) Kota Samarinda	Total biaya optimum dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) meningkat dari Rp 8.910.000.000,00 menjadi Rp 8.958.810.455,30 yang berarti terjadi peningkatan biaya sebesar 0,55% atau Rp 48.810.455,30 dan total biaya optimum dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja meningkat dari Rp 8.910.000.000,00 menjadi Rp 8.923.259.889,77 artinya terjadi kenaikan biaya sebesar 0,15% atau Rp 13.259.889,77
4	Dono Wahyu Wibowo (2016)	Analisis Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Kerja	Waktu dan biaya total akibat penambahan tenaga kerja 1 didapat durasi proyek 104,98 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar

No	Peneliti	Topik	Hasil Penelitian
		(Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Peningkatan Jalan Siluk-Kretrek Bagian I)	Rp.6.049.998.075,53. Untuk penambahan tenaga kerja 2 didapat pada durasi proyek 101,24 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.042.355.075,59, untuk penambahan tenaga kerja 3 didapat durasi proyek 97,92 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.032.372.481,17. Dari ketiga penambahan tenaga kerja didapatkan biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan tenaga kerja 3 dengan durasi 97,92 hari dan total biaya proyek Rp.6.032.372.481,17.
5	Dendi Yudha Satria (2016)	Analisis Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off	Setelah penambahan tenaga kerja 1 didapatkan durasi <i>crashing</i> 90 hari dan dengan biaya sebesar Rp 4.592.066.046,16, untuk penambahan tenaga kerja 2 didapatkan durasi <i>crashing</i> 84 hari dan biaya sebesar Rp 4.574.660.970,35 dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi <i>crashing</i> 77 hari dengan biaya Rp 4.556.280.590,27.
6	Arum Putri Khinasih (2017)	Evaluasi Waktu dan Biaya Dengan Metoda <i>Crashing</i> Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit UII	Hasil dari analisis waktu dan biaya yang optimal adalah pada penambahan tenaga kerja diperoleh durasi dipercepat selama 39 hari dari durasi normal 320 hari menjadi 281 hari dengan terjadi penurunan biaya

No	Peneliti	Topik	Hasil Penelitian
			sebesar Rp. 23.770.822,46 dari biaya total pekerjaan normal yang jumlahnya sebesar Rp. 9.295.727.414,59 menjadi Rp. 9217.956.594,13 atau turun 0,3 % dari total biaya pekerjaan normal.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 MANAJEMEN PROYEK

Menurut Widiyanti (2013), manajemen diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh hasil dalam rangka pencapaian tujuan melalui kegiatan sekelompok orang. Pengertian manajemen pada dasarnya mencakup suatu metode/teknik atau proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu secara sistematis dan efektif, melalui tindakan-tindakan perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*) dan pengendalian (*controlling*) dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efisien.

Dalam manajemen konstruksi sering melibatkan waktu dan pengaplikasian sumber daya untuk membangun suatu proyek konstruksi (Widiyanti, 2013), sumber daya tersebut antara lain sebagai berikut :

1. *Manpower* (tenaga kerja),
2. *Machiners* (alat dan peralatan),
3. *Material* (bahan bangunan),
4. *Money* (uang), dan
5. *Methode* (metode).

3.2 KETERLAMBATAN PROYEK KONSTRUKSI

Parameter penting dalam penyelenggaraan proyek konstruksi, yang sering dijadikan sebagai sasaran proyek adalah anggaran, jadwal, dan mutu. Keberhasilan dalam menjalankan proyek tepat waktu, biaya, serta mutu yang telah direncanakan adalah salah satu tujuan penting bagi pemilik dan kontraktor. Pelaksanaan proyek yang tidak sesuai dengan rencana, dapat mengakibatkan keterlambatan proyek. Pada pelaksanaan proyek konstruksi, keterlambatan seringkali terjadi, yang dapat menyebabkan berbagai kerugian bagi penyedia jasa dan pengguna jasa. Bagi kontraktor, keterlambatan selain dapat menyebabkan pembekakan biaya proyek

akibat bertambahnya waktu pelaksanaan proyek, dapat pula mengakibatkan menurunnya kredibilitas kontraktor untuk waktu yang akan datang. Sedangkan bagi pemilik, keterlambatan penggunaan atau pengoperasian hasil proyek konstruksi dan seringkali berpotensi menyebabkan timbulnya perselisihan dan klaim antara pemilik dan kontraktor (Soeharto, 1997).

3.3 JENIS-JENIS KETERLAMBATAN

Kraiem dan Dickman yang dikutip dari (Wahyudi, 2006) menyatakan, keterlambatan dapat dibagi menjadi 3 jenis utama, yaitu:

1. Keterlambatan yang tidak dapat dimaafkan (*Non Excusable Delays*).
Non Excusable Delays adalah keterlambatan yang diakibatkan oleh tindakan, kelalaian, atau kesalahan kontraktor
2. Keterlambatan yang dapat dimaafkan (*Excusable Delays*)
Excusable Delays adalah keterlambatan yang disebabkan oleh kejadian-kejadian diluar kendali baik pemilik maupun kontraktor. Pada kejadian ini, kontraktor mendapatkan kompensasi berupa perpanjangan waktu saja.
3. Keterlambatan yang layak mendapat ganti rugi (*Compensable Delays*)
Compensable Delays adalah keterlambatan yang diakibatkan tindakan, kelalaian atau kesalahan pemilik. Pada kejadian ini, kontraktor biasanya mendapatkan kompensasi berupa perpanjangan waktu dan tambahan biaya operasional yang perlu selama keterlambatan pelaksanaan tersebut.

3.4 KURVA S

Kurva S adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara kemajuan pelaksanaan proyek konstruksi terhadap waktu penyelesaian proyek tersebut, di mana fungsi dari kurva S tersebut adalah sebagai alat control terhadap maju mundurnya pelaksanaan pekerjaan (Rani, 2016). Menurut Husen (2011) Kurva S dapat dijadikan sebagai petunjuk kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan dalam proyek dengan jadwal rencana, kemudian dari sini dapat diketahui

proyek mengalami keterlambatan maupun mengalami percepatan. Indikasi tersebut dapat dijadikan acuan sebagai bahan tindakan koreksi dalam proses pengendalian jadwal.

Menurut Hannum (penemu Kurva S) dalam Rani (2016) menyatakan beberapa hal yang harus dipenuhi dalam membuat Kurva S, Yaitu :

1. Seperempat waktu pertama, grafiknya digambarkan naik landai hingga 10 %
2. Setengah waktu, grafiknya digambarkan naik terjal hingga mencapai 45 %
3. Pada saat $\frac{3}{4}$ (tiga per empat) waktu terakhir, grafiknya digambarkan naik terjal hingga mencapai 82 %
4. Kemudian waktu terakhir, grafiknya digambarkan naik landai hingga mencapai 100 %

Untuk lebih rincinya pembuatan Kurva S dilakukan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pada kolom paling kiri dituliskan nama item-item pekerjaan,
2. Kolom kedua dituliskan durasi setiap item pekerjaan,
3. Kolom ketiga berisi harga dari setiap item pekerjaan,
4. Lalu kolom keempat berisi bobot dari setiap pekerjaan,

Bobot pekerjaan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Bobot (\%)} = \frac{\text{Biaya Setiap Pekerjaan}}{\text{Biaya Total}} \times 100 \%$$

5. Kemudian dibuat diagram batang yang panjangnya sesuai dengan durasi pekerjaan (hari kerja atau hari kalender)
6. Apabila bobot dari setiap pekerjaan telah dihitung, maka persentase pekerjaan harian dapat dicari dengan cara menjumlahkan bobot harian dari masing-masing pekerjaan. Kemudian persentase harian kumulatif dapat dicari, dimana pada akhir jadwal harus 100 %. Hubungan antara persentase kumulatif (sumbu X) dengan nilai persentase 0 s/d 100 % (sumbu Y) ditarik sebuah garis yang membentuk huruf S. garis yang dihasilkan tersebut adalah Kurva S. Kurva S ini berfungsi untuk memberikan gambaran kemajuan setiap pekerjaan terhadap fungsi waktu.

Penggunaan Kurva S ini terkait 2 aspek, yaitu:

1. Aspek perencanaan

Pada aspek ini Kurva S yang dihasilkan adalah Kurva S rencana yaitu Kurva S yang diperoleh dari jadwal rencana. Kurva S ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan suatu proyek terlambat, sesuai jadwal ataupun lebih cepat.

2. Aspek pengendalian

Pada aspek ini Kurva S yang dihasilkan adalah kurva S Aktual, yaitu Kurva S yang diperoleh selama jangka waktu pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

Suatu proyek dikatakan terlambat, sesuai rencana ataupun lebih cepat dapat diketahui dengan membandingkan Kurva S aktual dengan Kurva S rencana, yaitu apabila kurva S aktual dibawah kurva S rencana maka disebut pekerjaan terlambata, lalu apabila kurva S aktual berimpit dengan kurva S rencana maka disebut pekerjaan on schedule (sesuai rencana), dan apabila kura S aktual di atas kurva S rencana maka disebut pekerjaan lebih cepat dari rencana.

3.5 NETWORK PLANNING

Network planning secara prinsipnya adalah suatu hubungan ketergantungan antara masing-masing pekerjaan yang digambarkan dalam sebuah bentuk diagram network, sehingga dapat diketahui masing-masing pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang harus menunggu selesainya pekerjaan yang lain (Soeharto, 1997).

Suatu kegiatan yang merupakan rangkaian penyelesaian pekerjaan haruslah direncanakan dengan sebaik-baiknya. Sedapat mungkin semua kegiatan atau aktivitas dalam perusahaan dapat diselesaikan dengan efisien. Semua aktivitas tersebut diusahakan untuk dapat selesai dengan cepat sesuai dengan yang diharapkan serta terintegrasi dengan aktivitas yang lainnya.

Network planning adalah gambaran kejadian-kejadian dan kegiatan yang diharapkan akan terjadi dan dibuat secara kronologis serta dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya.

Dengan adanya *network*, manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien.

3.6 PDM (*Precedence Diagram Method*)

Menurut Ervianto (2005) kelebihan *Precedence Diagram Method* (PDM) dibandingkan dengan CPM adalah PDM tidak memerlukan kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pembuatan jaringan lebih sederhana. Hal ini dikarenakan hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan (Arianto, 2010).

Pada PDM juga dikenal adanya konstrain. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node. Karena setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). maka di sini terhadap empat macam konstrain (Soeharto, 1999 dalam Arianto, 2010), yaitu :

1. Konstrain selesai ke mulai – *Finish to Start* (FS)

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya kegiatan terdahulu dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai FS (i-j) = a yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai.

2. Konstrain mulai ke mulai – *Start to Start* (SS)

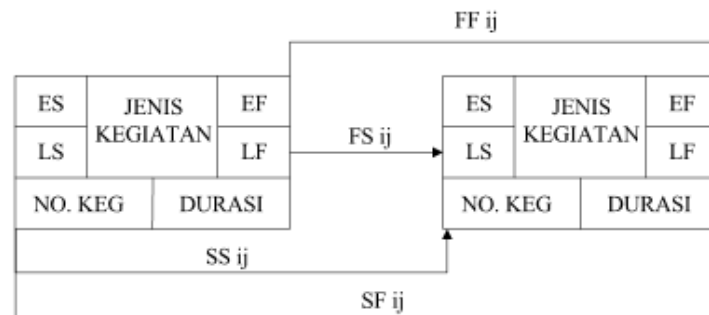
Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau SS (i-j) = b yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100 % maka kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai.

3. Konstrain selesai ke selesai – *Finish to Finish* (FF)

Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau FF(i-j) = c yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100 % sebelum kegiatan yang terdahulu telah sekian (=c) hari selesai.

4. Konstrai mulai ke selesai – *Start to Finish* (SF)

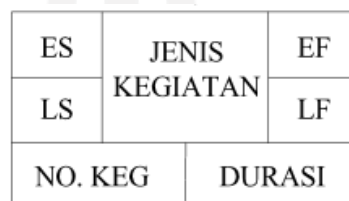
Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan SF (i-j) = d, yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai.



Gambar 3.1 Hubungan Kegiatan i dan j (Arianto, 2010)

3.7 TEKNIK PERHITUNGAN PDM

Metode PDM adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi *Activity On Node* (AON), Disini kegiatan dituliskan dalam node yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai penunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan (Soeharto. 1999 dalam Arianto, 2010).



Gambar 3.2 Lambang Kegiatan PDM (Arianto, 2010)

Keterangan:

ES : *Earliest Start*

LS : *Latest Start*

EF : *Earliest Finish*

LF : *Latest Finish*

Berikut adalah rumus untuk perhitungan PDM adalah (Amani, 2012):

1. Perhitungan maju

a. Hubungan kegiatan *finish to finish*

$$EF_j = EF_i + FF_{ij}$$

$$ES_j = EF_j + D_j$$

b. Hubungan kegiatan *finish to start*

$$ES_j = EF_i + FS_{ij}$$

$$EF_j = ES_j + D_j$$

c. Hubungan kegiatan *start to start*

$$ES_j = ES_i + SS_{ij}$$

$$EF_j = ES_j + D_j$$

d. Hubungan kegiatan *start to finish*

$$EF_j = ES_i + SF_{ij}$$

$$ES_j = EF_j + D_j$$

2. Perhitungan mundur

a. Hubungan kegiatan *finish to finish*

$$LF_i = LF_j + FF_{ij}$$

$$LS_i = LF_i + D_i$$

b. Hubungan kegiatan *finish to start*

$$LS_i = LF_j + FS_{ij}$$

$$LF_i = LS_i + D_i$$

c. Hubungan kegiatan *start to start*

$$LS_i = LS_j + SS_{ij}$$

$$LF_i = LS_i + D_i$$

d. Hubungan kegiatan *start to finish*

$$LF_i = LS_j + SF_{ij}$$

$$LS_i = LF_i + D_i$$

3. Suatu kegiatan dikatakan kritis, apabila:

a. Waktu mulai paling awal dan paling sama $ES = LS$

b. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama $EF = LF$

c. Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal $LF - ES = D$

$$d. \text{ Total float} = 0 = LF - EF = LS - ES$$

3.8 LINTASAN KRITIS

Lintasan kritis adalah lintasan sepanjang diagram jaring yang memiliki waktu durasi terpanjang (durasi proyek) atau tidak memiliki float (waktu jeda). Lintasan kritis terdiri dari beberapa rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan awal sampai dengan kegiatan terakhir pada proyek (Pamungkas & Hidayat, 2011). Dalam menentukan jalur kritis, Badri (1997 dalam thio & Tannady 2016) menyatakan dibutuhkan data durasi pekerjaan dan data urutan pekerjaan yang kemudian kedua data tersebut diurutkan kemudian dihitung dengan menambahkan durasi pekerjaan awal ditambahkan secara kumulatif sampai pada pekerjaan yang terakhir.

Tujuan dari adanya jalur kritis tersebut adalah mengetahui kegiatan yang sensitif yang tinggi akan keterlambatan penyelesaian pekerjaan, atau disebut dengan kegiatan kritis. Apabila kegiatan kritis tersebut mengalami keterlambatan penyelesaian pekerjaan maka akan memperlambat dalam penyelesaian proyek secara keseluruhan walaupun kegiatan lain tidak mengalami keterlambatan. (Yamit, 2001). Dengan demikian durasi jalur kritis adalah sama dengan durasi waktu menyelesaikan proyek secara keseluruhan, sehingga jalur kritis ini penting bagi pelaksana proyek konstruksi dikarenakan pada jalur ini terdapat kegiatan-kegiatan yang dalam pelaksanaannya harus tepat waktu dan selesai juga tepat waktu. Apabila kegiatan-kegiatan yang berada dalam lintasan kritis tersebut mengalami kemunduran pelaksanaannya ataupun mengalami keterlambatan penyelesaian maka akan menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan.

Menurut Badri (1997 dalam Dannyanti, 2010) manfaat yang didapatkan apabila diketahui lintasan kritis dalam suatu diagram jaring adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan yang berada di dalam jalur lintasan kritis tidak dikenankan terdapat penundaan pekerjaan karena akan mempengaruhi durasi total proyek,
2. Proyek dapat dipercepat waktu penyelesaiannya, apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis dilakukan metode *crashing*,

3. Pengawasan atau kontrol dapat melalui lama penyelesaiannya dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash program* (diselesaikan dengan waktu yang optimal dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) maupun dipersingkat durasi waktunya dengan penambahan biaya lembur,
4. Pekerjaan yang tidak berada dalam jalur lintasan kritis terdapat *Time Slack* atau kelonggaran waktu. Hal ini memungkinkan bagi manajer/pimpro untuk memindahkan tenaga kerja, alat, dan biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis agar efektif dan lebih efisien.

Secara umum kegiatan-kegiatan kritis pada suatu proyek konstruksi sebesar kurang dari 20% dari total pekerjaan, sehingga pada kegiatan-kegiatan kritis tersebut memerlukan perhatian lebih dengan tujuan agar tidak mengganggu kegiatan lainnya (Soeharto, 1999)

3.9 METODE PERTUKARAN WAKTU DAN BIAYA

(TIME COST TRADE OFF)

Ervianto (2004) berpendapat bahwa time cost trade off adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua pekerjaan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada pekerjaan yang berada pada jalur kritis. Proses crashing dengan cara melakukan perkiraan dari variable cost dalam menentukan pengurangan durasi yang maksimal dan paling ekonomis dari suatu pekerjaan yang masih mungkin untuk direduksi. Mempercepat waktu pelaksanaan suatu pekerjaan dengan penambahan jam kerja (lembur) merupakan salah satu usaha untuk menambah produktifitas kerja sehingga dapat mempercepat waktu pelaksanaan sebuah pekerjaan.

Di dalam perencanaan suatu proyek di samping variabel waktu dan sumber daya, variabel biaya (*cost*) mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya (*cost*) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen, di mana biaya yang timbul harus dikendalikan seminimal mungkin. Pengendalian biaya harus memperhatikan

faktor waktu karena terdapat hubungan yang erat antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya – biaya yang bersangkutan.

Sering terjadi suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat daripada waktu normalnya. Dalam hal ini pemimpin proyek dihadapkan kepada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya minimum. Analisis mengenai pertukaran waktu dan biaya disebut dengan *Time Cost Trade Off* (Pertukaran Waktu dan Biaya).

Di dalam analisis *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Ada beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek. Adapun cara – cara tersebut antara lain :

1. Penambahan jumlah jam kerja (kerja lembur)

Kerja lembur (*working time*) dapat dilakukan dengan menambah jam kerja perhari tanpa menambah pekerja. Penambahan ini bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian suatu aktivitas pekerjaan akan lebih cepat. Yang perlu diperhatikan di dalam penambahan jam kerja adalah lamanya waktu bekerja seseorang dalam satu hari. Jika seseorang terlalu lama bekerja selama satu hari, maka produktivitas orang tersebut akan menurun karena terlalu lelah.

2. Penambahan tenaga kerja

Penambahan tenaga kerja dimaksudkan sebagai penambahan jumlah pekerja dalam satu unit pekerja untuk melaksanakan suatu aktivitas tertentu tanpa menambah jam kerja. Dalam penambahan jumlah pekerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk aktivitas yang lain yang sedang berlangsung pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang akan menurunkan produktivitas pekerja.

3. Pergantian atau penambahan peralatan

Penambahan peralatan dimaksudkan untuk menambah produktivitas. Namun, perlu diperhatikan adanya penambahan biaya langsung untuk mobilitas dan demobilitas alat tersebut. Durasi proyek dapat dipercepat dengan pergantian peralatan yang mempunyai produktivitas yang lebih tinggi. Juga perlu adanya perhatian luas lahan untuk menyediakan tempat bagi peralatan tersebut dan pengaruhnya terhadap produktivitas tenaga kerja.

4. Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas

Yang dimaksud dengan sumber daya manusia yang berkualitas adalah tenaga kerja yang mempunyai produktivitas yang tinggi dengan hasil yang baik. Dengan mempekerjakan tenaga kerja yang berkualitas, maka aktivitas akan lebih cepat terselesaikan.

5. Penggunaan metode konstruksi yang efektif

Metode konstruksi berkaitan erat dengan sistem kerja dan tingkat penguasaan pelaksanaan terhadap metode tersebut serta ketersediaan sumber daya yang dibutuhkan.

Cara – cara tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah maupun kombinasi, misalnya kombinasi penambahan jam kerja sekaligus penambahan jumlah tenaga kerja, biasa disebut giliran (*shift*), dimana unit pekerja untuk pagi sampai sore berbeda dengan unit pekerja untuk sore sampai malam.

3.10 METODE *CRASHING*

Proses *Crashing* adalah cara melakukan perkiraan dari variabel *cost* untuk menentukan pengurangan durasi yang paling maksimal dengan biaya yang paling optimal dari kegiatan yang masih mungkin untuk direduksi (Erviyanto, 2004). Metode *Crashing* dilakukan dengan tujuan agar pekerjaan selesai dengan pertukaran silang waktu dan biaya dengan alternative diantaranya menambah jumlah shift kerja, jumlah kerja, jumlah tenaga kerja, jumlah ketersediaan bahan serta memakai peralatan yang lebih produktif dan metode pelaksanaan yang lebih cepat sebagai komponen biaya *direct cost* (biaya langsung). Metode *crashing* ini dilakukan dengan cara perbaikan penjadwalan masing-masing kegiatan

menggunakan *network planning* yang akan meningkatnya *direct cost* (biaya langsung) seperti biaya upah pekerja dan biaya penambahan alat (Husen, 2011)

Konsekuensi dari penerapan metode *crashing* ini berakibat pada kenaikan komponen *direct cost* (biaya langsung), namun sebaliknya pada komponen *indirect cost* (biaya tidak langsung) akan mengalami penurunan harga hal ini dikarenakan durasi pekerjaan diperpendek. Secara teori kenaikan komponen *direct cost* (biaya langsung) pada metode *crashing* ini dapat diimbangi dengan penurunan yang terjadi pada komponen *indirect cost* (biaya tidak langsung). Akan tetapi pada kenyataannya dilapangan, komponen *direct cost* (biaya langsung) dan *indirect cost* (biaya tidak langsung) memiliki selisih yang jauh. Sehingga yang terjadi adalah penurunan komponen *indirect cost* (biaya tidak langsung) tidak akan berpengaruh banyak terhadap kenaikan komponen *direct cost* (biaya langsung)

Setiap masing-masing kegiatan pekerjaan yang berada pada jalur lintasan kritis proyek dilakukan analisa kenaikan komponen *direct cost* (biaya langsung) dan *indirect cost* (biaya tidak langsung), hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kenaikan biaya dari setiap masing-masing pekerjaan. Sehingga setelah kenaikan biaya sudah diketahui, nilai *cost slope* dapat dicari dari setiap masing-masing kegiatan. Nilai *cost slope* tersebut menunjukkan kenaikan biaya perharinya dari setiap masing-masing kegiatan yang dianalisis. Dan dari nilai *cost slope* ini ditentukan pekerjaan yang akan dilakukan percepatan. Indikator pekerjaan yang dapat dipilih untuk dilakukan percepatan adalah pekerjaan dengan nilai *cost slope* yang terkecil. Karena nilai *cost slope* terkecil menunjukkan kenaikan biaya yang terkecil.

Adapun uraian di atas dapat ditulis sesuai prosedur yang diungkapkan oleh Soeharto (1995 dalam Ulya, 2015) sebagai berikut :

1. Membuat *network planning* dari rangkaian kegiatan yang ada,
2. Menghitung durasi penyelesaian proyek dan identifikasi PDM
3. Menentukan biaya normal dari masing-masing kegiatan
4. Menentukan biaya percepatan dari masing-masing kegiatan

5. Menentukan *cost slope* dari masing-masing kegiatan, dengan rumus:

$$\text{Cost Slope} = \frac{(\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost})}{(\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration})}$$
6. Mempersingkat durasi kegiatan pada kegiatan yang berada di jalur kritis dengan *cost slope* terendah,
7. Apabila terbentuk jalur kritis baru selama proses percepatan, maka mempercepat kegiatan-kegiatan kritis yang memiliki kombinasi slope terendah,
8. Melanjutkan pereduksian waktu kegiatan sampai titik TPD (Titik Proyek Dipersingkat) atau sampai tidak ada lagi jalur yang kritis,
9. Menggambarkan hubungan antara titik normal (biaya dan waktu normal) dan TPD dalam bentuk grafi
10. Kemudian menghitung dan menjumlah biaya langsung dan tak langsung untuk mencari biaya total sebelum pereduksian waktu,
11. Memeriksa durasi penyelesaian proyek dengan biaya terendah pada grafik biaya.

Durasi *crash* untuk lembur dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Durasi Crash } (Dc) = \frac{(Dn \times h)}{(h + (ho \times e))}$$

Keterangan:

Dc = Durasi *crash*

Dn = Durasi normal

h = Jam normal per hari

ho = Jam lembur per hari

c = efektifitas tenaga kerja

$$\text{efektifitas tenaga kerja } (e) = \frac{\text{Produktivitas Lembur}}{\text{Produktivitas Normal}} \times 100 \%$$

Durasi *crash* untuk tambah tenaga kerja dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Durasi Crash } (Dc) = \frac{\text{Volume}}{(\text{Produktivitas tenaga kerja})}$$

3.11 BIAYA TOTAL PROYEK

Secara umum biaya proyek konstruksi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

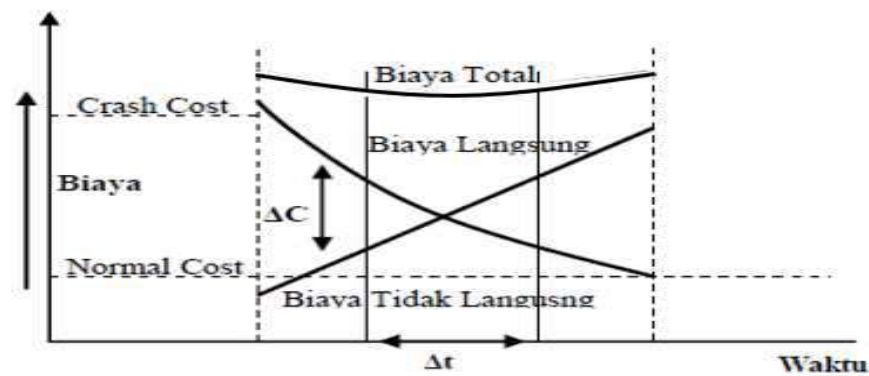
1. Biaya langsung proyek konstruksi adalah komponen biaya yang berkaitan langsung dengan volume pekerjaan yang tertera dalam item pembayaran atau komponen hasil akhir proyek berdasarkan gambar rencana dan spesifikasi teknis dalam kontrak konstruksi. Komponen biaya langsung terdiri dari biaya upah tenaga kerja, operasi peralatan, dan material (AACE, 2015). Menurut Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Permen PUPR No.28/PRT/M/2016 mendefinisikan biaya langsung sebagai komponen harga satuan pekerjaan yang terdiri atas biaya upah, biaya bahan dan biaya alat
2. Biaya tidak langsung proyek konstruksi adalah biaya yang tidak berkaitan secara langsung dalam pelaksanaan proyek konstruksi, namun memiliki support dalam pelaksanaan proyek konstruksi yang terkait dengan beberapa pekerjaan konstruksi. Komponen-komponen biaya tidak langsung menurut (AACE, 2015) adalah sebagai berikut
 - a. Overhead
 - 1) Overhead dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu: Overhead Kantor (*Home Office Overhead*)

Overhead kantor adalah biaya akhir dan berdasarkan pengalaman dikeluarkan dalam melakukan bisnis, terlepas dari jumlah pekerjaan yang sudah diselesaikan atau kontrak yang diterima. Overhead kantor meliputi item seperti sewa kantor, utilitas, peralatan komunikasi (telepon dan mesin faks), iklan, gaji pegawai kantor (misalnya, direksi, estimator, dan staf pendukung lainnya), sumbangan, biaya hukum, dan pengeluaran akuntansi. Dengan kata lain, overhead kantor mewakili biaya overhead yang tidak dibebankan pada suatu proyek tertentu.
 - 2) Overhead Proyek (*Job Site Overhead*)

Overhead proyek adalah ketentuan yang terdapat di dalam kontrak,

pemesanan pembelian, atau spesifikasi yang tidak khusus untuk transaksi tertentu, tetapi yang berlaku untuk semua transaksi. Biasanya, item ini tidak dapat dibebankan pada elemen pekerjaan tertentu. Pada umumnya mencakup pengawasan, fasilitas sementara, kantor proyek, toilet, utilitas, transportasi, pengujian, ijin, foto, alat-alat kecil dan item serupa lainnya. Hal ini juga mungkin termasuk biaya obligasi dan asuransi yang terkait dengan suatu proyek tertentu.

Jadi biaya total proyek adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Besarnya biaya ini sangat bergantung oleh lamanya waktu penyelesaian proyek. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak ada rumus tertentu, umumnya makin lama proyek berjalan makin tinggi biaya kumulatif yang diperlukan (Soeharto, 1999). Sedangkan biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkendali.

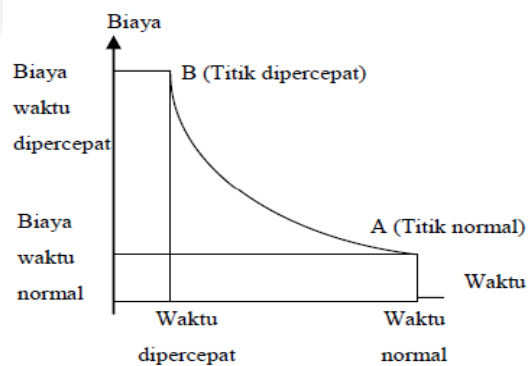


Gambar 3.3 Hubungan Waktu Dengan Biaya Total, Biaya Langsung, dan Biaya Tidak Langsung (Soeharto, 1997)

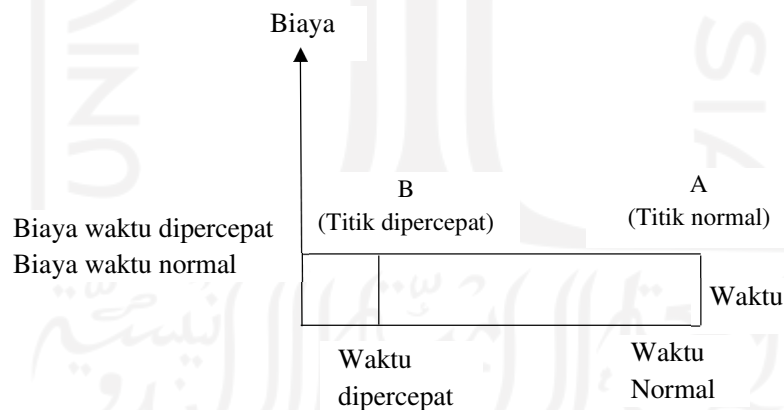
Gambar 3.3 menunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung, dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat bahwa biaya optimum didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.

3.12 HUBUNGAN ANTARA BIAYA DAN WAKTU

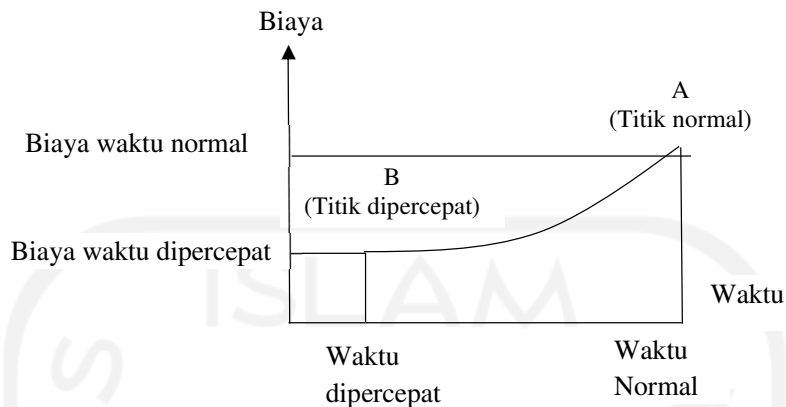
Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu pelaksanaan proyek. Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada Gambar 3.4.-3.6. Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya.



Gambar 3.4 Hubungan waktu – biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan



Gambar 3.5 Hubungan waktu – biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan



Gambar 3.6 Hubungan waktu – biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan

3.13 PRODUKTIVITAS ALAT DAN TENAGA

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11-PRT-M-2013 produktivitas dapat diartikan sebagai perbandingan antara output (hasil produksi) terhadap *input* (komponen produksi: tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu). Jadi dalam analisis produktivitas dapat dinyatakan sebagai *rasio* antara *output* terhadap *input* dan waktu (jam atau hari). Bila input dan waktu kecil maka output semakin besar sehingga produktivitas semakin tinggi. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi analisis produktivitas antara lain waktu siklus, faktor kembang susut atau faktor pengembangan bahan, faktor alat, dan faktor kehilangan.

Dalam menentukan alat berat dan tenaga adanya analisis produktivitas dan indikasi faktor-faktor yang mempengaruhi suatu proyek yang dikerjakan, seperti faktor lokasi, faktor iklim, keterampilan, pengalaman, maupun faktor peraturan-peraturan yang berlaku. Variabel-variabel di atas sulit dinyatakan dalam bentuk nilai numerik. Nilai produktivitas alat berpengaruh pada biaya total suatu proyek konstruksi, sehingga perlu adanya tolak ukur dalam memperkirakan produktivitas alat berat yang akan ditangani dalam suatu proyek konstruksi. Dalam menentukan hasil guna alat berat dan tenaga digunakan parameter indeks produktivitas yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Indeks produktivitas (IP)} = \frac{\text{Jumlah jam – alat yang sesungguhnya digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu}}{\text{Jumlah jam – alat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan identik pada kondisi standar}}$$

Standar yang dipakai dalam rumus di atas adalah kondisi rata-rata di Gulf Coast USA (1962 – 1963) dengan nilai standar = 1,0 apabila nilai indeks produktivitas lebih besar dari 1,0 maka produktivitas tenaga kerja lebih kecil dari standar, namun sebaliknya apabila nilai indeks produktivitas lebih kecil dari 1,0 maka produktivitas alat berat lebih besar dari standar.

Di dalam proyek konstruksi, rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material metode, dan alat. Kesuksesan dari suatu proyek konstruksi, salah satunya tergantung pada keefektifitas pengelolaan sumber daya, dan pekerja adalah salah satu sumber daya yang tidak mudah untuk dikelola. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing – masing pekerja dikarenakan setiap pekerja memiliki karakter yang berbeda – beda satu sama lainnya.

Berikut persamaan produktivitas dari kapasitas produksi alat berat yang digunakan untuk pekerjaan pembangunan jalan dan jembatan, yaitu :

1. Excavator

$$\text{Kapasitas produksi, Q} = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts \times fv}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

V = Kapasitas bucket (m³)

Fb = Faktor bucket

Fa = Faktor efisiensi alat

Fv = Faktor konversi

Ts = Waktu siklus (menit)

2. Dump truck

$$\text{Kapasitas produksi, Q} = \frac{V \times Fa \times 60}{D \times Ts}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

V = Kapasitas bak (m³)

D = Berat isi material (gembur, lepas) (ton/m³)

Fa = Faktor efisiensi alat

Ts = Waktu siklus (menit)

3. Bulldozer

Kapasitas produksi,
$$Q = \frac{q \times F_b \times F_m \times F_a \times 60}{T_s}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m²/jam)

q = Kapasitas pisau

Fb = Faktor pisau (*blade*)

Fm = Faktor kemiringan pisau (*blade*)

Fa = Faktor efisiensi alat

Ts = Waktu siklus (menit)

4. Vibratory roller

Kapasitas produksi,
$$Q = \frac{(be \times v \times 1000) \times t \times Fa}{n}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

be = Lebar efektif pemadatan

v = Kecepatan rata-rata alat (km/jam)

t = Tebal pemadatan

Fa = Jumlah efisiensi alat

n = Jumlah lintasan (lintasan)

5. Motor grader

Kapasitas produksi,
$$Q = \frac{L_h \times \{n(b - b_0) + b_0\} \times F_a \times 60}{N \times n \times T_s}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m²/jam)

Lh = Panjang hamparan (m)

b = Lebar efektif kerja blade (m)

bo = Lebar *overlap* (m)

Fa = Faktor efisiensi alat

60 = Perkalian 1 jam ke menit

N = Jumlah pengupasan tiap lintasan

n = Jumlah lintasan (lintasan)

Ts = Waktu siklus (menit)

6. Wheel loader

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

V = Kapasitas bucket (m³)

Fb = Faktor bucket

Fa = Faktor efisiensi alat

Ts = Waktu siklus (menit)

7. Water tank truck

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{V \times n \times Fa}{Wc}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

V = Volume tangki (m³)

Wc = Kebutuhan air/m³ material padat

n = Pengisian tangki perjam

Fa = Faktor efisiensi alat

8. Air compressor

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{V \times 60}{Fa}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m²)

V = kapasitas konsumsi udara

Fa = Faktor efisiensi alat

9. Generator set

Kapasitas produksi = kapasitas AMP (ton/jam)

10. Tandem roller

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{(b \times v \times 1000) \times t \times Fa}{n}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

v = Kecepatan rata-rata alat (km/jam)

b = Lebar efektif pemadatan (m)

t = Tebal pemadatan (m)

n = Jumlah lintasan (lintasan)

Fa = Jumlah efisiensi alat

11. Pneumatic tyre roller

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{(b \times v \times 1000) \times t \times Fa}{n}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

v = Kecepatan rata-rata alat (km/jam)

b = Lebar efektif pemadatan (m)

t = Tebal pemadatan (m)

n = Jumlah lintasan (lintasan)

Fa = Jumlah efisiensi alat

12. Concrete mixer

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{Va \times Fa \times 60}{1000 \times Ts}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

Va = Kapasitas alat (m³)

Fa = Jumlah efisiensi alat

Ts = Waktu siklus (menit)

13. Concrete vibrator

Kapasitas pemadatan = kapasitas produksi concrete mixer (m^3/jam)

14. Batching plant

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{Vb \times Fa \times 60}{Ts \times 1000}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m^3/jam)

Vb = kapasitas 1 batch (m^3)

Fa = Jumlah efisiensi alat

Ts = Waktu siklus (menit)

60 = Perkalian 1 jam ke menit

1000 = Perkalian dari satuan km ke meter

15. Truck mixer

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{V \times Fa \times 60}{Ts}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m^3)

V = kapasitas bak (m^3)

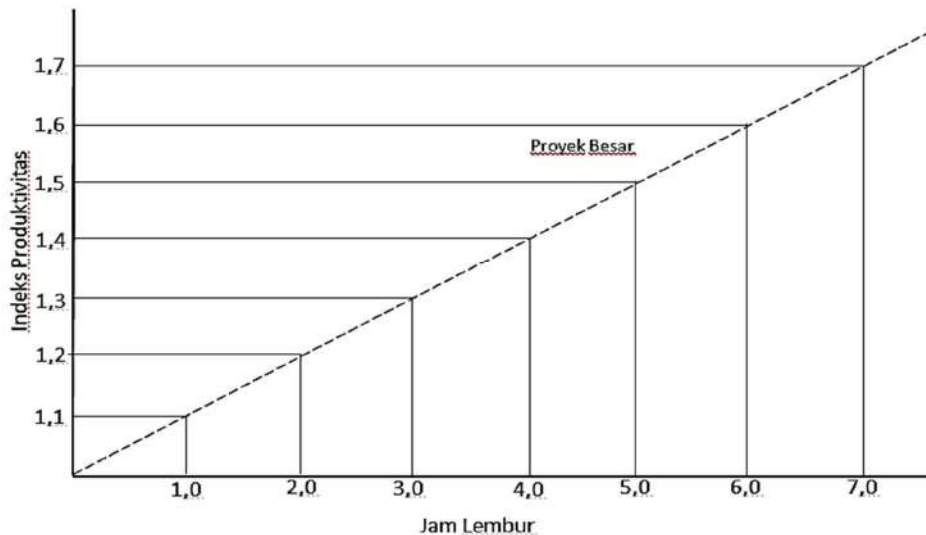
Fa = Jumlah efisiensi alat

Ts = Waktu siklus (menit)

3.14 PELAKSANAAN PENAMBAHAN JAM KERJA (LEMBUR)

Penambahan jam kerja (lembur) pekerjaan merupakan salah satu strategi dalam penggunaan metode *Crashing*. Menurut Setyorini dan Wiharjo (2005) menjelaskan bahwa penambahan jam kerja (lembur) dapat dilakukan dengan cara menambah jam kerja setiap harinya, tanpa menambah jumlah tenaga kerja. Kerja lembur memiliki tingkat bahaya dan pekerjaan akan sangat berat. Oleh karena itu kerja lembur harus mendapatkan tambahan lebih besar dari upah kerja normal. Selain dari adanya penambahan upah, perlu disediakan peralatan tambahan lainnya untuk memfasilitasi pekerjaan seperti lampu, keamanan kerja, fasilitas kesehatan serta dilakukan peningkatan pengawasan kualitas karena menurunnya kemampuan kerja pekerja.

Semakin besar penambahan jam kerja lembur yang diterapkan maka konsekuensinya adalah menimbulkan penurunan produktivitas, hal ini tercantum dalam gambar 3.3 di bawah ini. penurunan produktivitas tenaga kerja pada kerja lembur tersebut disebabkan antara lain: kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari, dan keadaan cuaca yang dingin.



Gambar 3.7 Grafik Indikasi Penurunan Produktivitas Karena Kerja Lembur
(Soeharto, 1995)

3.15 PENAMBAHAN ALAT DAN TENAGA

Dalam penambahan jumlah alat dan tenaga yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan alat dan tenaga pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian alat dan tenaga untuk aktivitas yang lain yang sedang berlangsung pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang akan menurunkan produktivitas alat dan tenaga.

Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dan alat dirumuskan sebagai berikut :

1. Perhitungan penambahan tenaga

$$P_{tk} = (\text{durasi normal} \times \text{keb. Tenaga}) / \text{durasi percepatan} \quad (3.22)$$

2. Perhitungan penambahan alat berat

$$P_{ab} = (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi percepatan} \quad (3.23)$$

Keterangan :

P_{tk} = Penambahan tenaga (orang/jam)

P_{ab} = Penambahan alat (unit/jam)

3.16 BIAYA PENAMBAHAN AKIBAT LEMBUR (*CRASH COST*)

Sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 bahwa perhitungan upah penambahan kerja bervariasi, yaitu pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Perhitungan untuk biaya tambahan akibat lembur dapat ditulis ke dalam rumus sebagai berikut:

1. Biaya normal alat dan tenaga perhari

$$= \frac{\text{Biaya upah harian}}{\text{jam kerja per hari}}$$

2. Biaya total pekerjaan

$$= (\text{Biaya total resource} \times \text{durasi}) + (\sum \text{biaya material})$$

3. Biaya lembur tenaga

$$\text{Lembur jam ke 1} = b_n \times 1,5$$

$$\text{Lembur jam ke 3} = \text{Lembur Jam ke 1} + (2,0 \times 3,0 \times b_n)$$

Keterangan :

b_n = biaya normal (Rp)

b_l = biaya lembur (Rp)

4. Biaya lembur alat

$$\text{Lembur 1 jam} = \text{Biaya normal} + (0,5 \times (b_o + b_{po}))$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \text{Lembur 1 jam} + \text{Biaya normal} + (1,0 \times (b_o + b_{po}))$$

Lembur 3 jam = Lembur 2 jam + Biaya normal + (1,0 x (bo+bpo))

Keterangan :

bo = biaya operator (Rp)

bpo = biaya pembantu operator (Rp)

5. Total biaya perhari
= (biaya normal + biaya lembur jam ke 1 + biaya lembur jam ke 3)
6. Biaya *cost on time*
=(jumlah alat dan pekerja x total *cost* perhari)
7. Total biaya tambah jam kerja
= \sum *cost on time* x durasi *crash*
8. *Cost Slope* (Rp/jam)
$$\text{Cost Slope} = \frac{(\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost})}{(\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration})}$$

3.17 BIAYA PENAMBAHAN ALAT DAN TENAGA (*CRASH COST*)

Perhitungan untuk biaya tambahan akibat tambah alat dan tenaga dapat ditulis ke dalam rumus sebagai berikut :

1. Jumlah alat dan pekerja normal
(S_n) = ((koef*volume/durasi)
2. Kebutuhan alat dan tenaga durasi *crash* perhari
(S_c) = (volume x koef/Dc
3. Penambahan alat dan tenaga perhari = $S_c - S_n$
4. Biaya penambahan upah alat dan tenaga kerja (X) = S_c x Upah harian
5. Total biaya tambah alat dan tenaga = $\sum X$ x durasi *crash*

3.18 PROGRAM MICROSOFT PROJECT

Microsoft Project merupakan program aplikasi pengolah data administrasi yang digunakan untuk melakukan perencanaan, pengelolaan, pengawasan, dan pelaporan data dari suatu proyek. Kemudahan penggunaan dan keeluasaan lembar kerja serta cakupan unsur – unsur proyek menjadikan *software* ini sangat mendukung proses administrasi sebuah proyek.

Microsoft Project merupakan unsur – unsur manajemen proyek yang sempurna dengan memadukan kemudahan pengguna, kemampuan, dan *fleksibel* sehingga penggunaanya dapat mengatur proyek lebih efisien dan efektif. Pengelolaan proyek konstruksi membutuhkan waktu yang panjang dan ketelitian yang tinggi. *Microsoft Project* dapat menunjang dan membantu tugas pengelolaan sebuah proyek konstruksi sehingga menghasilkan suatu data yang akurat.

Keunggulan *Microsoft Project* adalah kemampuannya menangani perencanaan suatu kegiatan, pengorganisasian, dan pengendalian waktu serta biaya yang mengubah *input* data menjadi sebuah *output* data sesuai dengan tujuannya. *Input* mencakup unsur – unsur manusia, material, mata uang, mesin / alat, dan kegiatan – kegiatan. Seterusnya diproses menjadi suatu hasil yang maksimal untuk mendapatkan informasi yang diinginkan sebagai pertimbangan untuk pengambilan keputusan. Dalam proses diperlukan perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian.

Keuntungan *Microsoft Project* adalah dapat melakukan penjadwalan produksi secara efektif dan efisien, dapat diperoleh secara langsung informasi biaya selama periode, mudah dilakukan modifikasi dan penyusunan jadwal produksi yang tepat akan lebih mudah dihasilkan dalam waktu yang cepat.

Beberapa jenis metode manajemen proyek yang dikenal saat ini, antara lain: CPM (*Critical Chart Method*), PERT (*Program Evaluation Review Technique*), dan *Gantt Chart*. *Microsoft Project* adalah penggabungan dari ketiganya. *Microsoft Project* juga merupakan system perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (*Scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. *Microsoft Project* juga membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap

pengguna sumber daya (*Resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan.

Tujuan penjadwalan dalam *Microsoft Project* adalah:

5. mengetahui durasi kerja proyek,
 6. membuat durasi optimum,
 7. mengendalikan jadwal yang dibuat,
 8. mengalokasikan sumber daya (*resources*) yang digunakan
- Komponen yang dibutuhkan pada jadwal adalah:

1. kegiatan (rincian tugas, tugas utama),
2. durasi kegiatan untuk tiap pekerjaan,
3. hubungan kerja tiap kegiatan,
4. *resources* (tenaga kerja pekerja dan bahan)

Yang dikerjakan oleh *Microsoft Project* antara lain:

1. mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap sektor,
2. mencatat jam kerja para pegawai, jam lembur,
3. menghitung pengeluaran sehubungan dengan ongkos tenaga kerja, memasukkan biaya tetap, menghitung total biaya proyek,
4. membantu mengontrol pengguna tenaga kerja pada beberapa pekerjaan untuk menghindari *overallocation* (kelebihan beban pada penggunaan tenaga).

Program *Microsoft Project* memiliki beberapa macam tampilan layar, namun sebagai *default* setiap kali membuka *file* baru, yang akan ditampilkan adalah *Ghantt Chart View*.

Beberapa istilah yang sering digunakan dalam *Microsoft Project* sebagai berikut :

1. *Task*

Task adalah salah satu bentuk lembar kerja dalam *Microsoft Project* yang berisi rincian pekerjaan sebuah proyek.

2. *Duration*

Duration merupakan jangka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

3. *Start*

Start merupakan nilai tanggal dimulainya suatu pekerjaan sesuai perencanaan jadwal proyek.

4. *Finish*

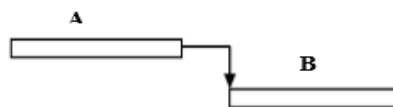
Dalam Microsoft Project tanggal akhir pekerjaan disebut *finish*, yang akan diisi secara otomatis dari perhitungan tanggal mulai (*start*) ditambah lama pekerjaan (*duration*).

5. *Predecessor*

Predecessor merupakan hubungan keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lain. Dalam Microsoft Project mengenal 4 macam hubungan antar pekerjaan, yaitu :

a. FS (*Finish to Start*)

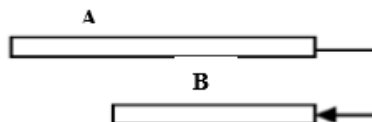
Suatu pekerjaan baru boleh dimulai (B) jika pekerjaan yang lain (A) selesai, dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.8 FS (*Finish to Start*).

b. FF (*Finish to Finish*)

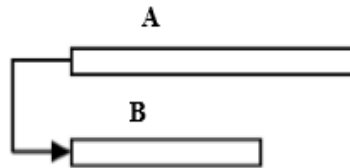
Suatu pekerjaan (A) harus selesai bersamaan dengan selesainya pekerjaan lain (B), dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.9 FF (*Finish to Finish*).

c. *SS (Start to Start)*

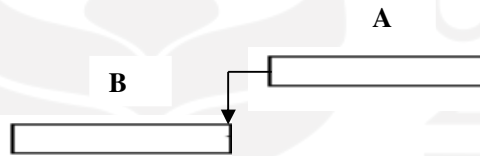
Suatu pekerjaan (A) harus dimulai bersamaan dengan pekerjaan lain (B), dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.10 SS (*Start to Start*).

d. *SF (Start to Finish)*

Suatu pekerjaan (B) baru boleh diakhiri jika pekerjaan lain (A) dimulai, dapat dilihat pada Gambar 3.6



Gambar 3.11 SF (*Start to Finish*).

6. *Resources*

Sumber daya, baik sumber daya manusia maupun material dalam Microsoft Project disebut dengan resources.

7. *Baseline*

Baseline adalah suatu rencana baik jadwal maupun biaya yang telah disetujui dan ditetapkan.

8. *Gantt Chart*

Gantt Chart merupakan salah satu bentuk tampilan dari Microsoft Project yang berupa batang-batang horisontal yang menggambarkan masing-masing pekerjaan beserta durasinya.

9. *Tracking*

Tracking adalah mengisikan data yang terdapat di lapangan pada perencanaan yang telah dibuat.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Pada bab IV metode penelitian ini akan diuraikan mengenai metode penelitian yang akan dilakukan, mulai dari lokasi hingga data-data yang dibutuhkan dalam penelitian dan proses pelaksanaan penelitian tersebut, sehingga akan mempermudah dalam melakukan penelitian yang sistematis dan urutan yang jelas.

4.1 PENDAHULUAN

Menurut Arikunto (2002) menjelaskan metode penelitian adalah suatu cara kerja yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data penelitiannya yang kemudian dilakukan perbandingan dengan standar atau ukuran yang telah ditentukan.

Penelitian ini menganalisis dan membahas mengenai dampak dari percepatan waktu/durasi penyelesaian proyek pembangunan jalan terhadap biaya proyek dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga (*resource*). Hasil akhir dari penelitian ini adalah didapatkan perbedaan pengaruh perubahan waktu terhadap biaya pada saat sebelum dilakukan percepatan (normal) dengan saat setelah dilakukan percepatan (*crashing*)

4.2 OBJEK DAN SUBJEK PENELITIAN

Pada penelitian ini objek yang digunakan adalah proyek Pembangunan Jalan Simp.4 Kaliorang – Kalisayan tahun 2019, sedangkan subjek pada penelitian ini adalah item pekerjaan yang berada pada lintasan kritis yang kemudian dianalisis percepatan (*crashing*) dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat. Pada penelitian ini lebih banyak menggunakan data sekunder yang didapatkan dari proyek Pembangunan Jalan Simp.4 Kaliorang – Kalisayan tahun 2019

4.3 DATA PENELITIAN

Data-data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah data sekunder yaitu data yang diperoleh dari Proyek Pembangunan Jalan Simp.4 Kaliorang – Kalisayan tahun 2019, sedangkan variabel-variabel yang sangat berpengaruh dalam proses pengoptimasian waktu dan biaya/*Crashing* pada pelaksanaan proyek ini adalah variabel waktu dan variabel biaya, diantaranya:

a. Variabel waktu

Data-data yang berpengaruh pada variabel waktu yang diperoleh dari Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang – Kalisayan tahun 2019. Data-data yang dibutuhkan untuk variabel waktu meliputi:

1) Data *Cumulative Progress* (Kurva – S), meliputi :

- a) Jenis kegiatan,
- b) *Persentase* / bobot kegiatan
- c) Durasi kegiatan.

b. Variabel biaya

Semua data-data yang berpengaruh pada variabel biaya, yang di peroleh dari kontraktor pelaksana. Data-data yang diperlukan dalam variabel biaya meliputi:

1) Daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran, meliputi:

- a) Jumlah biaya normal,
- b) Durasi normal

2) Daftar-daftar harga bahan dan upah alat dan tenaga,

3) Gambar rencana proyek.

4.4 ALAT YANG DIGUNAKAN

Pada penelitian ini, peralatan yang digunakan dalam menunjang penyelesaian penelitian adalah komputer yang digunakan untuk membantu proses analisis data dalam penelitian ini dengan software yang digunakan adalah *Microsoft Office* dan *Microsoft Project 2010*

4.5 TAHAPAN PENELITIAN

Tata urutan dan langkah kerja dalam penelitian ini dikerjakan dalam beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

a. Studi Literatur atau Pencarian Referensi

Tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan informasi untuk mendukung dalam melakukan penelitian ini yaitu berupa data, dasar teori, metode analisis yang diambil dari literatur-literatur, maupun hasil penelitian hingga media pendukung lainnya. Referensi pada penelitian ini diambil dari berbagai media yang berkaitan dengan topik yang diambil dari penelitian ini diantaranya: jurnal penelitian, tugas akhir, peraturan-peraturan menteri, buku-buku yang menyajikan teori-teori yang mendukung dalam melakukan analisis keterlambatan proyek menggunakan metode *crash program* dalam sebuah proyek konstruksi.

b. Pengambilan Data

Pada tahapan ini data yang diambil adalah sebagai berikut:

1. *Time schedule* (Kurva S)
2. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
3. Daftar harga upah alat, tenaga dan material

c. Analisis Data

Pada tahap analisis data ini, dilakukan dengan tahap sebagai berikut:

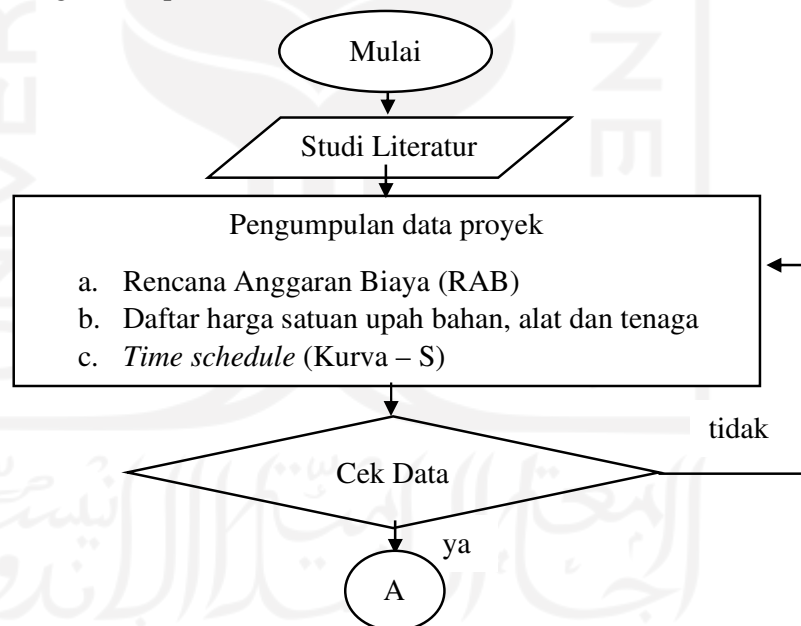
1. Data yang didapatkan dari lapangan selanjutnya dilakukan pengolahan data. Langkah awal dalam pengolahan data adalah dilakukan pembuatan *network diagram* menggunakan *software Microsoft project 2010* dengan metode PDM (*Precedence Diagram Methode*) sehingga didapatkan pekerjaan-pekerjaan yang berada di lintasan kritis. Pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis ini kemudian dilakukan analisis perhitungan *crashing* (percepatan) dengan menggunakan dua alternatif yaitu penambahan jam kerja (lembur) selama 3, 4, 5, 6 jam dan penambahan alat dan tenaga. Dari analisis dua alternatif tersebut waktu proyek seoptimal mungkin.

2. Setelah didapatkan durasi optimal dari kedua alternatif tersebut langkah selanjutnya adalah melakukan analisis untuk menentukan biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).
- d. Pembahasan dan Kesimpulan

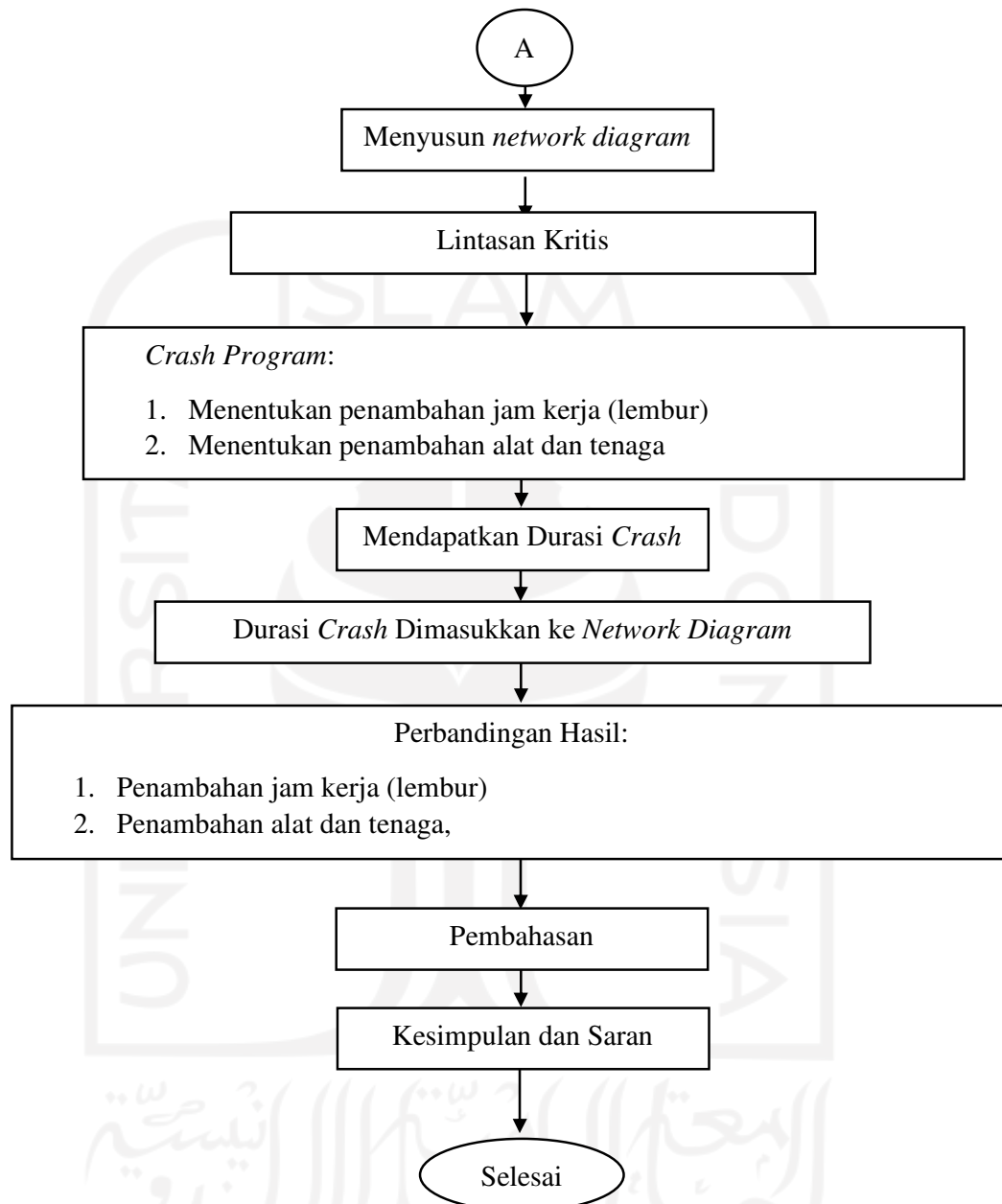
Pada tahap pembahasan akan dijelaskan mengenai perhitungan yang telah dilakukan sampai pada hasil akhir dari penelitian yaitu ditemukan biaya dan waktu yang seoptimal mungkin, sedangkan pada tahap kesimpulan adalah pengambilan keputusan terkait hasil dari tujuan dilakukan penelitian.

4.6 BAGAN ALIR PENELITIAN

Tahapan-tahapan penelitian yang telah diuraikan dapat dilihat secara skematis dalam bentuk diagram air pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Bagan alir penelitian



Gambar 4.2 Bagan alir penelitian (lanjutan)

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab v analisis data dan pembahasan ini akan diuraikan mulai dari pemeriksaan data-data penelitian, pengolahan data penelitian, hingga pada pembahasan. Hasil pengolahan data kemudian dianalisis untuk mengetahui percepatan (*crashing*) dalam penyelesaian Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang - Talisayan dengan cara analisis jaringan kerja yaitu berupa *Precedence Diagram Method* (PDM), sehingga didapatkan pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis. Pekerjaan-pekerjaan pada lintasan kritis ini yang kemudian dilakukan perhitungan percepatan (*crashing*) dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dengan variasi penambahan jam kerja selama 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam dan penambahan alat dan tenaga dengan variasi penambahan sebesar 25%, 50%, 75%, 100%, dari kedua alternatif tersebut diperoleh waktu penyelesaian proyek dan biaya proyek seoptimal mungkin.

5.1. DATA PROYEK

5.1.1. Data Awal Proyek

1. Data Umum Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang - Talisayan sebagai berikut:
 - a. Nama Proyek : Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang - Talisayan
 - b. Periode Kerja : 2019
 - c. Konsultan Supervisi : A
 - d. Kontraktor : B
 - e. Pemilik Proyek : C

5.1.2. Daftar Harga Upah

Daftar upah yang digunakan pada penelitian ini disesuaikan dengan upah yang digunakan pada Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang - Talisayan.

Tabel 5. 1 Daftar Harga Satuan Upah Alat dan Pekerja

Daftar Harga Upah		
Uraian	Harga Per Jam	Harga Per Hari
Pekerja	Rp14.429,17	Rp101.004,17
Tukang	Rp15.172,02	Rp106.204,17
Mandor	Rp19.686,31	Rp137.804,17
Concrete Mixer	Rp141.183,05	Rp988.281,38
Dump Truck	Rp304.290,81	Rp2.130.035,65
Excavator	Rp511.764,43	Rp3.582.351,01
Motor Grader	Rp631.451,54	Rp4.420.160,78
Wheel Loader	Rp505.469,26	Rp3.538.284,83
Vibratory Roller	Rp422.261,67	Rp2.955.831,68
Water Tanker	Rp304.290,81	Rp2.130.035,65
Slip Form Paver	Rp583.360,13	Rp4.083.520,91
Truck Mixer	Rp699.420,68	Rp4.895.944,79
Batching Plant	Rp727.677,00	Rp5.093.799,00

(Sumber: Data Proyek, 2019)

5.1.3. Durasi Normal Kegiatan (Dn)

Dalam menyelesaikan masalah langkah awal adalah membuat jaringan kerja yang berupa *Precedence Diagram Method* (PDM) dengan durasi normal sesuai dengan *time schedule* yang ada di Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang - Talisayan *Precedence Diagram Method* (PDM) dibuat dengan tujuan untuk menunjukkan keterkaitan antara pekerjaan satu dengan pekerjaan lainnya. Jam kerja normal adalah 7 jam/hari dan bekerja setiap hari, pekerjaan dimulai pukul 08.00 – 12.00 kemudian dilanjutkan lagi pukul 13.00 – 16.00. Secara umum pekerjaan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5. 2 Durasi Normal Pekerjaan

No	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)
1	Mobilisasi	30 Hari
2	Manajemen dan Keselamatan Lalulintas	135 Hari
3	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	135 Hari
4	Galian untuk Selokan dan Drainase Saluran Air	35 Hari
5	Pasangan Batu dengan Mortar	49 Hari
6	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	20 Hari
7	Penyiapan Badan Jalan	49 Hari
8	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	35 Hari
9	Lapis Pondasi Drainase	35 Hari
10	Perkerasan Beton Semen	35 Hari
11	Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus	35 Hari
12	Marka Jalan Termoplastik	35 Hari

(Sumber: Data Proyek, 2019)

Pada Tabel 5.2 di atas merupakan durasi pekerjaan normal yang diambil secara keseluruhan pada Proyek Pembangunan Jalan Simpang 4 Kaliorang - Talisayan, untuk rincian pekerjaan dan durasi normal setiap item pekerjaan dapat dilihat pada Lampiran.

5.2. JARINGAN KERJA *PROCEDENCE DIAGRAM METHOD* (PDM)

Pada Proyek Pembangunan Jalan Kaliorang - Talisayan tidak mempunyai jaringan kerja (*network diagram*) baik diagram jaringan kerja *Critical Path Method* (CPM) maupun diagram jaringan kerja *Procedence Diagram Method* (PDM), sehingga langkah awal adalah membuat jaringan kerja menggunakan durasi normal untuk mendapatkan durasi normal penyelesaian proyek. Pembuatan jaringan kerja menggunakan *Software Microsoft Project 2010* didapatkan durasi penyelesaian proyek kondisi normal adalah 135 hari (Lampiran). Dari jaringan kerja tersebut

didapatkan kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis (*critical path*) yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Kegiatan-kegiatan pada jalur lintasan kritis

No	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)
1	Mobilisasi	30 Hari
2	Manajemen dan Keselamatan Lalulintas	135 Hari
3	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	135 Hari
4	Galian untuk Selokan dan Drainase Saluran Air	35 Hari
5	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	20 Hari
6	Penyiapan Badan Jalan	49 Hari
7	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	35 Hari
8	Lapis Pondasi Drainase	35 Hari
9	Perkerasan Beton Semen	35 Hari
10	Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus	35 Hari
11	Marka Jalan Termoplastik	35 Hari

(Sumber: Hasil analisis jaringan kerja PDM, 2019)

Pada Tabel 5.3 Kegiatan-kegiatan yang berada pada jalur lintasan kritis diuraikan lebih detail yang dapat dilihat pada Lampiran. Pekerjaan-pekerjaan yang dapat dilakukan *crashing* dengan penambahan jam kerja (lembur) serta, penambahan alat dan tenaga yang ditunjukkan pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 4 Pekerjaan-pekerjaan yang dipercepat (*crashing*)

No	Kode Pek.	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)
1	GSDSA	Galian untuk Selokan dan Drainase Saluran Air	35 Hari
2	TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	20 Hari
3	PBJ	Penyiapan Badan Jalan	49 Hari
4	LPAGB	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	35 Hari

No	Kode Pek.	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)
5	LP	Lapis Pondasi Drainase	35 Hari
6	PBS	Perkerasan Beton Semen	35 Hari
7	LPWBK	Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus	35 Hari
8	MT	Marka Jalan Termoplastik	35 Hari

(Sumber: Hasil analisis jaringan kerja PDM, 2019)

5.3. MENENTUKAN JUMLAH *RESOURCE* DAN UPAH PADA PEKERJAAN KONDISI NORMAL

Contoh perhitungan jumlah *resource* perhari pada pekerjaan (kode GSDSA) galian untuk selokan dan drainase saluran air (sumber: Lampiran.

Volume pekerjaan = 688,49 m³

Durasi normal (Dn) = 35 hari

1. Kebutuhan jumlah *resource* perjam saat pekerjaan normal

Koef. Alat dan tenaga

a. Pekerja = 0,108 jam

b. Mandor = 0,018 jam

c. Excavator = 0,018 jam

d. Dump Truck 3.5 Ton = 0,144 jam

Jumlah *resource* perhari (volume x koef.)/Dn

a. Pekerja = 2,12 ≈ 3 unit/hari

b. Mandor = 0,35 ≈ 1 unit/hari

c. Excavator = 0,35 ≈ 1 unit/hari

d. Dump Truck = 2,84 ≈ 3 unit/hari

2. Upah alat dan tenaga saat pekerjaan normal

a. Pekerja = Rp14.429,17

b. Mandor = Rp19.686,31

c. Excavator = Rp511.764,43

d. Dump Truck = Rp304.290,81

Upah alat dan tenaga (jumlah *resource* perhari x upah alat dan tenaga)

- a. Pekerja = Rp43.287,50
- b. Mandor = Rp19.686,31
- c. Excavator = Rp511.764,43
- d. Dumptruck = Rp912.872,42

Total upah alat dan tenaga normal pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air

- a. Pekerja = Rp43.287,50 x 35 hari = Rp1.515.062,50
- b. Mandor = Rp19.686,31 x 35 hari = Rp689.020,83
- c. Excavator = Rp511.764,43 x 35 hari = Rp17.911.755,06
- d. Dumptruck = Rp912.872,42 x 35 hari = Rp31.950.534,82 +
Rp52.066.373,21

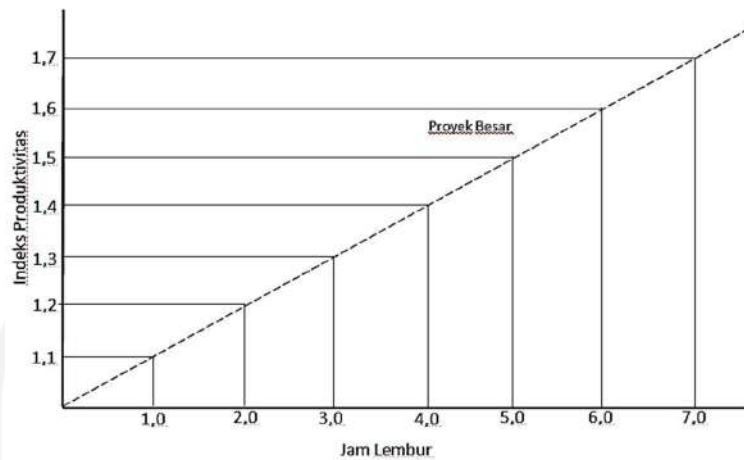
Dengan cara perhitungan yang sama untuk jumlah alat dan tenaga (*resource*) dan upah alat dan tenaga pada pekerjaan normal yang lainnya secara rinci dapat dilihat pada Lampiran

5.4. ANALISIS PERHITUNGAN PERCEPATAN PROYEK DENGAN TAMBAH JAM KERJA (LEMBUR)

5.4.1. Tambah Jam Kerja (Lembur) Selama 3 Jam

5.4.1.1. Durasi *Crash* Kegiatan (Dc)

Dalam perhitungan percepatan dengan menambah jam kerja (lembur) selama **3 jam** akan terjadi penurunan efisiensi kerja dengan **asumsi** nilai indeks produktifitas adalah **1,3** seperti pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Grafik indikasi Penurunan Produktivitas karena penambahan jam kerja Lembur (Soeharto, 1995)

Gambar 5.1 menunjukkan adanya indikasi penurunan produktivitas apabila penambahan jumlah jam kerja. Contoh perhitungan penurunan produktivitas pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase (sumber: Lampiran), sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Pekerjaan} &= 688,49 \text{ m}^3 \\
 \text{Jumlah alat} &= 1 \text{ unit excavator} \\
 \text{Durasi normal} &= 35 \text{ hari} \\
 \text{Jam kerja normal perhari} &= 7 \text{ jam} \\
 \text{Produktivitas perhari} &= \frac{688,49 \text{ m}^3}{35 \text{ hari}} \\
 &= 19,67 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produktivitas per alat} &= \frac{19,67 \text{ m}^3/\text{hari}}{1 \text{ unit}} \\
 &= 19,67 \text{ m}^3/\text{unit} \\
 \text{Produktivitas normal perjam} &= \frac{19,67 \text{ m}^3/\text{hari}}{7 \text{ jam}} \\
 &= 2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}
 \end{aligned}$$

1. Produktivitas normal 3 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas normal 3 jam} &= 2,81 \times 3 \\
 &= 8,43 \text{ m}^3/\text{unit}
 \end{aligned}$$

2. Produktivitas lembur 3 jam

$$\text{Produktivitas normal perjam} = 2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 1} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.1} \\ &= 2,55 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 2} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.2} \\ &= 2,34 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 3} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.3} \\ &= 2,16 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur 3 jam} &= \text{lembur jam ke 1} + \text{lembur jam ke 2} + \\ &\quad \text{lembur jam ke 3} \\ &= 2,55 + 2,34 + 2,16 \\ &= 7,06 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Efektifitas alat} &= \frac{\text{produktivitas lembur 3 jam}}{\text{produktivitas normal 3 jam}} \times 100 \\ &= \frac{7,06}{8,43} \times 100 \\ &= 83,72 \% \end{aligned}$$

$$4. \text{ Penurunan produktivitas} = 16,28 \%$$

Penurunan produktivitas pada penambahan jam kerja (lembur) ini dipengaruhi oleh faktor kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari, dan keadaan cuaca yang dingin pada malam hari. Perhitungan durasi *crash* dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam perhari pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Durasi Crash (Dc)} &= \frac{(Dn \times h)}{(h + (h \times e))} \\ &= \frac{(35 \times 7)}{(7 + (3 \times 0,8372))} \end{aligned}$$

$$= 25,76 \text{ hari} \approx \mathbf{26 \text{ hari}}$$

Dari contoh perhitungan di atas, didapatkan durasi *crash* maksimum dari pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air 26 hari atau dapat dipercepat selama 9 hari dari durasi normal yaitu 35 hari. Dengan cara perhitungan yang sama, untuk hasil perhitungan durasi *crash* proyek dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur lintasan kritis dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5. 5 Durasi *crash* masing-masing pekerjaan pada penambahan jam kerja (lembur)

No.	Kode Pek.	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)		Dv = Dn - Dc
			Normal (Dn)	Crash (Dc)	
1	GSDSA	Galian untuk Selokan dan Drainase Saluran Air	35	26	9
2	TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	20	15	5
3	PBJ	Penyiapan Badan Jalan	49	37	12
4	LPAGB	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	35	26	9
5	LP	Lapis Pondasi Drainase	35	26	9
6	PBS	Perkerasan Beton semen	35	26	9
7	LPWBK	Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus	35	26	9
8	MT	Marka Jalan Termoplastik	35	26	9

(Sumber: Hasil analisis jaringan kerja PDM, 2019)

5.4.1.2. Biaya Crash (Cc) Akibat Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Dalam kondisi normal pekerjaan dikerjakan selama 7 jam perhari yaitu dari jam 08.00 – 16.00 dengan istirahat selama 1 jam, sedangkan penambahan jam kerja (lembur) dilakukan setelah jam kerja normal selesai dengan istirahat selama setengah jam yaitu pada jam 16.00 – 19.30. Sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 bahwa perhitungan upah penambahan kerja bervariasi, yaitu pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan

upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal (**Lihat Lampiran**).

Contoh perhitungan biaya *crash* (Cc) akibat penambahan jam kerja (lembur) pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air (Lampiran) sebagai berikut :

Biaya Normal (Dn) = Rp52.066.373,21

Durasi Normal (Dn) = 35 hari

Durasi *Crash* (Dc) = 26 hari

Biaya *Crash* (Cc)

1. Upah normal perjam

- a. Pekerja = Rp14.429,17
- b. Mandor = Rp19.686,31
- c. Excavator = Rp511.764,43
- d. Dump Truck = Rp304.290,81
- e. Operator = Rp18.129,17
- f. Pembantu Operator = Rp15.400,60
- g. Sopir = Rp18.129,17
- h. Pembantu Sopir = Rp15.400,60

2. Upah lembur jam ke 1

- a. Pekerja = Rp14.429,17 x 1,5
= Rp21.643,75
- b. Mandor = Rp19.686,31 x 1,5
= Rp29.529,46
- c. Excavator = Rp511.764,43 + 0,5 x (Rp18.129,17 + Rp15.400,60)
= Rp528.529,31
- d. Dump Truck = Rp304.290,15 + 0,5 x (Rp18.129,17 + Rp15.400,60)
= Rp321.055,69

3. Upah lembur jam jam ke 3

$$\begin{aligned} \text{a. Pekerja} &= \text{Rp}21.643,75 + (2 \times 2 \times \text{Rp}14.429,17) \\ &= \text{Rp}79.360,42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Mandor} &= \text{Rp}29.529,46 + (2 \times 2 \times \text{Rp}19.686,31) \\ &= \text{Rp}108.274,70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Excavator} &= \text{Rp}1.585.587,93 + 1 \times (\text{Rp}18.129,17 + \text{Rp}15.400,60) \\ &= \text{Rp}1.619.117,70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Dump Truck} &= \text{Rp}963.167,07 + 1 \times (\text{Rp}18.129,17 + \text{Rp}15.400,60) \\ &= \text{Rp}996.696,83 \end{aligned}$$

4. Total biaya (*cost*) per hari (upah harian + upah lembur jam ke 1 + upah lembur jam ke 3)

$$\text{a. Pekerja} = \text{Rp}180.364,58$$

$$\text{b. Mandor} = \text{Rp}246.078,87$$

$$\text{c. Excavator} = \text{Rp}5.201.468,71$$

$$\text{d. Dump Truck} = \text{Rp}3.126.732,48$$

5. Biaya *cost on time* (alat dan jumlah tenaga x total *cost* perhari)

$$\begin{aligned} \text{a. Pekerja} &= 0,43 \text{ orang} \times \text{Rp}180.364,58 \\ &= \text{Rp}77.299,11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Mandor} &= 0,14 \text{ orang} \times \text{Rp}246.078,87 \\ &= \text{Rp}35.154,12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Excavator} &= 0,14 \text{ unit} \times \text{Rp}5.201.468,71 \\ &= \text{Rp}743.066,96 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Dump Truck} &= 0,43 \text{ unit} \times \text{Rp}3.126.732,48 \\ &= \text{Rp}1.340.028,21 \\ &\quad + \\ &\quad \text{Rp}2.195.548,40 \end{aligned}$$

6. Total biaya alat dan tenaga akibat penambahan jam kerja (lembur)

$$= \Sigma \text{Biaya } cost \text{ on time} \times \text{Durasi } crash$$

$$= \text{Rp}2.195.548,40 \times 26$$

$$= \text{Rp}57.084.258,30$$

7. Total biaya penambahan jam kerja (lembur)

$$= \text{Total biaya alat dan tenaga akibat penambahan jam kerja} + \text{Biaya Bahan}$$

$$= \text{Rp}57.084.258,30 + \text{Rp}0,00$$

$$= \text{Rp}57.084.258,30$$

Setelah didapatkan biaya *crash* (C_c) maka dapat dihitung *cost slope* pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Cost slope (Rp/jam)} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \\ &= \frac{\text{Rp}57.084.258,30 - \text{Rp}52.066.373,21}{35 - 26} \\ &= \text{Rp}557.542,79 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya upah alat dan tenaga (*resource*) akibat dari percepatan (*crashing*) proyek menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam perhari pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya berdasarkan nilai *slope* terkecil dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Tabel Perhitungan *Slope* dan Biaya *Crashing* Penambahan Jam kerja (lembur) selama 3 jam

Kode Pek.	Kegiatan	Durasi Crash (a)	Durasi Normal (b)	Duration Variance (c) = (b) – (a)	Biaya Normal (d)	Biaya Crash (e)	Cost Variance (f) = (e) – (d)	<i>Slope</i> (Rp) (g) = (f)/(c)
GSDSA	Galian untuk selokan dan drainase saluran air	26	35	9	52.066.373,21	57.084.258,30	5.017.885,09	557.542,79
PBJ	Penyiapan Badan Jalan	37	49	12	58.959.838,85	66.463.316,75	7.503.477,90	625.289,83
MT	Marka Jalan Termoplastik	26	35	9	124.783.434,81	131.135.228,18	6.351.793,37	705.754,82
LPAGB	Lapis Pondasi agregat kelas B	26	35	9	317.155.998,80	324.859.217,86	7.703.219,07	855.913,23
TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	15	20	5	67.889.623,37	72.770.839,52	4.881.216,16	976.243,23
LP	Lapis Fondasi Drainase	26	35	9	1.273.989.683,40	1.288.106.448,46	14.116.765,06	1.568.529,45
LPWBK	Lapis pondasi bawah beton kurus	26	35	9	1.522.930.409,48	1.548.916.787,91	25.986.378,43	2.887.375,38
PBS	Perkerasan beton semen	26	35	9	6.802.860.355,48	6.869.046.590,96	66.186.235,47	7.354.026,16
Total								
15.530.674,89								

(Sumber: Hasil analisis Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 3 jam, 2019)

5.4.1.3. Penambahan Biaya Akibat Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Perhitungan biaya ini dilakukan dikarenakan percepatan durasi (*crashing*) proyek ini menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam yaitu mulai pukul 16.00 – 19.30. Perhitungan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dilakukan dengan durasi percepatan yang didapat yaitu selama 23 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 112 hari (Lampiran). Berikut disajikan perhitungan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dengan berdasarkan **asumsi-asumsi**.

1. Tambah biaya penerangan malam akibat lembur

a. Data-data yang dibutuhkan :

1) Lampu Sorot 250 – 400 Watt Philco

Jumlah = 6 buah

Harga = Rp1.100.000

2) Kabel Suprime (NYM 2 x 2,5)

Panjang = 150 m

Harga per 50 m = Rp328.000

3) Steker Neegee 13310 (Broco)

Jumlah = 4 buah

Harga = Rp9.000

4) Stop Kontak 4 Lubang Standard 15340 (Broco)

Harga = Rp40.000

5) Biaya Pasang Per titik

Harga = Rp70.000

6) Biaya Listrik Per Kwh Selama Masa Lembur

Spesifikasi = 400 Watt

= 0,4

Jumlah Lampu = 6 buah

Harga PerKwh = Rp1.467 (sumber pln.co.id Maret 2019)

Durasi Percepatan = 23 hari

Lembur per hari = 3 jam (17.00 – 20.00)

b. Perhitungan penambahan biaya

- 1) Biaya Lampu Sorot = Harga Lampu Sorot x Jumlah Lampu
= Rp1.100.000 x 6 buah
= Rp6.600.000
- 2) Biaya Kabel 150 m = 3 x Rp328.000
= Rp984.000
- 3) Biaya Steker = Harga Steker x Jumlah Saklar
= Rp9.000 x 4 buah
= Rp36.000
- 4) Biaya Stop Kontak = Rp40.000
- 5) Biaya Pasang = Jumlah Lampu x Harga Pasang Per titik
= 6 buah x Rp70.000
= Rp420.000
- 6) Biaya Listrik Selama Masa Lembur
Biaya Listrik = Harga Per Kwh x Spesifikasi Pemakaian
Listrik x Jam Lembur x Jumlah Lampu x
Durasi Percepatan
= Rp1.467 x 0,4 x 3 x 6 x 23
= Rp242.935,20

c. Total biaya untuk penerangan malam akibat lembur

- 1) Biaya Lampu Sorot = Rp6.600.000
 - 2) Biaya Kabel 150 m = Rp984.000
 - 3) Biaya Steker = Rp36.000
 - 4) Biaya Stop Kontak = Rp40.000
 - 5) Biaya Pasang = Rp420.000
 - 6) Biaya Listrik = Rp242.935,20 +
- Total Biaya = Rp8.322.935,20

2. Tambahan biaya bagian manajemen akibat adanya lembur

a. Data-data yang dibutuhkan :

- 1) Jaga Malam = 2 orang/hari (wawancara dengan pelaksana)
- 2) Upah lembur/jam = Rp20.000
- 3) Lembur = 3 jam/hari
- 4) Durasi percepatan = 23 hari

b. Perhitungan Biaya

- Biaya lembur/hari = Rp20.000 x 3
= Rp60.000 upah/hari
- Total Biaya = Rp2.760.000

Tabel 5.7 Penambahan Biaya Akibat adanya Penambahan Jam Kerja (lembur)

No.	Uraian	Biaya
1	Tambahan biaya penerangan malam akibat lembur	Rp8.322.935,20
2	Tambahan biaya bagian manajemen akibat adanya lembur	Rp2.760.000,00
Total biaya akibat adanya penambahan jam kerja (lembur)		Rp11.082.935,20

(Sumber: Hasil analisis Biaya akibat adanya Lembur, 2019)

5.4.1.4. Total Biaya Penambahan Akibat Percepatan Proyek Dengan Menambah jam Kerja (lembur)

Dari hasil perhitungan biaya akibat adanya penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam (Tabel 5.6) dan biaya untuk penerangan dan manajemen selama lembur (Tabel 5.7) , maka didapatkan nilai biaya total percepatan proyek dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam ditunjukkan pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 3 jam

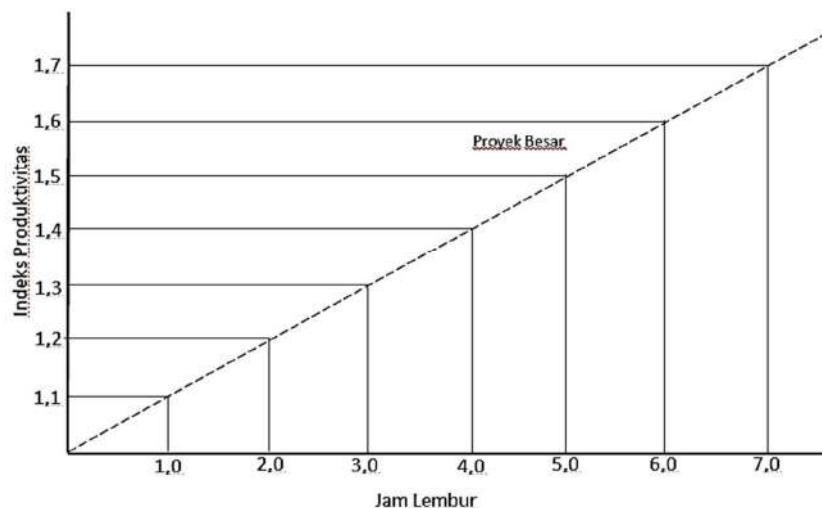
No.	Uraian	Biaya
1	Biaya Percepatan Upah Alat dan Tenaga	Rp15.530.674,89
2	Biaya Penerangan Malam Hari dan Manajemen Proyek	Rp11.082.935,20
Total Biaya Langsung Penambahan Akibat Lembur		Rp26.613.610,09

(Sumber: Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 3 jam, 2019)

5.4.2. Tambah Jam Kerja (Lembur) Selama 4 Jam

5.4.2.1. Durasi *Crash* Kegiatan (Dc)

Dalam perhitungan percepatan dengan menambah jam kerja (lembur) selama **4 jam** akan terjadi penurunan efisiensi kerja dengan **asumsi** nilai indeks produktifitas adalah **1,4** seperti pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Grafik indikasi Penurunan Produktivitas karena penambahan jam kerja Lembur (Soeharto, 1995)

Gambar 5.2 menunjukkan adanya indikasi penurunan produktivitas apabila penambahan jumlah jam kerja. Contoh perhitungan penurunan produktivitas pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air (**sumber: Lampiran**), sebagai berikut:

$$\text{Volume Pekerjaan} = 688,49 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah alat} = 1 \text{ unit excavator}$$

$$\text{Durasi normal} = 35 \text{ hari}$$

$$\text{Jam kerja normal perhari} = 7 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas perhari} &= \frac{688,49 \text{ m}^3}{35 \text{ hari}} \\ &= 19,67 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas per alat} &= \frac{19,67 \text{ m}^3/\text{hari}}{1 \text{ unit}} \\ &= 19,67 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal perjam} &= \frac{19,67 \text{ m}^3/\text{hari}}{7 \text{ jam}} \\ &= 2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

1. Produktivitas normal 4 jam

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal 4 jam} &= 2,81 \times 4 \\ &= 11,24 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

2. Produktivitas lembur 4 jam

$$\text{Produktivitas normal perjam} = 2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 1} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.1} \\ &= 2,55 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 2} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.2} \\ &= 2,34 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\text{Produktivitas lembur jam ke - 3} = \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.3}$$

$$= 2,16 \text{ m}^3/\text{jam/unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 4} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1,4} \\ &= 2,01 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur 4 jam} &= \text{lembur jam ke 1} + \text{lembur jam ke 2} + \\ &\quad \text{lembur jam ke 3} + \text{lembur jam ke 4} \\ &= 2,55 + 2,34 + 2,16 + 2,01 \\ &= 9,07 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Efektifitas alat} &= \frac{\text{produktivitas lembur 4 jam}}{\text{produktivitas normal 4 jam}} \times 100 \\ &= \frac{9,07}{11,24} \times 100 \\ &= 80,65 \% \\ 4. \text{ Penurunan produktivitas} &= 19,35 \% \end{aligned}$$

Penurunan produktivitas pada penambahan jam kerja (lembur) ini dipengaruhi oleh faktor kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari, dan keadaan cuaca yang dingin pada malam hari. Perhitungan durasi *crash* dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam perhari pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Durasi Crash (Dc)} &= \frac{(Dn \times h)}{(h + (h \times e))} \\ &= \frac{(35 \times 7)}{(7 + (4 \times 0,8065))} \\ &= 23,96 \text{ hari} \approx \mathbf{24 \text{ hari}} \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan di atas, didapatkan durasi *crash* maksimum dari pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air adalah 24 hari atau dapat dipercepat selama 11 hari dari durasi normal yaitu 35 hari. Dengan cara perhitungan yang sama, untuk hasil perhitungan durasi *crash* proyek dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur lintasan kritis dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5. 9 Durasi *crash* masing-masing pekerjaan pada penambahan jam kerja (lembur)

No.	Kode Pek.	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)		di = Dn - Dc
			Normal (Dn)	Crash (Dc)	
1	GSDSA	Galian untuk Selokan dan Drainase Saluran Air	35	24	11
2	TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	20	14	6
3	PBJ	Penyiapan Badan Jalan	49	34	15
4	LPAGB	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	35	24	11
5	LP	Lapis Pondasi Drainase	35	24	11
6	PBS	Perkerasan Beton semen	35	24	11
7	LPWBK	Lapis Pondasi Bawah Beton Kuru	35	24	11
8	MT	Marka Jalan Termoplastik	35	24	11

(Sumber: Hasil analisis jaringan kerja PDM, 2019)

5.4.2.2. Biaya Crash (Cc) Akibat Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Dalam kondisi normal pekerjaan dikerjakan selama 7 jam perhari yaitu dari jam 08.00 – 16.00 dengan istirahat selama 1 jam, sedangkan penambahan jam kerja (lembur) dilakukan setelah jam kerja normal selesai dengan istirahat selama setengah jam yaitu pada jam 16.00 – 20.30. Sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 bahwa perhitungan upah penambahan kerja bervariasi, yaitu pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal (**Lampiran**).

Contoh perhitungan biaya *crash* (Cc) akibat penambahan jam kerja (lembur) pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air (**Lampiran**) sebagai berikut:

Biaya Normal (Cn) = Rp52.066.373,21

Durasi Normal (Dn) = 35 hari

Durasi *Crash* (D_c) = 24 hari

Biaya *Crash* (C_c)

1. Upah normal perjam

- a. Pekerja = Rp14.429,17
- b. Mandor = Rp19.686,31
- c. Excavator = Rp511.764,43
- d. Dump Truck = Rp304.290,81
- e. Operator = Rp18.129,17
- f. Pembantu Operator = Rp15.400,60
- g. Sopir = Rp18.129,17
- h. Pembantu Sopir = Rp15.400,60

2. Upah lembur jam ke 1

- a. Pekerja = Rp14.429,17 x 1,5
= Rp21.643,75
- b. Mandor = Rp19.686,31 x 1,5
= Rp29.529,46
- c. Excavator = Rp511.764,43 + 0,5 x (Rp18.129,17 + Rp15.400,60)
= Rp528.529,31
- d. Dump Truck = Rp304.290,15 + 0,5 x (Rp18.129,17 + Rp15.400,60)
= Rp321.055,69

3. Upah lembur jam ke 4

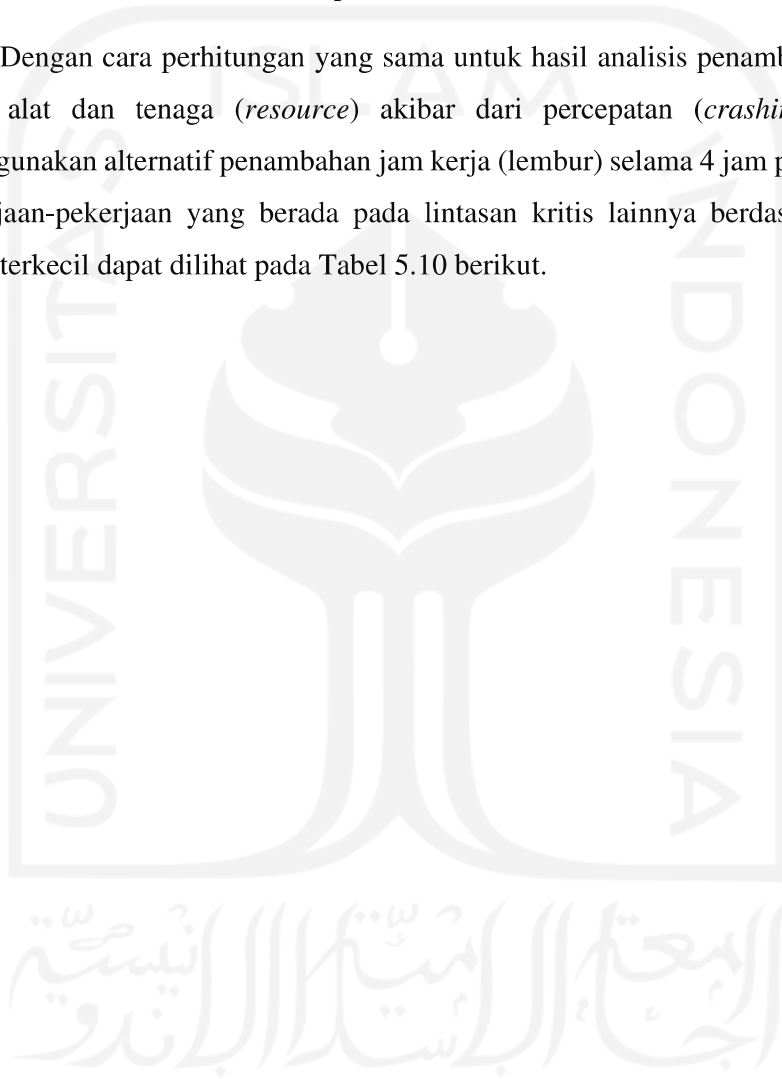
- a. Pekerja = Rp21.643,75 + (2 x 3 x Rp14.429,17)
= Rp108.218,75
- b. Mandor = Rp29.529,46 + (2 x 3 x Rp19.686,31)
= Rp147.647,32
- c. Excavator = Rp2.130.882,13 + 1 x (Rp18.129,17 + Rp15.400,60)
= Rp2.164.411,89
- d. Dump Truck = Rp1.300.987,64 + 1 x (Rp18.129,17 + Rp15.400,60)
= Rp1.334.517,40

4. Total biaya (*cost*) per hari (upah harian + upah lembur jam ke 1 + upah lembur jam ke 4)
- a. Pekerja = Rp209.222,92
 - b. Mandor = Rp285.451,49
 - c. Excavator = Rp5.746.762,90
 - d. Dump Truck = Rp3.464.553,05
5. Biaya *cost on time* (jumlah alat dan tenaga x total *cost* perhari)
- a. Pekerja = 0,43 orang x Rp209.222,92
= Rp89.666,96
 - b. Mandor = 0,14 orang x Rp285.451,49
= Rp40.778,78
 - c. Excavator = 0,14 unit x Rp5.746.762,90
= Rp820.966,13
 - d. Dump Truck = 0,43 unit x Rp3.464.553,05
= Rp1.484.808,45
- $$\frac{\text{Rp1.484.808,45}}{\text{Rp2.436.220,33}} +$$
6. Total biaya alat dan tenaga akibat penambahan jam kerja (lembur)
- $$= \Sigma \text{Biaya } \textit{cost on time} \times \textit{Durasi crash}$$
- $$= \text{Rp2.436.220,33} \times 24$$
- $$= \text{Rp58.469.287,87}$$
7. Total biaya penambahan jam kerja (lembur)
- $$= \text{Total biaya alat dan tenaga akibat penambahan jam kerja} + \text{Biaya Bahan}$$
- $$= \text{Rp58.469.287,87} + \text{Rp0,00}$$
- $$= \text{Rp58.469.287,87}$$

Setelah didapatkan biaya *crash* (C_c) maka dapat dihitung *cost slope* pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Cost slope (Rp/jam)} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \\
 &= \frac{\text{Rp}58.469.287,78 - \text{Rp}52.066.373,21}{35 - 24} \\
 &= \text{Rp}582.083,15
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya upah alat dan tenaga (*resource*) akibat dari percepatan (*crashing*) proyek menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam perhari pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya berdasarkan nilai *slope* terkecil dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.



Tabel 5.10 Tabel Perhitungan *Slope* dan Biaya *Crashing* Penambahan Jam kerja (lembur) selama 4 jam

Kode Pek.	Kegiatan	Durasi Crash (a)	Durasi Normal (b)	Duration Variance (c) = (b) - (a)	Biaya Normal (d)	Biaya Crash (e)	Cost Variance (f) = (e) - (d)	Slope (Rp) (g) = (f)/(c)
GSDSA	Galian untuk selokan dan drainase saluran air	24	35	11	52.066.373,21	58.469.287,87	6.402.914,66	582.083,15
PBJ	Penyiapan Badan Jalan	34	49	15	58.959.838,85	67.970.912,31	9.011.073,46	600.738,23
LPAGB	Lapis Pondasi agregat kelas B	24	35	11	317.155.998,80	327.013.656,12	9.857.657,33	896.150,67
MT	Marka Jalan Termoplastik	24	35	11	124.783.434,81	136.287.850,09	11.504.415,29	1.045.855,94
TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	14	20	6	67.889.623,37	74.599.383,79	6.709.760,42	1.118.293,40
LP	Lapis Fondasi Drainase	24	35	11	1.273.989.683,40	1.292.065.612,69	18.075.929,29	1.643.266,30
LPWBK	Lapis pondasi bawah beton kurus	24	35	11	1.522.930.409,48	1.556.158.121,02	33.227.711,54	3.020.701,05
PBS	Perkerasan beton semen	24	35	11	6.802.860.355,48	6.887.550.996,45	84.690.640,97	7.699.149,18
Total								16.606.237,91

(Sumber: Hasil analisis Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 4 jam, 2019)

5.4.2.3. Penambahan Biaya Akibat Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Perhitungan biaya ini dilakukan dikarenakan percepatan durasi (*crashing*) proyek ini menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam yaitu mulai pukul 16.00 – 20.30. Perhitungan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dilakukan dengan durasi percepatan yang didapat yaitu selama 28 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 107 hari (Lampiran). Berikut disajikan perhitungan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dengan berdasarkan asumsi-asumsi.

1. Tambahan biaya penerangan malam akibat lembur

a. Data-data yang dibutuhkan :

1) Lampu Sorot 250 – 400 Watt Philco

Jumlah = 6 buah

Harga = Rp1.100.000

2) Kabel Suprime (NYM 2 x 2,5)

Panjang = 150 m

Harga per 50 m = Rp328.000

3) Steker Neegee 13310 (Broco)

Jumlah = 4 buah

Harga = Rp9.000

4) Stop Kontak 4 Lubang Standard 15340 (Broco)

Harga = Rp40.000

5) Biaya Pasang Per titik

Harga = Rp70.000

6) Biaya Listrik Per Kwh Selama Masa Lembur

Spesifikasi = 400 Watt

= 0,4

Jumlah Lampu = 6 buah

Harga PerKwh = Rp1.467 (sumber pln.co.id Maret 2019)

Durasi Percepatan = 28 hari

Lembur per hari = 5 jam (17.00 – 22.30)

b. Perhitungan penambahan biaya

- 1) Biaya Lampu Sorot = Harga Lampu Sorot x Jumlah Lampu
= Rp1.100.000 x 6 buah
= Rp6.600.000
- 2) Biaya Kabel 150 m = 3 x Rp328.000
= Rp984.000
- 3) Biaya Steker = Harga Steker x Jumlah Saklar
= Rp9.000 x 4 buah
= Rp36.000
- 4) Biaya Stop Kontak = Rp40.000
- 5) Biaya Pasang = Jumlah Lampu x Harga Pasang Per titik
= 6 buah x Rp70.000
= Rp420.000
- 6) Biaya Listrik Selama Masa Lembur
Biaya Listrik = Harga Per Kwh x Spesifikasi Pemakaian
Listrik x Jam Lembur x Jumlah Lampu x
Durasi Percepatan
= Rp1.467 x 0,4 x 4 x 6 x 28
= Rp394.329,60

c. Total biaya untuk penerangan malam akibat lembur

- 1) Biaya Lampu Sorot = Rp6.600.000
 - 2) Biaya Kabel 150 m = Rp984.000
 - 3) Biaya Steker = Rp36.000
 - 4) Biaya Stop Kontak = Rp40.000
 - 5) Biaya Pasang = Rp420.000
 - 6) Biaya Listrik = Rp394.329,60 +
- Total Biaya = Rp8.474.329,60

2. Tambahan biaya bagian manajemen akibat adanya lembur

a. Data-data yang dibutuhkan :

- 1) Jaga Malam = 2 orang/hari (wawancara dengan pelaksana)
- 2) Upah lembur/jam = Rp20.000
- 3) Lembur = 4 jam/hari
- 4) Durasi percepatan = 28 hari

b. Perhitungan Biaya

- Biaya lembur/hari = Rp20.000 x 4
= Rp80.000 upah/hari
- Total Biaya = Rp4.480.000

Tabel 5.11 Penambahan Biaya Akibat adanya Penambahan Jam Kerja (lembur)

No.	Uraian	Biaya
1	Tambahan biaya penerangan malam akibat lembur	Rp8.474.329,60
2	Tambahan biaya bagian manajemen akibat adanya lembur	Rp4.480.000,00
Total biaya akibat adanya penambahan jam kerja (lembur)		Rp12.954.329,60

(Sumber: Hasil analisis Biaya akibat adanya Lembur, 2019)

5.4.2.4. Total Biaya Penambahan Akibat Percepatan Proyek Dengan Menambah jam Kerja (lembur)

Dari hasil perhitungan biaya akibat adanya penambahan jam kerja (lembur) selama 5 jam (Tabel 5.10) dan biaya untuk penerangan dan manajemen selama lembur (Tabel 5.11) , maka didapatkan nilai biaya total percepatan proyek dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam ditunjukkan pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 5 jam

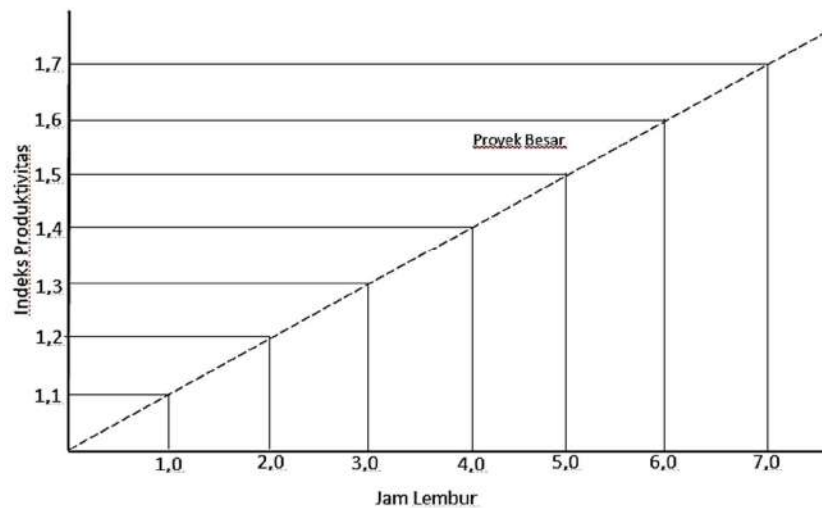
No.	Uraian	Biaya
1	Biaya Percepatan Upah Alat dan Tenaga	Rp16.606.237,91
2	Biaya Penerangan Malam Hari dan Manajemen Proyek	Rp12.954.329,60
Total Biaya Langsung Penambahan Akibat Lembur		Rp29.560.567,51

(Sumber: Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 4 jam, 2019)

5.4.3. Tambah Jam Kerja (Lembur) Selama 5 Jam

5.4.3.1. Durasi *Crash* Kegiatan (Dc)

Dalam perhitungan percepatan dengan menambah jam kerja (lembur) selama 5 jam akan terjadi penurunan efisiensi kerja dengan **asumsi** nilai indeks produktifitas adalah **1,5** seperti pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Grafik indikasi Penurunan Produktivitas karena penambahan jam kerja Lembur (Soeharto, 1995)

Gambar 5.3 menunjukkan adanya indikasi penurunan produktivitas apabila penambahan jumlah jam kerja. Contoh perhitungan penurunan produktivitas pada

pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air (sumber: Lampiran), sebagai berikut:

$$\text{Volume Pekerjaan} = 688,49 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah alat} = 1 \text{ unit excavator}$$

$$\text{Durasi normal} = 35 \text{ hari}$$

$$\text{Jam kerja normal perhari} = 7 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas perhari} &= \frac{688,49 \text{ m}^3}{35 \text{ hari}} \\ &= 19,67 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas per alat} &= \frac{19,67 \text{ m}^3/\text{hari}}{1 \text{ unit}} \\ &= 19,67 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal perjam} &= \frac{19,67 \text{ m}^3/\text{hari}}{7 \text{ jam}} \\ &= 2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

1. Produktivitas normal 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal 5 jam} &= 2,81 \times 5 \\ &= 14,05 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

2. Produktivitas lembur 5 jam

$$\text{Produktivitas normal perjam} = 2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 1} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.1} \\ &= 2,55 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 2} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.2} \\ &= 2,34 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 3} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.3} \\ &= 2,16 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 4} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam}/\text{unit}}{1.4} \\ &= 2,01 \text{ m}^3/\text{jam}/\text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 5} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam}/\text{unit}}{1.5} \\ &= 1,87 \text{ m}^3/\text{jam}/\text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur 5 jam} &= \text{lembur jam ke 1} + \text{lembur jam ke 2} + \\ &\quad \text{lembur jam ke 3} + \text{lembur jam ke 4} + \\ &\quad \text{lembur jam ke 5} \\ &= 2,55 + 2,34 + 2,16 + 2,01 + 1,87 \\ &= 10,94 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Efektifitas alat} &= \frac{\text{produktivitas lembur 5 jam}}{\text{produktivitas normal 5 jam}} \times 100 \\ &= \frac{10,94}{14,05} \times 100 \\ &= 77,85 \% \\ 4. \text{ Penurunan produktivitas} &= 22,15 \% \end{aligned}$$

Penurunan produktivitas pada penamabahan jam kerja (lembur) ini dipengaruhi oleh faktor kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari, dan keadaan cuaca yang dingin pada malam hari. Perhitungan durasi *crash* dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 5 jam perhari pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Durasi } \textit{Crash} \text{ (Dc)} &= \frac{(Dn \times h)}{(h + (h_0 \times e))} \\ &= \frac{(35 \times 7)}{(7 + (5 \times 0,7785))} \\ &= 22,49 \text{ hari} \approx \mathbf{23 \text{ hari}} \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan di atas, didapatkan durasi *crash* maksimum dari pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air adalah 23 hari atau dapat dipercepat selama 12 hari dari durasi normal yaitu 35 hari. Dengan cara perhitungan

yang sama, untuk hasil perhitungan durasi *crash* proyek dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 5 jam pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur lintasan kritis dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5. 13 Durasi *crash* masing-masing pekerjaan pada penambahan jam kerja (lembur)

No.	Kode Pek.	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)		di = Dn - Dc
			Normal (Dn)	<i>Crash</i> (Dc)	
1	GSDSA	Galian untuk Selokan dan Drainase Saluran Air	35	23	12
2	TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	20	13	7
3	PBJ	Penyiapan Badan Jalan	49	32	12
4	LPAGB	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	35	23	12
5	LP	Lapis Pondasi Drainase	35	23	12
6	PBS	Perkerasan Beton semen	35	23	12
7	LPWBK	Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus	35	23	12
8	MT	Marka Jalan Termoplastik	35	23	12

(Sumber: Hasil analisis jaringan kerja PDM, 2019)

5.4.3.2. Biaya Crash (Cc) Akibat Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Dalam kondisi normal pekerjaan dikerjakan selama 7 jam perhari yaitu dari jam 08.00 – 16.00 dengan istirahat selama 1 jam, sedangkan penambahan jam kerja (lembur) dilakukan setelah jam kerja normal selesai dengan istirahat selama setengah jam yaitu pada jam 16.00 – 21.30. Sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 bahwa perhitungan upah penambahan kerja bervariasi, yaitu pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam kerja

berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal (**Lampiran**).

Contoh perhitungan biaya *crash* (Cc) akibat penambahan jam kerja (lembur) pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air (Lampiran) sebagai berikut:

Biaya Normal (Cn) = Rp52.066.373,21

Durasi Normal (Dn) = 35 hari

Durasi *Crash* (Dc) = 23 hari

Biaya *Crash* (Cc)

1. Upah normal perjam

- a. Pekerja = Rp14.429,17
- b. Mandor = Rp19.686,31
- c. Excavator = Rp511.764,43
- d. Dump Truck = Rp304.290,81
- e. Operator = Rp18.129,17
- f. Pembantu Operator = Rp15.400,60
- g. Sopir = Rp18.129,17
- h. Pembantu Sopir = Rp15.400,60

2. Upah lembur jam ke 1

- a. Pekerja = Rp14.429,17 x 1,5
= Rp21.643,75
- b. Mandor = Rp19.686,31 x 1,5
= Rp29.529,46
- c. Excavator = Rp511.764,43 + 0,5 x (Rp18.129,17 + Rp15.400,60)
= Rp528.529,31
- d. Dump Truck = Rp304.290,15 + 0,5 x (Rp18.129,17 + Rp15.400,60)
= Rp321.055,69

3. Upah lembur jam ke 5

$$\begin{aligned} \text{a. Pekerja} &= \text{Rp}21.643,75 + (2 \times 4 \times \text{Rp}14.429,17) \\ &= \text{Rp}137.077,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Mandor} &= \text{Rp}29.529,46 + (2 \times 4 \times \text{Rp}19.686,31) \\ &= \text{Rp}187.019,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Excavator} &= \text{Rp}2.676.176,32 + 1 \times (\text{Rp}18.129,17 + \text{Rp}15.400,60) \\ &= \text{Rp}2.709.706,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Dump Truck} &= \text{Rp}1.638.808,21 + 1 \times (\text{Rp}18.129,17 + \text{Rp}15.400,60) \\ &= \text{Rp}1.672.337,97 \end{aligned}$$

4. Total biaya (*cost*) per hari (upah harian + upah lembur jam ke 1 + upah lembur jam ke 5)

$$\text{a. Pekerja} = \text{Rp}238.081,25$$

$$\text{b. Mandor} = \text{Rp}324.824,11$$

$$\text{c. Excavator} = \text{Rp}6.292.057,09$$

$$\text{d. Dump Truck} = \text{Rp}3.802.373,62$$

5. Biaya *cost on time* (jumlah alat dan tenaga x total *cost* perhari)

$$\begin{aligned} \text{a. Pekerja} &= 0,43 \text{ orang} \times \text{Rp}238.081,25 \\ &= \text{Rp}102.034,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Mandor} &= 0,14 \text{ orang} \times \text{Rp}324.824,11 \\ &= \text{Rp}46.403,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Excavator} &= 0,14 \text{ orang} \times \text{Rp}6.292.057,09 \\ &= \text{Rp}898.865,30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Dump Truck} &= 0,43 \text{ orang} \times \text{Rp}3.802.373,62 \\ &= \text{Rp}1.629.588,70 \\ &\quad + \\ &\quad \text{Rp}2.676.892,26 \end{aligned}$$

6. Total biaya alat dan tenaga akibat penambahan jam kerja (lembur)

$$= \Sigma \text{Biaya cost on time} \times \text{Durasi crash}$$

$$= \text{Rp}2.676.892,26 \times 23$$

$$= \text{Rp}61.568.521,96$$

7. Total biaya penambahan jam kerja (lembur)

$$= \text{Total biaya alat dan tenaga akibat penambahan jam kerja} + \text{Biaya Bahan}$$

$$= \text{Rp}61.568.521,96 + \text{Rp}0$$

$$= \text{Rp}61.568.521,96$$

Setelah didapatkan biaya *crash* (C_c) maka dapat dihitung *cost slope* pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Cost slope (Rp/jam)} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \\ &= \frac{\text{Rp}61.568.521,96 - \text{Rp}52.066.373,21}{35 - 23} \\ &= \text{Rp}791.845,73 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya upah alat dan tenaga (*resource*) akibat dari percepatan (*crashing*) proyek menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 5 jam perhari pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya berdasarkan nilai *slope* terkecil dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Tabel Perhitungan *Slope* dan Biaya *Crashing* Penambahan Jam kerja (lembur) selama 5 jam

Kode Pek.	Kegiatan	Durasi <i>Crash</i> (a)	Durasi Normal (b)	<i>Duration Variance</i> (c) = (b) – (a)	Biaya Normal (d)	Biaya <i>Crash</i> (e)	<i>Cost Variance</i> (f) = (e) – (d)	<i>Slope</i> (Rp) (g) = (f)/(c)
PBJ	Penyiapan Badan Jalan	32	49	17	58.959.838,85	70.463.459,24	11.503.620,39	676.683,55
GSDSA	Galian untuk selokan dan drainase saluran air	23	35	12	52.066.373,21	61.568.521,96	9.502.148,75	791.845,73
TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	13	20	7	67.889.623,37	75.642.853,89	7.753.230,53	1.107.604,36
MT	Marka Jalan Termoplastik	23	35	12	124.783.434,81	140.065.899,49	15.282.464,68	1.273.538,72
LPAGB	Lapis Pondasi agregat kelas B	23	35	12	317.155.998,80	332.489.853,80	15.333.855,00	1.277.821,25
LP	Lapis Fondasi Drainase	23	35	12	1.273.989.683,40	1.302.099.359,09	28.109.675,69	2.342.472,97
LPWBK	Lapis pondasi bawah beton kurus	23	35	12	1.522.930.409,48	1.571.364.978,09	48.434.568,61	4.036.214,05
PBS	Perkerasan beton semen	23	35	12	6.802.860.355,48	6.924.821.666,30	121.961.310,82	10.163.442,57
Total								21.669.623,21

(Sumber: Hasil analisis Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 5 jam, 2019)

5.4.3.3. Penambahan Biaya Akibat Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Perhitungan biaya ini dilakukan dikarenakan percepatan durasi (crashing) proyek ini menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 5 jam yaitu mulai pukul 16.00 – 21.30. Perhitungan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dilakukan dengan durasi percepatan yang didapat yaitu selama 31 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 104 hari (Lampiran). Berikut disajikan perhitungan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dengan berdasarkan asumsi-asumsi.

1. Tambahan biaya penerangan malam akibat lembur

a. Data-data yang dibutuhkan :

1) Lampu Sorot 250 – 400 Watt Philco

Jumlah = 6 buah

Harga = Rp1.100.000

2) Kabel Suprime (NYM 2 x 2,5)

Panjang = 150 m

Harga per 50 m = Rp328.000

3) Steker Neegee 13310 (Broco)

Jumlah = 4 buah

Harga = Rp9.000

4) Stop Kontak 4 Lubang Standard 15340 (Broco)

Harga = Rp40.000

5) Biaya Pasang Per titik

Harga = Rp70.000

6) Biaya Listrik Per Kwh Selama Masa Lembur

Spesifikasi = 400 Watt

= 0,4

Jumlah Lampu = 6 buah

Harga PerKwh = Rp1.467 (sumber pln.co.id Maret 2019)

Durasi Percepatan = 31 hari

Lembur per hari = 6 jam (17.00 – 23.30)

b. Perhitungan penambahan biaya

- 1) Biaya Lampu Sorot = Harga Lampu Sorot x Jumlah Lampu
= Rp1.100.000 x 6 buah
= Rp6.600.000
- 2) Biaya Kabel 150 m = 3 x Rp328.000
= Rp984.000
- 3) Biaya Steker = Harga Steker x Jumlah Saklar
= Rp9.000 x 4 buah
= Rp36.000
- 4) Biaya Stop Kontak = Rp40.000
- 5) Biaya Pasang = Jumlah Lampu x Harga Pasang Per titik
= 6 buah x Rp70.000
= Rp420.000
- 6) Biaya Listrik Selama Masa Lembur
Biaya Listrik = Harga Per Kwh x Spesifikasi Pemakaian
Listrik x Jam Lembur x Jumlah Lampu x
Durasi Percepatan
= Rp1.467 x 0,4 x 5 x 6 x 31
= Rp545.724,00

c. Total biaya untuk penerangan malam akibat lembur

- 7) Biaya Lampu Sorot = Rp6.600.000
- 8) Biaya Kabel 150 m = Rp984.000
- 9) Biaya Steker = Rp36.000
- 10) Biaya Stop Kontak = Rp40.000
- 11) Biaya Pasang = Rp420.000
- 12) Biaya Listrik = Rp545.724,00 +
- Total Biaya = Rp8.625.724,00

2. Tambahan biaya bagian manajemen akibat adanya lembur

a. Data-data yang dibutuhkan :

- 1) Jaga Malam = 2 orang/hari (wawancara dengan pelaksana)
- 2) Upah lembur/jam = Rp20.000
- 3) Lembur = 5 jam/hari
- 4) Durasi percepatan = 31 hari

b. Perhitungan Biaya

- Biaya lembur/hari = Rp20.000 x 5
= Rp100.000 upah/hari
- Total Biaya = Rp6.200.000,00

Tabel 5.15 Penambahan Biaya Akibat adanya Penambahan Jam Kerja (lembur)

No.	Uraian	Biaya
1	Tambahan biaya penerangan malam akibat lembur	Rp8.625.724,00
2	Tambahan biaya bagian manajemen akibat adanya lembur	Rp6.200.000,00
Total biaya akibat adanya penambahan jam kerja (lembur)		Rp14.825.724,00

(Sumber: Hasil analisis Biaya akibat adanya Lembur, 2019)

5.4.3.4. Total Biaya Penambahan Akibat Percepatan Proyek Dengan Menambah jam Kerja (lembur)

Dari hasil perhitungan biaya akibat adanya penambahan jam kerja (lembur) selama 5 jam (Tabel 5.14) dan biaya untuk penerangan dan manajemen selama lembur (Tabel 5.15) , maka didapatkan nilai biaya total percepatan proyek dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 5 jam ditunjukkan pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 5 jam

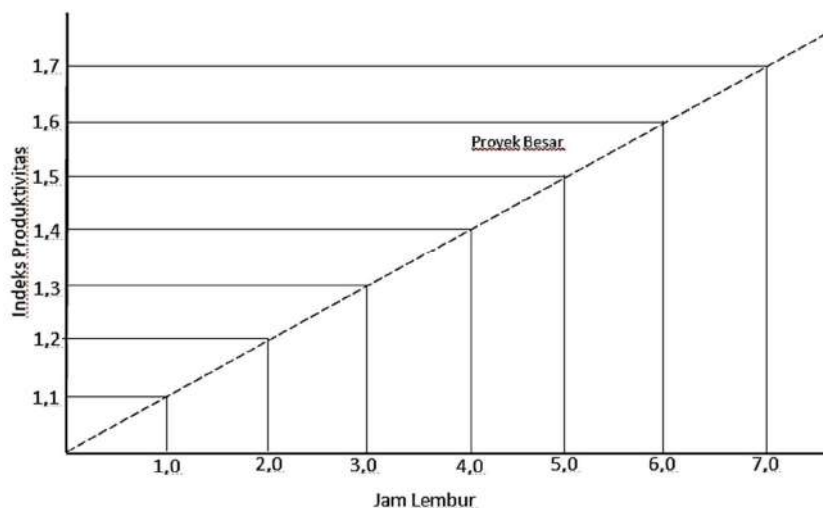
No.	Uraian	Biaya
1	Biaya Percepatan Upah Alat dan Tenaga	Rp21.669.623,21
2	Biaya Penerangan Malam Hari dan Manajemen Proyek	Rp14.825.724,00
Total Biaya Langsung Penambahan Akibat Lembur		Rp36.495.347,21

(Sumber: Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 5 jam, 2019)

5.4.4. Tambah Jam Kerja (Lembur) Selama 6 Jam

5.4.4.1. Durasi *Crash* Kegiatan (Dc)

Dalam perhitungan percepatan dengan menambah jam kerja (lembur) selama **6 jam** akan terjadi penurunan efisiensi kerja dengan **asumsi** nilai indeks produktifitas adalah **1,6** seperti pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Grafik indikasi Penurunan Produktivitas karena penambahan jam kerja Lembur (Soeharto, 1995)

Gambar 5.4 menunjukkan adanya indikasi penurunan produktivitas apabila penambahan jumlah jam kerja. Contoh perhitungan penurunan produktivitas pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air (sumber: Lampiran), sebagai berikut:

$$\text{Volume Pekerjaan} = 688,49 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah alat} = 1 \text{ unit excavator}$$

$$\text{Durasi normal} = 35 \text{ hari}$$

$$\text{Jam kerja normal perhari} = 7 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas perhari} &= \frac{688,49 \text{ m}^3}{35 \text{ hari}} \\ &= 19,67 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas per alat} &= \frac{19,67 \text{ m}^3/\text{hari}}{1 \text{ unit}} \\ &= 19,67 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal perjam} &= \frac{19,67 \text{ m}^3/\text{hari}}{7 \text{ jam}} \\ &= 2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

1. Produktivitas normal 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal 6 jam} &= 2,81 \times 6 \\ &= 16,86 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

2. Produktivitas lembur 5 jam

$$\text{Produktivitas normal perjam} = 2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 1} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.1} \\ &= 2,55 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 2} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.2} \\ &= 2,34 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\text{Produktivitas lembur jam ke - 3} = \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1.3}$$

$$= 2,16 \text{ m}^3/\text{jam/unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 4} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1,4} \\ &= 2,01 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 5} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1,5} \\ &= 1,87 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur jam ke - 6} &= \frac{2,81 \text{ m}^3/\text{jam/unit}}{1,5} \\ &= 1,76 \text{ m}^3/\text{jam/unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas lembur 6 jam} &= \text{lembur jam ke 1} + \text{lembur jam ke 2} + \\ &\quad \text{lembur jam ke 3} + \text{lembur jam ke 4} + \\ &\quad \text{lembur jam ke 5} + \text{lembur jam ke 6} \\ &= 2,55 + 2,34 + 2,16 + 2,01 + 1,87 + \\ &\quad 1,76 \\ &= 12,70 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Efektifitas alat} &= \frac{\text{produktivitas lembur 6 jam}}{\text{produktivitas normal 6 jam}} \times 100 \\ &= \frac{12,70}{16,86} \times 100 \\ &= 75,29 \% \end{aligned}$$

$$4. \text{ Penurunan produktivitas} = 24,71 \%$$

Penurunan produktivitas pada penambahan jam kerja (lembur) ini dipengaruhi oleh faktor kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari, dan keadaan cuaca yang dingin pada malam hari. Perhitungan durasi *crash* dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 6 jam perhari pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi } \textit{Crash} (Dc) &= \frac{(Dn \times h)}{(h+(ho \times e))} \\
 &= \frac{(35 \times 7)}{(7+(6 \times 0,7529))} \\
 &= 21,27 \text{ hari} \approx \mathbf{22 \text{ hari}}
 \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan di atas, didapatkan durasi *crash* maksimum dari pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air adalah 22 hari atau dapat dipercepat selama 13 hari dari durasi normal yaitu 35 hari. Dengan cara perhitungan yang sama, untuk hasil perhitungan durasi *crash* proyek dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 6 jam pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur lintasan kritis dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5. 17 Durasi *crash* masing-masing pekerjaan pada penambahan jam kerja (lembur)

No.	Kode Pek.	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)		di = Dn - Dc
			Normal (Dn)	<i>Crash</i> (Dc)	
1	GSDSA	Galian untuk Selokan dan Drainase Saluran Air	35	22	13
2	TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	20	13	7
3	PBJ	Penyiapan Badan Jalan	49	30	19
4	LPAGB	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	35	22	13
5	LP	Lapis Pondasi Drainase	35	22	13
6	PBS	Perkerasan Beton semen	35	22	13
7	LPWBK	Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus	35	22	13
8	MT	Marka Jalan Termoplastik	35	22	13

(Sumber: Hasil analisis jaringan kerja PDM, 2019)

5.4.4.2. Biaya Crash (Cc) Akibat Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Dalam kondisi normal pekerjaan dikerjakan selama 7 jam perhari yaitu dari jam 08.00 – 16.00 dengan istirahat selama 1 jam, sedangkan penambahan jam kerja

(lembur) dilakukan setelah jam kerja normal selesai dengan istirahat selama setengah jam yaitu pada jam 16.00 – 22.30. Sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 bahwa perhitungan upah penambahan kerja bervariasi, yaitu pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal (**Lampiran**).

Contoh perhitungan biaya *crash* (Cc) akibat penambahan jam kerja (lembur) pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air (**Lampiran**) sebagai berikut:

Biaya Normal (Cn) = Rp52.066.373,21

Durasi Normal (Dn) = 35 hari

Durasi *Crash* (Dc) = 22 hari

Biaya *Crash* (Cc)

1. Upah normal perjam
 - a. Pekerja = Rp14.429,17
 - b. Mandor = Rp19.686,31
 - c. Excavator = Rp511.764,43
 - d. Dump Truck = Rp304.290,81
 - e. Operator = Rp18.129,17
 - f. Pembantu Operator = Rp15.400,60
 - g. Sopir = Rp18.129,17
 - h. Pembantu Sopir = Rp15.400,60
2. Upah lembur jam ke 1
 - a. Pekerja = Rp14.429,17 x 1,5
= Rp21.643,75
 - b. Mandor = Rp19.686,31 x 1,5
= Rp29.529,46

$$\begin{aligned} \text{c. Excavator} &= \text{Rp}511.764,43 + 0,5 \times (\text{Rp}18.129,17 + \text{Rp}15.400,60) \\ &= \text{Rp}528.529,31 \\ \text{d. Dump Truck} &= \text{Rp}304.290,15 + 0,5 \times (\text{Rp}18.129,17 + \text{Rp}15.400,60) \\ &= \text{Rp}321.055,69 \end{aligned}$$

3. Upah lembur jam ke 6

$$\begin{aligned} \text{a. Pekerja} &= \text{Rp}21.643,75 + (2 \times 5 \times \text{Rp}14.429,17) \\ &= \text{Rp}165.935,42 \\ \text{b. Mandor} &= \text{Rp}29.529,46 + (2 \times 5 \times \text{Rp}19.686,31) \\ &= \text{Rp}226.392,56 \\ \text{c. Excavator} &= \text{Rp}3.221.470,51 + 1 \times (\text{Rp}18.129,17 + \text{Rp}15.400,60) \\ &= \text{Rp}3.255.000,27 \\ \text{d. Dump Truck} &= \text{Rp}1.976.628,78 + 1 \times (\text{Rp}18.129,17 + \text{Rp}15.400,60) \\ &= \text{Rp}2.010.158,54 \end{aligned}$$

4. Total biaya (*cost*) per hari (upah harian + upah lembur jam ke 1 + upah lembur jam ke 6)

$$\begin{aligned} \text{a. Pekerja} &= \text{Rp}266.939,58 \\ \text{b. Mandor} &= \text{Rp}364.196,73 \\ \text{c. Excavator} &= \text{Rp}6.837.351,28 \\ \text{d. Dump Truck} &= \text{Rp}4.140.194,19 \end{aligned}$$

5. Biaya *cost on time* (jumlah alat dan tenaga x total *cost* perhari)

$$\begin{aligned} \text{a. Pekerja} &= 0,43 \text{ orang} \times \text{Rp}266.939,58 \\ &= \text{Rp}114.402,68 \\ \text{b. Mandor} &= 0,14 \text{ orang} \times \text{Rp}364.196,73 \\ &= \text{Rp}52.028,10 \\ \text{c. Excavator} &= 0,14 \text{ orang} \times \text{Rp}6.837.351,28 \\ &= \text{Rp}976.764,47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Dump Truck} &= 0,43 \text{ orang} \times \text{Rp}4.140.194,19 \\
 &= \frac{\text{Rp}1.774.368,94}{\text{Rp}2.917.564,19} +
 \end{aligned}$$

6. Total biaya alat dan tenaga akibat penambahan jam kerja (lembur)
- $$\begin{aligned}
 &= \Sigma \text{Biaya } \textit{cost on time} \times \text{Durasi } \textit{crash} \\
 &= \text{Rp}2.917.564,19 \times 22 \\
 &= \text{Rp}64.186.412,20
 \end{aligned}$$
7. Total biaya penambahan jam kerja (lembur)
- $$\begin{aligned}
 &= \text{Total biaya alat dan tenaga akibat penambahan jam kerja} + \text{Biaya Bahan} \\
 &= \text{Rp}64.186.412,20 + \text{Rp}0 \\
 &= \text{Rp}64.186.412,20
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan biaya *crash* (Cc) maka dapat dihitung *cost slope* pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Cost slope (Rp/jam)} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \\
 &= \frac{\text{Rp}64.186.412,20 - \text{Rp}52.066.373,21}{35 - 22} \\
 &= \text{Rp}932.310,69
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya upah alat dan tenaga (*resource*) akibat dari percepatan (*crashing*) proyek menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 6 jam perhari pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya berdasarkan nilai *slope* terkecil dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut..

Tabel 5.18 Tabel Perhitungan *Slope* dan Biaya *Crashing* Penambahan Jam kerja (lembur) selama 6 jam

Kode Pek.	Kegiatan	Durasi Crash (a)	Durasi Normal (b)	Duration Variance (c) = (b) – (a)	Biaya Normal (d)	Biaya Crash (e)	Cost Variance (f) = (e) – (d)	<i>Slope</i> (Rp) (g) = (f)/(c)
PBJ	Penyiapan Badan Jalan	30	49	19	58.959.838,85	72.144.651,68	13.184.812,83	693.937,52
GSDSA	Galian untuk selokan dan drainase saluran air	22	35	13	52.066.373,21	64.186.412,20	12.120.038,99	932.310,69
MT	Marka Jalan Termoplastik	22	35	13	124.783.434,81	144.105.752,89	19.322.318,09	1.486.332,16
LPAGB	Lapis Pondasi agregat kelas B	22	35	13	317.155.998,80	337.086.255,77	19.930.256,97	1.533.096,69
TBSSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	13	20	7	67.889.623,37	80.745.835,98	12.856.212,61	1.836.601,80
LP	Lapis Fondasi Drainase	22	35	13	1.273.989.683,40	1.310.522.272,63	36.532.589,23	2.810.199,17
LPWBK	Lapis pondasi bawah beton kurus	22	35	13	1.522.930.409,48	1.584.254.597,05	61.324.187,57	4.717.245,20
PBS	Perkerasan beton semen	22	35	13	6.802.860.355,48	6.956.488.642,74	153.628.287,25	11.817.560,56
Total							25.827.283,79	

(Sumber: Hasil analisis Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 6 jam, 2019)

5.4.4.3. Penambahan Biaya Akibat Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Perhitungan biaya ini dilakukan dikarenakan percepatan durasi (crashing) proyek ini menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 6 jam yaitu mulai pukul 16.00 – 22.30. Perhitungan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dilakukan dengan durasi percepatan yang didapat yaitu selama 33 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 102 hari (Lampiran). Berikut disajikan perhitungan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dengan berdasarkan asumsi-asumsi.

1. Tambahan biaya penerangan malam akibat lembur

a. Data-data yang dibutuhkan :

1) Lampu Sorot 250 – 400 Watt Philco

Jumlah = 6 buah

Harga = Rp1.100.000

2) Kabel Suprime (NYM 2 x 2,5)

Panjang = 150 m

Harga per 50 m = Rp328.000

3) Steker Neegee 13310 (Broco)

Jumlah = 4 buah

Harga = Rp9.000

4) Stop Kontak 4 Lubang Standard 15340 (Broco)

Harga = Rp40.000

5) Biaya Pasang Per titik

Harga = Rp70.000

6) Biaya Listrik Per Kwh Selama Masa Lembur

Spesifikasi = 400 Watt

= 0,4

Jumlah Lampu = 6 buah

Harga PerKwh = Rp1.467 (sumber pln.co.id Maret 2019)

Durasi Percepatan = 33 hari

Lembur per hari = 7 jam (16.00 – 22.30)

b. Perhitungan penambahan biaya

- 1) Biaya Lampu Sorot = Harga Lampu Sorot x Jumlah Lampu
= Rp1.100.000 x 6 buah
= Rp6.600.000
- 2) Biaya Kabel 150 m = 3 x Rp328.000
= Rp984.000
- 3) Biaya Steker = Harga Steker x Jumlah Saklar
= Rp9.000 x 4 buah
= Rp36.000
- 4) Biaya Stop Kontak = Rp40.000
- 5) Biaya Pasang = Jumlah Lampu x Harga Pasang Per titik
= 6 buah x Rp70.000
= Rp420.000
- 6) Biaya Listrik Selama Masa Lembur
Biaya Listrik = Harga Per Kwh x Spesifikasi Pemakaian
Listrik x Jam Lembur x Jumlah Lampu x
Durasi Percepatan
= Rp1.467 x 0,4 x 6 x 6 x 33
= Rp697.118,40

c. Total biaya untuk penerangan malam akibat lembur

- 13) Biaya Lampu Sorot = Rp6.600.000
- 14) Biaya Kabel 150 m = Rp984.000
- 15) Biaya Steker = Rp36.000
- 16) Biaya Stop Kontak = Rp40.000
- 17) Biaya Pasang = Rp420.000
- 18) Biaya Listrik = Rp697.118,40 +
- Total Biaya = Rp8.777.118,40

2. Tambahan biaya bagian manajemen akibat adanya lembur

c. Data-data yang dibutuhkan :

5) Jaga Malam = 2 orang/hari (wawancara dengan pelaksana)

6) Upah lembur/jam = Rp20.000

7) Lembur = 6 jam/hari

8) Durasi percepatan = 33 hari

d. Perhitungan Biaya

Biaya lembur/hari = Rp20.000 x 6

= Rp120.000 upah/hari

Total Biaya = Rp7.920.000,00

Tabel 5.19 Penambahan Biaya Akibat adanya Penambahan Jam Kerja (lembur)

No.	Uraian	Biaya
1	Tambahan biaya penerangan malam akibat lembur	Rp8.777.118,40
2	Tambahan biaya bagian manajemen akibat adanya lembur	Rp7.920.000,00
Total biaya akibat adanya penambahan jam kerja (lembur)		Rp16.697.118,40

(Sumber: Hasil analisis Biaya akibat adanya Lembur, 2019)

5.4.4.4. Total Biaya Penambahan Akibat Percepatan Proyek Dengan Menambah jam Kerja (lembur)

Dari hasil perhitungan biaya akibat adanya penambahan jam kerja (lembur) selama 6 jam (Tabel 5.18) dan biaya untuk penerangan dan manajemen selama lembur (Tabel 5.19) , maka didapatkan nilai biaya total percepatan proyek dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 6 jam ditunjukkan pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 6 jam

No.	Uraian	Biaya
1	Biaya Percepatan Upah Alat dan Tenaga	Rp25.827.283,79
2	Biaya Penerangan Malam Hari dan Manajemen Proyek	Rp16.697.118,40
Total Biaya Langsung Penambahan Akibat Lembur		Rp42.524.402,19

(Sumber: Hasil Total Biaya Langsung Akibat Penambahan Jam Kerja (lembur) selama 6 jam, 2019)

5.4.5. Analisis Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung Akibat Crashing dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Pada perhitungan *crashing* dengan penambahan jam kerja (lembur) terjadi biaya upah tambahan tersebut yang akan berpengaruh pada biaya langsung (*direct cost*) sehingga biaya yang dikeluarkan akan semakin banyak. Dalam perhitungan biaya langsung dan biaya tidak langsung akibat *Crashing* dengan penambahan jam kerja (lembur) dibutuhkan data rencana anggaran biaya dari pekerjaan pada kondisi normal. Pada perhitungan biaya proyek pada saat kondisi normal (**Lampiran**) didapatkan data biaya Proyek yaitu:

1. Biaya langsung adalah biaya yang secara langsung berkaitan dengan pekerjaan yaitu sebesar **Rp10.729.416.625,88**
2. Biaya tidak langsung adalah biaya *overhead* yang dikeluarkan secara tidak langsung seperti biaya listrik, biaya operasional, dan lain-lain.

$$\text{Overhead perbulan} = \text{Rp}31.000.000 \text{ (data proyek)}$$

$$\text{Overhead perhari} = \frac{\text{Overhead perbulan}}{30}$$

$$= \frac{\text{Rp}31.000.000}{30}$$

$$= \text{Rp}1.033.333,33$$

$$\text{Overhead durasi normal} = \text{Overhead perhari} \times \text{durasi normal}$$

$$= \text{Rp}1.033.333,33 \times 135$$

$$= \text{Rp}139.500.000,00$$

3. Biaya total = biaya langsung + biaya tidak langsung

Total biaya pekerjaan kondisi normal

$$= \text{Rp}10.729.416.625,88 + \text{Rp}139.500.000$$

$$= \text{Rp}10.868.916.625,88$$

Setelah didapatkan data biaya langsung dan biaya tidak langsung pada kondisi normal maka biaya langsung dan biaya tidak langsung pada kondisi *crashing* akibat penambahan jam kerja (lembur) dapat dihitung sebagai berikut:

1. Menentukan biaya langsung (*direct cost*) *crashing* dengan lembur

a. Biaya langsung (*direct cost*) Lembur selama 3 Jam

= biaya langsung + biaya langsung akibat penambahan jam kerja (lembur)

$$= \text{Rp}10.729.416.625,88 + \text{Rp}26.613.610,09$$

$$= \text{Rp}10.756.030.235,97$$

b. Biaya langsung (*direct cost*) Lembur selama 4 Jam

= biaya langsung + biaya langsung akibat penambahan jam kerja (lembur)

$$= \text{Rp}10.729.416.625,88 + \text{Rp}29.560.567,51$$

$$= \text{Rp}10.758.977.193,40$$

c. Biaya langsung (*direct cost*) Lembur selama 5 Jam

= biaya langsung + biaya langsung akibat penambahan jam kerja (lembur)

$$= \text{Rp}10.729.416.625,88 + \text{Rp}36.495.347,21$$

$$= \text{Rp}10.765.911.973,09$$

d. Biaya langsung (*direct cost*) Lembur selama 6 Jam

= biaya langsung + biaya langsung akibat penambahan jam kerja (lembur)

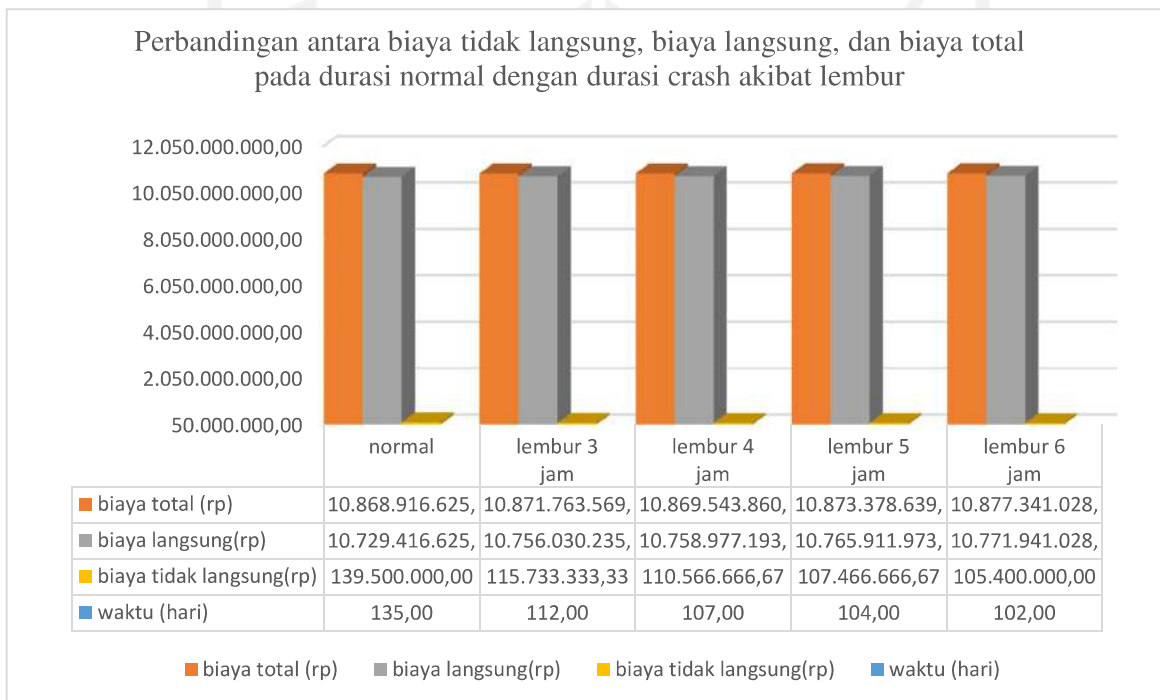
$$= \text{Rp}10.729.416.625,88 + \text{Rp}42.524.402,19$$

$$= \text{Rp}10.771.941.028,07$$

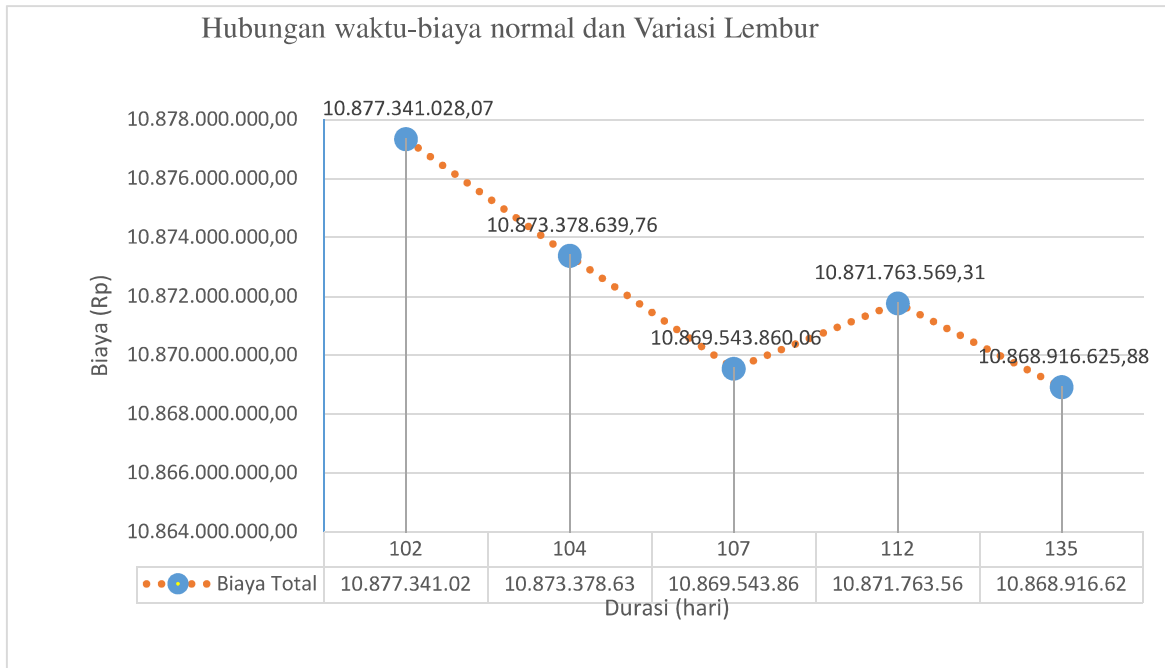
2. Menentukan biaya tidak langsung (*indirect cost*) *crashing* dengan lembur
 - a. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) Lembur selama 3 Jam
 - = Durasi *crash* x *overhead* perhari
 - = 112 x Rp1.033.333,33
 - = **Rp115.733.333,33**
 - b. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) Lembur selama 4 Jam
 - = Durasi *crash* x *overhead* perhari
 - = 107 x Rp1.033.333,33
 - = **Rp110.566.666,67**
 - c. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) Lembur selama 5 Jam
 - = Durasi *crash* x *overhead* perhari
 - = 104 x Rp1.033.333,33
 - = **Rp107.466.666,67**
 - d. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) Lembur selama 6 Jam
 - = Durasi *crash* x *overhead* perhari
 - = 102 x Rp1.033.333,33
 - = **Rp105.400.000,00**
3. Menentukan total biaya proyek setelah *crashing* dengan lembur
 - a. Total biaya pekerjaan kondisi *crashing* dengan Lembur selama 3 Jam
 - = Rp10.756.030.235,97+ Rp115.733.333,33
 - = **Rp10.871.763.569,31**
 - b. Total biaya pekerjaan kondisi *crashing* dengan Lembur selama 4 Jam
 - = Rp10.758.977.193,40+ Rp110.566.666,67
 - = **Rp10.869.543.860,06**
 - c. Total biaya pekerjaan kondisi *crashing* dengan Lembur selama 5 Jam
 - = Rp10.765.911.973,09+ Rp107.466.666,67
 - = **Rp10.873.378.639,76**
 - d. Total biaya pekerjaan kondisi *crashing* dengan Lembur selama 6 Jam
 - = Rp10.771.941.028,07.+ Rp105.400.000,00
 - = **Rp10.877.341.028,07**

Tabel 5.21 Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal terhadap durasi *crash* dengan Lembur

Kondisi	Durasi	Biaya Total (Rp)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)
		(a) = (b) + (c)	(b)	(c)
Normal	135	10.868.916.625,88	10.729.416.625,88	139.500.000,00
Lembur 3 Jam	112	10.871.763.569,31	10.756.030.235,97	115.733.333,33
Lembur 4 Jam	107	10.869.543.860,06	10.758.977.193,40	110.566.666,67
Lembur 5 Jam	104	10.873.378.639,76	10.765.911.973,09	107.466.666,67
Lembur 6 Jam	102	10.877.341.028,07	10.771.941.028,07	105.400.000,00



Gambar 5.5 Grafik Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi *crash* akibat lembur



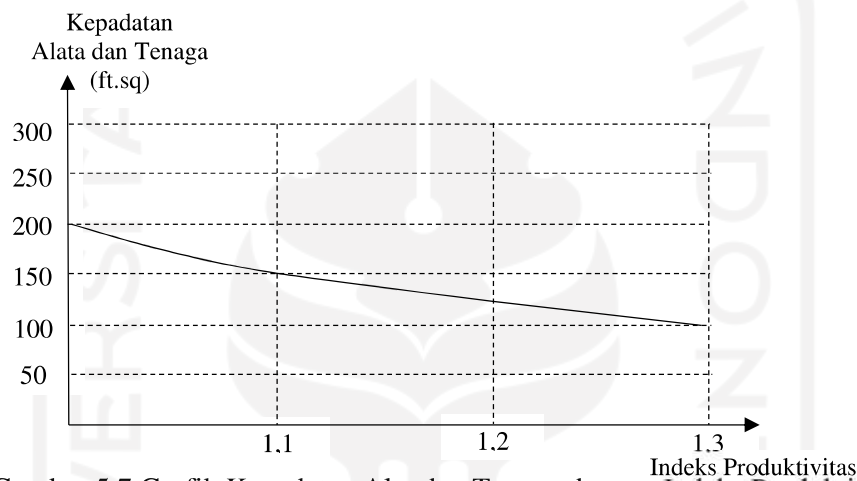
Gambar 5.6 Grafik Hubungan waktu-biaya normal dan *crash* dengan Variasi Lembur

5.5. ANALISIS PERCEPATAN PROYEK DENGAN TAMBAH ALAT DAN TENAGA

5.5.1. Tambah Alat dan Tenaga Sebesar 25%

5.5.1.1. Durasi Crash Kegiatan (Dc)

Dalam perhitungan percepatan dengan menambah alat dan tenaga angka indeks produktivitas akan menurun apabila terjadi kepadatan area kerja yang ditunjukkan seperti pada Gambar 5.7 berikut :



Gambar 5.7 Grafik Kepadatan Alat dan Tenaga dengan Indeks Produktivitas

(sumber : Iman Soeharto, 1995)

Pada penelitian ini, karena lingkup pekerjaan adalah pembangunan jalan yang tidak terbatas oleh ruang jadi tidak berlaku terhadap kepadatan alat dan tenaga.

Pada analisis penambahan alat dan tenaga dilakukan penambahan sebesar 25% dari kebutuhan alat dan tenaga normal sebagai contoh perhitungan pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air (Lampiran) sebagai berikut:

Tabel 5.22 Penambahan Alat dan Tenaga untuk pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air

Alat dan Tenaga	Alat dan Tenaga Normal (unit/orang)	Alat dan Tenaga Penambahan 25% (unit/orang)
	Tn	Tc
Pekerja	3	1
Excavator	1	1
Dump Truck	3	1
TOTAL	7	3

(Sumber: Hasil Analisis Penambahan Alat dan Tenaga, 2019)

a. Produktivitas

$$\text{Produktivitas normal (Pn)} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} = \frac{688,49}{35} = 19,67 \text{ m}^3/\text{unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas } \textit{crashing} &= \frac{\text{Pn} \times (\text{Total Tn} + \text{Total Tc})}{\text{Total Tn}} \\ &= \frac{19,67 \times (7+3)}{7} = 28,10 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

b. *Crash duration* (Durasi Percepatan)

$$\begin{aligned} \text{Crash duration (Cd)} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas } \textit{Crashing}} \\ &= \frac{688,49}{28,10} = 25 \text{ hari} \end{aligned}$$

c. *Crash Cost* (Biaya Percepatan)

Biaya penambahan alat dan tenaga

Pekerja	= 4 orang x Rp14.429,17	= Rp57.716,67
Mandor	= 1 orang x Rp19.686,31	= Rp19.686,31
Excavator	= 2 orang x Rp511.764,43	= Rp1.023.528,86
Dump Truck	= 4 orang x Rp304.290,81	= Rp1.217.163,23
		+ Rp2.318.095,07

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya total} &= (\text{crash cost} \times \text{Durasi crash}) + \text{biaya bahan} \\
 &= (\text{Rp}2.318.095,07 \times 25) + \text{Rp}0,00 \\
 &= \text{Rp}57.952.376,69
 \end{aligned}$$

d. *Cost Slope*

$$\begin{aligned}
 \text{Cost slope (Rp/jam)} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \\
 &= \frac{\text{Rp}57.952.376,69 - \text{Rp}52.066.373,21}{35 - 25} \\
 &= \text{Rp}588.600,35
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya upah alat dan tenaga (*resource*) akibat dari percepatan (*crashing*) proyek menggunakan alternatif penambahan alat dan tenaga perhari pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.23 sebagai berikut.

Tabel 5.23 Tabel Perhitungan *Slope* dan Biaya *Crashing* Penambahan Alat dan Tenaga sebesar 25%

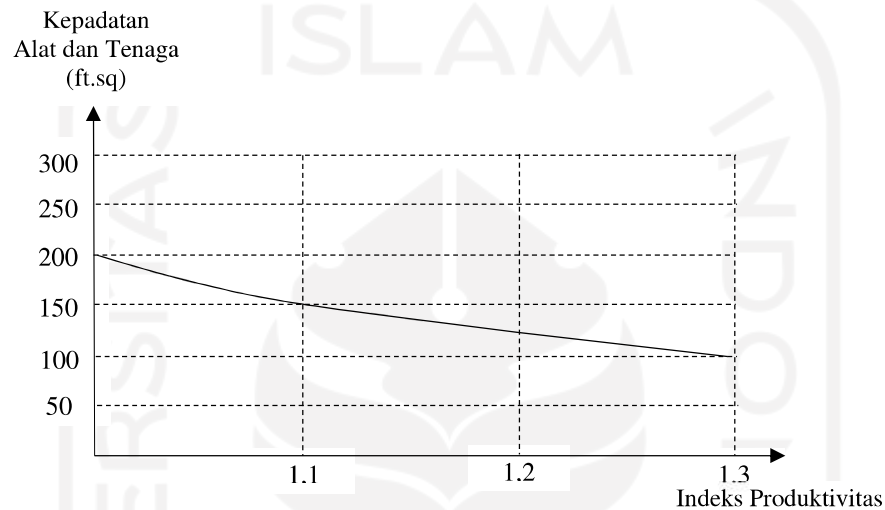
Kode Pek.	Kegiatan	Durasi <i>Crash</i> (a)	Durasi Normal (b)	<i>Duration Variance</i> (c) = (b) – (a)	Biaya Normal (d)	Biaya <i>Crash</i> (e)	<i>Cost Variance</i> (f) = (e) – (d)	<i>Slope</i> (g) = (f)/(c)
LPAGB	Lapis Pondasi agregat kelas B	20,000	35	15,00	317.155.998,80	319.095.956,63	1.939.957,84	129.330,52
TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	11,000	20	9,00	67.889.623,37	69.338.215,81	1.448.592,45	160.954,72
GSDSA	Galian untuk selokan dan drainase saluran air	25,000	35	10,00	52.066.373,21	57.952.376,69	5.886.003,48	588.600,35
MT	Marka Jalan Termoplastik	27,000	35	8,00	124.783.434,81	129.807.096,52	5.023.661,72	627.957,71
LP	Lapis Fondasi Drainase	25,000	35	10,00	1.273.989.683,40	1.285.358.544,18	11.368.860,78	1.136.886,08
PBJ	Penyiapan Badan Jalan	34,000	49	15,00	58.959.838,85	78.208.932,66	19.249.093,81	1.283.272,92
PBS	Perkerasan beton semen	28,000	35	7,00	6.802.860.355,48	6.825.743.195,16	22.882.839,68	3.268.977,10
LPWBK	Lapis pondasi bawah beton kurus	27,000	35	8,00	1.522.930.409,48	1.550.751.997,44	27.821.587,96	3.477.698,49
Total								10.673.677,89

(Sumber: Hasil analisis Penambahan Alat dan Tenaga sebesar 25%, 2019)

5.5.2. Tambah Alat dan Tenaga Sebesar 50%

5.5.2.1. Durasi Crash Kegiatan (Dc)

Dalam perhitungan percepatan dengan menambah alat dan tenaga angka produktivitas akan menurun apabila terjadi kepadatan area kerja yang ditunjukkan seperti pada Gambar 5.8 berikut :



Gambar 5.8 Grafik Kepadatan Alat dan Tenaga dengan Indeks Produktivitas

(sumber : Iman Soeharto, 1995)

Pada penelitian ini, karena lingkup pekerjaan adalah pembangunan jalan yang tidak terbatas oleh ruang jadi tidak berlaku terhadap kepadatan alat dan tenaga.

Pada analisis penambahan alat dan tenaga dilakukan penambahan sebesar 50% dari kebutuhan alat dan tenaga normal sebagai contoh perhitungan pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air (Lampiran) sebagai berikut:

Tabel 5.24 Penambahan Alat dan Tenaga untuk pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air

Alat dan Tenaga	Alat dan Tenaga Normal (unit/orang)	Alat dan Tenaga Penambahan 50% (unit/orang)
	Tn	Tc
Pekerja	3	2
Excavator	1	1
Dump Truck	3	2
TOTAL	7	5

(Sumber: Hasil Analisis Penambahan Alat dan Tenaga, 2019)

a. *Produktivitas*

$$\text{Produktivitas normal (Pn)} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} = \frac{688,49}{35} = 19,67 \text{ m}^3/\text{unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas } \textit{crashing} &= \frac{\text{Pn} \times (\text{Total Tn} + \text{Total Tc})}{\text{Total Tn}} \\ &= \frac{19,67 \times (7+5)}{7} = 33,72 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

b. *Crash duration* (Durasi Percepatan)

$$\begin{aligned} \text{Crash duration (Cd)} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas } \textit{Crashing}} \\ &= \frac{688,49}{33,72} = 21 \text{ hari} \end{aligned}$$

c. *Crash Cost* (Biaya Percepatan)

Biaya penambahan alat dan tenaga

Pekerja	= 5 orang x Rp14.429,17	= Rp72.145,83
Mandor	= 1 orang x Rp19.686,31	= Rp19.686,31
Excavator	= 2 orang x Rp511.764,43	= Rp1.023.528,86
Dump Truck	= 5 orang x Rp304.290,81	= Rp1.521.454,04
		+ Rp2.636.815,04

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya total} &= (\text{crash cost} \times \text{Durasi crash}) + \text{biaya bahan} \\
 &= (\text{Rp}2.636.815,04 \times 21) + \text{Rp}0 \\
 &= \text{Rp}55.373.115,89
 \end{aligned}$$

d. *Cost Slope*

$$\begin{aligned}
 \text{Cost slope (Rp/jam)} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \\
 &= \frac{\text{Rp}55.373.115,89 - \text{Rp}52.066.373,21}{35 - 21} \\
 &= \text{Rp}236.195,91
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya upah alat dan tenaga (*resource*) akibat dari percepatan (*crashing*) proyek menggunakan alternatif penambahan alat dan tenaga perhari pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.25 sebagai berikut.

Tabel 5.25 Tabel Perhitungan *Slope* dan Biaya *Crashing* Penambahan Alat dan Tenaga sebesar 50%

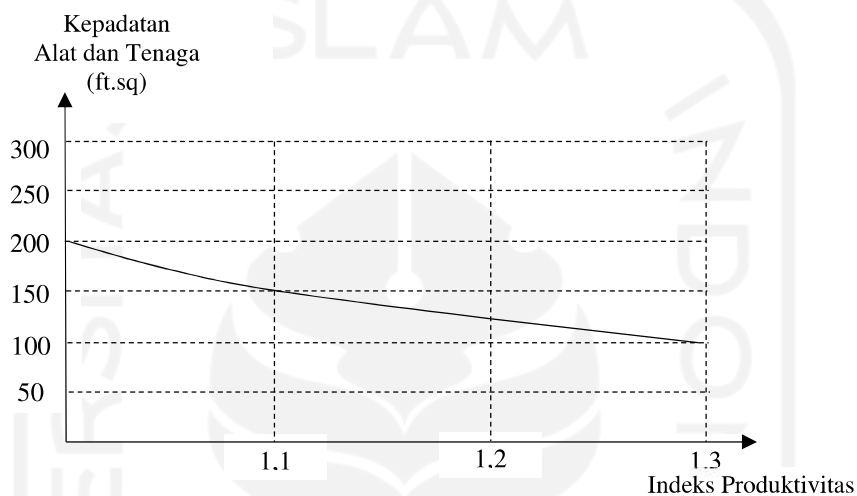
Kode Pek.	Kegiatan	Durasi <i>Crash</i> (a)	Durasi Normal (b)	<i>Duration Variance</i> (c) = (b) – (a)	Biaya Normal (d)	Biaya <i>Crash</i> (e)	<i>Cost Variance</i> (f) = (e) – (d)	<i>Slope</i> (g) = (f)/(c)
MT	Marka Jalan Termoplastik	23,000	35	12,00	124.783.434,81	123.865.784,61	-917.650,20	-76.470,85
LPAGB	Lapis Pondasi agregat kelas B	19,000	35	16,00	317.155.998,80	319.703.623,37	2.547.624,57	159.226,54
TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	11,000	20	9,00	67.889.623,37	69.338.215,81	1.448.592,45	160.954,72
GSDSA	Galian untuk selokan dan drainase saluran air	21,000	35	14,00	52.066.373,21	55.373.115,89	3.306.742,68	236.195,91
PBJ	Penyiapan Badan Jalan	30,000	49	19,00	58.959.838,85	69.873.631,76	10.913.792,91	574.410,15
LP	Lapis Fondasi Drainase	23,000	35	12,00	1.273.989.683,40	1.283.921.961,27	9.932.277,87	827.689,82
LPWBK	Lapis pondasi bawah beton kurus	24,000	35	11,00	1.522.930.409,48	1.542.183.810,32	19.253.400,85	1.750.309,17
PBS	Perkerasan beton semen	24,000	35	11,00	6.802.860.355,48	6.831.804.408,60	28.944.053,11	2.631.277,56
Total								6.263.593,01

(Sumber: Hasil analisis Penambahan Penambahan Alat dan Tenaga sebesar 50%, 2019)

5.5.3. Tambah Alat dan Tenaga Sebesar 75%

5.5.3.1. Durasi Crash Kegiatan (Dc)

Dalam perhitungan percepatan dengan menambah tenaga angka produktivitas akan menurun apabila terjadi kepadatan area kerja yang ditunjukkan seperti pada Gambar 5.9 berikut :



Gambar 5.9 Grafik Kepadatan Alat dan Tenaga Kerja dengan Indeks Produktivitas

(sumber : Iman Soeharto, 1995)

Pada penelitian ini, karena lingkup pekerjaan adalah pembangunan jalan yang tidak terbatas oleh ruang jadi tidak berlaku terhadap kepadatan alat dan tenaga kerja.

Pada analisis penambahan alat dan tenaga kerja dilakukan penambahan sebesar 75% dari kebutuhan alat dan tenaga kerja normal sebagai contoh perhitungan pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air (Lampiran) sebagai berikut:

Tabel 5.26 Penambahan Alat dan Tenaga Kerja untuk pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air

Alat dan Tenaga Kerja	Alat dan Tenaga Normal (unit/orang)	Alat dan Tenaga Penambahan 75% (unit/orang)
	Tn	Tc
Pekerja	3	3
Excavator	1	1
Dump Truck	3	3
TOTAL	7	7

(Sumber: Hasil Analisis Penambahan Alat dan Tenaga Kerja, 2019)

a. *Produktivitas*

$$\text{Produktivitas normal (Pn)} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} = \frac{688,49}{35} = 19,67 \text{ m}^3/\text{unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas } \textit{crashing} &= \frac{\text{Pn} \times (\text{Total Tn} + \text{Total Tc})}{\text{Total Tn}} \\ &= \frac{19,67 \times (7+7)}{7} = 39,34 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

b. *Crash duration* (Durasi Percepatan)

$$\begin{aligned} \text{Crash duration (Cd)} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas } \textit{Crashing}} \\ &= \frac{688,49}{39,34} = 18 \text{ hari} \end{aligned}$$

c. *Crash Cost* (Biaya Percepatan)

Biaya penambahan alat dan tenaga kerja

Pekerja	= 6 orang x Rp14.429,17	= Rp86.575,00
Mandor	= 1 orang x Rp19.686,31	= Rp19.686,31
Excavator	= 2 orang x Rp511.764,43	= Rp1.023.528,86
Dump Truck	= 6 orang x Rp304.290,81	= Rp1.825.744,85
		+ Rp2.955.535,02

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya total} &= (\text{crash cost} \times \text{Durasi crash}) + \text{biaya bahan} \\
 &= (\text{Rp}2.955.535,02 \times 18) + \text{Rp}0 \\
 &= \text{Rp}53.199.630,30
 \end{aligned}$$

d. *Cost Slope*

$$\begin{aligned}
 \text{Cost slope (Rp/jam)} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \\
 &= \frac{\text{Rp}53.199.630,30 - \text{Rp}52.066.373,21}{35 - 18} \\
 &= \text{Rp}66.662,18
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya upah tenaga kerja (*resource*) akibat dari percepatan (*crashing*) proyek menggunakan alternatif penambahan alat dan tenaga kerja perhari pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.27 sebagai berikut.

Tabel 5.27 Tabel Perhitungan *Slope* dan Biaya *Crashing* Penambahan Alat dan Tenaga Kerja sebesar 75%

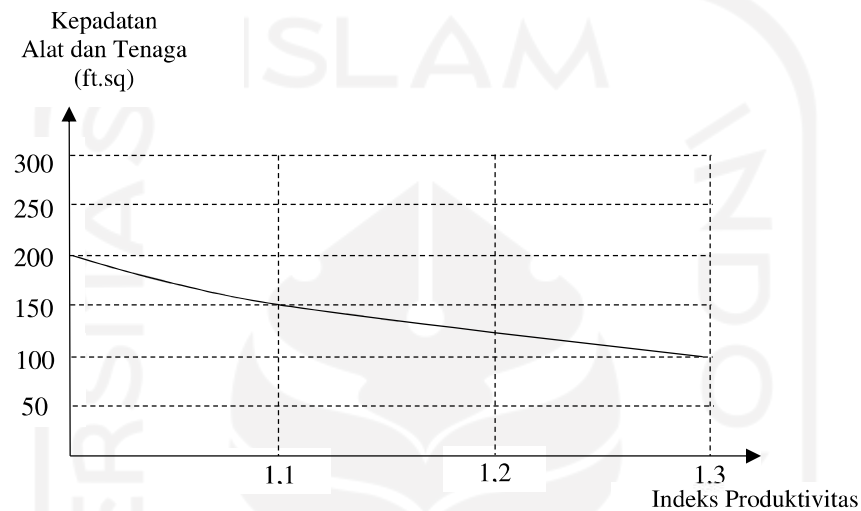
Kode Pek.	Kegiatan	Durasi <i>Crash</i> (a)	Durasi Normal (b)	<i>Duration Variance</i> (c) = (b) – (a)	Biaya Normal (d)	Biaya <i>Crash</i> (e)	<i>Cost Variance</i> (f) = (e) – (d)	<i>Slope</i> (g) = (f)/(c)
TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	10,000	20	10,00	67.889.623,37	67.692.760,27	-196.863,10	-19.686,31
GSDSA	Galian untuk selokan dan drainase saluran air	18,000	35	17,00	52.066.373,21	53.199.630,30	1.133.257,09	66.662,18
MT	Marka Jalan Termoplastik	19,000	35	16,00	124.783.434,81	126.983.581,24	2.200.146,44	137.509,15
LPAGB	Lapis Pondasi agregat kelas B	18,000	35	17,00	317.155.998,80	319.702.708,49	2.546.709,70	149.806,45
PBJ	Penyiapan Badan Jalan	27,000	49	22,00	58.959.838,85	63.665.443,58	4.705.604,73	213.891,12
LP	Lapis Fondasi Drainase	19,000	35	16,00	1.273.989.683,40	1.283.477.451,90	9.487.768,50	592.985,53
PBS	Perkerasan beton semen	20,000	35	15,00	6.802.860.355,48	6.818.147.781,03	15.287.425,55	1.019.161,70
LPWBK	Lapis pondasi bawah beton kurus	20,000	35	15,00	1.522.930.409,48	1.538.445.438,93	15.515.029,45	1.034.335,30
Total								3.194.665,13

(Sumber: Hasil analisis Penambahan Penambahan Alat dan Tenaga Kerja sebesar 75%, 2019)

5.5.4. Tambah Alat dan Tenaga Sebesar 100%

5.5.4.1. Durasi Crash Kegiatan (Dc)

Dalam perhitungan percepatan dengan menambah alat dan tenaga angka produktivitas akan menurun apabila terjadi kepadatan area kerja yang ditunjukkan seperti pada Gambar 5.10 berikut :



Gambar 5.10 Grafik Kepadatan Alat dan Tenaga Kerja dengan Indeks Produktivitas

(sumber : Iman Soeharto, 1995)

Pada penelitian ini, karena lingkup pekerjaan adalah pembangunan jalan yang tidak terbatas oleh ruang jadi tidak berlaku terhadap kepadatan alat dan tenaga kerja.

Pada analisis penambahan tenaga kerja dilakukan penambahan sebesar 100% dari kebutuhan alat dan tenaga kerja normal sebagai contoh perhitungan pada pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air (Lampiran) sebagai berikut:

Tabel 5.28 Penambahan Alat dan Tenaga Kerja untuk pekerjaan galian untuk selokan dan drainase saluran air

Alat dan Tenaga Kerja	Alat dan Tenaga Normal (unit/orang)	Alat dan Tenaga Penambahan 100% (unit/orang)
	Tn	Tc
Pekerja	3	3
Excavator	1	1
Dump Truck	3	3
TOTAL	7	7

(Sumber: Hasil Analisis Penambahan Alat dan Tenaga Kerja, 2019)

a. *Produktivitas*

$$\text{Produktivitas normal (Pn)} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} = \frac{688,49}{35} = 19,67 \text{ m}^3/\text{unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas crashing} &= \frac{\text{Pn} \times (\text{Total Tn} + \text{Total Tc})}{\text{Total Tn}} \\ &= \frac{19,67 \times (7+7)}{7} = 39,34 \text{ m}^3/\text{unit} \end{aligned}$$

b. *Crash duration* (Durasi Percepatan)

$$\begin{aligned} \text{Crash duration (Cd)} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Crashing}} \\ &= \frac{688,49}{39,34} = 18 \text{ hari} \end{aligned}$$

c. *Crash Cost* (Biaya Percepatan)

Biaya penambahan alat dan tenaga kerja

Pekerja	= 6 orang x Rp14.429,17	= Rp86.575,00
Mandor	= 1 orang x Rp19.686,31	= Rp19.686,31
Excavator	= 2 orang x Rp511.764,43	= Rp1.023.528,86
Dump Truck	= 6 orang x Rp304.290,81	= Rp1.825.744,85
		Rp2.955.535,02

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya total} &= (\text{crash cost} \times \text{Durasi crash}) + \text{biaya bahan} \\
 &= (\text{Rp}2.955.535,02 \times 18) + \text{Rp}0 \\
 &= \text{Rp}53.199.630,30
 \end{aligned}$$

d. *Cost Slope*

$$\begin{aligned}
 \text{Cost slope (Rp/jam)} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \\
 &= \frac{\text{Rp}53.199.630,30 - \text{Rp}52.066.373,21}{35 - 18} \\
 &= \text{Rp}66.662,18
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya upah tenaga kerja (*resource*) akibat dari percepatan (*crashing*) proyek menggunakan alternatif penambahan alat dan tenaga kerja perhari pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.29 sebagai berikut.

Tabel 5.29 Tabel Perhitungan *Slope* dan Biaya *Crashing* Penambahan Tenaga Kerja sebesar 100%

Kode Pek.	Kegiatan	Durasi <i>Crash</i> (a)	Durasi Normal (b)	<i>Duration Variance</i> (c) = (b) – (a)	Biaya Normal (d)	Biaya <i>Crash</i> (e)	<i>Cost Variance</i> (f) = (e) – (d)	<i>Slope</i> (g) = (f)/(c)
GSDSA	Galian untuk selokan dan drainase saluran air	18,000	35	17,00	52.066.373,21	53.199.630,30	1.133.257,09	66.662,18
TBSG	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	10,000	20	10,00	67.889.623,37	67.692.760,27	-196.863,10	-19.686,31
PBJ	Penyiapan Badan Jalan	25,000	49	24,00	58.959.838,85	59.670.943,13	711.104,28	29.629,34
LPAGB	Lapis Pondasi agregat kelas B	18,000	35	17,00	317.155.998,80	319.702.708,49	2.546.709,70	149.806,45
LP	Lapis Fondasi Drainase	18,000	35	17,00	1.273.989.683,40	1.278.941.159,13	4.951.475,73	291.263,28
PBS	Perkerasan beton semen	18,000	35	17,00	6.802.860.355,48	6.814.820.474,54	11.960.119,06	703.536,42
LPWBK	Lapis pondasi bawah beton kurus	18,000	35	17,00	1.522.930.409,48	1.528.763.504,06	5.833.094,58	343.123,21
MT	Marka Jalan Termoplastik	18,000	35	17,00	124.783.434,81	125.336.328,66	552.893,85	32.523,17
Total								1.596.857,74

(Sumber: Hasil analisis Penambahan Penambahan Alat dan Tenaga Kerja sebesar 100%, 2019)

5.5.5. Analisis Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung Akibat Crashing dengan Penambahan Alat dan Tenaga Kerja

Pada perhitungan *crashing* dengan penambahan alat dan tenaga kerja terjadi biaya upah tambahan akibat penambahan alat dan tenaga kerja yang akan berpengaruh pada biaya langsung (*direct cost*) sehingga biaya yang dikeluarkan akan semakin banyak. Dalam perhitungan biaya langsung dan biaya tidak langsung akibat *Crashing* dengan penambahan tenaga kerja dibutuhkan data rencana anggaran biaya dari pekerjaan pada kondisi normal. Pada perhitungan biaya proyek pada saat kondisi normal (**lihat Lampiran**) didapatkan data biaya Proyek yaitu:

1. Biaya langsung adalah biaya yang secara langsung berkaitan dengan pekerjaan yaitu sebesar **Rp10.729.416.625,88**
2. Biaya tidak langsung adalah biaya *overhead* yang dikeluarkan secara tidak langsung seperti biaya listrik, biaya operasional, dan lain-lain.

$$\text{Overhead perbulan} = \text{Rp}31.000.000 \text{ (data proyek)}$$

$$\text{Overhead perhari} = \frac{\text{Overhead perbulan}}{30}$$

$$= \frac{\text{Rp}31.000.000}{30}$$

$$= \text{Rp}1.033.333,33$$

$$\text{Overhead durasi normal} = \text{Overhead perhari} \times \text{durasi normal}$$

$$= \text{Rp}1.033.333,33 \times 135$$

$$= \text{Rp}139.500.000,00$$

3. Biaya total = biaya langsung + biaya tidak langsung

Total biaya pekerjaan kondisi normal

$$= \text{Rp}10.729.416.625,88 + \text{Rp}139.500.000,00$$

$$= \text{Rp}10.868.916.625,88$$

Setelah didapatkan data biaya langsung dan biaya tidak langsung pada kondisi normal maka biaya langsung dan biaya tidak langsung pada kondisi *crashing* akibat penambahan alat dan tenaga kerja dapat dihitung sebagai berikut:

1. Menentukan biaya langsung (*direct cost*) crashing dengan Tambah Alat dan Tenaga
 - a. Biaya langsung (*direct cost*) Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 25%
 - = Total biaya seluruh pekerjaan setelah dilakukan tambah alat dan tenaga 25%
 - = **Rp10.740.090.303,78** (Lampiran)
 - b. Biaya langsung (*direct cost*) Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 50%
 - = Total biaya seluruh pekerjaan setelah dilakukan alat dan tambah tenaga 50%
 - = **Rp10.735.680.218,89** (Lampiran)
 - c. Biaya langsung (*direct cost*) Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 75%
 - = Total biaya seluruh pekerjaan setelah dilakukan tambah alat dan tenaga 75%
 - = **Rp10.732.611.291,02** (Lampiran)
 - d. Biaya langsung (*direct cost*) Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 100%
 - = Total biaya seluruh pekerjaan setelah dilakukan tambah alat dan tenaga 100%
 - = **Rp10.731.013.483,62** (Lampiran)

2. Menentukan tidak biaya langsung (*indirect cost*) crashing dengan lembur
 - a. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 25%
 - = Durasi *crash* x *overhead* perhari
 - = 108 x Rp1.033.333,33
 - = **Rp111.600.000,00**
 - b. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 50%

= Durasi *crash* x *overhead* perhari

= 100 x Rp1.033.333,33

= **Rp103.333.333,33**

- c. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 75%

= Durasi *crash* x *overhead* perhari

= 92 x Rp1.033.333,33

= **Rp95.066.666,67**

- d. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 100%

= Durasi *crash* x *overhead* perhari

= 91 x Rp1.033.333,33

= **Rp94.033.333,33**

3. Menentukan total biaya proyek setelah *crashing* dengan Tambah Alat dan Tenaga

- a. Total biaya pekerjaan Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 25%

= Rp10.740.090.303,78 + Rp111.600.000,00

= **Rp10.851.690.303,78**

- b. Total biaya pekerjaan Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 50%

= Rp10.735.680.218,89 + Rp103.333.333,33

= **Rp10.839.013.552,22**

- c. Total biaya pekerjaan Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 75%

= Rp10.732.611.291,02 + Rp95.066.666,67

= **Rp10.827.677.957,68**

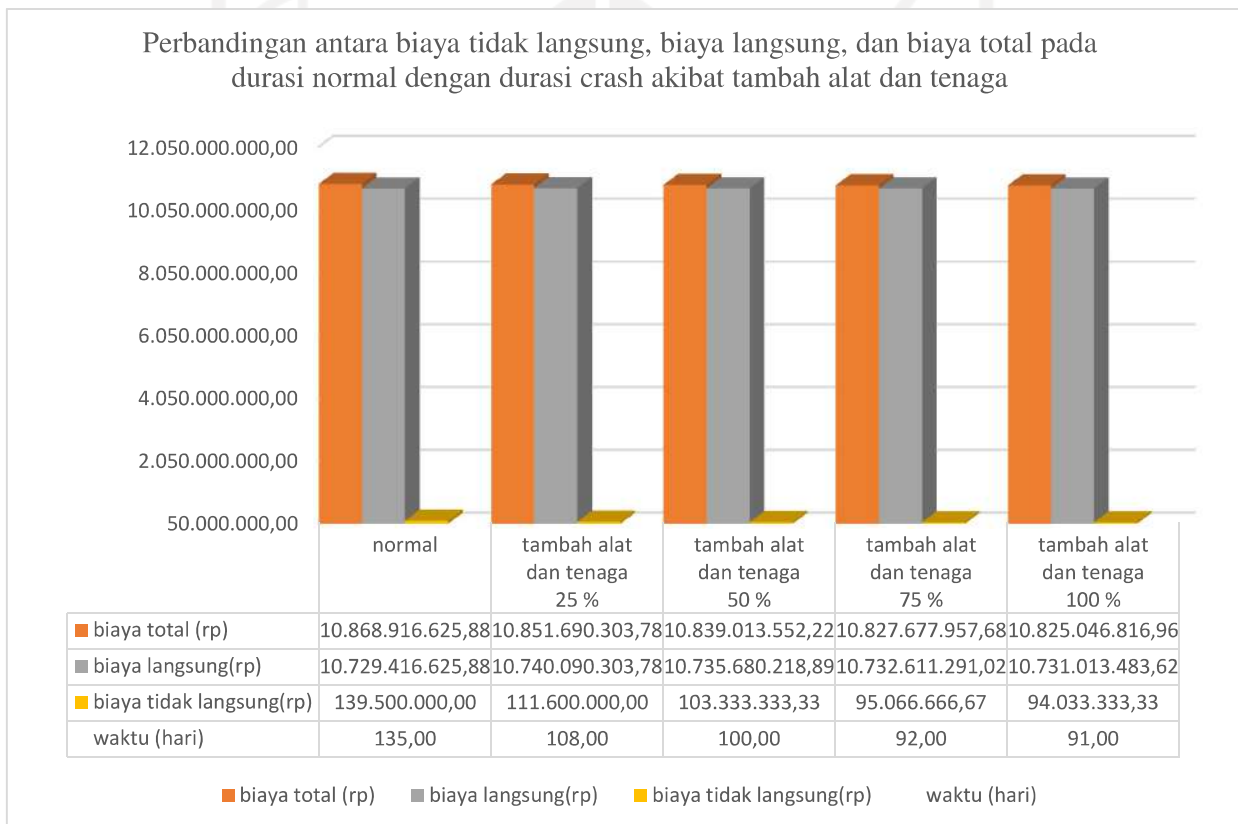
- d. Total biaya pekerjaan Akibat Tambah Alat dan Tenaga sebesar 100%

= Rp10.731.013.483,62 + Rp94.033.333,33

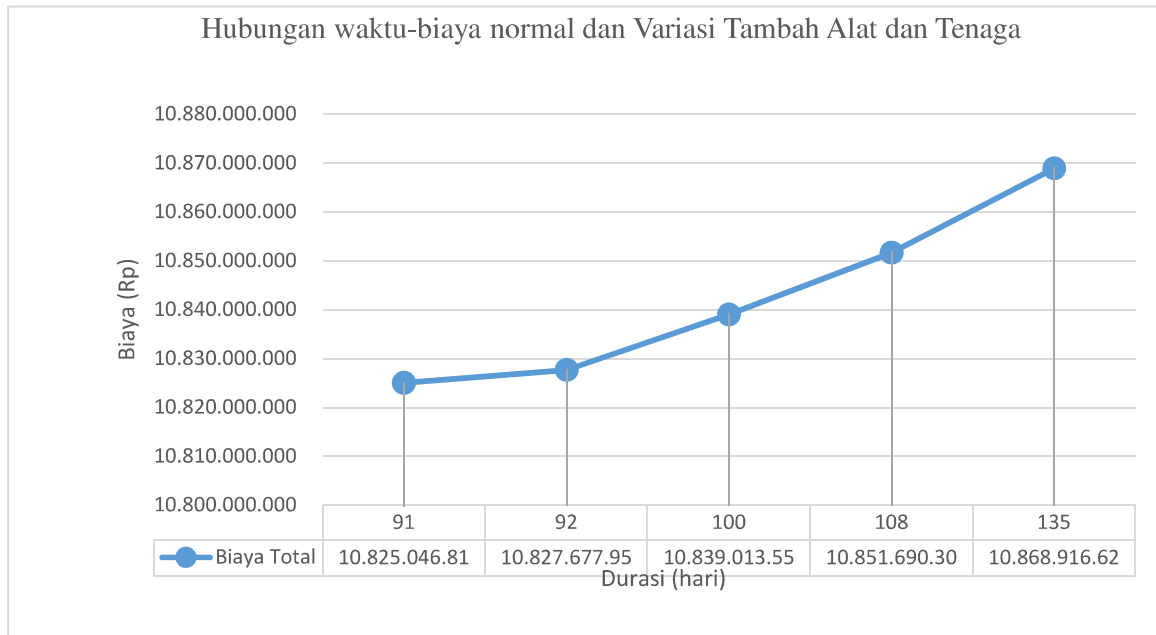
= **Rp10.825.046.816,96**

Tabel 5.30 Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal terhadap durasi *crash* dengan Tambah Alat dan Tenaga

Kondisi	Durasi	Biaya Total (Rp)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)
		(a) = (b) + (c)	(b)	(c)
Normal	135	10.868.916.625,88	10.729.416.625,88	139.500.000,00
Tambah tenaga 25%	108	10.851.690.303,78	10.740.090.303,78	111.600.000,00
Tambah tenaga 50%	100	10.839.013.552,22	10.735.680.218,89	103.333.333,33
Tambah tenaga 75%	92	10.827.677.957,68	10.732.611.291,02	95.066.666,67
Tambah tenaga 100%	91	10.825.046.816,96	10.731.013.483,62	94.033.333,33



Gambar 5.11 Grafik Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi *crash* akibat tambah alat dan tenaga



Gambar 5.12 Grafik Hubungan waktu-biaya normal dan *crash* dengan Variasi Tambah alat dan Tenaga

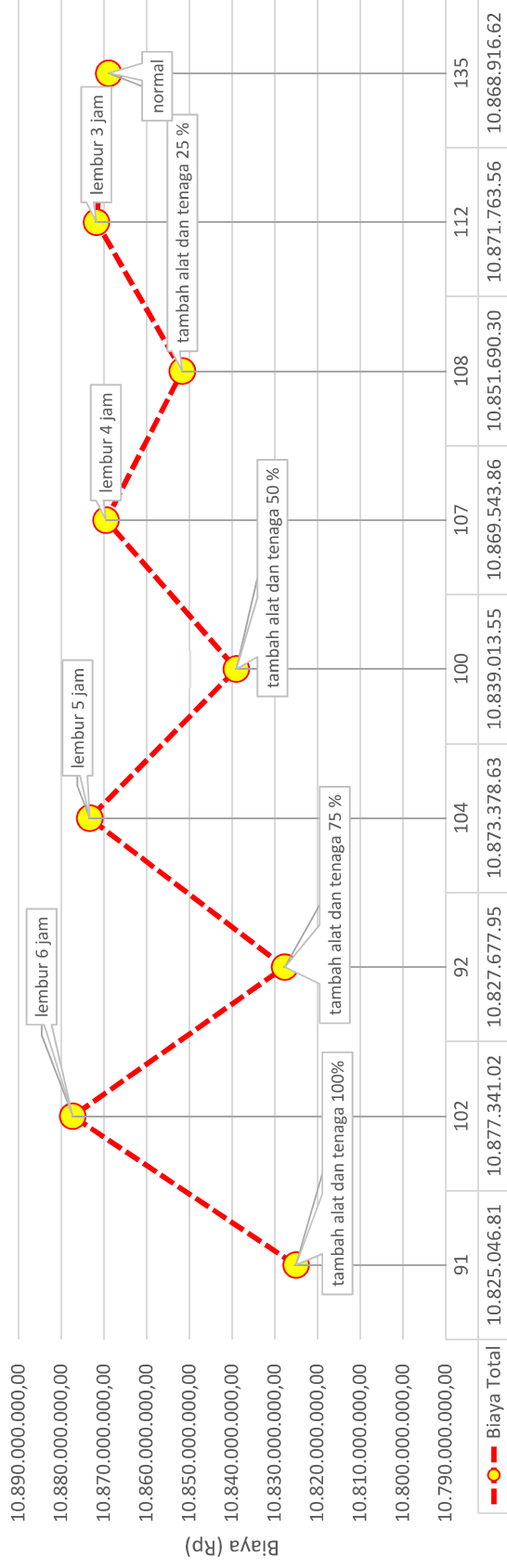
5.6. REKAPITULASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK

Penjelasan mengenai perbandingan waktu dan biaya dari hasil analisis waktu dan biaya setelah dilakukan percepatan dengan variasi penambahan jam kerja (lembur) dan variasi penambahan alat dan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 5.31 berikut:

Tabel 5.31 Perbandingan antara waktu dan biaya kondisi Normal dan *Crashing*

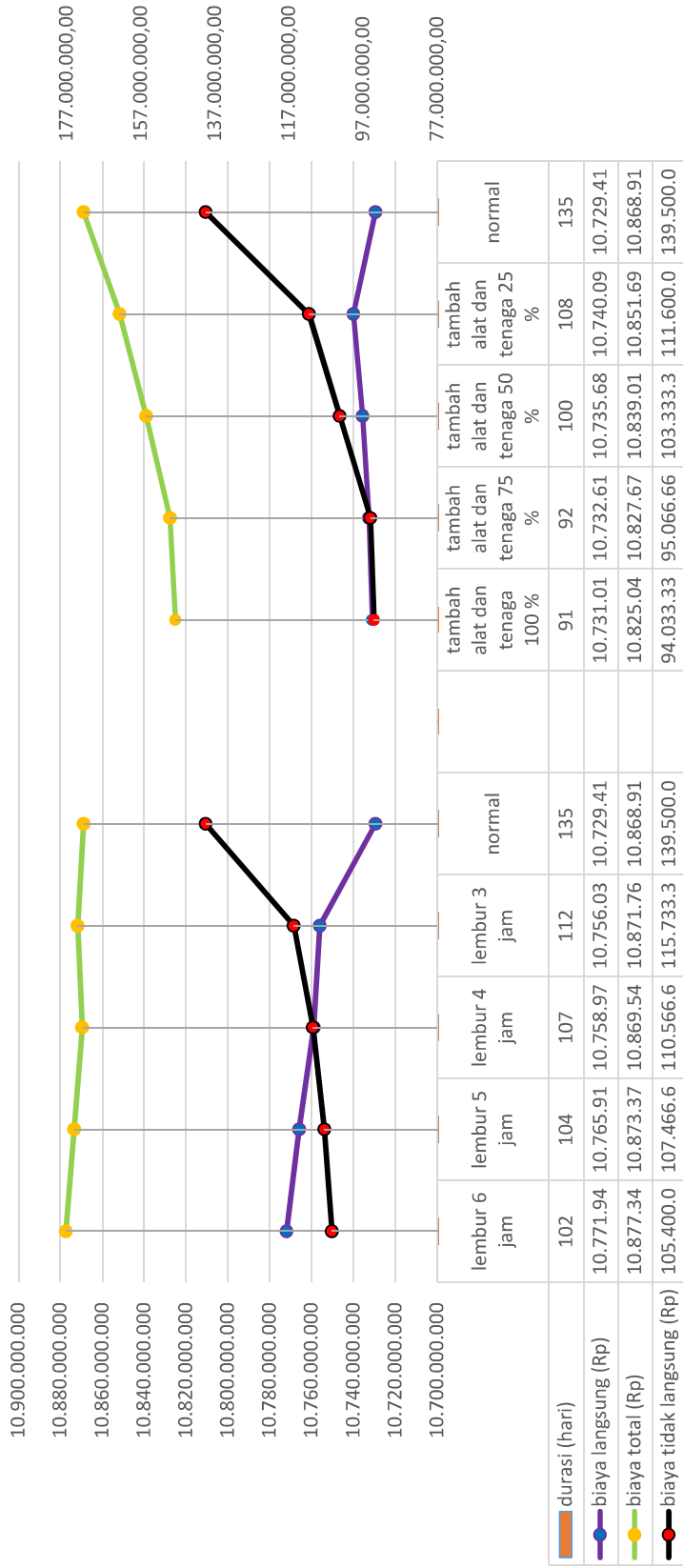
Kondisi	Durasi (hari)	Biaya Total (Rp)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)
Normal	135	10.868.916.625,88	10.729.416.625,88	139.500.000,00
Tambah alat dan tenaga 25%	108	10.851.690.303,78	10.740.090.303,78	111.600.000,00
Tambah alat dan tenaga 50%	100	10.839.013.552,22	10.735.680.218,89	103.333.333,33
Tambah alat dan tenaga 75%	92	10.827.677.957,68	10.732.611.291,02	95.066.666,67
Tambah alat dan tenaga 100%	91	10.825.046.816,96	10.731.013.483,62	94.033.333,33
lembur 3 jam	112	10.871.763.569,31	10.756.030.235,97	115.733.333,33
lembur 4 jam	107	10.869.543.860,06	10.758.977.193,40	110.566.666,67
lembur 5 jam	104	10.873.378.639,76	10.765.911.973,09	107.466.666,67
lembur 6 jam	102	10.877.341.028,07	10.771.941.028,07	105.400.000,00

Hubungan waktu-biaya normal Variasi Lembur, Variasi Tambah alat dan Tenaga



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Waktu – Biaya antara kondisi Normal dan Crashing

Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi crash akibat lembur dan tambah alat dan tenaga



Gambar 5.14 Grafik Perbandingan antara waktu dan biaya kondisi Normal dan Crashing

5.7. PEMBAHASAN

5.7.1. Analisis Waktu dan Biaya Proyek Pada Kondisi Normal

Pada saat dilakukan penelitian, Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang – Talisayan tidak memiliki jaringan kerja (*network diagram*) baik diagram jaringan kerja *Critical Path Method* (CPM) maupun diagram jaringan kerja *Precedence Diagram Method* (PDM), sehingga langkah awal dalam analisis adalah membuat jaringan kerja menggunakan durasi normal untuk mendapatkan durasi normal penyelesaian proyek. Pembuatan jaringan kerja menggunakan *Software Microsoft Project 2010* dengan dilakukan penghubungan urutan logis kegiatan pekerjaan, sehingga didapatkan waktu penyelesaian proyek kondisi normal adalah 135 hari dengan total biaya proyek normal pada Tabel 5.31 sebesar **Rp10.868.916.625,88** yang terdiri dari:

1. Biaya langsung (*direct cost*) = Rp10.729.416.625,88
2. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) = Rp139.500.000,00

Secara umum biaya proyek konstruksi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

1. Biaya langsung proyek konstruksi adalah komponen biaya yang berkaitan langsung dengan volume pekerjaan yang tertera dalam item pembayaran atau komponen hasil akhir proyek berdasarkan gambar rencana dan spesifikasi teknis dalam kontrak konstruksi. Komponen biaya langsung terdiri dari biaya upah tenaga kerja, operasi peralatan, dan material (AACE, 2015). Menurut Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Permen PUPR No.28/PRT/M/2016 mendefinisikan biaya langsung sebagai komponen harga satuan pekerjaan yang terdiri atas biaya upah, biaya bahan dan biaya alat
2. Biaya tidak langsung proyek konstruksi adalah biaya yang tidak berkaitan secara langsung dalam pelaksanaan proyek konstruksi, namun memiliki support dalam pelaksanaan proyek konstruksi yang terkait dengan beberapa pekerjaan konstruksi. Komponen-komponen biaya tidak langsung menurut (AACE, 2015) adalah sebagai berikut:
 - a. Overhead
 - 1) Overhead dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu: Overhead Kantor (*Home Office Overhead*)

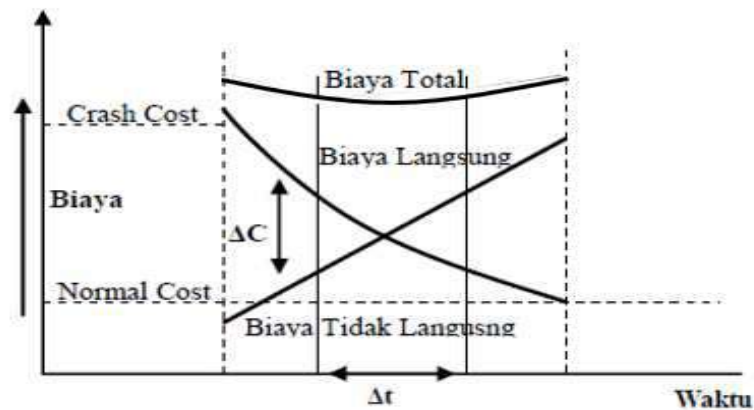
Overhead kantor adalah biaya akhir dan berdasarkan pengalaman dikeluarkan dalam melakukan bisnis, terlepas dari jumlah pekerjaan yang sudah diselesaikan atau kontrak yang diterima. Overhead kantor meliputi item seperti sewa kantor, utilitas, peralatan komunikasi (telepon dan mesin faks), iklan, gaji pegawai kantor (misalnya, direksi, estimator, dan staf pendukung lainnya), sumbangan, biaya hukum, dan pengeluaran akuntansi. Dengan kata lain, overhead kantor mewakili biaya overhead yang tidak dibebankan pada suatu proyek tertentu.

2) Overhead Proyek (*Job Site Overhead*)

Overhead proyek adalah ketentuan yang terdapat di dalam kontrak, pemesanan pembelian, atau spesifikasi yang tidak khusus untuk transaksi tertentu, tetapi yang berlaku untuk semua transaksi. Biasanya, item ini tidak dapat dibebankan pada elemen pekerjaan tertentu. Pada umumnya mencakup pengawasan, fasilitas sementara, kantor proyek, toilet, utilitas, transportasi, pengujian, ijin, foto, alat-alat kecil dan item serupa lainnya. Hal ini juga mungkin termasuk biaya obligasi dan asuransi yang terkait dengan suatu proyek tertentu.

Jadi biaya total proyek adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Besarnya biaya ini sangat bergantung oleh lamanya waktu penyelesaian proyek. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak ada rumus tertentu, umumnya makin lama proyek berjalan makin tinggi biaya kumulatif yang diperlukan (Soeharto, 1999). Sedangkan biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkendali.

الجمعة، السبت، الأحد
الاستاذة الأستاذة



Gambar 5.15 Hubungan Waktu Dengan Biaya Total, Biaya Langsung, dan Biaya Tidak Langsung (Soeharto, 1997)

Gambar 5.15 menunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung, dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat bahwa biaya optimum didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.

5.7.2. Faktor Penentu Estimasi Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung merupakan salah satu unsur terpenting dalam mengestimasi suatu perencanaan atau penawaran terhadap pelaksanaan proyek. Unsur biaya tidak langsung dalam proses pengendalian estimasi biaya dapat pula dipengaruhi oleh beberapa faktor dalam penentuan besar kecilnya biaya yang akan digunakan selama pelaksanaan proyek. Berdasarkan tinjauan literatur yang dikaji pada penelitian ini diperoleh beberapa faktor yang berpengaruh dalam penentuan besar estimasi biaya tidak langsung:

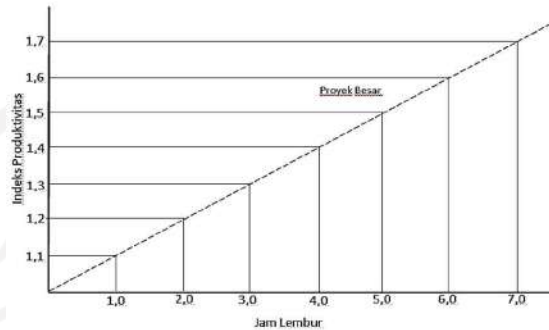
Tabel 5.32 Faktor Pengaruh Penentuan Estimasi Biaya Tidak Langsung Proyek Konstruksi

Referensi	Variabel Faktor
Ujene et al. (2013)	1. Kompleksitas proyek 2. Ukuran dan volume proyek 3. Durasi proyek

Referensi	Variabel Faktor
Hesami dan Lavasani (2014)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kompleksitas proyek 2. Lokasi proyek 3. Ukuran dan volume proyek 4. Tingkat kualitas proyek 5. Lingkup pekerjaan 6. Durasi proyek 7. Site layout 8. Jenis proyek atau pekerjaan
Al riyati (2013)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ukuran dan volume proyek 2. Durasi Proyek 3. Ketidakmampuan mendapatkan bahan

Berdasarkan dari hasil gabungan beberapa peneliti diperoleh 9 jenis faktor yang mempengaruhi dalam penentuan estimasi biaya tidak langsung proyek konstruksi. Dari 9 faktor tersebut diperoleh faktor yang sering menjadi ranah penelitian oleh peneliti yaitu faktor kompleksitas proyek, faktor lokasi proyek, faktor ukuran dan volume proyek, faktor durasi proyek, dan faktor jenis proyek atau pekerjaan.

5.7.3. Indeks Produktivitas (IP) terhadap Crashing dengan Penambahan Jam Kerja (lembur) dan Crashing dengan Penambahan Alat dan Tenaga Kerja
5.7.2.1. Pengaruh *Crashing* dengan Penambahan Jam Kerja (lembur) terhadap Produktivitas



Gambar 5.16 Grafik indikasi Penurunan Produktivitas karena penambahan jam kerja lembur (sumber: Soeharto, 1995)

Dikarenakan belum ada penelitian penurunan indeks produktivitas untuk setiap pekerjaan yang terkait, maka pada penelitian ini untuk perhitungan penurunan efektifitas alat dan tenaga kerja dilakukan **asumsi** untuk nilai indeks produktivitas yaitu berdasarkan Gambar 5.19 tentang Grafik indikasi penurunan produktivitas karena penambahan jam kerja lembur. Setelah dilakukan perhitungan produktivitas untuk setiap variasi penambahan jam kerja (lembur), didapatkan terjadi penurunan produktivitas untuk masing-masing jam lemburnya seperti pada Tabel 5.33 berikut:

Tabel 5.33 Efektivitas Tenaga Kerja untuk masing-masing Jam Kerja Lembur

Kondisi	Indeks Produktivitas (IP)	Efektivitas Alat dan Tenaga Kerja (%)	Penurunan produktivitas (%)
lembur 3 jam	1,3	83,72	16,28
lembur 4 jam	1,4	80,65	19,35
lembur 5 jam	1,5	77,85	22,15
lembur 6 jam	1,6	75,29	24,71

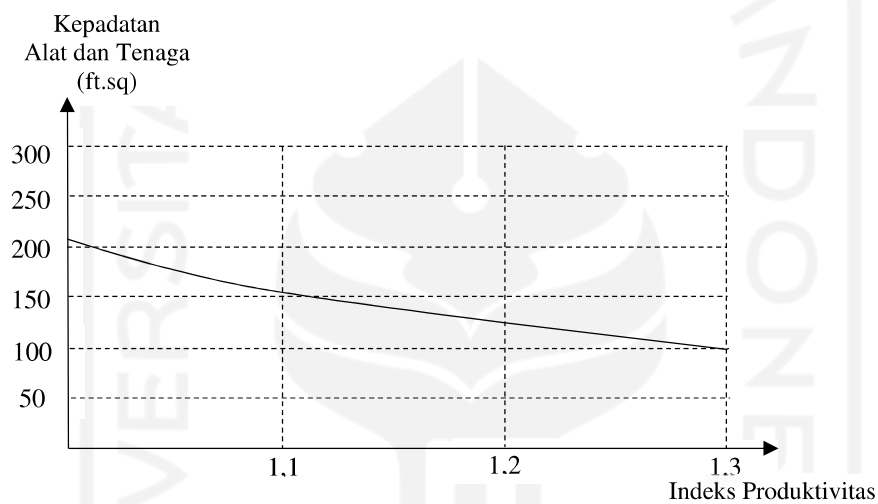
(Sumber: Analisis Produktifitas Lembur, 2019)

Berdasarkan Tabel 5.33 tersebut terjadi penurunan produktivitas pada alat dan tenaga kerja yang dilakukan penambahan jam kerja (lembur). Semakin banyak

penambahan jam kerja lembur semakin turun produktivitas yang dihasilkan, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya: faktor kelelahan, faktor cuaca pada malam hari, faktor keterbatasan pandangan di malam hari, dan lain-lain.

5.7.2.2. Pengaruh *Crashing* dengan Penambahan Alat dan Tenaga Kerja terhadap Produktivitas

Dalam perhitungan percepatan dengan menambah alat dan tenaga kerja angka produktivitas akan menurun apabila terjadi kepadatan area kerja yang ditunjukkan seperti pada Gambar 5.17 berikut :



Gambar 5.17 Grafik Kepadatan Alat dan Tenaga dengan Indeks Produktivitas

(sumber : Iman Soeharto, 1995)

Pada penelitian ini, karena lingkup pekerjaan adalah pembangunan jalan yang tidak terbatas oleh ruang jadi tidak berlaku terhadap kepadatan alat dan tenaga.

5.7.4. Analisis (Percepatan) *Crashing* dengan Penambahan Jam Kerja (lembur) dan *Crashing* dengan Penambahan Alat dan Tenaga

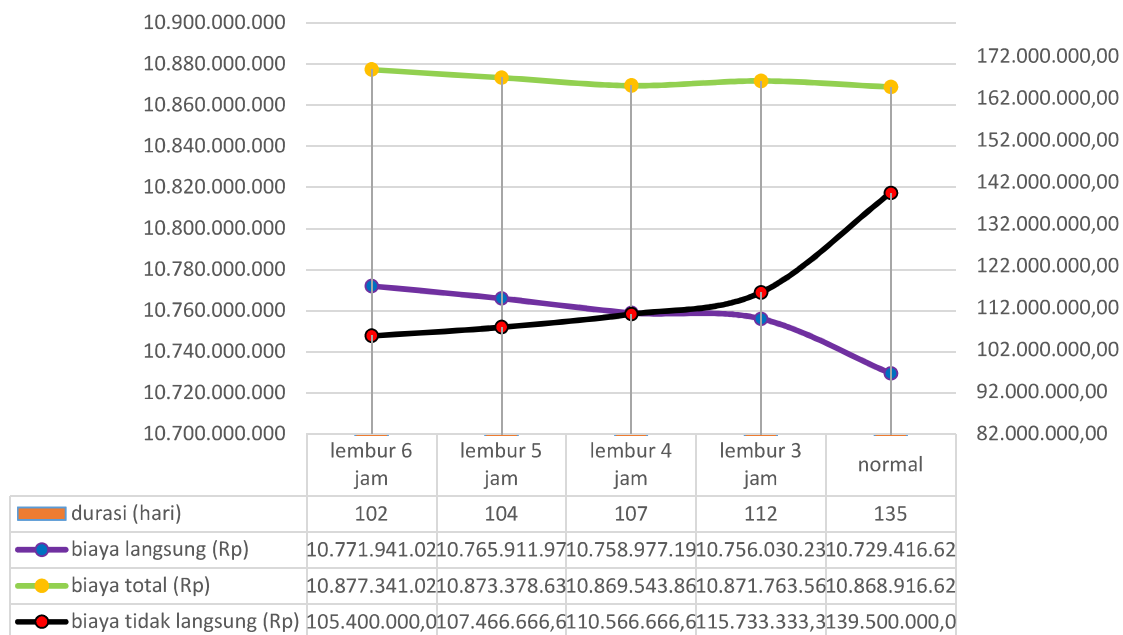
5.7.3.1. Analisis Waktu dan Biaya pada *Crashing* dengan Penambahan Jam Kerja (lembur)

Pada perhitungan *crashing* menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dengan variasi penambahan jam kerja selama 3 jam, 4 jam, 5 jam, dan 6 jam didapatkan durasi *crash* dan biaya setelah *crash* sebagai berikut:

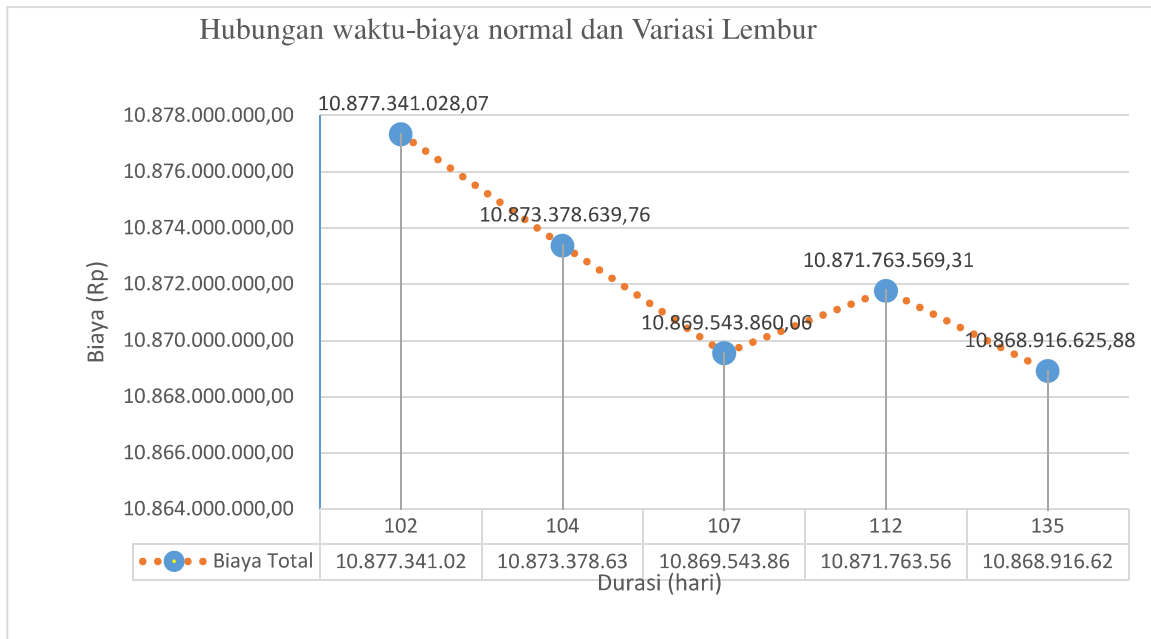
Tabel 5.34 Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal terhadap durasi *crash* dengan Lembur

Kondisi	Durasi	Biaya Total (Rp)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)
		(a) = (b) + (c)	(b)	(c)
Normal	135	10.868.916.625,88	10.729.416.625,88	139.500.000,00
Lembur 3 Jam	112	10.871.763.569,31	10.756.030.235,97	115.733.333,33
Lembur 4 Jam	107	10.869.543.860,06	10.758.977.193,40	110.566.666,67
Lembur 5 Jam	104	10.873.378.639,76	10.765.911.973,09	107.466.666,67
Lembur 6 Jam	102	10.877.341.028,07	10.771.941.028,07	105.400.000,00

Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi *crash* akibat lembur



Gambar 5.18 Grafik Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi *crash* akibat lembur



Gambar 5.19 Grafik Hubungan waktu-biaya normal dan *crash* dengan Variasi Lembur

Berdasarkan grafik dan tabel di atas biaya total untuk setiap masing-masing variasi lembur mengalami kenaikan biaya total dari biaya normal. Kenaikan biaya total pada masing-masing variasi lembur dipengaruhi oleh biaya langsung yang mengalami kenaikan dari biaya langsung normal yaitu biaya upah lembur alat dan tenaga dan biaya operasional (penerangan) selama lembur.

Biaya operasional (penerangan) selama lembur perlu diperhatikan dikarenakan pekerjaan lembur dilakukan pada malam hari sehingga membutuhkan biaya operasional lapangan berupa penerangan pada malam hari agar membantu alat dan tenaga dalam mengatasi keterbatasan pandangan dalam bekerja malam hari, serta adanya biaya untuk manajemen proyek yang bekerja mengontrol jalannya pekerjaan pada saat dilakukan lembur. Perubahan waktu dan biaya sebelum dan sesudah dilakukan crashing secara rinci dapat diuraikan sebagai berikut:

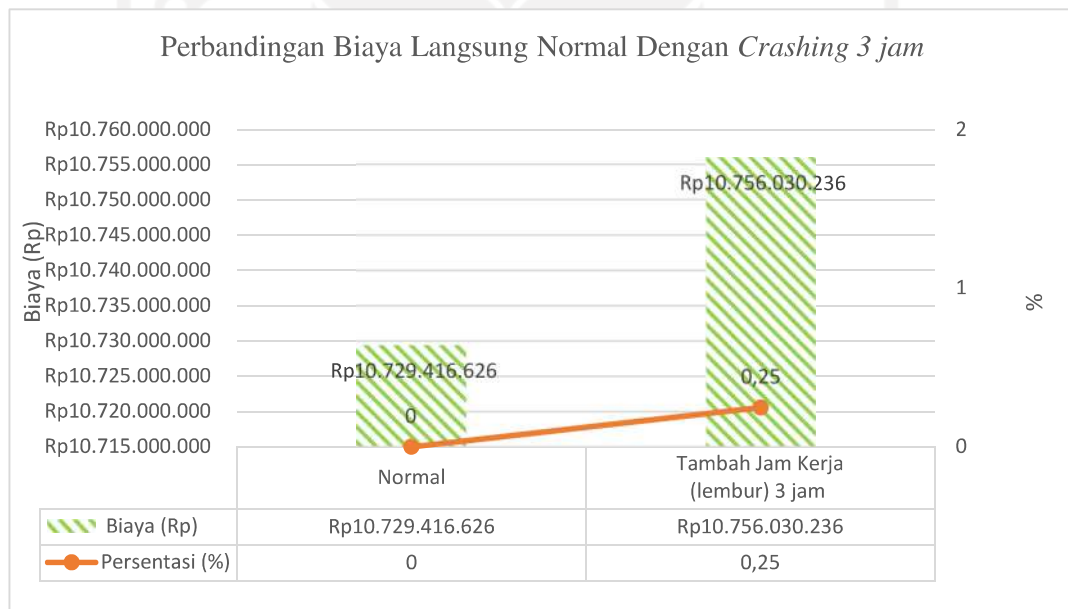
1. Lembur selama 3 jam perhari

Lembur selama 3 jam perhari terjadi pengurangan waktu selama **23 hari** dari waktu normal selama 135 hari menjadi **112 hari** dengan biaya percepatan Upah Alat dan Tenaga sebesar Rp15.530.674,89 dan biaya operasional (penerangan) sebesar Rp11.082.935,20. Dari hasil perhitungan

didapatkan biaya total penambahan akibat dilakukan lembur adalah sebesar **Rp26.613.610,09**

Dampak dari perubahan biaya dan waktu proyek sebelum dilakukan *crashing* dengan setelah dilakukan *crashing* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) menghasilkan kenaikan **biaya langsung (direct cost)** sebesar **Rp10.756.030.235,97** dari biaya langsung awal sebesar Rp10.729.416.625,88 atau dapat diartikan biaya langsung mengalami kenaikan sebesar **0,25%**. Akibat durasi waktu proyek yang dipercepat selama 23 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 112 hari mengakibatkan biaya **tidak langsung (indirect cost)** yang mengalami penurunan biaya menjadi **Rp115.733.333,33** dari yang semula Rp139.500.000 atau mengalami penurunan sebesar **17,04%**.

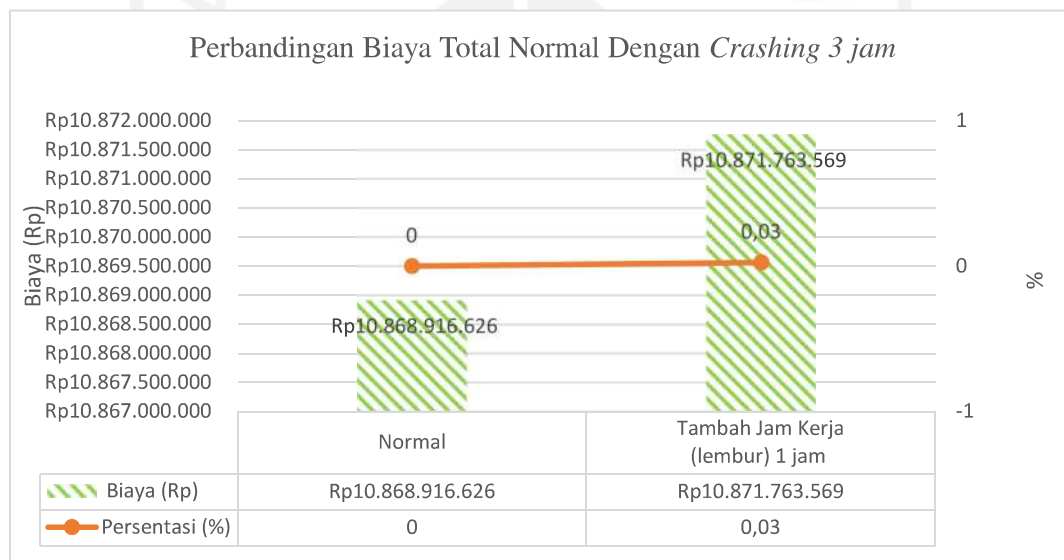
Secara keseluruhan total biaya proyek mengalami kenaikan sebesar **0,03%** yaitu dari biaya semula sebesar Rp10.868.916.625,88 menjadi **Rp10.871.763.569,31**.



Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan *Crashing* Lembur 3 Jam



Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan *Crashing* Lembur 3 Jam



Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan *Crashing* Lembur 3 Jam

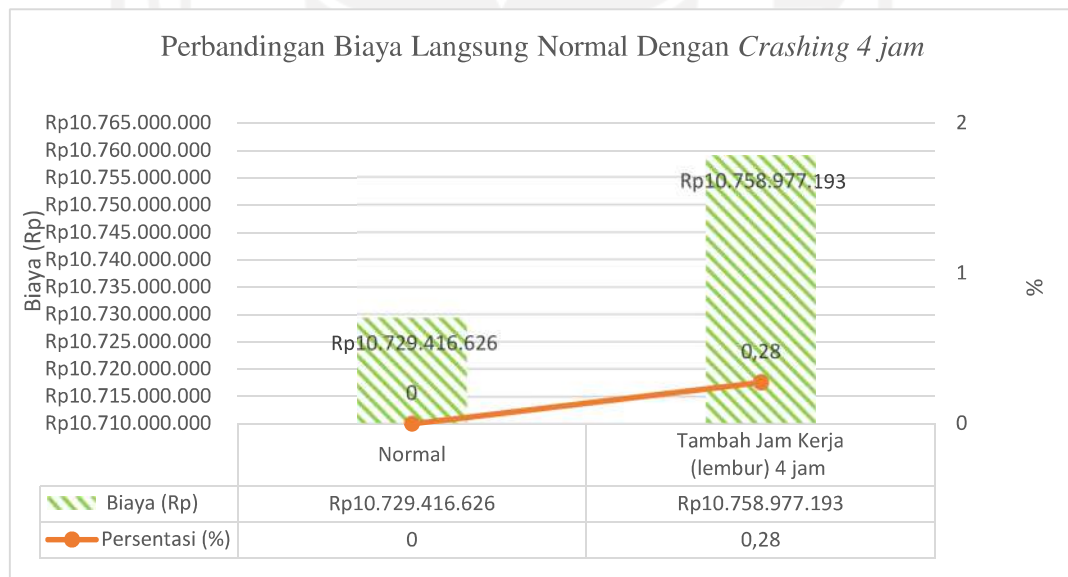
2. Lembur selama 4 jam perhari

Lembur selama 4 jam perhari terjadi pengurangan waktu selama **28 hari** dari waktu normal selama 135 hari menjadi **107 hari** dengan biaya percepatan Upah Alat dan Tenaga sebesar Rp16.606.237,91 dan biaya operasional (penerangan) sebesar Rp12.95.329,60. Dari hasil perhitungan

didapatkan biaya total penambahan akibat dilakukan lembur adalah sebesar **Rp29.560.567,51**

Dampak dari perubahan biaya dan waktu proyek sebelum dilakukan *crashing* dengan setelah dilakukan *crashing* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) menghasilkan kenaikan **biaya langsung (*direct cost*)** sebesar **Rp10.758.977.193,40** dari biaya langsung awal sebesar Rp10.729.416.625,88 atau dapat diartikan biaya langsung mengalami kenaikan sebesar **0,28%**. Akibat durasi waktu proyek yang dipercepat selama 28 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 107 hari mengakibatkan biaya **tidak langsung (*indirect cost*)** yang mengalami penurunan biaya menjadi **Rp110.566.666,67** dari yang semula Rp139.500.000,00 atau mengalami penurunan sebesar **20,74%**.

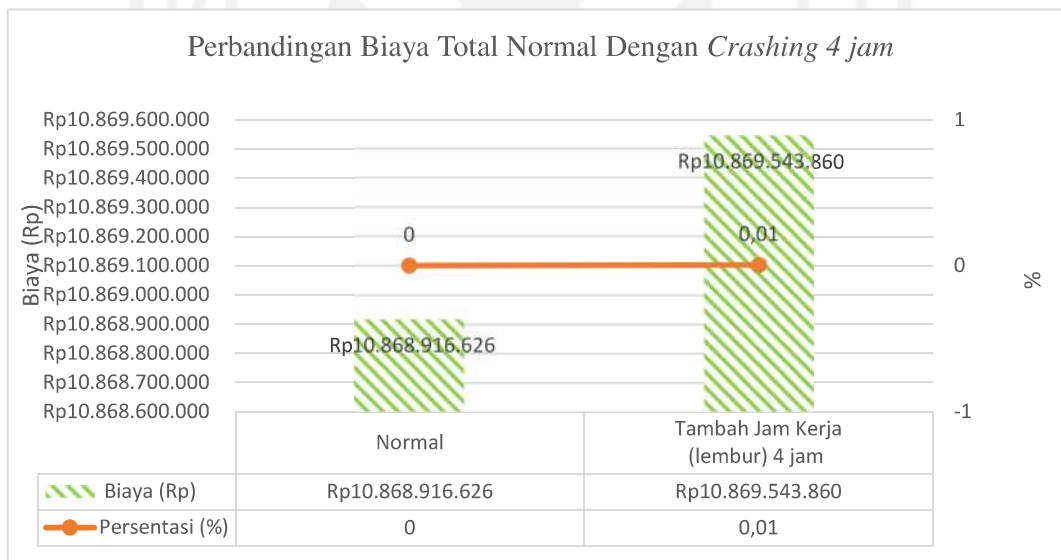
Secara keseluruhan total biaya proyek mengalami kenaikan sebesar **0,01%** yaitu dari biaya semula sebesar Rp10.868.916.625,88 menjadi **Rp10.869.543.860,06**.



Gambar 5.23 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan *Crashing* Lembur 4 Jam



Gambar 5.24 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan *Crashing* Lembur 4 Jam



Gambar 5.25 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan *Crashing* Lembur 4 Jam

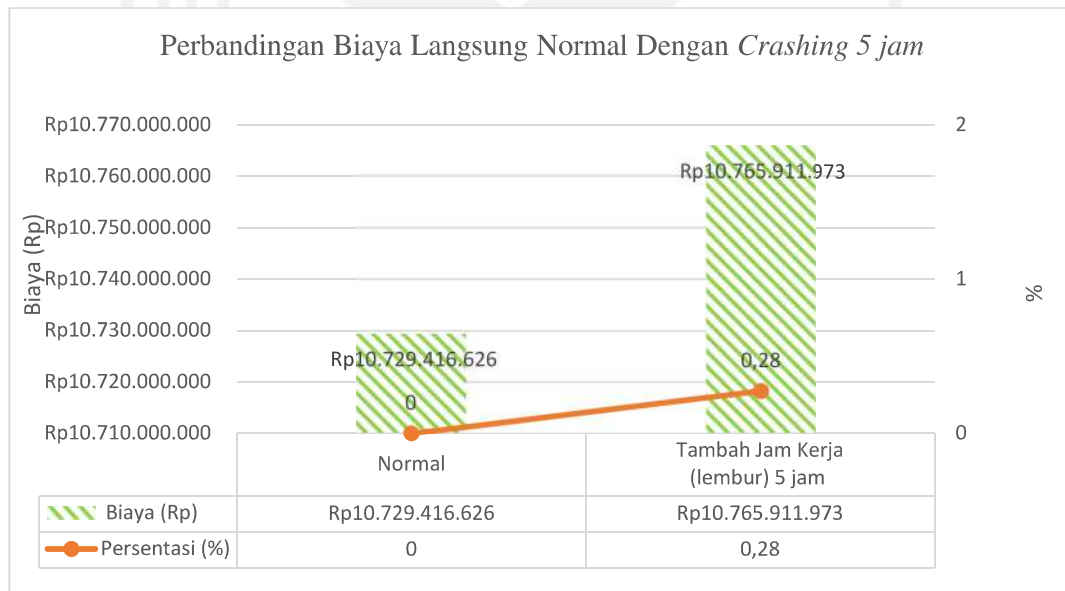
3. Lembur selama 5 jam perhari

Lembur selama 5 jam perhari terjadi pengurangan waktu selama **31 hari** dari waktu normal selama 135 hari menjadi **104 hari** dengan biaya percepatan Upah Alat dan Tenaga sebesar Rp21.669.623,21 dan biaya

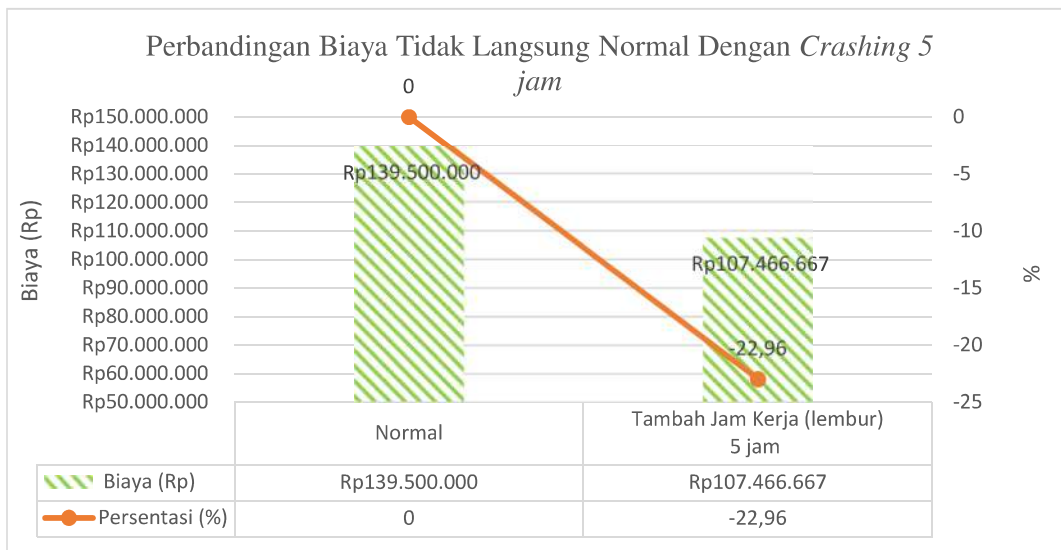
operasional (penerangan) sebesar Rp14.825.724,00. Dari hasil perhitungan didapatkan biaya total penambahan akibat dilakukan lembur adalah sebesar **Rp36.495.347,21**

Dampak dari perubahan biaya dan waktu proyek sebelum dilakukan *crashing* dengan setelah dilakukan *crashing* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) menghasilkan kenaikan **biaya langsung (*direct cost*)** sebesar **Rp10.765.911.973,09** dari biaya langsung awal sebesar Rp10.729.416.625,88 atau dapat diartikan biaya langsung mengalami kenaikan sebesar **0,34%**. Akibat durasi waktu proyek yang dipercepat selama 31 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 104 hari mengakibatkan biaya **tidak langsung (*indirect cost*)** yang mengalami penurunan biaya menjadi **Rp107.466.666,67** dari yang semula Rp139.500.000 atau mengalami penurunan sebesar **22,96%**.

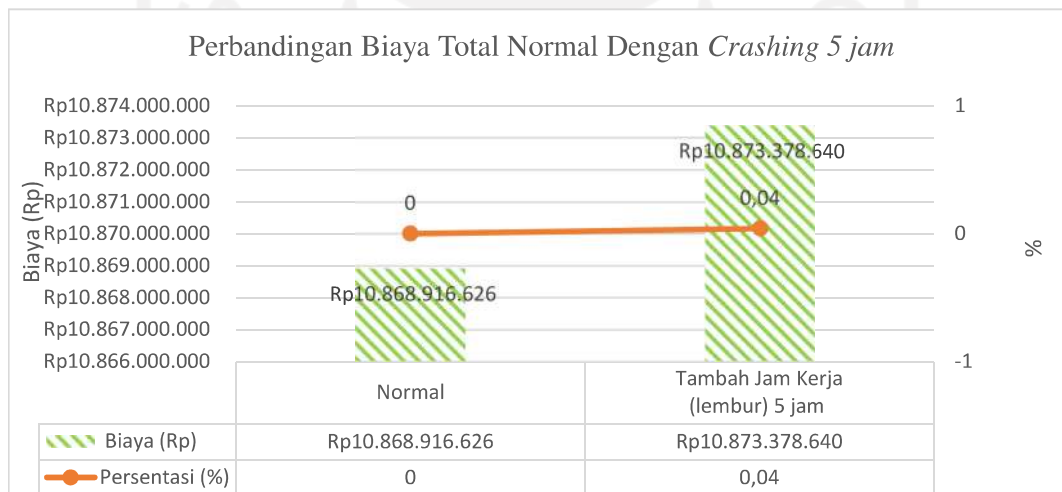
Secara keseluruhan total biaya proyek mengalami kenaikan sebesar **0,04%** yaitu dari biaya semula sebesar Rp10.868.916.625,88 menjadi **Rp10.873.378.639,76**.



Gambar 5.26 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan *Crashing* Lembur 5 Jam



Gambar 5.27 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan *Crashing* Lembur 5 Jam



Gambar 5.28 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan *Crashing* Lembur 5 Jam

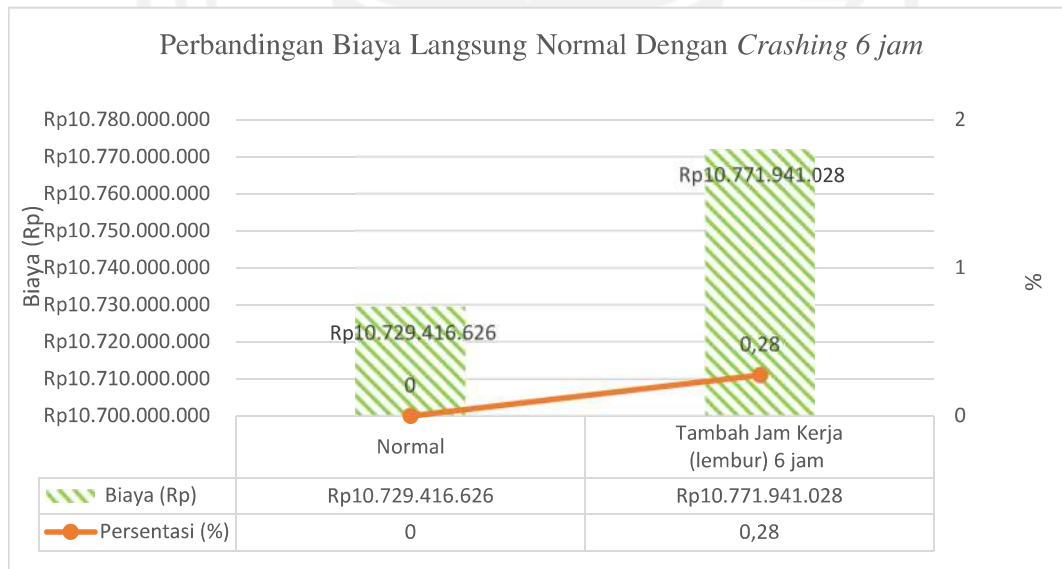
4. Lembur selama 6 jam perhari

Lembur selama 6 jam perhari terjadi pengurangan waktu selama **33 hari** dari waktu normal selama 135 hari menjadi **102 hari** dengan biaya percepatan Upah Alat dan Tenaga sebesar Rp25.827.283,79 dan biaya operasional (penerangan) sebesar Rp16.697.118,40. Dari hasil perhitungan

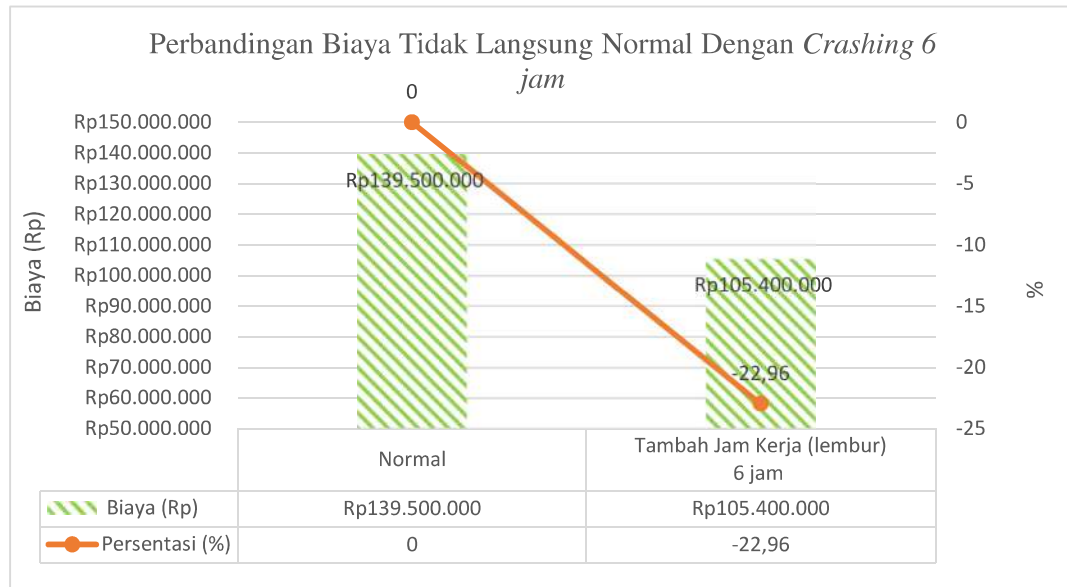
didapatkan biaya total penambahan akibat dilakukan lembur adalah sebesar **Rp42.524.402,19**.

Dampak dari perubahan biaya dan waktu proyek sebelum dilakukan *crashing* dengan setelah dilakukan *crashing* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) menghasilkan kenaikan **biaya langsung (direct cost)** sebesar **Rp10.771.941.028,07** dari biaya langsung awal sebesar Rp10.729.416.625,88 atau dapat diartikan biaya langsung mengalami kenaikan sebesar **0,40%**. Akibat durasi waktu proyek yang dipercepat selama 33 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 102 hari mengakibatkan biaya **tidak langsung (indirect cost)** yang mengalami penurunan biaya menjadi **Rp105.400.000,00** dari yang semula Rp139.500.000,00 atau mengalami penurunan sebesar **24,44%**.

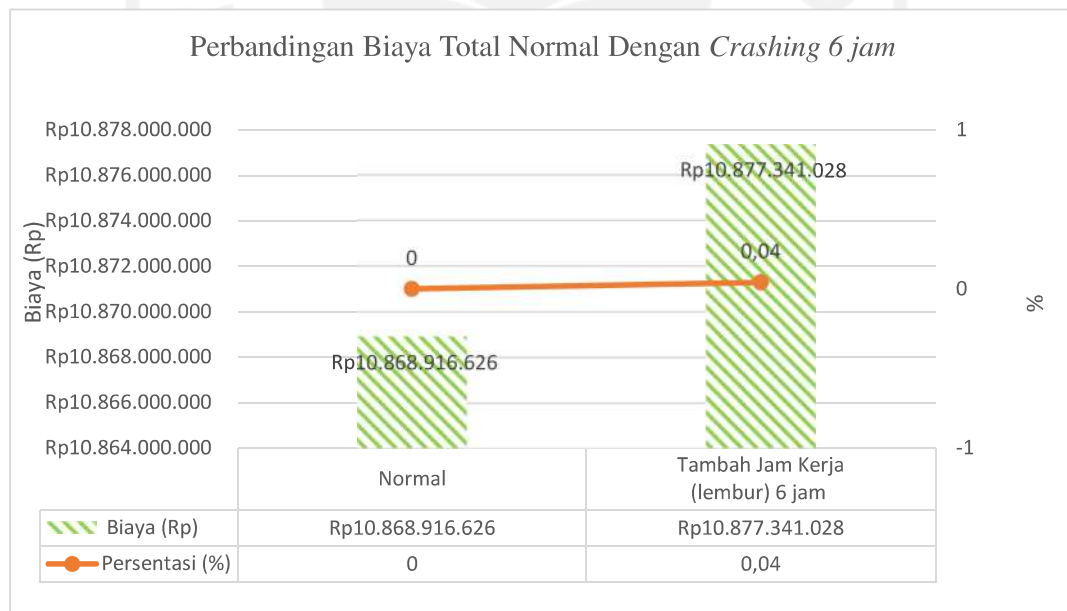
Secara keseluruhan total biaya proyek mengalami kenaikan sebesar **0,08%** yaitu dari biaya semula sebesar Rp10.868.916.625,88 menjadi **Rp10.877.341.028,07**.



Gambar 5.29 Grafik Perbandingan Biaya Langsung dengan *Crashing* Lembur 6 Jam



Gambar 5.30 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung dengan *Crashing* Lembur 6 Jam



Gambar 5.31 Grafik Perbandingan Biaya Total dengan *Crashing* Lembur 6 Jam

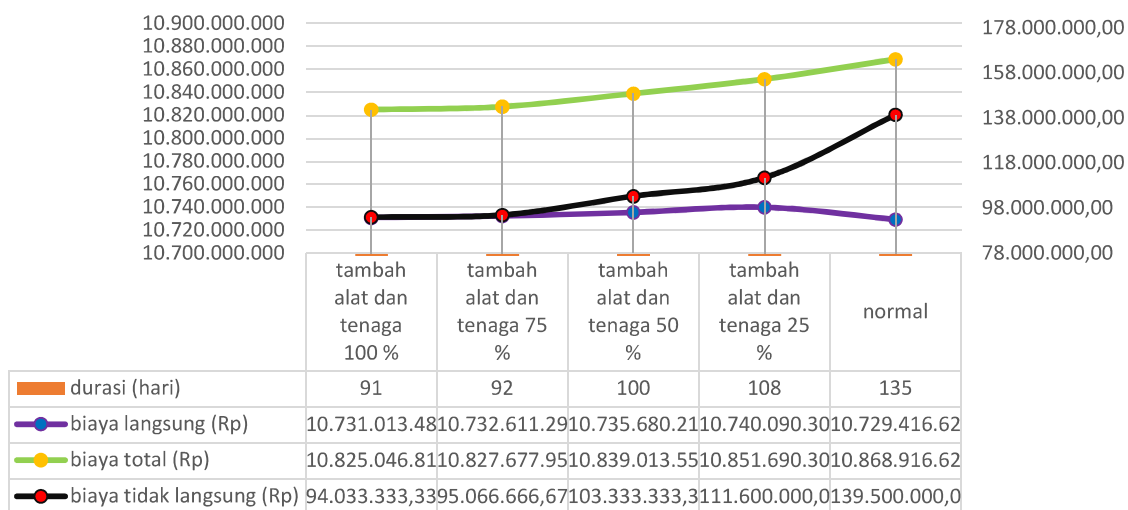
5.7.3.2. Analisis Waktu dan Biaya pada *Crashing* dengan Penambahan Alat dan Tenaga

Pada perhitungan *crashing* menggunakan alternatif variasi penambahan alat dan tenaga sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100% didapatkan durasi *crash* dan biaya *crash* sebagai berikut:

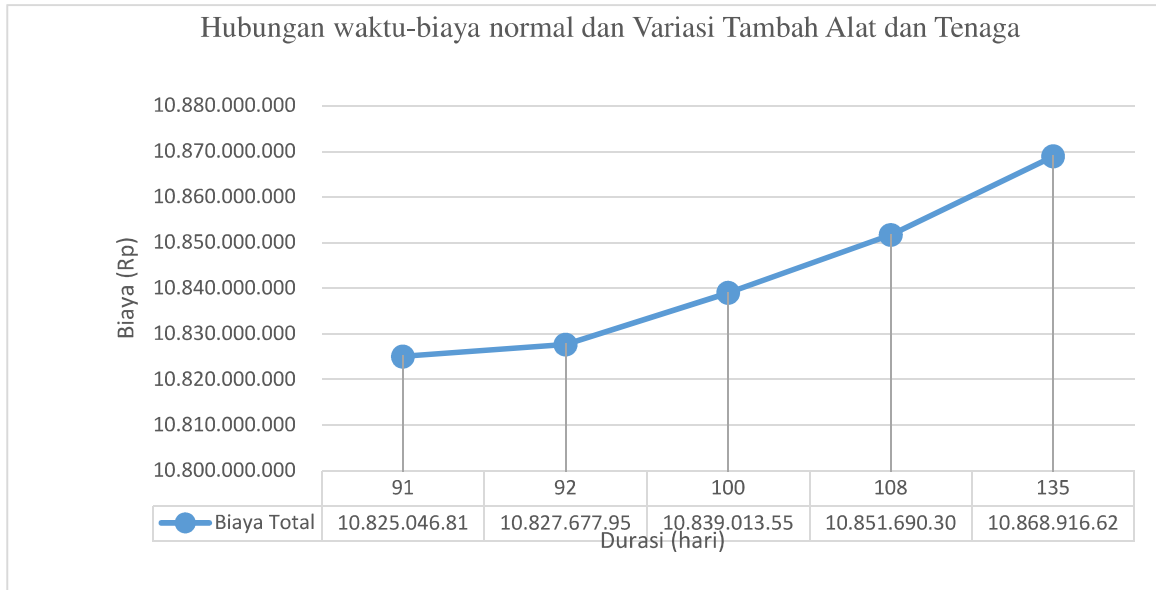
Tabel 5.35 Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal terhadap durasi *crash* dengan tambah tenaga

Kondisi	Durasi	Biaya Total (Rp)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)
		(a) = (b) + (c)	(b)	(c)
Normal	135	10.868.916.625,88	10.729.416.625,88	139.500.000,00
Tambah tenaga 25%	108	10.851.690.303,78	10.740.090.303,78	111.600.000,00
Tambah tenaga 50%	100	10.839.013.552,22	10.735.680.218,89	103.333.333,33
Tambah tenaga 75%	92	10.827.677.957,68	10.732.611.291,02	96.066.666,67
Tambah tenaga 100%	91	10.825.046.816,96	10.731.013.483,62	94.033.333,33

Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi *crash* akibat tambah alat dan tenaga



Gambar 5.32 Grafik Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi *crash* tambah alat dan tenaga



Gambar 5.33 Grafik Hubungan waktu-biaya normal dan Tambah Alat dan Tenaga

Pada variasi penambahan alat dan tenaga mengalami penurunan biaya total dari biaya normal. Penurunan biaya total pada masing-masing variasi tambah alat dan tenaga dipengaruhi oleh biaya langsung yang mengalami kenaikan dari biaya langsung normal yaitu biaya upah penambahan alat dan tenaga, dan biaya tidak langsung turun drastis berdasarkan durasi yang didapat.

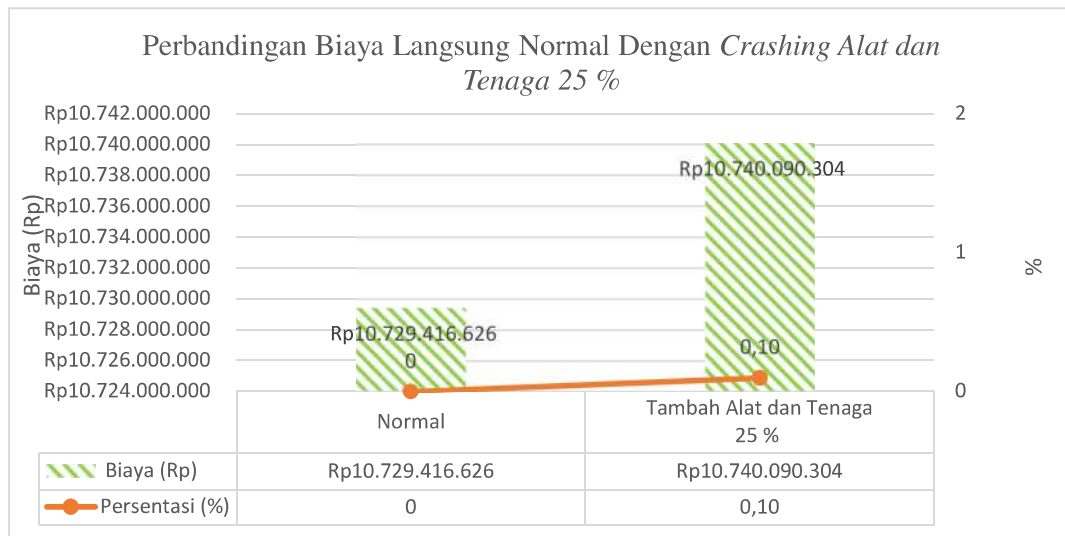
Perubahan waktu dan biaya sebelum dan sesudah dilakukan *crashing* secara rinci dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Tambah alat dan tenaga sebesar 25%

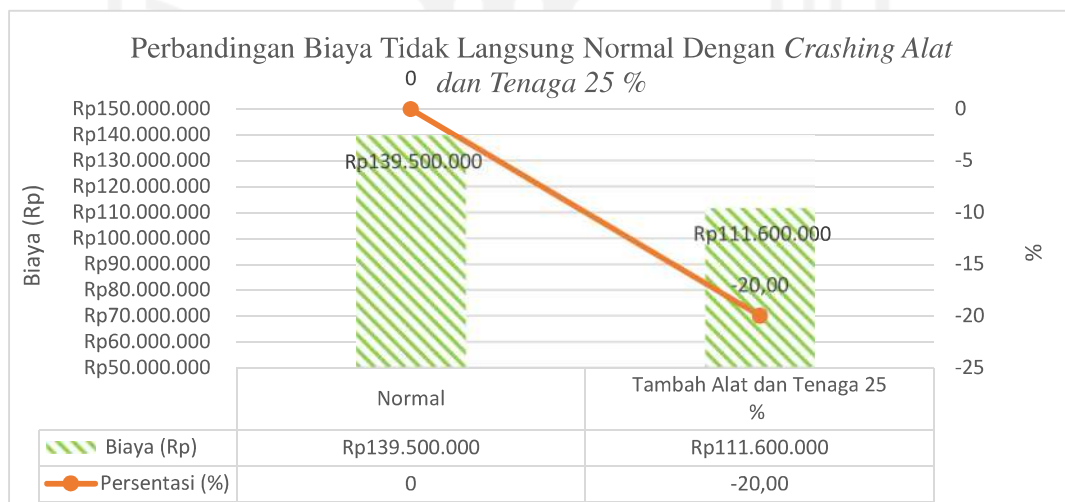
Penambahan alat dan tenaga sebesar 25% terjadi pengurangan waktu selama **27 hari** dari waktu normal selama 135 hari menjadi **108 hari**. Dampak dari perubahan biaya dan waktu proyek sebelum dilakukan *crashing* dengan setelah dilakukan *crashing* dengan alternatif penambahan alat dan tenaga sebesar 25% menghasilkan kenaikan **biaya langsung (direct cost)** sebesar **Rp 10.740.090.303,78** dari biaya langsung awal sebesar Rp10.729.416.625,88 atau dapat diartikan biaya langsung mengalami kenaikan sebesar **0,10%**. Akibat durasi waktu proyek yang dipercepat selama 27 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 108 hari mengakibatkan biaya **tidak langsung (indirect cost)** yang mengalami penurunan biaya menjadi **Rp139.500.000**

dari yang semula Rp111.600.000 atau mengalami penurunan sebesar **20,00%**.

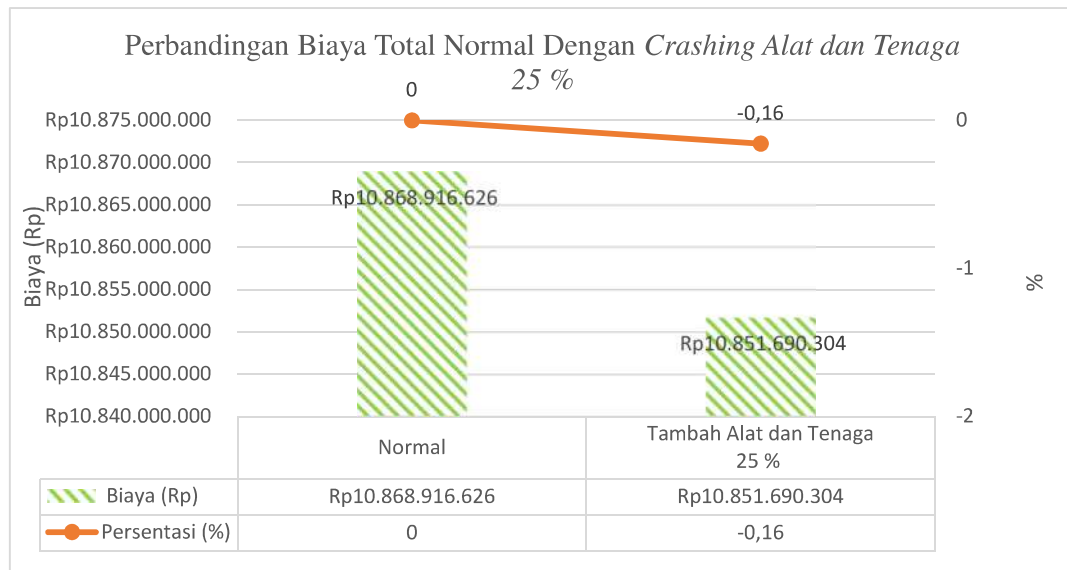
Secara keseluruhan total biaya proyek mengalami penurunan sebesar **0,16%** yaitu dari biaya semula sebesar Rp10.868.916.625,88 menjadi **Rp 10.851.690.303,78**.



Gambar 5.34 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 25%



Gambar 5.35 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 25%

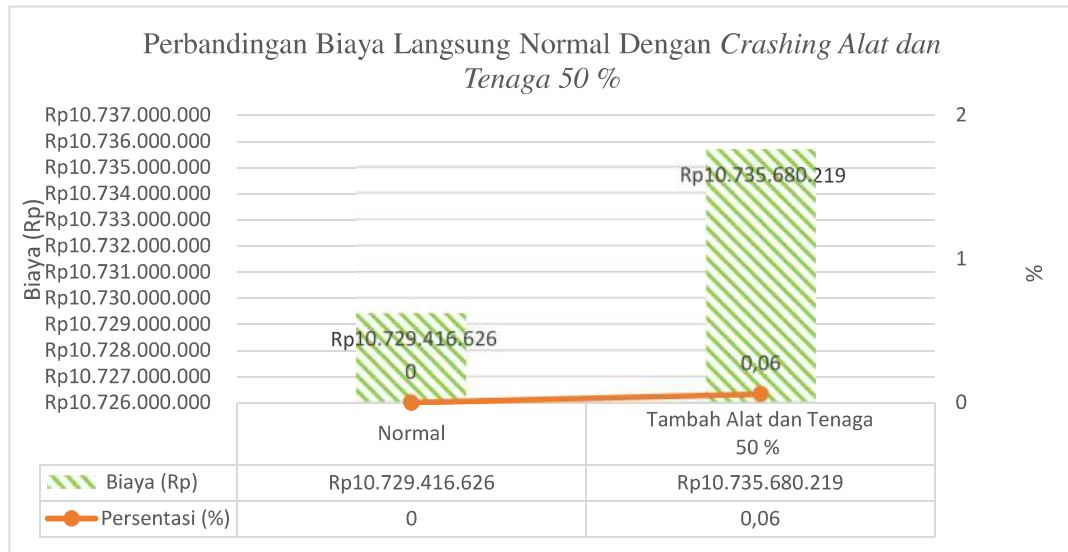


Gambar 5.36 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 25%

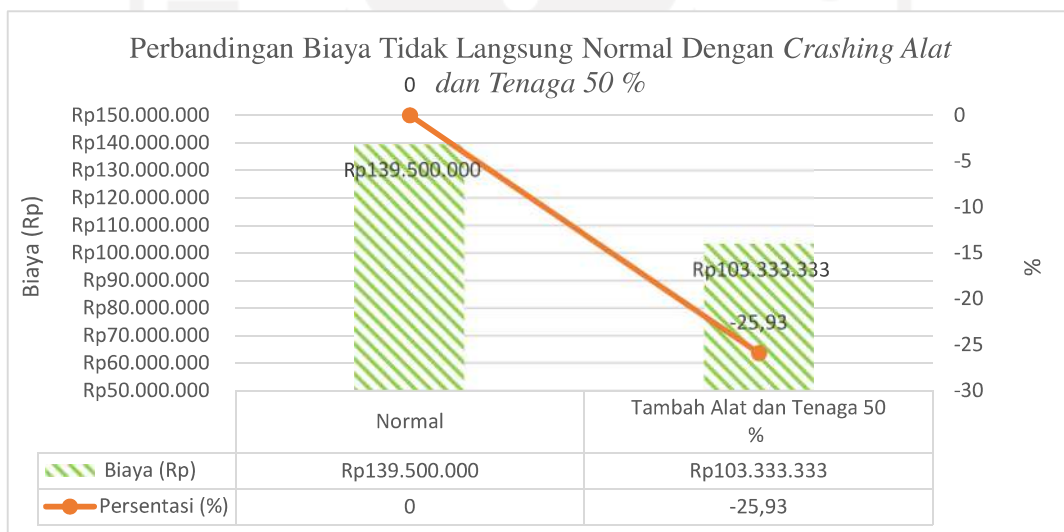
2. Tambah alat dan tenaga sebesar 50%

Penambahan alat dan tenaga sebesar 50% terjadi pengurangan waktu selama **35 hari** dari waktu normal selama 135 hari menjadi **100 hari**. Dampak dari perubahan biaya dan waktu proyek sebelum dilakukan *crashing* dengan setelah dilakukan *crashing* dengan alternatif penambahan alat dan tenaga sebesar 50% menghasilkan kenaikan **biaya langsung (*direct cost*)** sebesar **Rp10.735.680.218,89** dari biaya langsung awal sebesar Rp10.694.382.333,77 atau dapat diartikan biaya langsung mengalami kenaikan sebesar **0,06%**. Akibat durasi waktu proyek yang dipercepat selama 35 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 100 hari mengakibatkan biaya **tidak langsung (*indirect cost*)** yang mengalami penurunan biaya menjadi **Rp103.333.333,33** dari yang semula Rp139.500.000 atau mengalami penurunan sebesar **25,93%**.

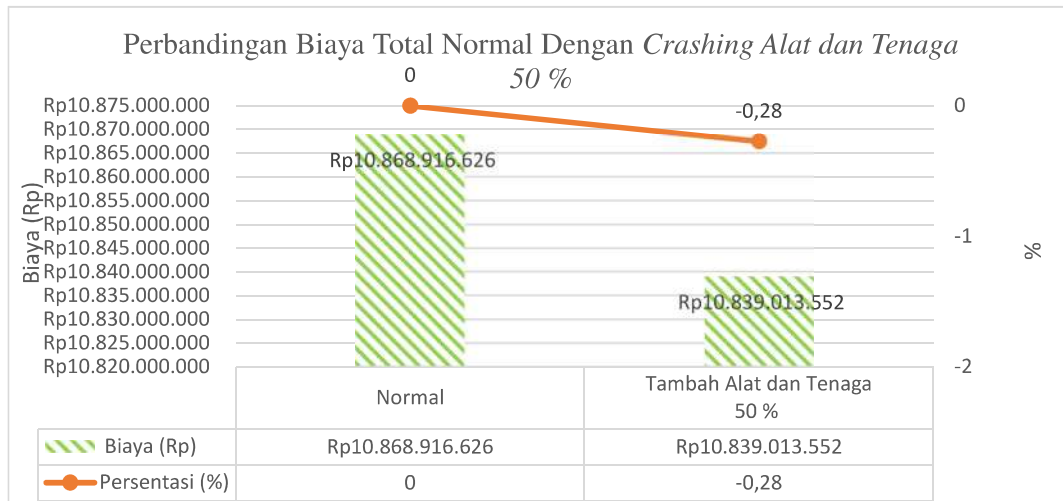
Secara keseluruhan total biaya proyek mengalami Penurunan sebesar **0,28%** yaitu dari biaya semula sebesar Rp10.868.916.625,88 menjadi **Rp10.839.013.552,22**.



Gambar 5.37 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 50%



Gambar 5.38 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 50%

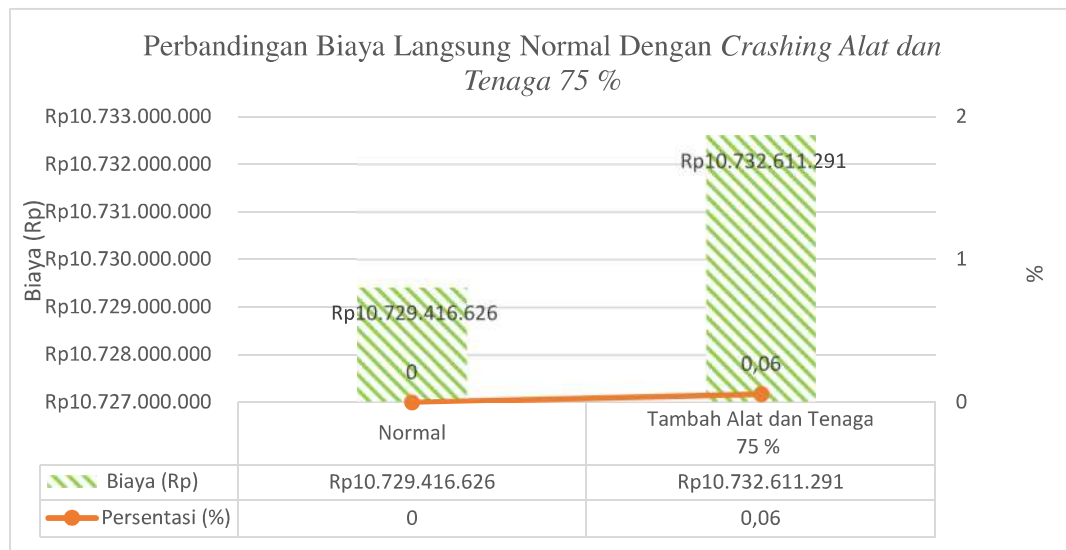


Gambar 5.39 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 50%

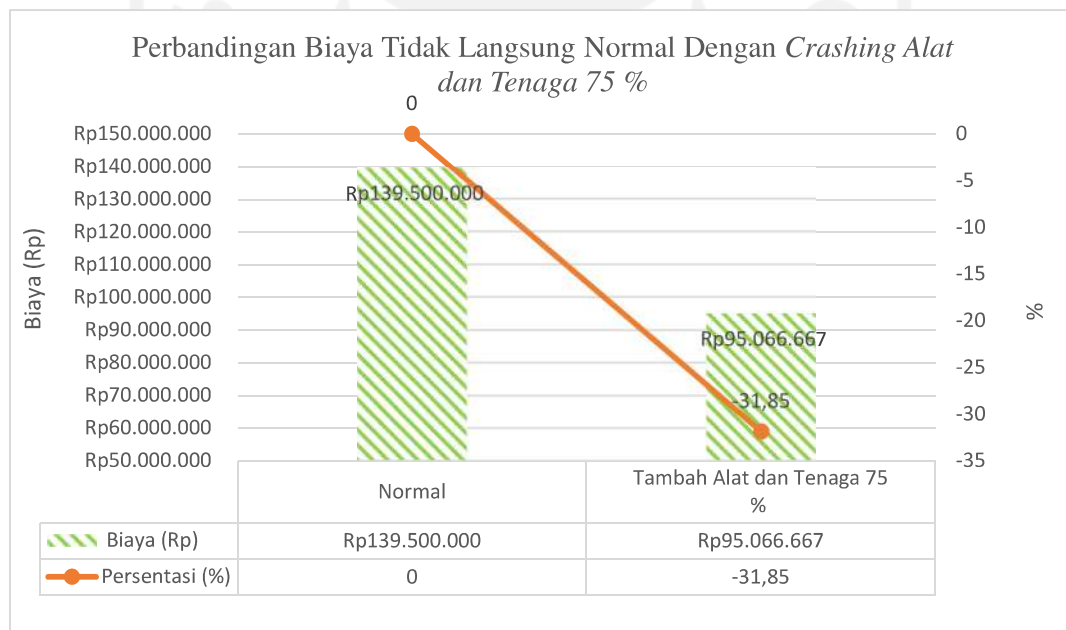
3. Tambah alat dan tenaga sebesar 75%

Penambahan alat dan tenaga sebesar 75% terjadi pengurangan waktu selama **43 hari** dari waktu normal selama 135 hari menjadi **92 hari**. Dampak dari perubahan biaya dan waktu proyek sebelum dilakukan *crashing* dengan setelah dilakukan *crashing* dengan alternatif penambahan alat dan tenaga sebesar 75% menghasilkan kenaikan **biaya langsung (*direct cost*)** sebesar **Rp10.732.611.291,02** dari biaya langsung awal sebesar Rp10.729.416.625,88 atau dapat diartikan biaya langsung mengalami kenaikan sebesar **0,06%**. Akibat durasi waktu proyek yang dipercepat selama 43 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 92 hari mengakibatkan biaya **tidak langsung (*indirect cost*)** yang mengalami penurunan biaya menjadi **Rp95.066.666,67** dari yang semula Rp139.500.000,00 atau mengalami penurunan sebesar **31,85%**.

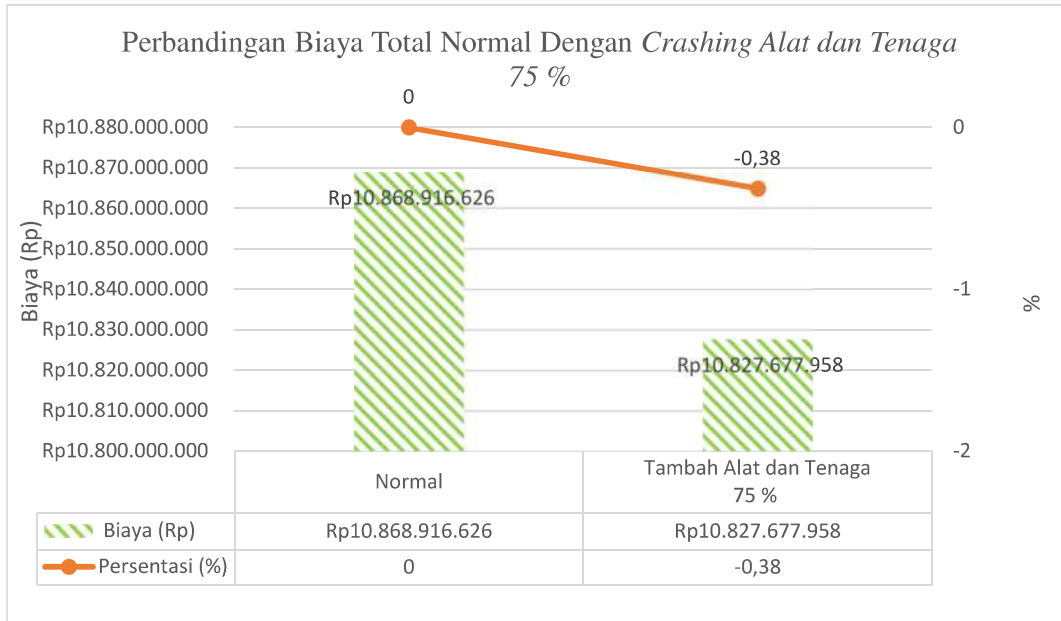
Secara keseluruhan total biaya proyek mengalami Penurunan sebesar **0,38%** yaitu dari biaya semula sebesar Rp11.216.382.333,77 menjadi **Rp10.827.677.957,68**.



Gambar 5.40 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 75%



Gambar 5.41 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 75%

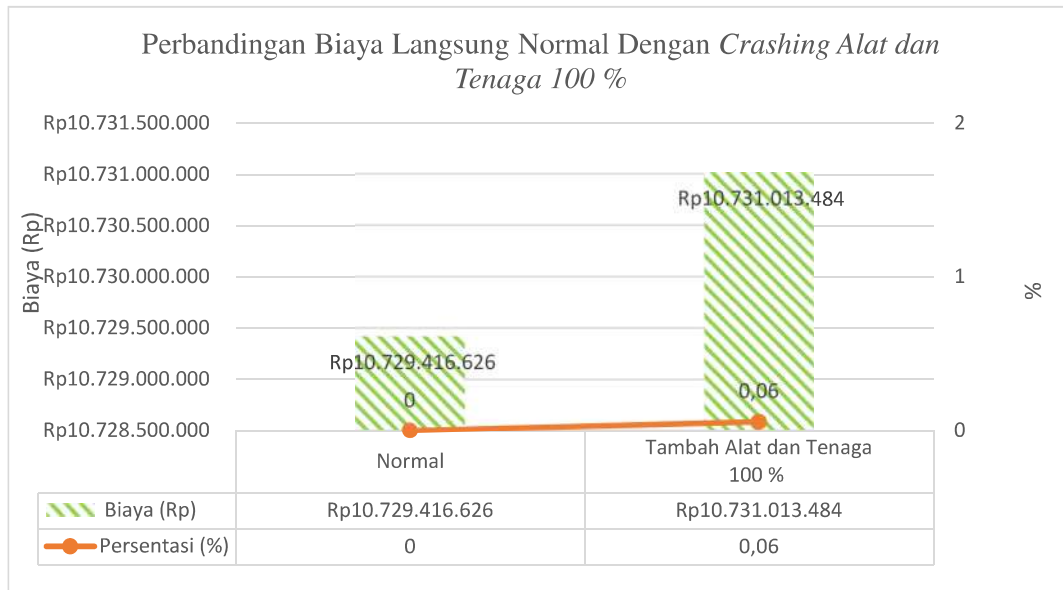


Gambar 5.42 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 75%

4. Tambah alat dan tenaga sebesar 100%

Penambahan alat dan tenaga sebesar 100% terjadi pengurangan waktu selama **44 hari** dari waktu normal selama 135 hari menjadi **91 hari**. Dampak dari perubahan biaya dan waktu proyek sebelum dilakukan *crashing* dengan setelah dilakukan *crashing* dengan alternatif penambahan alat dan tenaga sebesar 100% menghasilkan kenaikan **biaya langsung (*direct cost*)** sebesar **Rp10.731.013.483,62** dari biaya langsung awal sebesar Rp10.729.416.625,88 atau dapat diartikan biaya langsung mengalami kenaikan sebesar **0,06%**. Akibat durasi waktu proyek yang dipercepat selama 44 hari dari durasi normal 135 hari menjadi 91 hari mengakibatkan biaya **tidak langsung (*indirect cost*)** yang mengalami penurunan biaya menjadi **Rp94.033.333,33** dari yang semula Rp139.500.000,00 atau mengalami penurunan sebesar **31,85%**.

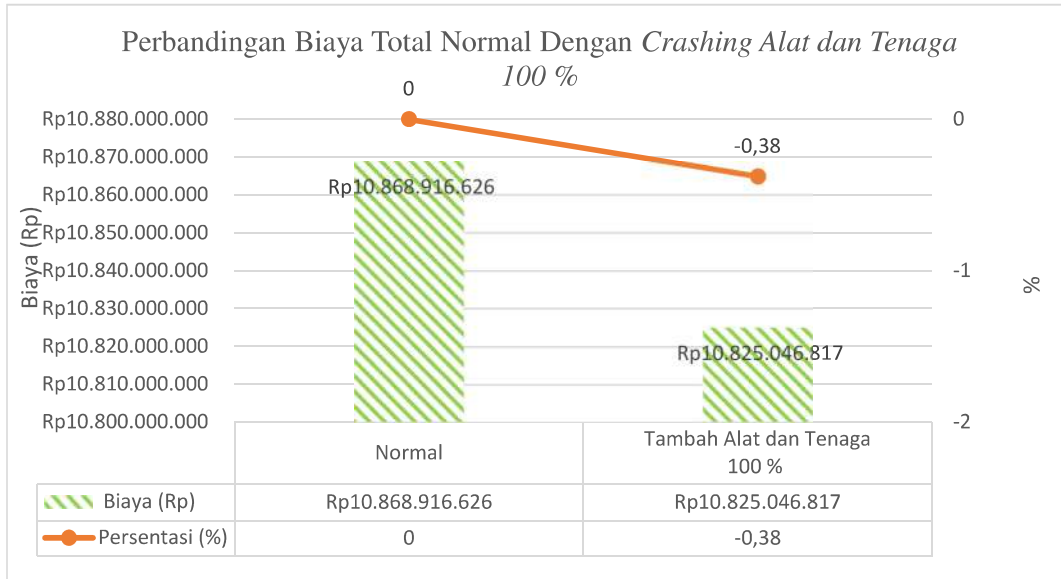
Secara keseluruhan total biaya proyek mengalami penurunan sebesar **0,38%** yaitu dari biaya semula sebesar Rp11.216.382.333,77 menjadi **Rp10.825.046.816,96**.



Gambar 5.43 Grafik Perbandingan Biaya Langsung Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 100%



Gambar 5.44 Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 100%



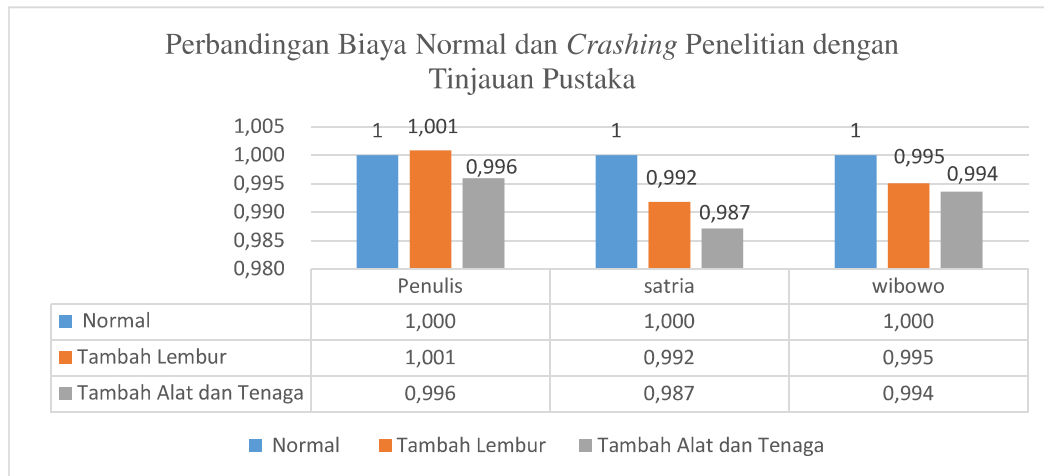
Gambar 5.45 Grafik Perbandingan Biaya Total Normal dengan *Crashing* Tambah Alat dan Tenaga sebesar 100%

5.7.5. Perbandingan Analisis Percepatan (*Crashing*) Waktu dan Biaya Penelitian dengan Tinjauan Pustaka

Untuk memberikan gambaran terkait perbandingan percepatan waktu dan biaya pada penelitian ini dengan tinjauan pustaka yang melakukan percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat dan tenaga yang ditunjukkan pada Tabel 5.35 dan Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5.36 Perbandingan Waktu Normal dan Waktu *Crashing* Penelitian dengan Tinjauan Pustaka

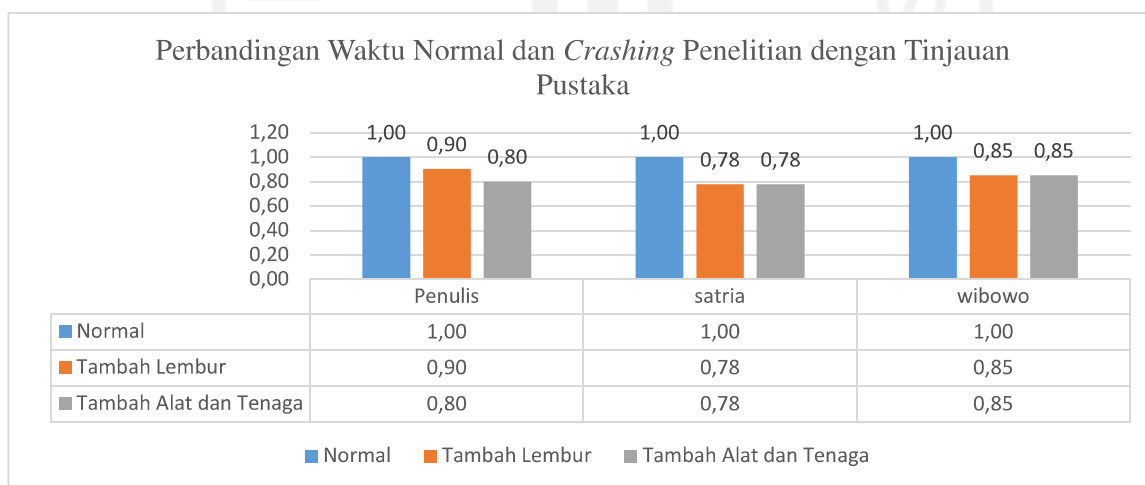
	Durasi (Hari)	Penulis	Satria (2016)	Wibowo (2016)
Normal	(A)	135	99	115
<i>Crashing</i> Dengan Tambah Jam Kerja (Lembur)	(B)	112	77	97,92
Selisih Durasi	(C) = (A) – (B)	13	22	17,08
<i>Crashing</i> Dengan Tambah Alat dan Tenaga	(D)	108	77	97,92
Selisih Durasi	(E) = (A) – (C)	27	22	17,08



Gambar 5.46 Grafik Perbandingan Biaya Normal dan *Crashing* Penelitian dengan Tinjauan Pustaka

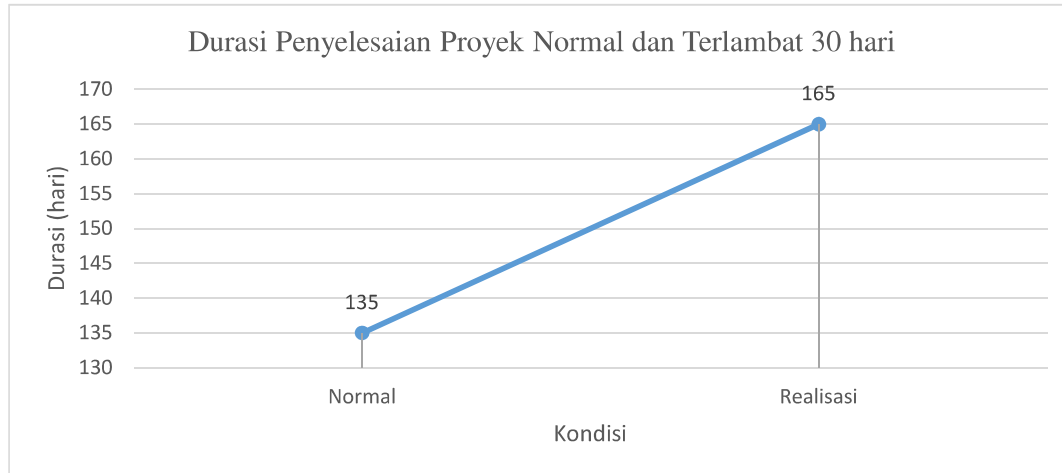
Tabel 5.37 Perbandingan Biaya Normal dan Waktu *Crashing* Penelitian dengan Tinjauan Pustaka

Total Biaya (Rp)	Penulis	Satria (2016)	Wibowo (2016)
Normal	10.868.916.625,88	4.615.591.176,00	6.071.194.804,00
Rasio	1,000	1,000	1,000
Tambah Jam Kerja (Lembur)	10.877.341.028,07	4.577.634.143,92	6.041.418.149,56
Rasio	1,001	0,992	0,995
Tambah Alat dan Tenaga	10.825.046.816,96	4.556.280.590,27	6.032.372.481,17
Rasio	0,996	0,987	0,994



Gambar 5.47 Grafik Perbandingan Waktu Normal dan *Crashing* Penelitian dengan Tinjauan Pustaka

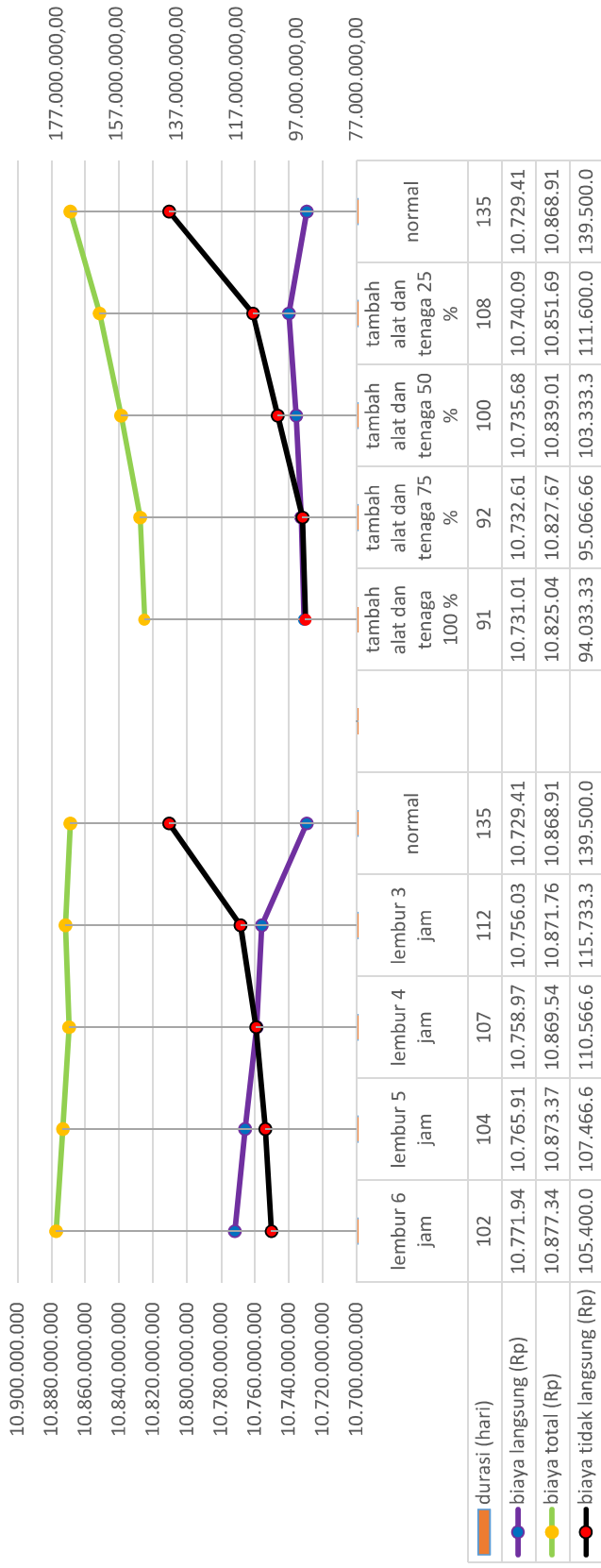
5.7.6. Percepatan (*Crashing*) Waktu dan Biaya Menggunakan Penambahan Jam Kerja (Lembur) dan Penambahan Alat dan Tenaga Terhadap Proyek Jalan Yang Akan Datang



Gambar 5.48 Grafik Perbandingan Durasi Penyelesaian Proyek Normal dan Terlambat 30 hari

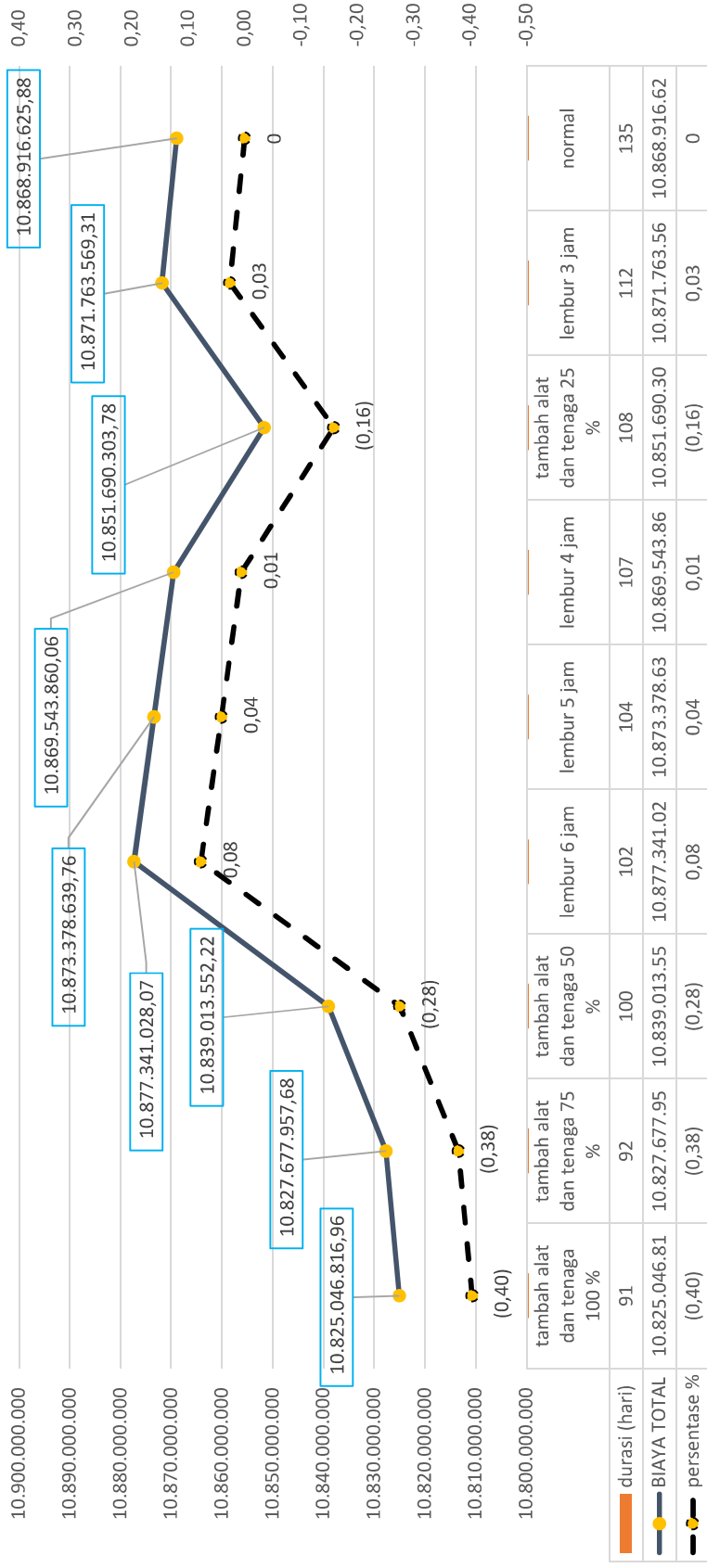
Berdasarkan data perencanaan Proyek Pembangunan Jalan Simp.4 Kaliorang – Talisayan Kalimantan Timur diperoleh waktu (durasi) penyelesaian pekerjaan dengan kondisi normal adalah selama 135 hari, akan tetapi pada realisasi pelaksanaannya mengalami keterlambatan dari waktu penyelesaian rencana sebesar 30 hari atau 22,5 % sehingga durasi penyelesaian proyek menjadi 165 hari dari waktu (durasi) penyelesaian normal sebesar 135 hari. Dari data tersebut maka perlu dilakukan adanya percepatan (*crashing*) waktu dan biaya untuk mengatasi keterlambatan penyelesaian proyek pembangunan jalan yang akan datang. Pada penelitian ini dilakukan percepatan (*crashing*) waktu dan biaya dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan alternatif penambahan alat dan tenaga dengan tujuan mendapatkan durasi percepatan untuk mengatasi keterlambatan proyek pembangunan jalan yang akan datang. Pada penelitian ini dilakukan alternatif variasi penambahan jam kerja (lembur) dan variasi penambahan alat dan tenaga, pada Gambar 5.48 & 5.49 disajikan hasil akhir dari percepatan menggunakan dua alternatif tersebut.

Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi crash akibat lembur dan tambah alat dan tenaga



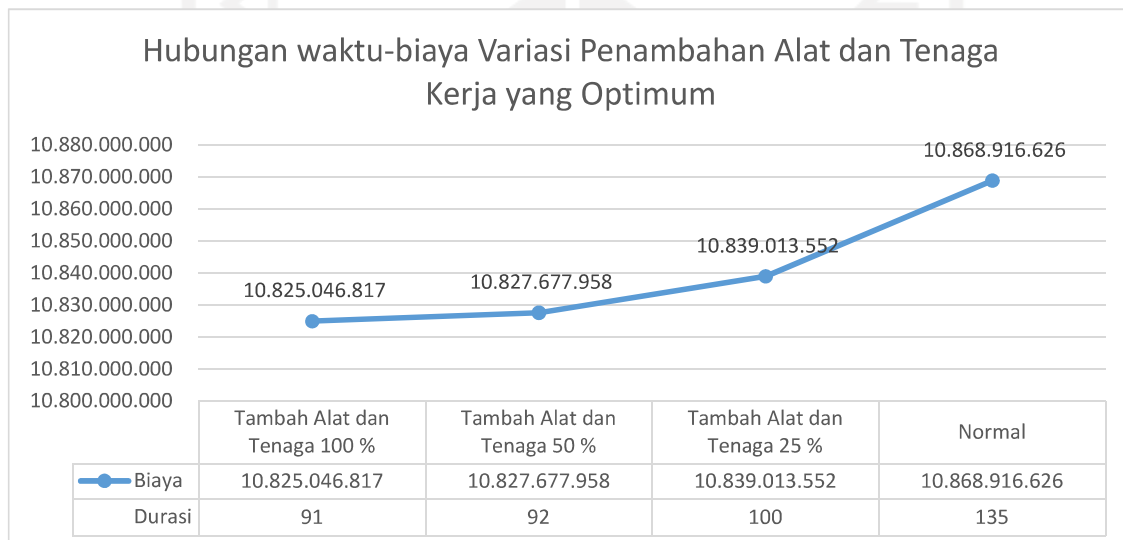
Gambar 5.49 Perbandingan antara biaya tidak langsung, biaya langsung, dan biaya total pada durasi normal dengan durasi crash akibat lembur dan tambah alat dan tenaga

Hubungan waktu-biaya normal Variasi Lembur dan Variasi Penambahan alat dan tenaga kerja



Gambar 5.50 Grafik Hubungan waktu-biaya normal Variasi Lembur dan Variasi Tambah Alat dan Tenaga

Berdasarkan Gambar 5.49 alternatif penambahan alat dan tenaga yang memungkinkan untuk dipilih sebagai bahan pengambilan keputusan dalam pembangunan jalan yang akan datang dari pada alternatif penambahan jam kerja (lembur). Pada alternatif penambahan alat dan tenaga biaya total didapat cenderung terjadi penurunan, dimana ada tiga variasi penambahan alat dan tenaga yang biaya totalnya di bawah atau lebih murah dibandingkan dengan biaya total kondisi normal yaitu pada alternatif penambahan alat dan tenaga sebesar 50%, penambahan alat dan tenaga sebesar 75% dan penambahan alat dan tenaga sebesar 100%, seperti pada Gambar 5.54 di bawah ini.



Gambar 5.51 Hubungan waktu-biaya normal Variasi Tambah Alat dan Tenaga yang Optimum

Dari ketiga alternatif pada Gambar 5.51 di atas tersebut yang paling optimum adalah pada penambahan alat dan tenaga dengan variasi penambahan sebesar 100%. Pada penambahan alat dan tenaga sebesar 100% didapatkan durasi *crash* selama 91 hari dengan total biaya **Rp 10.825.046.817** atau terjadi penurunan sebesar **0,40%**, oleh karena itu alternatif yang paling optimum diambil variasi penambahan alat dan tenaga sebesar 100%.

5.7.7. Akibat Penambahan Jam Kerja (Lembur) dan Penambahan Alat dan Tenaga

5.7.6.1. Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Pada percepatan menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) produktivitas alat dan tenaga akan mengalami penurunan pada masing-masing penambahan jam lemburnya, hal ini disebabkan beberapa faktor diantaranya: kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari, dan faktor keadaan cuaca yang dingin saat malam hari. Biaya pada alternatif penambahan jam kerja ini terjadi kenaikan upah alat dan tenaga kerja serta akan munculnya biaya-biaya akibat adanya lembur diluar upah alat dan tenaga kerja seperti biaya manajemen proyek dan biaya operasional proyek. Penambahan biaya akibat adanya lembur ini dikarenakan pekerjaan lembur dilakukan pada malam hari, sehingga perlu adanya biaya operasional lapangan terkait penerangan pada malam hari agar membantu alat dan tenaga dalam keterbatasan penglihatan pada malam hari. Selaian adanya penambahan biaya operasional lapangan, juga terjadi penambahan biaya manajemen proyek yang bertugas dalam mengontrol pekerjaan pada saat dilakukan lembur.

5.7.6.2. Penambahan Alat dan Tenaga

Pada percepatan menggunakan variasi alternatif penambahan alat dan tenaga produktivitas alat dan tenaga didapatkan alternatif yang optimum yaitu pada penambahan alat dan tenaga sebesar 100%, dimana durasi *crash* didapatkan sebesar 91 hari dengan biaya mengalami penurunan sebesar 0,40%. Akan tetapi pada variasi penambahan alat dan tenaga sebesar 100% bukan merupakan batas penambahan alat dan tenaga kerja agar tidak mengalami penurunan produktivitas karena pembangunan jalan yang tidak terbatas oleh ruang jadi tidak berlaku terhadap kepadatan alat dan tenaga.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran pada bab ini memuat uraian mengenai kesimpulan dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan dan diberikan saran-saran yang terkait penelitian ini.

6.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis percepatan (*crashing*) menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan menggunakan alternatif penambahan alat dan tenaga kerja pada proyek Pembangunan Jalan Kaliorang – Talisayan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada alternatif variasi penambahan jam kerja (lembur) didapatkan waktu dan biaya optimum adalah lembur 4 jam, didapatkan durasi crash 104 hari dengan biaya total sebesar Rp. 10.869.543.860,06.
2. Pada alternatif variasi penambahan alat dan tenaga kerja didapatkan waktu dan biaya optimum adalah penambahan alat dan tenaga sebesar 100%, didapatkan durasi crash 91 hari dengan biaya total sebesar Rp 10.852.046.816,96
3. Hasil dari alternatif yang paling optimum dari kedua alternatif adalah pada alternatif penambahan alat dan tenaga kerja sebesar 100%, didapatkan durasi *crash* menjadi **91 hari** dari durasi normal sebesar 135 Hari atau terjadi percepatan durasi sebesar **44 hari**, dengan didapatkan biaya total sebesar **Rp10.825.046.816,96** dari biaya total normal sebesar Rp10.868.916.625,88 atau terjadi **penurunan** biaya total sebesar **0,40%**

6.2. SARAN

Berdasarkan hasil dari analisis percepatan (*crashing*) menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan menggunakan alternatif penambahan alat dan tenaga kerja pada proyek Pembangunan Jalan Kaliorang – Talisayan dapat disarankan sebagai berikut:

1. hasil simulasi crash program ini dapat digunakan oleh kontraktor untuk Menyusun project planning dan scheduling sehingga proyek tidak terlambat
2. Bagi peneliti perlu ada tinjauan khusus terkait biaya tidak langsung, karena merupakan salah satu unsur terpenting dalam mengestimasi suatu perencanaan atau penawaran terhadap pelaksanaan proyek
3. Bagi pemerintah hasil simulasi crash program ini bisa menjadi dasar untuk memperbaiki keterlambatan pada proyek jalan yang ada



DAFTAR PUSTAKA

- Al Riyati, A. I. (2013). “*An Overhead Cost Assessment for Construction Projects in Gaza Strip*”. Thesis, Civil Engineering Department Engineering Project Management, Islamic University of Gaza Deanery.
- Amani. W., Helmi., Beni. I. 2012. Perbandingan Aplikasi CPM, PDM, dan Teknik *Bar Chart*-Kurva S pada Optimasi Penjadwalan Proyek. Jurnal *American Association of Cost Engineering (AACE)*. 2015. *Skills And Knowledge of Cost Engineering, 6rd Edition*. West Virginia: ACE.
- Arianto, A. 2010. Eksplorasi Metode *Bar Chart*, CPM, PDM, PERT, *Line of Balance* dan *Time of Chainage Diagram* dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi. Tesis.
- Arikunto, S. 2002. Metodologi Penelitian Suatu Pendekatan Proposal. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Darmadi, A. 2019. Analisa Percepatan Durasi Denga Metode “Time Cost Trade Off” Pada Proyek Peningkatan Jalan Bukit Seribu (LAPEN-RIGID) Kota Samarinda. Tugas Akhir.
- Ervianto, W.I, 2004. *Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Penerbit: Andi, Yogyakarta.
- Fadly, 2017. Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pemeliharaan Jalan Harun Nafsi – HM Rifadin Samarinda Kalimantan Timur. Tesis.
- Hesami, S., dan Lavasani, S. A. (2014). “*Identifying and Classifying Effective Factors Affecting Overhead Costs in Constructing Projects in Iran*”. *International Journal of Construction Engineering and Management*, 3(1), 24–41.
- Husen, Abrar, 2011. *Manajemen Proyek*. Penerbit : Andi, Yogyakarta.
- Jayadewa, O. F. 2016. *Pemodelan Biaya Tak Langsung Proyek Konstruksi di PT Wijaya Karya*. Tugas Akhir, Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh November.

Kaming, Peter F., Olomolaiye, Paul O., Holt, Gary D., & Harris, Frank C. (1997). *Factors Influencing Construction Time and Cost Overruns on High-Rise Projects in Indonesia. Construction Management and Economics, 15:1, 83-94.*

Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004

Khinasih, Arum P. 2017. *Evaluasi Waktu dan Biaya Dengan Metoda Crashing Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit UII.* Tesis, Program Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Nafdi, 2014. *Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Penyelesaian Proyek Jalan (Studi Kasus : Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Sumatera Barat).* Tesis.

Pamungkas, R. T. dan Hidayat, R. T. 2011. *Analisis Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi (The Analysis of Time Cost Trade Off on Construction Project).* Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro Semarang.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. NO. 11-PRT-M-2013 tentang analisis produktivitas.

Rani, Hafnidar A. 2016. *Manajemen Proyek Konstruksi,* Edisi Pertama. Penerbit: Deepublish, Yogyakarta.

Republik Indonesia. KEPMEN NO.102 Tahun 2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.

Satria, D. Y. 2016. *Analisis Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off.* Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional.* Erlangga : Jakarta.

- Thio, A. dan Tannady, H. 2016. *Analisis Pekerjaan Konstruksi dan Penentuan Jalur Kritis dengan Critical Path Methode (Studi Kasus Pekerjaan Renovasi pada Kantor Harvest Kemang)*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bunda Mulia, Jakarta Utara.
- Ujene, A. O., Idoro, G. I., dan Odesola, I. A. (2013). “*Contractors Perception of Effects of Project Overhead Costs on Building Project Performance in South-South of Nigeria*”. *Journal Civil Engineering Dimension*, 15(2), 102–113.
- Ulya, Wildan Musabiq. 2015. *Percepatan Waktu Proyek Konstruksi dengan Metode Cut and Crashing (Proyek Pembangunan Lanjutan Gedung Ma’had Putera/Puteri Stain Jember)*. Jember: Universitas Jember.
- Wahyudi, R dan Indra Yono, C: 2006. Pengaruh Keterlambatan Proyek Terhadap Pembengkakan Biaya Proyek. Universitas Kristen Petra, Surabaya
- Wibowo, D. W. 2016. *Analisis Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Widiasanti, I. dan Lenggogeni. 2013. *Manajemen Konstruksi*. Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- Yamit, Zulian. 2001. *Manajemen Kualitas Produk & Jasa*. Penerbit: Ekonisia, Yogyakarta.