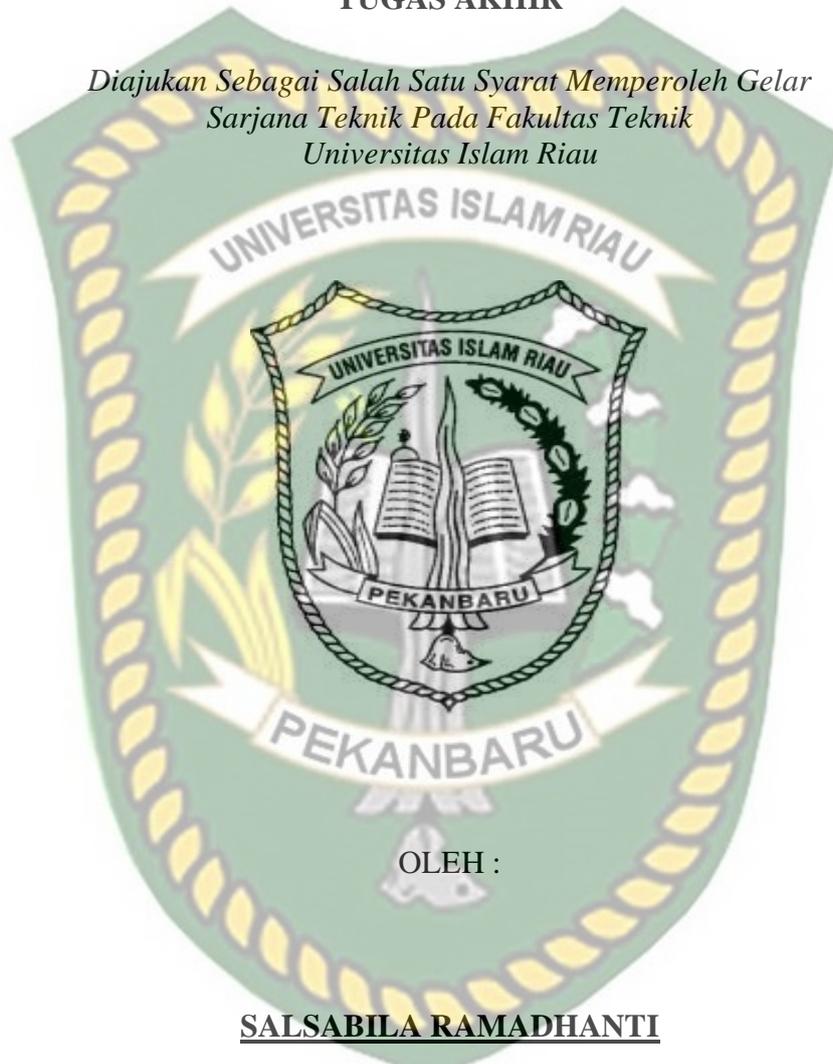


**PENERAPAN *CRASH DURATION* PADA PELAKSANAAN PROYEK
PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH TERPADU POLITEKNIK NEGERI
BENGKALIS**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau*



OLEH :

SALSABILA RAMADHANTI

173110197

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PENERAPAN *CRASH DURATION* PADA PELAKSANAAN PROYEK
PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH TERPADU POLITEKNIK NEGERI
BENGKALIS

DISUSUN OLEH

SALSABILA RAMADHANTI
NPM. 173110197

Diperiksa dan Disetujui oleh :

Dr. Elizar, S.T., M.T.
Pembimbing


Tanggal : 04 Februari 2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENERAPAN *CRASH DURATION* PADA PELAKSANAAN PROYEK
PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH TERPADU POLITEKNIK NEGERI
BENGKALIS

DISUSUN OLEH

SALSABILA RAMADHANTI
NPM. 173110197

Telah disetujui didepan Dewan Penguji pada tanggal 06 Januari 2022 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


Dr. Elizar, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing


Sapitri, S.T., M.T.
Dosen Penguji


Firman Syarif, S.T., M.Eng.
Dosen Penguji

Pekanbaru, Februari 2022
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK

Dr.Eng. Muslim, ST., MT.
Dekan

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (strata satu), baik di Universitas Islam Riau maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain kecuali secara jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka.
4. Penggunaan *software* komputer bukan menjadi tanggung jawab Universitas Islam Riau.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan bila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademis dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, Februari 2022

SALSABILA RAMADHANTI
NPM. 173110197

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbil ‘alamin, segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Penerapan *Crash Duration* Pada Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis”. Tugas akhir ini sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Program Sarjana Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

Adapun alasan dalam pengambilan judul ini adalah penulis ingin mengetahui durasi percepatan penyelesaian proyek, biaya akibat percepatan penyelesaian pekerjaan proyek, serta faktor penyebab keterlambatan pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis.

Penulis berharap Tugas Akhir ini bermanfaat bagi seluruh pembaca terutama Mahasiswa Teknik Sipil sebagai referensi Tugas Akhir kedepannya. Pada Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan, oleh karena itu sangat diharapkan adanya kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, 06 Januari 2022

Penulis

Salsabila Ramadhanti

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., MCL., selaku Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, S.Si., M.Sc., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, S.T., M.T., selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom., selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, S.T., M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan selaku Dosen Penguji I.
8. Ibu Dr. Elizar, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing dalam Tugas Akhir ini.
9. Bapak Firman Syarif, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji II dalam Tugas Akhir ini.
10. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
11. Bapak dan Ibu seluruh Staff Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

12. Teristimewa orang tua penulis Bapak Hadi Penandio dan Ibu Maharani yang telah memberikan kasih sayang, doa yang tiada henti serta dukungan baik moral maupun material kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Adik - adik tercinta Annisa Ramadhania dan M. Dzaki Fadillah yang telah memberikan canda tawa, doa yang tiada henti serta dukungan baik moral maupun material kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tuga Akhir ini.
14. Kawan seperjuangan di kala suka dan duka selama perkuliahan yakni Anggela Geovani F, Mega Sukmawati, Nanda Eliza, Diki Wahyudi, Alya Aqilla, Widya Ningsih, dan Yuni Melina yang telah menjadi teman yang selalu memotivasi untuk penyelesaian skripsi ini.
15. Kawan – kawan seperjuangan di Kelas D untuk suka dan duka yang kita lalui selama masa perkuliahan.
16. Teman – teman Angkatan 2017 untuk suka dan duka yang kita lalui selama masa perkuliahan.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, 06 Januari 2022

Penulis

Salsabila Ramadhanti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iiiv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum.....	4
2.2 Penelitian Terdahulu.....	4
2.3 Keaslian Penelitian.....	6
BAB III LANDASAN TEORI	8

3.1	Proyek Konstruksi	8
3.2	Manajemen Proyek.....	8
3.3	Penjadwalan Proyek	10
3.4	Rencana Anggaran Biaya	11
3.5	Jaringan Kerja (<i>Network Planning</i>).....	12
3.6	Pengendalian Proyek	21
3.7	Metode Crashing	23
3.7.1	Hubungan waktu dan biaya.....	25
3.7.2	Alternatif Penambahan jam kerja (lembur).....	26
3.7.3	Alternatif Mengadakan Sistem <i>Shift</i> Kerja	32
3.8	<i>Microsoft Project 2016</i>	35
BAB IV METODE PENELITIAN.....		38
4.1	Umum.....	38
4.2	Lokasi Penelitian	39
4.3	Pengumpulan Data.....	40
4.4	Tahapan Penelitian	40
4.5	Cara Analisa Data.....	44
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		46
5.1	Umum.....	46
5.2	Identifikasi Pekerjaan Kritis	48
5.3	Analisa Pada Durasi Pelaksanaan Pekerjaan	51
5.4	Analisa Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek	55
5.4.1.	Analisa Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja (lembur)	55
5.4.2.	Analisa Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek Dengan Mengadakan	

	Sistem <i>Shift</i> Kerja Malam	58
5.5	Analisa Biaya Pada Durasi Pelaksanaan (<i>Normal Cost</i>)	63
5.6	Analisa Biaya Akibat Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek	65
5.6.1.	Analisa Biaya Akibat Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur).....	65
5.6.2.	Analisa Biaya Akibat Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek Dengan Mengadakan <i>Shift</i> Kerja Malam.....	72
5.7	Pembahasan	78
5.7.1	Hasil Analisa Percepatan Penyelesaian Proyek	78
5.7.2	Perbandingan Durasi Dan Upah Pada Kedua Alternatif	79
5.7.3	Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Pada Proyek.....	81
	BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	83
6.1	Kesimpulan.....	83
6.2	Saran	84
	DAFTAR PUSTAKA	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu	6
Tabel 3.1 Koefisien Produktivitas Pekerjaan Pada Jam Lembur.....	27
Tabel 5.1 Rencana Anggaran Biaya Proyek	47
Tabel 5.2 Daftar Upah Tenaga Kerja Pada Proyek	48
Tabel 5.3 Hubungan Antar Kegiatan.....	49
Tabel 5.4 Hasil Analisa Pekerjaan Pada Durasi Normal.....	54
Tabel 5.5 Hasil Analisa Percepatan Penyelesaian Durasi Proyek Menggunakan Alternatif Penambahan Empat Jam Kerja (Lembur).....	57
Tabel 5.6 Hasil Analisa Percepatan Penyelesaian Durasi Proyek Alternatif Shift Kerja.....	62
Tabel 5.7 Hasil Analisa Biaya Normal.....	64
Tabel 5.8 Hasil Analisa Crash Cost Akibat Penambahan Empat Jam Kerja (Lembur).....	69
Tabel 5.9 Hasil Cost Slope	71
Tabel 5.10 Hasil Crash Cost Dengan Sistem Shift.....	75
Tabel 5.11 Hasil Cost Slope	77
Tabel 5.12 Rekapitulasi Perbandingan Durasi Dan Upah	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Proses Manajemen Proyek	9
Gambar 3.2	Node Pada Precedence Diagram Method	13
Gambar 3.3	Hubungan Kegiatan Finish to Start.....	14
Gambar 3.4	Hubungan Kegiatan Start to Start	15
Gambar 3.5	Hubungan Kegiatan Finish to Finish	16
Gambar 3.6	Hubungan Kegiatan Start to Finish.....	16
Gambar 3.7	Node PDM Perhitungan Ke Depan	17
Gambar 3.8	Node PDM Perhitungan Ke Belakang.....	19
Gambar 3.9	Siklus Pengendalian Proyek Konstruksi.....	22
Gambar 3.10	Penyimpangan Yang Terjadi Pada Pelaksanaan Proyek	23
Gambar 3.11	Hubungan Waktu dan Biaya	25
Gambar 3.12	Indikasi Penurunan Produktivitas Pekerja Akibat Lembur	27
Gambar 3.13	Lembaran kerja Microsoft Project 2016	36
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian	39
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian.....	43
Gambar 5.2	Grafik Perbandingan Normal Duration dan Crash Duration.....	80
Gambar 5.3	Grafik Perbandingan Normal Cost Dan Crash Cost.....	81

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** List Wawancara
- Lampiran 2** Hubungan Antar Pekerjaan
- Lampiran 3** Hasil Lintasan Kritis Pada Microsoft Project 2016
- Lampiran 4** Hasil Precedence Diagram Method Pada Microsoft Project 2016
- Lampiran 5** Pekerjaan Yang Berada di Jalur Kritis
- Lampiran 6** Hasil Rekapitulasi Analisa Pekerjaan Pada Durasi Pelaksanaan
- Lampiran 7** Hasil Rekapitulasi Analisa Crash Duration Alternatif Penambahan Jam Kerja
- Lampiran 8** Hasil Total Crash Duration Alternatif Lembur Pada Microsoft Project 2016
- Lampiran 9** Hasil Rekapitulasi Analisa Crash Duration Alternatif Sistem Shift
- Lampiran 10** Hasil Total Crash Duration Alternatif Shift Pada Microsoft Project 2016
- Lampiran 11** Hasil Rekapitulasi Analisa Biaya Normal
- Lampiran 12** Hasil Rekapitulasi Analisa Biaya Akibat Percepatan (Crash Cost) Menggunakan Alternatif Penambahan Jam Kerja
- Lampiran 13** Hasil Rekapitulasi Analisa Cost Slope Alternatif Lembur
- Lampiran 14** Hasil Rekapitulasi Analisa Biaya Akibat Percepatan (Crash Cost) Menggunakan Alternatif Sistem Shift⁹⁶
- Lampiran 15** Hasil Rekapitulasi Analisa Cost Slope Alternatif Sistem Shift

PENERAPAN *CRASH DURATION* PADA PELAKSANAAN PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH TERPADU POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Salsabila Ramadhanti
173110197

ABSTRAK

Berdasarkan data awal perencanaan, proyek diselesaikan dalam jangka waktu 206 hari kalender. Namun, pada pelaksanaan dilapangan ditemukan keterlambatan pelaksanaan konstruksi yang terjadi pada saat pembangunan struktur, sehingga penyelesaian proyek menjadi 296 hari kalender. Proyek tersebut mengalami keterlambatan dalam penyelesaian proyek konstruksi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui durasi percepatan (*crash duration*), mengetahui besar biaya akibat percepatan pelaksanaan pekerjaan, serta mengetahui faktor penyebab keterlambatan pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini ialah metode *crashing* atau metode percepatan durasi penyelesaian proyek. Metode *crash duration* tersebut menggunakan bantuan aplikasi komputer yaitu *Microsoft Project 2016*. *Microsoft Project 2016* digunakan untuk mengetahui kegiatan yang berada di jalur kritis. Sehingga, kegiatan yang berada di jalur kritis tersebut yang akan dilakukan percepatan durasi penyelesaian proyek (*crash duration*). Penelitian ini menganalisa percepatan penyelesaian durasi proyek dengan menggunakan dua alternatif yaitu menambah empat jam kerja (lembur) dan mengadakan sistem *shift* kerja malam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi percepatan pada alternatif penambahan empat jam kerja yaitu 198 hari selisih 16 hari dari durasi pelaksanaan dengan biaya mengalami kenaikan sebesar Rp 15.277.526.396. Sedangkan, menggunakan sistem *shift* kerja malam didapat durasi percepatan yaitu 170 hari selisih 44 hari dari durasi pelaksanaan dengan biaya mengalami kenaikan Rp 10.179.691.314. Faktor penyebab keterlambatan proyek antara lain faktor teknis pada pekerjaan pondasi, faktor transportasi, faktor cuaca, dan faktor pandemi *covid-19*.

Kata Kunci : *Crash duration*, Durasi, Keterlambatan, Lembur, Proyek, *Shift* Kerja.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam suatu proyek konstruksi dikatakan berhasil jika tujuan yang ditetapkan tercapai dan memenuhi standar biaya, waktu, dan mutu konstruksi. Menurut (Anggraeni, 2017) waktu merupakan salah satu faktor yang penting dalam penyelesaian suatu pekerjaan konstruksi. Pekerjaan konstruksi dapat dikatakan efisien jika waktu pelaksanaan sesuai dengan jadwal rencana. Sehingga dari penjelasan waktu tersebut dalam suatu pekerjaan konstruksi dapat dikatakan efisien jika tidak terjadi keterlambatan. Keterlambatan pelaksanaan konstruksi merupakan waktu pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang tidak dapat memenuhi rencana yang telah ditetapkan, sehingga menyebabkan beberapa pekerjaan menjadi tidak dapat diselesaikan sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan (Ervianto, 2004).

Berdasarkan data awal perencanaan, proyek diselesaikan dalam jangka waktu 206 hari kalender. Namun, pada pelaksanaan dilapangan ditemukan keterlambatan pelaksanaan konstruksi yang terjadi pada saat pembangunan struktur, sehingga penyelesaian proyek menjadi 296 hari kalender. Hal ini dapat dilihat dari kalender penyelesaian proyek, pada 206 hari kalender penyelesaian proyek baru mencapai 80,49 %. Sehingga, waktu penyelesaian proyek tidak sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan.

Untuk mengatasi keterlambatan pelaksanaan proyek yang panjang maka dilakukan percepatan pelaksanaan konstruksi, namun percepatan durasi proyek konstruksi dapat mengakibatkan peningkatan atau penambahan biaya. Sebelum menentukan percepatan waktu pelaksanaan proyek konstruksi, maka harus membuat diagram jaringan kerja (*network planning*). *Network Planning* atau jaringan kerja merupakan hubungan keterkaitan antar kegiatan dalam proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan (Widiasanti & Lenggogeni, 2013). Dengan terbentuknya jaringan kerja ini, maka dapat mengetahui kegiatan yang berada di jalur kritis. Jaringan kerja (*network planning*) yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Precedence Diagram Method* (PDM). Setelah mengetahui kegiatan-kegiatan

yang berada pada jalur kritis, maka selanjutnya dapat melakukan percepatan pelaksanaan proyek konstruksi. Metode yang digunakan untuk melakukan percepatan pelaksanaan proyek konstruksi adalah menggunakan pendekatan metode *crashing duration*. *Crashing* adalah suatu analisis yang sistematis secara analitik melakukan pengujian terhadap kegiatan dalam suatu proyek, yang dipusatkan pada kegiatan yang berada di jalur kritis (Sebastian dalam Anggraeni, 2017). Metode percepatan dapat dilakukan dengan beberapa alternatif, seperti menambah jumlah pekerja, memperpanjang waktu kerja atau lembur, menggunakan alat bantu yang lebih produktif, mengadakan *shift* pekerjaan, dapat menggunakan material yang lebih efektif, dan menggunakan metode konstruksi yang lebih cepat (Ervianto, 2004).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang Penerapan *Crash Duration* Pada Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa lama durasi penyelesaian proyek setelah dilakukan percepatan pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis?
2. Berapa besar biaya akibat percepatan pelaksanaan pekerjaan pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis?
3. Apa saja faktor penyebab keterlambatan proyek pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui durasi penyelesaian proyek setelah dilakukan percepatan pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis.
2. Mengetahui besar biaya akibat percepatan pelaksanaan pekerjaan pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis.

3. Mengetahui faktor penyebab keterlambatan pelaksanaan proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui dan menambah wawasan tentang manajemen proyek konstruksi khususnya upaya dalam percepatan durasi penyelesaian proyek menggunakan metode *crash duration*.
2. Sebagai bahan rekomendasi dan masukan dalam mengambil keputusan pelaksanaan proyek.
3. Dapat digunakan sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat terarah, maka penelitian ini dibatasi terhadap beberapa faktor, yaitu:

1. Analisa hanya dilakukan pada pekerjaan struktur.
2. Analisa dilakukan terhadap biaya dan waktu tanpa meninjau mutu.
3. Pada penelitian ini hanya menganalisa upah tenaga kerja tanpa menganalisa biaya bahan.
4. Analisa percepatan menggunakan alternatif penambahan waktu empat jam kerja atau lembur dan mengadakan sistem *shift* kerja malam.
5. *Software* yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah *Microsoft Project 2016*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka merupakan ringkasan dari penelitian sebelumnya tentang suatu topik, yang bersumber dari artikel ilmiah, buku, dan sumber-sumber lain yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Tinjauan pustaka memiliki tujuan sebagai informasi tentang hasil-hasil dari penelitian sebelumnya. Berdasarkan tujuan tersebut, maka tinjauan pustaka dapat dijadikan sebagai bahan referensi maupun tolak ukur yang berfungsi untuk meninjau keaslian penelitian yang dilakukan. Penelitian ini menggunakan tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah diterbitkan baik dari buku-buku, tugas akhir maupun artikel hasil penelitian terdahulu seperti yang telah dilakukan oleh Oetomo dkk (2017), Lidwyna & Taufik (2015), Olivia & Puspasari (2019), dan Anggraeni (2017).

2.2 Penelitian Terdahulu

Oetomo dkk (2017) telah melakukan penelitian tentang Analisis Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crash Duration Pada Keterlambatan Proyek Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar perubahan biaya dan waktu setelah dilakukannya percepatan. Metode yang digunakan adalah metode *crash duration* dan *time cost trade off (TCTO)*. Berdasarkan penelitian diperoleh hasil waktu yang diperlukan untuk mempercepat pelaksanaan pembangunan jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas selama 1038 hari kalender (148 minggu), dapat dipercepat 44 hari dari perencanaan semula 1082 hari kalender (155 minggu). Dengan adanya percepatan penyelesaian pembangunan jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas terjadi penambahan biaya akibat percepatan pelaksanaan sebesar = 0,390% dari biaya yang direncanakan.

Lidwyna dan Taufik (2017) telah melakukan penelitian tentang Analisa Percepatan Keterlambatan Proyek (Studi Kasus: Kantor Dinas SKPD Pemko Gedung B2 di Tenayan Raya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis biaya pelaksanaan proyek terhadap nilai kontrak dengan adanya percepatan pekerjaan, serta menentukan metoda percepatan yang membutuhkan biaya paling minimum.

Penelitian ini menggunakan metode *crash duration* dengan tiga alternatif yaitu, alternatif waktu lembur, penambahan tenaga kerja, dan alternatif kerja shift. Hasil penelitian diperoleh setelah dilakukan percepatan dengan metode *crashing* untuk alternatif waktu lembur dapat menyelesaikan pekerjaan selama 397,5 hari dengan tambahan biaya sebesar Rp. 181.527.663,26 dan durasi keterlambatan setelah percepatan 35 hari dengan biaya denda sebesar Rp. 2.098.968.880, total biaya pada alternatif kerja lembur ialah Rp. 2.280.496.543,31 maka hemat biaya sebesar 49%, untuk alternatif penambahan tenaga kerja dapat menyelesaikan pekerjaan selama 397,5 hari dengan tambahan biaya sebesar Rp. 620.308.252 dan durasi keterlambatan setelah percepatan 35 hari dengan biaya denda sebesar Rp. 2.098.968.880,05 dengan total biaya sebesar Rp. 2.719.277.132,05 maka hemat biaya sebesar 40%. Sedangkan alternatif kerja shift dapat menyelesaikan pekerjaan selama 397,5 hari dengan tambahan biaya sebesar Rp. 620.308.252 dan durasi keterlambatan setelah percepatan 35 hari dengan biaya denda sebesar Rp. 2.719.277.132,05, total biaya Rp. 2.719.277.132,05 maka hemat biaya sebesar 40%. Sehingga, alternatif kerja lembur atau penambahan waktu kerja lebih efektif sehingga denda yang dikeluarkan tidak terlalu besar.

Olivia & Puspasari (2019) melakukan penelitian tentang Analisa Percepatan Waktu Proyek Menggunakan Metode Crashing (Studi Kasus: Peningkatan Jalan Pelantaran-Parenggean-Tumbang Sangai). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui optimasi waktu dan biaya akibat crashing yang terpilih menggunakan alternatif penambahan jam kerja atau lembur, alternatif penambahan jumlah alat, dan jumlah tenaga kerja serta mengetahui efisiensi waktu dan biaya dari alternatif crashing yang terpilih. Penelitian ini melakukan pengolahan data dan analisa data menggunakan metode *crashing* dengan mendapatkan *cost slope* kegiatan yang berada pada lintasan kritis dilanjutkan dengan analisis biaya. Hasil penelitian menunjukkan optimasi waktu dan biaya akibat *crashing* yang terpilih menggunakan alternatif penambahan jumlah alat dan tenaga kerja diperoleh durasi 590 dengan biaya Rp 72.374.976.694. Metode *crashing* ini mempercepat durasi proyek sebesar 10 hari dari 600 hari kerja menjadi 590 hari, sehingga terjadi efisiensi waktu sebesar 1,67% dan biaya total proyek yang dapat dihemat sebesar Rp 500.023.306 dari Rp

72.875.000.000 menjadi Rp 72.374.976.694, sehingga terjadi efisiensi biaya sebesar 0,69%.

Anggraeni dkk (2017) telah melakukan penelitian tentang Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Tenaga Kerja Dan Shift Kerja. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan percepatan proyek pada Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta yang mengalami keterlambatan dengan menggunakan metode *crashing* dengan membandingkan alternatif penambahan tenaga kerja dan *shift* kerja. Berdasarkan penelitian ini diperoleh hasil perhitungan menunjukkan percepatan menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja dan *shift* kerja dapat mengurangi durasi selama 34 hari atau sebesar 7,76% dari durasi normal yaitu 438 hari. Pada alternatif penambahan tenaga kerja dihasilkan pengurangan biaya sebesar Rp 701.809.654,74 dari total *cost* rencana Rp 90.620.898.879,84 dengan efisiensi 0,77%. Sementara itu pada alternatif *shift* kerja diperoleh total *cost* setelah percepatan sebesar Rp 89.905.927.558,34 dengan pengurangan sebesar Rp 714.971.321,41 atau 0,79% dari total *cost* normal. Sehingga pada penelitian ini diperoleh bahwa alternatif *shift* kerja lebih efisien disbanding alternatif penambahan tenaga kerja.

2.3 Keaslian Penelitian

Untuk mengetahui perbedaan penelitian dengan penelitian terdahulu, maka dilakukan review terhadap penelitian tersebut. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

No.	Penelitian	Tujuan	Metode
1.	Oetomo dkk (2017)	Menentukan besarnya perubahan waktu dan biaya dengan metode <i>Time Cost Trade Off Analysis</i> , dan menentukan efisiensi biaya percepatan akibat keterlambatan pelaksanaan pekerjaan konstruksi.	Metode <i>Time Cost Trade Off</i> dan Metode <i>Crashing</i> dengan menggunakan alternatif menambah jam kerja (lembur) selama 3 jam.

Tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu (**Lanjutan**).

No.	Penelitian	Tujuan	Metode
2.	Lidwyna dan Taufik (2017)	Menganalisis biaya pelaksanaan proyek terhadap nilai kontrak dengan adanya percepatan pekerjaan dan menentukan metoda percepatan yang membutuhkan biaya paling minimum agar denda yang dikeluarkan tidak terlalu besar.	Metode <i>Crashing</i> dengan menggunakan tiga alternatif yaitu penambahan waktu kerja atau lembur, penambahan tenaga kerja, mengadakan shift kerja.
3.	Olivia dkk (2019)	Mengetahui optimasi waktu dan biaya akibat <i>crashing</i> yang terpilih.	Metode <i>crashing</i> dengan menggunakan tiga alternatif penambahan jam kerja atau lembur, penambahan jumlah alat, dan jumlah tenaga kerja.
4.	Anggraeni dkk (2017)	Melakukan percepatan pekerjaan yang mengalami keterlambatan.	Metode <i>crashing</i> dengan membandingkan alternatif penambahan tenaga kerja dan <i>shift</i> kerja.

Tabel 2.1 menunjukkan beberapa perbedaan penelitian terdahulu. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu terdapat pada tujuan dan metode yang digunakan. Penelitian ini memiliki tujuan yaitu, mengetahui besar waktu yang diperlukan untuk mempercepat proyek konstruksi, mengetahui besar biaya akibat percepatan pelaksanaan pekerjaan pada proyek konstruksi, dan mengetahui faktor penyebab keterlambatan pelaksanaan proyek konstruksi. Selain itu, memiliki perbedaan pada lokasi. Objek penelitian ini yaitu Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis. Penelitian ini mirip dengan Anggraeni (2017) pada metode yakni menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja dan mengadakan *shift* kerja. Sedangkan penelitian ini menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) yaitu empat jam kerja dan mengadakan *shift* kerja malam. Penelitian ini dilakukan agar mendapatkan biaya yang lebih ekonomis dan mengetahui durasi waktu pelaksanaan setelah dilakukan *crashing*. Berdasarkan uraian tersebut maka dikatakan penelitian ini berbeda dengan penelitian terdahulu.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Proyek Konstruksi

Menurut Ervianto (2005), proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek serta dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengelola sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan.

Kegiatan utama proyek konstruksi adalah studi kelayakan, *design engineering*, pengadaan dan konstruksi. Hasil dari proyek konstruksi berupa pembangunan jembatan, gedung, pelabuhan, jalan raya, yang biasanya menyerap kebutuhan sumber daya yang besar serta dapat dimanfaatkan oleh orang banyak (Husen, 2010).

Proses yang terjadi pada pelaksanaan proyek konstruksi melibatkan pihak-pihak yang terkait, seperti pemilik proyek, *project manager*, konsultan, kontraktor, sub-kontraktor, dan *supplier*. Dengan terdapatnya beberapa pihak yang terlibat dalam suatu proyek, maka tidak menutup kemungkinan akan terjadinya konflik di proyek tersebut. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi suatu konflik yang terjadi, maka perlu dilakukan identifikasi organisasi proyek yang dapat mempengaruhi pelaksanaan konstruksi selama proyek berlangsung. Pihak-pihak tersebut memiliki tugas, kewajiban, tanggung jawab, dan wewenang sesuai posisi masing-masing. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, masing-masing pihak berkoordinasi satu sama lain. Koordinasi antar pihak satu dengan yang lain dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian proyek konstruksi merupakan kunci utama untuk meraih keberhasilan proyek sesuai dengan tujuan awal (Ervianto, 2005).

3.2 Manajemen Proyek

Pada dasarnya pengertian manajemen 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 (Widiasanti & Lenggengi, 2013).

Menurut Husen (2010), manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja.

Pada manajemen proyek terdapat proses yang saling berkaitan antar satu sama lain. Proses ini menunjukkan suatu aktivitas dari dimulainya pelaksanaan proyek hingga berakhirnya proyek konstruksi. Proses ini dilakukan, agar proyek konstruksi tersebut tepat sasaran sesuai dengan perencanaan. Untuk mengetahui lebih jelas tentang proses manajemen proyek konstruksi dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Proses Manajemen Proyek (Husen, 2010)

Gambar 3.1 dapat diuraikan bahwa proses manajemen proyek dimulai dari perencanaan sampai pengendalian yang didasari atas input seperti tujuan, sasaran proyek, informasi dan data yang digunakan, serta sumber daya yang digunakan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Dalam pelaksanaan konstruksi, pemimpin mempunyai wewenang untuk mengelola dan mengarahkan segala sumber daya yang ada dengan kondisi terbatas, namun berusaha memperoleh pencapaian yang maksimal sesuai dengan standar kinerja proyek dalam hal biaya, waktu, dan mutu yang telah ditetapkan sebelumnya. Agar dapat memperoleh hasil akhir yang maksimal ada proses manajemen proyek, segala kegiatan direncanakan dengan detail untuk mengurangi penyimpangan-penyimpangan yang terjadi (Husen, 2010).

3.3 Penjadwalan Proyek

Dalam penyelesaian pekerjaan konstruksi, suatu proyek memiliki batasan waktu. Dengan melakukan pengaturan waktu dan jadwal kegiatan-kegiatan yang terlibat dalam pekerjaan konstruksi, maka proyek dapat berjalan efektif dan terarah dengan waktu yang terbatas. Proses penjadwalan proyek ini semua kegiatan diatur dan dirangkai sedemikian rupa dengan urutan-urutan yang saling terkait dan disertai keterangan yang jelas mengenai waktu kapan dimulai dan berakhir setiap kegiatan (Anggraeni, 2017).

Menurut Husen (2010), Penjadwalan proyek merupakan salah satu hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progress waktu untuk penyelesaian proyek. Secara umum penjadwalan mempunyai manfaat-manfaat sebagai berikut (Luthan & Syafriandi, 2017):

1. Mengetahui perumusan tahapan kegiatan.
2. Dapat menentukan strategi dan metode pelaksanaan yang akan digunakan dalam proyek konstruksi.
3. Mengetahui kegiatan yang dapat menjadi perhatian (kegiatan kritis).
4. Memberi kepastian waktu dimulai dan berakhirnya pelaksanaan pekerjaan.
5. Mengetahui keterkaitan antar kegiatan.
6. Membuat suatu kegiatan menjadi lebih terorganisir, sehingga pelaksanaan proyek menjadi lebih lancar.
7. Mendapatkan hasil yang optimum.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kompleksitas penjadwalan proyek, antara lain (Husen, 2010):

1. Sasaran dan tujuan proyek
2. Dana yang diperlukan dan dana yang tersedia
3. Waktu yang diperlukan, waktu yang tersedia, serta perkiraan waktu yang hilang dan hari libur.
4. Sumber daya yang tersedia dan yang diperlukan
5. Kerja lembur dan pembagian *shift* kerja untuk mempercepat proyek

6. Keahlian tenaga kerja dan kecepatan mengerjakan tugas.

Semakin besar skala proyek, maka akan semakin kompleks pengelolaan penjadwalan karena kegiatan yang dilakukan sangat beragam serta durasi proyek menjadi panjang, sehingga dana yang dikelola dan penyediaan sumber daya juga besar.

3.4 Rencana Anggaran Biaya

Biaya merupakan salah satu aspek penting dalam kegiatan konstruksi, baik dalam masa perencanaan maupun pelaksanaan proyek (Anggraeni, 2017). Dengan adanya estimasi biaya, maka dapat mengetahui berapa besar biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek. Oleh karena itu, perencanaan anggaran biaya perlu dirancang dan disusun dengan baik agar dapat menghasilkan nilai estimasi biaya yang efisien (Ervianto, 2005).

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tertentu (Syawaladi & Siswanto, 2015). Biaya proyek merupakan biaya yang digunakan selama proyek berlangsung. Biaya proyek terdiri dari 3 macam yaitu (Badri, 1998):

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung merupakan biaya tetap yang diperlukan secara langsung selama proyek berlangsung untuk penyelesaian proyek. Unsur-unsur yang termasuk dalam biaya langsung adalah biaya upah, biaya material, biaya peralatan, dan biaya sub-kontraktor.

2. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung adalah biaya pengeluaran di luar biaya konstruksi, yang berhubungan dengan pengawasan dan pengarahan kerja. Besar biaya ini dipengaruhi oleh durasi penyelesaian proyek. Pengeluaran yang termasuk biaya tidak langsung adalah biaya perizinan, tagihan pajak, asuransi.

3. Biaya Kesempatan yang Hilang (*Opportunity Cost*)

Biaya kesempatan yang hilang yaitu keuntungan potensial yang hilang bila proyek mundur penyelesaiannya. Keuntungan tersebut akan diperoleh jika

penyelesaian proyek lebih cepat. Biaya-biaya ini akan naik seiring dengan mundurnya waktu penyelesaian proyek.

3.5 Jaringan Kerja (*Network Planning*)

Network Planning pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan dalam *diagram network*. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu lembur (tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan yang mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan tenaga dapat digeser ketempat lain agar efisien (Badri, 1998).

Network planning (jaringan kerja) merupakan hubungan keterkaitan antar kegiatan dalam proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. Melalui jaringan tersebut kita dapat memperoleh informasi mengenai kegiatan yang harus didahulukan dan sebagai dasar untuk memulai pekerjaan selanjutnya (Elisabeth Riska Anggraeni, 2017). Manfaat dari penerapan analisis *network planning* antara lain (Oetomo, 2017):

1. Dapat mengidentifikasi jalur kritis yaitu kegiatan yang kritis dalam skala waktu penyelesaian proyek konstruksi secara keseluruhan.
2. Mengetahui secara pasti kesulitan yang akan timbul, sehingga dapat diambil tindakan yang presentatif.
3. Mempunyai kemampuan untuk melakukan perubahan-perubahan sumber daya dan memperhatikan dampak terhadap waktu penyelesaian proyek.
4. Sebagai alat komunikasi yang efektif.
5. Terdapat kemungkinan tercapainya pelaksanaan proyek yang lebih ekonomis, dilihat dari sudut pandang biaya dan penggunaan sumber daya yang optimum.
6. Dapat memperkirakan efek-efek dari hasil yang dicapai suatu kegiatan terhadap keseluruhan rencana.

Jaringan kerja (*network planning*) yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Precedence Diagram Method* (PDM) untuk mengetahui kegiatan yang berada di jalur kritis. *Precedence Diagram Method* (PDM) adalah jaringan kerja yang umumnya berbentuk segi empat, anak panah hanya sebagai petunjuk kegiatan-

kegiatan yang berkaitan. *Precedence Diagram Method* (PDM) merupakan teknik penjadwalan dimana sebuah kegiatan dapat dilaksanakan tanpa menunggu kegiatan sebelumnya selesai 100%, yaitu dengan cara tumpang tindih (*overlapping*). Oleh karena itu, metode tersebut dapat mempercepat waktu penyelesaian pelaksanaan konstruksi. Kegiatan pada *Precedence Diagram Method* (PDM) diwakili oleh lambang yang mudah diidentifikasi, yaitu (Luthan & Syafriandi, 2017):

1. Anak panah (*arrow*)

Pada *Precedence Diagram Method* (PDM) anak panah menunjukkan hubungan antar kegiatan. Hubungan antar kegiatan ini dimulai dari kegiatan kiri ke kanan atau dari kegiatan atas ke bawah. Sehingga, anak panah yang digunakan pada *Precedence Diagram Method* (PDM) sebagai berikut:

—————→ : Anak panah biasa, menunjukkan hubungan antar kegiatan.

2. Kotak Segi Empat (*node*) / kegiatan (*activity*)

PDM menggunakan metode *Activity on Node* (AON), yaitu tanda panah hanya menyatakan keterkaitan antar kegiatan. PDM ditulis dalam bentuk node berupa kotak segi empat. Untuk lebih jelas mengenai tentang *node* yang digunakan pada *Precedence Diagram Method* (PDM) dapat dilihat pada Gambar 3.2.

No. & Pekerjaan			
ES	Durasi (D)		EF
LS			LF
FF		TF	

Gambar 3.2 *Node Pada Precedence Diagram Method*
(Luthan & Syafriandi, 2017)

Gambar 3.2 menunjukkan *node Precedence Diagram Method* (PDM) yang berisi informasi seperti no dan nama pekerjaan, durasi yaitu waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan suatu pekerjaan. Didalam *node* PDM juga terdapat informasi mengenai waktu paling cepat kegiatan dilaksanakan atau *Earliest Start* (ES), waktu

paling cepat kegiatan diselesaikan atau *Earliest Finish* (EF), waktu paling lambat kegiatan dilaksanakan (LS), waktu paling lambat kegiatan diselesaikan (LF), jumlah waktu tunda tanpa mempengaruhi waktu awal kegiatan selanjutnya (FF), dan jumlah waktu tunda tanpa mempengaruhi waktu akhir proyek (TF) (Luthan & Syafriandi, 2017).

3.5.1. Hubungan Saling Terkait Antar Kegiatan Pada PDM

Pada PDM terdapat empat hubungan yang saling terkait antar kegiatan satu sama lain. Menurut Luthan (2017), keempat hubungan tersebut ialah:

1. *Finish to Start* (FS)

Hubungan *finish to start* merupakan hubungan yang mulainya suatu kegiatan bergantung pada selesainya kegiatan sebelumnya. Sehingga, suatu pekerjaan tidak dapat dimulai sebelum pekerjaan sebelumnya selesai. Hubungan *Finish to Start* (FS) dapat dilihat pada Gambar 3.3.



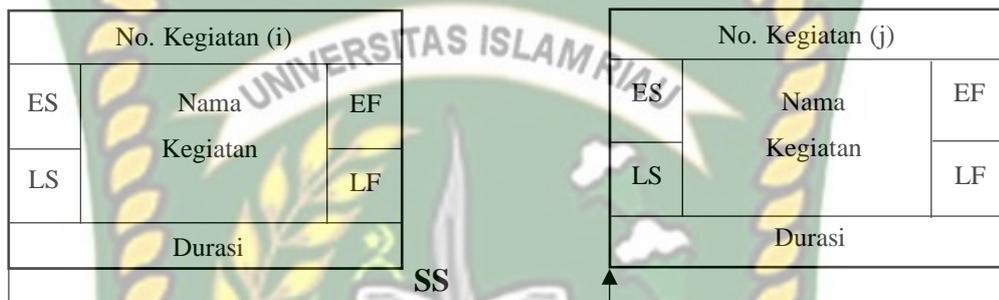
Gambar 3.3 Hubungan Kegiatan *Finish to Start*

(Luthan & Syafriandi, 2017)

Gambar 3.3 menunjukkan bahwa kegiatan j dapat dilakukan setelah kegiatan i selesai. Pada hubungan *finish to start* (FS) terdapat tiga jenis *lag* (jarak hari) yaitu *lag nol*, *lag positif*, dan *lag negatif*. *Lag negative* digunakan untuk menghemat waktu dalam menyelesaikan suatu kegiatan, dimana suatu kegiatan dapat izin untuk dilakukan sebelum kegiatan sebelumnya selesai. Sedangkan *lag positif* merupakan tenggang waktu antara penyelesaian kegiatan sebelumnya dengan kegiatan berikutnya (Luthan & Syafriandi, 2017).

2. *Start to Start (SS)*

Hubungan *start to start* merupakan hubungan yang mulainya suatu kegiatan bergantung pada mulainya kegiatan sebelumnya. Sehingga, beberapa pekerjaan tidak harus menunggu pekerjaan sebelumnya selesai, pekerjaan tersebut dapat dikerjakan secara bersamaan. Untuk lebih jelas hubungan *Start to Start (SS)* dapat dilihat pada Gambar 3.4.

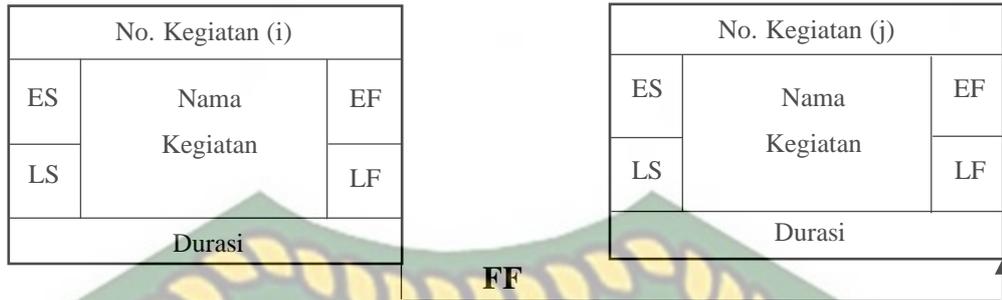


Gambar 3.4 Hubungan Kegiatan *Start to Start*
(Luthan & Syafriandi, 2017)

Gambar 3.4 menunjukkan bahwa kegiatan i dan kegiatan j dimulai bersamaan. Hubungan *Start to Start (SS)* menggunakan *lag* positif, *lag* negatif, dan *lag* nol. Hubungan *Start to Start (SS)* dengan *lag* positif sama halnya pada hubungan *finish to start (FS)*, seperti kegiatan j dapat dikerjakan jika kegiatan i telah selesai dilaksanakan, Hubungan *Start to Start (SS)* dengan *lag* nol, digunakan untuk dua kegiatan dengan dua subkontraktor yang berbeda atau dua pekerjaan dengan satu sub kontraktor namun menggunakan material, tenaga kerja, dan peralatan yang berbeda. Sedangkan dengan *lag* negative seperti $lag = -1$ yaitu pelaksanaan kegiatan I dapat dimulai setelah kegiatan j selesai, misalnya 1 hari (Ervianto, 2005).

3. *Finish to Finish (FF)*

Hubungan *finish to finish* merupakan hubungan yang selesainya suatu kegiatan bergantung pada selesai kegiatan sebelumnya. Oleh karena itu, hubungan ini menunjukkan selesainya dua aktivitas secara bersamaan. Untuk lebih jelas hubungan *Finish to Finish (FF)* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Hubungan Kegiatan *Finish to Finish* (Luthan & Syafriandi, 2017)

Gambar 3.5 menunjukkan hubungan keterkaitan antar kegiatan *Finish to Finish*. Hubungan *Finish to Finish* (FF) menggunakan *lag* positif, *lag* negatif, dan *lag* nol. Hubungan *Finish to Finish* (FF) dengan *lag* positif seperti $lag = 1$ yaitu kegiatan i harus sudah selesai satu hari sebelum kegiatan j selesai. Hubungan *Finish to Finish* (FF) dengan *lag* nol seperti kegiatan j tidak dapat diselesaikan sebelum kegiatan i selesai. Sedangkan dengan *lag* negative seperti $lag = -1$ yaitu kegiatan j tidak lebih cepat satu hari sebelum kegiatan i selesai (Ervianto, 2005).

4. *Start to Finish* (SF)

Hubungan *start to finish* merupakan hubungan yang selesainya suatu kegiatan bergantung pada mulainya kegiatan sebelumnya. Oleh karena itu, hubungan ini menunjukkan selesainya dua aktivitas secara bersamaan. Untuk lebih jelas hubungan *Start to Finish* (SF) dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Hubungan Kegiatan *Start to Finish* (Luthan & Syafriandi, 2017)

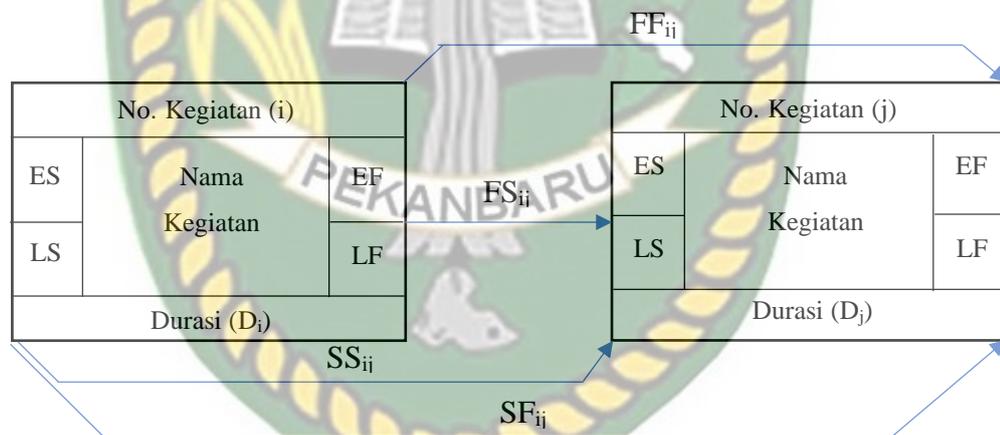
Gambar 3.6 menunjukkan hubungan keterkaitan antar kegiatan *Start to Finish*. Hubungan *start to finish* (SF) digunakan untuk menghindari kebingungan pada ketidaktergantungan kegiatan pada jadwal (Widiasanti & Lenggogeni, 2013).

3.5.2. Perhitungan Pada Metode *Precedence Diagram Method* (PDM)

Perhitungan pada *Precedence Diagram Method* (PDM) terdapat dua cara yaitu perhitungan ke depan dan perhitungan ke belakang. Hal tersebut berguna untuk menghitung lamanya durasi kerja proyek. Dari hitungan tersebut nanti akan dapat diketahui kegiatan yang mengalami lintasan kritis (Widiasanti & Lenggogeni, 2013).

1. Perhitungan ke depan

Perhitungan ke depan berguna untuk mendapatkan *Early Start* (ES) dan *Early Finish* (EF). Pada perhitungan kedepan, nilai yang diambil yaitu nilai yang terbesar. Untuk lebih jelas mengenai perhitungan ke depan dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Node PDM Perhitungan Ke Depan
(Widiasanti & Lenggogeni, 2013)

Gambar 3.7 menunjukkan bahwa untuk tahap awal dalam perhitungan ke depan yaitu membuat *node* yang digunakan pada metode *Precedence Diagram Method* (PDM), lalu lakukan perhitungan ke depan dengan mengisi *Early Start* (ES), durasi, dan *Early Finish* (EF) pada kegiatan pertama. Untuk kegiatan berikutnya lakukan perhitungan ke depan dengan menggunakan rumus yang telah ditetapkan. Menurut Sapitri (2020), berikut merupakan persamaan yang digunakan saat perhitungan ke depan, yaitu:

- a. Untuk mencari nilai *Early Finish* (EF) kegiatan awal yaitu menjumlahkan *Early Start* (ES) dengan durasi (D), seperti pada Persamaan 3.1.

$$EF_i = ES_i + D_i \quad (3.1)$$

- b. Untuk mencari nilai *Early Start* (ES), terdapat 2 cara yaitu jika pada kegiatan tersebut terdapat hubungan *Start to Start* (SS), maka cara yang digunakan adalah menjumlahkan nilai *Early Start* (ES) pada kegiatan sebelumnya dengan nilai hubungan *Start to Start* (SS), seperti pada Persamaan 3.2.

$$ES_j = ES_i + SS_{ij} \quad (3.2)$$

Sedangkan cara kedua tersebut digunakan jika pada kegiatan tersebut terdapat hubungan *Finish to Start* (FS). Cara tersebut dapat dihitung dengan cara menjumlah *Early Finish* (FS) pada kegiatan selanjutnya dengan nilai hubungan *Finish to Start* (FS), seperti pada Persamaan 3.3.

$$ES_j = EF_j + FS_{ij} \quad (3.3)$$

- c. Untuk mencari nilai *Early Finish* (EF) kegiatan berikutnya, terdapat 3 cara yaitu jika pada kegiatan tersebut terdapat hubungan *Finish to Finish* (FF), maka cara yang digunakan ialah menjumlahkan nilai *Early Finish* (EF) pada kegiatan sebelumnya dengan nilai hubungan *Finish to Finish* (FF), seperti pada Persamaan 3.4.

$$EF_j = EF_i + FF_{ij} \quad (3.4)$$

Cara kedua digunakan dengan cara menjumlahkan *Early Start* (ES) pada kegiatan berikutnya dengan durasi yang digunakan pada kegiatan berikutnya, seperti pada Persamaan 3.5.

$$EF_j = ES_j + D_j \quad (3.5)$$

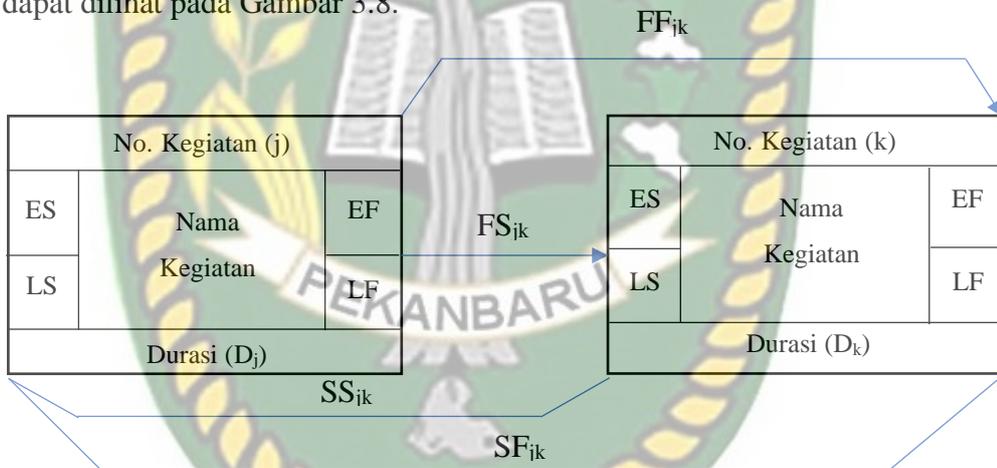
Sedangkan cara ketiga digunakan jika pada kegiatan tersebut terdapat hubungan *Start to Finish* (SF), maka cara yang digunakan ialah menjumlahkan nilai *Early Start* (ES) pada kegiatan sebelumnya dengan nilai hubungan *Start to Finish* (SF), seperti pada Persamaan 3.6.

$$EF_j = ES_i + SF_{ij} \quad (3.6)$$

- d. Untuk mencari nilai *Early Start* (ES) jika tidak terdapat hubungan SS_{ij} dan FS_{ij} dan kegiatan tidak boleh diputus, maka nilai *Early Finish* (EF) pada kegiatan berikutnya dikurangi dengan durasi pada kegiatan berikutnya, seperti pada Persamaan 3.7.

$$ES_j = EF_j - D_j \quad (3.7)$$

2. Perhitungan ke belakang
 Perhitungan ke belakang berguna untuk mendapatkan *Late Start* (LS) dan *Late Finish* (LF). Pada perhitungan ke belakang, nilai yang diambil yaitu nilai yang terkecil. Untuk dapat mengetahui lebih jelas tentang perhitungan ke belakang dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Node PDM Perhitungan Ke Belakang
 (Widiasanti dan Lenggogeni, 2013)

Gambar 3.8 menunjukkan bahwa untuk perhitungan ke belakang yaitu dimulai dari kegiatan paling akhir. Tahap awal dari perhitungan ke belakang yaitu dengan mengisi *Late Finish* (LF) terlebih dahulu pada kegiatan terakhir. Untuk kegiatan berikutnya lakukan perhitungan ke belakang dengan menggunakan rumus yang telah ditetapkan. Menurut Husen (2010), berikut merupakan rumus yang digunakan saat perhitungan ke belakang, yaitu:

- a. Untuk mencari nilai *Late Start* (LS) kegiatan akhir, yaitu dengan cara mengurangi *Late Finish* (LF) pada kegiatan akhir dengan durasi kegiatan akhir, seperti Persamaan 3.8.

$$LS_k = LF_k - D_k \quad (3.8)$$

- b. Untuk mencari nilai *Late Finish* (LF), terdapat 2 cara yaitu jika pada kegiatan tersebut terdapat hubungan *Finish to Finish* (FF), maka cara yang digunakan adalah mengurangi nilai *Late Finish* (LF) pada kegiatan sebelumnya dengan nilai hubungan *Finish to Finish* (FF), seperti pada Persamaan 3.9.

$$LF_j = LF_k - FF_{ik} \quad (3.9)$$

Sedangkan cara kedua tersebut digunakan jika pada kegiatan tersebut terdapat hubungan *Finish to Start* (FS). Cara tersebut dapat dihitung dengan cara mengurangi nilai *Late Start* (LS) pada kegiatan sebelumnya dengan nilai hubungan *Finish to Start* (FS), seperti pada Persamaan 3.10.

$$LF_j = LS_k - FS_{ik} \quad (3.10)$$

- c. Untuk mencari nilai *Late Start* (LS) kegiatan berikutnya, terdapat 3 cara yaitu jika pada kegiatan tersebut terdapat hubungan *Start to Start* (SS), maka cara yang digunakan ialah mengurangi nilai *Late Start* (EF) pada kegiatan sebelumnya dengan nilai hubungan *Start to Start* (SS), seperti pada Persamaan 3.11.

$$LS_j = LS_k - SS_{jk} \quad (3.11)$$

Cara kedua digunakan dengan cara mengurangi *Late Finish* (LF) pada kegiatan berikutnya dengan durasi yang digunakan pada kegiatan berikutnya, seperti pada Persamaan 3.12.

$$LS_j = LF_j - D_j \quad (3.12)$$

Sedangkan cara ketiga digunakan jika pada kegiatan tersebut terdapat hubungan *Start to Finish* (SF), maka cara yang digunakan ialah mengurangi

nilai *Late Finish* (LF) pada kegiatan sebelumnya dengan nilai hubungan *Start to Finish* (SF), seperti pada Persamaan 3.13.

$$LS_j = LF_k - SF_{jk} \quad (3.13)$$

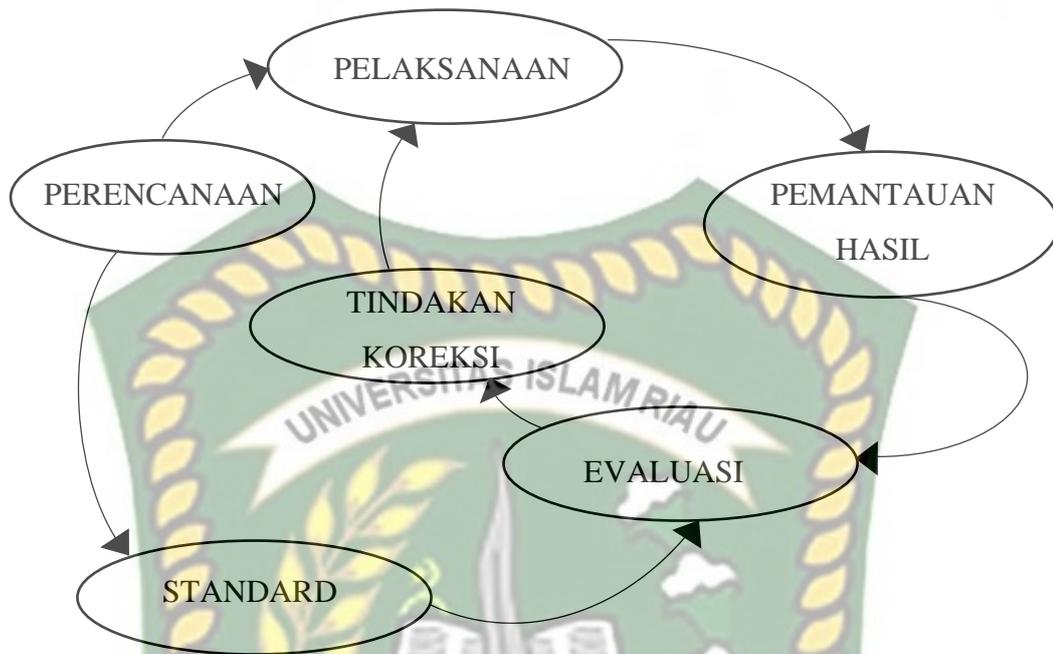
- d. Untuk mencari nilai *Late Finish* (LF) jika tidak terdapat hubungan FF_{jk} dan FS_{jk} dan kegiatan tidak boleh diputus, maka nilai *Late Start* (LS) pada kegiatan berikutnya dijumlahkan dengan durasi pada kegiatan berikutnya, seperti pada Persamaan 3.14.

$$LF_j = LS_j + D_j \quad (3.14)$$

3.6 Pengendalian Proyek

Pengendalian merupakan usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran dan tujuan perencanaan, membandingkan pelaksanaan di lapangan dengan standar yang telah ditetapkan, menganalisa kemungkinan penyimpangan yang terjadi, lalu melakukan koreksi pelaksanaan agar sumber daya dapat digunakan secara efektif dan efisien sehingga mencapai sasaran dan tujuan yang telah direncanakan. Dari definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa, pengendalian membutuhkan standar yang telah ditetapkan sehingga dapat dijadikan tolak ukur sebagai pembanding (Husen, 2010).

Pengendalian diperlukan untuk menjaga agar pelaksanaan sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat. Setiap pekerjaan yang dilaksanakan maka harus dicek oleh pengawas lapangan. Dengan adanya pengendalian yang baik terhadap pekerjaan-pekerjaan yang ada, maka pembengkakan biaya akibat dari keterlambatan jadwal dapat dihindari. Proses pengendalian berjalan sepanjang pelaksanaan proyek konstruksi. Perencanaan yang telah dibuat dijadikan sebagai bahan acuan saat pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Bahan acuan tersebut yang menjadi standar bagi pelaksanaan konstruksi, seperti jadwal, anggaran, dan spesifikasi teknik. Pengawasan harus dilakukan selama pelaksanaan proyek konstruksi berlangsung agar mengetahui kemajuan proyek yang telah dicapai (Erviyanto, 2004). Proses ini dapat dilihat secara skematis pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Siklus Pengendalian Proyek Konstruksi (Ervianto, 2004)

Gambar 3.9 menunjukkan siklus pengendalian proyek konstruksi. Pelaksanaan dilakukan setelah perencanaan yang mengacu pada standar pelaksanaan proyek tersebut. Setelah pelaksanaan proyek dimulai, maka dilakukan pengawasan terhadap proyek agar mengetahui kemajuan yang telah dicapai. Dengan melakukan pengawasan terhadap proyek dan mendapatkan informasi tentang kemajuan proyek, maka hal tersebut dapat menjadi bahan evaluasi kinerja pada saat pelaporan. Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan kemajuan proyek yang telah dicapai berdasarkan hasil pengawasan di lapangan dengan standar pelaksanaan proyek yang telah dibuat saat perencanaan. Berdasarkan evaluasi yang telah diperoleh, maka dapat diambil keputusan untuk menindak lanjuti suatu pelaksanaan pekerjaan dengan cara melakukan koreksi terhadap kinerja yang telah dicapai (Ervianto, 2004).

Apabila saat pelaksanaan proyek berlangsung tidak dilakukan pengawasan serta pengendalian maka dapat mengakibatkan terjadinya penyimpangan yang sulit untuk diperbaiki. Penyimpangan yang terjadi saat pelaksanaan proyek terdapat beberapa macam seperti Gambar 3.10 (Luthan & Syafriandi, 2017).

Penyimpangan	
Jadwal (Perbedaan pada waktu)	<ul style="list-style-type: none"> • Waktu mulai terhadap jadwal • Waktu selesai terhadap jadwal
Biaya (Perbedaan pada anggaran)	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya sumber daya terhadap anggaran • Biaya tak terduga terhadap anggaran

Gambar 3.10 Penyimpangan Yang Terjadi Pada Pelaksanaan Proyek (Luthan & Syafriandi, 2017)

Gambar 3.10 menunjukkan bahwa perbedaan pada jadwal merupakan penyimpangan terhadap waktu. Sedangkan perbedaan terhadap biaya merupakan penyimpangan terhadap anggaran. Penyimpangan dapat dilihat dari suatu kondisi yang dimana jika antara perencanaan dengan pelaksanaan terjadi selisih, maka selisih itu merupakan penyimpangan (Luthan & Syafriandi, 2017).

3.7 Metode Crashing

Penyusunan *schedule* dalam suatu proyek konstruksi tidak langsung menghasilkan *schedule* yang ideal, karena harus memperhatikan salah satu tujuan dari penyusunan *schedule* itu sendiri. Salah satu tujuan itu adalah merencanakan *schedule* pekerjaan agar durasi dari suatu pekerjaan sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Penetapan waktu yang telah ditetapkan oleh pemilik proyek terkadang tidak mempertimbangkan jenis kegiatan dan kompleksnya pekerjaan. Sehingga, kontraktor melakukan penyesuaian durasi dari masing-masing pekerjaan agar dapat memenuhi permintaan dari pemilik proyek terutama terhadap durasi yang telah ditetapkan (Ervianto, 2004).

Untuk dapat menyelesaikan proyek konstruksi dengan waktu yang terbatas, maka dilakukan percepatan jadwal pelaksanaan pada kegiatan yang berada di lintasan kritis. Pekerjaan kritis merupakan suatu kegiatan yang pelaksanaannya harus selesai tepat pada waktunya. Hal ini dikarenakan jika terjadi keterlambatan pelaksanaan pada pekerjaan kritis, maka dapat mengakibatkan durasi penyelesaian

proyek menjadi berubah (Luthan & Syafriandi, 2017). Salah satu metode yang digunakan untuk mempercepat durasi proyek adalah metode *crashing*. *Crashing* adalah suatu proses yang sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis (Ervianto, 2004).

Pada metode *crashing* terdapat beberapa alternatif untuk mempercepat durasi proyek konstruksi, seperti (Oetomo et al., 2017):

1. Memperpanjang waktu kerja (lembur).
Lembur merupakan penambahan jam kerja dari waktu yang telah ditetapkan untuk setiap harinya. Upah lembur tenaga kerja di Indonesia diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2021 Tentang Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja dan Waktu Istirahat, dan Pemutusan Hubungan Kerja pada Pasal 31 Ayat 2.
2. Menambah jumlah pekerja.
Dengan menambah jumlah pekerja, maka waktu pelaksanaan suatu pekerjaan menjadi lebih singkat. Namun harus memperhatikan beberapa hal tersebut agar alternatif ini berjalan sesuai dengan yang diharapkan, hal tersebut yaitu:
 - a. Kapasitas lahan proyek dapat menampung sejumlah pekerja.
 - b. Memperhatikan keahlian dari pekerja. Produktivitas pekerja dapat dilihat dari pengalaman selama ia bekerja.
 - c. Efektif dalam pengawasan pekerja.
 - d. Memperhatikan keamanan tenaga kerja tersebut.
 - e. Biaya upah pekerja.
3. Mengadakan *shift* pekerjaan.
Tujuan dari mengadakan *shift* pekerjaan yaitu untuk meminimalisir terjadinya kekurangan kemampuan tenaga kerja akibat waktu lembur yang terlalu lama. Alternatif ini dapat dilakukan dengan cara membagi jumlah tenaga kerja menjadi beberapa kelompok secara bergantian.
4. Menggunakan alat bantu yang lebih produktif.

Durasi proyek dapat dipercepat dengan menggunakan alat yang produktivitasnya lebih tinggi. Untuk menyediakan tempat bagi alat berat, maka harus memperhatikan luas lahan yang ada.

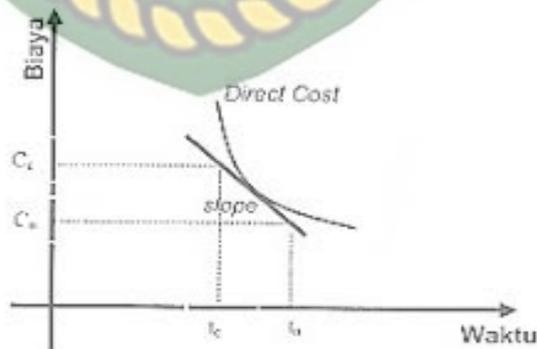
5. Menggunakan material yang dapat lebih cepat pemasangannya.
6. Menggunakan metode konstruksi yang lebih cepat.

Jika metode pelaksanaan konstruksi yang digunakan kurang efisien, maka dapat mengganti metode pelaksanaan tersebut dengan metode konstruksi yang lebih cepat, agar pengerjaan pekerjaan bisa selesai lebih cepat agar dapat memenuhi waktu yang telah ditetapkan.

3.7.1 Hubungan waktu dan biaya

Crash program dilakukan dengan cara memperbaiki jadwal menggunakan *network planning* yang berada pada lintasan kritis. Konsekuensi menggunakan *crash program* adalah meningkatnya biaya langsung (*direct cost*), dimana sumber daya yang berada pada lintasan tidak kritis dapat dioptimalkan di lintasan kritis (Husen, 2010).

Pekerjaan konstruksi dapat diselesaikan dengan biaya normal dan waktu yang normal, namun jika ingin pekerjaan tersebut diselesaikan dengan waktu yang dipercepat maka biaya yang digunakan akan meningkat pula (Luthan & Syafriandi, 2017). Untuk mengetahui lebih jelas hubungan antara waktu dan biaya dapat dilihat pada Gambar 3.11 seperti berikut.



Gambar 3. 11 Hubungan Waktu dan Biaya (Husen, 2010)

Gambar 3.11 menunjukkan hubungan antara waktu dan biaya, pada grafik tersebut terdapat beberapa simbol, antara lain t_n (waktu normal), t_c (waktu dipercepat), c_n (biaya normal), dan c_c (biaya untuk waktu yang dipercepat). Untuk dapat menganalisis lebih lanjut tentang hubungan antara waktu dan biaya perlu mengetahui beberapa definisi yang digunakan dalam suatu pekerjaan, sebagai berikut (Luthan & Syafriandi, 2017):

1. Waktu normal (*normal time*) merupakan waktu penyelesaian pekerjaan dalam kondisi normal.
2. Biaya normal (*normal cost*) adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi dalam waktu normal.
3. Waktu dipercepat (*crash time*) yaitu waktu yang dipercepat untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi.
4. Biaya untuk waktu yang dipercepat (*crash cost*) merupakan jumlah biaya langsung yang digunakan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dipercepat.

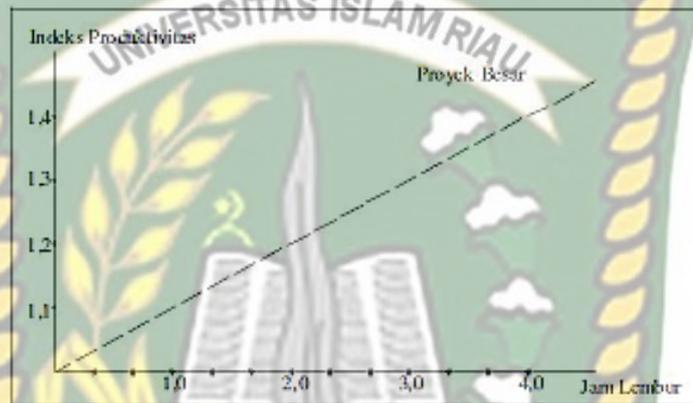
Berdasarkan Gambar 3.11 dapat dilihat jika waktu penyelesaian proyek lebih lama dari waktu normal (waktu yang telah ditetapkan) $t > t_n$ maka proyek tersebut akan mengalami keterlambatan, yang berarti biaya akan bertambah dan penggunaan sumber daya menjadi tidak efektif. Namun, jika waktu dipercepat dengan waktu penyelesaian kurang dari waktu normal $t < t_n$ maka biaya juga akan meningkat karena jumlah sumber daya ditambah sesuai dengan kebutuhan. Maka dari itu, *crash program* digunakan pada pekerjaan yang berada pada lintasan kritis. Untuk memperbaiki jadwal pada *network planning* yang berada di lintasan kritis maka digunakan *cost slope* (penambahan biaya) yang terkecil (Husen, 2010).

3.7.2 Alternatif Penambahan jam kerja (lembur)

Waktu lembur merupakan waktu kerja yang melebihi 7 jam sehari untuk 6 hari kerja dan 40 jam dalam seminggu atau 8 jam sehari untuk 8 hari kerja dan 40 jam dalam seminggu atau waktu kerja pada istirahat mingguan atau pada hari libur resmi yang ditetapkan oleh pemerintah (Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun

2021 Pasal 1 Ayat 7). Kerja lembur tersebut dilakukan oleh karyawan atas dasar perintah dari atasan yang melebihi jam kerja normal.

Kerja lembur tidak dapat dihindari dalam suatu proyek konstruksi karena menjadi salah satu alternatif untuk mengejar sasaran jadwal pekerjaan. Penambahan jam kerja (lembur) pada suatu proyek konstruksi dapat menimbulkan penurunan produktivitas. Indikasi dari penurunan produktivitas pekerja dapat dilihat pada Gambar 3.12



Gambar 3. 12 Indikasi Penurunan Produktivitas Pekerja Akibat Lembur (Soeharto, 1995)

Berdasarkan Gambar 3.12, dapat dilihat bahwa penurunan produktivitas pekerja akibat lembur yaitu 0,1 per jam. Sehingga, koefisien produktivitas pekerja akibat lembur dapat dilihat pada Tabel 3.1.

tabel 3. 1 Koefisien Produktivitas Pekerjaan Pada Jam Lembur

Jam Lembur (jam)	Penurunan Indeks Produktivitas	Penurunan Prestasi Kerja (Per jam)	Persentase Penurunan Prestasi Kerja (%)	Koefisien Produktivitas
a	b	$C = a * b$	d	$E = 100\% - d$
1	0,1	0,1	10	0,9
2	0,1	0,2	20	0,8
3	0,1	0,3	30	0,7
4	0,1	0,4	40	0,6

Salah satu alternatif metode *crash* yaitu menambah waktu kerja (lembur). Untuk dapat melaksanakan lembur, maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum dilakukannya lembur tersebut, antara lain (Luthan & Syafriandi, 2017):

1. Pekerja bersedia diadakannya lembur.
2. Memenuhi izin dari *owner*/ pemilik proyek.
3. Keadaan alam/cuaca sehingga tidak menjadi hambatan.
4. Tersedia sarana untuk melaksanakan waktu lembur seperti lampu penerangan, dan lain-lain.

Sebelum menganalisa percepatan durasi penyelesaian proyek dengan menggunakan alternatif penambahan jam lembur dan mengadakan sistem *shift* kerja, maka analisa pada pekerjaan durasi normal harus dilakukan terlebih dahulu. Persamaan yang digunakan pada analisa pekerjaan durasi normal yaitu:

1. Produktivitas pekerjaan per hari

Produktivitas pekerjaan per hari didapatkan dengan cara volume pekerjaan dibagi dengan durasi implementasi pekerjaan tersebut, seperti pada Persamaan 3.16 (Luthan & Syafriandi, 2017).

$$\text{Produktivitas pekerjaan per hari} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}} \quad (3.16)$$

2. Produktivitas pekerjaan per jam

Tahap awal dalam mempercepat durasi penyelesaian proyek dengan menggunakan alternatif penambahan jam lembur yaitu menentukan produktivitas pekerjaan per jam. Untuk menghitung produktivitas pekerjaan per jam, maka data yang dibutuhkan ialah produktivitas pekerjaan per hari pada durasi implementasi dan durasi jam kerja normal. Jam kerja normal pada proyek tersebut ialah 8 jam/hari. Sehingga, produktivitas pekerjaan per jam dapat dianalisa menggunakan Persamaan 3.17 (Ningrum et al., 2017).

$$\text{Produktivitas pekerjaan per jam} = \frac{\text{Prod.pekerjaan per hari}}{\text{Durasi jam kerja normal}} \quad (3.17)$$

3. Jumlah tenaga kerja per hari

Setelah mendapatkan produktivitas pekerjaan per hari, selanjutnya menentukan jumlah tenaga kerja per hari. Untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang

dibutuhkan per hari dapat menggunakan Persamaan 3.18 (Utiahman & Hinel, 2013).

$$\text{Jumlah tenaga kerja/hari} = \text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{produktivitas pekerjaan per hari} \quad (3.18)$$

4. Harga upah pekerja per hari pada durasi pekerjaan implementasi

Setelah mengetahui jumlah tenaga kerja per hari, maka dapat menghitung upah per hari tenaga kerja pada durasi implementasi. Upah per hari tenaga kerja pada durasi normal dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.19 (W. Santoso, 2017).

$$\text{Harga upah} = \text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{Harga satuan tenaga kerja} \quad (3.19)$$

5. *Normal cost*

Untuk mendapatkan *normal cost*, maka total upah pekerja harus diketahui terlebih dahulu. Total upah pekerja didapatkan dengan menggunakan Persamaan 3.20 (W. Santoso, 2017).

$$\text{Total upah pekerja} = \text{Upah tenaga kerja per hari} \times \text{Durasi pekerjaan} \quad (3.20)$$

Setelah mendapatkan total upah pekerja, maka *normal cost* dapat dihitung. *Normal cost* didapatkan dengan cara menjumlahkan seluruh total upah pekerja pada setiap pekerjaan.

Kelima data tersebut merupakan data awal yang harus diketahui terlebih dahulu sebelum menganalisa percepatan durasi penyelesaian proyek. Setelah diketahui ketiga data tersebut, maka alternatif penambahan jam kerja (lembur) dapat dihitung. Persamaan yang digunakan pada perhitungan alternatif penambahan jam kerja (lembur) sebagai berikut.

1. Produktivitas pekerjaan setelah penambahan jam kerja

Pada penelitian ini menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja. Jam kerja lembur dimulai dari jam 17.00-22.00, dengan waktu istirahat pada pukul 18.00-19.00. Maka, untuk menghitung produktivitas pekerjaan lembur dapat menggunakan Persamaan 3.21 (W. Santoso, 2017).

Produktivitas pekerjaan lembur

$$= (\text{prod. tenaga kerja per hari} + (\text{jam lembur} \times \text{produktivitas tenaga kerja per jam} \times \text{koefisien})) \quad (3.21)$$

2. Durasi setelah penambahan jam kerja

Setelah mengetahui produktivitas pekerjaan lembur, maka selanjutnya dapat menghitung durasi pekerjaan setelah penambahan jam kerja dengan menggunakan Persamaan 3.22 (Ningrum et al., 2017).

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas setelah penambahan jam kerja}} \quad (3.22)$$

3. Upah tenaga kerja lembur

Dalam menentukan upah tenaga kerja lembur, maka menggunakan perhitungan berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021 Pasal 31 Ayat 1. Pada pasal 31 Ayat 1 disebutkan bahwa penambahan waktu kerja satu jam pertama, maka pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam berikutnya maka pekerja mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal, seperti Persamaan 3.23 dan 3.24.

Upah Jam Lembur Pertama

$$= 1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{Upah Normal/hari} \times \text{Hari Kerja Sebulan} \quad (3.23)$$

Upah Jam Lembur Berikutnya

$$= 2 \times \frac{1}{173} \times \text{Upah Normal/hari} \times \text{Hari Kerja Sebulan} \quad (3.24)$$

Setelah mengetahui upah tenaga kerja lembur, maka dapat menghitung total upah lembur per hari. Total upah lembur per hari dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.25 (W. Santoso, 2017).

Total upah lembur tenaga kerja per hari

$$= (\text{Upah normal} + \text{upah jam lembur pertama} + \text{upah lembur jam ke-2} + \text{upah lembur jam ke-3} + \text{upah lembur jam ke-4}) \quad (3.25)$$

4. Biaya akibat percepatan (*crash cost*)

Crash cost didapatkan dari penjumlahan total upah tenaga kerja setelah dipercepat. Oleh karena itu, sebelum menghitung *crash cost*, total upah tenaga kerja setelah dipercepat harus diketahui terlebih dahulu. Untuk mencari total upah tenaga kerja setelah dipercepat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.26 (W. Santoso, 2017).

$$\begin{aligned} & \text{Total upah tenaga kerja dipercepat} \\ & = \text{total upah lembur tenaga kerja per hari} \times \text{durasi pekerjaan dipercepat} \times \text{jumlah} \\ & \quad \text{tenaga kerja} \end{aligned} \quad (3.26)$$

Setelah total upah tenaga kerja dipercepat sudah didapatkan, maka selanjutnya dapat menghitung *crash cost* dengan cara menjumlahkan total upah tenaga kerja masing-masing, seperti Persamaan 3.27 (W. Santoso, 2017).

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} = & \text{total upah pekerja dipercepat} + \text{total upah tukang dipercepat} + \text{total} \\ & \text{upah kepala tukang dipercepat} + \text{total upah mandor dipercepat} \end{aligned} \quad (3.27)$$

5. Cost Slope

Analisa *cost slope* dibagi menjadi 2 tahap, pada tahap pertama yaitu analisa *cost slope* per hari dan selanjutnya analisa *cost slope* total. Data yang diperlukan untuk menghitung *cost slope* per hari ialah biaya normal (*normal cost*), biaya akibat percepatan (*crash cost*), durasi normal (*normal duration*), dan durasi akibat percepatan (*crash duration*). Keempat data tersebut telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya, sehingga dapat menghitung penambahan biaya (*cost slope*) dengan menggunakan Persamaan 3.28 (Husen, 2010).

$$\text{Cost slope per hari} = \frac{(\text{Crash cost} - \text{normal cost})}{(\text{Normal duration} - \text{crash duration})} \quad (3.28)$$

Setelah mengetahui *cost slope* per hari, maka selanjutnya dapat menganalisa *cost slope* total yang bertujuan untuk mengetahui total penambahan biaya pada pekerjaan pembuatan gudang peralatan dan barak pekerja setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan alternatif mengadakan sistem *shift*. Analisa *cost slope* total dapat menggunakan Persamaan 3.29.

$$\text{Cost slope total} = \text{Cost slope per hari} \times (\text{normal duration} - \text{crash duration}) \quad (3.29)$$

3.7.3 Alternatif Mengadakan Sistem *Shift* Kerja

Sistem *shift* merupakan suatu sistem pengaturan kerja yang dapat memberi peluang dalam memanfaatkan keseluruhan waktu yang tersedia untuk mengoperasikan pekerjaan. Penggunaan alternatif mengadakan sistem *shift* kerja dalam percepatan durasi penyelesaian proyek lebih cocok jika durasi yang digunakan oleh pemilik proyek sangat singkat. Hal yang harus dipertimbangkan jika menggunakan alternatif sistem *shift* kerja ialah penerangan, layanan pendukung, keamanan, dan produktivitas (Erviyanto, 2005).

Dalam penggunaan alternatif *shift* kerja terdapat beberapa masalah seperti kurang effisiensinya terhadap komunikasi antar tenaga kerja, kondisi kesehatan yang buruk, kinerja pekerjaan yang buruk, dan kondisi mental fisik yang tidak sehat dan bahkan keamanan pada saat bekerja (Hanna et al., 2008). Menurut Undang-Undang No. 13 Tahun 2003, jam kerja untuk *shift* malam dan *shift* pagi dilihat dari sektor usaha atau pekerjaan tertentu.

Dampak menggunakan metode *shift* dalam mempercepat durasi penyelesaian proyek yaitu kurangnya waktu tidur tenaga kerja dan tubuh tidak mudah untuk menyesuaikan siklus tidur yang baru. Menurut Peraturan Pemerintah No. 35 Tahun 2021 tentang Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja dan Waktu Istirahat, dan Pemutusan Hubungan Kerja disebutkan bahwa istirahat mingguan yaitu 1 hari untuk 6 hari kerja. Siklus yang tidak sesuai antara waktu tidur dan bekerja dapat mempengaruhi kesehatan para tenaga kerja (W. Santoso, 2017). Hal tersebut yang dapat mempengaruhi penurunan produktivitas tenaga kerja. Untuk mengetahui penurunan produktivitas pada *shift* malam, maka tingkat kerja *shift* dan kehilangan produktivitas pekerjaan harus diketahui terlebih dahulu. Tingkat kerja *shift* didapatkan dengan cara jam kerja *shift* dibagi dengan jam kerja yang direncanakan pada proyek tersebut, seperti Persamaan 3.30 (Hanna et al., 2008).

$$\text{Tingkat kerja } shift (\%) = \frac{\text{jam kerja } shift}{\text{jam kerja rencana}} \quad (3.30)$$

Setelah tingkat kerja *shift* diketahui, maka selanjutnya koefisien kehilangan produktivitas pekerjaan pada sistem *shift* malam dapat ditentukan, dengan menggunakan Persamaan 3.31 (Hanna et al., 2008).

$$\text{Kehilangan produktivitas} = 0,22052 + 0,07152 \ln (\% \text{ tingkat kerja shift}) \quad (3.31)$$

Dengan mengetahui penurunan produktivitas pada *shift* malam, maka percepatan durasi penyelesaian proyek dengan alternatif sistem *shift* kerja dapat dianalisa. Percepatan durasi penyelesaian proyek menggunakan sistem *shift* kerja dapat dianalisa menggunakan tahap-tahap sebagai berikut:

1. Produktivitas pekerjaan *shift*

Untuk mengetahui produktivitas pekerjaan pada sistem *shift* malam, koefisien kehilangan produktivitas pada *shift malam* harus diketahui terlebih dahulu. Setelah mengetahui penurunan produktivitas tersebut, maka selanjutnya dapat menghitung produktivitas pekerjaan per hari pada sistem *shift* malam. Untuk menghitung produktivitas pekerjaan *shift* pagi, dapat menggunakan Persamaan 3.32 (Luthan & Syafriandi, 2017).

$$\text{Produktivitas pekerjaan shift pagi} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}} \quad (3.32)$$

Untuk produktivitas pekerjaan *shift* malam dihitung berdasarkan koefisien kehilangan produktivitas pada pekerjaan *shift* malam, oleh karena itu produktivitas pekerjaan pada *shift* malam dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.33 (Ismanta Rio, 2018).

$$\begin{aligned} &\text{Produktivitas pekerjaan shift malam} \\ &= \text{Koefisien kehilangan produktivitas} \times \text{produktivitas pekerjaan shift pagi} \end{aligned} \quad (3.33)$$

Sehingga, total produktivitas dengan sistem kerja *shift* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.34 (Ismanta Rio, 2018).

$$\begin{aligned} &\text{Produktivitas pekerjaan sistem shift} \\ &= \text{Produktivitas shift pagi} + \text{produktivitas shift malam} \end{aligned} \quad (3.34)$$

2. Durasi setelah mengadakan sistem *shift* kerja

Setelah mengetahui produktivitas pekerjaan *shift*, maka selanjutnya dapat menghitung durasi pekerjaan setelah mengadakan sistem *shift* kerja dengan menggunakan Persamaan 3.35 (Ningrum et al., 2017).

$$Crash\ Duration = \frac{Volume\ pekerjaan}{Produktivitas\ setelah\ mengadakan\ shift\ kerja} \quad (3.35)$$

3. Biaya tambahan akibat mengadakan sistem *shift* kerja

Penelitian ini menggunakan 2 sistem *shift* kerja, yaitu *shift* pagi dan *shift* malam. Untuk upah tenaga kerja pada *shift* pagi sama dengan upah per hari tenaga kerja normal, sedangkan untuk upah tenaga kerja pada *shift* malam ditambah 15% dari upah normal. Hal tersebut disebabkan dampak pada *shift* kerja malam seperti, resiko gangguan pada sistem kesehatan pekerja dan resiko kecelakaan kerja pada *shift* malam, akibat penerangan yang kurang memadai (Hanna et al., 2008). Sehingga untuk menghitung upah tenaga kerja pada *shift* malam dapat menggunakan Persamaan 3.36 (W. Santoso, 2017).

$$Upah\ shift\ malam = (15\% \times upah\ normal\ tenaga\ kerja\ per\ hari) + upah\ normal\ tenaga\ kerja\ per\ hari \quad (3.36)$$

4. Biaya akibat percepatan (*crash cost*)

Crash cost didapatkan dari penjumlahan total upah tenaga kerja setelah dipercepat. Oleh karena itu, sebelum menghitung *crash cost*, total upah tenaga kerja setelah dipercepat harus diketahui terlebih dahulu. Untuk mencari total upah tenaga kerja setelah dipercepat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.37 (W. Santoso, 2017).

$$\begin{aligned}
 &Total\ upah\ tenaga\ kerja\ dipercepat \\
 &= (upah\ shift\ pagi + upah\ shift\ malam) \times durasi\ pekerjaan\ dipercepat + jumlah \\
 &\quad tenaga\ kerja) \quad (3.37)
 \end{aligned}$$

Setelah total upah tenaga kerja dipercepat sudah didapatkan, maka selanjutnya dapat menghitung *crash cost* dengan cara menjumlahkan total upah tenaga kerja masing-masing, seperti Persamaan 3.38 (W. Santoso, 2017).

$$Crash\ cost = total\ upah\ pekerja\ dipercepat + total\ upah\ tukang\ dipercepat + total$$

upah kepala tukang dipercepat + total upah mandor dipercepat (3.38)

5. *Cost Slope*

Analisa *cost slope* dibagi menjadi 2 tahap, pada tahap pertama yaitu analisa *cost slope* per hari dan selanjutnya analisa *cost slope* total. Data yang diperlukan untuk menghitung *cost slope* per hari ialah biaya normal (*normal cost*), biaya akibat percepatan (*crash cost*), durasi normal (*normal duration*), dan durasi akibat percepatan (*crash duration*). Keempat data tersebut telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya, sehingga dapat menghitung penambahan biaya (*cost slope*) dengan menggunakan Persamaan 3.39 (Husen, 2010).

$$\text{Cost slope per hari} = \frac{(\text{Crash cost} - \text{normal cost})}{(\text{Normal duration} - \text{crash duration})} \quad (3.39)$$

Setelah mengetahui *cost slope* per hari, maka selanjutnya dapat menganalisa *cost slope* total yang bertujuan untuk mengetahui total penambahan biaya pada pekerjaan pembuatan gudang peralatan dan barak pekerja setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan alternatif mengadakan sistem *shift*. Analisa *cost slope* total dapat menggunakan Persamaan 3.40 (Ismanta Rio, 2018).

$$\text{Cost slope total} = \text{Cost slope per hari} \times (\text{normal duration} - \text{crash duration}) \quad (3.40)$$

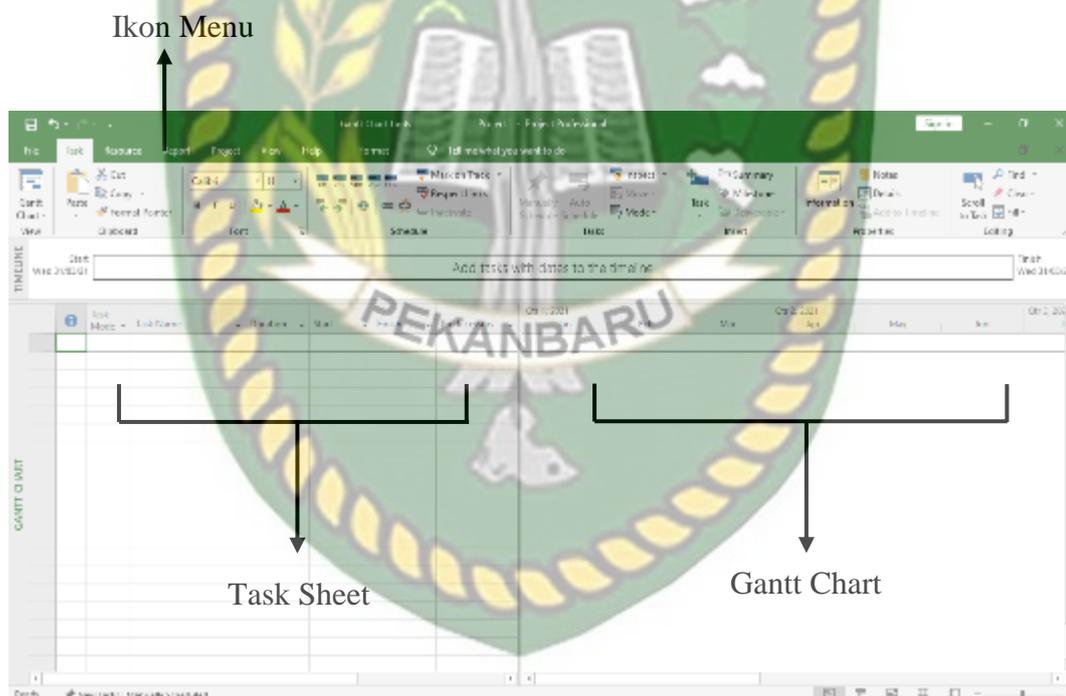
3.8 *Microsoft Project 2016*

Microsoft Project 2016 merupakan bagian dari program yang dimiliki oleh *Microsoft Office*. Program tersebut dibuat untuk memenuhi kebutuhan pengelolaan proyek (*Project Management*) pada masing-masing organisasi yang ada didalam proyek konstruksi. *Microsoft Project 2016* merupakan *software* yang berguna dalam urusan administrasi proyek yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, pengawasan, serta pelaporan dan biaya dari proyek konstruksi tersebut (E. Santoso, 2013).

Microsoft Project merupakan suatu program aplikasi yang digunakan untuk membuat penjadwalan proyek, dan juga dapat membantu untuk melakukan pencatatan terhadap sumber daya yang digunakan, baik berupa sumber daya manusia, peralatan, maupun material. Aplikasi ini memiliki beberapa fungsi seperti, mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap pekerjaan, mencatat jam kerja para pekerja, mencatat jam lembur, dapat menghitung pengeluaran pada pelaksanaan

pekerjaan konstruksi, serta dapat menyajikan laporan kemajuan proyek (Luthan & Syafriandi, 2017).

Salah satu kelebihan penjadwalan menggunakan aplikasi komputer yaitu aplikasi komputer dapat mengolah data dalam kapasitas besar dengan meminimalisir kesalahan yang terjadi saat penjadwalan. Sehingga, jika suatu proyek terdapat perubahan dan harus menyesuaikan terhadap kondisi lapangan, maka aplikasi komputer tersebut dapat mengubahnya dalam waktu yang singkat. Dengan adanya aplikasi tersebut, maka dapat memudahkan dalam pengambilan keputusan serta dapat mengetahui pokok-pokok permasalahan dalam pelaksanaan proyek konstruksi (Luthan & Syafriandi, 2017). Untuk mengetahui lebih jelas tentang aplikasi *Microsoft Project* 2016 dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Lembaran kerja Microsoft Project 2016 (Luthan & Syafriandi, 2017)

Berdasarkan Gambar 3.13 lembaran kerja pada *Microsoft Project* terbagi dua, lembaran kerja tersebut dipisahkan oleh pembatas yang dapat digeser dengan *mouse*. Sebelah kiri merupakan data masukan (*task sheet*) dan sebelah kanan merupakan diagram *ganttt chart*. Dalam *Microsoft Project* terdapat beberapa istilah, antara lain (Luthan & Syafriandi, 2017).

1. *Task Name*

Task name merupakan lembar kerja yang didalamnya terdiri dari beberapa rincian pekerjaan sebuah proyek. Masing-masing pekerjaan menempati satu baris.

2. *Duration*

Duration adalah rentang waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Pada bagian ini berisikan lamanya suatu kegiatan dengan disimbolkan berupa satuan seperti mo untuk bulan (*months*), w untuk minggu (*weeks*), d untuk hari (*days*), h untuk jam (*hours*), dan m untuk menit (*minutes*).

3. *Start*

Start menunjukkan tanggal dimulainya suatu pekerjaan. Data pada bagian ini dapat menyesuaikan secara otomatis jika ada keterkaitan pekerjaan tersebut dengan pekerjaan lain.

4. *Finish*

Finish menunjukkan tanggal selesainya suatu pekerjaan. Pada bagian ini akan otomatis terisi dari perhitungan awal mulainya kegiatan dan ditambah dengan durasi, jika telah ditentukan durasi dari pekerjaan tersebut.

5. *Predecessors*

Predecessors merupakan hubungan yang saling berkaitan antar satu pekerjaan dengan pekerjaan lain. Hubungan yang saling berkaitan pada *predecessors* ini sama dengan jenis hubungan yang terdapat pada *Precedence Diagram Network* (PDM).

6. *Resources Name*

Resources Name berfungsi untuk menulis sumber daya yang digunakan atau yang diperlukan pada suatu proyek konstruksi baik itu sumber daya manusia, peralatan, maupun material.

7. *Gantt Chart*

Gantt Chart merupakan lembar kerja pada *Microsoft Project 2016* yang berisikan batang-batang horizontal yang menggambarkan masing-masing pekerjaan beserta durasinya.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan tertentu. Cara ilmiah tersebut berarti kegiatan penelitian didasari ciri-ciri keilmuan yaitu rasional, empiris, dan sistematis. Rasional memiliki arti yaitu kegiatan penelitian dilakukan dengan cara yang masuk akal, sehingga dapat dijangkau penalaran manusia. Empiris berarti cara yang digunakan pada penelitian tersebut dapat diamati oleh indra manusia, sehingga orang lain dapat mengamati dan mengetahui cara-cara yang digunakan. Sedangkan sistematis memiliki arti yaitu proses yang digunakan dalam penelitian tersebut menggunakan langkah-langkah yang bersifat logis (Sugiyono, 2015).

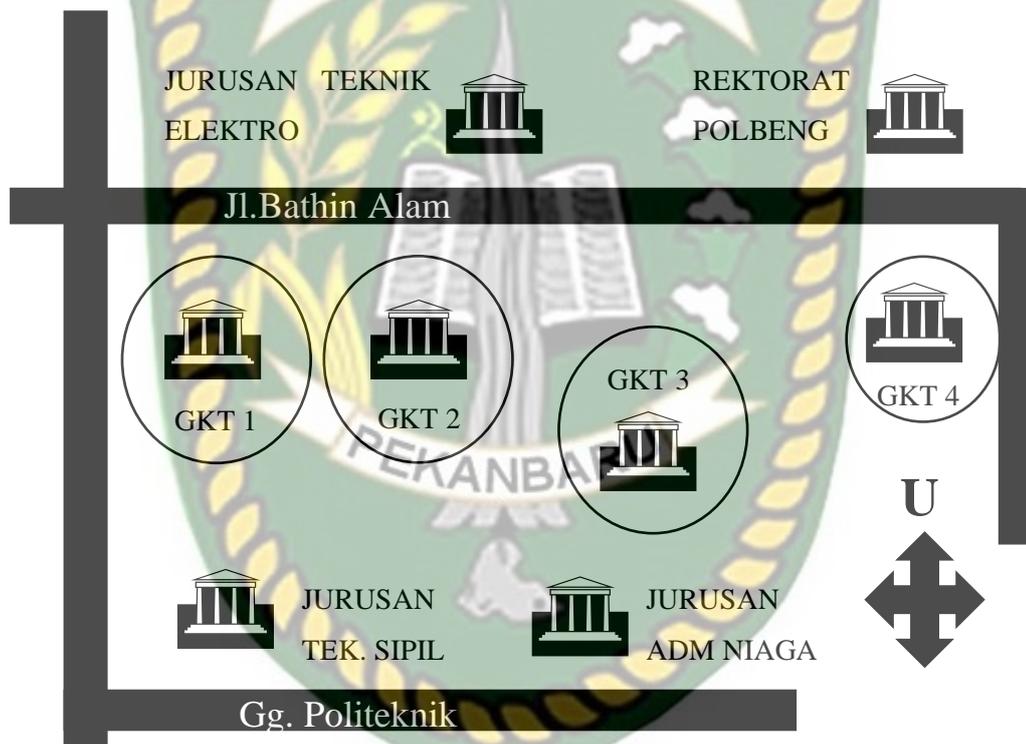
Pada penelitian ini menggunakan dua alternatif untuk mempercepat penyelesaian durasi proyek, yaitu menambah empat jam kerja (lembur) dan mengadakan *shift* malam dengan tenaga kerja yang baru. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021 Pasal 1 Ayat 7 Waktu lembur merupakan waktu kerja yang melebihi 7 jam sehari untuk 6 hari kerja dan 40 jam dalam seminggu atau 8 jam sehari untuk 8 hari kerja dan 40 jam dalam seminggu atau waktu kerja pada istirahat mingguan atau pada hari libur resmi yang ditetapkan oleh pemerintah. Sedangkan sistem *shift* merupakan suatu sistem pengaturan kerja yang dapat memberi peluang dalam memanfaatkan keseluruhan waktu yang tersedia untuk mengoperasikan pekerjaan. Penambahan empat jam kerja tersebut dimulai dari pukul 17.00 – 22.00 dengan waktu istirahat pada pukul 18.00 – 19.00. Sedangkan untuk *shift* malam dimulai dari pukul 17.00 – 02.00, dengan waktu istirahat pada pukul 18.00 – 19.00. Penelitian ini menggunakan alat bantu *Microsoft Project 2016* dalam menganalisa pekerjaan yang berada di jalur kritis.

Jenis penelitian kuantitatif yang digunakan pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui besar durasi penyelesaian setelah dilakukan percepatan pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis dan

mengetahui besar biaya akibat percepatan pelaksanaan pekerjaan pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis yang berlokasi di Jalan Bathin Alam, Desa Sungai Alam, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. Politeknik Negeri Bengkalis merupakan salah satu perguruan tinggi yang ada di Bengkalis. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian

Gambar 4.1 menunjukkan lokasi objek penelitian yang dalam 1 proyek konstruksi terdiri dari 4 gedung, yaitu Gedung Kuliah Terpadu 1, Gedung Kuliah Terpadu 2, Gedung Kuliah Terpadu 3, dan Gedung Kuliah Terpadu 4. Proyek ini terletak didepan gedung elektro, serta didepan gedung rektorat. Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis, ini dibangun 4 gedung yang terdiri dari 2 gedung administrasi, dan 2 gedung perkuliahan. Luas bangunan Gedung Kuliah Terpadu 1 ialah sebesar 1.336,49 m², luas bangunan Gedung Kuliah

Terpadu 2 dan 4 ialah sebesar 544,32 m², serta luas bangunan Gedung Kuliah Terpadu 3 ialah sebesar 672,99 m².

4.3 Pengumpulan Data

Untuk menganalisa permasalahan dan upaya menyelesaikan penelitian ini, maka penelitian ini menggunakan studi literatur. Metode studi literatur merupakan suatu metode yang digunakan untuk mendapatkan kejelasan terhadap konsep penelitian yang dilakukan dengan cara mendapatkan buku-buku, jurnal, maupun penelitian terdahulu yang berisikan dasar teori dan rumus-rumus perhitungan yang digunakan pada penelitian ini. Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari pihak kontraktor proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui wawancara dengan mengajukan beberapa pertanyaan menggunakan list wawancara yang ditujukan kepada *project manager* proyek tersebut untuk mengetahui faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek konstruksi, serta berdasarkan pengamatan langsung di lapangan. List wawancara dapat dilihat pada Lampiran 1.

2. Data Sekunder

Data sekunder diperlukan berupa dokumen proyek, seperti rencana anggaran biaya (RAB) yang berfungsi untuk mengetahui biaya-biaya yang dikeluarkan per item pekerjaan pada proyek tersebut, laporan harian berfungsi untuk mengetahui durasi pelaksanaan pekerjaan pada masa pembangunan, dan kurva S berfungsi untuk mengetahui kemajuan pengerjaan suatu proyek konstruksi. Data tersebut digunakan sebagai data-data pendukung yang dapat dijadikan sebagai bahan referensi dalam melakukan analisis keterlambatan dan percepatan proyek.

4.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan beberapa tahap, setiap tahapan saling berkaitan. Adapun tahapan pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan ini merupakan tahap pertama yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu mencari tempat atau lokasi penelitian yang akan dilakukan.

2. Tahap Studi Literatur

Setelah mendapatkan lokasi penelitian, maka selanjutnya melakukan studi literatur. Tahap studi literatur merupakan tahap mencari referensi-referensi yang terkait dengan judul penelitian, seperti buku, jurnal, dan penelitian terdahulu. Setelah mengadakan studi literatur, maka pada tahap ini juga melakukan pengurusan surat izin atau surat pengantar yang ditujukan kepada pihak kontraktor pelaksanaan Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis. Surat izin tersebut berguna untuk pengambilan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini. Pada tahap studi literatur ini juga melakukan penyusunan pertanyaan yang dimasukkan kedalam *list* wawancara, yang bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab keterlambatan pada pelaksanaan proyek tersebut.

3. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data diperoleh setelah melakukan perizinan yang ditujukan kepada pihak kontraktor. Setelah surat izin diterima oleh pihak kontraktor, maka selanjutnya dilakukan peninjauan lokasi penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dengan cara melakukan wawancara dengan menggunakan *list* wawancara yang ditujukan kepada *project manager* mengenai faktor penyebab keterlambatan pada proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis. Untuk data sekunder diperoleh dari pihak kontraktor. Data sekunder sangat penting dalam penelitian ini, data tersebut berupa kurva S, rencana anggaran biaya (RAB), dan laporan harian.

4. Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan alat bantu yaitu *software Microsoft Project 2016* yang bertujuan untuk mengetahui pekerjaan yang berada pada lintasan kritis. Pekerjaan yang berada pada lintasan kritis tersebut yang dilakukan analisa dengan menggunakan metode *crash duration*.

5. Tahap Analisa Data

Setelah data-data yang diperlukan pada penelitian ini telah terkumpul dan telah mengetahui pekerjaan yang berada pada lintasan kritis, maka analisa data menggunakan metode *crash duration* dapat dilakukan. Dalam analisa data ini menggunakan alat bantu *software* yaitu *Microsoft Excel*. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung produktivitas harian normal dan produktivitas tiap jam, menghitung *crash duration*, menghitung *crash cost*, dan menghitung *cost slope*.

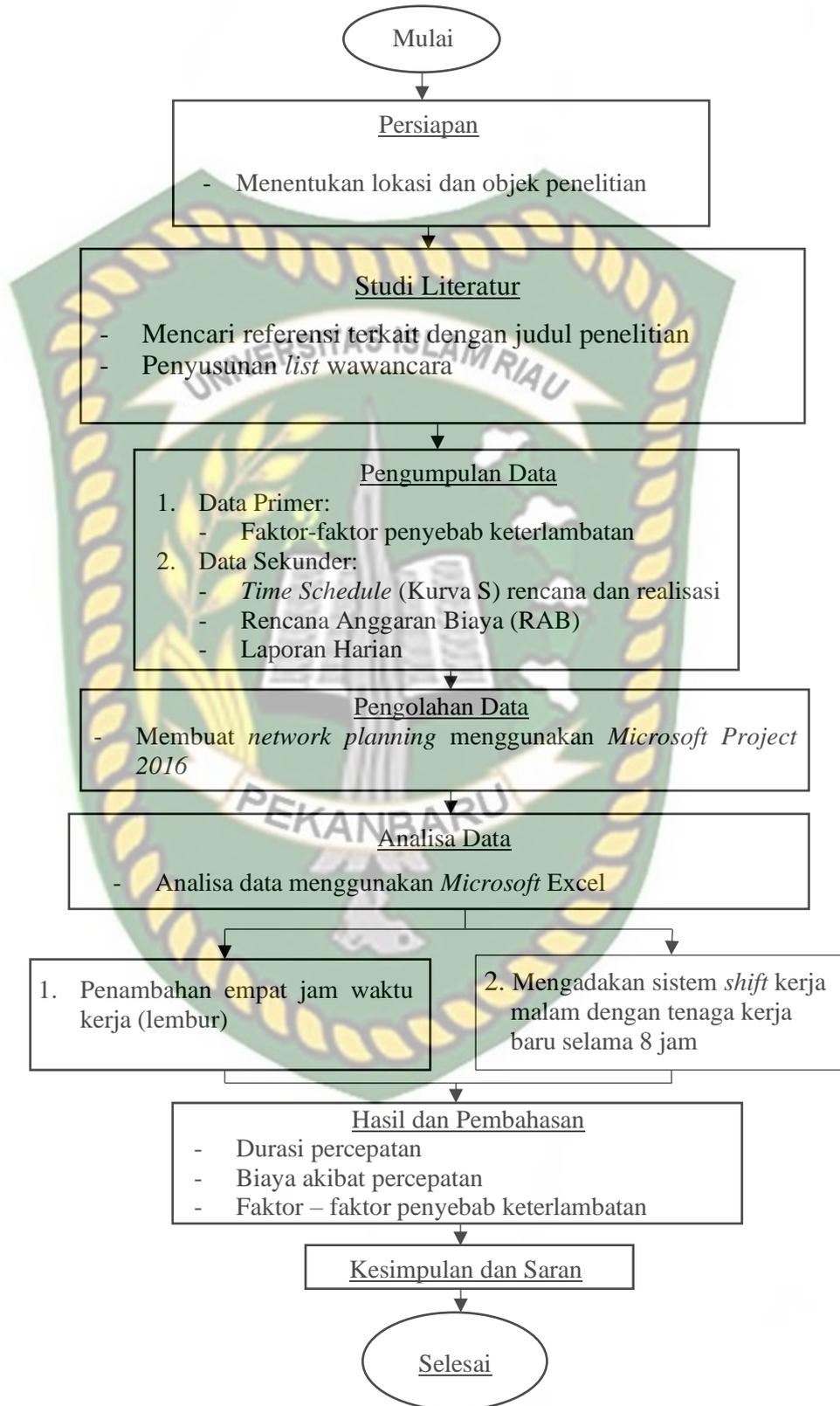
6. Hasil Analisa dan Pembahasan

Pada tahap ini membuat suatu rangkuman dari hasil analisa data yang telah didapatkan sebelumnya. Rangkuman tersebut bertujuan untuk mengetahui besar durasi penyelesaian proyek setelah dilakukan percepatan pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis, mengetahui besar biaya akibat percepatan pelaksanaan pekerjaan pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis, serta mengetahui faktor penyebab keterlambatan pelaksanaan proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis.

7. Kesimpulan dan Saran

Tahapan ini merupakan tahapan penarikan kesimpulan dari hasil akhir analisa data penelitian serta memberikan saran terhadap hasil penelitian.

Untuk lebih jelas tahap-tahap kegiatan penelitian dan bagan alir penelitian, maka dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian

4.5 Cara Analisa Data

Pada penelitian ini menggunakan dua macam data yaitu data primer dan data sekunder. Masing-masing data tersebut dianalisa dengan cara yang berbeda. Adapun cara analisa dari masing-masing data tersebut sebagai berikut:

1. Analisa Percepatan Waktu

Analisa percepatan durasi proyek dilakukan dengan cara menambah jam kerja (lembur) dan mengadakan sistem *shift* kerja malam dengan menggunakan tenaga kerja yang baru. Pengolahan data menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM) dengan bantuan aplikasi *Microsoft Project 2016* yaitu bertujuan untuk mengetahui kegiatan yang berada di jalur kritis. Setelah mengetahui kegiatan yang berada di jalur kritis, lalu dapat menghitung percepatan proyek menggunakan metode *crash duration* pada kegiatan yang berada di jalur kritis. Penambahan empat jam kerja (lembur) dimulai dari pukul 17.00 – 22.00. Sedangkan untuk *shift* malam dimulai pada pukul 17.00 – 02.00. Waktu istirahat pada kedua alternatif tersebut pada pukul 18.00 – 19.00.

2. Analisa Biaya

Akibat dari percepatan durasi penyelesaian proyek, maka biaya pada proyek tersebut menjadi meningkat dari biaya proyek normal. Sehingga perlu dilakukan analisa biaya tambahan akibat dari percepatan durasi tersebut. Dalam menganalisa biaya untuk alternatif penambahan waktu kerja (lembur) menggunakan Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021 Pasal 31 Ayat 1. Setelah menganalisa waktu lembur, maka alternatif kedua yaitu mengadakan sistem *shift* kerja dapat dianalisa. *Output* yang diharapkan pada metode *crashing duration* tersebut ialah dapat mengetahui besar durasi penyelesaian proyek setelah dilakukan percepatan dan mengetahui besar biaya akibat dari percepatan pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis, serta dapat membandingkan penggunaan alternatif yang paling efektif antara penambahan waktu jam kerja atau lembur dengan mengadakan sistem *shift* kerja malam.

3. Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan

Dalam menganalisa faktor penyebab keterlambatan proyek, maka menggunakan analisa dengan metode wawancara yang bertujuan untuk mengklarifikasi tentang proyek tersebut. Wawancara ditujukan langsung kepada *project manager* proyek, agar hasil yang didapat lebih *real* atau lebih nyata karena telah diklarifikasi langsung oleh *project manager* proyek tersebut. Dengan melakukan wawancara yang diajukan kepada *project manager*, maka *output* yang didapat yaitu dapat mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya keterlambatan pada proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis.



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Studi kasus dalam penelitian ini ialah Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis. Proyek ini terdiri dari 4 bangunan yang masing-masing bangunannya mempunyai 3 lantai. Berdasarkan data awal perencanaan, proyek diselesaikan dalam jangka waktu 206 hari kalender. Namun, pada pelaksanaan dilapangan ditemukan keterlambatan pelaksanaan konstruksi yang terjadi pada saat pembangunan struktur, sehingga penyelesaian proyek menjadi 296 hari kalender. Pekerjaan struktur pada proyek ini direncanakan selesai pada 123 hari kalender, namun pekerjaan struktur mengalami keterlambatan yang disebabkan pada pekerjaan pondasi *bore pile* tidak menemukan tanah keras, sehingga perlu dilakukan analisa ulang terhadap pemakaian pondasi pada proyek tersebut, sehingga penyelesaian pekerjaan struktur menjadi 214 hari kalender. Proyek ini dipilih menjadi studi kasus dalam penelitian ini karena dalam pelaksanaannya mengalami keterlambatan, sehingga perlu diadakan percepatan durasi proyek agar keterlambatan pelaksanaan proyek menjadi tidak terlalu lama. Dalam penelitian ini, pekerjaan yang dipercepat hanya pekerjaan struktur yang berada di jalur kritis. Data yang digunakan dalam metode *crashing duration* pada penelitian ini adalah laporan harian, *time schedule* dan rencana anggaran biaya (RAB). Berikut data Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis.

Data umum Proyek:

1. Nama Proyek : Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis
2. Lokasi Proyek : Jalan Bathin Alam, Sungai Alam, Kabupaten Bengkalis
3. Pemilik Proyek : Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Politeknik Negeri Bengkalis
4. Konsultan Perencana : CV. Nadhira Utama

5. Konsultan Pengawas : PT. Riau Multi Cipta Dimensi
6. No Kontrak : 1281/PL31.23/LL/2020
7. Kontraktor Pelaksana : PT. Putra Sakti Sampurna
8. No Kontrak : 1281/PL31.23/LL/2020
9. Nilai Kontrak : Rp. 61.559.100.000,-
10. Durasi Rencana : 206 (dua ratus enam) hari kalender
11. Durasi Pelaksanaan : 296 (dua ratus sembilan puluh enam) hari kalender
12. Sumber Dana : SBSN T.A 2020

Tabel 5.1 merupakan rencana anggaran biaya (RAB) Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis. Data tersebut berdasarkan data di lapangan.

Tabel 5.1 Rencana Anggaran Biaya Proyek

NO.	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA
I.	GEDUNG KULIAH TERPADU I	Rp 24.758.166.739,94
	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 536.131.314,92
	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp 15.645.330.445,17
	PEKERJAAN ARSITEK	Rp 7.794.775.619,85
	PEKERJAAN MEKANIKAL	Rp 145.502.250,00
	PEKERJAAN ELEKTRIKAL	Rp 636.427.110,00
II.	GEDUNG KULIAH TERPADU II	Rp 10.757.590.756,38
	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 61.156.640,00
	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp 7.240.805.267,85
	PEKERJAAN ARSITEK	Rp 2.862.101.723,53
	PEKERJAAN MEKANIKAL	Rp 141.395.325,00
	PEKERJAAN ELEKTRIKAL	Rp 452.131.800,00
III.	GEDUNG KULIAH TERPADU III	Rp 9.551.463.929,13
	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 62.932.698,00
	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp 6.294.907.479,59
	PEKERJAAN ARSITEK	Rp 2.562.902.141,54
	PEKERJAAN MEKANIKAL	Rp 168.886.635,00
	PEKERJAAN ELEKTRIKAL	Rp 461.834.975,00
IV.	GEDUNG KULIAH TERPADU IV	Rp 10.757.590.756,38
	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 61.156.640,00
	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp 7.240.805.267,85
	PEKERJAAN ARSITEK	Rp 2.862.101.723,53
	PEKERJAAN MEKANIKAL	Rp 141.395.325,00
	PEKERJAAN ELEKTRIKAL	Rp 452.131.800,00
V.	RENCANA KESELAMATAN KERJA	Rp 138.006.000,00
	JUMLAH = (PEK STANDAR + NON STANDAR)	Rp 55.962.818.181,83
	PPN 10 %	Rp 5.596.281.818,18
	TOTAL = (JUMLAH + PPN 10%)	Rp 61.559.100.000,01
	DIBULATKAN	Rp 61.559.100.000,00

(Sumber : Data Proyek)

Berdasarkan Tabel 5.1 diketahui bahwa total biaya pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis yaitu sebesar Rp 61.559.100.000,00 setelah ditambah pajak pertambahan nilai sebesar 10%. Biaya tersebut terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan mekanikal, pekerjaan eletrikal dan rencana keselamatan kerja.

Data upah tenaga kerja didapatkan berdasarkan data di lapangan. Untuk daftar upah tenaga kerja pada proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis, disajikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Daftar Upah Tenaga Kerja Pada Proyek

No.	Uraian	Satuan	Harga
1.	Pekerja	oh	Rp 104.000,00
2.	Mandor	oh	Rp 180.000,00
3.	Kepala Tukang	oh	Rp 160.000,00
4.	Tukang Kayu	oh	Rp 135.000,00
5.	Tukang Batu	oh	Rp 135.000,00
6.	Tukang Besi	oh	Rp 135.000,00

(Sumber : Data Proyek)

Berdasarkan pada Tabel 5.2 diketahui bahwa untuk upah pekerja per hari yaitu Rp 104.000,00, upah mandor per hari Rp 180.000,00, kepala tukang per hari Rp 160.000,00, sedangkan untuk upah tukang per hari yaitu 135.000,00. Upah tukang berlaku untuk semua tukang baik tukang kayu, tukang batu, tukang cat, tukang *plafond*, maupun tukang besi. Daftar upah tenaga kerja tersebut untuk pekerjaan yang dikerjakan pada jam kerja normal yaitu 8 jam/hari.

5.2 Identifikasi Pekerjaan Kritis

Metode *crash duration* dipusatkan pada kegiatan yang berada di jalur kritis, maka kegiatan yang berada pada jalur kritis harus diketahui terlebih dahulu sebelum melakukan proses *crashing*. Hal tersebut dikarenakan kegiatan yang berada pada jalur kritis menjadi penentu dalam mempercepat durasi penyelesaian proyek. Sehingga, untuk mengetahui kegiatan-kegiatan yang berada di jalur kritis, maka dapat menggunakan alat bantu yaitu aplikasi *Microsoft Project 2016*. Dalam

penentuan jalur kritis, tahap yang pertama kali dilakukan ialah tahap penjadwalan. Untuk menyusun pejadwalan, durasi setiap pekerjaan proyek harus diketahui terlebih dahulu, durasi tersebut dapat dilihat dari *time schedule* rencana dan laporan harian pada proyek.

Setelah durasi setiap pekerjaan diketahui, maka selanjutnya menentukan hubungan tiap pekerjaan. Hubungan tiap pekerjaan dapat dibuat langsung menggunakan *Microsoft Project 2016*. Pada penelitian ini menggunakan hubungan *start to start* dan *finish to start* dalam penentuan kegiatan-kegiatan yang berada di jalur kritis. Untuk tabel hubungan antar kegiatan dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Hubungan Antar Kegiatan

Pekerjaan	Durasi	Start	Finish	Predecessors
1. PONDASI TIANG PANCANG 25x25	21 days	Fri 18/09/20	Thu 08/10/20	42FS+7 days
2. PDA Test + Crane	2 days	Sun 20/09/20	Mon 21/09/20	43SS+2 days
3. Pekerjaan Pembobokan Ujung	14 days	Fri 25/09/20	Thu 08/10/20	43SS+7 days
4. Pekerjaan Pile Cap	11 days	Fri 02/10/20	Mon 12/10/20	45FS-7 days
Pekerjaan Pile cap MP2 2700 x	11 days	Fri 02/10/20	Mon 12/10/20	45FS-7 days
- Penulangan Pile Cap	8 days	Fri 02/10/20	Fri 09/10/20	45FS-7 days
- Pemasangan Bekisting	7 days	Sun 04/10/20	Sat 10/10/20	48FS-6 days
- Pengecoran K-275	5 days	Tue 06/10/20	Sat 10/10/20	49FS-5 days
Pekerjaan Pile Cap MP3 2700 x	11 days	Fri 02/10/20	Mon 12/10/20	45FS-7 days
- Penulangan Pile Cap	8 days	Fri 02/10/20	Fri 09/10/20	45FS-7 days
- Pemasangan Bekisting	7 days	Sun 04/10/20	Sat 10/10/20	52FS-6 days
- Pengecoran K-275	5 days	Tue 06/10/20	Sat 10/10/20	53FS-5 days
Pekerjaan Pile Cap MP4 2700 x	11 days	Fri 02/10/20	Mon 12/10/20	45FS-7 days
- Penulangan Pile Cap	8 days	Fri 02/10/20	Fri 09/10/20	45FS-7 days
- Pemasangan Bekisting	7 days	Sun 04/10/20	Sat 10/10/20	56FS-6 days
- Pengecoran K-275	5 days	Tue 06/10/20	Sat 10/10/20	57FS-5 days

Berdasarkan Tabel 5.3 terlihat hubungan antar kegiatan pada proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis. Hubungan antar kegiatan *start to start* terdapat pada pekerjaan pembobokan ujung pondasi. Pekerjaan pembobokan ujung pondasi dapat dikerjakan secara bersamaan dengan pekerjaan pondasi tiang pancang, sehingga pekerjaan tersebut menjadi tumpang tindih, tanpa harus menunggu pekerjaan pondasi tiang pancang selesai terlebih dahulu. Salah satu contoh hubungan *finish to start* terdapat pada pekerjaan penulangan *pile cap* MP2. Arti dari hubungan kegiatan tersebut ialah, pekerjaan penulangan *pile cap* MP2 dapat dikerjakan 7 hari sebelum pekerjaan pembobokan ujung pondasi selesai. Untuk mengetahui hubungan antar kegiatan lainnya dapat

dilihat pada Lampiran 2. Setelah menentukan hubungan pekerjaan di *Microsoft project* 2016, maka akan didapatkan beberapa pekerjaan yang berada pada jalur kritis.

Berdasarkan analisa pada *Microsoft Project* 2016 terdapat beberapa pekerjaan yang berada di jalur kritis. Pekerjaan yang berada di jalur kritis dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Pekerjaan Yang Berada Pada Jalur Kritis

No.	Jenis Pekerjaan	Volume	Durasi Normal (hr)
	GEDUNG KULIAH TERPADU I		
B.	PEKERJAAN STRUKTUR		
	LANTAI 1		
I.	Pekerjaan Tanah		
	Pekerjaan Pemadatan Tanah per Layer	1.416,80	7
II.	Pekerjaan Pondasi		
	Pondasi Borepile K-350	2.320,00	21
	Pekerjaan Pembobokan Ujung Pondasi	8,19	14
III.	Pekerjaan Pile Cap		
	Pile Cap P1 1800 x 1500 x 800		
	- Penulangan Pile Cap	9.073,03	8
	Pile Cap P2 1500 x 1500 x 800		
	- Penulangan Pile Cap	8.146,78	8
	Pile Cap MP2 2700 x 1000 x 600		
	- Penulangan Pile Cap	9.803,57	8
	- Pemasangan Bekisting	150,96	7
	- Pengecoran K-275	55,08	5

Secara general, pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis berada pada jalur kritis. Untuk lebih lengkap tentang pekerjaan yang berada pada jalur kritis dapat dilihat pada Lampiran

5. Maka, pekerjaan yang berada pada jalur kritis tersebut yang akan dilakukan percepatan durasi penyelesaian proyek (*crash duration*).

5.3 Analisa Pada Durasi Pelaksanaan Pekerjaan

Analisa yang dilakukan pada durasi pelaksanaan pekerjaan yaitu analisa terhadap produktivitas pekerjaan per hari, analisa jumlah tenaga kerja per hari, dan analisa produktivitas pekerjaan per jam. Dengan mengetahui produktivitas pekerjaan per hari, maka jumlah tenaga kerja per hari dan produktivitas per jam pada setiap pekerjaan dapat diketahui. Tahap-tahap analisa pada durasi pelaksanaan pekerjaan sebagai berikut:

1. Analisa Produktivitas Pekerjaan Per Hari

Sebelum menghitung jumlah kebutuhan tenaga kerja pada setiap pekerjaan yang berada di jalur kritis, maka produktivitas pekerjaan per hari harus diketahui terlebih dahulu. Produktivitas pekerjaan per hari didapatkan dengan cara membagi antara volume pekerjaan dengan durasi pelaksanaan atau pelaksanaan hari kerja. Produktivitas pekerjaan per hari dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 3.16.

$$\text{Produktivitas pekerjaan per hari} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi pelaksanaan}}$$

Produktivitas pekerjaan per hari pada pemasangan *bekisting Pile Cap* MP2.

$$\text{Volume pekerjaan} = 150,96 \text{ m}^2$$

$$\text{Durasi implementasi} = 7 \text{ hari}$$

Maka, produktivitas pekerjaan per hari dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas pekerjaan per hari} = \frac{150,96}{7} = 21,57 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Maka, berdasarkan analisa perhitungan didapatkan produktivitas pekerjaan pemasangan *bekisting Pile Cap* MP2 per hari ialah 21,57 m²/hari. Untuk mengetahui hasil analisa produktivitas pekerjaan per hari pada pekerjaan lainnya, dapat dilihat pada Lampiran 6.

2. Analisa Produktivitas Pekerjaan Per Jam

Data yang dibutuhkan untuk menganalisa produktivitas pekerjaan per jam yaitu produktivitas pekerjaan per hari dan durasi jam kerja normal. Pada analisa sebelumnya, produktivitas pekerjaan per hari sudah diketahui dan durasi jam kerja normal yang digunakan pada proyek tersebut ialah 8 jam/hari. Maka produktivitas per jam dapat dicari menggunakan Persamaan 3.17.

$$\text{Produktivitas Pekerjaan Per Jam} = \frac{\text{Produktivitas Pekerjaan Per Hari}}{\text{Durasi Jam Kerja Normal}}$$

Produktivitas pekerjaan per jam pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile Cap* MP2

Produktivitas pekerjaan per hari = 21,57 m²/hari

Durasi jam kerja normal = 8 jam/hari

Berdasarkan Persamaan 3.17, maka produktivitas pekerjaan per jam pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile Cap* MP2 sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas Pekerjaan Per Jam} = \frac{21,57}{8} = 2,696 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Maka, berdasarkan analisa perhitungan didapatkan produktivitas pekerjaan per jam pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile Cap* MP2 ialah 2,696 m²/jam. Untuk mengetahui produktivitas pekerjaan per jam pada pekerjaan lainnya, dapat dilihat pada Lampiran 6.

3. Analisa Jumlah Tenaga Kerja Per Hari

Sebelum melakukan percepatan maka terlebih dahulu melakukan analisis terhadap jumlah kebutuhan tenaga kerja pada durasi pelaksanaan. Analisis tersebut berdasarkan produktivitas pekerjaan per hari dan koefisien tenaga kerja. Koefisien tenaga kerja didapat berdasarkan data proyek. Koefisien tenaga kerja yang digunakan pada proyek tersebut berdasarkan Permen PUPR No. 28 Tahun 2016. Setelah mengetahui jumlah kebutuhan tenaga kerja pada durasi pelaksanaan dan pekerjaan-pekerjaan yang berada di jalur kritis telah diketahui, maka selanjutnya dapat menganalisis percepatan pada pekerjaan yang berada di jalur kritis tersebut. Jumlah tenaga kerja per hari dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.18.

$$\text{Jumlah Tenaga Kerja} = \text{Produktivitas pekerjaan per hari} \times \text{koefisien tenaga kerja}$$

Jumlah tenaga kerja (*resource*) per hari pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 dengan durasi 7 hari.

Data yang diperlukan

- a. Produktivitas pekerjaan per hari = 21,57 m²/hari
- b. Koefisien tenaga kerja

Koefisien tersebut berdasarkan Permen PUPR No 28 Tahun 2016 Tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Pekerja = 0,520

Tukang Kayu = 0,260

Kepala Tukang = 0,026

Mandor = 0,026

Maka, jumlah tenaga kerja dapat dihitung sebagai berikut:

Pekerja = 21,57 x 0,520 = 11,21 OH

Tukang Kayu = 21,57 x 0,260 = 5,61 OH

Kepala Tukang = 21,57 x 0,026 = 0,56 OH

Mandor = 21,57 x 0,026 = 0,56 OH

Maka, didapatkan jumlah tenaga kerja per hari pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2. Untuk pekerja 11,21 oh, tukang kayu 5,61 oh, kepala tukang 0,56 oh, dan mandor 0,56 oh. Hasil analisa durasi pelaksanaan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Analisa Pekerjaan Pada Durasi Pelaksanaan

No.	Item Pekerjaan		Koef. Tenaga Kerja	Produktivitas	Produktivitas	Volume	Rencana	Jumlah Tenaga
			Per Satuan Pekerjaan	Pekerjaan Per Hari	per jam		Hari kerja	Kerja Per Hari
			(a)	(b)	(c)		(d)	(e)
4	PILE CAP P2 1500 X 1500 X 800 - Pembesian	P	0.070	1,018.35	127.293	8,146.78	8	71
		TBE	0.070					71
		KT	0.007					7
		M	0.004					4
5	PILE CAP MP2 2700 X 1000 X 600 - Pembesian	P	0.07	1,225.45	153.181	9,803.57	8	86
		TBE	0.07					86
		KT	0.007					9
		M	0.004					5
	- Bekisting	P	0.52	21.57	2.696	150.96	7	11
		TK	0.26					6
		KT	0.026					1
		M	0.026					1
	- Beton K 275	P	1.000	11.02	1.377	55.08	5	11
		TB	0.250					3
		KT	0.025					1
		M	0.100					1
6	PILE CAP MP3 2700 X 1450 X 600 - Pembesian	P	0.07	337.21	42.151	2,697.68	8	24
		TBE	0.07					24
		KT	0.007					2
		M	0.004					1

Untuk mengetahui hasil rekapitulasi analisa pekerjaan pada durasi pelaksanaan maka dapat dilihat pada Lampiran 6.

5.4 Analisa Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek

Untuk mempercepat durasi penyelesaian proyek, maka dalam penelitian ini menggunakan dua alternatif, yaitu penambahan empat jam kerja (lembur) dan mengadakan sistem *shift* kerja malam.

5.4.1. Analisa Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja (lembur)

Dari perhitungan sebelumnya, produktivitas pekerjaan per hari dan produktivitas pekerjaan per jam sudah didapatkan dengan durasi jam kerja normal yaitu 8 jam/hari. Sehingga percepatan durasi penyelesaian proyek dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dapat dianalisa. Pada alternatif ini jam kerja ditambah 4 jam/hari dengan mempertimbangkan penurunan produktivitas pekerjaan pada saat jam lembur.

1. Menentukan produktivitas pekerjaan setelah penambahan jam kerja

Setelah mengetahui produktivitas pekerjaan per jam, maka selanjutnya dapat menghitung produktivitas pekerjaan setelah penambahan jam kerja selama 4 jam kerja. Produktivitas pekerjaan lembur dapat dicari menggunakan Persamaan 3.21

Produktivitas Pekerjaan Lembur

$$= (\text{produktivitas pekerjaan per hari} + (\text{jam lembur} \times \text{produktivitas pekerjaan per jam} \times \text{koefisien}))$$

Produktivitas pekerjaan per hari menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja pada pekerjaan pembuatan gudang peralatan dan barak pekerja

$$\text{Produktivitas pekerjaan per hari} = 21,57 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas pekerjaan per jam} = 2,696 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$\text{Jam lembur} = 4 \text{ jam}$$

$$\text{Koefisien penurunan produktivitas} = 0,6$$

Koefisien penurunan produktivitas pada penambahan jam kerja didapat dari Tabel 3.1 pada bab 3, yaitu untuk penambahan empat jam kerja, maka koefisien

penurunan produktivitas sebesar 0,6. Sehingga, produktivitas pekerjaan lembur dapat dianalisa sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas pekerjaan lembur} &= (21,57 + (4 \times 2,696 \times 0,6)) \\
 &= 28,035 \text{ m}^2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Maka, berdasarkan analisa perhitungan didapatkan produktivitas pekerjaan setelah penambahan empat jam kerja pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 ialah sebesar 28,035 m²/hari.

2. Analisa durasi setelah penambahan empat jam kerja

Setelah mengetahui produktivitas pekerjaan lembur, maka selanjutnya menentukan durasi pekerjaan setelah dipercepat. Durasi setelah dipercepat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.22.

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas sesudah dipercepat}}$$

Durasi setelah penambahan empat jam kerja (*crash duration*) pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pekerjaan} &= 150,96 \text{ m}^2 \\
 \text{Produktivitas sesudah dipercepat} &= 28,035 \text{ m}^2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Maka, durasi pekerjaan dipercepat (*crash duration*) pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 dapat dianalisa sebagai berikut:

$$\text{Crash Duration} = \frac{150,96}{28,035} = 5,384 \text{ hari}$$

Sehingga berdasarkan analisa perhitungan didapatkan durasi percepatan (*crash duration*) pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 yaitu 5,384 hari atau dibulatkan menjadi 5 hari.

Hasil analisa percepatan penyelesaian durasi proyek menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Analisa Percepatan Penyelesaian Durasi Proyek Menggunakan Alternatif Penambahan Empat Jam Kerja (Lembur)

No.	Item Pekerjaan	Produktivitas	Produktivitas	Crash Duration	
		per jam	Tenaga kerja lembur	(c)	(d)
		(a)	(b)		
II. PEKERJAAN STRUKTUR					
2.1. PEKERJAAN TANAH					
	1 Pekerjaan Pematatan Tanah per Layer 20 Cm	25,300	263,120	5,385	5
2.2. PEKERJAAN LANTAI SATU					
	1 PONDASI BOREPILE K-350 DIA 300 H-20 M	13,810	143,619	16,154	16
	2 Pekerjaan Pembobokan Ujung Pondasi	0,073	0,761	10,769	11
	3 PILE CAP P1 1800 X 1500 X 800 - Pemesian	141,766	1474,367	6,154	6
	4 PILE CAP P2 1500 X 1500 X 800 - Pemesian	127,293	1323,852	6,154	6
	5 PILE CAP MP2 2700 X 1000 X 600 - Pemesian	153,181	1593,080	6,154	6
	- Bekisting	2,696	28,035	5,385	5
	- Beton K 275	1,377	14,321	3,846	4
	6 PILE CAP MP3 2700 X 1450 X 600 - Pemesian	42,151	438,373	6,154	6
	- Bekisting	0,800	8,324	5,385	5
	- Beton K 275	0,529	5,496	3,846	4
	7 PILE CAP MP4 2700 X 1450 X 600 - Pemesian	97,476	1013,748	6,154	6
	- Bekisting	1,690	17,572	5,385	5
	- Beton K 275	1,116	11,604	3,846	4
	8 PILE CAP MP5 1200 X 2700 X 600 - Pemesian	56,855	591,294	6,154	6
	- Bekisting	0,662	6,883	5,385	5
	- Beton K 275	0,619	6,438	3,846	4
	9 PILE CAP MP6 2700 X 2200 X 600 - Pemesian	46,302	481,544	6,154	6
	- Bekisting	0,735	7,644	5,385	5
	- Beton K 275	0,624	6,487	3,846	4

Untuk mengetahui hasil rekapitulasi analisa percepatan penyelesaian durasi proyek dengan menggunakan alternatif penambahan jam kerja pada pekerjaan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

5.4.2. Analisa Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek Dengan Mengadakan Sistem *Shift* Kerja Malam

Pada penelitian ini menggunakan 2 *shift* yaitu *shift* pagi dan *shift* malam. Tenaga kerja pada *shift* malam merupakan tenaga kerja yang berbeda pada tenaga kerja pada *shift* pagi. Waktu kerja *shift* pagi yaitu dimulai pukul 08.00 – 17.00, dan dilanjutkan pekerja pada *shift* malam yaitu dimulai pukul 17.00 – 02.00. Menurut Peraturan Pemerintah No. 35 Tahun 2021 tentang Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja dan Waktu Istirahat, dan Pemutusan Hubungan Kerja disebutkan bahwa istirahat mingguan yaitu 1 hari untuk 7 hari kerja. Pada sistem *shift* pada penelitian ini menggunakan 6 hari kerja dalam seminggu, dan 8 jam kerja/*shift*.

Dalam analisa percepatan durasi penyelesaian proyek dengan sistem *shift* kerja juga memerlukan data produktivitas pekerjaan per hari. Data tersebut telah diketahui dari analisa sebelumnya yaitu pada analisa pekerjaan durasi normal. Merujuk pada teori bab 3 sub bab 3.8.1, ditulis bahwa tahap pertama untuk mengetahui percepatan durasi penyelesaian proyek dengan alternatif *shift* kerja ialah menganalisa tingkat kerja *shift*. Tingkat kerja *shift* dapat dianalisa menggunakan Persamaan 3.30

$$\text{Tingkat kerja } shift (\%) = \frac{\text{jam kerja } shift}{\text{jam kerja rencana}}$$

Pada penelitian ini jam kerja *shift* ialah 8 jam, maka tingkat kerja *shift* dapat dihitung dengan cara jam kerja *shift* dibagi dengan jam kerja normal atau jam kerja rencana, sebagai berikut:

$$\text{Tingkat kerja } shift (\%) = \frac{8}{8} = 1\%$$

Setelah mengetahui tingkat kerja *shift*, maka selanjutnya dapat menentukan koefisien kehilangan produktivitas pekerjaan pada sistem *shift* malam, dengan menggunakan Persamaan 3.31.

$$\text{Kehilangan produktivitas} = 0,22052 + 0,07152 \ln (\% \text{ tingkat kerja } shift)$$

Sehingga, dapat dihitung kehilangan produktivitas pekerjaan pada sistem *shift* malam ialah:

$$\begin{aligned}
 \text{Kehilangan produktivitas} &= 0,22052 + 0,07152 \ln (1) \\
 &= 0,2205 \text{ atau } 22\%
 \end{aligned}$$

Maka, didapatkan koefisien produktivitas pada *shift* malam yaitu dengan cara berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien produktivitas pada } \textit{shift} \text{ malam} &= 100\% - 22\% \\
 &= 78\%
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui koefisien produktivitas pada *shift* malam, maka selanjutnya dapat menganalisa produktivitas pekerjaan dengan sistem *shift*.

1. Analisa produktivitas pekerjaan dengan sistem *shift*

Data produktivitas pekerjaan pada durasi implementasi dan koefisien produktivitas pada *shift* malam telah diketahui pada analisa sebelumnya. Sehingga, produktivitas pekerjaan menggunakan sistem *shift* dapat dianalisa sebagai berikut:

a. Produktivitas pekerjaan *shift* pagi

Produktivitas *shift* pagi sama dengan produktivitas pekerjaan per hari pada durasi implementasi. Oleh karena itu, produktivitas pekerjaan dengan sistem *shift* pagi dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.33

$$\text{Produktivitas pekerjaan } \textit{shift} \text{ pagi} = = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi normal}}$$

Berdasarkan Persamaan 3.33 produktivitas *shift* pagi pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Produktivitas pekerjaan } \textit{shift} \text{ pagi} = = \frac{150,96}{7} = 21,57 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Maka, dari analisa perhitungan produktivitas pekerjaan *shift* pagi pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 didapat sebesar 21,57 m²/hari.

b. Produktivitas pekerjaan *shift* malam

Produktivitas pekerjaan *shift* malam dihitung berdasarkan koefisien kehilangan produktivitas pada pekerjaan *shift* malam dengan menggunakan Persamaan 3.34.

Produktivitas pekerjaan shift malam

$$\begin{aligned}
 &= \text{koefisien kehilangan produktivitas} \times \text{produktivitas pekerjaan shift pagi} \\
 &= 78\% \times \text{produktivitas pekerjaan shift pagi}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Persamaan 3.34 produktivitas pekerjaan *shift* malam pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas pekerjaan shift malam} &= 78\% \times 21,57 \\
 &= 16,821 \text{ m}^2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Dari analisa produktivitas pekerjaan *shift* malam pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 didapat sebesar 16,821 m²/hari.

c. Total produktivitas pekerjaan dengan sistem *shift* per hari

Setelah mengetahui produktivitas pekerjaan pada *shift* pagi dan *shift* malam, maka didapatkan hasil total produktivitas pekerjaan sistem *shift* per hari dengan cara menjumlahkan produktivitas *shift* pagi dan malam seperti Persamaan 3.35.

$$\text{Produktivitas Total} = \text{Produktivitas shift pagi} + \text{produktivitas shift malam}$$

Sehingga, produktivitas total pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas Total} &= 21,57 \text{ m}^2/\text{hari} + 16,821 \text{ m}^2/\text{hari} \\
 &= 38,387 \text{ m}^2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisa perhitungan produktivitas total pekerjaan sistem *shift* pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 didapat sebesar 38,387 m²/hari.

Maka, berdasarkan analisa produktivitas pekerjaan dengan sistem *shift* pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 yaitu untuk *shift* pagi dapat menyelesaikan 21,57 m²/hari, *shift* malam 16,821 m²/hari, dan produktivitas total pekerjaan dengan sistem *shift* pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 ialah 38,387 m²/hari.

2. Analisa durasi kerja setelah mengadakan sistem *shift*

Setelah mengetahui produktivitas pekerjaan dengan sistem *shift*, maka selanjutnya menentukan durasi pekerjaan setelah dipercepat. Durasi setelah dipercepat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.36.

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas sesudah dipercepat}}$$

Durasi setelah mengadakan sistem *shift* (*crash duration*) pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2.

$$\text{Volume pekerjaan} = 150,96 \text{ m}^2$$

$$\text{Produktivitas sesudah dipercepat} = 38,387 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Maka, *crash duration* pada pekerjaan pembuatan gudang peralatan dan barak pekerja dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Crash duration} = \frac{150,96}{38,387} = 3,933 \text{ hari}$$

Maka, berdasarkan analisa *crash duration* dengan sistem *shift* pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 yaitu 3,933 hari atau dibulatkan menjadi 4 hari.

Hasil analisa percepatan durasi penyelesaian proyek menggunakan sistem *shift* dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Analisa Percepatan Penyelesaian Durasi Proyek Alternatif Shift Kerja

No.	Item Pekerjaan	Produktivitas	Produktivitas	Crash Duration	
		shift malam	kerja shift	(c)	(d)
		(a)	(b)		
II. PEKERJAAN STRUKTUR					
2.1. PEKERJAAN TANAH					
	1 Pekerjaan Pematatan Tanah per Layer 20 Cm	157.872	360.272	3.933	4
2.2. PEKERJAAN LANTAI SATU					
	1 PONDASI BOREPILE K-350 DIA 300 H-20 M	86.171	196.648	11.798	12
	2 Pekerjaan Pembobokan Ujung Pondasi	0.456	1.041	7.865	8
	3 PILE CAP P1 1800 X 1500 X 800 - Pembesian	884.620	2018.749	4.494	4
	4 PILE CAP P2 1500 X 1500 X 800 - Pembesian	794.311	1812.659	4.494	4
	5 PILE CAP MP2 2700 X 1000 X 600 - Pembesian	955.848	2181.294	4.494	4
	- Bekisting	16.821	38.387	3.933	4
	- Beton K 275	8.592	19.608	2.809	3
	6 PILE CAP MP3 2700 X 1450 X 600 - Pembesian	263.024	600.234	4.494	4
	- Bekisting	4.994	11.397	3.933	4
	- Beton K 275	3.298	7.526	2.809	3
	7 PILE CAP MP4 2700 X 1450 X 600 - Pembesian	608.249	1388.055	4.494	4
	- Bekisting	10.543	24.061	3.933	4
	- Beton K 275	6.962	15.888	2.809	3
	8 PILE CAP MP5 1200 X 2700 X 600 - Pembesian	354.776	809.617	4.494	4
	- Bekisting	4.130	9.424	3.933	4
	- Beton K 275	3.863	8.815	2.809	3
	9 PILE CAP MP6 2700 X 2200 X 600 - Pembesian	288.927	659.345	4.494	4
	- Bekisting	4.586	10.466	3.933	4
	- Beton K 275	3.892	8.882	2.809	3
	10 SLOOF TB 1 300 X 600 - Pembesian	769.380	1755.765	4.494	4
	- Bekisting	32.693	74.607	3.933	4
	- Beton K 275	17.164	39.169	1.124	1

Untuk mengetahui hasil rekapitulasi analisa percepatan penyelesaian durasi proyek dengan menggunakan alternatif sistem *shift* pada pekerjaan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

5.5 Analisa Biaya Pada Durasi Pelaksanaan (*Normal Cost*)

Biaya implementasi merupakan, biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu kegiatan pada durasi pelaksanaan. Tahap-tahap analisa biaya pada durasi pelaksanaan sebagai berikut.

1. Analisa Upah Per Hari Tenaga Kerja Durasi Pelaksanaan

Untuk menghitung upah per hari tenaga kerja pada durasi pelaksanaan, maka digunakan jumlah tenaga kerja pada pekerjaan dengan durasi implementasi. Harga upah per hari tenaga kerja durasi implementasi dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.19.

$$\text{Harga upah per hari} = \text{Jumlah tenaga kerja per hari} \times \text{Harga satuan tenaga kerja}$$

Berdasarkan Persamaan 3.19, maka harga upah tenaga kerja per hari pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 sebagai berikut:

Pekerja	= 11,21 x Rp 104.000,00	= Rp 1.166.274,00
Tukang Kayu	= 5,61 x Rp 135.000,00	= Rp 756.957,00
Kepala Tukang	= 0,56 x Rp 160.000,00	= Rp 89.713,00
Mandor	= 0,56 x Rp 180.000,00	= Rp 100.928,00

Maka, berdasarkan analisa perhitungan didapatkan upah tenaga kerja per hari durasi normal pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2. Untuk pekerja Rp 1.166.274, tukang kayu Rp 756.957, kepala tukang Rp 89.713, dan mandor Rp 100.928.

2. Analisa Total Upah Tenaga Kerja Pada Durasi Pelaksanaan

Pada analisa sebelumnya upah tenaga kerja per hari pada durasi pelaksanaan telah diketahui. Maka, tahap selanjutnya yaitu analisa total upah tenaga kerja pada durasi pelaksanaan. Untuk mengetahui total upah tenaga kerja maka menggunakan Persamaan 3.20.

Total upah tenaga kerja = Upah tenaga kerja per hari x Durasi pekerjaan

Berdasarkan Persamaan 3.20, maka total upah tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 dapat dianalisa sebagai berikut:

Pekerja = Rp 1.166.274,00 x 7 = Rp 8.163.917,00

Tukang Kayu = Rp 756.957,00 x 7 = Rp 5.298.696,00

Kepala Tukang = Rp 89.713,00 x 7 = Rp 627.994,00

Mandor = Rp 100.928,00 x 7 = Rp 706.493,00

Maka, berdasarkan analisa total upah tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 didapatkan hasil yaitu untuk pekerja Rp 8.163.917, tukang kayu Rp 5.298.696, kepala tukang Rp 627.994, dan mandor Rp 706.493. Sehingga, didapatkan biaya implementasi (*normal cost*) pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 sebesar Rp 14.797.099.

Hasil analisa biaya pelaksanaan pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Analisa Biaya Pelaksanaan

No.	Item Pekerjaan		Harga Upah Tenaga Kerja Per Hari		Total Upah Tenaga Kerja		Normal Cost
			(a)	(b)	(a)	(b)	
II. PEKERJAAN STRUKTUR							
2.1. PEKERJAAN TANAH							
	1 Pekerjaan Pematatan Tanah per Layer 20 Cm	P	Rp 10,524,800	Rp 73,673,600			
		M	Rp 1,821,600	Rp 12,751,200			Rp 86,424,800
2.2. PEKERJAAN LANTAI SATU							
	1 PONDASI BOREPILE K-350 DIA 300 H-20 M	P	Rp 113,746	Rp 2,388,672			
		T	Rp 74,571	Rp 1,566,000			Rp 4,664,592
		M	Rp 33,806	Rp 709,920			
	2 Pekerjaan Pembobokan Ujung Pondasi	P	Rp 811,241	Rp 11,357,368			
		M	Rp 70,130	Rp 981,817			Rp 12,339,185
	3 PILE CAP P1 1800 X 1500 X 800						
	- Pembesian	P	Rp 8,256,457	Rp 66,051,658			
		TBE	Rp 10,717,517	Rp 85,740,134			Rp 168,486,167
		KT	Rp 1,270,224	Rp 10,161,794			
		M	Rp 816,573	Rp 6,532,582			
	4 PILE CAP P2 1500 X 1500 X 800						
	- Pembesian	P	Rp 7,413,570	Rp 59,308,558			
		TBE	Rp 9,623,384	Rp 76,987,071			Rp 151,285,705
		KT	Rp 1,140,549	Rp 9,124,394			
		M	Rp 733,210	Rp 5,865,682			
	5 PILE CAP MP2 2700 X 1000 X 600						
	- Pembesian	P	Rp 8,921,249	Rp 71,369,990			
		TBE	Rp 11,580,467	Rp 92,643,737			Rp 182,052,295
		KT	Rp 1,372,500	Rp 10,979,998			
		M	Rp 882,321	Rp 7,058,570			
	- Bekisting	P	Rp 1,166,274	Rp 8,163,917			
		TK	Rp 756,957	Rp 5,298,696			Rp 14,797,099
		KT	Rp 89,713	Rp 627,994			
		M	Rp 100,928	Rp 706,493			

Untuk mengetahui hasil analisa biaya pelaksanaan pada pekerjaan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 11.

5.6 Analisa Biaya Akibat Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek

Setelah mengetahui durasi percepatan pada kedua alternatif tersebut, maka selanjutnya dapat menghitung biaya akibat dari percepatan durasi penyelesaian proyek pada masing-masing alternatif. Hasil yang didapat dari kedua alternatif tersebut akan dibandingkan berdasarkan biaya dan durasi pada keadaan implementasi.

5.6.1. Analisa Biaya Akibat Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

1. Analisa Upah Lembur Tenaga Kerja

Setelah mendapatkan durasi pekerjaan yang dipercepat, maka selanjutnya dapat menghitung biaya tambahan akibat penambahan jam kerja dengan menggunakan persamaan berdasarkan ketentuan dalam Peraturan Pemerintah No. 35 Tahun 2021 Pasal 31 Ayat 2 tentang upah jam kerja lembur. Penambahan upah jam lembur dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23 dan 3.24.

Berdasarkan persamaan 3.23 dan 3.24 maka penambahan upah jam lembur dapat dihitung sebagai berikut:

a. Upah normal

Berdasarkan harga satuan upah pada proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis, maka upah normal tenaga kerja sebagai berikut:

Pekerja	= Rp 104.000,00
Tukang	= Rp 135.000,00
Kepala Tukang	= Rp 160.000,00
Mandor	= Rp 180.000,00

Upah normal tenaga kerja merupakan upah yang diberi kepada tenaga kerja untuk pekerjaan yang dilaksanakan saat jam kerja normal yaitu 8 jam/hari. Sehingga upah normal tenaga kerja untuk pekerja yaitu Rp 104.000, tukang Rp 135.000, kepala tukang Rp 160.000, dan mandor Rp 180.000.

b. Upah lembur jam pertama

$$\text{Pekerja} = 1,5 \times \frac{1}{173} \times 104.000 \times 30 = \text{Rp } 27.052,00$$

$$\text{Tukang} = 1,5 \times \frac{1}{173} \times 135.000 \times 30 = \text{Rp } 35.116,00$$

$$\text{Kepala Tukang} = 1,5 \times \frac{1}{173} \times 160.000 \times 30 = \text{Rp } 41.618,00$$

$$\text{Mandor} = 1,5 \times \frac{1}{173} \times 180.000 \times 30 = \text{Rp } 46.821,00$$

Penambahan upah lembur jam pertama dianalisa berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 35 Tahun 2021 Pasal 31 Ayat 1 tentang upah jam kerja lembur. Analisa perhitungan pada jam lembur pertama yaitu $1,5 \times \frac{1}{173} \times$ upah normal x hari kerja sebulan. Untuk hari kerja sebulan diambil rata-rata yaitu 30 hari. Sehingga, didapatkan upah jam lembur pertama pada pekerjaan pembuatan gudang peralatan yaitu untuk pekerja sebesar Rp 27.052, tukang Rp 35.116, kepala tukang Rp 41.618, dan mandor Rp 46.821.

c. Upah lembur jam berikutnya

$$\text{Pekerja} = 2 \times \frac{1}{173} \times 104.000 \times 30 = \text{Rp } 36.069,00$$

$$\text{Tukang} = 2 \times \frac{1}{173} \times 135.000 \times 30 = \text{Rp } 46.821,00$$

$$\text{Kepala Tukang} = 2 \times \frac{1}{173} \times 160.000 \times 30 = \text{Rp } 55.491,00$$

$$\text{Mandor} = 2 \times \frac{1}{173} \times 180.000 \times 30 = \text{Rp } 64.428,00$$

Untuk analisa perhitungan penambahan upah lembur jam ke-2, ke-3, dan ke-4 menggunakan persamaan $2 \times \frac{1}{173} \times$ upah normal x hari kerja sebulan. Sehingga didapatkan hasil analisa penambahan upah lembur pada jam ke-2, upah lembur jam ke-3, dan upah lembur jam ke-4 untuk pekerja Rp 36.069, tukang Rp 46.821, kepala tukang Rp 55.491, dan mandor Rp 64.428.

Setelah mengetahui biaya penambahan upah lembur pada setiap tenaga kerja, maka selanjutnya dapat menghitung total upah lembur tenaga kerja per hari. Total upah lembur tenaga kerja per hari dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.25

Total upah lembur tenaga kerja per hari

$$= (\text{Upah normal} + \text{Upah jam pertama} + \text{Upah jam ke-2} + \text{upah jam ke-3} + \text{upah jam ke-4})$$

d. Total upah lembur tenaga kerja per hari

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= 104.000 + 27.052 + 36.069 + 36.069 + 36.069 \\ &= \text{Rp } 239.260 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang} &= 135.000 + 35.116 + 46.821 + 46.821 + 46.821 \\ &= \text{Rp } 310.578 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kepala Tukang} &= 160.000 + 41.618 + 55.491 + 55.491 + 55.491 \\ &= \text{Rp } 368.092 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= 180.000 + 46.821 + 62.428 + 62.428 + 62.428 \\ &= \text{Rp } 414.104 \end{aligned}$$

Total upah lembur tenaga kerja per hari dianalisa dengan cara menjumlahkan upah normal, upah jam lembur pertama, upah jam lembur ke-2, upah jam lembur ke-3, dan upah jam lembur ke-4. Sehingga berdasarkan analisa perhitungan tersebut didapatkan total upah lembur tenaga kerja pada pekerjaan pembuatan gudang peralatan dan barak pekerja untuk pekerja sebesar Rp 239.260, tukang sebesar Rp 310.578, kepala tukang sebesar 368.092, sedangkan untuk mandor Rp 414.104.

e. Analisa perhitungan total upah tenaga kerja setelah percepatan

Pada analisa sebelumnya total upah lembur tenaga kerja per hari telah diketahui, maka tahap selanjutnya yaitu menganalisa upah tenaga kerja akibat penambahan jam kerja (lembur). Total upah tenaga kerja setelah *crashing* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.26.

Total upah tenaga kerja setelah crashing

$$= \text{total upah lembur tenaga kerja per hari} \times \text{durasi item pekerjaan crashing} \times \text{jumlah tenaga kerja}$$

Berdasarkan persamaan 3.26, maka analisa total upah tenaga kerja setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap MP2* sebagai berikut:

$$\text{Pekerja} = \text{Rp } 239.260 \times 5 \times 11,21 = \text{Rp } 13.415.519,76$$

$$\text{Tukang Kayu} = \text{Rp } 310.578 \times 5 \times 5,61 = \text{Rp } 8.707.188,31$$

$$\text{Kepala Tukang} = \text{Rp } 368.092 \times 5 \times 0,56 = \text{Rp } 1.031.963,06$$

$$\text{Mandor} = \text{Rp } 414.104 \times 5 \times 0,56 = \text{Rp } 1.160.958,44$$

Berdasarkan analisa total upah tenaga kerja setelah dilakukan percepatan pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 didapatkan total biaya untuk pekerja sebesar Rp 13.415.519,76, tukang kayu Rp 8.707.188,31, kepala tukang Rp 1.031.963,06, dan mandor Rp 1.160.958,44.

Pada analisa sebelumnya telah diketahui hasil total upah tenaga kerja setelah dilakukan percepatan, maka tahap selanjutnya yaitu menganalisa *crash cost* per pekerjaan. *Crash cost* (biaya akibat percepatan) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.27.

$$\text{Crash cost} = \text{total upah pekerja dipercepat} + \text{total upah tukang dipercepat} + \text{total upah kepala tukang dipercepat} + \text{total upah mandor dipercepat}$$

Berdasarkan persamaan 3.27, maka analisa *crash cost* pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{Rp } 13.415.519,76 + \text{Rp } 8.707.188,31 + \text{Rp } 1.031.963,06 + \\ &\quad \text{Rp } 1.160.958,44 \\ &= \text{Rp } 24.315.630 \end{aligned}$$

Hasil analisa *crash cost* (biaya akibat percepatan) menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Analisa Crash Cost Akibat Penambahan Empat Jam Kerja (Lembur)

No.	Item Pekerjaan		Upah lembur				Total upah lembur	Total upah	Crash Cost
			jam ke-1	jam ke-2	jam ke-3	jam ke-4	per hari	Tenaga kerja	
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
	PILE CAP MP2 2700 X 1000 X 600								
	- Pembesian	P	Rp 27,052	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 239,260	Rp 123,144,172.81	Rp 314,119,133
		TBE	Rp 35,116	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 310,578	Rp 159,850,608.93	
		KT	Rp 41,618	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 368,092	Rp 18,945,257.35	
		M	Rp 46,821	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 414,104	Rp 12,179,094.01	
	- Bekisting	P	Rp 27,052	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 239,260	Rp 13,415,519.76	Rp 24,315,630
		TK	Rp 35,116	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 310,578	Rp 8,707,188.31	
		KT	Rp 41,618	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 368,092	Rp 1,031,963.06	
		M	Rp 46,821	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 414,104	Rp 1,160,958.44	
	- Beton K 275	P	Rp 27,052	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 239,260	Rp 10,542,757.73	Rp 16,194,284
		TB	Rp 35,116	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 310,578	Rp 3,421,327.63	
		KT	Rp 41,618	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 368,092	Rp 405,490.68	
		M	Rp 46,821	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 414,104	Rp 1,824,708.07	
	PILE CAP MP3 2700 X 1450 X 600								
	- Pembesian	P	Rp 27,052	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 239,260	Rp 33,885,979.51	Rp 86,437,176
		TBE	Rp 35,116	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 310,578	Rp 43,986,608.01	
		KT	Rp 41,618	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 368,092	Rp 5,213,227.62	
		M	Rp 46,821	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 414,104	Rp 3,351,360.61	
	- Bekisting	P	Rp 27,052	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 239,260	Rp 3,983,065.68	Rp 7,219,307
		TK	Rp 35,116	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 310,578	Rp 2,585,162.82	
		KT	Rp 41,618	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 368,092	Rp 306,389.67	
		M	Rp 46,821	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 414,104	Rp 344,688.38	
	- Beton K 275	P	Rp 27,052	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 36,069	Rp 239,260	Rp 4,046,367.08	Rp 6,215,453
		TB	Rp 35,116	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 46,821	Rp 310,578	Rp 1,313,123.93	
		KT	Rp 41,618	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 55,491	Rp 368,092	Rp 155,629.50	
		M	Rp 46,821	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 62,428	Rp 414,104	Rp 700,332.76	

Maka, berdasarkan analisa *crash cost* pada pekerjaan pembuatan gudang peralatan dan barak pekerja, maka didapatkan *crash cost* pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 sebesar Rp 24.315.630. Untuk mengetahui hasil rekapitulasi analisa *crash cost* pada pekerjaan lainnya maka dapat dilihat pada Lampiran 12.

f. Analisa *cost slope*

Analisa *cost slope* dibagi menjadi 2 tahap, pada tahap pertama yaitu analisa *cost slope* per hari dan selanjutnya analisa *cost slope total*. Data yang dibutuhkan untuk analisa *cost slope* per hari yaitu *normal cost*, *crash cost*, *normal duration*, dan *crash duration*. Keempat data tersebut sudah diketahui pada analisa sebelumnya. Untuk menghitung *cost slope* per hari dapat menggunakan Persamaan 3.28.

$$\text{Cost slope per hari} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

Berdasarkan Persamaan 3.28, maka *cost slope* per hari pada pekerjaan pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Cost slope per hari} = \frac{24.315.630 - 14.797.099}{7 - 5} = \text{Rp } 4.759.265,00$$

Setelah mengetahui *cost slope* per hari, maka selanjutnya dapat menganalisa *cost slope total* yang bertujuan untuk mengetahui total penambahan biaya pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja (lembur). Analisa *cost slope total* dapat menggunakan Persamaan 3.29.

$$\text{Cost slope total} = \text{Cost slope per hari} \times (\text{normal duration} - \text{crash duration})$$

Berdasarkan persamaan 3.29 *cost slope total* pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 dapat dianalisa sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Cost slope total} &= \text{Rp } 4.759.265 \times (7 - 5) \\ &= \text{Rp } 9.518.830 \end{aligned}$$

Hasil *cost slope* (penambahan biaya) akibat penambahan empat jam kerja (lembur) dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil Cost Slope

No.	Item Pekerjaan	Durasi Normal	Biaya Normal	Durasi Percepatan	Biaya Dipercepat	Selisih	Cost Slope Hari	Cost Slope Total
		(Normal Duration)	(Normal Cost)	(Crash Duration)	(Crash Cost)			
		(a)	(b)	(c)	(d)			
II. PEKERJAAN STRUKTUR								
2.1. PEKERJAAN TANAH								
	1 Pekerjaan Pemasangan Tanah per Layer 20 Cm	7	Rp 86,424,800	5	Rp 142,019,283	2	Rp 27,797,242	Rp 55,594,483
2.2. PEKERJAAN LANTAI SATU								
	1 PONDASI BOREPILE K-350 DIA 300 H-20 M	21	Rp 4,664,592	16	Rp 8,176,196	5	Rp 702,321	Rp 3,511,604
	2 Pekerjaan Pembobokan Ujung Pondasi	14	Rp 12,339,185	11	Rp 22,304,274	3	Rp 3,321,696	Rp 9,965,089
	3 PILE CAP P1 1800 X 1500 X 800 - Pembesian	8	Rp 168,486,167	6	Rp 290,711,681	2	Rp 61,112,757	Rp 122,225,514
	4 PILE CAP P2 1500 X 1500 X 800 - Pembesian	8	Rp 151,285,705	6	Rp 261,033,427	2	Rp 54,873,861	Rp 109,747,722
	5 PILE CAP MP2 2700 X 1000 X 600 - Pembesian	8	Rp 182,052,295	6	Rp 314,119,133	2	Rp 66,033,419	Rp 132,066,838
	- Bekisting	7	Rp 14,797,099	5	Rp 24,315,630	2	Rp 4,759,265	Rp 9,518,530
	- Beton K 275	5	Rp 8,799,030	4	Rp 16,194,284	1	Rp 7,395,254	Rp 7,395,254
	6 PILE CAP MP3 2700 X 1450 X 600 - Pembesian	8	Rp 50,095,918	6	Rp 86,437,176	2	Rp 18,170,629	Rp 36,341,258
	- Bekisting	7	Rp 4,393,256	5	Rp 7,219,307	2	Rp 1,413,025	Rp 2,826,050
	- Beton K 275	5	Rp 3,377,115	4	Rp 6,215,453	1	Rp 2,838,338	Rp 2,838,338

Maka, berdasarkan analisa perhitungan tersebut *cost slope* per hari pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 sebesar Rp 4.759.265. Hasil tersebut didapatkan dari pembagian antara *crash cost* (biaya akibat percepatan) dikurangi dengan *normal cost* (biaya normal), dan *normal duration* (durasi normal) dikurangi *crash duration* (durasi percepatan).

Sedangkan, *cost slope total* pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 sebesar Rp 9.518.530. Untuk mengetahui hasil rekapitulasi analisa *cost slope* total pada pekerjaan lainnya maka dapat dilihat pada Lampiran 13.

5.6.2. Analisa Biaya Akibat Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek Dengan Mengadakan *Shift* Kerja Malam

1. Analisa Upah *Shift* Tenaga Kerja

Pada analisa sebelumnya telah diketahui durasi pekerjaan dengan mengadakan sistem *shift* malam, maka selanjutnya dapat menganalisa biaya tambahan akibat mengadakan sistem *shift*. Sistem *shift* tersebut dibagi menjadi dua grup, yaitu *shift* pagi dan *shift* malam. Waktu kerja pada *shift* pagi dimulai dari pukul 08.00 – 17.00, sedangkan waktu kerja *shift* malam dimulai pukul 17.00 – 02.00.

Untuk upah *shift* pagi sama dengan upah per hari pada durasi normal, namun untuk upah *shift* malam upah per hari dikalikan dengan 15%, agar lebih jelas tentang upah *shift* malam, maka dapat melihat Persamaan 3.37.

$$\text{Upah shift malam} = ((15\% \times \text{upah per hari}) + \text{upah per hari})$$

Berdasarkan Persamaan 3.37, maka upah *shift* malam pada pekerjaan pembuatan gudang peralatan dan barak pekerja dapat dianalisa sebagai berikut:

- a. Upah *shift* pagi
- | | |
|---------------|-----------------|
| Pekerja | = Rp 104.000,00 |
| Tukang Kayu | = Rp 135.000,00 |
| Kepala Tukang | = Rp 160.000,00 |
| Mandor | = Rp 180.000,00 |

Untuk upah tenaga kerja *shift* pagi pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 untuk pekerja yaitu Rp 104.000, tukang kayu Rp 135.000, kepala tukang Rp 160.000, dan mandor Rp 180.000.

b. Upah *shift* malam

Pekerja	$= (15\% \times \text{Rp } 104.000,00) + \text{Rp } 104.000,00$ $= \text{Rp } 119.600,00$
Tukang Kayu	$= (15\% \times \text{Rp } 135.000,00) + \text{Rp } 135.000,00$ $= \text{Rp } 155.250,00$
Kepala Tukang	$= (15\% \times \text{Rp } 160.000,00) + \text{Rp } 160.000,00$ $= \text{Rp } 184.000,00$
Mandor	$= (15\% \times \text{Rp } 180.000,00) + \text{Rp } 180.000,00$ $= \text{Rp } 207.000,00$

Berdasarkan analisa perhitungan upah tenaga kerja pada *shift* malam yang dipercepat pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 didapatkan biaya untuk pekerja sebesar Rp 119.600, tukang kayu Rp 155.250, kepala tukang Rp 184.000, dan mandor Rp 207.000.

c. Analisa total upah tenaga kerja

Setelah mengetahui upah *shift* pagi dan upah *shift* malam, maka selanjutnya menganalisa total upah tenaga kerja akibat mengadakan sistem *shift*. Total upah tenaga kerja akibat mengadakan sistem *shift* dapat dianalisa menggunakan Persamaan 3.38.

$$\text{Total upah tenaga kerja} = ((\text{upah shift pagi} + \text{upah shift malam}) \times \text{durasi pekerjaan} \times \text{jumlah tenaga kerja})$$

Berdasarkan Persamaan 3.37, maka total upah tenaga kerja akibat mengadakan sistem *shift* malam pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2

Pekerja	$= (104.000 + 119.600) \times 4 \times 11,21$ $= \text{Rp } 10.029.954,93$
Tukang Kayu	$= (135.000 + 155.250) \times 4 \times 5,61$ $= \text{Rp } 6.509.826,51$

$$\begin{aligned}\text{Kepala Tukang} &= (160.000 + 184.000) \times 4 \times 0,56 \\ &= \text{Rp } 771.534,99\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mandor} &= (180.000 + 207.000) \times 4 \times 0,56 \\ &= \text{Rp } 867.976,87\end{aligned}$$

Berdasarkan analisa total upah tenaga kerja yang dipercepat dengan sistem *shift* pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 didapatkan total biaya untuk pekerja sebesar Rp 10.029.954,93, tukang kayu Rp 6.509.826,51, kepala tukang Rp 771.534,99, dan mandor Rp 867.976,87.

Setelah mengetahui total upah tenaga kerja yang dipercepat, maka selanjutnya dapat melakukan analisa *crash cost*. *Crash cost* (biaya akibat percepatan) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.39.

$$\text{Crash cost} = \text{total upah pekerja dipercepat} + \text{total upah tukang dipercepat} + \text{total upah kepala tukang dipercepat} + \text{total upah mandor dipercepat}$$

Berdasarkan persamaan 3.38, maka analisa *crash cost* pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Crash cost} &= \text{Rp } 10.029.954,93 + \text{Rp } 6.509.826,51 + \text{Rp } 771.534,99 + \\ &\quad \text{Rp } 867.976,87 \\ &= \text{Rp } 18.179.293,00\end{aligned}$$

Pada pekerjaan pemasangan *bekisting Pile cap* MP2, maka didapatkan *crash cost* sebesar Rp 18.179.293,00. Hasil analisa *crash cost* (biaya akibat percepatan) menggunakan alternatif mengadakan sistem *shift* kerja malam dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 10 Hasil Crash Cost Dengan Sistem Shift

No.	Item Pekerjaan		Upah shift		Total upah	Crash Cost
			pagi	malam	Tenaga kerja	
			(a)	(b)	(c)	
II. PEKERJAAN STRUKTUR						
2.1. PEKERJAAN TANAH						
	1 Pekerjaan Pematatan Tanah per Layer 20 Cm	P	Rp 104.000	Rp 119.600	Rp 90.513.280,00	Rp 106,179,040
		M	Rp 180.000	Rp 207.000	Rp 15.665.760,00	
2.2. PEKERJAAN LANTAI SATU						
	1 PONDASI BOREPILE K-350 DIA 300.H:20.M	P	Rp 104.000	Rp 119.600	Rp 2.934.654,17	Rp 5.730,784
		T	Rp 135.000	Rp 155.250	Rp 1.923.942,86	
		M	Rp 180.000	Rp 207.000	Rp 872.187,43	
	2 Pekerjaan Pembobokan Ujung Pondasi	P	Rp 104.000	Rp 119.600	Rp 13.953.337,63	Rp 15,159,570
		M	Rp 180.000	Rp 207.000	Rp 1.206.232,56	
	3 PILE CAP P1 1800 X 1500 X 800					Rp 181,122,630
	- Pembesian	P	Rp 104.000	Rp 119.600	Rp 71.005.532,78	
		TBE	Rp 135.000	Rp 155.250	Rp 92.170.643,51	
		KT	Rp 160.000	Rp 184.000	Rp 10.923.928,12	
		M	Rp 180.000	Rp 207.000	Rp 7.022.525,22	
	4 PILE CAP P2 1500 X 1500 X 800					Rp 162,632,132
	- Pembesian	P	Rp 104.000	Rp 119.600	Rp 63.756.700,28	
		TBE	Rp 135.000	Rp 155.250	Rp 82.761.101,33	
		KT	Rp 160.000	Rp 184.000	Rp 9.808.723,12	
		M	Rp 180.000	Rp 207.000	Rp 6.305.607,72	
	5 PILE CAP MP2 2700 X 1000 X 600					Rp 195,706,217
	- Pembesian	P	Rp 104.000	Rp 119.600	Rp 76.722.738,82	
		TBE	Rp 135.000	Rp 155.250	Rp 99.592.016,74	
		KT	Rp 160.000	Rp 184.000	Rp 11.803.498,28	
		M	Rp 180.000	Rp 207.000	Rp 7.587.963,18	
	- Bekisting	P	Rp 104.000	Rp 119.600	Rp 10.029.954,93	Rp 18,179,293
		TK	Rp 135.000	Rp 155.250	Rp 6.509.826,51	
		KT	Rp 160.000	Rp 184.000	Rp 771.534,99	
		M	Rp 180.000	Rp 207.000	Rp 867.976,87	
	- Beton K 275	P	Rp 104.000	Rp 119.600	Rp 7.389.532,80	Rp 11,350,749
		TB	Rp 135.000	Rp 155.250	Rp 2.398.045,50	
		KT	Rp 160.000	Rp 184.000	Rp 284.212,80	
		M	Rp 180.000	Rp 207.000	Rp 1.278.957,60	
	6 PILE CAP MP3 2700 X 1450 X 600					Rp 53,853,111
	- Pembesian	P	Rp 104.000	Rp 119.600	Rp 21.112.043,68	
		TBE	Rp 135.000	Rp 155.250	Rp 27.405.056,70	
		KT	Rp 160.000	Rp 184.000	Rp 3.248.006,72	
		M	Rp 180.000	Rp 207.000	Rp 2.088.004,32	

Untuk mengetahui hasil rekapitulasi analisa *crash cost* pada pekerjaan lainnya maka dapat dilihat pada Lampiran 14.

d. Analisa *cost slope*

Analisa *cost slope* dibagi menjadi 2 tahap, pada tahap pertama yaitu analisa *cost slope* per hari dan selanjutnya analisa *cost slope total*. Data yang dibutuhkan untuk analisa *cost slope* per hari yaitu *normal cost*, *crash cost*, *normal duration*, dan *crash duration*. Keempat data tersebut sudah kita dapatkan pada analisa sebelumnya. Untuk menghitung *cost slope* dapat menggunakan Persamaan 3.40.

$$Cost\ slope\ per\ hari = \frac{crash\ cost - normal\ cost}{normal\ duration - crash\ duration}$$

Berdasarkan Persamaan 3.39, maka *cost slope* per hari pada pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 dapat dianalisa sebagai berikut:

$$Cost\ slope\ per\ hari = \frac{18.179.293 - 14.797.099}{7 - 4} = Rp\ 1.127.398,00$$

Setelah mengetahui *cost slope* per hari, maka selanjutnya dapat menganalisa *cost slope total* yang bertujuan untuk mengetahui total penambahan biaya pada pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan alternatif mengadakan sistem *shift*. Analisa *cost slope total* dapat menggunakan Persamaan 3.41.

$$Cost\ slope\ total = Cost\ slope\ per\ hari \times (normal\ duration - crash\ duration)$$

Maka, berdasarkan persamaan 3.41 *cost slope total* pada pekerjaan pembuatan gudang peralatan dan barak pekerja dapat dianalisa sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Cost\ slope\ total &= Rp\ 1.127.398 \times (7-4) \\
 &= Rp\ 3.382.194
 \end{aligned}$$

Hasil analisa *cost slope* dengan sistem *shift* pada pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Hasil Cost Slope

No.	Item Pekerjaan	Durasi Normal	Biaya Normal	Durasi Percepatan	Biaya Dipercepat	Selisih	Cost Slope/Hari	Cost Slope Total
		(Normal Duration)	(Normal Cost)	(Crash Duration)	(Crashing Cost)			
		(a)	(b)	(c)	(d)			
II. PEKERJAAN STRUKTUR								
2.1. PEKERJAAN TANAH								
	1 Pekerjaan Pemasangan Tanah per Layer 20 Cm	7	Rp 86,424,800	4	Rp 106,179,040	3	Rp 6,584,747	Rp 19,754,240
2.2. PEKERJAAN LANTAI SATU								
	1 PONDASI BOREPILE K-350 DIA 300 H-20 M	21	Rp 4,664,592	12	Rp 5,730,784	9	Rp 118,466	Rp 1,066,192
	2 Pekerjaan Pembobokan Ujung Pondasi	14	Rp 12,339,185	8	Rp 15,159,570	6	Rp 470,064	Rp 2,820,385
	3 PILE CAP P1 1800 X 1500 X 800 - Pembesian	8	Rp 168,486,167	4	Rp 181,122,630	4	Rp 3,159,116	Rp 12,636,463
	4 PILE CAP P2 1500 X 1500 X 800 - Pembesian	8	Rp 151,285,705	4	Rp 162,632,132	4	Rp 2,836,607	Rp 11,346,428
	5 PILE CAP MP2 2700 X 1000 X 600 - Pembesian	8	Rp 182,052,295	4	Rp 195,706,217	4	Rp 3,413,481	Rp 13,653,922
	- Bekisting	7	Rp 14,797,099	4	Rp 18,179,293	3	Rp 1,127,398	Rp 3,382,194
	- Beton K 275	5	Rp 8,799,030	3	Rp 11,350,749	2	Rp 1,275,859	Rp 2,551,719
	6 PILE CAP MP3 2700 X 1450 X 600 - Pembesian	8	Rp 50,095,918	4	Rp 53,853,111	4	Rp 939,298	Rp 3,757,194
	- Bekisting	7	Rp 4,393,256	4	Rp 5,397,429	3	Rp 334,724	Rp 1,004,173
	- Beton K 275	5	Rp 3,377,115	3	Rp 4,356,478	2	Rp 489,682	Rp 979,363

Sehingga berdasarkan analisa tersebut *cost slope* per hari pada pekerjaan pembuatan gudang peralatan dan barak pekerja sebesar Rp 1.127.398. Hasil tersebut didapatkan dari pembagian antara *crash cost* (biaya akibat percepatan) dikurangi dengan *normal cost* (biaya normal), dan *normal duration* (durasi normal) dikurangi *crash duration* (durasi percepatan). Sedangkan *cost slope* total hari pada pemasangan *bekisting Pile cap* MP2 sebesar Rp 3.382.194. Hasil analisa tersebut didapat dari hasil analisa *cost slope* per hari dikali dengan selisih antara durasi normal dan durasi percepatan. Untuk mengetahui hasil rekapitulasi analisa *cost slope* total pada pekerjaan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 15.

5.7 Pembahasan

5.7.1 Hasil Analisa Percepatan Penyelesaian Proyek

Pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Bengkalis dilakukan percepatan durasi dengan menggunakan 2 alternatif, yaitu dengan penambahan empat jam kerja (lembur) dan mengadakan sistem *shift* kerja malam. Berdasarkan analisa percepatan dengan alternatif penambahan empat jam kerja (lembur) didapat durasi percepatan sebesar 198 hari lebih cepat dari pada durasi normal yaitu 214 hari kerja. Sedangkan pada alternatif sistem *shift* kerja didapat durasi percepatan sebesar 170 hari lebih cepat dari pada durasi normal yaitu 214 hari kerja.

Hasil dari percepatan penyelesaian proyek menunjukkan bahwa percepatan dengan menggunakan alternatif *shift* kerja menghasilkan total durasi yang lebih sedikit yaitu 170 hari dibanding dengan percepatan menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja (lembur). Hal ini disebabkan karena produktivitas pada sistem *shift* kerja lebih besar dibanding penambahan jam kerja (lembur). Sehingga, untuk efisiensi durasi waktu pekerjaan pada alternatif *shift* kerja lebih unggul dibanding penambahan empat jam kerja (lembur). Penggunaan kedua alternatif tersebut tentu terdapat keuntungan dan kerugian dari masing-masing alternatif. Salah satunya seperti pada penggunaan sistem *shift* kerja, produktivitas dari tenaga kerja lebih besar dibandingkan dengan penggunaan empat jam kerja (lembur). Hal ini disebabkan karena tenaga kerja pada *shift* malam merupakan

tenaga kerja yang baru, sehingga produktivitas dalam melakukan pekerjaan menjadi lebih besar juga.

5.7.2 Perbandingan Durasi Dan Upah Pada Kedua Alternatif

Proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis direncanakan selesai dalam waktu 206 hari, namun realisasi dilapangan proyek tersebut selesai pada 296 hari, dengan rencana anggaran biaya proyek sebesar Rp 61.559.100.000. Proyek tersebut mengalami keterlambatan pelaksanaan konstruksi pada pekerjaan struktur. Hal ini disebabkan pada pekerjaan pondasi *bore pile* tidak menemukan tanah keras, sehingga perlu dilakukan analisa ulang terhadap pemakaian pondasi pada proyek tersebut. Untuk pekerjaan struktur selesai dalam waktu 214 hari dimulai pada tanggal 09 Juni 2020 dan selesai pada tanggal 23 Januari 2021 dengan biaya Rp 8.878.043.527. Pada penelitian ini dilakukan percepatan durasi proyek pada pekerjaan yang berada di jalur kritis. Oleh karena itu, pengeluaran upah tenaga kerja akibat percepatan menjadi meningkat. Tabel rekapitulasi perbandingan durasi dan upah tenaga kerja antara durasi pelaksanaan dan durasi proyek setelah dipercepat dengan menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja (lembur) serta mengadakan sistem *shift* kerja dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Perbandingan Durasi Dan Upah

	Durasi (hari)	Upah Tenaga Kerja
Pelaksanaan Proyek	214	Rp 8.758.756.487
Percepatan dengan penambahan empat jam kerja (lembur)	198	Rp 15.277.526.396
Percepatan dengan sistem <i>shift</i> kerja	170	Rp 10.179.691.314

Berdasarkan Tabel 5.8 didapat hasil analisa perhitungan *crash program* dengan menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja (lembur) yaitu proyek dapat dipercepat 16 hari sehingga durasi penyelesaian menjadi 198 hari, sedangkan menggunakan sistem *shift* kerja dipercepat 44 hari dari durasi normal menjadi 170

hari. Setelah melakukan percepatan durasi penyelesaian proyek terlihat bahwa upah tenaga kerja terjadi peningkatan, dari yang semula Rp 8.758.756.487 dengan alternatif penambahan empat jam kerja menjadi Rp 15.277.526.396 dan Rp 10.179.691.314 untuk percepatan dengan mengadakan sistem *shift* kerja.

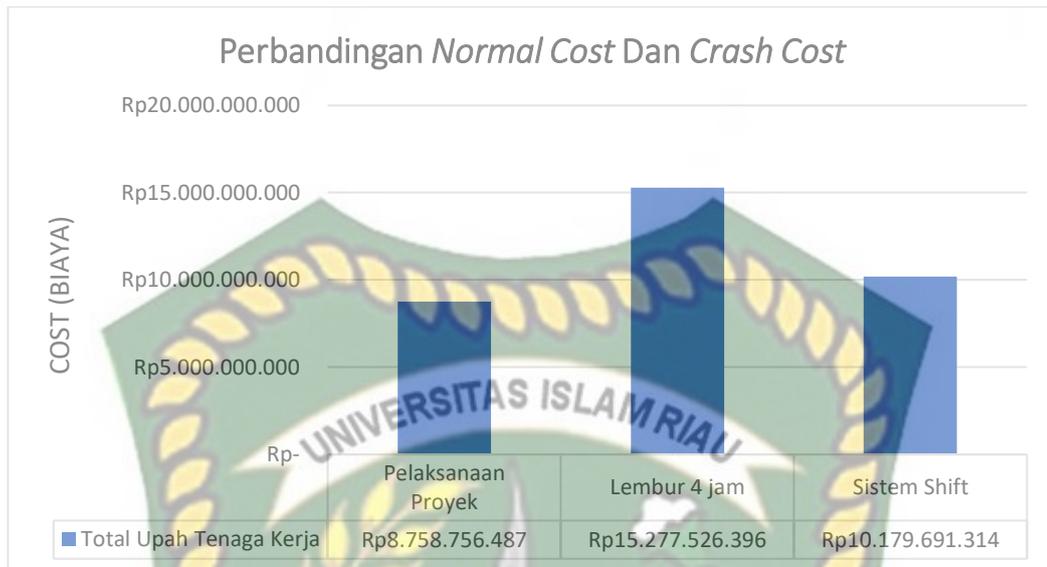
Selanjutnya, berdasarkan dari analisa percepatan penyelesaian durasi proyek, maka dapat ditampilkan grafik perbandingan antara durasi pelaksanaan proyek dan durasi proyek setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan dua alternatif yaitu penambahan empat jam kerja serta mengadakan sistem *shift* kerja pada Gambar 5.2.



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan *Normal Duration* dan *Crash Duration*

Berdasarkan Gambar 5.2 diketahui bahwa setelah dilakukan percepatan durasi proyek dengan menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja untuk menyelesaikan proyek adalah 198 hari atau 7,47 % lebih cepat dari durasi pelaksanaan yaitu 214 hari. Sedangkan untuk alternatif mengadakan sistem *shift* dapat menyelesaikan proyek menjadi 170 hari atau 20,56 % lebih cepat dari durasi pelaksanaan.

Untuk mengetahui perbandingan upah tenaga kerja antara durasi pelaksanaan dan durasi setelah dilakukan percepatan dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5.2 Grafik Perbandingan *Normal Cost* Dan *Crash Cost*

Berdasarkan Gambar 5.3 diketahui bahwa setelah dilakukan percepatan durasi proyek dengan menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja upah tenaga kerja mengalami kenaikan sebesar Rp 15.277.526.396 atau 74,42% dari upah tenaga kerja pada durasi implementasi yaitu Rp 8.758.756.487. Sedangkan untuk alternatif mengadakan sistem *shift* upah tenaga kerja mengalami kenaikan Rp 10.179.691.314 atau 13,96 % lebih besar dari upah tenaga kerja pada durasi implementasi.

Dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa upah tenaga kerja pada alternatif penambahan empat jam kerja lebih besar dibanding upah tenaga kerja pada alternatif mengadakan sistem *shift* kerja malam. Hal ini disebabkan upah tenaga kerja pada alternatif lembur mengalami kenaikan per jam nya, sedangkan upah tenaga kerja pada alternatif sistem *shift* kerja malam hanya mengalami kenaikan 15%.

5.7.3 Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Pada Proyek

Dalam menganalisa faktor penyebab keterlambatan proyek, maka menggunakan analisa dengan metode diskusi yang bertujuan untuk mengklarifikasi tentang proyek tersebut. Hasil analisa tersebut didapat dari wawancara menggunakan *list* wawancara yang ditujukan kepada *project manager* mengenai

keterlambatan yang terjadi pada proyek konstruksi tersebut. Dari hasil diskusi tersebut didapat bahwa faktor yang menyebabkan terjadi keterlambatan yaitu:

1. Faktor teknis

Faktor teknis merupakan faktor utama penyebab keterlambatan proyek pada pekerjaan pondasi *bore pile*. Hal ini dikarenakan pada pekerjaan pondasi *bore pile* tidak ditemukan tanah keras, sehingga perlu dianalisa ulang untuk penggunaan perkuatan pondasi pada proyek tersebut.

2. Faktor Transportasi

Faktor transportasi menjadi penyebab keterlambatan proyek dikarenakan mobilisasi alat berat menggunakan *ferry* penyeberangan. Sehingga pengiriman peralatan tersebut memerlukan waktu untuk sampai di proyek tersebut.

3. Faktor Cuaca

Pekerjaan proyek konstruksi dilakukan di alam terbuka, sehingga kondisi cuaca sangat mempengaruhi pekerjaan pada proyek tersebut. Pada cuaca cerah, maka pekerjaan proyek dapat dikerjakan secara lancar, namun sebaliknya pada cuaca buruk pekerjaan proyek maka menjadi terhambat dan tidak maksimal, sehingga dapat menyebabkan pekerjaan proyek tidak berjalan sesuai dengan rencana. Proyek tersebut dikerjakan pada saat musim hujan, oleh sebab itu faktor cuaca menjadi penyebab keterlambatan proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis

4. Faktor Pandemi Covid-19

Pandemi covid-19 memiliki dampak terhadap pekerjaan proyek konstruksi. Akibat dari pandemi ini pihak-pihak yang berada pada proyek konstruksi membatasi tenaga kerja yang bekerja pada proyek tersebut. Sehingga, hasil yang dikerjakan tenaga kerja pada proyek menjadi tidak maksimal dan tidak sesuai rencana awal, dikarenakan terbatasnya tenaga kerja pada proyek tersebut.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan dan pembahasan pada bab V, maka analisa percepatan penyelesaian durasi proyek pada Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Rencana awal Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis memiliki durasi pengerjaan 206 hari kalender, namun pada pelaksanaannya mengalami keterlambatan menjadi 296 hari kalender. Durasi pelaksanaan untuk pekerjaan struktur ialah 214 hari. Sehingga, dilakukan percepatan durasi proyek dengan metode *crashing* menggunakan dua alternatif, yaitu penambahan empat jam kerja (lembur) dan mengadakan sistem *shift* kerja malam dengan tenaga kerja baru. Dari hasil analisa tersebut didapatkan durasi percepatan pada alternatif penambahan empat jam kerja yaitu 198 hari selisih 16 hari dari durasi normal atau 7,47% lebih cepat dari durasi pelaksanaan. Sedangkan, menggunakan sistem *shift* kerja malam didapat durasi percepatan yaitu 170 hari selisih 44 hari dari durasi pelaksanaan atau 20,56 % lebih cepat dari pada durasi pelaksanaan.
2. Setelah dilakukan percepatan penyelesaian durasi pada proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis, upah tenaga kerja menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja mengalami kenaikan sebesar Rp 15.277.526.396 atau 74,42% dari upah tenaga kerja pada durasi pelaksanaan yaitu Rp 8.758.756.487. Sedangkan untuk alternatif mengadakan sistem *shift* upah tenaga kerja mengalami kenaikan Rp 10.179.691.314 atau 13,96% lebih besar dari upah tenaga kerja pada durasi pelaksanaan. Sehingga, dapat disimpulkan kembali bahwa dengan mengadakan sistem *shift* kerja merupakan alternatif percepatan penyelesaian durasi proyek yang lebih efektif dari segi waktu dan ekonomis dari segi biaya. Hal ini disebabkan dengan mengadakan sistem *shift* kerja durasi pekerjaan proyek menjadi lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan alternatif penambahan waktu kerja

(lembur), dan total anggaran biaya proyek pada *shift* kerja lebih kecil dibanding dengan total anggaran biaya proyek pada penambahan waktu kerja (lembur).

3. Berdasarkan hasil wawancara tentang faktor penyebab keterlambatan proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis dengan *project manager* pada proyek tersebut dapat disimpulkan bahwa yang menjadi faktor penyebab keterlambatan proyek tersebut antara lain ialah faktor teknis pada pekerjaan pondasi, faktor transportasi, faktor cuaca, dan faktor pandemi *covid-19*.

6.2 Saran

1. Metode percepatan durasi penyelesaian proyek (*crashing*) pada penelitian ini hanya menggunakan dua alternatif yaitu menambah waktu kerja (lembur) dan mengadakan sistem *shift* kerja. Maka untuk penelitian selanjutnya lebih baik apabila ditambahkan alternatif lainnya seperti alternatif menambah tenaga kerja, menggunakan alat bantu yang lebih produktif, menggunakan material yang dapat lebih cepat pemasangannya, atau yang lainnya. Hal ini dilakukan agar dapat lebih banyak pembanding dan dapat mengetahui metode percepatan durasi penyelesaian proyek dengan menggunakan alternatif mana yang lebih efektif dan ekonomis
2. Pada penelitian selanjutnya untuk mempermudah pembangunan konstruksi dan infrastruktur, maka dapat menggunakan sistem aplikasi *digital* seperti aplikasi *primavera* dan aplikasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badri, S. (1998). *Dasar-Dasar Network Planning (Dasar - Dasar Perencanaan Jaringan Kerja)*. 46.
- Elisabeth Riska Anggraeni, D. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Tenaga Kerja dan Shift Kerja (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta). *Journal of Engineering Research and Applications*, 605.
- Ervianto. (2004). *Teori - Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. 272.
- Ervianto, W. I. (2005). *Edisi - Revisi* (Andi (ed.)). Andi.
- Hanna, A. S., Chang, C.-K., Sullivan, K. T., & Lackney, J. A. (2008). Impact of Shift Work on Labor Productivity for Labor Intensive Contractor. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(3), 197–204. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2008\)134:3\(197\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2008)134:3(197))
- Husen, A. (2010). *Ir. Abrar Husen, MT*. 253.
- Ismanta Rio, R. (2018). *Proyek Dengan Metode Shift (Analysis Of Project Implementation Time Acceleration Ushing Shift Method)*.
- Lidwyna, F., & Taufik, H. (2015). Analisa Percepatan Keterlambatan Proyek (Study Kasus : Kantor Dinas SKPD Pemko Gedung B2 di Tenayan Raya). <https://media.neliti.com/media/publications/189076-ID-analisa-percepatan-keterlambatan-proyek.pdf>
- Luthan, P. L. A., & Syafriandi. (2017). *Manajemen Konstruksi dengan Aplikasi Microsoft Project* (Andi (ed.); 1st ed.). Andi.
- Ningrum, F. G. A., Hartono, W., & Sugiyarto. (2017). Pengertian Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek. *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 3.
- Oetomo, W., Priyoto, P., & Uhad, U. (2017). Analisis Waktu dan Biaya dengan Metode Crash Duration pada Keterlambatan Proyek Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 6(1), 8–22.

<https://doi.org/10.33084/mits.v6i1.262>

- Olivia, P., & Puspasari, V. H. (2019). Analisa Percepatan Waktu Proyek Menggunakan Metode Crashing (Studi Kasus : Peningkatan Jalan Pelantaran – Parenggean – Tumbang Sangai). *Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 3(1), 41–52.
- Santoso, E. (2013). Penerapan Program Microsoft Project 2010 Untuk Perencanaan Dan Pengendalian Pada Pembangunan Gedung Serbaguna Fakultas Kedokteran Untan. *Fakultas Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura*, 1–12.
- Santoso, W. (2017). ANALISI PERCEPATAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE CRASHING DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA EMPAT JAM DAN SISTEM SHIFT KERJA (Studi kasus : Proyek Pembangunan Gedung Animal Health Care Prof . Soeparwi , Fakultas Kedokteran Hewan UGM). *Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia*.
- Sapitri. (2020). *Materi Kuliah Perencanaan Pengendalian Proyek “ Precedence Network .”*
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (Cetakan ke). ALFABETA, CV.
- Syawaldi, N., & Siswanto, E. H. (2015). Rencana anggaran biaya. *Finishing, 00*, 1–29.
- Utiahman, A., & Hinely, D. (2013). *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Jaringan PDM(Studi kasus Pembangunan Gedung Pusat Layanan Administrasi Terpadu Fakultas Teknik , Jurusan Teknik Sipil , Universitas Negeri Gorontalo. 1*(1).
- Widiasanti, I., & Lenggogeni. (2013). *Manajemen Konstruksi* (P. Latifah (ed.)). PT REMAJA ROSDAKARYA.