



**EVALUASI WAKTU PENYELESAIAN PROYEK
DENGAN METODE *CRASHING***

(Studi Kasus : Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya)

SKRIPSI

oleh

Elysa Daryu Pangesty

NIM 131910301087

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2017



**EVALUASI WAKTU PENYELESAIAN PROYEK
DENGAN METODE *CRASHING***

(Studi Kasus : Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya)

SKRIPSI

**diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik**

oleh

Elysa Daryu Pangesty

NIM 131910301087

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2017

PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk:

1. Kedua orangtua, Ayah Sudarso dan Mama Emy Suharyuwana, yang telah memberikan dan mecurahkan segala kemampuan yang kalian miliki, baik berupa riil dan non riil.
2. Keluarga di rumah Patrang, Nenek Suhartini, Tante Evi, Pakde Eko yang selalu mendukung dan memberi motivasi.
3. Whifaq Fatha Arija yang selalu mendampingi dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Guru-guru sejak dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi.
5. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2013 yang tidak mungkin untuk disebut satu per satu. Terima kasih atas semangat serta kerjasamanya.
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

MOTO

“Seseorang yang optimis akan melihat adanya kesempatan dalam setiap malapetaka, sedangkan orang pesimis melihat malapetaka dalam setiap kesempatan.”

(Nabi Muhammad SAW.)

“Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau sudah selesai (mengerjakan yang lain) dan berharaplah kepada Tuhanmu.

(Q.S Al Insyiriah : 6-8)

“Banyak kegagalan hidup terjadi karena orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya kesuksesan ketika mereka menyerah.”

(Thomas Alfa Edison)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Elysa Daryu Pangesty

NIM : 131910301087

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Evaluasi Waktu Penyelesaian Proyek dengan Metode *Crashing* (Studi Kasus : Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya)” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Mei 2017

Yang menyatakan,

Elysa Daryu Pangesty

NIM 131910301087

SKRIPSI

**EVALUASI WAKTU PENYELESAIAN PROYEK
DENGAN METODE *CRASHING***

(Studi Kasus : Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya)

Oleh

Elysa Daryu Pangesty

NIM 131910301087

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Anik Ratnaningsih S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Hernu Suyoso M.T.

PENGESAHAN

Karya ilmiah *Skripsi* berjudul “*Evaluasi Waktu Penyelesaian Proyek dengan Metode Crashing (Studi Kasus : Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya)*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Selasa, 30 Mei 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Anik Ratnaningsih S.T., M.T.

NIP. 19700530 199803 2 001

Ir. Hernu Suyoso M.T.

NIP. 19551112 198702 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Syamsul Arifin S.T., M.T.

NIP. 19690709 199802 1 001

Willy Kriswardhana S.T.,M.T.

NIP. 760015716

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Evaluasi Waktu Penyelesaian Proyek dengan Metode *Crashing* (Studi Kasus : Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya) ; Elysa Daryu Pangesty, 131910301087; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pembangunan Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya saat ini telah berjalan 40%. Dari data kurva S dan *monitoring schedule* yang didapatkan dari proyek bahwa pembangunan apartemen ini mengalami keterlambatan sekitar 68 hari yang dikarenakan cuaca yang tidak mendukung dan kurangnya tenaga kerja. Dalam penelitian ini menerapkan salah satu metode *crashing* percepatan proyek yaitu *Critical Path Method* (CPM). Metode CPM merupakan dasar dari sistem perencanaan dan pengendalian kemajuan pekerjaan yang didasarkan pada *network* atau jaringan kerja. Metode CPM dapat digunakan untuk mengetahui aktivitas kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis dan dapat digunakan untuk menganalisa jaringan kerja, yaitu dengan mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.

Tahap sisa pekerjaan struktur proyek pembangunan Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya sekitar 60% yang meliputi pekerjaan beton, pekerjaan tulangan, pekerjaan bekisting pada lantai 11 sampai lantai 33. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dalam penelitian ini akan melakukan *rescheduling* sisa pekerjaan dengan penambahan tenaga kerja dan penambahan jumlah jam kerja (*shift*) yang akan mempercepat penjadwalan penyelesaian proyek tersebut.

Dalam penelitian ini percepatan menggunakan metode *crashing* untuk alternatif penambahan jumlah tenaga kerja diperlukan 2 kali *crashing* dengan durasi optimum sebesar 247 hari dari durasi normal 256 hari dari *total cost* normal Rp 68.522.665.472,20 menjadi Rp.68.543.587.472,20. Sementara untuk alternatif *shift* kerja proses *crashing* dilakukan sebanyak 2 kali dengan durasi optimum sebesar 241 hari dari durasi normal 256 hari dari *total cost* normal Rp. 68.522.665.472,20 menjadi Rp.68.549.751.872,20.

SUMMARY

Evaluation of Project Completion Time by Crashing Method (Case Study: Puncak Dharmahusada Surabaya Apartment Project); Elysa Daryu Pangesty, 131910301087; partment of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

The development of Puncak Dharmahusada Apartment Surabaya is currently running 40%. From the data of the S curve and schedule monitoring obtained from the project, the construction of this apartment delayed about 68 days due to unsupported weather and lack of employees. In this research apply one of crashing method of project acceleration, it is Critical Path Method (CPM). CPM method is the planning basic system and working progress controlling based on network. CPM method can be used to identify the activities that are included in the critical path and it can be used to analyze the networking by optimizing the total project cost through the reduction or acceleration of total project completion time.

The remaining phase of structural development project of Puncak Dharmahusada Apartment Surabaya, is still about 60% includes of structural concrete contruction, reinforcement work, formwork on 11th floor to 33rd floor. Based on the problem, reschedule the remaining work adding of employees and the number of shifts to accelerate the project completion.

In this research, acceleration uses crashing method by adding employee numbers. It is required twice crashing with optimum duration of 247 days from normal duration of 256 days from total normal cost Rp 68.522.665.472,20 to Rp.68.543.587.472,20. Meanwhile, for shift working alternatives crashing process is done twice with optimum duration of 241 days from the normal duration of 256 days from the total normal cost Rp. 68.522.665.472,20 to Rp.68.549.751.872,20.

PRAKATA

Alhamdulillah, Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Evaluasi Waktu Penyelesaian Proyek dengan Metode *Crashing* (Studi Kasus : Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya)”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Dr. Anik Ratnaningsih S.T., M.T. dan Ir. Hernu Suyoso M.T., selaku Dosen Pembimbing skripsi ini yang selalu membimbing dan mengarahkan dalam pelaksanaan penelitian ini.
3. Syamsul Arifin S.T., M.T. dan Willy Kriswarhana S.T., M.T., selaku Dosen Penguji.
4. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 30 Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Time Schedule	5
2.1.1 Tujuan <i>Time Schedule</i>	5
2.1.2 Fungsi <i>Time Schedule</i>	5
2.2 Sumber daya proyek	6
2.3 Jaringan Kerja (<i>Network Planning</i>)	6
2.3.1 Prinsip Dasar <i>Network Planning</i>	7

2.3.2	Kegunaan <i>Network Planning</i>	8
2.3.3	Simbol- Simbol Pada <i>Network Planning</i>	8
2.3.4	Hubungan Antara Simbol dan Kegiatan.....	10
2.4	<i>Critical Path Method (CPM)</i>	12
2.4.1	Terminologi Dalam <i>Critical Path Method (CPM)</i>	12
2.4.2	Penentuan Biaya dalam Metode CPM.....	12
2.4.3	Mempercepat Waktu Penyelesaian	14
2.4.4	Alternatif Percepatan	14
2.5	Perhitungan Waktu Proyek	16
2.5.1	Perhitungan Maju (<i>forward pass</i>)	17
2.5.2	Perhitungan Mundur (<i>Backward Pass</i>)	18
2.6	Biaya	18
2.6.1	Perkiraan Biaya Proyek	18
2.6.2	Keperluan Total Biaya Proyek.....	18
2.7	Metode <i>Crashing</i>	21
2.8	Perencanaan Durasi	22
2.8.1	Analisis Durasi dan Biaya	22
2.8.2	Hubungan Durasi dan Biaya.....	24
2.9	Penelitian Terdahulu Terhadap Penulis	25
BAB III. METODE PENELITIAN		34
3.1	Lokasi Penelitian	34
3.2	Metode Pengumpulan Data	34
3.3	Analisis Data	35
3.3.1	Jaringan Kerja (<i>Network Diagram</i>).....	35
3.3.2	Analisa Percepatan	35
3.3.3	Analisa Jalur Kritis (CPM)	37
3.4	Penyusunan <i>Project Crashing</i>	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Lokasi Penelitian	39
4.2	Menentukan Volume Pekerjaan	41

4.3 Menentukan Durasi Normal	41
4.4 Menyusun Jaringan Kerja	42
4.5 Membuat Kurva S Sisa Pekerjaan	45
4.6 Menentukan Jalur Kritis	46
4.7 Analisis <i>Crashing</i>	47
4.7.1 Analisis <i>Crashing</i> dengan Penambahan Tenaga Kerja	47
4.7.2 Analisis Biaya dan Waktu Percepatan Proyek dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja	52
4.7.3 Analisis <i>Crashing</i> dengan <i>Shift</i>	54
4.7.4 Analisis Biaya dan Waktu Percepatan Proyek dengan Alternatif <i>shift</i>	58
4.8 Grafik Hubungan Waktu dan Biaya <i>Crashing</i>	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Penelitian terdahulu	27
2.2 Matriks Penelitian	32
4.1 Contoh Laporan Harian Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada	40
4.2 Daftar Jalur Kritis Berdasarkan <i>network planning</i>	46
4.3 Hasil Perhitungan <i>Crash Cost</i>	49
4.4 <i>Crashing</i> Pertama pada Alternatif Penambahan Tenaga Kerja	50
4.5 Daftar Jalur Kritis berdasarkan <i>Network Planning Crashing I</i>	50
4.6 <i>Crashing</i> Kedua pada Alternatif Penambahan Tenaga Kerja.....	51
4.7 Daftar Jalur Kritis berdasarkan <i>Network Planning Crashing II</i>	51
4.8 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung, Tidak Langsung dan <i>Total Cost</i> dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja	53
4.9 Perhitungan Total Penambahan Upah	54
4.10 <i>Crashing</i> Pertama pada Alternatif <i>Shift</i>	55
4.11 Daftar Jalur Kritis berdasarkan <i>Network Planning Crashing I</i>	56
4.12 <i>Crashing</i> Kedua pada Alternatif <i>Shift</i>	57
4.13 Daftar Jalur Kritis berdasarkan <i>Network Planning Crashing II</i>	57
4.14 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung, Tidak Langsung dan <i>Total Cost</i> dengan Alternatif <i>Shift</i>	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Simbol Lingkaran kegiatan <i>Network Planning</i>	9
2.2 Hubungan Antar Simbol.....	10
2.3 Hubungan Antar Simbol	11
2.4 Hubungan Antar Simbol	11
2.5 Hubungan Antar Simbol	11
2.6 Hubungan Antar Simbol	11
2.7 Hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk suatu kegiatan	13
2.8 Hubungan Sumber Daya dan Biaya.....	23
2.9 Hubungan Sumber Daya dengan Durasi.....	23
2.10 Hubungan Durasi dan Biaya	25
3.1 Denah lokasi Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada.....	34
4.1 <i>Network Planning</i> Sisa Pekerjaan	44
4.2 Grafik Hubungan Biaya dan Waktu <i>Crashing</i>	60

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

- A.1 *Time Schedule*
- A.2 Gambar Kerja Pekerjaan Struktur
- A.3 Tabel Volume Sisa Pekerjaan
- A.4 Analisa Harga Satuan
- A.5 Rencana Anggaran Biaya Sisa Pekerjaan
- B.1 Durasi Pekerjaan
- B.2 Kurva S normal
- B.3 *Network planning* kondisi normal
- B.4 *Network planning* alternatif penambahan tenaga kerja *crash I*
- B.5 *Network planning* alternatif penambahan tenaga kerja *crash II*
- B.6 *Network planning* alternatif penambahan *shift crash I*
- B.7 *Network planning* alternatif penambahan *shift crash II*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Manajemen konstruksi merupakan salah satu aspek penting yang sangat mempengaruhi biaya dan waktu dalam pelaksanaan suatu proyek. Salah satu aspek ditinjau dari kajian manajemen konstruksi yang berkaitan dengan percepatan pelaksanaan pekerjaan adalah sistem metode penjadwalan proyek yang efektif guna untuk meminimalisir keterlambatan pada sebuah proyek. Menurut Ariyani (2010), keterlambatan proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan dalam proses penjadwalan yang harus memperhatikan faktor biaya juga waktu.

Pembangunan Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya saat ini telah berjalan 40% dan tahap pengerjaannya sampai pada lantai 33. Dari data kurva S dan *monitoring schedule* yang didapatkan dari proyek bahwa pembangunan apartemen ini mengalami keterlambatan sekitar 68 hari, hal tersebut dibuktikan dari kurva S pada pekerjaan struktur yang seharusnya pada bulan November mencapai lantai 21, namun pada *monitoring schedule* yang ada pada bulan tersebut masih dalam pengerjaan struktur di lantai 11. Dari data laporan harian dan produktivitas pekerjaan yang didapatkan bahwa dalam pembangunan apartemen mengalami keterlambatan yang disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu dikarenakan cuaca yang tidak mendukung dan kurangnya tenaga kerja. Hal tersebut dibuktikan dari data laporan harian dan produktivitas pekerja bahwa dalam laporan harian, volume tidak sesuai dengan produktivitas pekerja yang seharusnya. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengendalian waktu dan biaya.

Dalam penelitian ini menerapkan salah satu metode *crashing* percepatan proyek yaitu *Critical Path Method* (CPM). Metode CPM merupakan dasar dari sistem perencanaan dan pengendalian kemajuan pekerjaan yang didasarkan pada *network* atau jaringan kerja. Metode CPM dapat digunakan untuk mengetahui aktivitas kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis. Menurut Amien Sejkti

(2009), CPM dapat digunakan untuk menganalisa jaringan kerja yaitu dengan mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan dalam kaitannya dengan percepatan pada pekerjaan sisa proyek antara lain Hana (2015) yang melakukan percepatan durasi pelaksanaan dengan penambahan sumber daya pada Proyek Jember Icon fase 2, waktu normal yang dibutuhkan untuk sisa pekerjaan yaitu 30 minggu sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk sisa pekerjaan setelah adanya *crashing* yaitu 22 minggu dengan total penambahan biaya 4% dari biaya awal. Penelitian lainnya yaitu Fransisko Yeremia Wohon (2015) yang juga melakukan analisis pengaruh percepatan durasi pada biaya proyek pembangunan Gereja GMIM Syaloom Karombasan dengan hasil waktu percepatan 22 hari dari waktu normal 249 hari menjadi 233 hari dengan total penambahan biaya 0,3% dari biaya normal. Penelitian lainnya yaitu David, K.H Chua dari *University of Singapore*, berdasarkan hasil dari penelitian tersebut bahwa proyek memiliki 2 jadwal alternatif yang layak . Alternatif yang pertama yaitu pekerjaan balok dilakukan sebelum pengerjaan kaca dengan durasi 27 hari. Sedangkan alternatif kedua, pekerjaan balok dilakukan setelah pengerjaan kaca dengan durasi yang lebih lama yaitu 29 hari.

Proyek Pembangunan Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya saat ini, tahap sisa pekerjaan yang masih belum selesai sekitar 60%, yang meliputi pekerjaan beton, pekerjaan tulangan, pekerjaan bekisting pada lantai 11 sampai lantai 33. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dalam penelitian ini akan melakukan *rescheduling* sisa pekerjaan dengan penambahan tenaga kerja dan penambahan jumlah jam kerja (*shift*) yang akan mempercepat penjadwalan penyelesaian proyek tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa waktu percepatan (*crashing*) yang dibutuhkan akibat penjadwalan ulang (*rescheduling*) dan percepatan sisa pekerjaan dengan penambahan tenaga kerja dan penambahan jumlah jam kerja (*shift*) pada proyek Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya ?
2. Berapa biaya percepatan akibat penjadwalan ulang (*rescheduling*) dan percepatan sisa pekerjaan dengan penambahan tenaga kerja dan penambahan jumlah jam kerja (*shift*) pada proyek Apartemen Dharmahusada Puncak Surabaya ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui waktu proyek setelah adanya penjadwalan ulang (*rescheduling*) dan percepatan sisa pekerjaan dengan penambahan tenaga kerja dan penambahan jumlah jam kerja (*shift*).
2. Mengetahui biaya penjadwalan ulang (*rescheduling*) dan percepatan sisa pekerjaan dengan penambahan tenaga kerja dan penambahan jumlah jam kerja (*shif*).

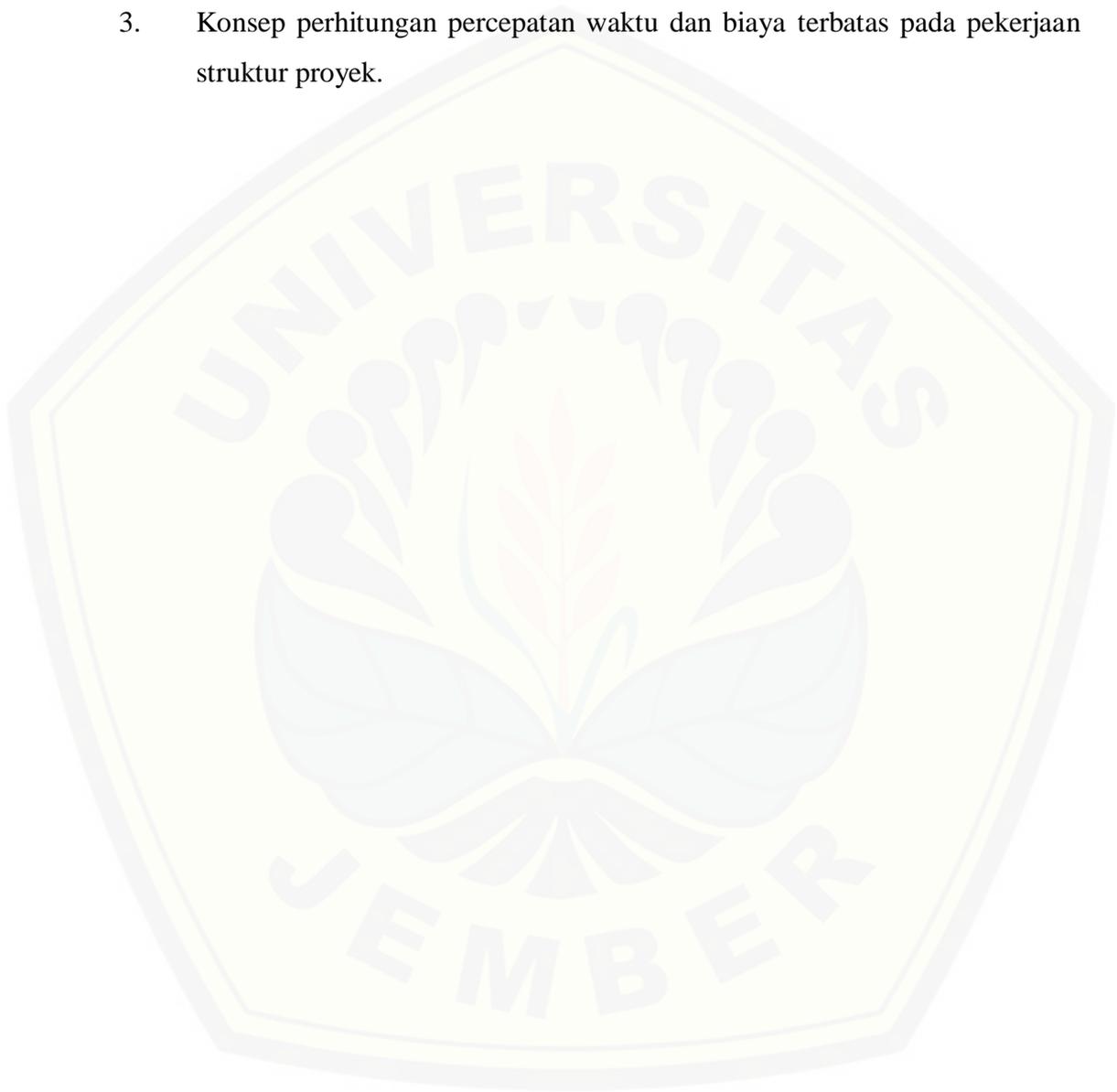
1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini yaitu dapat memberikan tambahan referensi bagi masyarakat akademik tentang bagaimana cara menghitung waktu dan biaya proyek setelah adanya penjadwalan ulang (*rescheduling*) dan percepatan.

1.5 Batasan Masalah

Agar penulisan skripsi ini tidak menyimpang dari tujuan yang semula direncanakan sehingga mempermudah mendapatkan data dan informasi yang diperlukan, maka batasan masalah pada penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Konsep perhitungan pada percepatan waktu dan biaya terbatas pada penambahan tenaga kerja dan penambahan jumlah jam kerja (*shift*) pada proyek.
2. Tidak melakukan penambahan terhadap alat berat dan pendukung operasional lainnya.
3. Konsep perhitungan percepatan waktu dan biaya terbatas pada pekerjaan struktur proyek.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Time Schedule*

Time Schedule merupakan suatu rancana waktu pekerjaan proyek dari awal kegiatan hingga akhir kegiatan proyek. Selain itu *time schedule* suatu cara mengalokasikan waktu untuk menyelesaikan suatu item pekerjaan pada proyek yang dapat menggambarkan berapa waktu atau lama pekerjaan yang harus diselesaikan dan bagian pekerjaan yang berkaitan satu dengan pekerjaan lainnya.

2.1.1 Tujuan *Time Schedule*

Tujuan atau manfaat dari *Time Schedule* pada proyek yaitu :

1. Penentu urutan dari tiap pekerjaan dan untuk mengendalikan waktu pelaksanaan proyek.
2. Pendeteksi terjadinya keterlambatan dari pekerjaan proyek, apabila dalam suatu proyek terjadi keterlambatan dapat dicegah sedini mungkin dan dapat segera diambil kebijakan lain sehingga tidak terlalu mengganggu kelancaran pekerjaan lain.
3. Alat pengendali waktu pelaksanaan proyek untuk mengetahui progres pelaksanaan proyek.
4. Pedoman waktu untuk pengadaan baik berupa sumber daya yang dibutuhkan, material dan alat- alat kerja.

2.1.2 Fungsi *Time Schedule*

Fungsi dari *Time Schedule* yaitu :

1. Pengontrol waktu pelaksanaan proyek, sehingga dapat memonitoring segala aktifitas.

2. Pedoman bagi pemilik, kontraktor dan konsultan pengawas untuk mengontrol kemajuan pekerjaan pada proyek serta mengevaluasi pekerjaan yang terselesaikan.
3. Memperkiraan jumlah sumber daya manusia, material dan peralatan lainnya yang harus disediakan pada waktu tertentu.

2.2. Sumber daya proyek

Menurut Kartono (2010), Sumber daya proyek dikelompokkan menjadi :

1. *Man* (manusia) yaitu sebagai tenaga kerja
2. *Machines* (mesin), merupakan penunjang kegiatan operasional maupun non operasional
3. *Money* (uang) untuk pembiayaan proyek
4. *Method* (metode), sebagai panduan pelaksanaan kegiatan proyek
5. *Material* (bahan baku)

Dari kelima pengelompokan tersebut semua aspek harus terpenuhi agar proyek bisa berjalan dengan lancar dan optimal, apabila dari salah satu aspek tersebut tidak terpenuhi maka akan berdampak bagi proyek.

2.3 Jaringan Kerja (*Network Planning*)

Menurut Eddy Herjanto (2013), perencanaan jaringan kerja (*Network Planning*) adalah sebuah model jaringan kerja yang banyak digunakan dalam penyelenggaraan proyek digunakan untuk memudahkan pelaksanaan sebuah proyek konstruksi agar segala pekerjaan dalam proyek berjalan dengan lancar. Perencanaan jaringannkerja pada sebuah proyek lebih dikenal dengan istilah *Network Planning* (NWP).

Network Planning adalah sebuah jaringan kerja yang dimaksudkan pada sebuah proyek kerja konstruksi yang berfungsi memudahkan pelaksanaan sebuah proyek konstruksi, dibuat secara kronologis dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya., *network*

planning dapat digunakan untuk melaksanakan penjadwalan dan pengendalian pelaksanaan suatu kegiatan proyek konstruksi.

2.3.1 Prinsip Dasar *Network Planning*

Network planning pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan dalam *diagram network*, sehingga diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan yang harus menunggu selesainya pekerjaan yang lain (Badri,1997).

Dalam sebuah pelaksanaan proyek konstruksi ataupun lainnya, haruslah direncanakan dengan matang sebuah rancangan kegiatan kerja. Haming et al., (2011: 80) menyatakan untuk dapat membuat perencanaan kerja harus mencakup hal-hal yaitu:

- a. Pembuatan rencana, *schedule* dan diagram informasi proyek
- b. Pengelolaan sebuah proyek dalam *Milestone*. Dimana *Milestone* menyatakan suatu peristiwa atau kondisi yang menandai penyelesaian sekelompok tugas yang saling berhubungan atau penyelesaian suatu tahap dari sebuah proyek
- c. Penelusuran perkembangan yang terjadi pada sebuah proyek yang sedang dilaksanakan
- d. Penetapan dan penjadwalan sumber daya yang ada (*Resources*)

proyek secara sederhana adalah sebagai suatu urutan peristiwa yang dirancang dengan baik dengan suatu permulaan dan suatu akhir yang diarahkan untuk mencapai tujuan yang jelas dan dipimpin oleh orang, dengan beberapa parameter seperti waktu, biaya dan kualitas.

2.3.2 Kegunaan *Network Planning*

Network Planning adalah sebuah model jaringan kerja yang banyak digunakan dalam penyelenggaraan proyek digunakan untuk memudahkan pelaksanaan sebuah proyek konstruksi. Melakukan organisasi selain itu kegunaan *Network Planning* dapat mengetahui urutan pekerjaan sebuah proyek kerja konstruksi yang paling efisien, diukur dari sudut biaya, mutu, waktu, pelaksanaan proyek tersebut, Melakukan organisasi data atau Informasi yang diperoleh dengan tepat.

Data atau informasi yang diperoleh, namun tidak teratur dapat terorganisir dengan tepat. Dapat menunjukkan urutan pekerjaan sebuah proyek kerja konstruksi yang paling efisien, diukur dari sudut biaya dan waktu pelaksanaan proyek tersebut.

Menurut Prasetya et al., (2009: 34), *Network Planning* sangat membantu dalam:

1. Perencanaan suatu proyek yang kompleks,
2. *Schedulling* pekerjaan-pekerjaan sedemikian rupa dalam urutan yang praktis dan efisien,
3. Pembagian kerja dari tenaga kerja dan dana yang tersedia,
4. Penentuan *trade-off* (kemungkinan pertukaran) waktu dan biaya,
5. Probabilitas penyelesaian suatu proyek tertentu.

2.3.3 Simbol- Simbol Pada *Network Planning*

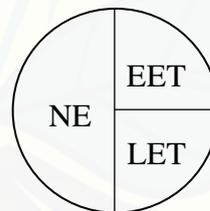
Dalam *Network Planning* terdapat *network diagram* yang berupa simbol-simbol dan lintasan lintasan kegiatan yang terjadi selama kegiatan proyek berlangsung. Dengan adanya *network planning* tersebut dapat dilihat keterkaitan antar kegiatan atau pekerjaan proyek dan kegiatan mana yang masuk dalam jalur kritis.

Menurut Eddy Herjanto (2003 ; 340), terdapat simbol-simbol pada *network planning* yang dapat membantu dalam membaca suatu diagram jaringan kerja.

Adapun simbol-simbol tersebut yaitu :

a. \longrightarrow (anak panah/busur), menjelaskan tentang arah kegiatan sehingga dapat diketahui kegiatan mana yang mendahului ataupun kegiatan yang mengikuti.

b.  (lingkaran kecil/simpul/node), didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan. Sebuah kejadian mewakili satu titik dalam waktu yang menyatakan penyelesaian beberapa kegiatan dan awal beberapa kegiatan baru, menggambarkan tentang peristiwa. Setiap peristiwa diberi nomor (*number of event*), penomoran ini bertujuan untuk membedakan peristiwa satu dengan peristiwa lainnya. Penomoran dilakukan dari nomor terkecil hingga terbesar. Berikut merupakan contoh lingkaran pada *network planning* dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Simbol Lingkaran kegiatan *Network Planning*

Keterangan :

NE = nomor peristiwa (*number of event*)

EET = saat paling awal peristiwa NE mungkin terjadi (*Earlist Event Time*)

LET = saat paling awal peristiwa bersangkutan atau NE boleh terjadi (*Latest Event Time*)

c. -----► (anak panah terputus-putus), menyatakan kegiatan semu atau *dummy activity*. Setiap anak panah memiliki peranan ganda dalam mewakili kegiatan dan membantu untuk menunjukkan hubungan utama antara berbagai kegiatan. Dalam hubungan antar kegiatan (*dummy*) tidak perlu dipehitungkan karenanya tidak memiliki nama dalam perhitungan waktu, sumber daya sehingga lamanya sama dengan nol. Akan tetapi hubungan antar kegiatan harus ada (bila diperlukan) untuk menyatakan logika ketergantungan kegiatan. Gitosudarmo (2007: 302) juga menyatakan bahwa kegiatan semu memiliki 3 buah sifat, yaitu:

1. Waktu yang digunakan untuk melakukan kegiatan tersebut adalah relatif sangat pendek dibandingkan dengan kegiatan biasa. Oleh karena itu maka kegiatan semu ini dianggap tidak memerlukan waktu.
2. Menentukan boleh tidaknya kegiatan selanjutnya dilakukan. Hal ini berarti bahwa apabila kegiatan semu itu belum selesai dikerjakan maka kegiatan selanjutnya belum dimulai.
3. Dapat mengubah jalur kritis dan waktu kritis.

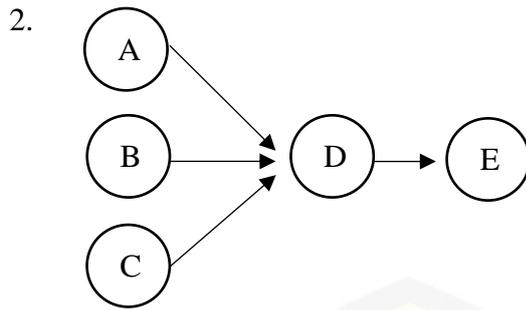
2.3.4 Hubungan Antara Simbol dan Kegiatan

Marwan Asri (2000 ; 119) menyatakan bahwa terdapat hubungan antar simbol dan kegiatan dengan lainnya. Berikut merupakan contoh antara hubungan simbol dengan kegiatan :



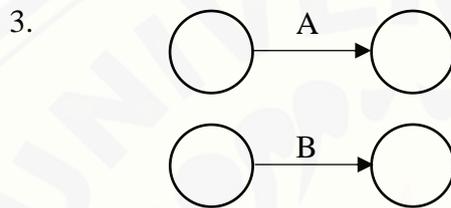
Gambar 2.2 Hubungan Antar Simbol

Keterangan gambar : Aktifitas B dapat dimulai setelah aktifitas A selesai dikerjakan



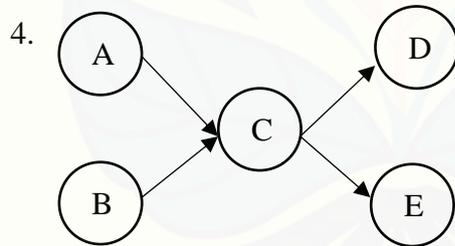
Gambar 2.3 Hubungan Antar Simbol

Keterangan gambar : Kegiatan D dimulai setelah kegiatan A,B dan C selesai dikerjakan



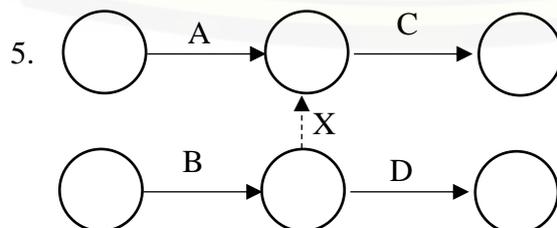
Gambar 2.4 Hubungan Antar Simbol

Keterangan gambar : Aktifitas A dan B dapat dikerjakan bersama sama



Gambar 2.5 Hubungan Antar Simbol

Keterangan gambar ; Setelah aktivitas AB selesai dapat dilanjutkan dengan aktifitas C kemudian aktifitas D dan E dapat dikerjakan.



Gambar 2.6 Hubungan Antar Simbol

Keterangan gambar ; Aktivitas X merupakan aktivitas *dummy*

2.4 Critical Path Method (CPM)

Menurut Bayu Prawira (2014) *Critical Path Method* (CPM) adalah teknik menganalisis jaringan kegiatan atau aktivitas-aktivitas ketika menjalankan proyek dalam rangka memprediksi durasi total. Dengan kata lain *Critical path* sebuah proyek adalah deretan aktivitas yang menentukan waktu tercepat yang mungkin agar proyek dapat diselesaikan. Dengan CPM, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula dengan hubungan antara sumber daya yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek.

2.4.1 Terminologi Dalam Critical Path Method (CPM)

Menurut Yayuk (2013), pada metode CPM terdapat dua buah perkiraan waktu dan biaya untuk setiap kegiatan yang terdapat dalam jaringan. Kedua perkiraan tersebut adalah perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya normal (*normal estimate*) dan perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya dipercepat (*crash estimate*). Dalam menentukan perkiraan waktu penyelesaian akan dikenal dengan istilah jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian-rangkaian kegiatan dengan total jumlah waktu terlama, sehingga dapat dikatakan bahwa jalur kritis berisikan kegiatan-kegiatan kritis dari awal sampai akhir jalur. Seorang manajer proyek harus mampu mengidentifikasi jalur kritis dengan baik, sebab apabila dalam jalur ini terdapat kegiatan yang pelaksanaannya terlambat maka akan mengakibatkan keterlambatan pada seluruh kegiatan proyek.

2.4.2 Penentuan Biaya dalam Metode CPM

Metode CPM memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat yang sering disebut dengan jalur kritis. Selain itu metode CPM juga dapat mengidentifikasi waktu kelonggaran (*slack*) paling lambat sebuah kegiatan dapat dimulai tanpa menghambat jadwal proyek keseluruhan.

Dalam suatu proyek terdapat hubungan antara waktu terhadap biaya. Biaya yang dimaksud berupa biaya langsung misalnya biaya tenaga kerja, pembelian material, tanpa memasukkan biaya tak langsung seperti biaya administrasi dan lain sebagainya. Adapun beberapa istilah yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya yang dikeluarkan adalah ;

1. Waktu Normal

Merupakan waktu yang diperlukan proyek untuk melakukan rangkaian kegiatan sampai selesai tanpa ada pertimbangan terhadap penggunaan sumber daya dan penambahan jam kerja dengan *Shift*.

2. Biaya Normal

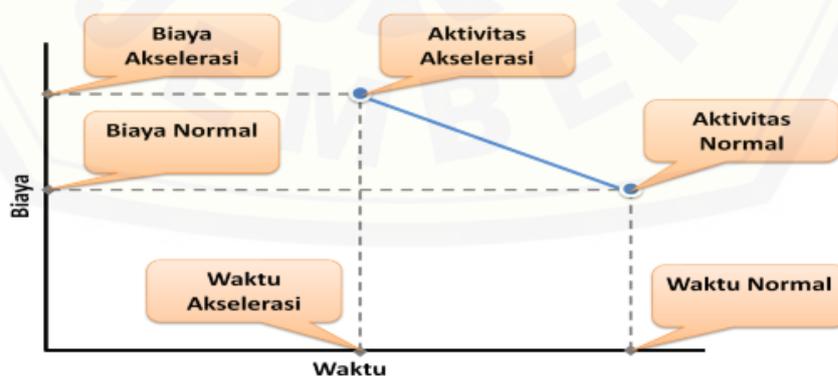
Merupakan biaya langsung yang dikeluarkan selama penyelesaian kegiatan proyek sesuai dengan waktu normalnya.

3. Waktu Dipercepat (*Crash Time*)

Merupakan waktu paling singkat untuk menyelesaikan seluruh kegiatan proyek. Digunakan untuk mengurangi durasi keseluruhan proyek dengan menganalisa alternatif – alternatif yang ada dari jaringan kerja.

4. Biaya untuk Waktu dipercepat (*Crash Cost*)

Merupakan biaya langsung yang dikeluarkan untuk menyelesaikan kegiatan proyek dengan waktu yang dipercepat. Berikut merupakan gambar hubungan waktu dan biaya pada keadaan normal dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7. Hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk suatu kegiatan (Sumber : Soeharto, 1997)

2.4.3 Mempercepat Waktu Penyelesaian

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Tujuannya adalah untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan kenaikan biaya seminimal mungkin. Dengan diadakannya percepatan proyek ini akan terjadi pengurangan durasi kegiatan yang akan diadakan *crash* program. Dengan menggunakan *crash schedule* tentu biaya akan jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya normal schedule. Dari *crash schedule* akan dipilih kegiatan-kegiatan kritis dengan waktu dan biaya terkecil untuk mempercepat pelaksanaannya. Perhitungan yang dilakukan lebih dikenal dengan *slope* yang dapat dilihat pada rumus 2.1

$$\text{Slope Biaya} = \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya Normal}}{\text{Waktu Normal} - \text{Waktu dipercepat}} \dots\dots\dots(2.1)$$

2.4.4 Alternatif Percepatan

Ada beberapa alternatif optimalisasi waktu dan biaya penyelesaian proyek yang dapat dilakukan adalah :

1. Penggunaan Peralatan Berat
Asumsi yang digunakan pada alternatif percepatan dengan penambahan peralatan adalah tidak ada kesulitan dalam mendatangkan peralatan, karena peralatan yang ada cukup untuk memenuhi kebutuhan proyek.
2. Penggantian atau Perbaikan Metode Kerja
Penggantian atau perbaikan metode kerja dilakukan bila metode yang sudah dilakukan terlalu terlambat atau tidak efisien.
3. Penambahan Tenaga Kerja

Untuk menyelenggarakan proyek, salah satu sumber daya yang menjadi faktor penentu keberhasilannya adalah tenaga kerja. Penyediaan jumlah tenaga kerja, jenis ketrampilan, dan keahlian harus mengikuti tuntutan perubahan kegiatan yang sedang berlangsung. Berdasarkan pada

kenyataan tersebut, maka suatu perencanaan tenaga kerja proyek yang menyeluruh dan terperinci harus meliputi perkiraan jenis dan keperluan tenaga kerja, seperti tenaga ahli dari berbagai disiplin ilmu dan pekerja lapangan untuk tahap konstruksi.

Perencanaan sumber daya proyek terutama yang berbentuk sumber daya manusia atau tenaga kerja diawali dengan mengkonversikan lingkup proyek dari jumlah jam-orang menjadi jumlah tenaga kerja. Untuk ini diperlukan parameter penting yaitu produktivitas tenaga kerja. Dengan memakai parameter indeks produktivitas merupakan salah satu pendekatan untuk mencoba mengukur hasil guna tenaga kerja.

Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja di lapangan adalah kondisi fisik lapangan dan sarana bantu, supervisi, perencanaan, dan koordinasi, komposisi kelompok kerja, kerja lembur, ukuran besar proyek, kurva pengalaman (*learning curve*), pekerja langsung versus subkontraktor, dan kepadatan tenaga kerja.

Menurut Novine Maharstuti (2013), pada alternatif penambahan tenaga kerja, kegiatan pada lintasan kritis dipercepat dengan penambahan tenaga kerja sebesar 50% dari tenaga kerja normal, hal tersebut di maksudkan agar proses *crashing* mendapatkan hasil yang maksimal.

4. Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Mempercepat waktu pelaksanaan suatu kegiatan dengan penambahan jam kerja atau kerja lembur merupakan salah satu usaha untuk menambah produktivitas kerja sehingga dapat mempercepat waktu pelaksanaan suatu kegiatan. Adapun rencana kerja yang akan dilakukan dalam mempercepat durasi sebuah pekerjaan dengan metode jam kerja lembur adalah:

- a. Waktu kerja normal adalah 8 jam (08.00 – 17.00), sedangkan lembur dilakukan setelah waktu kerja normal.
- b. Harga upah pekerja untuk kerja lembur menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal 11 diperhitungkan sebagai berikut :

1. Untuk jam kerja lembur pertama, harus dibayar upah lembur sebesar 1,5 (satu setengah) kali upah satu jam.
2. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah lembur sebesar 2 (dua) kali upah satu jam.

Dari uraian di atas dapat dirumuskan sebagai berikut :

Biaya lembur per hari =(jam kerja lembur pertama x 1,5 x upah satu jam normal)+(jam kerja lembur berikutnya x 2 upah satu jam normal)..... (2.2)
penambahan jam kerja (jam lembur) dan penambahan tenaga kerja.

5. Mengadakan *Shift* pekerjaan

Yaitu dengan membagi jumlah tenaga kerja menjadi beberapa kelompok yang bekerja secara bergantian, bertujuan untuk meminimalisasi turunya kemampuan tenaga kerja akibat kerja lembur yang terlalu lama.

2.5 Perhitungan Waktu Proyek

Salah satu hal penting dalam analisis proyek adalah mengetahui kapan proyek dapat diselesaikan. Menurut Herjanto (2007: 366), dalam perhitungan waktu proyek dikenal beberapa istilah, sebagai berikut:

1. *Earliest activity start time* (ES), menunjukkan saat paling awal suatu kegiatan dapat dimulai
2. *Earliest activity finish time* (EF), menunjukkan saat paling awal selesainya suatu kegiatan.
3. *Latest activity start time* (LS), menunjukkan saat paling lambat suatu kegiatan harus dimulai.
4. *Latest activity finish time* (LF), menunjukkan saat paling lambat suatu kegiatan harus sudah selesai.

Menurut Iman Soeharto (2000), dalam menganalisa waktu optimal pada *network planning* terdapat dua acara yaitu ;

1. Menggunakan perhitungan maju (*forward pass*) yaitu dimulai dari kegiatan awal sampai kegiatan terakhir
2. Menggunakan perhitungan mundur (*backward pass*).

2.5.1 Perhitungan maju (*Forward Pass*)

Dalam mengidentifikasi jalur kritis salah satu cara yang dilakukan yaitu perhitungan maju (*forward pass*), adapun aturan yang berlaku dalam perhitungan maju sebagai berikut ;

- a. Untuk notasi (i) bagi aktifitas yang akan ditinjau dahulu dan notasi (j) bagi aktifitas yang sedang ditinjau.
- b. Waktu awal sama dengan nol
- c. Perhitungan maju bertujuan untuk mencari nilai ES (*Early Start*), EF (*Early Finish*) dan waktu penyelesaian proyek.
- d. Nilai ES diambil dari nilai yang terbesar diantara empat rumus 2.3 yang sudah ada sebagai berikut :

$$ES(j) = (\text{dipilih nilai yang terbesar dari})$$

$$ES(i) + SS(i-j)$$

$$ES(i) + SF(i-j) - D(j)$$

$$EF(i) + FS(i-j)$$

$$EF(i) + FF(i-j) - D(j) \dots \dots \dots (2.3)$$

- e. Waktu selesai paling awal suatu kegiatan sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah dengan kurun waktu kegiatan yang mendahuluinya.
 $EF(i-j) = ES(i-j) + t(i-j) \dots \dots \dots (2.4)$
- f. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan-kegiatan terdahulu yang menggabung, maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu selesai paling awal (EF) yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

2.5.2 Perhitungan Mundur (Backward Pass)

Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal untuk dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa harus menunda waktu pada proyek secara keseluruhan. Perhitungan ini bertujuan untuk menganalisa waktu mulainya kegiatan yang diperbolehkan tanpa mengakibatkan keterlambatan pada proyek. Adapun aturan-aturan yang berlaku pada perhitungan sebagai berikut ;

- a. Untuk rotasi (i) bagi aktifitas yang akan ditinjau dahulu dan notasi (j) bagi aktifitas yang sedang ditinjau.
- b. Perhitungan maju bertujuan untuk mencari angka LS (*Latest Start*), LF (*Latest Finish*) dan kurun waktu float.
- c. Nilai LF pada kegiatan diambil dari nilai yang terkecil dari keempat rumus 2.4.

LF(i) = (dpilih nilai terkecil):

$$\begin{aligned}
 &LS(j) - SS(i - j) + D(j) \\
 &LS(j) - FS(i - j) \\
 &LF(j) - SF(i - j) + D(j) \\
 &LF(j) - FF(i - j) \dots \dots \dots (2.5)
 \end{aligned}$$

- d. Nilai Lf pada kegiatan sama dengan LF pada kegiatan ditambah dengan durasi kegiatan tersebut dan dapat dilihat pada rumus 2.6.

$$LS(j) = LF(i) - D(i) \dots \dots \dots (2.6)$$

2.6 Biaya

2.6.1 Perkiraan Biaya Proyek

Perkiraan Biaya merupakan suatu seni memperkirakan kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan. Menyusun perkiraan biaya berarti memperhitungkan biaya prakiraan atas hal-hal yang mungkin terjadi.

2.6.2 Keperluan Total Biaya Proyek

Menurut Fransisco (2013), sebelum pembangunan proyek selesai dan siap dioperasikan, diperlukan sejumlah biaya yang dikelompokkan menjadi :

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah biaya yang diperlukan langsung untuk mendapatkan sumber daya yang akan dipergunakan untuk penyelesaian proyek. Unsur-unsur yang termasuk dalam biaya langsung adalah:

a. Biaya Material

Biaya material adalah biaya pembelian material untuk mewujudkan proyek itu termasuk biaya transportasi, biaya penyimpanan serta kerugian akibat kehilangan atau kerusakan material. Harga material didapat dari survey di pasaran atau berpedoman dari indeks biaya yang dikeluarkan secara berkala oleh Departemen Pekerjaan Umum sebagai pedoman sederhana.

b. Biaya upah

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, biaya upah dibedakan atas:

- Upah harian

Besar upah yang dibayarkan persatuan waktu, misalnya harian tergantung pada jenis keahlian pekerja, lokasi pekerjaan, jenis pekerjaan dan sebagainya.

- Upah borongan

Besar upah ini tergantung atas kesepakatan bersama antara kontraktor dengan pekerja atas suatu jenis item pekerjaan.

- Upah berdasarkan produktivitas

Besar jenis upah ini tergantung atas banyak pekerjaan yang dapat diselesaikan oleh pekerja dalam satu satuan waktu tertentu.

c. Biaya peralatan

Unsur-unsur biaya yang terdapat pada biaya peralatan adalah modal, biaya sewa, biaya operasi, biaya pemeliharaan, biaya operator, biaya mobilisasi, biaya demobilisasi dan lainnya yang menyangkut biaya peralatan.

d. Biaya sub-kontraktor

Biaya ini diperlukan bila ada bagian pekerjaan diserahkan/dikerjakan oleh sub-kontraktor. Sub-kontraktor ini bertanggung jawab dan dibayar oleh kontraktor utama.

2. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) ialah biaya yang diperlukan pada suatu proyek yang tidak dapat dihubungkan/terpisah dengan aktifitas tertentu pada proyek tersebut dan pada beberapa kasus tidak dapat dihubungkan pada proyek- proyek tertentu. Biaya tidak langsung dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

a. Biaya Pengeluaran Umum (*General Overhead*)

Biaya pengeluaran umum (*general overhead*) adalah biaya yang dibutuhkan dalam suatu proyek, tetapi tidak dapat dihubungkan secara langsung pada kegiatan proyek tertentu. Contoh dari *general overhead* ialah : biaya operasional kantor seperti utilitas, sewa, akuntan, pembelian dan penggajian pegawai.

b. Biaya Pengeluaran Proyek (*Project Overhead*)

Biaya pengeluaran proyek (*job or project overhead*) ialah biaya yang diperlukan pada suatu proyek tetapi tidak dapat dihubungkan secara langsung pada suatu aktifitas tertentu. Misalnya supervisi lapangan (*site supervisi*), utilitas lapangan (*site utility*), asuransi proyek (*proyek insurance*) dan biaya penjadwalan (*scheduling cost*). Biaya tidak langsung cenderung meningkat bila durasi/waktu pelaksanaan proyek meningkat juga. Sebagai contoh kantor lapangan (*site office*), kantor lapangan biasanya disewa bulanan. Biaya dari sewa kantor dan biaya tidak langsung yang lain akan maningkat sesuai dengan berapa waktu pelaksanaan proyek tersebut.

Menurut Halinda Sheishar (2015), rumus yang mendukung dalam perhitungan biaya tidak langsung dan *Total Cost* dapat dilihat pada rumus 2.7 dan rumus 2.8

Biaya tidak langsung = 10% Biaya Total Proyek.....(2.7)

Total Cost = Biaya langsung + Biaya tidak langsung.....(2.8)

2.7 Metode *Crashing*

Metode *Crashing* merupakan suatu metode untuk mempersingkat lamanya waktu proyek dengan mengurangi waktu dari satu atau lebih aktivitas proyek yang penting menjadi kurang dari waktu normal aktivitas. Terminologi proses *crashing* yaitu dengan mereduksi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. Yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Proses *crashing* dilakukan dengan cara perkiraan dari variabel *cost* dalam menentukan pengurangan durasi yang maksimal dan yang paling ekonomis dari kegiatan proyek yang masih mungkin untuk direduksi. Menurut Wulfram I. Ervianto (2004), ada berbagai cara untuk mereduksi durasi proyek, yaitu;

ii. Mengadakan *Shift* pekerjaan

Yaitu dengan membagi jumlah tenaga kerja menjadi beberapa kelompok yang bekerja secara bergantian, bertujuan untuk meminimalisasi turunnya kemampuan tenaga kerja akibat kerja lembur yang terlalu lama.

iii. Dengan menggunakan alat bantu yang lebih produktif

iv. Menambah jumlah tenaga kerja

Dengan menambah jumlah tenaga kerja maka waktu pelaksanaan akan lebih singkat. Begitu pula dengan biaya upah untuk tenaga kerja pun akan meningkat.

v. Menggunakan material yang lebih cepat dalam penggunaannya.

Dalam suatu pekerjaan proyek penggunaan bahan atau material yang lebih cepat akan memudahkan dalam pengerjaan, agar waktu

yang dipergunakan akan lebih cepat dari jadwal yang ditetapkan. hal yang perlu diperhatikan yaitu ;

1. Produktifitas alat tambahan
 2. Perlu tidaknya tenaga ahli untuk menangani alat tersebut
 3. Harga, biaya dan perawatan
- vi. Menggunakan metode kontruksi lain yang lebih cepat

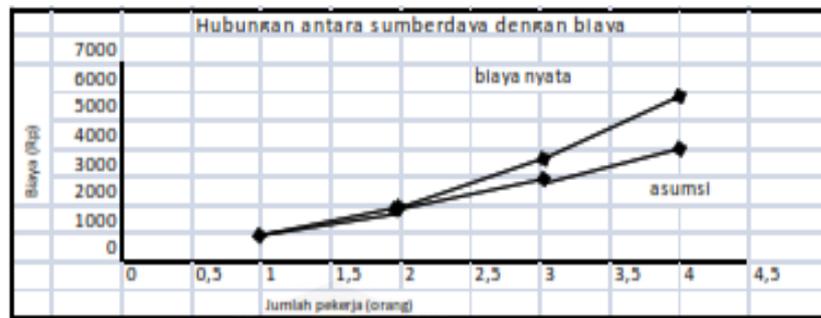
Apabila metode pekerjaan yang sedang dilaksanakan kurang efisien, maka perubahan metode pelaksanaan pun bisa dilakukan sebagai solisi agar dalam pengerjaan proyek bisa lebih cepat.

2.8 Perencanaan Durasi

Menurut Ibrahim (2012) sebelum menyusun rencana kerja (*time schedule*) pada sebuah proyek harus selalu memperhatikan bagian-bagian pekerjaan yang terkait antara satu sama lain serta bagian-bagian pekerjaan apa saja yang dapat dimulai tanpa menunggu pekerjaan lain selesai.

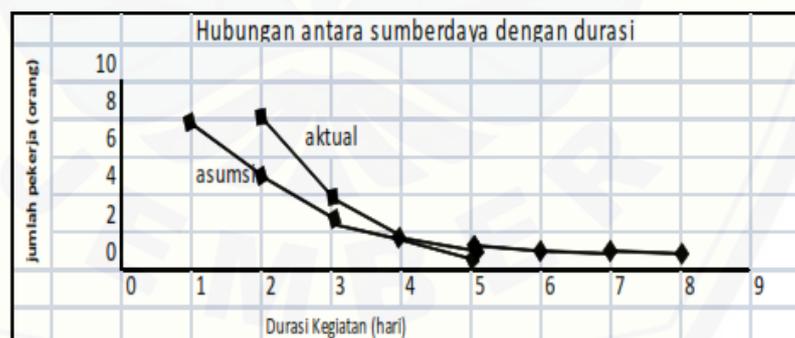
2.8.1. Analisis Durasi dan Biaya

Dalam menganalisis durasi dan biaya dari suatu rangkaian kerja yang optimal, harus dilakukan analisa yang cukup agar tidak terjadi kesalahan dalam menentukan *crashing* dari suatu kegiatan. Untuk mengetahui apakah suatu proyek sudah berada dalam kondisi kerja yang optimal yaitu dengan percepatan waktu penyelesaian proyek. Dari percepatan proyek apabila menghasilkan biaya total proyek yang lebih kecil maka dapat disimpulkan bahwa proyek dengan durasi sebelum dipercepat tidak dalam kondisi yang optimal. Konsep yang harus dipahami terlebih yaitu pada gambar 2.8 dan gambar 2.9



Gambar. 2.8 Hubungan Sumber Daya dan Biaya

Konsep pertama yang harus dipahami dalam hubungan antara biaya dengan pemakaian jumlah tenaga kerja dapat diasumsikan pada gambar 2.8 yaitu dengan penambahan tenaga kerja menjadi dua kali maka biaya yang dikeluarkan akan menjadi dua kali pula. Pada garis biaya nyata menggambarkan bahwa dengan pemakaian tenaga kerja menjadi dua kali kalinya, maka biaya nyata yang dikeluarkan akan lebih besar dari pada asumsi (R. B Harris, 1978). Kenyataannya bahwa tenaga tenaga kerja produktif pada awal dari suatu kegiatan dan seiring waktu akan mengalami penurunan. Sehingga biaya yang dikeluarkan tiap unit pekerjaan akan menjadi lebih besar dari biaya yang seharusnya.



Gambar 2.9 Hubungan Sumber Daya dengan Durasi

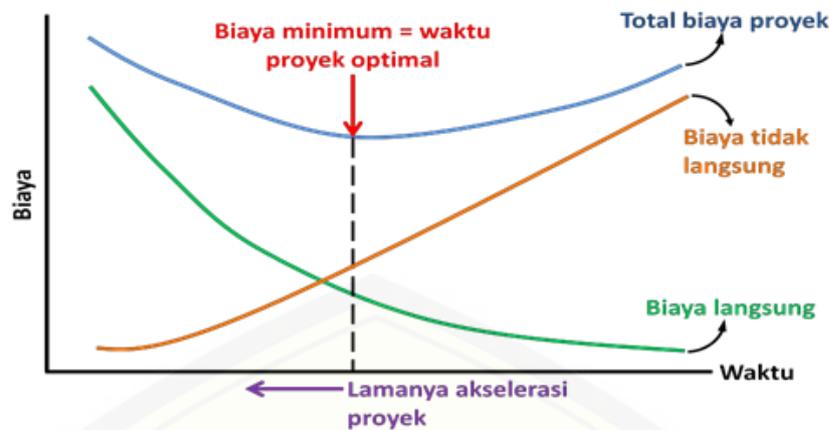
Konsep kedua yang harus dipahami seperti pada gambar diatas. Anggapan yang terjadi bahwa suatu kegiatan yang dapat diselesaikan oleh 8 (delapan) pekerja dalam waktu 1 (satu) hari, identik dengan digunakannya 1 (satu) pekerja dan akan diselesaikan dalam 8

(delapan) hari. Kombinasi lain yang dapat ditunjukkan disini, suatu pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu 4 (empat) hari oleh 2 (dua) pekerja atau 2 (dua) hari oleh 4 (empat) pekerja. Pada kenyataannya hal tersebut tidak benar, seperti yang ditunjukkan oleh garis aktual, menggambarkan deviasi dari asumsi. Hal ini dapat terjadi karena beberapa hal antara lain yaitu kondisi ruang gerak ditempat kerja yang mengharuskan menggunakan sejumlah pekerja tertentu penurunan produktivitas kelompok kerja yang disebabkan oleh banyaknya penggunaan tenaga kerja.

2.8.2 Hubungan Durasi dan Biaya

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Fransisko Yeremia Wohon (2003), biaya langsung akan meningkat apabila waktu pelaksanaan proyek dipercepat, namun biaya tidak langsung juga bisa meningkat apabila waktu proyek lambat (proyek mengalami keterlambatan). Biaya tidak langsung tidak tergantung pada kualitas pekerjaan, melainkan bergantung pada jangka waktu pelaksanaan proyek. Bila biaya tidak langsung ini dianggap tetap selama umur proyek, maka biaya kumulatifnya akan naik secara linier menurut umur proyek.

Dalam mengetahui hubungan durasi dan biaya dapat dilakukan dengan analisis yang biasanya sering disebut dengan metode LCA (*Least Cost Analysis*) atau metode untuk menentukan biaya terendah dari program percepatan *schedule* yang direncanakan. Metode ini bertujuan untuk memilih waktu dan biaya yang paling optimum yaitu biaya yang paling rendah dari alternatif *crashing* yang telah dibuat. Adapun grafik dari metode biaya-waktu optimum dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Hubungan Durasi Dan Biaya

(Sumber ; Imam Soeharto (2000: 299))

Dari gambar 2.10 dapat dilihat hubungan biaya langsung yang semakin meningkat secara kumulatif jika percepatan dilakukan misalnya dengan dilakukan alokasi biaya, tenaga kerja dan peralatan akan meningkat, disamping itu hubungan biaya tidak langsung akan terus meningkat secara kumulatif jika bertambahnya durasi atau dengan kata lain berbanding lurus terhadap lamanya durasi proyek seperti biaya gaji staf, konsumsi listrik dan sebagainya. Dari hubungan biaya langsung dan tidak langsung tersebut jika dijumlahkan akan menghasilkan total biaya proyek dari alternatif *crashing* yang direncanakan. Maka untuk memperoleh biaya dan waktu optimal dipilih total biaya yang paling rendah dari alternatif durasi *crashing* yang telah direncanakan.

2.9 Penelitian Terdahulu Terhadap Penulis

Dalam penelitian ini hal yang dibahas yaitu mengenai percepatan proyek menggunakan metode *Critical Path Method* yang menggambarkan tentang konsep penentuan jalur kritis proyek sehingga dapat melakukan percepatan terhadap durasi proyek-proyek yang mengalami keterlambatan dengan beberapa alternatif percepatan yang digunakan. Penelitian ini tentunya mengacu pada beberapa pendapat pakar dan peneliti terdahulu. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pembaca dalam memahami konsep *Critical Path Method* yang akan

digunakan dalam penelitian ini. Adapun matriks Penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.1



lanjutan

No	Judul	Latar Belakang	Rumusan Masalah	Variabel Terikat	Variabel Bebas	Jenis Data	Metode	Hasil
4.	<i>Criticality of Schedule Constraints and Identification for Project Management - National</i>	Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki kekritisian dalam jadwal kontruksi dari sudut pandang kendala. Dalam tulisan ini kendalaa jadwal kritis didefinisikan sebagai	Bagaimana mengidentifikasi kekritisian jadwal kendala untuk	-Waktu -Biaya	<ul style="list-style-type: none"> • Produktifitas pekerja • Lamanya pengerjaan proyek 	Data sekunder : • Koef. Tukang • Time Scedule	CPM/PM D Model	<p>maka dapat mempercepat waktu 45 hari dengan iaya Rp. 204, 767, 925.40 dan <i>cost slope</i> sebesar Rp. 4,550,398.34 per hari dengan penambahan 4 jam kerja maka dapat mempercepat waktu 56 hari dengan biaya Rp. 297,349,168.27 san <i>cost slope</i> sebesar Rp. 5,946,983.36 per hari.</p> <p>Berdasarkan hasil bahwa Proyek memiliki 2 jadwal alternatif yang layak. Yang pertama dimana pekerjaan balok dilakukan sebelum pengerjaan kaca dengan durasi 27 hari. Sedangkan alternatif kedua, dimana pekerjaan</p>

lanjutan

No	Judul	Latar Belakang	Rumusan Masalah	Variabel Terikat	Variabel Bebas	Jenis Data	Metode	Hasil
	<i>University of Singapore</i>	kendala selang temporal yang mana menggunakan metode PMD++ Model	manajemen proyek?					balok dilakukan setelah pengerjaan kaca dengan durasi yang lebih lama yaitu 29 hari.



lanjutan

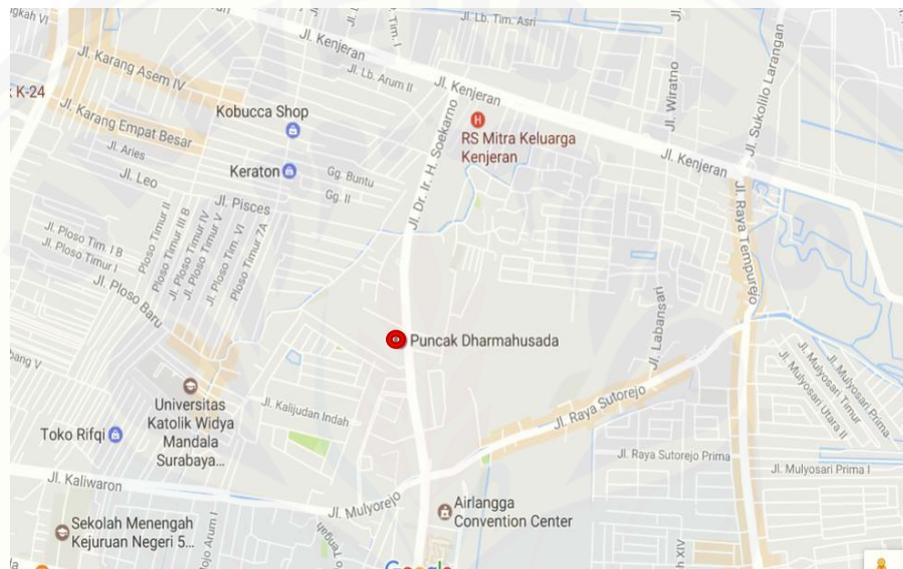
Judul	Latar Belakang	Rumusan Masalah	Batasan Masalah	Variabel Penelitian	Variabel Terkait	Jenis data	Metode yang di gunakan
	2. Metode CPM adalah metode yang digunakan untuk pengendalian biaya dan waktu, dimana metode ini memberikan informasi tentang biaya dan waktu yang diperlukan seluruh pekerjaan melalui pengurangan atau percepatan waktu	<i>rescheduling</i> dan <i>crashing</i> sisa pekerjaan	terhadap alat berat dan pendukung operasional lainnya. 3. Konsep perhitungan percepatan waktu dan biaya terbatas pada pekerjaan struktur proyek.		b. Jenis pekerjaan <ul style="list-style-type: none"> Lamanya pengerjaan pekerjaan konstruksi 		

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Proyek pembangunan Apartemen Puncak Dharmahusada yang dikerjakan General Contractor PT. Wijaya Karya berlokasi di jalan Ir. H. Soekarno No. 09 Surabaya, Jawa Timur. Denah lokasi Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Denah lokasi Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam penyusunan tugas akhir ini data yang digunakan yaitu :

1. Data Sekunder

Merupakan data yang diperoleh dari pihak instansi atau proyek yaitu proyek Pembangunan Apartemen Puncak Dharmahusada sebagai objek penelitian. Adapun data Sekunder yang akan digunakan dalam penelitian ini berupa *Time schedule*, Kurva s, Analisa harga satuan, Upah tenaga kerja, Laporan harian, Gambar kerja dan data yang diperoleh dari literatur, referensi dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan

penelitian penulis. Literatur yang dimaksud berupa buku, *browsing internet* yang berhubungan dengan penelitian penulis.

3.3 Analisis Data

3.3.1 Jaringan Kerja (*Network Diagram*)

Jaringan Kerja (*Network Diagram*) digunakan untuk perencanaan dan penjadwalan proyek. Menunjukkan urutan pekerjaan dan keterkaitan pekerjaan satu dengan pekerjaan lainnya dan digunakan untuk menentukan jalur terpanjang suatu jaringan kerja atau disebut dengan jalur kritis.

Hal yang harus dilakukan untuk menentukan jaringan kerja yaitu mencari data dari proyek berupa kurva S dan Rencana anggaran biaya. Dari kurva S tersebut hal yang dilakukan adalah menyusun komponen atau urutan pekerjaan dan keterkaitan pekerjaan satu dengan pekerjaan lainnya. Setelah menyusun urutan pekerjaan, hal yang dilakukan selanjutnya adalah membuat perencanaan penjadwalan ulang dengan *Critical Path Method* (CPM) untuk menentukan jalur kritis dan kemudian menggambarkan jaringan kerja sesuai metode yang digunakan.

3.3.2 Analisa Percepatan

1. Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

Dalam Penelitian ini hal yang dilakukan dalam percepatan durasi pada proyek yaitu menambah jumlah tenaga kerja yang dilakukan dengan cara :

- a. Menambah jumlah kerja tambahan yaitu dengan rumus :

$$\Delta n = n' - n = \frac{\sum \text{manhour}}{ds'xH} - n$$

Dimana :

Δn = jumlah pekerja tambahan

n' = jumlah pekerja untuk percepatan kegiatan

n = jumlah pekerja rencana

$\Sigma manhour$ = jumlah jam yang dibutuhkan oleh satu tenaga kerja

untuk menyelesaikan suatu pekerjaan

ds' = durasi percepatan

b. Memeriksa jumlah pekerja yang dibutuhkan

Menurut Novine Maharstuti (2013), pada alternatif penambahan tenaga kerja, kegiatan pada lintasan kritis dipercepat dengan penambahan tenaga kerja sebesar 50% dari tenaga kerja normal, hal tersebut di maksudkan agar proses *crashing* mendapatkan hasil yang maksimal.

2. Penambahan Jumlah Jam Kerja

Dalam Penelitian ini hal yang dilakukan dalam percepatan durasi pada proyek selain menambah jumlah tenaga kerja juga penambahan jumlah jam kerja yang dilakukan dengan cara :

a. Menambah jam kerja dengan rumus :

$$\Delta H = H' - H = \frac{\Sigma manhour}{ds' \times n} - H$$

Dimana :

ΔH = jam kerja normal (8 jam per hari)

H = jam kerja tambahan

H' = jam kerja untuk percepatan kegiatan

$\Sigma manhour$ = jumlah jam yang dibutuhkan oleh satu tenaga kerja

untuk menyelesaikan suatu pekerjaan

ds' = durasi percepatan

b. Memeriksa jam kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas percepatan proyek.

3.3.3 Analisa Jalur Kritis (CPM)

Setelah menentukan jalur kritis dari aktivitas proyek, hal yang kemudian dapat dilakukan yaitu metode *Crashing* pada jalur kritis tersebut dengan menambah sumber daya dan juga menambah jam kerja dengan *shift* yang selanjutnya dapat menghitung *slope* yaitu peningkatan biaya terkecil per unit waktu. Dalam penelitian ini untuk mempermudah penulis dalam menganalisis data alat bantu yang digunakan adalah program *Ms. Office Project* sehingga dapat mengetahui perbandingan pertambahan biaya dengan percepatan waktu penyelesaian pada proyek (*Cost Slope*).

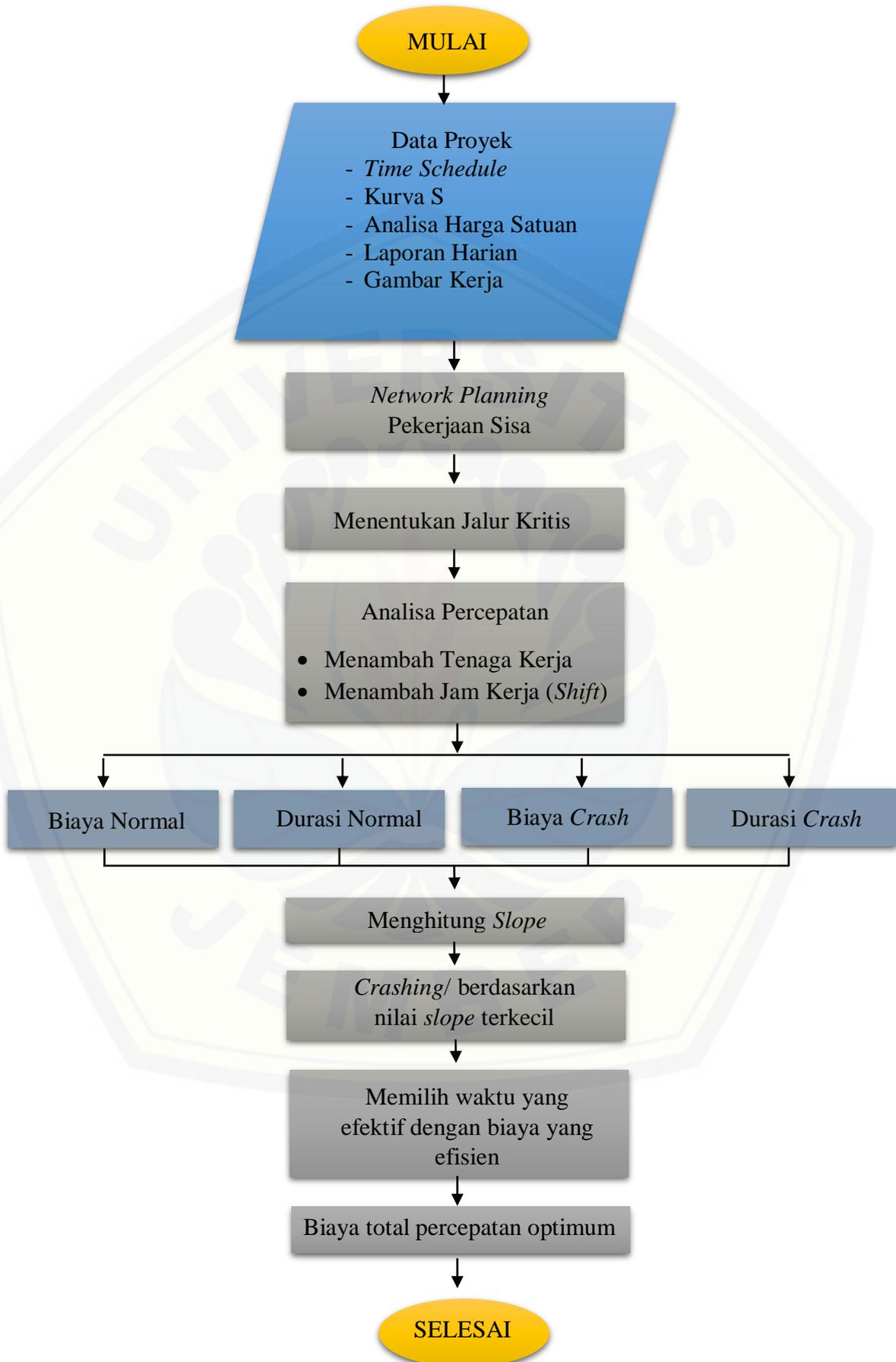
3.4 Penyusunan *Project Crashing*

Untuk melakukan proses *crashing* terlebih dahulu harus mengetahui angkah-langkah yang diambil dapat dilihat pada diagram alir penelitian (*Flow Chart*) . Hal hal dalam menentukan *project crashing* adalah :

1. Pengumpulan data yang diperoleh dari proyek.
2. Studi Pustaka, yaitu mencari buku ataupun literatur yang berkaitan tentang penelitian
3. Menganalisis data yang ada sehingga sesuai dengan apa yang dipetakan.
4. Penyusunan *Network Planning*, untuk mengetahui jalur kritis.
5. Proses *Crashing* yang meliputi beberapa langkah sebagai berikut :
 - a. Menentukan durasi harga normal dan durasi hari normal.
 - b. Mengidentifikasi kegiatan kegiatan proyek yang bisa dipercepat.
 - c. Menentukan metode yang akan digunakan untuk crash durasi (satu metode atau lebih). Dalam penelitian ini hal yang digunakan untuk mempercepat proyek yaitu dengan penambahan sumber daya manusia, dan melaksanakan kerja lembur dengan *shift*.
 - d. Menghitung *Cost Slope* dari semua kegiatan dengan rumus :

$$CS = \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya Normal}}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi dipercepat}}$$

6. Memilih waktu yang efektif dengan biaya yang efisien

Diagram Alir Penelitian (*Flow Chart*)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis *crashing* pada kedua alternatif, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan *crashing* dari kedua alternatif diperoleh perbandingan durasi dengan efisiensi waktu untuk alternatif penambahan tenaga kerja selama 9 hari dan efisiensi waktu untuk alternatif *shift* selama 15 hari .
2. Setelah dilakukan *crashing* dengan alternatif penambahan tenaga kerja, diperoleh durasi proyek menjadi 247 hari dari durasi normal 256 hari dan dari rencana anggaran biaya pada pekerjaan struktur lantai 11 sampai dengan lantai 33 *total cost* normal sebesar Rp.68.522.665.472,20 menjadi Rp.68.543.587.472,20 dengan selisih biaya sebesar Rp. 20.922.000,00. dan untuk alternatif *shift* kerja diperoleh durasi *crash* 241 hari dari durasi normal 256 hari dan *total cost* normal Rp.68.522.665.472,20 menjadi Rp.68.549.751.872,20 dengan selisih biaya sebesar Rp 27.086.400,00.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Kegiatan pada jalur kritis perlu diberi pengawasan khusus untuk mengurangi resiko keterlambatan pada proyek.
2. Untuk penelitian selanjutnya, dalam penentuan alternatif percepatan yang paling efektif dapat dikombinasikan dengan faktor lain selain faktor biaya dan durasi misalnya menambahkan alat berat, akan tetapi juga harus menyesuaikan kondisi di lapangan.
3. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dapat merekonstruksi hingga tahap *finishing* sehingga dihasilkan waktu yang semakin optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Dannyanti, Eka, 2010 *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Pert Dan Cpm (Studi Kasus Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip*
- Ervianto Wulfram I, *Manajemen Proyek Kontruksi*, Yogyakarta : Andi Offset, 2005
- Frederika, Ariyani, 2010. *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Kontruksi (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Villa, Peti Tenget-Bandung)*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil vol.14 no.2
- Handoko, TH, 1999. *Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Yogyakarta : Edisi Pertama BPFE.
- Herjanto, Eddy, 2003. *Manajemen Produksi dan Operasi 2 ed*. Jakarta: Gramedia.
- Hayun, Anggara, 2005. *Perencanaan Dan Pengendalian Proyek Dengan Metode Pert – Cpm:Studi Kasus Fly Over Ahmad Yani, Karawang*. *Journal The WINNERS*, Vol. 6 No. 2, h. 155-174
- Maharstuti, Novine. 2013. *Percepatan Time Schedule Proyek Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Jember dengan Metode Cut and Crashing*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Jember, Indonesia.
- Seishar, Halinda. 2015. *Penjadwalan Ulang Sisa Pekerjaan pada Proyek Pembangunan Gedung Penunjang Medik 3 Lantai Rumah Sakit Bina Sehat*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Jember, Indonesia.
- Standar Harga Satuan Pokok Pekerjaan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2016*. Pemerintah Kota Surabaya
- Susilo, Yayuk. 2013. *Analisis Pelaksanaan Proyek dengan Metode CPM dan PERT (Studi Kasus : Proyek Pelaksanaan Main Stadium University of Riau (Multiyears)*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Riau, Indonesia

Wohon, Fransisko Yaremia. 2013. *Analisa Pengaruh Percepatan Durasi Pada Proyek Menggunakan Microsoft Project 2013 (Studi Kasus : Pembangunan Gereja GMIM SYAALOOM KAROMBASAN)*. Jurnal Teknik Sipil Sam Ratulangi Manado, Indonesia.

