



CEMTECS

CIVIL ENGINEERING AND MATERIAL TECHNOLOGY SEMINAR 2015

PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR SUMBER DAYA AIR DI INDONESIA

PROSIDING

ISBN: 978-602-72936-0-1



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVESITAS HINDU INDONESIA
Jalan Sangalangit, Tembau, Penatih, Denpasar - Bali



CIVIL ENGINEERING AND MATERIAL TECHNOLOGY SEMINAR 2015
PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR SUMBER DAYA AIR DI INDONESIA

PANITIA SEMINAR CEMTECS - 2015
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVESITAS HINDU INDONESIA
Jalan Sangalangit, Tembau, Penatih, Denpasar - Bali



CEMTECS

CIVIL ENGINEERING AND MATERIAL TECHNOLOGY SEMINAR 2015

PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR SUMBER DAYA AIR DI INDONESIA

PROSIDING



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVESITAS HINDU INDONESIA

Jalan Sangalangit, Tembau, Penatih, Denpasar - Bali

Editor : Prof. Ir. I Nyoman Norken, SU., PhD.
I Ketut Sudarsana, ST., PhD.
Dr. I Wayan Muka, ST., MT.

Editing Layout Naskah : Adiawan

Desain Cover/Sampul : I Gede Surespayuki Widiarsa Gelgel

Alamat Redaksi

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia
Jalan Sangalangit, Tembau-Penatih, Denpasar Bali
Telp. (0361) 464700/ 464800 Ext. 304
Email : cemtecs.unhi@gmail.com
<https://cemtecs.wordpress.com>

ISBN : 978-602-72936-0-1

Panitia
Seminar Nasional CEMTECS 2015
Pengembangan Infrastruktur Sumber Daya Air di Indonesia

Pelindung

Rektor Universitas Hindu Indonesia
Dr. Ida Bagus Dharmika, MA.

Penanggung Jawab

Dekan Fakultas Teknik
Dr. I Wayan Muka, ST., MT.

Komite Pelaksana

I Wayan Artana, ST., MT (Ketua)
Ni Made Novia Indriani, ST., MT (Sekretaris)
Ida Ayu Putu Sri Mahapatni, ST., MT.
I Putu Laintarawan, ST., MT
A.A.A Cahaya Wardani, ST., MT.
I Nyoman Suta Widnyana, ST., MT.
IB. Wirahaji, ST., S.Ag. M.Si., MT.
I Made Adi Widyatmika, ST., M.Si.
Ir. Drs. I Gusti Oeidyana, MT.

KATA PENGANTAR

Sebagai salah satu faktor pendorong laju kesejahteraan masyarakat, keberadaan infrastruktur yang baik adalah syarat mutlak untuk tetap dapat menjamin ketersediaan sumber daya air secara berkelanjutan. Banyak hal telah dilakukan oleh pemerintah untuk mengembangkan infrastruktur dengan kebijakannya, tetapi kenyataannya di beberapa daerah masih memerlukan perhatian khusus. Masih banyak pertanyaan yang perlu dijawab mengingat Indonesia memiliki tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi dengan karakter masyarakat yang kompleks. Bagaimana pilihan kebijakan pengembangannya, bagaimana daya dukung kawasan dan masyarakatnya, bagaimana ketahanannya terhadap bahaya (*hazzard*), dan banyak lagi pertanyaan teknis yang perlu dicari jawabannya.

Dalam konteks tersebut, Seminar Nasional CEMTECS dengan tema utama **“Pengembangan Infrastruktur Sumber Daya Air di Indonesia”** berupaya mengakomodasikan pemikiran berbagai baik akademis, praktisi dan birokrat meliputi bidang-bidang : pengembangan infrastruktur sumber daya air, transportasi, geoteknik, struktur, material konstruksi, manajemen konstruksi, dan lingkungan. Seminar ini bertujuan sebagai media komunikasi ilmiah dalam ranah keilmuan, khususnya bidang Teknik Sipil. Seminar ini diharapkan menjadi wadah dialog untuk membangun pengembangan infrastruktur sumber daya air di Indonesia. Dengan demikian, seminar ini bisa menjadi katalisator bagi munculnya pemikiran secara terpadu dan komprehensif dalam pengembangan sumber daya air di Indonesia.

Produk akhir dari kegiatan seminar nasional ini akan dipublikasikan dalam bentuk buku prosiding ber ISBN. Pemakalah yang hadir dalam Seminar Nasional CEMTECS berasal dari berbagai institusi perguruan tinggi meliputi: Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang, Politeknik Negeri Bali, Universitas Narotama, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Universitas Hindu Inonesia (UNHI). Ucapan terimakasih disampaikan sebesar-besarnya kepada *keynote speaker*, pemakalah, dan peserta Seminar Nasional CEMTECS atas kerjasama dan partisipasinya sehingga kegiatan seminar nasional ini dapat berlangsung dengan baik dan lancar. Seminar ini ke depannya diharapkan terus berlangsung sebagai agenda tetap untuk menjembatani komunikasi ilmiah antar praktisi, akademis dan pemerhati masalah Infrastruktur di Indonesia.

Ketua Panitia

I Wayan Artana, ST.,MT

DAFTAR ISI

Panitia	i
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv

Halaman

PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR DITINJAU DARI PERSPEKTIF MANAJEMEN RISIKO KUALITATIF	
I Nyoman Norken	1
MODEL PENGEMBANGAN PROPERTI TERINTEGRASI	
I Wayan Muka	15
PENILAIAN PERSEPSI RISIKO MANAJEMEN RANTAI PASOK PADA POYEK KONSTRUKSI GEDUNG PERTEMUAN PASCA BENCANA GEMPA 30 SEPTEMBER 2009 DI PADANG. STUDI KASUS : PROYEK UPI"YPTK" CONVENTION CENTER (UPI-CC) KAMPUS UNIVERSITAS PUTRA INDONESIA "YPTK" PADANG	
Wendi Boy	37
ANALISIS OPTIMALISASI CRASHING PADA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG (STUDI KASUS: PEMBANGUNAN SEKOLAH HARAPAN DENPASAR)	
Made Novia Indriani, I Nyoman Suta Widnyana	49
PENGARUH MOTIVASI TERHADAP KEPUASAN KERJA PADA PERUSAHAAN KONTRAKTOR DI KOTA MALANG	
Kusnul Prianto	73
MANAJEMEN RISIKO DENGAN SISTEM KONTRAK UNIT PRICE DAN SISTEM KONTRAK LUMP SUM PADA PROYEK KONSTRUKSI DI BALI	
Made Novia Indriani	91
PENGARUH KOMPETENSI: PENGETAHUAN, KEMAMPUAN, SERTA SIKAP MANAJER PROYEK TERHADAP KEBERHASILAN PEKERJAAN KONSTRUKSI (STUDI KASUS: PROYEK-PROYEK PEMERINTAH DI KABUPATEN MALANG PROPINSI JAWA TIMUR)	
Kusnul Prianto	123
ANALISIS BUDAYA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA TERHADAP KEBERHASILAN PROYEK (STUDI KASUS: PROYEK KONDOTEL JINENG TAMAN SARI BALI)	
Ida Ayu Putu Sri Mahapatni	141
PEMBERDAYAAN SUMBER DAYA MANUSIA SEBAGAI UJUNG TOMBAK DALAM KEMAJUAN SUATU PROYEK MELALUI PENERAPAN TEORI MASLOW (SEBUAH LITERATUR REVIEW)	
A.A.A.Md Cahaya Wardani	153

PENGARUH PENCANTUMAN PROGRAM K3 PADA KONTRAK TERHADAP PENERAPAN K3 PADA PROYEK KONSTRUKSI Ida Ayu Putu Sri Mahapatni, I Wayan Artana.....	161
MEKANISME TRANSFER BEBAN FONDASI KONSTRUKSI SARANG LABA-LABA MELALUI UJI BEBAN STATIS VERTIKAL SKALA PENUH DAN ANALISIS NUMERIK 3D UNTUK KONDISI SMALL STRAIN Helmy Darjanto.....	175
PEMODELAN DETERMINISTIK PRODUKTIVITAS HYDRAULIC STATIC PILE DRIVER PADA TANAH BERLEMPUNG Joko Yulianto, Eko Warsito.....	215
EVALUASI PENGUJIAN NON-DESTRUCTIVE TEST DENGAN HAMMER PADA BANGUNAN PASCA KEBAKARAN STUDI KASUS : PASAR SERIRIT, SINGARAJA Fajar Surya Herlambang, I Komang Sudiarta.....	229
PENGARUH PENAMBAHAN AGREGAT BATA MERAH TERHADAP KUAT TEKAN, LENTUR, DAN TARIK BELAH PADA BETON I Nyoman Suta Widnyana, I Made Alit Dwi Ambara Putra.....	239
IDENTIFIKASI KEGAGALAN KONSTRUKSI DINDING PENAHAN TANAH PROYEK GEDUNG ASRAMA LANJUTAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA DAN ALTERNATIF DESIGN PERBAIKANNYA I Putu Laintarawan, I Komang Surya Barayuda.....	265
PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG DI BALI DENGAN PERATURAN GEMPA SNI 03-1726-2002 DAN SNI 03-1726-2012 I Wayan Artana, Putu Novita Nirmala Putri	277
KARAKTERISTIK PARKIR DI POLITEKNIK NEGERI BALI I Ketut Sutapa	287
PENGARUH LOKASI TERHADAP FATALITAS KORBAN KECELAKAAN LALU LINTAS DI KABUPATEN GIANYAR Ida Bagus Wirahaji	295
PEMODELAN KUALITAS AIR TUKAD PENDEM DI KOTA DENPASAR I Putu Prana Wiraatmaja	309
JELAJAH ARSITEKTUR BANGUNAN AIR DI BALI I Putu Gede Suyoga	327
KUALITAS AIR LAUT PANTAI TANJUNG BENOA KABUPATEN BADUNG DITINJAU DARI SIFAT FISIK, KIMIA DAN MIKROBIOLOGI Putu Sudiartawan	337

PEMANFAATAN KAWASAN PESISIR PASCAREKLAMASI DI PULAU SERANGAN	
I Gede Surya Darmawan	345
RUANG RITUAL PADA SUMBER MATA AIR DAN ALIRAN AIR DI BALI	
I Kadek Merta Wijaya.....	359
IDENTIFIKASI KENYAMANAN TERMAL PADA TAMAN AIR STUDI KASUS: TAMAN SOEKASADA UJUNG KARANGASEM	
I Wayan Wirya Sastrawan	369

ANALISIS OPTIMALISASI CRASHING PADA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG (Studi Kasus : Pembangunan Sekolah Harapan Denpasar)

Made Novia Indriani¹, I Nyoman Suta Widnyana²

Email¹: madenovia@gmail.com

Email²: gussuta@yahoo.co.id

Program Studi Teknik Sipil Universitas Hindu Indonesia

ABSTRAK

Pada pembangunan sebuah gedung, diperlukan adanya penanganan manajemen penjadwalan kerja yang baik, karena itu perlu ditangani dengan perhitungan yang cermat dan teliti. Proyek Pembangunan Sekolah Harapan Denpasar adalah salah satu proyek konstruksi yang sedang berjalan di lingkungan Sekolah Harapan Denpasar. Proyek ini merupakan wujud nyata peningkatan kualitas pendidikan di lingkungan Sekolah Harapan Denpasar. Dalam penelitian ini, akan diteliti mengenai pengendalian proyek dengan cara crashing pada proyek konstruksi gedung dan efisiensi proyek dengan cara crashing ditinjau dari segi biaya dan waktu pada proyek konstruksi gedung.

Hasil yang didapat dari penelitian Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Melalui tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menganalisis data-data untuk melakukan proses crashing antara lain : jadwal pelaksanaan (Time Schedule) untuk mendapatkan normal duration, Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk mendapatkan normal cost dilanjutkan menentukan lintasan kritis dengan menggunakan Program Microsoft Project 2003, kemudian menentukan skenario crashing yaitu dari aktivitas normal menjadi aktivitas crashing dengan menambah jam kerja atau lembur 1 dan 2 jam kemudian dilanjutkan dengan analisa Crash Duration, Crash Cost dan Cost Slope, dilanjutkan dengan analisa Time Cost Trade Off (TCTO) dan kompresi dengan Program Quantitative Methode For Windows Version 4.0, kemudian membuat Grafik hubungan waktu dan biaya untuk mengetahui dan menentukan biaya dan waktu optimum untuk dilakukan crashing.

Pada pekerjaan konstruksi tembok penyengker dengan durasi normal 140 hari dan biaya total sebesar Rp 491.916.938,13,-, jika dipercepat dengan menambah jam kerja 1 jam didapat pengurangan durasi 14.5 hari dan pertambahan biaya total menjadi sebesar Rp 496.7978.531,38,-. Jika dipercepat dengan menambah jam kerja 2 jam didapat pengurangan durasi 24 hari dan pertambahan biaya total menjadi sebesar Rp 502.623.796,13,-. Pada pekerjaan konstruksi drop off dengan durasi normal 143 hari dan biaya total sebesar Rp 214.744.738,66,-, jika dipercepat dengan menambah jam kerja 1 jam didapat pengurangan durasi 15.5 hari dan pertambahan biaya total menjadi sebesar Rp 219.751.345,91,-. Jika dipercepat dengan menambah jam kerja 2 jam didapat pengurangan durasi 25.5 hari dan pertambahan biaya total menjadi sebesar Rp 225.772.116,41,-. Pada pekerjaan konstruksi ruang baca/tunggu dengan durasi normal 150 hari dan biaya total sebesar Rp 713.839.275,42,-, jika dipercepat dengan menambah jam kerja 1 jam didapat pengurangan durasi 17.5 hari dan pertambahan biaya total menjadi sebesar Rp 761.547.899,54,-. Jika dipercepat dengan menambah jam kerja 2 jam didapat pengurangan durasi 24 hari dan pertambahan biaya total menjadi sebesar Rp 875.269.055,91,-.

Pada total keseluruhan pekerjaan konstruksi dengan total durasi normal penyelesaian keseluruhan proyek konstruksi pada Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar yaitu 150 hari dan dengan total biaya sebesar Rp 1.420.500.951,-. Jika dilakukan percepatan dengan menambah 1 jam kerja maka akan diperoleh durasi penyelesaian keseluruhan menjadi 125.5 hari dengan total biaya percepatan Rp 1.478.097.776,83,-. Sedangkan jika dilakukan percepatan dengan menambah 2 jam kerja maka akan diperoleh durasi penyelesaian keseluruhan menjadi 116 hari

Kata kunci : crashing, jalur kritis, time cost trade off, biaya dan waktu optimum

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk mengembalikan tingkat kemajuan proyek ke rencana semula diperlukan suatu upaya percepatan durasi proyek walaupun akan diikuti meningkatnya biaya proyek. Salah satu cara untuk mempercepat durasi proyek dalam istilah asingnya adalah crashing. Terminologi proses crashing adalah dengan mereduksi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. Dimana crashing merupakan suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. (Wulfram I.Ervianto 2004)

Pada pembangunan sebuah gedung, diperlukan adanya penanganan manajemen penjadwalan kerja yang baik, karena itu perlu ditangani dengan perhitungan yang cermat dan teliti. Suatu proyek dikatakan baik jika penyelesaian proyek tersebut efisien, ditinjau dari segi waktu dan biaya serta mencapai efisiensi kerja, baik manusiamaupun alat (Badri, 1997).

Proyek Pembangunan Sekolah Harapan Denpasar adalah salah satu proyek konstruksi yang sudah berjalan di lingkungan Sekolah Harapan Denpasar. Proyek ini merupakan wujud nyata peningkatan kualitas pendidikan di lingkungan Sekolah Harapan Denpasar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dijabarkan pada latar belakang diatas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengendalian proyek dengan cara crashing pada proyek konstruksi gedung ?
2. Bagaimanakah efisiensi proyek dengan cara crashing ditinjau dari segi biaya dan waktu pada proyek konstruksi gedung ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui analisis percepatan durasi pada proyek konstruksi gedung.
2. Untuk mengetahui efisiensi proyek dengan cara crashing ditinjau dari segi biaya dan waktu pada proyek konstruksi gedung

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Proyek Konstruksi

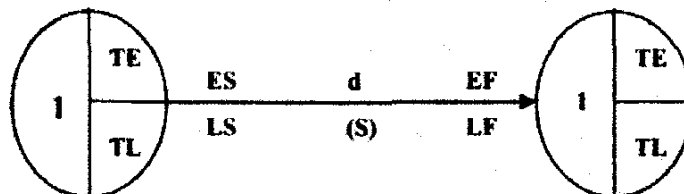
Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil dalam bentuk fisik bangunan atau infrastruktur. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, ada suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Proses yang terjadi dalam rangkaian kegiatan itu tentunya melibatkan pihak-pihak yang terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung (Soeharto, 1997)

Kegiatan proyek dapat diartikan juga sebagai suatu kegiatan sementara yang langsung dalam jangka waktu yang terbatas, dengan alokasi sumber daya yang tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sarannya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1997). Wujud dari proses melaksanakan proyek tersebut dapat berupa bangunan gedung (perumahan, kantor, pabrik), bangunan sipil (jalan raya, jembatan, bendungan), membuat produk baru, ataupun melakukan penelitian dan pengembangan. Adapun ciri-ciri pokok proyek adalah:

- Memiliki tujuan khusus, produk akhir atau hasil kerja akhir
- Jumlah biaya, sasaran jadwal serta kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan yang telah ditentukan.
- Bersifat sementara, dalam arti umumnya dibatasi oleh selesainya tugas. titik awal dan titik akhir ditentukan dengan jelas.
- Non rutin, tidak berulang-ulang. Jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

2.2. Penentuan Jalur Lintasan Kritis

Pada metode jaringan kerja dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis. dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek. Makna jalur kritis penting bagi pelaksana proyek, karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat, akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.



Gambar 2.1 istilah-istilah

2.2.1. Definisi-definisi

Pada perhitungan waktu dikenal beberapa notasi sebagai berikut:

- d = Waktu yang diperlukan untuk melaksanakan suatu aktifitas (*duration*),
- $SA = TE$ = Saat paling awal terjadinya suatu event / kejadian (*earliest event occurrence time*).
- $SL - TL$ = Saat paling lambat yang diijinkan untuk terjadinya suatu event / kejadian (*fastest allowable event occurrence time*).
- $MA = ES$ = Saat mulai (*start*) paling awal suatu aktifitas (*earliest activity start time*).
- $BA = EF$ = Saat berakhir paling awal suatu aktifitas (*earliest activity finish time*).
- $ML = LS$ = saat mulai paling lambat yang diijinkan untuk suatu aktifitas (*fastest allowable activity start time*),
- $BL = LF$ = Saat berakhir paling lambat yang diijinkan untuk suatu aktifitas (*fastest allowable activity finish time*).

- h. $TF = S = Total\ activity\ slack$ atau *float* atau *total float*, ialah sejumlah waktu sampai kapan aktifitas boleh diperlambat.
- i. $SF = Free\ slack$ suatu aktifitas atau waktu aktifitas bebas.
- j. Dikenal perumusan untuk menghitung besarnya total *float S* dan *free slack SF* sebagai berikut:

$$S = SL - BA = TL - EF$$

$$SF = SA - BA - TE - EF$$

2.2.2. Langkah-langkah Perhitungan Lintasan Kritis

Untuk menentukan lintasan kritis/jalan kritis diagram panah dikenal cara-cara perhitungannya yaitu:

1. Perhitungan maju
2. Perhitungan mundur
3. Perhitungan *float slack*

Berikut penjelasan serta perhitungan untuk masing-masing cara penentuan lintasan kritis secara rinci:

1. Perhitungan Maju

Dalam cara perhitungan maju dipakai beberapa anggapan sebagai berikut :

- a. Saat paling awal untuk terjadinya kejadian (*event*) yang pertama dari jaringan kerja disamakan dengan nol.
 $(SA = 0)$
- b. Tiap-tiap aktifitas mulai paling awal (MA) disamakan dengan saat paling awal terjadinya event sebelumnya ($MA = SA$). Sehingga dapat dituliskan rumusnya sebagai berikut :

$$BA = MA + d = SA + D$$
- c. Untuk *merge event*, saat mulai paling awal terjadinya aktifitas disamakan dengan harga terbesar dari saat berakhir paling awal dari aktifitas-aktifitas sebelumnya.

2. Perhitungan Mundur

Sesudah langkah cara perhitungan maju selesai dilakukan sampai event yang terakhir, maka untuk pengecekan dan mengetahui apakah ada kesalahan atau tidak perlu dilakukan perhitungan mundur. Pokok-pokok pedoman yang harus diperhatikan dalam perhitungan mundur ialah:

- a. Saat paling lambat yang diijinkan pada event terakhir dari jaringan kerja tersebut disamakan dengan saat paling awal untuk event tersebut yang didapat dari cara perhitungan maju ($SL = SA$).
- b. Saat mulai (start paling lambat yang masih diijinkan untuk suatu aktifitas (ML) adalah sama dengan saat berakhir paling lambat (SL) yang diijinkan untuk kejadian berikutnya dikurangi waktu pelaksanaan aktifitas tersebut (d).
- c. Untuk *burst event*, saat paling lambat yang diijinkan untuk terjadinya suatu event sama dengan harga terkecil dari saat mulai paling lambat yang diijinkan untuk aktifitas-aktifitas sesudahnya.

3. Pengertian *Float/Slack*

Kata "*slack*" atau "*float*" diartikan sebagai skala waktu yang longgar bagi pelaksanaan suatu aktifitas, sehingga aktifitas tersebut pelaksanaannya dapat diperlambat secara maksimum sesuai dengan besarnya *slack/float* tadi agar jadwal pelaksanaan proyek tidak terganggu. Suatu aktifitas dinamakan kritis apabila:

$$ES = LS \text{ atau } MA = ML$$

$$EF = Lf \text{ atau } BA = BL$$

Ini berarti aktifitas tersebut tidak dapat digeser-geser ke kiri atau ke kanan secara skala waktu. Apabila aktifitas-aktifitas kritis tersebut saling berhubungan, maka terjadilah "jalur kritis" (*critical path*).

2.3. Jenis Biaya Pada Proyek Konstruksi

Total biaya proyek yang dibutuhkan pada suatu konstruksi / meliputi biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tak langsung (*indirect cost*). Total biaya proyek mempunyai hubungan erat dengan lamanya pelaksanaan suatu proyek. Untuk lebih jelasnya mengenai / biaya langsung serta biaya tak langsung akan diterangkan pada sub bab di bawah ini.

2.3.1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung (*direct cost*) untuk proyek termasuk biaya langsung untuk tenaga kerja (menggaji buruh, mandor, pekerja), material dan bahan yang diperlukan, serta biaya untuk pemakaian peralatan yang mempunyai hubungan erat dengan aktivitas proyek. Biaya langsung dari suatu proyek jumlah total dari biaya langsung dari tiap aktifitas.

2.3.2. 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 :

1. Biaya pengunduran umum (*general over head*)

Biaya pengeluaran umum (*general over head*) 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.

2. 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 meningkat sesuai dengan berapa waktu pelaksanaan proyek tersebut.

2.4. Analisis Optimalisasi

Pengertian analisis optimasi dipecah menjadi dua, yaitu analisis dan optimasi. Analisis (analisis data) diartikan sebagai penelaahan dan penguraian atas data hingga menghasilkan simpulan-simpulan, sedangkan optimasi (*optimalisasi*) diartikan sebagai pengoptimalan, yaitu proses, cara, perbuatan untuk menghasilkan yang paling baik.

Dalam pelaksanaan pembangunan proyek konstruksi sering mengalami keterlambatan akibat berbagai hal yang menyebabkan terjadinya kerugian materi dan waktu. Oleh karena itu dilaksanakan optimalisasi sumber daya yang ada khususnya sumber daya biaya dan waktu. Adapun tujuan mengoptimalkan suatu proyek adalah agar dapat memperoleh keuntungan yang lebih baik tanpa mengurangi kualitas (mutu) suatu konstruksi.

Waktu dalam hal ini adalah lamanya suatu rangkaian ketika proses berlangsung, yang merupakan penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah-langkah kegiatan untuk mencapai sasaran. Sedangkan pengertian biaya adalah anggaran yang dikeluarkan untuk pelaksanaan proyek, dalam hal ini merupakan penggunaan dana untuk melaksanakan pekerjaan dalam kurun waktu tertentu

Maharany dan Fajarwati (2006) menjelaskan bahwa analisis optimasi merupakan suatu proses penguraian data-data awal dengan menggunakan suatu metode sebelumnya. Dalam penelitian ini, analisis optimasi diartikan sebagai suatu proses penguraian durasi proyek untuk mendapatkan percepatan durasi yang paling baik (optimal) dengan menggunakan berbagai alternatif ditinjau dari segi biaya. Proses memperpendek waktu kegiatan dalam jaringan kerja untuk mengurangi waktu pada jalur kritis, sehingga waktu penyelesaian total dapat dikurangi disebut sebagai *crashing proyek* (Heizer dan Render, 2006).

2.5. Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Dengan diadakannya percepatan proyek ini akan terjadi pengurangan durasi kegiatan yang akan diadakan crash program. Durasi *crashing* maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan (Soeharto, 1997).

Durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja, namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan pada suatu aktivitas yaitu meliputi penambahan jumlah tenaga kerja, penjadwalan kerja lembur, penggunaan peralatan berat dan perubahan metode konstruksi di lapangan.

2.5.1. Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

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.

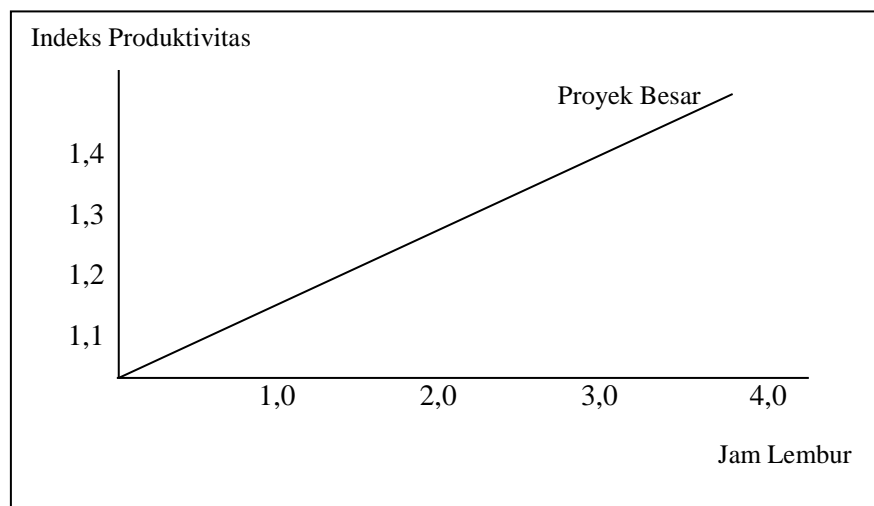
Dari uraian di atas dapat dirumuskan sebagai berikut :

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)

2.5.2. Produktivitas Kerja Lembur

Secara umum, produktivitas merupakan perbandingan antara output dan input. Dibiidang konstruksi, output dapat dilihat dari kuantitas pekerjaan yang telah dilakukan seperti meter kubik galian atau timbunan, ataupun meter persegi untuk plesteran. Sedangkan inputnya merupakan jumlah sumber daya yang dipergunakan seperti tenaga kerja, peralatan dan material. Karena peralatan dan material biasanya bersifat standar, maka tingkat keahlian tenaga kerja merupakan salah satu faktor penentu produktivitas.

Apabila dilakukan kerja lembur akan terjadi penurunan produktivitas yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Grafik indikasi menurunnya produktivitas karena kerja lembur (Sumber : Soeharto, 1997)

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut:

Produktivitas harian = Volume/Durasi normal

Produktivitas tiap jam = Produktivitas harian/8 jam

Produktivitas harian akibat kerja lembur = (a x b x prod.tiap jam)

Dimana :

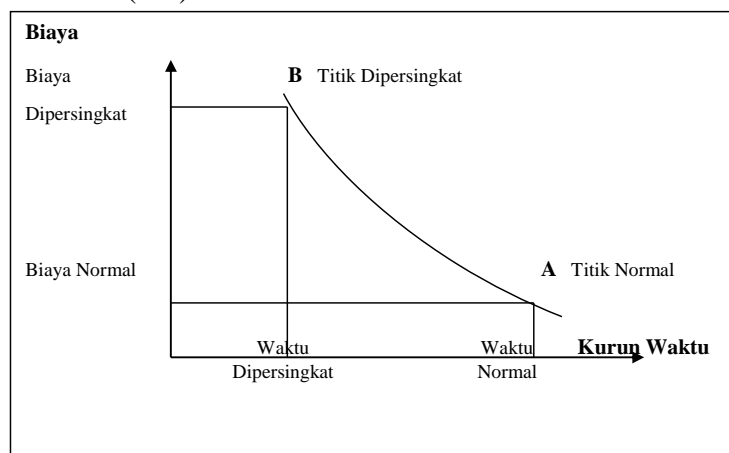
- a = jumlah jam kerja lembur;
- b = koefisien penurunan produktivitas kerja lembur

2.6. Crashing Proyek

Menurut (Heizer dan Render, 2006), ketika mengelola suatu proyek, lazim bagi seseorang manajer proyek menghadapi situasi seperti proyek tertinggal jadwal dan waktu penyelesaian proyek yang sudah dijadwalkan dimajukan. Dalam situasi manapun, beberapa atau semua kegiatan yang ada harus dipercepat untuk menyelesaikan proyek pada batas waktu yang diinginkan. Proses dimana kita memperpendek jangka waktu proyek dengan waktu terendah yang disebut *crashing* proyek. Seberapa banyak sebuah kegiatan bisa diperpendek (perbedaan waktu normal dan waktu *crash*) bergantung pada kegiatan dalam pertanyaan. Kita mungkin tidak bisa memendekkan beberapa kegiatan sama sekali.

2.6.1 Proses Crashing

Terminologi proses *crashing* adalah mereduksi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. *Crashing* adalah suatu proses disengaja, sistematis, dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Proses *crashing* adalah cara melakukan perkiraan dari variabel cost dalam menentukan pengurangan durasi yang paling maksimal dan paling ekonomis dari suatu kegiatan yang masih mungkin untuk dereduksi (Ervianto, 2004). Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara biaya dengan waktu suatu kegiatan, dipakai beberapa istilah yaitu: Kurun waktu normal/Normal Duration (ND), kurun waktu dipersingkat / Crash Duration (CD), Biaya normal/Normal Cost(NC), dan Biaya untuk waktu dipersingkat/Crash Cost (CC).



Gambar 2.3. Grafik hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan (Sumber: Soeharto, 1997)

Titik A pada Gambar 2.3 menunjukkan titik normal, sedangkan titik B adalah titik dipersingkat.

Garis yang menghubungkan titik A dengan B disebut kurva waktu-biaya. Pada umumnya garis ini dapat dianggap sebagai garis lurus, bila tidak (misal-persegmen yang terdiri atas beberapa garis lurus). Seandainya diketahui bentuk kurva waktu-biaya suatu kegiatan, artinya dengan mengetahui berapa slope atau sudut kemiringannya, maka bisa dihitung berapa besar biaya untuk mempersingkat waktu satu hari.

Penambahan biaya langsung (direct cost) untuk mempercepat suatu aktivitas persatuan waktu disebut cost slope.

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut:

Produktifitas harian sesudah crash = (8 jam x prod. tiap jam) + (a x b x prod. tiap jam)

Dimana :

a = jumlah jam kerja lembur

b = koefisien penurunan produktivitas kerja lembur

Crash duration = Volume / Prod. Harian sesudah Crash

Normal cost pekerja perjam = harga per satuan pek. x prod. tiap jam

Normal cost pekerja perhari = 8 jam x normal cost tiap jam

Normal cost = normal duration x normal cost pekerja perhari

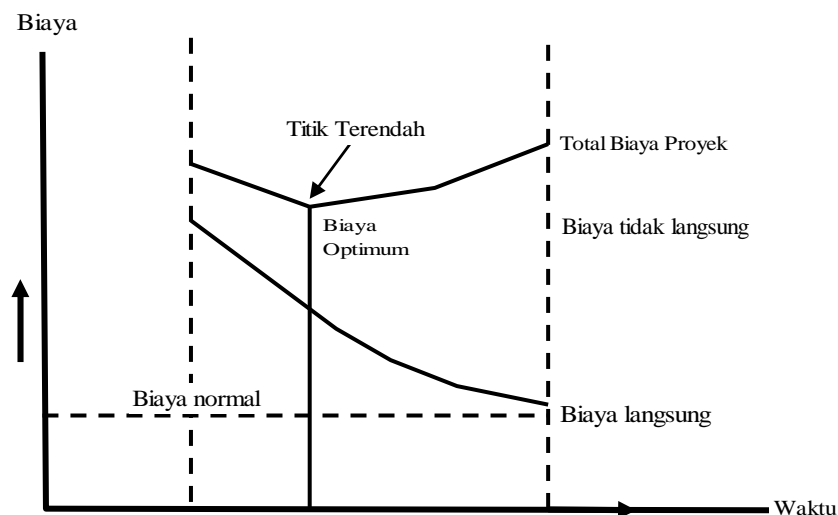
Crash cost pekerja = normal cost pekerja perhari + biaya lembur perhari

Crash cost = crash duration x crash cost pekerja perhari

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}}$$

2.7. Hubungan Biaya Terhadap Waktu

Adapun hubungan antara biaya proyek, baik biaya langsung maupun biaya tidak langsung dengan waktu yang diperlihatkan dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Grafik hubungan antara waktu dan biaya

Sumber : Soeharto (1995:219)

Dengan menggunakan variable waktu dan biaya pada saat normal maupun dipercepat, maka didapatkan pertambahan biaya untuk mempercepat suatu aktifitas per

satuan waktu yang disebut *cost slope*. Menggambarkan titik-titik dari suatu kegiatan yang dihubungkan oleh segmen-segmen garis yang dapat berfungsi untuk menganalisis kegiatan apa masih layak untuk diadakan *crashing*. Cara yang digunakan adalah meninjau *slope* (kemiringan) dari masing-masing segment garis yang dapat memberikan identifikasi mengenai pengaruh biaya terhadap pengurangan waktu penyelesaian suatu proyek.

2.8. Pertukaran Biaya dan Waktu (Time Cost Trade Off)

Dalam proses mempercepat penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan (kompresi) waktu aktifitas, diusahakan agar penambahan biaya (*cost*) yang ditimbulkan seminimum mungkin. Pengendalian biaya di sini ditujukan pada biaya langsung (*direct cost*) karena biaya inilah yang akan bertambah. Disamping itu, harus diperhatikan pula bahwa kompresi hanya dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang berada di dalam lintasan kritis.

Apabila kompresi dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang tidak berada di lintasan kritis, waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan tidak akan berkurang. Kompresi dilakukan lebih dahulu pada aktifitas-aktivitas yang mempunyai *cost slope* terendah pada lintasan kritis.

Untuk lebih jelasnya, analisa TCTO dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyusun jaringan kerja proyek dengan menuliskan *cost slope* dari masing-masing aktifitas
2. Melakukan kompresi pada aktifitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis dan yang mempunyai *cost slope* terendah.
3. Menyusun kembali jaringan kerjanya.
4. Mengulangi langkah kedua. Langkah kedua akan berhenti bila terjadi perubahan lintasan kritis dan apabila terdapat lebih dari satu lintasan kritis, maka langkah kedua dilakukan secara serentak pada semua lintasan kritis dan perhitungan *cost slope* nya dijumlahkan.
5. Langkah keempat dihentikan bila terdapat salah satu lintasan kritis dimana aktifitas-aktifitasnya telah jenuh seluruhnya (tidak dikompresi lagi) sehingga pengendalian biaya telah optimum (*crash*).

2.9. Program Microsoft Project 2003

Microsoft Project atau Ms.Project adalah suatu alat project management yang handal dalam mengerjakan tugas sehari-hari bagi seorang project manager. Ms. Project memberikan keseimbangan antara penggunaan, keunggulan dan fleksibilitas sehingga kita bias mengerjakan tugas dengan lebih efisien dan efektif.

Dengan menggunakan Ms. Project pula kita dapat membuat jadwal, alokasi resource dan mengatur anggaran.

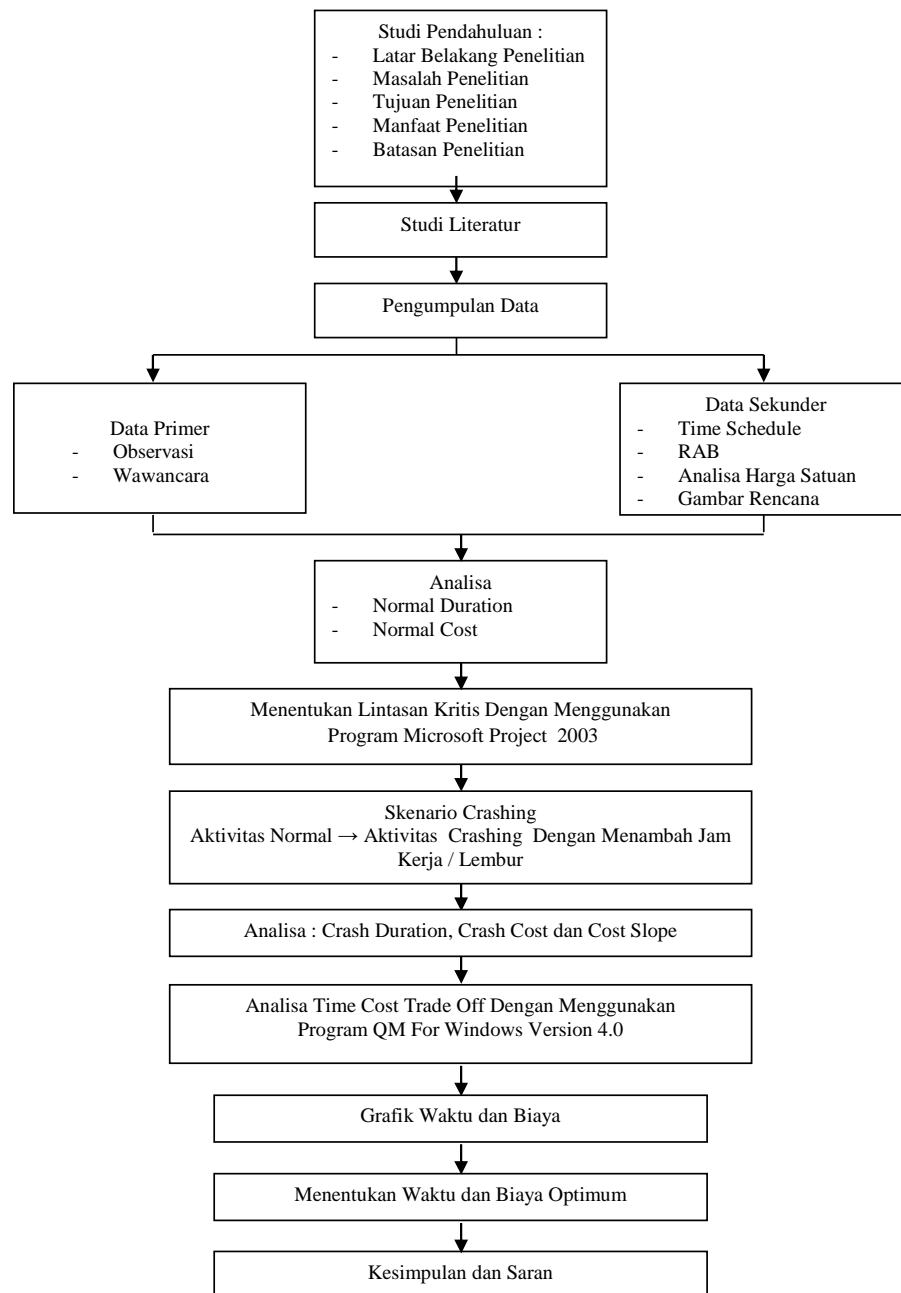
2.10. Program Quantitative Methode For Windows Version 4.0

Program Quantitative Methode (QM) For Windows Version 4.0 digunakan untuk mempermudah dalam menentukan aktivitas mana saja yang akan dipercepat dimulai dengan nilai cost slope terendah. Normal cost, normal duration, crash cost dan crash duration tiap aktivitas dianalisa dengan program QM.

III METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan hal yang sangat penting dalam mengadakan penelitian. Metode penelitian adalah suatu ilmu yang memandu si peneliti tentang urutan – urutan bagaimana penelitian itu dilakukan.

Adapun tahapan-tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

IV PEMBAHASAN

4.1. Data Umum Proyek

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar, yang berlokasi di Jl. Raya Sesetan, No.62 Denpasar Bali. Proyek Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar dikerjakan oleh PT. Pinea Karya sebagai kontraktor pelaksana dengan nilai proyek sebesar Rp 1.420.500.000,00 (terbilang : satu milyar empat ratus dua puluh juta lima ratus ribu rupiah,-), yang dikerjakan selama 150 (seratus lima puluh) hari kalender.

Proyek Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar dipilih untuk studi analisa karena dalam proyek tersebut terdapat tiga macam pekerjaan yaitu pekerjaan tembok penyengker yg berornamen style bali dengan volume sebesar 136.59 m³, pekerjaan drop off dengan volume sebesar 48 m² dan pekerjaan struktur gedung yaitu bangunan ruang baca dengan volume pekerjaan sebesar 154.5 m², yang dimana ketiganya merupakan satu kesatuan yang lengkap dalam pembangunan proyek suatu gedung konstruksi. Percepatan dilakukan untuk mengetahui bagaimana hubungan biaya dan waktu terhadap percepatan yang dilakukan pada ketiga jenis pekerjaan konstruksi tersebut, yang nantinya dapat dijadikan sebagai acuan untuk proyek konstruksi lainnya khususnya konstruksi gedung secara keseluruhan.

4.2. Analisa Data

4.2.1. Analisa Normal Duration

Kurun waktu normal atau normal duration adalah lamanya waktu normal atau yang direncanakan dalam menyelesaikan pekerjaan pada proyek tersebut.

4.2.2. Analisa Normal Cost

Besarnya normal cost merupakan hasil perkalian antara normal duration dengan normal cost pekerja perhari, dimana : normal cost pekerja perjam = harga per satuan pekerjaan x produktivitas tiap jam, sehingga normal cost pekerja perhari = 8 jam x normal cost tiap jam.

Adapun contoh perhitungan normal cost adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Uraian pekerjaan : Galian pondasi P1

Volume pekerjaan : 14.50 M³

Normal durasi : 7 hari

Produktivitas/hari : volume pekerjaan /normal durasi
 $= 14.50/7 = 2.07 \text{ M}^3$

Produktivitas/jam : (produktivitas/hari) / 8
 $= 2.07/8 = 0.26 \text{ M}^3$

Harga satuan upah pekerja (Rp)/satuan volume pekerjaan : Rp 33.975,00

Normal cost per jam = (Harga satuan upah pekerja (Rp)/satuan volume pekerjaan)/
 Produktivitas/jam

$$= 33.975,00/0.26$$

$$= \text{Rp } 8.797.10,00$$

Normal cost per hari = Normal cost per jam x 8

$$= 8.797.10,00 \times 8$$

$$= \text{Rp } 70.376.79,00$$

4.3. Menentukan Jalur Kritis Dengan Program Microsoft Project

Adapun identifikasi pelaksanaan proyek dan hubungan antar aktivitas antara lain:

- a. Jadwal pelaksanaan proyek dimana jam kerja yaitu 8 jam perhari (08.00-17.00) dan hari kerja yaitu 7 hari dalam seminggu.
- b. Hubungan antar aktivitas Proyek Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar terdapat tiga jenis pekerjaan pada proyek tersebut (dalam satu kontrak) yaitu : Pekerjaan Tembok Penyengker, pekerjaan drop off dan pekerjaan ruang baca /tunggu, yang dimana ketiga jenis pekerjaan ini dikerjakan dalam waktu yang bersamaan dengan menggunakan sumber daya baik tenaga kerja, bahan dan peralatan yang berbeda. Masing-masing pekerjaan tersebut terdiri dari beberapa sub pekerjaan yg saling berkaitan antara satu kegiatan pekerjaan dengan pekerjaan yang lain dalam sub pekerjaannya. Oleh sebab itu hubungan antar aktivitas terjadi pada masing-masing pekerjaan dari tiga jenis pekerjaan yang terdapat pada Proyek Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar.

Pada penelitian ini menggunakan aplikasi program MS Project 2003 untuk mencari jalur kritisnya. Data yang digunakan yaitu data time schedule pada Proyek Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar, kemudian diolah kedalam bentuk diagram gantt chart, yang kemudian menghasilkan keluaran dari program berupa diagram Network Palnning yang didalamnya terdapat lintasan atau jalur kritisnya. Dari hasil Network Diagram, dapat diketahui lintasan kritis pada Proyek Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar, seperti pada table 4.1 berikut :

Tabel 4.1. Pekerjaan Pada Jalur Kritis

No.	Uraian Pekerjaan Yang Berada Pada Jalur Kritis
A.	Pada Pekerjaan Tembok Penyengker
	I. Pekerjaan pengukuran dan pasang papan bowplank. 1. Pada pekerjaan persiapan dan pembersihan.
	II. Pekerjaan Galian Tanah dan Urugan 1. Pekerjaan galian pasangan batako miring bagian barat pagar 2. pekerjaan galian pondasi candi bentar
	III. Pekerjaan pondasi beton dan pasangan 1. Pondasi candi bentar
	IV. Pekerjaan tempelan dan tembok style bali 1. Pekerjaan candi bentar 2. Pekerjaan pengresek candi bentar dan style bali 3. Pekerjaan jaro atau lubang paras kelating pada pagar 4. Pekerjaan tempelan batu andesit
	V. Pekerjaan Plesteran

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan plester dinding 2. Pekerjaan plester pondasi
B.	Pada Pekerjaan Drop Off
	<ol style="list-style-type: none"> I. Pekerjaan Persiapan <ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan Uitset/pengukuran 2. Pekerjaan pemasangan papan bowplank
	<ol style="list-style-type: none"> II. Pekerjaan galian tanah dan urugan <ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan galian pondasi P1 2. Pekerjaan urugan tanah kembali/pasir
	<ol style="list-style-type: none"> III. Pekerjaan pondasi dan beton <ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan beton lantai kerja 2. Pekerjaan plat pondasi P1 3. Pekerjaan pedestal kolom K1 4. Pekerjaan beton sloop 25/30
	<ol style="list-style-type: none"> IV. Pekerjaan Baja <ol style="list-style-type: none"> 1. Baja WH 150 2. Baja WH 150 3. Baja WH 200
	<ol style="list-style-type: none"> V. Pekerjaan pemasangan, plesteran dan acian <ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan pemasangan bata pembungkus kolom baja 2. Pekerjaan plesteran kolom 3. Pekerjaan acian kolom
	<ol style="list-style-type: none"> VI. Pekerjaan atap dan penutup atap <ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan usuk 5/7 kamper 2. Pekerjaan reng ¾ kamper 3. Pekerjaan papan reuter 2/20 kamper 4. Pekerjaan genteng metal 5. Pekerjaan bubungan genteng
	<ol style="list-style-type: none"> IX. Pekerjaan instalasi listrik <ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan instalasi titik lampu
C.	Pada Pekerjaan Ruang Baca/Tunggu
	<ol style="list-style-type: none"> I. Pekerjaan persiapan dan pembersihan <ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan pagar darurat (bahan seng t=2m dicat) 2. Pekerjaan pembersihan kembali
	<ol style="list-style-type: none"> II. Galian tanah dan urugan <ol style="list-style-type: none"> 1. Galian pondasi P1 2. Urugan pasir
	<ol style="list-style-type: none"> III. Lantai 1 <ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan bor file diameter 30 cm 2. Beton lantai kerja 3. Pasangan batu kosong pon.pot 1 4. Pasangan batu kosong pon.pot 2 5. Pasangan batu kosong pon.pot 3 6. Pasangan batu kosong pon.pot 4 7. Pasangan batu kali pon.pot 1 8. Pasangan batu kali pon.pot 2 9. Pasangan batu kali pon.pot 3 10. Sloof <ol style="list-style-type: none"> a. Pembesian b. Begesting

	<ul style="list-style-type: none"> 11. Kolom K1 <ul style="list-style-type: none"> a. Pembesian b. Begesting
	<ul style="list-style-type: none"> IV. Lantai 2 <ul style="list-style-type: none"> 1. Balok B1,B2,B3,B4,BK 1, BK 2 <ul style="list-style-type: none"> a. Pembesian b. Begesting 2. Kolom K2 <ul style="list-style-type: none"> a. Pembesian 3. Plat tebal 12 cm <ul style="list-style-type: none"> a. Pembesian b. Begesting
	<ul style="list-style-type: none"> V. Lantai Atas/Pelat Dak <ul style="list-style-type: none"> 1. Balok B4 <ul style="list-style-type: none"> a. Pembesian b. Begesting 2. Pelat beton tebal 10 cm <ul style="list-style-type: none"> a. Pembesian b. Begesting
	<ul style="list-style-type: none"> VII. Pekerjaan Dinding <ul style="list-style-type: none"> a. Pekerjaan pasangan bata Lt.2 b. Pekerjaan plat beton pada J3
	<ul style="list-style-type: none"> VIII. Pekerjaan Plesteran Dan Acian <ul style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan plesteran dinding 1:6 Lt 1 2. Pekerjaan plesteran dinding 1:6 Lt 2 3. Pekerjaan acian dinding Lt.1 4. Pekerjaan tali air 5. Pekerjaan benangan sudut 6. Plesteran beton plat atap dan planter 7. Pekerjaan acian beton plat atap dan planter 8. Pekerjaan waterprofing plat atap 9. Pekerjaan plesteran kolom 10. Pekerjaan acian kolom
	<ul style="list-style-type: none"> IX. Pekerjaan Aluminium dan Kaca <ul style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan relling besi hollow lt1
	<ul style="list-style-type: none"> X. Pekerjaan Kap dan Penutup Atap <ul style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan kuda-kuda dan reng baja ringan setara Ex.Axis 2. Pekerjaan Listplank komplit kf+tatab 3. Pekerjaan genteng press Gemini 4. Pasangan wuwungan pres Ex. Karang pilang persegi 5. Pekerjaan menur paras jogya 6. Pekerjaan ikut celedu paras jogya
	<ul style="list-style-type: none"> XI. Pekerjaan Langit-langit <ul style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan pasangan plafond gypsum 9 mm
	<ul style="list-style-type: none"> XII. Pekerjaan Penggantung Dan Pengunci <ul style="list-style-type: none"> 1. Pasangan kunci pintu setara DEKSON LHR-102-100-219 2. Pasangan engsel pintu setara NILON 4x3x3-4BB 3. Pasangan engsel jendela setara NILON 3x2.5x2-2BB 4. Pasangan grendel jendela setara NILON 2" 5. Pasangan kait angin jendela setara visio chrome 8" silver

	<p>XIII. Pekerjaan Finishing</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan cat tembok dan kolom setara catylac 2. Pekerjaan cat plafond gypsum tbl 9 mm setara catylac 3. Pekerjaan cat plafond dak setara catylac 4. Pekerjaan cat.listplank
--	---

Sumber : Hasil Out-put M.S Project

4.4. Skenario Crashing Dengan Menambah Jam Kerja/lembur

Pada penelitian ini digunakan scenario crashing dengan menambah jam kerja lembur, mengingat terbatasnya sumber daya manusia, sehingga alternative percepatan durasi proyek direncanakan dengan menambah jam kerja atau lembur hingga 2 jam. Digunakan jam kerja lembur dari 1 sampai 2 jam dikarenakan pada proyek konstruksi gedung tersebut terdiri dari tiga jenis pokok pekerjaan yaitu pekerjaan tembok penyengker berornamen style bali, pekerjaan drop off dan pekerjaan ruang tunggu/ruang baca yang berlantai 2. Dari perbedaan jam kerja lembur tersebut, mana yang paling efektif dan efisien untuk ketiga jenis pekerjaan tersebut. Asumsi lain yang digunakan yaitu tidak ada biaya tambahan pada penggunaan alat-alat kerja serta dengan asumsi bahan dan material sudah tersedia sesuai kebutuhan.

Koefisien pengurangan produktifitas akibat kerja lembur dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2. Koefisien Pengurangan Produktivitas

Jam Lembur (jam)	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (per jam)	Prosentase Prestasi Kerja (%)	Koefisien Pengurangan Produktivitas
a	B	$C = b * a$	D	$E = 100\% - d$
1	0,1	0,1	10	0,9
2	0,1	0,2	20	0,8

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.1. Analisa Crash Cost dan Crash Duration

Untuk mendapatkan percepatan waktu atau crash duration pada kegiatan kritisnya terlebih dulu harus diketahui besarnya volume pekerjaan, normal duration, produktivitas perhari dan perjam dalam keadaan normal, harga satuan upah pekerja/satuan volume pekerjaan, normal cost perhari dan perjam nya dan perhitungan crashing dengan lembur, baik perhitungan produktivitas harian setelah crashing dan biaya lembur perjamnya. Crash duration dicari dengan membagi volume pekerjaan dengan produktivitas harian sesudah crashing.

Crash duration = Volume/ Produktivitas harian sesudah crashing.

Untuk mendapatkan percepatan biaya atau crash cost pada kegiatan kritisnya terlebih dulu harus diketahui crash cost pekerja yg didapatkan dari penjumlahan normal cost pekerja perhari dengan biaya lembur perhari. Sedangkan crash cost didapatkan dari perkalian crash duration dengan crash cost pekerja perhari.

Crash cost pekerja = normal cost pekerja perhari + biaya lembur per hari.

Crash cost = crash duration x crash cost pekerja perhari). Adapun contoh perhitungan crash cost dan crash duration dengan menambah 1 jam kerja sebagai berikut :

Diketahui :

- Uraian pekerjaan : Pekerjaan pengukuran dan pemasangan papan bowplank
- Volume pekerjaan : 125.50 M
- Normal duration : 28 hari
- Produktivitas / hari : $= 125.50 / 28 = 4.48$
- Produktivitas / jam : $= 4.48 / 8 = 0.56$
- Harga satuan upah pekerja/satuan volume pekerjaan = Rp 8.775,00
- Normal cost / jam : $8775/0.56 = \text{Rp } 4.916.35,00$
- Normal cost / hari : $= 4.916.35,00 \times 8 = \text{Rp } 39.330.80$
- Crashing lembur 1 jam :
 - Produktivitas harian setelah crashing = $(8 \times 0.56) + (1 \times 0.9 \times 0.56) = 4.99$
 - Biaya Lembur / jam = $(1 \times 1.5 \times 4.916.35) = 7.374.53$
 - Crash duration : $125.50 / 4.99 = 25.168539$
 - Crash cost pekerja / hari = $39.330.80 + 7.374.53 = 46.705.33$
 - Crash cost total = $25.168539 \times 46.705.33 = 1.175.504.92$

4.4.2. Perhitungan Cost Slope

Dengan adanya percepatan durasi pelaksanaan pada aktivitas tertentu, maka akan terjadi penambahan biaya akibat percepatan durasi tersebut. Pertambahan biaya percepatan tersebut tergantung besarnya durasi percepatan yang direncanakan serta total biaya setelah percepatan (crash cost). Semakin besar crash costnya, maka akan semakin besar nilai cost slopenya.

$$\text{Cost Slope} = (\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}) / (\text{Normal duration} - \text{Cost duration})$$

Asumsi batasan yang peneliti gunakan yaitu perubahan biaya yang terjadi akibat percepatan waktu hanya terjadi pada upah sumber daya manusia atau tenaga kerja. Dimana pemberlakuan waktu jam kerja lembur hingga 2 jam.

Contoh perhitungan analisa cost slope diuraikan sebagai berikut :

- Uraian Pekerjaan : Pekerjaan pemasangan papan bow plank
- Volume : 36,00 m
- Normal Duration : 7 hari
- Normal Cost/jam : 5.641,07
- Normal Cost/hari : 45.128,57
- Crashing dengan lembur 1 jam :
 - Produktivitas harian setelah crashing 1 jam : 5.72
 - Biaya lembur / 1 jam : 8.461,61
 - Perhitungan Crash Duration : $= 36,00/5.72 = 6.2921$
 - Perhitungan Crash Cost : $= 45.128,57 + 8.461,61 = 53.59$
 - Perhitungan Cost Slope : $=(53.59 - 45.128,57)/(7 - 6.2921) = 11.953,70$
- Crashing dengan lembur 2 jam :
 - Produktivitas harian setelah crashing 2 jam : 6.17
 - Biaya lembur / 2 jam : 19.743,75

- Perhitungan Crash Duration : $=36,00/6.17 = 5.8333$
- Perhitungan Crash Cost : $= 45.128,57+19.743,75 = 64.872,32$
- Perhitungan Cost Slope : $=64.872,32-45.128,57)/(7-5.833)=16.923,3$

4.5. Analisa Time Cost Trade Off (TCTO)

Salah satu alternative yang dapat dipergunakan untuk melaksanakan percepatan proyek adalah dengan menggunakan kerja lembur. Salah satu metoda yang dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh percepatan proyek terhadap biaya yang harus dikeluarkan adalah dengan analisis pertukaran biaya dan waktu (Time Cost Trade Off). Dalam Time Cost Trade off akan dapat diketahui/dihitung percepatan yang paling maksimum dengan biaya yang paling minimum. Proyek Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar dipilih untuk studi analisa karena dalam proyek tersebut terdapat tiga macam pekerjaan yaitu pekerjaan tembok penyengker yg berornamen style bali, pekerjaan drop off dan pekerjaan struktur gedung ruang baca/tunggu, yang dimana ketiganya merupakan satu kesatuan yang lengkap dalam pembangunan proyek suatu gedung konstruksi. Percepatan dilakukan untuk mengetahui bagaimana hubungan biaya dan waktu terhadap percepatan yang dilakukan pada ketiga jenis pekerjaan tersebut, yang nantinya dapat dijadikan sebagai acuan untuk proyek konstruksi gedung secara keseluruhan. Percepatan dilakukan dengan kerja lembur 1 jam sampai 2 jam sehari, mengingat adanya keterbatasan sumber daya manusia. Penerapan metode time cost trade off dapat sangat membantu untuk menentukan waktu optimum dengan biaya yang efisien. Kemudian dapat juga mengetahui pertukaran biaya dan waktu sehingga dapat merencanakan solusi yang terbaik apabila proyek melakukan percepatan dengan meminimalkan penambahan biaya.

4.5.1. Kompresi Menggunakan Program Quantitative Methode For Windows (QM)

Program Quantitative Method For Windows (QM) digunakan untuk mempermudah dalam menentukan aktivitas mana saja yang dipercepat dimulai dari cost slope terendah. Normal duration, crash duration, normal cost dan crash cost tiap aktivitas disertai dengan predecessor masing-masing dianalisa dengan program QM dan kemudian didapat outputnya atau yang dinamakan Project Management (PERT/CPM) Result dan crash solutionnya yang sudah melalui tahapan-tahapan iterasi melalui program komputasi tersebut.

4.5.2. Perhitungan Total Biaya Normal Proyek

Total biaya normal proyek merupakan total biaya langsung dan tidak langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek dalam waktu tertentu. Biaya langsung (*direct cost*) merupakan biaya yang dibutuhkan pada suatu konstruksi antara lain upah tenaga kerja, bahan serta alat sesuai dengan analisa harga satuan yang diperlukan pada Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar. Sedangkan yang termasuk biaya tidak langsung yaitu berupa PPN sebesar 10% dari

biaya langsung. Adapun biaya langsung dan biaya tidak langsung serta biaya total seperti pada table berikut :

Tabel.4.3. Rekapitulasi Total Biaya Normal Proyek

No	Pekerjaan Konstruksi	Biaya Langsung (Rp)	Biaya tidak langsung (Rp)	Total Biaya Normal (Rp)
1	Tembok penyengker	444.179.089,21	44.719.848,92	491.916.938,13
2	Drop off	195.222.359,97	19.522.378,97	214.744.738,66
3	Ruang baca/tunggu	684.944.659,47	64.894.615,95	713.839.275,42

Sumber : Hasil Perhitungan

Biaya total normal keseluruhan proyek yaitu Rp 1.420.500.951,-, dibulatkan menjadi Rp 1.420.500.000,-

4.5.3. Perhitungan Total Biaya Percepatan Proyek

Total biaya percepatan proyek merupakan total biaya langsung dan tidak langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek dalam waktu tertentu. Biaya langsung percepatan (*direct cost*) merupakan biaya yang dibutuhkan pada suatu konstruksi antara lain upah tenaga kerja yang dipercepat dengan kerja lembur 1 jam dan 2 jam, bahan serta alat yang diasumsikan mengikuti kebutuhan yang diperlukan untuk aktivitas Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar. Sedangkan yang termasuk biaya tidak langsung ada dua jenis antara lain : biaya tidak langsung normal dan biaya akibat dilakukan percepatan. Biaya tidak langsung normal yaitu berupa PPN sebesar 10% dari biaya langsung normal. Sedangkan biaya akibat percepatan didapat dari kumulatif hasil perkalian antara durasi percepatan dengan biaya percepatan. Adapun total biaya percepatan seperti pada table berikut :

Tabel 4.4. Rekapitulasi Total Biaya Percepatan Proyek

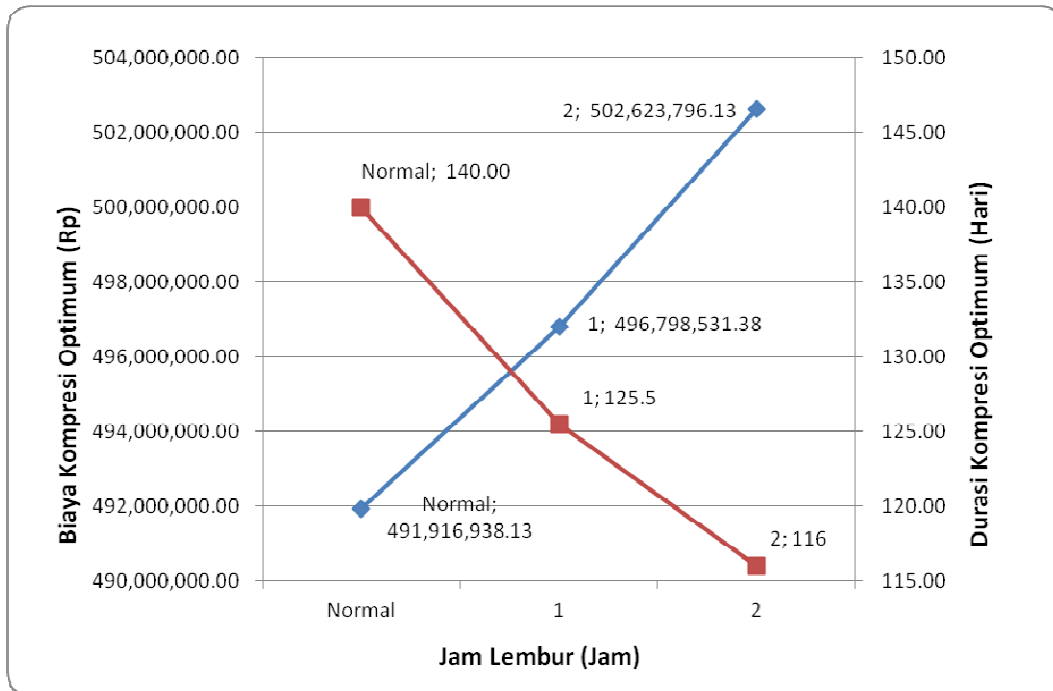
No	Pekerjaan Konstruksi	Biaya Total Percepatan Lembur 1 jam (Rp)	Biaya Total Percepatan Lembur 2 jam (Rp)
1	Tembok Penyengker	496.798.531,38	502.623.796,13
2	Drop Off	219.751.345,91	225.772.116,41
3	Ruang baca/tunggu	761.547.899,54	875.269.055,91

Sumber : Hasil Perhitungan

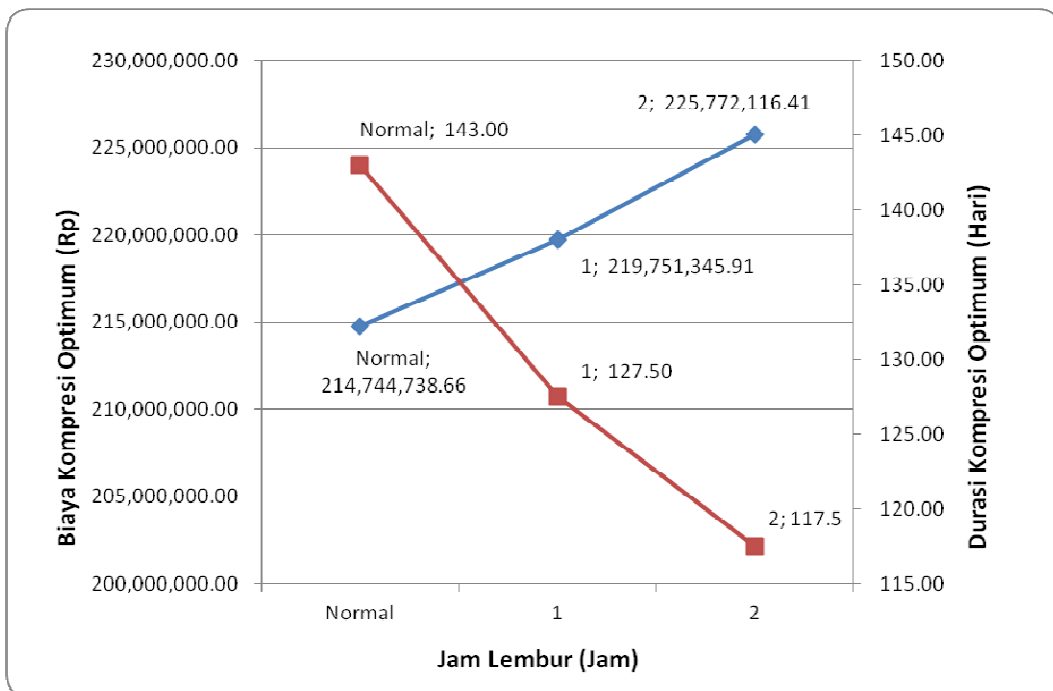
4.6. Perhitungan Biaya Dan Waktu Optimum Proyek

Setelah diketahui biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total percepatan proyek, maka langkah selanjutnya yaitu membuat grafik hubungan antara biaya total normal dan dengan percepatan tersebut sesuai dengan durasinya masing-masing. Dari grafik tersebut dapat diketahui berapa biaya dan waktu optimum untuk menyelesaikan proyek berikutnya. Dapat diketahui bahwa pada beberapa tahap crashing dengan adanya percepatan 1 jam dan 2 jam, durasi proyek akan berkurang, begitu juga total biaya proyek menjadi bertambah. Dari grafik 4.1, grafik 4.2, grafik 4.3. dan grafik

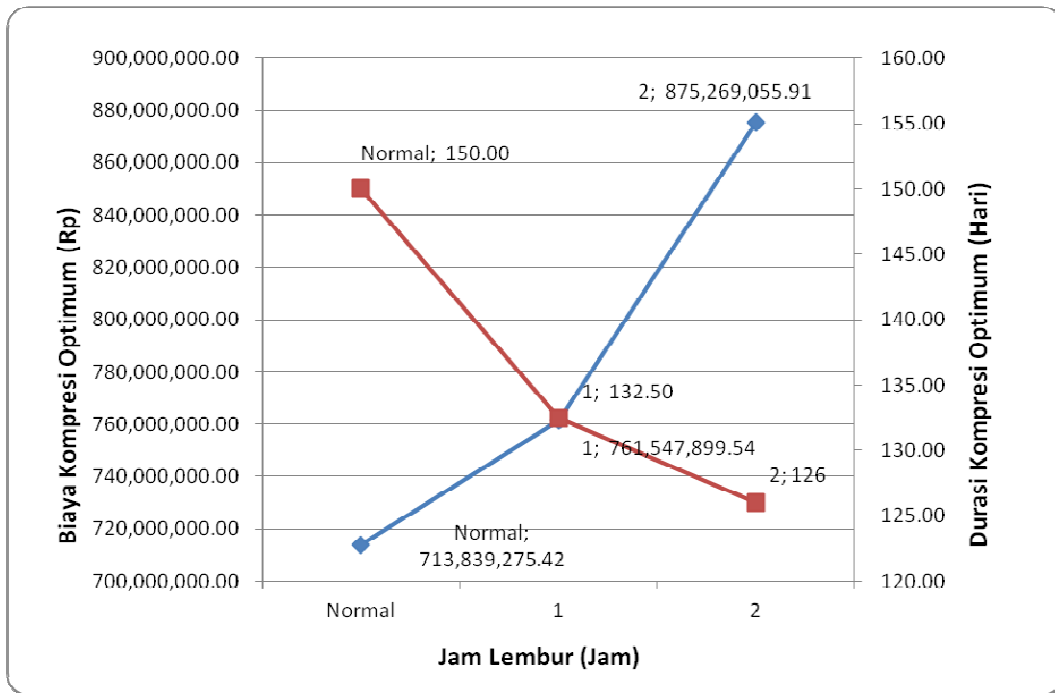
4.4, dapat diketahui berapa biaya dan waktu optimum pada masing-masing pekerjaan konstruksi dan total keseluruhan pekerjaan tersebut untuk dapat dilakukan percepatan.



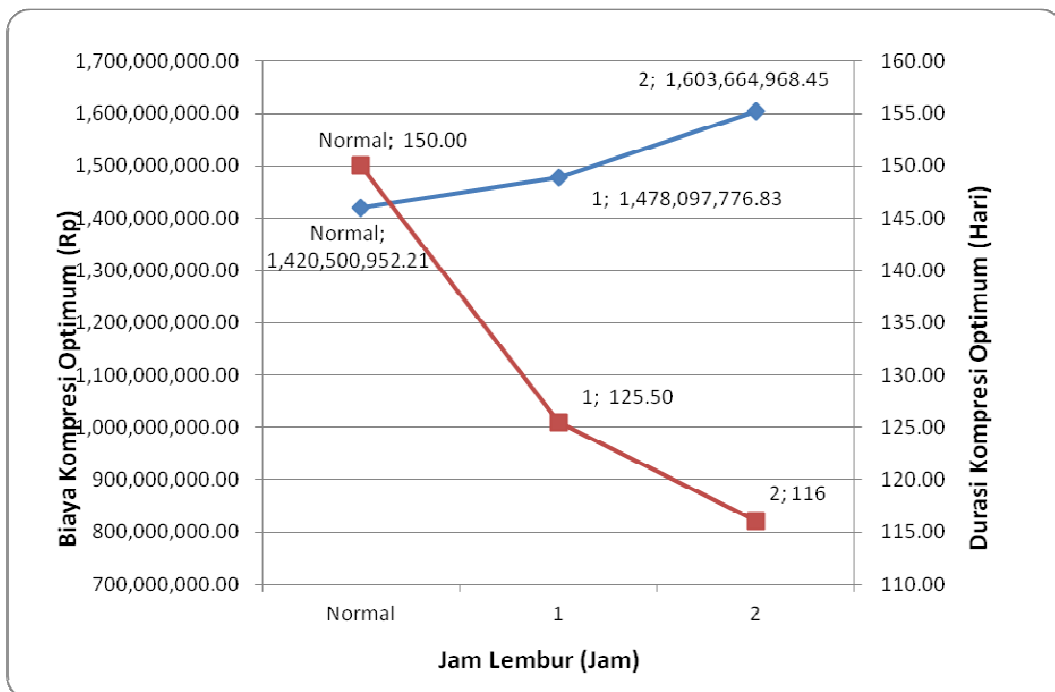
Grafik 4.1. Biaya dan Waktu Optimum Pekerjaan Tembok Penyengker



Grafik 4.2. Biaya dan Waktu Optimum Pekerjaan Drop Off



Grafik 4.3. Biaya dan Waktu Optimum Pekerjaan Ruang Baca/Tunggu



Grafik 4.4. Biaya dan Waktu Optimum Pekerjaan Keseluruhan

Dari perhitungan dan grafik 4.1 menunjukkan bahwa pada pekerjaan konstruksi tembok penyangker dengan durasi normal 140 hari dan biaya total sebesar Rp 491.916.938,13,-, jika dipercepat dengan menambah jam kerja 1 jam didapat pengurangan durasi 14.5 hari atau 10.35% sehingga durasi percepatannya menjadi 125.5 hari. Sedangkan untuk biaya total dengan percepatan 1 jam menjadi bertambah 0.99%

atau Rp 4.881.593,25,- yaitu biaya total menjadi sebesar Rp 496.7978.531,38,-. Jika dipercepat dengan menambah jam kerja 2 jam didapat pengurangan durasi 24 hari atau 17.1% sehingga durasi percepatannya menjadi 116 hari. Sedangkan untuk biaya total dengan percepatan 2 jam menjadi bertambah 2.17% atau Rp 10.706.858,00,- yaitu biaya total menjadi sebesar Rp 502.623.796,13,-.

Dari perhitungan dan grafik 4.2 menunjukkan bahwa pada pekerjaan konstruksi drop off dengan durasi normal 143 hari dan biaya total sebesar Rp 214.744.738,66-, jika dipercepat dengan menambah jam kerja 1 jam didapat pengurangan durasi 15.5 hari atau 10.83% sehingga durasi percepatannya menjadi 127.5 hari. Sedangkan untuk biaya total dengan percepatan 1 jam menjadi bertambah 2.33% atau Rp 5.006.607,25,- yaitu biaya total menjadi sebesar Rp 219.751.345,91,-. Jika dipercepat dengan menambah jam kerja 2 jam didapat pengurangan durasi 25.5 hari atau 17.83% sehingga durasi percepatannya menjadi 117.5 hari. Sedangkan untuk biaya total dengan percepatan 2 jam menjadi bertambah 5.13% atau Rp 11.027.377,75,- yaitu biaya total menjadi sebesar Rp 225.772.116,41,-.

Dari perhitungan dan grafik 4.3 menunjukkan bahwa pada pekerjaan konstruksi ruang baca/tunggu dengan durasi normal 150 hari dan biaya total sebesar Rp 713.839.275,42,-, jika dipercepat dengan menambah jam kerja 1 jam didapat pengurangan durasi 17.5 hari atau 11.66% sehingga durasi percepatannya menjadi 132.5 hari. Sedangkan untuk biaya total dengan percepatan 1 jam menjadi bertambah 6.68% atau Rp 447.708.624,12,- yaitu biaya total menjadi sebesar Rp 761.547.899,54,-. Jika dipercepat dengan menambah jam kerja 2 jam didapat pengurangan durasi 24 hari atau 16% sehingga durasi percepatannya menjadi 126 hari. Sedangkan untuk biaya total dengan percepatan 2 jam menjadi bertambah 22.61% atau Rp 161.429.780,49,- yaitu biaya total menjadi sebesar Rp 875.269.055,91,-.

Dari perhitungan dan grafik 4.4 menunjukkan bahwa pada total keseluruhan pekerjaan konstruksi dengan total durasi normal penyelesaian keseluruhan proyek konstruksi pada Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar yaitu 150 hari dan dengan total biaya sebesar Rp 1.420.500.951,-. Jika dilakukan percepatan dengan menambah 1 jam kerja maka akan diperoleh durasi penyelesaian keseluruhan menjadi 125.5 hari dengan total biaya percepatan Rp 1.478.097.776,83,-. Sedangkan jika dilakukan percepatan dengan menambah 2 jam kerja maka akan diperoleh durasi penyelesaian keseluruhan menjadi 116 hari dengan total biaya percepatan Rp 1.603.664.968,45,-.

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Melalui tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menganalisis data-data untuk melakukan proses crashing antara lain : jadwal pelaksanaan (Time Schedule) untuk mendapatkan normal duration, Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk mendapatkan

normal cost dilanjutkan menentukan lintasan kritis dengan menggunakan Program Microsoft Project 2003, kemudian menentukan skenario crashing yaitu dari aktivitas normal menjadi aktivitas crashing dengan menambah jam kerja atau lembur 1 dan 2 jam kemudian dilanjutkan dengan analisa Crash Duration, Crash Cost dan Cost Slope, dilanjutkan dengan analisa Time Cost Trade Off (TCTO) dan kompresi dengan Program Quantitative Methode For Windows Version 4.0, kemudian membuat Grafik hubungan waktu dan biaya untuk mengetahui dan menentukan biaya dan waktu optimum untuk dilakukan crashing.

2. Pada pekerjaan konstruksi tembok penyengker dengan durasi normal 140 hari dan biaya total sebesar Rp 491.916.938,13,-, jika dipercepat dengan menambah jam kerja 1 jam didapat pengurangan durasi 14.5 hari dan penambahan biaya total menjadi sebesar Rp 496.7978.531,38,-. Jika dipercepat dengan menambah jam kerja 2 jam didapat pengurangan durasi 24 hari dan penambahan biaya total menjadi sebesar Rp 502.623.796,13,-.
3. Pada pekerjaan konstruksi drop off dengan durasi normal 143 hari dan biaya total sebesar Rp 214.744.738,66,-, jika dipercepat dengan menambah jam kerja 1 jam didapat pengurangan durasi 15.5 hari dan penambahan biaya total menjadi sebesar Rp 219.751.345,91,-. Jika dipercepat dengan menambah jam kerja 2 jam didapat pengurangan durasi 25.5 hari dan penambahan biaya total menjadi sebesar Rp 225.772.116,41,-.
4. Pada pekerjaan konstruksi ruang baca/tunggu dengan durasi normal 150 hari dan biaya total sebesar Rp 713.839.275,42,-, jika dipercepat dengan menambah jam kerja 1 jam didapat pengurangan durasi 17.5 hari dan penambahan biaya total menjadi sebesar Rp 761.547.899,54,-. Jika dipercepat dengan menambah jam kerja 2 jam didapat pengurangan durasi 24 hari dan penambahan biaya total menjadi sebesar Rp 875.269.055,91,-.
5. Pada total keseluruhan pekerjaan konstruksi dengan total durasi normal penyelesaian keseluruhan proyek konstruksi pada Pembangunan Ruang Tunggu, Pos Jaga dan Ruang Baca Sekolah Harapan Denpasar yaitu 150 hari dan dengan total biaya sebesar Rp 1.420.500.951,-. Jika dilakukan percepatan dengan menambah 1 jam kerja maka akan diperoleh durasi penyelesaian keseluruhan menjadi 125.5 hari dengan total biaya percepatan Rp 1.478.097.776,83,-. Sedangkan jika dilakukan percepatan dengan menambah 2 jam kerja maka akan diperoleh durasi penyelesaian keseluruhan menjadi 116 hari dengan total biaya percepatan Rp 1.603.664.968,45,-.

5.2. Saran

Ada beberapa hal yang dapat disarankan untuk menjadi pertimbangan dan masukan, yaitu :

1. Jika akan melakukan optimalisasi percepatan durasi dan biaya proyek khususnya pada pekerjaan konstruksi gedung, agar menggunakan alternative percepatan dengan lembur 1 jam.
2. Untuk penelitian berikutnya, analisis optimalisasi crashing proyek dapat dilakukan pada proyek konstruksi jalan raya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariany Frederika. 2010. *Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Dipohusodo, Istimawan. 1995. *Manajemen Proyek & Kontruksi. Jilid 1*. Yogyakarta : Badan Penerbit Kanisius.
- Dipohusodo, Istimawan. 1995. *Manajemen Proyek & Kontruksi. Jilid 2*. Yogyakarta : Badan Penerbit Kanisius.
- Ervianto, W. I., *Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*.
- Soeharto, Iman. 1995. *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional* Jakarta : Erlangga.
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Konstruksi: Dari Konseptual Sampai Operasional* Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuntitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung.