

TUGAS AKHIR

DATE	31 Mei 2004
NO. DAFTAR	0101186
NO. HALAMAN	512000 (186001)

**ANALISIS ANGGARAN BIAYA DAN WAKTU UNTUK
PROYEK PENINGKATAN JALAN MENGGUNAKAN
METODE *TIME-COST TRADE-OFF*
(STUDI KASUS PENINGKATAN JALAN KAB. KULON PROGO)**



Disusun Oleh :
TAUFIK HANDOYO
97 511 343
970051013114120276
SUPARDIN KARIM
97 511 420
970051013114120339

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2004**

TUGAS AKHIR

ANALISIS ANGGARAN BIAYA DAN WAKTU UNTUK PROYEK PENINGKATAN JALAN MENGGUNAKAN METODE *TIME-COST TRADE-OFF* (STUDI KASUS PENINGKATAN JALAN KAB. KULON PROGO)

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian
persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil**

Disusun Oleh :

Nama : TAUFIK HANDOYO

No. Mhs : 97 511 343

Nirm : 970051013114120276

Nama : SUPARDIN KARIM

No. Mhs : 97 511 420

Nirm : 970051013114120339

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2004**

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS ANGGARAN BIAYA DAN WAKTU UNTUK
PROYEK PENINGKATAN JALAN MENGGUNAKAN
METODE *TIME-COST TRADE-OFF*
(STUDI KASUS PENINGKATAN JALAN KAB. KULON PROGO)**

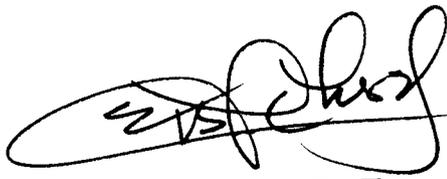
Disusun Oleh :

**Nama : TAUFIK HANDOYO
No. Mhs : 97 511 343
Nirm : 970051013114120276**

**Nama : SUPARDIN KARIM
No. Mhs : 97 511 420
Nirm : 970051013114120339**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. H. Bachnas, M.Sc
Dosen Pembimbing I**


Tanggal : 1-03-04

**Fitri Nugraheni, ST, MT
Dosen Pembimbing II**


Tanggal : 1/03/04

MOTTO

“...Katakanlah, Apakah sama orang yang mengetahui dan orang yang tidak mengetahui ? Sesungguhnya orang berakallah yang dapat menerima pelajaran.”
(QS. Az Zumar: 9)

“...Janganlah kalian berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada yang berputus asa dari rahmat Allah, kecuali kaum kafir.”
(QS. Yusuf : 87)

Jangan kau ikuti jejak intelek yang bertabur ribuan muslihat! Kembalilah kejalan cinta yang jauh lebih unggul. Dalam menunjukkan tujuan tunggal, apakah engkau ingin menyusuri lorong cinta dalam sorotan sinar intelek? Engkau bagaikan mencari terang mentari dalam keredupan kedipan lilin.
(Sir Muhammad Iqbal)

Adalah seseorang yang telah terbebas dari belenggu prasangka negatif, prinsip hidup yang menyesatkan, pengalaman yang mempengaruhi pikiran, egoisme kepentingan dan prioritas, pembandingan yang subyektif, dan terbebas dari pengaruh belenggu literatur yang menyesatkan.”Dialah orang yang merdeka”
(Ary Ginanjar Agustian)

Masalah besar yang kita hadapi tidak dapat dipecahkan dengan tingkat pemikiran yang sama ketika masalah itu terjadi
(Albert Einstein)

Pemecahan pola akan membuat pelanggaran aturan, aturan baku yang selama ini dipegang harus berani dilanggar, dalam berpikir pola-pola baru harus lahir, dan itu hanya terjadi jika seseorang berani melanggar aturan, dalam berpikir pembangkangan ide umum itu bukanlah hal yang salah.

(Albert Einstein)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin

Puji syukur kami panjatkan kepada Al-Khaliq Sang Raja Alam Semesta yang telah memberikan berkah dan rahmat-Nya serta kemudahan sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk

Ayahku M. Sahudi (Alm) "Kebahagiaan Hakiki dari orang tua adalah ketika melihat anaknya berhasil dan bahagia. Bahagialah diduniamu do'a ananda menyertai jalanmu," Ibu "Cucuran air mata dan kasih sayangmu adalah budi yang tak mampu kubalas sampai akhir hayatku," Adik-adiku (Anggit, Tri, Ana) "Asa kalian pada mas Han adalah amanat yang akan terus kujalani. Kalian adalah motivasi dan bagian dari hidupku," Mbah Putri (Alm) " Han kangen dengan petuah bijakmu," Keluarga Besar di Purwokerto dan Bandung "Perjalanan hidup kadang diatas kadang dibawah. Namun yang terindah adalah kita tetap satu dan saling membagi. Terima kasih kalian adalah orang-orang terbaik dalam hidupku," Adik-adik kecilku " Keceriaan kalian telah mengembalikan kebahagiaan masa kanak-kanaku," Sahabat-sahabatku "

Taufik Handoyo

LEMBARAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Robbil Alamin

Terimakasih Kepada Sang Ilahi Allah SWT atas berkah dan rahmatnya laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan

Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada :

“Ayahku (H. Abdul Karim) dan Ibuku (Hj. Sitti Maryam) yang telah membuka cakrawala ilahi untuk melahirkanku sehingga tercatat dalam sejarah malaikat dan telah meneteskan darahnya untuk membimbingku, mendorongku agar bisa membaca mengerti hakekat kehidupan, keinginan kalian akan kebanggaan keluarga akan aku tanamkan dalam sanubariku.”

“Kepada Istriku tercinta (Nurma Yuliarti) yang telah mengandung buah hati kami untuk melanjutkan rintisan sejarah leluhur.”

“Kepada kakak-kakakku Haerudin Konde, ST dan Kusmawati yang telah memberiku dorongan dan dukungan agar lebih cepat menyambut masa depan.”

“Kepada adik-adikku Syaiful Karim dan Sitti Rahmawati.”

“Kepada mertuaku yang telah memberikan spirit untuk lebih cepat menyelesaikan TA ini.”

“Kepada sahabat-sahabatku Djasun, Rusbi, Irul, Puni, Aroel, Gani, Adin yang selalu bersedia berbagi.”

Supardin Karim

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala kemudahan serta rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judul “Analisis Anggaran Biaya dan Waktu untuk Proyek Peningkatan Jalan Menggunakan Metode Time-Cost Trade-Off (Studi Kasus Peningkatan Jalan Kab. Kulon Progo) dengan baik. Adapun tugas akhir ini di laksanakan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan jenjang strata satu (S1) di fakultas teknik sipil dan perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Kami menyadari dalam menyusun Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari segala hambatan dan rintangan. Namun berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya halangan dan rintangan itu dapat kami atasi dengan baik. Untuk itu tidak berlebihan kiranya jika pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Munadir, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Bachnas, MSc. Selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, MT., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Albany Musyafa, MT, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.

6. Orang Tua kami, yang tiada hentinya mendoakan kami dan memberikan dorongan.
7. Saudara kandung kami yang banyak membantu.
8. Teman-teman *Not a Chickenshit Community*,
9. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini yang tidak dapat di sebutkan satu persatu.

Akhirnya semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kami pribadi dan bagi siapa saja yang membaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Januari 2004

**Taufik Handoyo
Supardin Karim**

DAFTAR ISI

Halaman Judul		i
Halaman Pengesahan		iii
Motto		iv
Halaman Persembahan		v
Kata Pengantar		vii
Daftar Isi		ix
Daftar Gambar		xi
Daftar Tabel		xii
Abstraksi		xiii
BAB I	Pendahuluan	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Pokok Masalah	3
	1.3 Tujuan Penelitian	3
	1.4 Manfaat Penelitian	4
	1.5 Batas Penelitian	4
BAB II	Tinjaun Pustaka	6
	2.1 Tinjauan Umum	6
	2.2 Kajian Pustaka	6
	2.3 Keaslian Penelitian	8
BAB III	Landasan Teori	9
	3.1 Tinjauan Umum	9
	3.2 Pengendalian dan Kemajuan Pekerjaaa	9

3.2.1	Prinsip - Prinsip Pengendalian	9
3.2.2	Produktifitas Tenaga Kerja dan Efisiensi Kerja	10
3.2.3	Perencanaan Waktu dan Penjadwalan	13
3.2.4	Perencanaan Anggaran dan Biaya	13
3.2.5	Hubungan Antara Waktu dan Biaya	15
3.2.6	Time-Cost Trade-Off dalam Proyek	18
3.3	Diagram Jaringan Kerja (Network Planing Diagram)	19
3.3.1	PERT (Program Evaluation and Review Technique)	19
3.3.2	PDM (Procedence Diagram Method)	20
3.3.3	CPM (Critical Path Methode)	20
3.4	Hubungan Antara Time-Cost Trade-Off dengan CPM	26
3.5	Optimasi Durasi Proyek	27
3.6	Mempercepat Waktu Pelaksanaan Proyek	27
BAB IV	Metode Penelitian	29
4.1	Tinjauan Umum	29
4.2	Metode Penelitian	29
4.3	Metode Analisis Data	30
BAB V	Analisis Biaya dan Waktu	32
5.1	Tinjauan Umum	32
5.2	Data – Data Proyek	32
5.2.1	Data Umum	32
5.2.2	Data Teknis	33
5.3	Perencanaan dan Pengendalian Waktu dengan CPM	36

	5.4	Mempercepat Durasi Proyek	39
	5.4.1	Mempercepat Durasi Proyek dengan Penambahan Waktu Kerja	40
	5.4.1.1	Penambahan Waktu Kerja 3 Jam	40
	5.4.1.2	Penambahan Waktu Kerja 2 Jam	45
	5.4.1.1	Penambahan Waktu Kerja 1 Jam	49
	5.4.2	Memperlambat Durasi Proyek dengan Pengurangan Waktu Kerja	53
	5.4.2.1	Pengurangan Waktu Kerja 1 Jam	53
	5.4.2.2	Pengurangan Waktu Kerja 2 Jam	58
	5.4.2	Mempercepat Durasi Proyek dengan Efisiensi Penggunaan Alat	61
BAB VI		Pembahasan	74
	6.1	Analisis Biaya dan Waktu Proyek Normal	74
	6.2	Time-Cost Trade-Off untuk Analisis Biaya dan Waktu dengan Kerja Lembur	75
	6.3	Time-Cost Trade-Off untuk Analisis Biaya dan Waktu dengan Pengurangan Waktu Kerja	77
	6.4	Analisis Biaya dan Waktu Proyek dengan Alat	78
BAB VII		Kesimpulann dan Saran	81
	7.1	Kesimpulan	81
	7.2	Saran	82

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Hubungan Biaya dan Waktu pada Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung dan Biaya total proyek	14
Gambar 3.2	Diagram Hubungan Waktu-Biaya Normal dan dipersingkat Untuk satu Kegiatan	16
Gambar 3.3	Perhitungan maju pada CPM	23
Gambar 3.4	Perhitungan Mundur pada CPM	24
Gambar 4.1	Bagan Alir Proses Penelitian	31
Gambar 5.1	Diagram CPM pada waktu normal	37
Gambar 5.2	Diagram CPM pada penambahan jam kerja 3 jam	42
Gambar 5.3	Diagram CPM pada penambahan jam kerja 2 jam	46
Gambar 5.4	Diagram CPM pada penambahan jam kerja 1 jam	50
Gambar 5.5	Diagram CPM pada pengurangan jam kerja 1 jam	55
Gambar 5.6	Diagram CPM pada pengurangan jam kerja 2 jam	59
Gambar 5.7	Grafik Hubungan Biaya dan Waktu pada Biaya Tidak Langsung	64
Gambar 5.8	Grafik Hubungan Biaya dan Waktu pada Biaya Langsung	64
Gambar 5.9	Grafik Hubungan Waktu-Biaya total proyek	65

Perh

DAFTAR TABEL

deng	Tabel 5.1	Daftar pekerjaan dan harga pekerjaan	35
Perhi	Tabel 5.2	Identifikasi dan data kegiatan	38
Perhi	Tabel 5.3	Hasil perhitungan CPM untuk proyek dengan waktu normal	39
Perhi	Tabel 5.4	Perhitungan waktu yang dipercepat 3 jam	41
Perhi	Tabel 5.5	Perhitungan biaya untuk waktu dipercepat 3 jam	43
Perhi	Tabel 5.6	Data kegiatan kondisi normal dan kondisi dipercepat 3 jam	44
	Tabel 5.7	Perhitungan waktu yang dipercepat 2 jam	45
	Tabel 5.8	Perhitungan biaya untuk waktu dipercepat 2 jam	47
	Tabel 5.9	Data kegiatan kondisi normal dan dipercepat 2 jam	48
	Tabel 5.10	Perhitungan waktu dipercepat 1 jam	49
	Tabel 5.11	Perhitungan biaya untuk waktu dipercepat 1 jam	51
	Tabel 5.12	Data kegiatan kondisi normal dan kondisi dipercepat 1 jam	52
	Tabel 5.13	Perbandingan nilai proyek pada waktu dipercepat	53
	Tabel 5.14	Perhitungan waktu yang diperlambat 1 jam	54
	Tabel 5.15	Perhitungan biaya untuk waktu diperlambat 1 jam	56
	Tabel 5.16	Data kegiatan kondisi normal dan kondisi diperlambat 1 jam	57
	Tabel 5.17	Perhitungan waktu yang diperlambat 2 jam	58
	Tabel 5.18	Perhitungan biaya untuk waktu yang diperlambat 2 jam	60
	Tabel 5.19	Data kegiatan kondisi normal dan kondisi diperlambat 2 jam	61
	Tabel 5.20	Perbandingan nilai proyek pada waktu diperlambat	62
	Tabel 5.21	Daftar peralatan pada kondisi normal	65

INTI SARI

Penambahan jam kerja akan sangat berpengaruh terhadap kebutuhan material dan tenaga kerja yang pada akhirnya akan berpengaruh pada lama waktu dan biaya proyek. Karena sangat terkait antara waktu dan biaya dalam suatu proyek, maka penambahan jam kerja dan penambahan atau pergantian alat dapat di tinjau agar diperoleh alternatif waktu pelaksanaan proyek dengan biayanya, sehingga dapat dipakai oleh manajer proyek untuk mengambil keputusan alternatif yang akan dilaksanakan.

Crashing yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan alat bantu CPM (Critical Parth Method), dimana Crashing pada Proyek dilakukan pada jalur kritis suatu proyek karena jalur kritis merupakan hal yang sangat krusial dalam pelaksanaan proyek artinya jika terjadi keterlambatan pada jalur ini maka akan mempengaruhi waktu proyek secara keseluruhan.

Pada penambahan jam kerja dari waktu normal mengalami perubahan yang cukup signifikan. Hal itu dapat dilihat pada perubahan biaya dan durasi percepatan dari biaya normal sebesar Rp 2.115.883.122 dan durasi norma selama 84 hari.

Untuk percepatan 3 jam/hari, pekerjaan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 61 hari dengan biaya total proyek yang diperlukan adalah Rp. 2.284.261.798,00, untuk percepatan 2 jam hari pekerjaan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 68 hari dengan biaya yang di perlukan Rp. 2.225.727.069., sedangkan untuk percepatan 1 jam/hari dapat diselesaikan 78 hari, dengan biaya total proyek sebesar Rp. 2.163.884.050,00.

Pada pengurangan jam kerja mengalami penurunan biaya dari biaya normal. Untuk pengurangan 1 jam hari mengalami penurunan menjadi Rp.2.057.399.796,65 dengan durasi 100 hari, sedangkan pengurangan 2 jam/hari memerlukan biaya sebesar Rp. 1.998.745.645,00 dengan durasi 120 hari.

Untuk Crashing dengan penambahan atau pergantian alat tidak perlu dilakukan karena efisiensi dan produktifitas alat pada waktu pekerjaan normal sudah optimal. Karena apabila dilakukan pergantian alat maka akan menyebabkan penurunan efisiensi dan produktifitas pada alat lain.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi dan industri Nasional sangat terkait dengan sarana transportasi jalan. Hal ini dikarenakan jalan memegang peranan penting dalam melancarkan transportasi jasa, barang, dan manusia. Oleh karena itu, pembangunan dan peningkatan jalan harus dipacu perkembangannya agar dapat melayani arus transportasi yang memenuhi syarat, baik secara teknis maupun non teknis serta mampu memberikan kenyamanan dan keamanan dalam pelayanan lalu lintas.

Pembangunan transportasi darat sebagai salah satu sub sektor perhubungan, diarahkan pada pengembangan secara terpadu sehingga tercipta transportasi darat yang aman, nyaman dan efisien. Laju pertumbuhan sarana yang tidak seimbang dengan pertumbuhan prasarana telah menimbulkan berbagai problematika yang mengakibatkan tidak efisiennya transportasi jalan. Ruas jalan Tegalsari-Siluwok (Temon) Kulon Progo merupakan sarana penghubung antara kecamatan Kokap dan Wates merupakan jalur perhubungan yang utama, sempit dan tidak nyaman sehingga pada ruas jalan tersebut rawan akan kecelakaan.

Melihat kondisi demikian maka pada saat ini sangat dibutuhkan terselenggaranya pembangunan yang dapat mengantisipasi permasalahan tersebut. Namun demikian makin besar proyek konstruksi makin besar pula biayanya, sehingga dibutuhkan suatu manajemen yang efisien dan tepat untuk pengelolaannya.

Pekerjaan pada proyek ini adalah Peningkatan Jalan Propinsi di Kabupaten Kulon Progo. Untuk mengatasi keterbatasan sumber daya dan sumber dana yang ada maka efisiensi dan efektifitas kerja perlu ditingkatkan, sehingga akan tercipta produktifitas yang tinggi.

Proyek Konstruksi merupakan rangkaian kegiatan membangun yang memanfaatkan sumber daya yang terbatas, jangka waktu tertentu mempunyai waktu awal, dan waktu akhir, sifat-sifat ini harus memenuhi tiga kendala yaitu waktu sesuai dengan yang ditentukan, biaya sesuai dengan yang direncanakan dan hasil sesuai dengan yang disyaratkan. Dengan demikian jadwal, biaya dan mutu memiliki kedudukan ganda yaitu sebagai sasaran dan juga sebagai fungsi dasar pengelolaan.

Pada saat ini sangat dibutuhkan terselenggaranya pembangunan yang dilandasi dengan prinsip efisiensi dan efektifitas kerja. Hal tersebut diperlukan untuk mengatasi keterbatasan sumber daya manusia dan sumber dana yang ada, sehingga akan tercipta produktifitas yang tinggi. Saat ini yang dibutuhkan merupakan langkah-langkah yang cepat dan tepat mengantisipasi pelaksanaan proyek konstruksi untuk menghasilkan suatu jadwal proyek, mencakup jangka waktu pelaksanaan dari proyek maupun total biaya pelaksanaannya. Pelaksanaan proyek peningkatan jalan merupakan rangkaian dari suatu mekanisme pekerjaan yang memerlukan koordinasi dan pengendalian melalui cara-cara yang sistematis. Manajemen proyek yang kurang terkontrol dan tidak sistematis akan mengakibatkan keterlambatan pekerjaan yang signifikan dan mengakibatkan pembengkakan biaya dari rencana semula.

Persoalan yang kerap terjadi dalam pelaksanaan sebuah proyek adalah keterlambatan pekerjaan dari jadwal yang semula telah direncanakan, keterlambatan biasanya terjadi karena kesalahan identifikasi dan penyimpangan mutu hasil. Hal ini

akan mengakibatkan terjadinya pembengkakan biaya dan pemborosan sumber daya yang ada. Oleh karena itu sebaiknya pihak pelaksana harus mengambil keputusan secara ekonomis dengan lebih dahulu melalui berbagai perhitungan dan pertimbangan yang matang guna mengupayakan percepatan penyelesaian proyek dalam rangka memperkecil keterlambatan yang dialami.

Alternatif yang dapat dilakukan dalam upaya memenuhi target waktu yang telah ditentukan adalah dengan dilaksanakannya sistem kerja lembur atau penambahan dan penggantian peralatan kerja. Dengan adanya beberapa alternatif dalam upaya mempercepat waktu penyelesaian proyek guna memperkecil keterlambatan, maka sangat diperlukan suatu studi yang khusus membahas mengenai kinerja proyek dan efektifitas antara sistem penambahan peralatan kerja dan penambahan waktu kerja.

1.2 Pokok Masalah

Berdasarkan analisis diatas maka permasalahan yang ditimbulkan adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan dan pengurangan jam kerja dan penambahan atau penggantian peralatan terhadap waktu dan biaya proyek.
2. Seberapa besar biaya antara waktu normal, waktu yang dipercepat dan waktu yang diperlambat.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan dan penelitian dari Tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan jam kerja terhadap waktu dan biaya proyek

2. Mengetahui pengaruh penambahan atau penggantian peralatan terhadap waktu dan biaya proyek.
3. Mengetahui pengaruh pengurangan jam kerja terhadap waktu dan biaya proyek.
4. Mengetahui anggaran biaya proyek dan durasi pelaksanaan pekerjaan antara waktu normal dibandingkan dengan adanya percepatan dan perlambatan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan sumbangan yang berharga bagi para kontrktor dan pemilik proyek dalam mengendalikan proyek dan memantau efektifitas pekerjaan.
2. Memilih alternatif yang tepat antara waktu yang normal, penambahan jam kerja, pengurangan jam kerja atau penambahan dan penggantian peralatan.
3. Sebagai dasar untuk mengejar target waktu pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan standar mutu yang diinginkan.

1.5 Batas Penelitian

Agar pembahasan dan penyelesaian masalah lebih terarah maka dilakukan pembatasan penelitian sebagai berikut :

1. Kegiatan yang dipercepat terbatas pada kegiatan tertentu yang secara teknis dapat dipercepat.
2. Pergantian atau Penambahan peralatan terbatas pada kegiatan yang memerlukan penambahan atau penggantian peralatan.
3. Waktu dibuat berdasarkan RAP (Rencana Anggaran Proyek).
4. Perencanaan penjadwalan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*)

5. Proyek yang ditinjau adalah peningkatan jalan di Kabupaten Kulon Progo.
6. Sumber daya diasumsikan tidak terbatas.
7. Biaya Overhead 10% dari biaya proyek.
8. Penambahan jam kerja adalah 1, 2, dan 3 jam.
9. Pekerjaan diperlambat dengan mengurangi durasi kerja 1 dan 2 jam.
10. Biaya yang ditinjau adalah biaya langsung dan tidak langsung.
11. Produktivitas tenaga kerja pada saat jam lembur dianggap sama dengan produktivitas tenaga kerja pada saat jam kerja normal.
12. Untuk pekerjaan pada jam lembur dilakukan oleh orang yang sama seperti pada pekerjaan jam kerja normal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Rencana kerja dengan metode jalur kritis biasanya digunakan pada proyek-proyek besar dengan aktifitas pekerjaan yang banyak. Jaringan kerja ini dipandang sebagai penyempurnaan langkah metode *Bar Chart*. Menurut Suharto, I, (1995), diagram yang banyak dipakai antara lain CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Project Evaluation and Review Technique*), dan PDM (*Precedence Diagram Method*). Aturan dasar AOA (*Activity On Arrow*), yaitu CPM dan PERT memberlakukan bahwa suatu kegiatan boleh dimulai setelah kegiatan terdahulu (*Predecessor*) selesai.

2.2 Kajian Pustaka

Hariyanto, B, (2002), “ Perencanaan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Metode *Trade-Off* “ Dari percepatan waktu (*crashing*) yang dilakukan maka pada pelaksanaan pekerjaan terlihat bahwa pertumbuhan biaya yang terjadi cukup signifikan dari biaya normal untuk alternatif dari metode penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja, dengan demikian untuk mendapatkan keuntungan yang lebih besar maka lebih baik menggunakan metode percepatan waktu (*crashing*) dengan penambahan giliran kerja (*shift*) yang dihasilkan dari hasil analisis.

Chandra, T. F. (2001), "Optimasi penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung BRI Bantul Dengan Menggunakan *Algoritma Genetik*". Disebutkan dalam penelitiannya bahwa teknik-teknik yang telah ada yang menggunakan metode matematis tidak cukup efisien dan akurat untuk memecahkan masalah waktu dan biaya. Dengan menggunakan pendekatan *algoritma genetik* dihasilkan sebuah solusi yang lebih optimal.

Purnomo dan Sutrisno, A (2000), "Optimasi *Crash Program* Dengan CPM Pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor BRI Bantul". Bahwa waktu yang optimal dalam optimasi *crash program* pada jaringan CPM didapatkan dengan metode jalur kritis bertahap.

Yunanto, E dan Eridani, Z, (2000), "Optimasi *Crash Program* Pada CPM Dengan Metode Jalur Kritis". *Crash program* atau percepatan waktu pelaksanaan proyek konstruksi dapat dilakukan pada kondisi-kondisi tertentu jika proyek mengalami keterlambatan lebih dari 5%. Percepatan waktu pelaksanaan proyek akan meningkatkan biaya, oleh karena itu perlu dilakukan secara optimal, dimana pengurangan waktu yang sebanyak-banyaknya akan memberikan kenaikan biaya yang sekecil-kecilnya.

Nugroho, F dan Erksammi, B, (2002), "*Crash Program* Pada Proyek Jalan Dengan Metode PDM Dan Alat Bantu Program *Primavera*". Menyimpulkan bahwa Percepatan proyek dengan cara *Crash Program* dapat menyebabkan turunnya efisiensi kerja alat dan produktifitas tenaga antara 10,70% sampai dengan 45,98%, hal ini disebabkan sisa efisiensi kerja alat dan produktifitas tenaga pada waktu proyek dipercepat telah melebihi batas kemampuan. Selanjutnya dikatakan bahwa percepatan proyek dengan cara *Crash Program* pekerjaan pada lintasan kritis

ternyata dapat menghemat biaya proyek sebesar 0,60% biaya dibandingkan dengan percepatan pada semua pekerjaan sisa yang hanya dapat menghemat biaya sebesar 0,39%. Dari hasil penelitiannya kemudian menyarankan agar dalam pembuatan *Crash Program* harus memperhatikan efisiensi kerja alat dan produktifitas tenaga agar kenaikan biaya proyek bisa ditekan secara optimal, percepatan proyek dapat dilakukan dengan mengurangi durasi proyek secara keseluruhan atau hanya pada satu pekerjaan saja.

2.3 Keaslian Penelitian

Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya adalah:

1. Proyek yang dikerjakan pada penelitian ini berbeda dengan proyek yang dikerjakan pada penelitian sebelumnya.
2. Penerapan metode yang digunakan pada penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir memimpin dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumber daya yang lain untuk mencapai sasaran organisasi yang telah ditentukan. Proyek adalah suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam waktu terbatas dengan sumber alokasi dana tertentu serta dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sarannya telah digariskan secara jelas.

3.2 Pengendalian dan Kemajuan Pekerjaan

3.2.1 Prinsip-prinsip pengendalian

Keterlambatan yang terjadi pada pelaksanaan proyek dapat berakibat pada beberapa hal, yakni pembengkakan biaya, etos kerja dan waktu pelaksanaan yang makin panjang. Berbagai cara dapat dilakukan untuk menanggulangi keterlambatan berdasarkan pertimbangan kualitas, waktu dan biaya.

Pengendalian adalah mekanisme kegiatan yang berfungsi sebagai bahan acuan dalam pengambilan tindakan korektif apabila prestasi (*performance*) berada dibawah standar. Tugas utama dari pengendali proyek adalah memutuskan sampai dimana titik prestasi minimum yang masih diperbolehkan dan pada titik mana harus diambil tindakan perbaikan.

Proses pengendalian merupakan suatu siklus yang terdiri dari empat kegiatan yaitu :

1. Mengumpulkan data.
2. Analisa data dan kemajuan prestasi.
3. Meramalkan hasil akhir.
4. Mengambil tindakan-tindakan perbaikan atau penyesuaian rencana.

3.2.2 Produktifitas Tenaga Kerja dan Efisiensi Kerja Alat

Secara umum produktifitas dapat diartikan sebagai perbandingan antara hasil yang dicapai dengan berbagai sumber daya yang digunakan dalam waktu tertentu. Dalam pencapaian suatu produktifitas, diperlukan adanya prestasi kerja yang selalu meningkat dari berbagai pihak disertai dengan adanya sistem kerja yang dapat membuat suatu kegiatan menjadi lebih produktif (Dewan Produktifitas Negara Republik Indonesia, 1983), dalam Laporan Tugas Akhir Nugroho, F dan Erksamni, B. (2000). Untuk dapat meningkatkan produktifitas maka dapat dipilih beberapa alternatif yaitu :

1. Menambah kemampuan satuan pelaksanaan (tenaga kerja, alat dan biaya).
2. Memberlakukan sistem kerja lembur.

Produktifitas tenaga kerja merupakan besarnya volume pekerjaan yang dihasilkan seorang tenaga kerja atau sekelompok tenaga kerja selama periode waktu tertentu, dapat dirumuskan sebagai berikut ini :

$$\text{Produktifitas pekerja} = \frac{\text{Volume hasil kegiatan (satuan volume)}}{\text{Durasi kegiatan (satuan waktu) x Jumlah pekerja}}$$

Mengingat bahwa pada umumnya proyek berlangsung dengan kondisi yang berbeda-beda, maka dalam merencanakan tenaga kerja hendaknya dilengkapi dengan analisis produktifitas dan indikasi varabel yang mempengaruhi . Salah satu pendekatan untuk mencoba mengukur produktifitas tenaga kerja adalah dengan memakai parameter Indeks Produktifitas

$$\text{Indeks Produktifitas} = \frac{\text{Jumlah orang-orang sesungguhnya untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu}}{\text{Jumlah jam - orang yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan identik pada kondisi standar}}$$

Adapun yang dipakai sebagai kondisi standar adalah kondisi rata-rata di Gulf Coast USA (1962 – 1963) dan diberi angka = 1,0.

Pada sistem lembur, produktifitas tenaga kerja akan mengalami penurunan. Sedangkan pada sistim penambahan tenaga kerja, apabila area tempat pekerjaan masih mencukupi untuk pergerakan orang dan peralatan proyek, produktifitas tidak akan mengalami penurunan. Semakin banyak jumlah pekerja per area atau makin sempit luas area per pekerja maka akan semakin sibuk kegiatan per area dan akhirnya akan mencapai titik dimana kelancaran pekerjaan menjadi terganggu dan mengakibatkan penurunan produktifitas, (Laporan Tugas Akhir Agus dan Wiwik, (1999).

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi tinjauan aspek alat berat merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan. Peralatan dikatakan berdaya guna tinggi jika bisa menghasilkan produksi yang tinggi dengan biaya yang rendah. Untuk mengatur jenis dan jumlah alat yang dipakai sehingga dapat diperoleh efisiensi yang tinggi maka perlu mengetahui dan memperhitungkan hal-hal pokok sebagai berikut :

1. Kapasitas alat sesuai dengan volume pekerjaan

2. Kapasitas alat sesuai dengan alat lain (karena merupakan tim)
3. Sedapat mungkin dihindari ada alat menganggur karena harus menunggu.
4. Jika terpaksa suatu alat harus menganggur, diusahakan alat yang paling murah biayanya atau alat multi fungsi, sehingga dapat melakukan pekerjaan lain.
5. Alat yang paling berpengaruh terhadap alat lain dalam tim.

Untuk meningkatkan hasil pekerjaan dengan waktu penyelesaian tetap atau mempercepat penyelesaian suatu pekerjaan dapat dilakukan dengan penambahan alat maupun dengan penggantian alat yang lebih sesuai dengan volume pekerjaan yang dilaksanakan. Pada penambahan alat perlu dipertimbangkan tentang perbandingan kapasitas alat yang paling berpengaruh dengan kapasitas alat yang di tambah. Karena dengan melihat kapasitas alat yang paling berpengaruh dapat diketahui berapa batas maksimum jumlah alat yang dapat ditambah dengan efisiensi kerja alat tetap tinggi, begitu juga dengan penggantian peralatan perlu dipertimbangkan penggunaannya yakni apabila alat yang sudah ada kurang efektif maka bisa digantikan dengan peralatan yang lebih efektif dalam pekerjaannya, misalnya : sebuah Loader berkapasitas $50 \text{ m}^3 / \text{jam}$ akan mengisi tanah pada 4 buah Dumptruck berkapasitas $7 \text{ m}^3 / \text{jam}$. efisiensi kerja dari Loader kurang maksimal karena kapasitas dari Loader jauh lebih besar dari kapasitas 4 Dumptruck. Untuk meningkatkan efisiensi Loader maka perlu adanya penambahan alat. Jumlah penambahan Dumptruck maksimal yang bisa dilayani oleh Loader adalah $50/7 = 7,1 = 7$ buah. Dengan penambahan Dumptruck tersebut maka efisiensi dari Loader akan meningkat dan efisiensi dari Dumptruck tetap tinggi, bisa juga kita menggantikan Dumptruck dengan kapasitas yang lebih besar agar efisiensi kerja loader tetap terjaga.

3.2.3 Perencanaan Waktu dan Penjadwalan

Jadwal merupakan pengaturan waktu yang dilaksanakan dari awal proyek sampai selesai kegiatan dalam proyek tersebut. Proyek harus diselesaikan dalam kurun waktu yang telah ditetapkan karena keterlambatan akan mengakibatkan kerugian. Untuk mengantisipasi keterlambatan hendaknya pelaksana dapat mengambil langkah-langkah yang dapat mempercepat pekerjaan agar tidak mengalami kerugian, karena keterlambatan yang terjadi dapat mengakibatkan pembengkakan biaya anggaran.

3.2.4 Perencanaan Anggaran dan Biaya

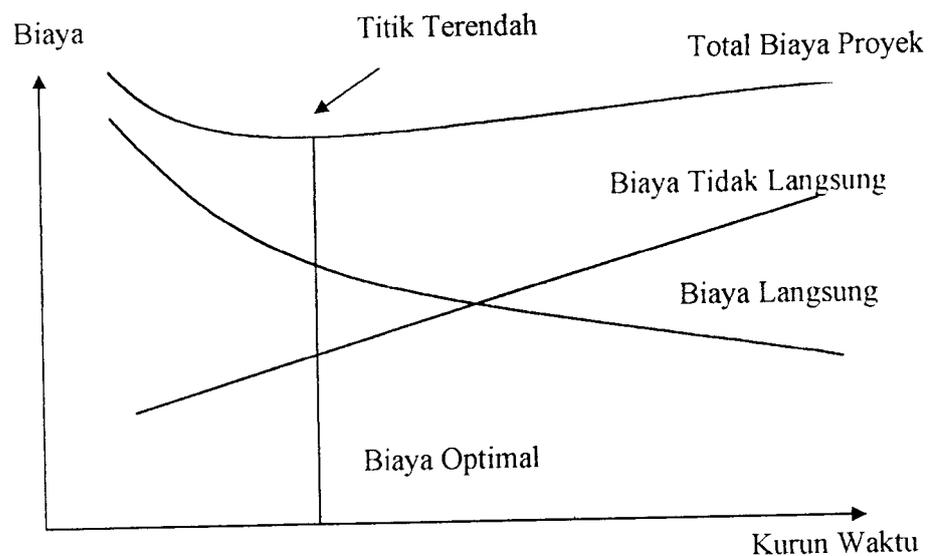
Anggaran adalah perincian biaya dari kegiatan proyek yang berkaitan dengan waktu, proses pelaksanaan sebuah proyek akan berakibat langsung pada pengeluaran biaya. Oleh karena itu pihak pelaksana harus dapat mengambil keputusan yang tepat agar proyek yang dikerjakan tidak mengalami kerugian. Anggaran merupakan perencanaan terinci perkiraan biaya dari bagian atau keseluruhan kegiatan proyek yang dikaitkan dengan waktu.

Perkiraan biaya erat hubungannya dengan analisis biaya, yaitu pekerjaan yang menyangkut pengkajian biaya kegiatan-kegiatan terdahulu yang akan dipakai sebagai bahan untuk menyusun perkiraan biaya. Menyusun perkiraan biaya berarti melihat masa depan, memperhitungkan dan mengadakan perkiraan atas hal-hal yang akan mungkin terjadi. Sedangkan analisis biaya menitik beratkan pada pengkajian dan pembahasan biaya langsung dengan biaya tidak langsung pada kegiatan masa lalu yang akan dipakai sebagai masukan.

Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Misalnya penyiapan lahan, pengadaan peralatan utama, biaya merakit dan memasang peralatan utama, dll.

Biaya tidak langsung (*Indirect Cost*) adalah pengeluaran untuk manajemen, supervisi, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembagunan proyek. Misalnya Gaji dan tunjangan bagi tim manajemen, penyediaan air, listrik dan telpon, dll.

Biaya total adalah biaya proyek secara keseluruhan dari awal hingga selesainya proyek. Biaya total dapat berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Karena merupakan nilai penjumlahan dari biaya langsung dan tidak langsung.



Gambar 3.1 Diagram hubungan biaya – biaya total, langsung, tidak langsung dan optimal

Sumber : Soeharto.I. 1995 “Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional”

3.2.5 Hubungan Antara Waktu dan Biaya

Waktu pelaksanaan sangat mempengaruhi jumlah biaya suatu proyek. Jika waktu penyelesaian suatu proyek bertambah, maka biaya juga akan meningkat, demikian juga sebaliknya jika waktu dipercepat. Sehubungan dengan itu perlu direncanakan waktu yang tepat, sehingga dihasilkan biaya yang optimal.

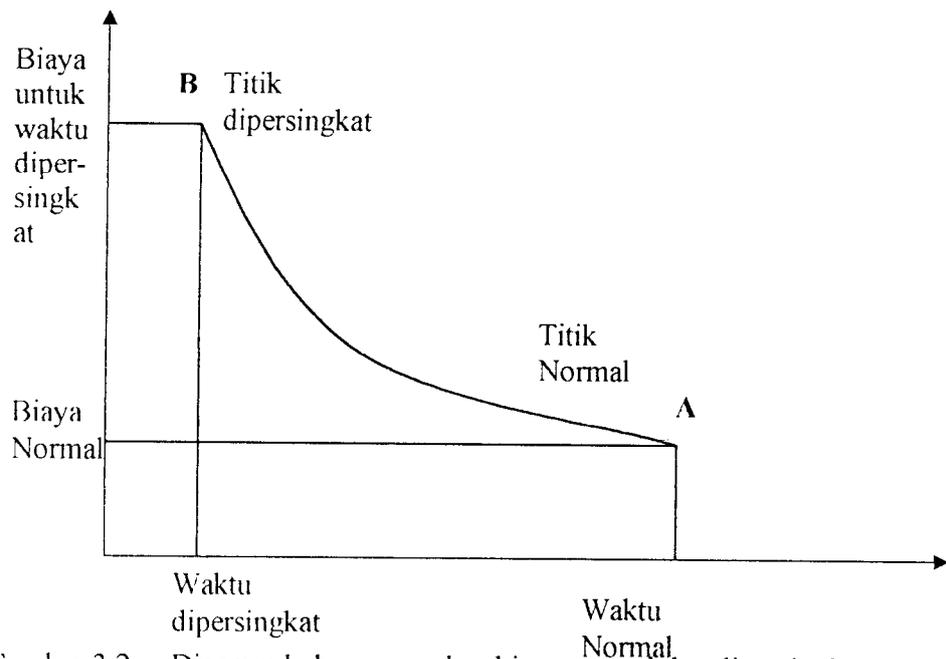
Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan waktu dan biaya suatu kegiatan, dipakai definisi sebagai berikut :

1. Kurun waktu normal (D_n), adalah kurun waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan sampai selesai, dengan cara yang efisien tetapi diluar pertimbangan adanya kerja lembur dan usaha-usaha khusus lainnya, seperti menyewa peralatan yang lebih canggih.
2. Biaya Normal (C_n), adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.
3. Kurun waktu dipersingkat (D_c), adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin. Disini dianggap sumberdaya bukan merupakan hambatan.
4. Biaya untuk waktu dipersingkat (C_c), adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu dipersingkat.

Keterangan :

1. Waktu normal tersebut dapat dilihat pada *time schedule*.
2. Biaya normal dapat diketahui dari RAB (Rencana Anggaran Biaya).
3. Untuk menentukan waktu dipersingkat (*Crash Time*) perlu memperhatikan kondisi lapangan diantaranya adalah :

- ❖ Bila pekerjaan Horizontal, maka dapat ditambahkan tenaga kerja, peralatan dan bahannya.
- ❖ Dalam suatu item pekerjaan bisa dikombinasikan, yaitu penambahan tenaga, peralatan dan bahan dengan kerja lembur.
- ❖ Biaya dipersingkat diperoleh dengan menambahkan biaya normal dengan biaya yang diperlukan untuk tenaga kerja yang ditambahkan dan peralatan/ bahan maupun kerja lembur.



Gambar 3.2 Diagram hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan

Sumber : Soeharto.I. 1995 "Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional"

Dengan mengetahui slope atau sudut kemiringannya, maka dapat dihitung berapa besar biaya untuk mempersingkat waktu satu hari dengan rumus :

$$\text{Slope biaya} = \frac{\text{Biaya dipersingkat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu dipersingkat}}$$

Sumber : Soeharto.I. 1995 "Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional"

Crash program adalah proses mempersingkat waktu penyelesaian dalam suatu proyek. Apabila *Crash program* diterapkan pada suatu proyek konstruksi, kemungkinan akan terjadi kenaikan biaya. Kenaikan biaya tersebut disebabkan oleh adanya penambahan tenaga kerja dan alat atau penggunaan kerja lembur. Untuk mendapatkan *Crash program* dengan kenaikan biaya minimum, maka dapat dilakukan dengan meningkatkan efisiensi alat dan produktifitas tenaga kerja. Selain itu *Crash program* dapat juga menurunkan biaya proyek hal ini terjadi apabila pengurangan biaya tidak langsung lebih besar jika dibandingkan dengan penambahan biaya langsung.

3.2.6 *Time-Cost Trade-Off* dalam proyek

Kerzner (1998) dalam Tesis Magister Teknik Sipil UII, oleh Harianto, B, (2002) , mengatakan bahwa manajemen proyek selalu berupa mengontrol sumber daya perusahaan di dalam batas-batas waktu, biaya dan mutu yang telah ditetapkan. Sumber daya yang dimaksud adalah setiap komoditas yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan seperti tenaga kerja, peralatan, material dan modal. *Time-Cost Trade-Off* merupakan sebuah usaha sepanjang proses pelaksanaan sebuah proyek yang berlangsung terus-menerus sepanjang siklus hidup proyek yang berkesinambungan. Reputasi perusahaan, kondisi pasar serta keuntungan yang diharapkan merupakan pertimbangan perlunya dilakukan *Trade-off* sebelum pihak manajemen mengambil keputusan untuk mengatasi kondisi dilapangan.

Kontraktor dapat memutuskan untuk melakukan pembatasan biaya pada suatu proyek, apabila terjadi hal-hal antara lain (Johan, (1998) , dalam Tesis Magister Teknik Sipil UII ,oleh Harianto,B (2002)) :

1. Terjadi negosiasi dengan alasan tetap sehingga sanksi denda tidak berlaku.
2. Telah dibuat analisis bahwa biaya proyek dengan kemajuan proyek yang sedang dilaksanakan lebih kecil dari pada melakukan percepatan waktu.
3. Kontraktor mengalokasikan sumber daya yang dimilikinya pada proyek lain yang merupakan prioritas, sehingga harus dilakukan negosiasi agar didapat keputusan-keputusan yang terbaik bagi kontraktor dan pemilik proyek tersebut.

Kondisi yang paling sering terjadi pada suatu proyek konstruksi adalah membatasi waktu pelaksanaan dan biaya yang dihasilkan, sehingga *Trade-off* yang dilakukan adalah waktu dan biayanya, dengan membatasi lama pelaksanaan proyek. Salah satu dari metode *Trade-off* adalah percepatan waktu (*Crashing*).

Pelaksana proyek dalam hal ini kontraktor, dapat memutuskan untuk melakukan percepatan waktu apabila memiliki alasan-alasan khusus antara lain :

1. Pelaksanaan proyek sudah tidak sesuai dengan jadwal perencanaan semula atau terlambat, sehingga dilakukan percepatan waktu agar terhindar dari sanksi denda.
2. Permintaan dari pemilik proyek untuk menyelesaikan proyek tersebut sebelum jadwal perencanaan semula agar investasi untuk proyek tersebut dapat segera kembali.
3. Kontraktor juga menangani proyek lain sedangkan sumber daya yang tersedia terbatas, sehingga kontraktor harus memikirkan kemungkinan untuk mempercepat proyek tersebut.

Langkah yang dapat diambil dalam mempersingkat waktu pelaksanaan proyek adalah dengan menyempurnakan logika ketergantungan dari kegiatan-

kegiatan pada jaringan kerja. Apabila usaha ini sudah dilakukan namun belum dapat mencapai target waktu yang diharapkan, maka dilakukan pengurangan durasi dari kegiatan-kegiatan yang merupakan kegiatan kritis. Pengurangan durasi kegiatan ini dapat dilakukan dengan cara penambahan tenaga kerja, jam kerja dan penambahan atau penggantian alat yang lebih produktif.

3.3 Diagram jaringan Kerja (*Network Planing Diagram*)

Diagram jaringan kerja ini digunakan untuk menggambarkan kegiatan yang disusun berdasarkan urutan-urutan dari semua pekerjaan sedemikian rupa sehingga tampak keterkaitan antar pekerjaan untuk mendapatkan waktu penyelesaian proyek secara efisien. Rencana kerja dengan diagram jaringan kerja ini biasanya digunakan pada proyek-proyek yang mempunyai aktifitas cukup banyak dan rumit, sehingga dibutuhkan pengetahuan yang cukup terhadap semua aspek proyek. Penyiapan penyusunan *Schedule* ini memerlukan informasi yang cukup lengkap dan rinci.

Ada tiga macam diagram jaringan kerja yang biasa digunakan, yaitu :

3.3.1 PERT (*Programme Evaluation and Review Technique*)

Metode ini hampir sama dengan CPM, namun ada perbedaan mendasar dimana PERT menempatkan kegiatan pada lingkaran (*Activity On Node*) sedangkan CPM menempatkan kegiatan pada anak panah (*Activity On Arrow*). PERT lebih berorientasi pada waktu dengan mempertimbangkan probabilitas kedalam prosedur perhitungannya.

3.3.2 PDM (*Precedence Diagram Method*)

Konsep dasar ini diperkenalkan oleh Prof. John. W. Fondahl pada tahun 1961. metode ini merupakan metode kegiatan pada lingkaran. Ada empat bentuk hubungan dalam PDM, yaitu :

1. *Finish to Start (FS)* yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu menunggu untuk dapat melanjutkan aktivitas berikutnya disebut *lag*.
2. *Start to Start (SS)* yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas berikutnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu menunggu untuk dapat melanjutkan aktivitas berikutnya disebut *lag*.
3. *Finish to Finish (FF)* yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu antara menunggu untuk dapat melanjutkan aktivitas berikutnya disebut *lag*.
4. *Start to Finish (SF)* yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya.

3.3.3 CPM (*Critical Path Method*)

metode jalur kritis atau CPM (*Critical Path Method*) merupakan teknik perencanaan dengan analisis jaringan (*Network*) berdasarkan logika ketergantungan antar aktivitas yang ada. Hubungan antar aktivitas tersebut ditetapkan untuk menunjukkan apakah suatu aktivitas dapat dimulai tanpa tergantung aktivitas yang lain atau hanya dapat dimulai bila suatu aktivitas lain telah selesai. Jadi analisis lintas kritis ini hubungan pendahulu pengikut (*predecessor-successor*).

Analisis lintas kritis menghasilkan lama waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Lintasan kritis adalah urutan aktivitas-aktivitas yang berhubungan, dengan durasi kumulatif terpanjang. Proyek tidak akan dapat diselesaikan sampai seluruh aktivitas kritis (*Critical Activities*) selesai.

Beberapa pengertian dasar dalam CPM :

- ❖ *Aktivitas* : kegiatan adalah pekerjaan tunggal yang waktu mulai dan waktu berakhirnya diketahui. Aktivitas merupakan kegiatan yang menggunakan sumber daya dan memiliki durasi.
- ❖ *Events* adalah titik dalam yang merupakan tanda untuk menyelesaikan atau akhir dari aktifitas sebelumnya dan awal dari kegiatan selanjutnya.
- ❖ *Durasi* adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap aktifitas. Biasanya satuan durasi dibuat dalam hari, namun dapat juga dibuat dalam satuan jam, minggu bahkan dalam bulan.
- ❖ *Dummy* adalah kegiatan dengan durasi = 0. kegunaannya yaitu untuk menyatakan keterkaitan antar kegiatan, jadi sebenarnya *dummy* bukanlah bentuk suatu kegiatan.
- ❖ *Logic* adalah urutan aktifitas. Mulainya suatu aktifitas tergantung pada selesainya aktifitas yang sebelumnya. Hampir tidak ada suatu proyek yang mempunyai *logic* yang sama dengan proyek lainnya, karena terdapat lebih dari satu cara dalam menyelesaikan suatu proyek.
- ❖ *Logic Diagram* adalah penampilan secara grafis dari sekumpulan *logic* yang juga dapat disebut sebagai *Network* (jaringan).

- ❖ *Network Analysis* adalah perhitungan matematis untuk mendapatkan informasi suatu kegiatan atau proyek, misal waktu mulai, waktu selesai, jalur kritis dan informasi lainnya yang diperlukan.
- ❖ Jalur kritis adalah kombinasi urutan aktifitas-aktifitas dan berhubungan dari awal sampai akhir proyek yang mempunyai penyelesaian waktu terpanjang.
- ❖ Aktifitas pada jalur kritis disebut aktifitas kritis. Penundaan penyelesaian aktifitas kritis akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek.
- ❖ *Float* adalah waktu tunda yang diperoleh dari selisih perhitungan kedepan dan kebelakang dari suatu aktifitas. Aktifitas yang tidak memiliki *float* berarti aktifitas tersebut berada pada jalur kritis.

Menurut Soeharto, I, (1995), dalam proses identifikasi jalur kritis, dikenal beberapa terminologi dan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut :

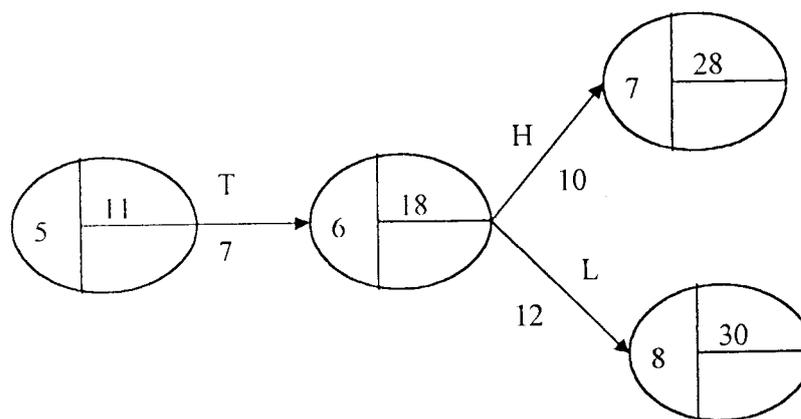
- ❖ $TE = E$ adalah waktu paling awal peristiwa (*node event*) dapat terjadi (*Earliest Time of Occurance*), yang berarti waktu paling awal suatu kegiatan yang berasal dari node tersebut dapat dimulai, karena menurut aturan dasar jaringan kerja, suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan terdahulu telah selesai.
- ❖ $TL = L$ adalah waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi (*Latest Allowable Event Occurance Time*), yang berarti waktu paling lambat yang masih diperbolehkan suatu peristiwa terjadi.
- ❖ ES adalah waktu paling awal suatu kegiatan (*Earliest Start Time*). Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.

- ❖ EF adalah waktu selesai paling awal suatu kegiatan (*Earliest Finish Time*). Bila ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES suatu kegiatan berikutnya.
- ❖ LS adalah waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai (*Latest Allowable Start Time*), yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.
- ❖ LF adalah waktu paling akhir kegiatan boleh selesai (*Latest Allowable Finish Time*) tanpa memperlambat waktu penyelesaian proyek.
- ❖ D adalah kurun waktu suatu kegiatan. Umumnya dengan satuan waktu hari, minggu, bulan dan lain-lain.

Dalam perhitungan waktu menggunakan metode CPM ini dikenal dua istilah perhitungan, yaitu :

1. Perhitungan Maju

Perhitungan maju dilakukan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling awal suatu kegiatan dimulai. Perhitungan dilakukan dari awal = 0 sampai akhir kegiatan. Jika ada dua atau lebih waktu kejadian maka yang diambil adalah harga kejadian yang terbesar.



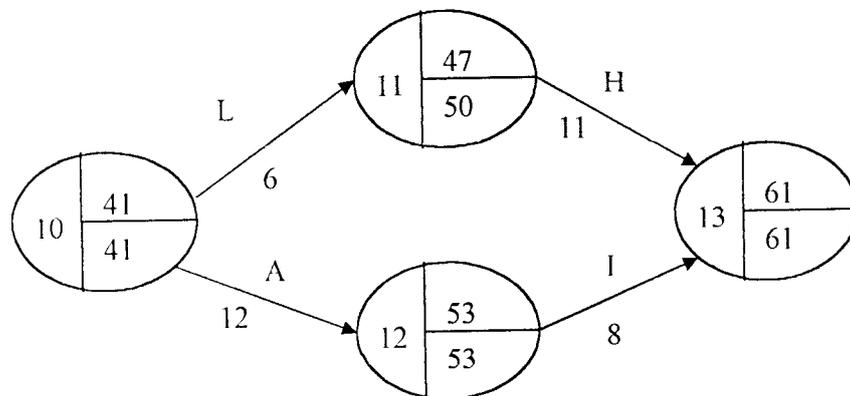
Gambar 3.3 Perhitungan maju pada CPM

Keterangan :

1. 5,6,7,8 : Urutan jenis kegiatan
2. 11,18,28,30 : Waktu (hari) paling awal memulai kegiatan
3. T,H,L : Nama jenis kegiatan
4. 7,10,12 : Durasi (hari) kegiatan

2. Perhitungan Mundur

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir kita “ masih “ bisa mulai dan mengakhiri msing-masing kegiatan, tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari hitungan maju. Hitungan mundur dimulai dari ujung kanan suatu jaringan kerja.



Gambar 3.4 Perhitungan mundur pada CPM

Keterangan :

1. 10,11,12,13 : Urutan jenis kegiatan
2. 41,47,53,61 : Waktu (hari) paling awal memulai kegiatan
3. 41,50,53,61 : Waktu (hari) paling akhir memulai kegiatan
3. L,A,I,H : Nama jenis kegiatan
4. 6,12,8,11 : Durasi (hari) kegiatan

Karena adanya hitungan maju dan hitungan mundur tersebut maka kita akan mengetahui adanya peristiwa kritis, kegiatan kritis dan lintasan kritis.

a. Peristiwa kritis

Peristiwa kritis adalah peristiwa yang tidak mempunyai tenggang waktu (*float*) atau saat paling awal sama dengan saat paling lambat.

$$ES = LS \text{ atau } EF = LF$$

Peristiwa kritis pada *network diagram* bisa dilihat atau dikenal dari bilangan pada ruang kanan atas sama dengan bilangan pada ruangan kanan bawah dari peristiwa tersebut. Peristiwa kritis dapat ditandai dengan membuat lingkaran dua garis.

b. Kegiatan Kritis

Kegiatan kritis merupakan kegiatan yang sangat sensitif terhadap keterlambatan maupun percepatan kegiatan. Apabila terjadi perubahan selesainya kegiatan ini, maka secara langsung akan mempengaruhi umur proyek secara keseluruhan. Untuk kegiatan kritis berlaku rumus

$$ES + D = EF \text{ dan } LS + D = LF$$

c. Lintasan Kritis

Lintasan kritis dengan *network diagram* adalah lintasan yang terdiri dari kegiatan-kegiatan kritis, peristiwa-peristiwa kritis dan *dummy* jika diperlukan. Peristiwa kritis adalah lintasan yang paling lama umur pelaksanaannya dari semua lintasan yang ada. Jadi umur lintasan kritis sama dengan umur proyek.

3.4 Hubungan Antara *Time-Cost Trade-Off* dengan Metode Jalur Kritis/ *Critical Path Method (CPM)*

Time-Cost Trade-Off adalah suatu upaya untuk mencari nilai optimal dari suatu kegiatan proyek. Untuk mencari nilai optimal dari suatu kegiatan proyek maka kita memerlukan estimasi anggaran biaya dan waktu pelaksanaan proyek, agar diperoleh biaya minimal dengan durasi pekerjaan yang optimal.

Metode Jalur Kritis/ *Critical Path Method (CPM)* adalah 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. Pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat maka akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu metode jalur kritis sangat penting digunakan dalam pelaksanaan suatu proyek.

Time-Cost Trade-Off memiliki hubungan yang sangat erat dengan *Critical Path Method (CPM)* karena anggaran biaya suatu proyek sangat tergantung dengan durasi pelaksanaan kegiatan proyek, sedangkan metode jalur kritis/ *Critical Path Method (CPM)* merupakan upaya untuk mengestimasi waktu. Pada perhitungan waktu dalam metode jalur kritis ini akan didapat suatu jalur kritis, dimana kita harus melakukan alternatif untuk melakukan percepatan pekerjaan agar pekerjaan menjadi lebih efektif dan efisien, agar tidak terjadi keterlambatan pekerjaan yang pada akhirnya akan memperlambat waktu penyelesaian proyek.

3.5 Optimasi Durasi Proyek

Dalam persiapan sebuah kegiatan proyek, agar proyek mempunyai berbagai kemungkinan metode pelaksanaan beserta implikasi waktu serta biayanya. Untuk itu dibutuhkan usaha optimasi agar proyek dapat diselesaikan dengan durasi yang sesuai dengan persyaratan dan biaya yang lebih minimum.

Adakalanya dalam menyusun *schedule*, tim proyek mengasumsikan perhitungan durasi dan estimasi biaya dalam keadaan normal. Pada tahap ini masih ada peluang untuk melakukan percepatan *schedule* sehingga diperoleh waktu dan biaya yang optimal. Dengan menambah tenaga kerja, peralatan dan penambahan jam kerja, durasi suatu proyek akan dapat dipercepat dan jika kegiatan ini adalah kegiatan kritis, hal ini dapat memperpendek durasi proyek. Kegiatan dilakukan percepatan dengan berbagai alasan antara lain :

1. Suatu kegiatan mungkin perlu untuk diselesaikan pada waktu tertentu karena alasan kontraktor.
2. Beberapa kegiatan dapat diselesaikan secara lebih ekonomis jika dilaksanakan selama waktu tertentu pada tahun tersebut sehingga perlu untuk dipercepat.
3. Biaya untuk mempercepat suatu kegiatan yang memperpendek durasi proyek mungkin lebih murah dari biaya proyek untuk waktu yang sama.

3.6 Mempercepat Waktu Pelaksanaan Proyek

Dalam mempercepat waktu proyek diperlukan data durasi *crash program* suatu kegiatan (D_c) dan biaya *crash* (C_c) suatu kegiatan yang akan dipercepat. Setiap usaha mempercepat pelaksanaan suatu proyek dari waktu normal akan memerlukan

perubahan biaya yang lebih besar atau lebih kecil dikarenakan adanya perubahan penggunaan alat dan adanya efisiensi karena adanya perubahan waktu kerja.

Untuk perhitungan percepatan dengan asumsi kenaikan sebesar 20% sampai 25% dari biaya normal maka rumus yang digunakan adalah:

$$C_c = C_n + \left\{ \frac{D_n}{D_c} \times (25\% \times C_n) \right\} - (25\% \times C_n)$$

Sumber : Chandra.T.F. 2001 " Optimasi Penjadwalan Proyek pembangunan Gedung BRI Bantul Dengan Menggunakan Algoritma Genetik "

Perhitungan ini digunakan untuk kegiatan-kegiatan yang hanya memiliki biaya untuk alat dan tenaga kerja. Dimana :

C_c = Crash Cost

C_n = Normal Cost

D_n = Normal Duration

D_c = Crash Duration

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Proses penelitian dimulai dengan kajian pustaka untuk mengetahui sejauh mana kajian terhadap masalah yang akan diteliti. Proses selanjutnya adalah pencarian data-data proyek, dalam hal ini data-data proyek yang diperlukan didapat langsung dari dokumen proyek. Setelah semua data diperoleh maka proses selanjutnya adalah mengolah data. Hasil dari pengolahan data dianalisis dan dibahas untuk kemudian disimpulkan.

4.2 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan suatu aturan atau cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan.

1. Subjek penelitian

Subjek yang digunakan sebagai contoh kasus dalam penelitian ini adalah Proyek Peningkatan Jalan Propinsi Di Kabupaten Kulon Progo.

2. Objek penelitian

Objek dari penelitian ini adalah merupakan penerapan *time-cost trade-off* dalam bentuk percepatan waktu dan biaya untuk pelaksanaan proyek konstruksi jalan.

3. Pengumpulan data yang diperlukan

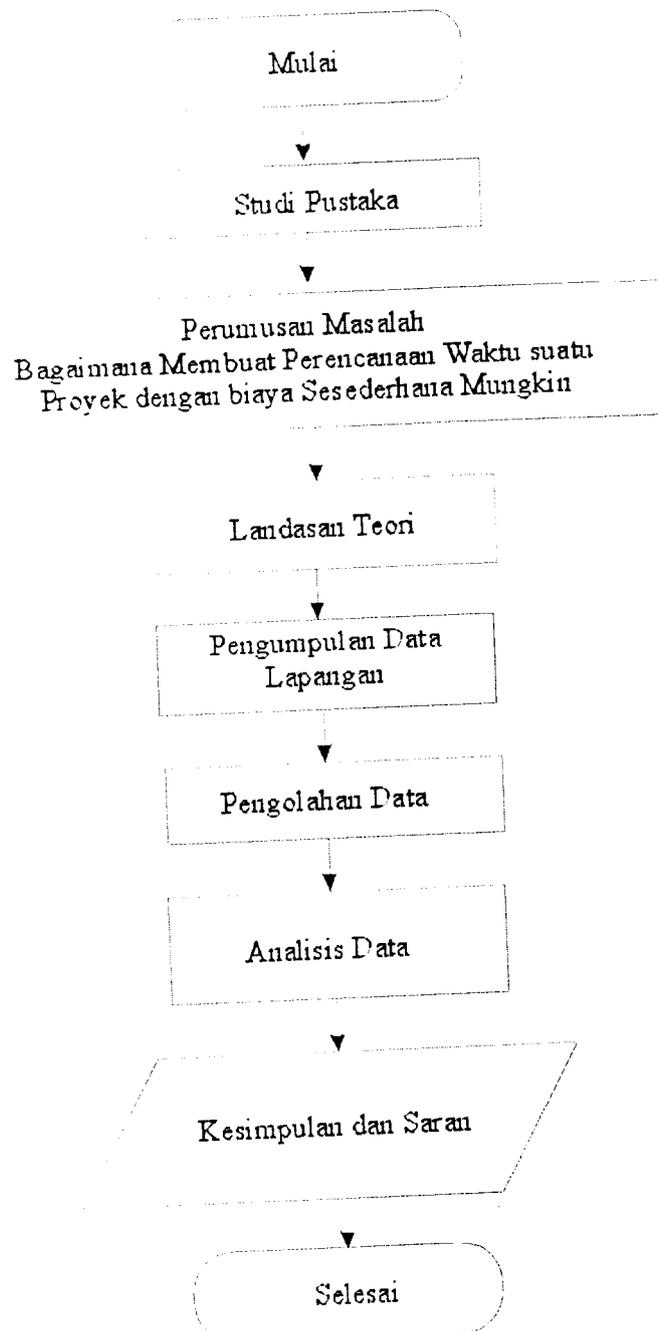
Data didapat langsung dari dokumen dan arsip proyek dilapangan. Data-data yang didapat adalah :

- a. Gambar-gambar konstruksi
- b. Daftar harga satuan dasar tenaga kerja dan peralatan
- c. Rencana Anggaran Biaya
- d. *Time schedule* dan kurva S

4.1 Metode Analisis Data

1. Analisis waktu dan biaya proyek normal, analisis ini digunakan untuk menentukan waktu proyek dan biaya normal dan hubungan logika antara kegiatan menurut *schedule* rencana yang dibuat oleh kontraktor dan belum dilakukan percepatan waktu (*crashing*), dengan melakukan alternatif-alternatif untuk memperoleh percepatan waktu dengan *trade-off*.
2. Analisis waktu dan biaya proyek dengan percepatan waktu (*crashing*), dengan melakukan alternatif-alternatif untuk memperoleh percepatan waktu (*crashing*) dengan *Trade-off* dengan melakukan penambahan alat dan kerja lembur.
3. Analisis waktu dan biaya proyek yang optimal, setelah mendapatkan biaya percepatan waktu (*crashing*) dari berbagai alternatif yang telah dilakukan maka diperoleh percepatan waktu (*crashing*) suatu proyek dengan biaya serendah mungkin.

Bagan alir metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Bagan Alir Proses Penelitian

BAB V

ANALISIS BIAYA DAN WAKTU

5.1 TINJAUAN UMUM

Analisis Biaya dan Waktu proyek yang ditinjau adalah Proyek Peningkatan Jalan di Kabupaten Kulon Progo. Adapun sasaran proyek tersebut secara fungsional adalah meningkatkan kapasitas dan struktur jalan untuk menunjang kelancaran lalu lintas dan untuk membuka daerah yang terisolir.

Diharapkan dengan adanya Proyek Peningkatan Jalan di Kabupaten Kulon Progo maka arus lalu lintas yang melintasi kawasan tersebut dapat berjalan dengan lancar sehingga para pengguna jalan di kawasan tersebut dapat merasa nyaman. Proyek Peningkatan Jalan di Kabupaten Kulon Progo ini dimulai dari sta 0+00 dan diakhiri pada sta 2+400.

5.2 DATA-DATA PROYEK

Data-data proyek untuk Proyek Peningkatan Jalan di Kabupaten Kulon Progo adalah sebagai berikut :

5.2.1 DATA UMUM

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Nama Proyek | : Peningkatan Jalan Propinsi di Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta. |
| 2. Paket Proyek | : Peningkatan Jalan Tegalsari-Siluwok (Temon). |
| 3. Lokasi Proyek | : Kabupaten Kulon Progo. |
| 4. Panjang Efektif | : 2,40 km. |

5. Kontraktor : CV HIDAYAH
6. Alamat : Jalan Gejayan CT X/09 Depok, Sleman
N PWP : 1.435.559.8-541
7. Nomor Kontrak : 602.13/13
8. Tanggal Kontrak : 27 September 2002
9. Harga Kontrak : Rp. 2.115.883.122,10 (termasuk PPN)
10. Jangka Waktu Pelaksanaan : 84 hari kalender
11. Tanggal Penyerahan I : 20 Desember 2002
12. Masa Pemeliharaan : 60 hari kalender
13. Tanggal Penyerahan II : 18 Februari 2002
14. Nama Konsultan : CV. POLA PEMBANGUNAN
15. Alamat : Terbah RT.09, RW.05, Kec. Wates Kulon
Progo
16. Nomor Kontrak : 602.13/13/B
17. Tanggal Kontrak : 11 Oktober 2002
18. Nilai Kontrak : Rp. 66.261.250,00
19. Waktu Pelaksanaan : 2,7 Bulan

5.2.2 Data Teknis

1. Kondisi jalan sebelum ditingkatkan adalah sebagai berikut :
 - ❖ Sta 0+00 s/d Sta 2+400
 - ❖ Lebar jalan 3,00 meter dengan lapisan penetrasi lapisan rusak berat, alinyemen vertikal dan horisontal tidak memenuhi persyaratan teknis.

2. Jalan ditingkatkan dari lebar yang ada (3,00 m) menjadi 5,50 meter dengan bahu jalan kanan/kiri masing-masing 1,75 meter. Pelebaran perkerasan badan jalan menggunakan lapis pondasi bawah dengan agregat kelas B tebal 20 cm padat.
3. Alinyemen vertikal dan horisontal diperbaiki untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan pemakai dengan pemotongan/penggalian tebing. Dalam pelaksanaan bervariasi antara 5,00 m s/d 7,00 m, yang disesuaikan dengan kondisi setempat.
4. Struktur perencanaan yang direncanakan adalah :
 - ❖ Lapisan pondasi bawah dengan agregat kelas B tebal 20 cm (untuk pelebaran).
 - ❖ Lapisan pondasi atas dengan agregat kelas A tebal 20 cm.
 - ❖ Lapisan penutup dengan AC base tebal 5 cm.

Pada pembahasan tugas akhir ini penulis menggunakan metode CPM pada Proyek Peningkatan Jalan Propinsi Di Kabupaten Kulon Progo. Karena terbatasnya informasi yang diperoleh maka diperlukan adanya perubahan yang memungkinkan adanya penyederhanaan permasalahan.

Dari data-data proyek maka akan ditampilkan tabel pekerjaan dan volume pekerjaan yang disertai dengan harga satuan dan harga pekerjaan.

Tabel 5.1 Daftar Pekerjaan dan Harga Pekerjaan

No	Jenis Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan (Rp)	Harga Pekerjaan (Rp)
1	Divisi I Mobilisasi Mobilisasi	1,00 Ls	14.055.000,00	14.055.000,00
2	Pembongk dan pemas kembali Tiang listrik 9bh dan skor 3 bh	1,00 Ls	32.000.000,00	32.000.000,00
3	Pembongk dan pemas kembali pipa air minum	1,00 Ls	5.000.000,00	5.000.000,00
4	Lampu penerangan Jalan	1,00 Ls	2.500.000,00	2.500.000,00
1	Divisi II Drainase Pekerjaan galian untuk selokan drainase dan saluran air	1.092,00 M ³	8.954,00	9.777.768,00
2	Pekerjaan pemas batu dan mortar	778,00 M ³	185.221,00	144.101.938,00
	Divisi III Pekerjaan Tanah			
1	Galian biasa	20.620,00 M ³	8.954,00	184.631.480,00
2	Galian padas/ batuan	1.835,00 M ³	14.685,00	26.946.975,00
3	Timbunan biasa	3.470,00 M ³	19.437,00	67.446.390,00
4	Timbunan pilihan	150,00 M ³	41.383,00	6.207.450,00
5	Penyiapan badan jalan	6.850,00 M ²	938,00	6.425.300,00
	Divisi IV Perkerasan Berbutir			
1	Lapis pondasi agregat kelas A	2.565,00 M ³	94.817,00	243.205.605,00
2	Lapis pondasi agregat kelas B	1.370,00 M ³	89.414,00	122.497.180,00
	Divisi V Perkerasan Aspal			
1	Lapis resap pengikat	10.250,00 Lt	2.822,00	28.925.500,00
2	Lapis perekat aspal emulsi	195,00 Lt	3.212,00	626.340,00
3	Laston Lapis Pengikat	660,00 M ³	654.022,00	431.654.520,00

1	Divisi VI Struktur Beton untuk struktur K-250	27,00 M ³	416.153,00	11.236.131,00
2	Baja tulangan	2.700,00 Kg	8.085,00	21.829.500,00
3	Pas batu dengan adukan	3.087,00 M ³	180.782,00	558.074.034,00
4	Pembongk pas batu	32,00 M ³	20.000,00	640.000,00
Divisi VII Pengembalian kondisi dan pekerjaan minor				
1	Patok pengarah	50,00 Bh	100.000,00	5.000.000,00
Divisi VIII Pekerjaan Harian				
1	Mandor	12,00 jam	3.000,00	36.000,00
2	Pekerja	49,00 jam	2.000,00	98.000,00
3	Tukang kayu, Tukang Batu, dsb	30,00 jam	2.500,00	75.000,00
4	DumpTruck 3-4 m ³	12,00 jam	45.000,00	540.000,00

Sumber : Data Proyek

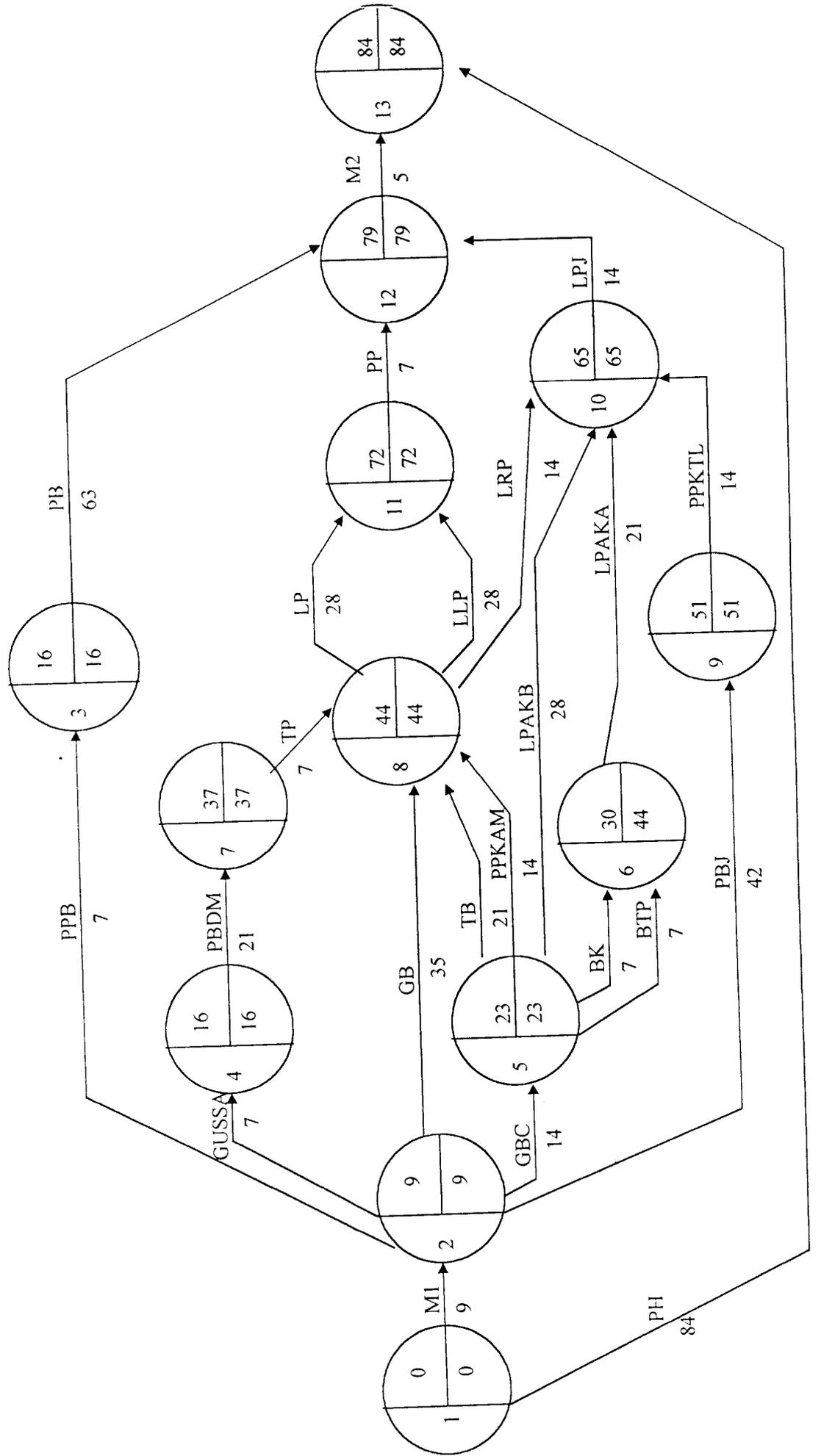
Total harga pekerjaan adalah = Rp. 1.923.530.111,00

PPN 10% adalah = Rp. 192.353.011,10

Total harga keseluruhan = Rp. 2.115.883.122,10

5.3 Perencanaan Dan Pengendalian Waktu Dengan CPM

Dari data-data proyek yang diperoleh maka akan diaplikasikan ke *Critical Path Method* (CPM). Sebelum diagram jaringan kerja menggunakan CPM ini dibentuk maka langkah-langkah awal yang diambil adalah mengidentifikasi kegiatan dengan berdasarkan hubungan saling ketergantungan. Untuk membuat diagram CPM maka mengacu pada durasi waktu yang telah dibuat dalam kurva s (lampiran) dan data kegiatan proyek pada tabel 5.1. Dari perhitungan diagram balok durasi proyek adalah 84 hari.



Gambar 5.1 Diagram CPM untuk pekerjaan normal

Dari hasil perhitungan menggunakan diagram CPM maka diperoleh waktu pekerjaan proyek adalah 84 hari. Untuk mempermudah pembacaan maka identifikasi dan data kegiatan dibuat dalam bentuk tabel.

Tabel 5.2 Identifikasi dan Data Kegiatan

No	Jenis Pekerjaan	Simbol Pekerjaan	Durasi (hr)	Kegiatan Yang Mendahului
1	Mobilisasi	M1	9	-
2	Pekerjaan Harian	PH	84	-
3	Galian Untuk Selokan dan Saluran Air	GUSSA	7	M1
4	Pembongkaran Pasangan Batu	PPB	7	M1
5	Galian Biasa	GB	35	M1
6	Galian Batu Cadas	GBC	14	M1
7	Penyiapan Badan Jalan	PBJ	42	M1
8	Pasangan Batu Dengan Mortar	PBDM	21	GUSSA
9	Timbunan Biasa	TB	21	GBC
10	Pembongkaran dan Pemasangan Kembali Pipa Air Minum	PPKAM	14	GBC
11	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	LPAKB	28	GBC
12	Beton K-250	BK	7	GBC
13	Baja Tulangan U 24 Polos	BTP	7	GBC
14	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	LPAKA	21	BK, BTP
15	Pembongkaran dan Pemasangan Kembali Tiang Listrik	PPKTL	14	PBJ
16	Timbunan Pilihan	TP	7	PBDM
17	Lapis Perekat	LP	28	TP, GB, TB, PPKAM
18	Laston Lapis Pondasi	LLP	28	TP, GB, TB, PPKAM
19	Lapis Resap Pengikat	LRP	14	TP, GB, TB, PPKAM
20	Pasangan Batu	PB	63	PPB
21	Patok Pengarah	PP	7	LP, LLP
22	Lampu Penerangan Jalan	LPJ	14	LRP, LPAKB, LPAKA, PPKTL
23	Mobilisasi	M2	5	PB, PP, LPJ

Dari data tabel 5.2 dapat dibuat diagram jaringan kerja dan dapat dihitung nilai *Early Start(ES)*, *Early Finish(EF)*, *Latest Start(LS)*, *Latest Finish(LF)* dan *Float(F)*. Untuk nilai-nilai tersebut dibuat dalam bentuk tabel.

Tabel 5.3 Hasil perhitungan CPM untuk proyek dengan waktu normal

No	Simbol Pekerjaan	DN	ES	EF	LS	LF	F	CPM	Biaya (Rp)
1	M1	9	0	9	0	9	0	Kritis	9.035.357,139
2	PH	84	0	84	0	84	0	Kritis	749.000,000
3	GUSSA	7	9	16	9	16	0	Kritis	9.777.768,000
4	PPB	7	9	16	9	16	0	Kritis	640.000,000
5	GB	35	9	44	9	44	0	Kritis	184.631.480,000
6	GBC	14	9	23	9	23	0	Kritis	26.946.975,000
7	PBJ	42	9	51	9	51	0	Kritis	6.425.300,000
8	PBDM	21	16	37	16	37	0	Kritis	144.101.938,000
9	TB	21	23	44	23	44	0	Kritis	67.446.390,000
10	PPKAM	14	23	44	23	44	7	-	5.000.000,000
11	LPAKB	28	23	65	23	65	14	-	122.497.180,000
12	BK	7	23	30	23	44	14	-	11.236.131,000
13	BTP	7	23	30	23	44	14	-	21.829.500,000
14	LPAKA	21	30	65	44	65	14	-	243.205.605,000
15	PPKTL	14	51	65	51	65	0	Kritis	32.000.000,000
16	TP	7	37	44	37	44	0	Kritis	6.207.450,000
17	LP	28	44	72	44	72	0	Kritis	626.000,000
18	LLP	28	44	72	44	72	0	Kritis	431.654.520,000
19	LRP	14	44	65	44	65	7	-	28.925.500,000
20	PB	63	16	79	16	79	0	Kritis	558.074.034,000
21	PP	7	72	79	72	79	0	Kritis	5.000.000,000
22	LPJ	14	65	79	65	79	0	Kritis	2.500.000,000
23	M2	5	79	84	79	84	0	Kritis	5.019.642,855

5.4 Mempercepat Durasi Proyek

Pada perencanaan umur proyek yang ditunjukkan pada diagram jaringan kerja maka dapat diketahui bahwa umur proyek yang direncanakan adalah 84 hari kerja. Karena ada pertimbangan waktu atau penyebab lain yang menghendaki umur proyek dipersingkat maka dapat dilakukan dengan analisis waktu dan penggantian atau penambahan peralatan.

5.4.1 Mempercepat Durasi Proyek Dengan Penambahan Waktu Kerja

Semua pekerjaan dalam proyek konstruksi mengandung ketidak pastian dimana kita tidak bisa memastikan 100% dalam hitungan matematis yang kita lakukan adalah benar, oleh karena itu kemungkinan untuk terjadinya perubahan jadwal bisa terjadi. Dengan menggunakan analisis waktu dengan CPM diharapkan untuk mendapatkan hubungan antara waktu dan biaya pelaksanaan proyek paling optimal. Dalam pelaksanaan pekerjaan sebuah proyek konstruksi biasanya semakin cepat umur pekerjaan maka semakin tinggi biaya langsungnya, namun untuk biaya tidak langsung semakin rendah. Untuk itu dari percepatan waktu ini dapat diharapkan akan menghasilkan biaya dan waktu yang optimal.

Untuk dapat menghitung biaya dan waktu percepatan maka kita menggunakan data dari biaya dan waktu pekerjaan normal sebagai parameter. Dengan data yang sudah kita dapatkan maka kita dapat membuat diagram jaringan kerja yang sama dengan diagram jaringan kerja pada waktu pekerjaan normal, namun ada penyesuaian waktu dan biaya yang sudah kita perhitungkan dalam percepatan waktu. Dalam perhitungan percepatan waktu dengan metode penambahan jam kerja diasumsikan bahwa produktifitas pekerjaan selama penambahan jam kerja sama dengan produktifitas pada pekerjaan normal.

5.4.1.1 Penambahan Waktu Kerja 3 Jam

Untuk mendapatkan waktu percepatan (D_c) maka rumus yang digunakan adalah :

$$D_c = \frac{\text{Durasi pekerjaan (hr)} \times \text{Jam kerja dalam satu hari (jam)}}{\text{Jam kerja dalam satu hari} + \text{Jam lembur}}$$

Contoh perhitungan :

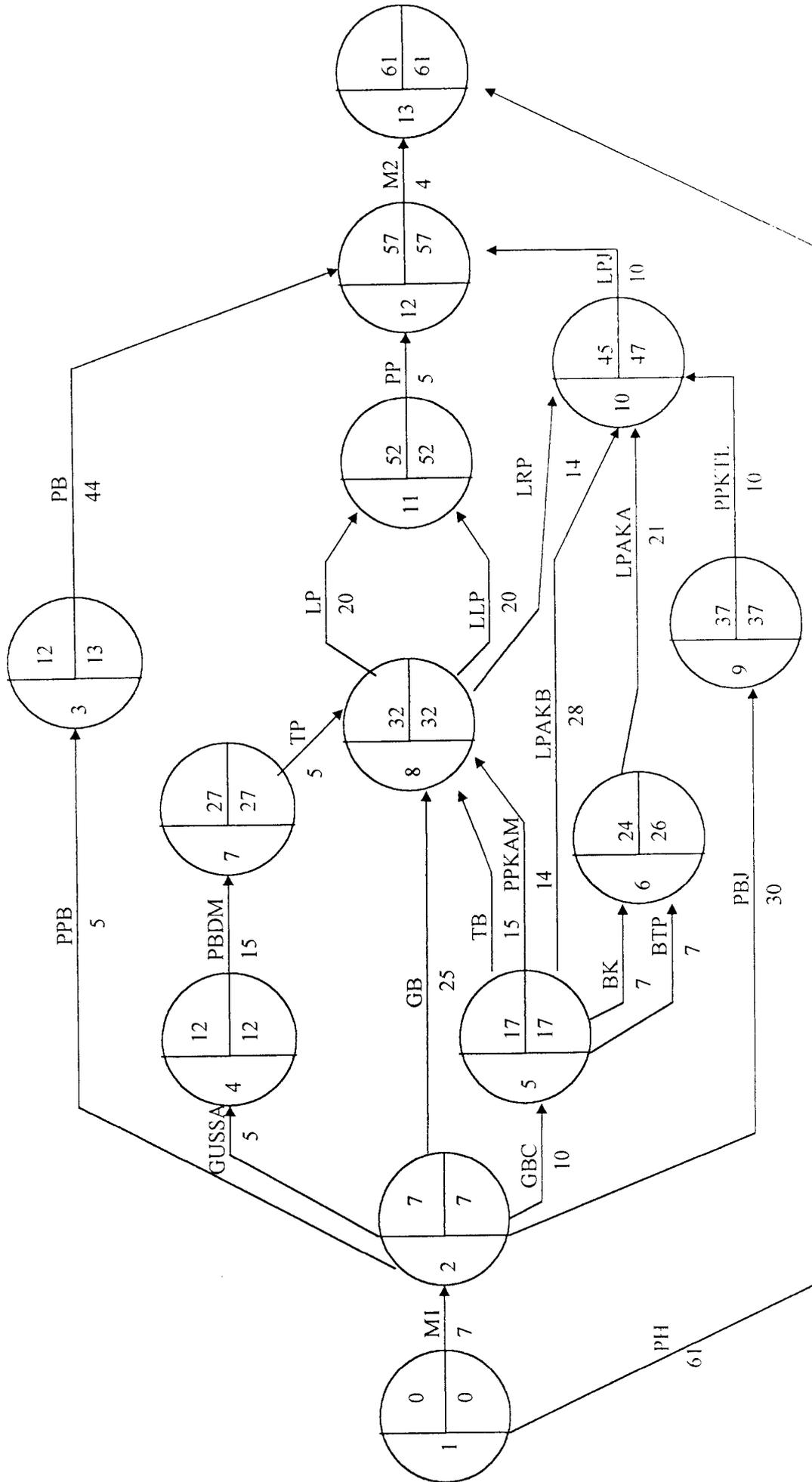
$$Dc = \frac{9 \times 7}{7 + 3} = 6,3 \sim 7 \text{ hari}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel

Tabel 5.4 Perhitungan waktu yang dipercepat

Nama kegiatan	Dn (hr)	Waktu kerja (jam)	Waktu kerja + Waktu lembur (jam)	Dc (hr)
MI	9	7	10	7
PH	84	7	10	61
GUSSA	7	7	10	5
PPB	7	7	10	5
GB	35	7	10	25
GBC	14	7	10	10
PBJ	42	7	10	30
PBDM	21	7	10	15
TB	21	7	10	15
PPKTL	14	7	10	10
TP	7	7	10	5
LP	28	7	10	20
LLP	28	7	10	20
PB	63	7	10	44
PP	7	7	10	5
LPJ	14	7	10	10
M2	5	7	10	4

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari waktu percepatan maka dapat segera diaplikasikan kedalam gambar *Critical Path Method (CPM)*



Gambar 5.2 Diagram CPM untuk pekerjaan dipercepat

Setelah mendapatkan waktu percepatan seperti yang tertera pada tabel 5.4 diatas maka kita dapat menghitung biaya dalam pekerjaan yang dipercepat. Untuk perhitungan biaya dengan percepatan waktu maka dapat digunakan rumus

$$C_c = C_n + \{ D_n/D_c \times (25\% \times C_n)\} - (25\% \times C_n)$$

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned} C_c &= 9.035.357,139 + \{ 1,285714286 \times (25\% \times 9.035.357,139)\} - \\ &\quad (25\% \times 9.035.357,139) \\ &= \text{Rp. } 9.680.739,760 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel

Tabel 5.5 Perhitungan biaya untuk waktu dipercepat

Nama kegiatan	Dn (hr)	Dc (hr)	Dn/Dc	Cn (Rp)	Cc (Rp)
MI	9	7	1,285714286	9.035.357,139	9.680.739,760
PH	84	61	1,377049	749.000,000	819.602,459
GUSSA	7	5	1,4	9.777.768,000	10.755.544,800
PPB	7	5	1,4	640.000,000	704.000,000
GB	35	25	1,4	184.631.480,000	203.094.628,000
GBC	14	10	1,4	26.946.975,000	29.641.672,500
PBJ	42	30	1,4	6.425.300,000	7.067.830,000
PBDM	21	15	1,4	144.101.938,000	158.512.131,800
TB	21	15	1,4	67.446.390,000	74.191029,000
PPKTL	14	10	1,4	32.000.000,000	35.200.000,000
TP	7	5	1,4	6.207.450,000	6.828.195,000
LP	28	20	1,4	626.000,000	688.600,000
LLP	28	20	1,4	431.654.520,000	474.819.972,000
PB	63	44	1,431818182	558.074.034,000	618.320.662,700
PP	7	5	1,4	5.000.000,000	5.500.000,000
LPJ	14	10	1,4	2.500.000,000	2.750.000,000
M2	5	4	1,25	5.019.642,855	5.333.370,533

Dari data pada tabel 5.5 maka kita dapat melihat perubahan antara biaya dan waktu normal dengan biaya dan waktu dipercepat. Untuk mengetahui perbedaan jumlah biaya dan waktu normal dengan biaya dan waktu yang dipercepat maka dapat dilihat pada tabel 5.6

Tabel 5.6 Data kegiatan kondisi normal dan kondisi yang dipercepat

Nama kegiatan	Dn (hr)	Cn (Rp)	Dc (hr)	Cc (Rp)	Selisih Biaya (Rp)
MI	9	9.035.357,139	7	9.680.739,76	645.382,62
PH	84	749.000,000	61	819.602,46	70.602,46
GUSSA	7	9.777.768,000	5	10.755.544,80	977.776,80
PPB	7	640.000,000	5	704.000,00	64.000,00
GB	35	184.631.480,000	25	203.094.628,00	18.463.148,00
GBC	14	26.946.975,000	10	29.641.672,50	2.694.697,50
PBJ	42	6.425.300,000	30	7.067.830,00	642.530,00
PBDM	21	144.101.938,000	15	158.512.131,80	14.410.193,80
TB	21	67.446.390,000	15	74.191.029,00	6.744.639,00
PPKAM	14	5.000.000,000	10	5.000.000,00	0
LPAKB	28	122.497.180,000	20	122.497.180,00	0
BK	7	11.236.131,000	7	11.236.131,00	0
BTP	7	21.829.500,000	7	21.829.500,00	0
LPAKA	21	243.205.605,000	21	243.205.605,00	0
PPKTL	14	32.000.000,000	10	35.200.000,00	3.200.000,00
TP	7	6.207.450,000	5	6.828.195,00	620.745,00
LP	28	626.000,000	20	688.600,00	62.600,00
LLP	28	431.654.520,000	20	474.819.972,00	43.165.452,00
LRP	14	28.925.500,000	10	28.925.500,00	0
PB	63	558.074.034,000	44	618.320.662,70	60.246.628,70
PP	7	5.000.000,000	5	5.500.000,00	500.000,00
LPJ	14	2.500.000,000	10	2.750.000,00	250.000,00
M2	5	5.019.642,855	4	5.333.370,53	313.727,68
Σ	84	1.923.530.111,00	61	2.076.601.635,0	153.071.524,0
PPN 10%		192.353.011,10	PPN	207.660.163,50	
Total Nilai Proyek		2.115.883.122,10		2.284.261.798,00	

Dari data tabel 5.6 dan grafik CPM 5.2 tersebut maka dapat diketahui bahwa dengan penambahan waktu lembur selama 3 jam pada waktu kritis maka pelaksanaan proyek dapat dipercepat dari 84 hari menjadi 61 hari dengan biaya proyek menjadi Rp.2.284.261.798,00

5.4.1.2 Penambahan Waktu Kerja 2 Jam

Untuk mendapatkan waktu percepatan (Dc) maka rumus yang digunakan adalah :

Rumus Perhitungan:

$$Dc = \frac{\text{Durasi pekerjaan (hr)} \times \text{Jam kerja dalam satu hari (jam)}}{\text{Jam kerja dalam satu hari} + \text{Jam lembur}}$$

Contoh perhitungan :

$$Dc = \frac{9 \times 7}{7 + 2} = 7 \text{ hari}$$

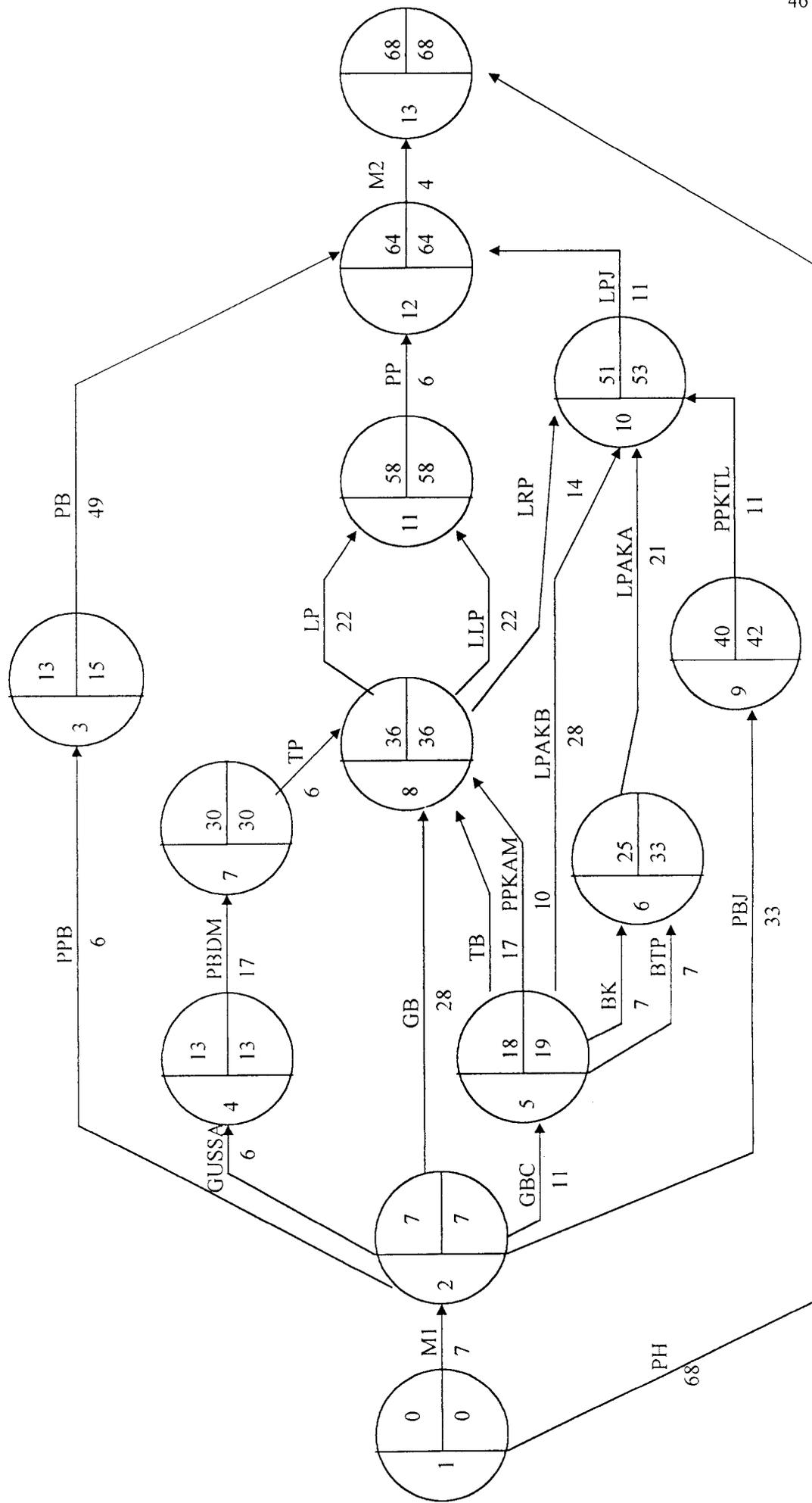
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel

Tabel 5.7 Perhitungan waktu yang dipercepat 2 Jam

Nama kegiatan	Dn (hr)	Waktu kerja (jam)	Waktu kerja + Waktu lembur (jam)	Dc (hr)
MI	9	7	9	7
PF	84	7	9	66
GUSSA	7	7	9	6
PPB	7	7	9	6
GB	35	7	9	28
GBC	14	7	9	11
PBJ	42	7	9	33
PBDM	21	7	9	17
TB	21	7	9	17
PPKTL	14	7	9	11
TP	7	7	9	6
LP	28	7	9	22
LLP	28	7	9	22
PB	63	7	9	49
PP	7	7	9	6
LPJ	14	7	9	11
M2	5	7	9	4

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari waktu percepatan maka dapat segera diaplikasikan kedalam gambar *Critical Path Method* (CPM)





Gambar CPM 5.3 Percepatan dengan penambahan 2 jam

Contoh Perhitungan mencari biaya :

$$C_c = 9.035.357,139 + \{ 1,285714286 \times (25\% \times 9.035.357,139) \} -$$

$$(25\% \times 9.035.357,139)$$

$$= \text{Rp. } 9.680.739,760$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel

Tabel 5.8 Perhitungan biaya untuk waktu dipercepat 2 Jam

Nama kegiatan	Dn (hr)	Dc (hr)	Dn/Dc	Cn (Rp)	Cc (Rp)
MI	9	7	1.285714	9.035.357,139	9680739.792
PH	84	66	1.272727	749.000,000	800068.1818
GUSSA	7	6	1.166667	9.777.768,000	10185175
PPB	7	6	1.166667	640.000,000	666666.6667
GB	35	28	1.25	184.631.480,000	196170947.5
GBC	14	11	1.272727	26.946.975,000	28784268.75
PBJ	42	33	1.272727	6.425.300,000	6863388.636
PBDM	21	17	1.235294	144.101.938,000	152578522.6
TB	21	17	1.235294	67.446.390,000	71413824.71
PPKTL	14	11	1.272727	32.000.000,000	34181818.18
TP	7	6	1.166667	6.207.450,000	6466093.75
LP	28	22	1.272727	626.000,000	668681.8182
LLP	28	22	1.272727	431.654.520,000	461085510
PB	63	49	1.285714	558.074.034,000	597936465
PP	7	6	1.166667	5.000.000,000	5208333.333
LPJ	14	11	1.272727	2.500.000,000	2670454.545
M2	5	4	1.25	5.019.642,855	5333370.533

Dari data pada tabel 5.8 maka kita dapat melihat perubahan antara biaya dan waktu normal dengan biaya dan waktu dipercepat. Untuk mengetahui perbedaan jumlah biaya dan waktu normal dengan biaya dan waktu yang dipercepat maka dapat dilihat pada tabel 5.9

Tabel 5.9 Data kegiatan kondisi normal dan kondisi yang dipercepat 2 Jam

Nama kegiatan	Dn (hr)	Cn (Rp)	Dc (hr)	Cc (Rp)	Selisih Biaya (Rp)
MI	9	9.035.357,139	7	9.680.739,79	645.382,65
PH	84	749.000,000	66	800.068,18	51.068,18
GUSSA	7	9.777.768,000	6	10.185.175,00	407.407,00
PPB	7	640.000,000	6	666.666,67	26.666,67
GB	35	184.631.480,000	28	196.170.947,50	11.539.467,50
GBC	14	26.946.975,000	11	28.784.268,75	1.837.293,75
PBJ	42	6.425.300,000	33	6.863.388,64	438.088,64
PBDM	21	144.101.938,000	17	152.578.522,60	8.476.584,59
TB	21	67.446.390,000	17	71.413.824,71	3.967.434,71
PPKAM	14	5.000.000,000	14	5.000.000,00	0
LPAKB	28	122.497.180,000	28	122.497.180,00	0
BK	7	11.236.131,000	7	11.236.131,00	0
BTP	7	21.829.500,000	7	21.829.500,00	0
LPAKA	21	243.205.605,000	21	243.205.605,00	0
PPKTL	14	32.000.000,000	11	34.181.818,18	2.181.818,18
TP	7	6.207.450,000	6	6.466.093,75	258.643,75
LP	28	626.000,000	22	668.681,82	42.681,82
LLP	28	431.654.520,000	22	461.085.510,00	29.430.990,00
LRP	14	28.925.500,000	14	28.925.500,00	0
PB	63	558.074.034,000	49	597.936.465,00	39.862.431,00
PP	7	5.000.000,000	6	5.208.333,33	208.333,33
LPJ	14	2.500.000,000	11	2.670.454,55	170.454,55
M2	5	5.019.642,855	4	5.333.370,53	313.727,68
Σ	84	1.923.530.111,00	68	2.023.388.245	99.858.473,99
PPN 10%		192.353.011,10	PPN	202.338.824,5	
Total Nilai Proyek		2.115.883.122,10		2.225.727.069,00	

Dari data tabel 5.9 tersebut maka dapat diketahui bahwa dengan penambahan waktu lembur selama 2 jam pada waktu kritis maka pelaksanaan proyek dapat dipercepat dari 84 hari menjadi 68 hari dengan biaya proyek menjadi Rp.2.225.727.069,00.

5.4.1.3 Penambahan Waktu Kerja 1 Jam

Untuk mendapatkan waktu percepatan (Dc) maka rumus yang digunakan adalah :

Rumus Perhitungan:

$$Dc = \frac{\text{Durasi pekerjaan (hr)} \times \text{Jam kerja dalam satu hari (jam)}}{\text{Jam kerja dalam satu hari} + \text{Jam lembur}}$$

Contoh perhitungan :

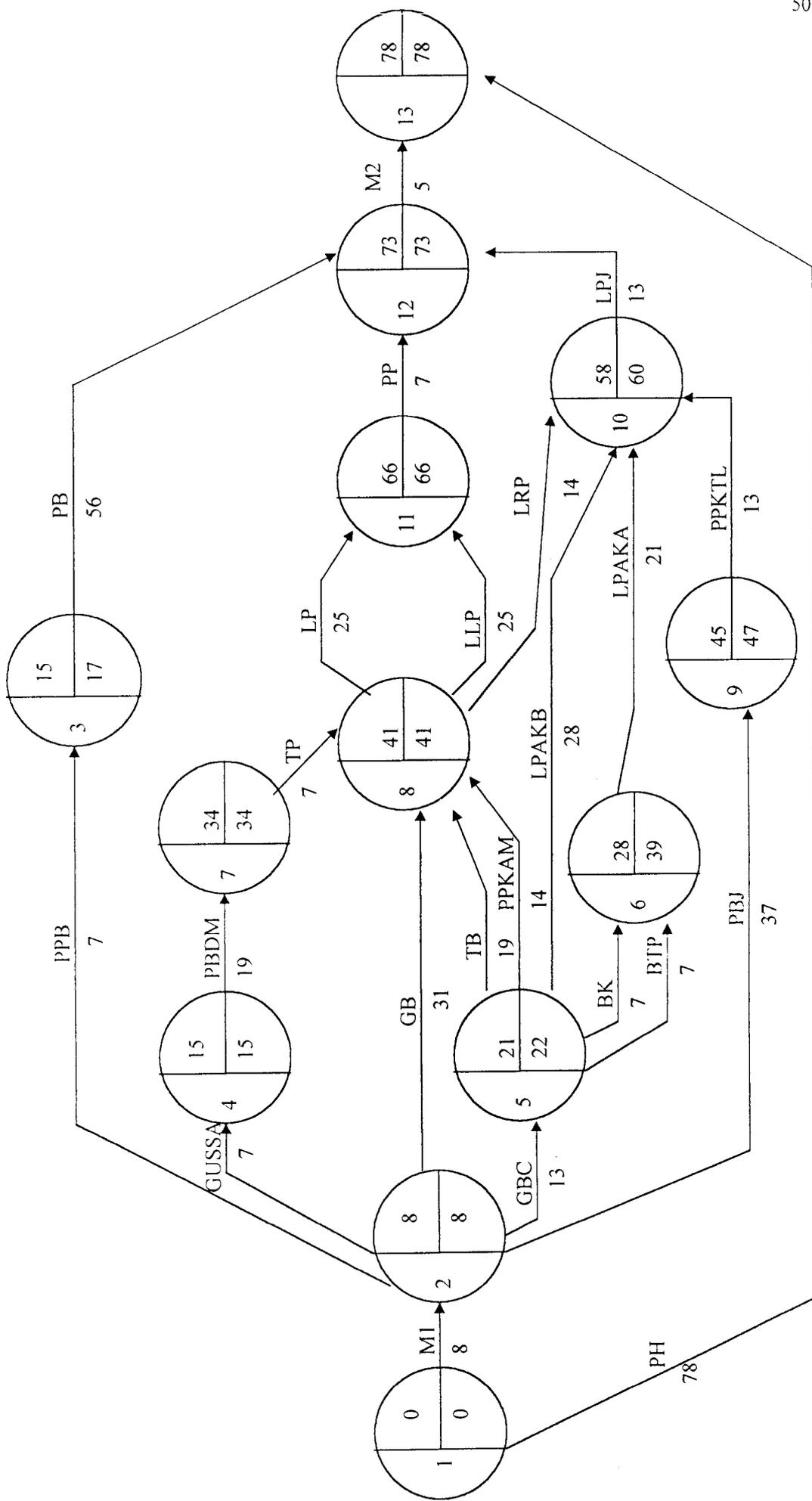
$$Dc = \frac{9 \times 7}{7 + 1} = 8 \text{ hari}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel

Tabel 5.10 Perhitungan waktu yang dipercepat 1 Jam

Nama kegiatan	Dn (hr)	Waktu kerja (jam)	Waktu kerja + Waktu lembur (jam)	Dc (hr)
MI	9	7	8	8
PH	84	7	8	74
GUSSA	7	7	8	7
PPB	7	7	8	7
GB	35	7	8	31
GBC	14	7	8	13
PBJ	42	7	8	37
PBDM	21	7	8	19
TB	21	7	8	19
PPKTL	14	7	8	13
TP	7	7	8	7
LP	28	7	8	25
LLP	28	7	8	25
PB	63	7	8	56
PP	7	7	8	7
LPJ	14	7	8	13
M2	5	7	8	5

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari waktu percepatan maka dapat segera diaplikasikan kedalam gambar *Critical Path Method (CPM)*



Gambar CPM 5.4 Percepatan 1 Jam

Setelah mendapatkan waktu percepatan seperti yang tertera pada tabel 5.10 diatas maka kita dapat menghitung biaya dalam pekerjaan yang dipercepat. Untuk perhitungan biaya dengan percepatan waktu maka dapat digunakan rumus

$$C_c = C_n + \{ D_n/D_c \times (25\% \times C_n) \} - (25\% \times C_n)$$

Contoh Perhitungan :

$$C_c = 9.035.357,139 + \{ 1,125 \times (25\% \times 9.035.357,139) \} - (25\% \times 9.035.357,139) = \text{Rp. } 9.317.712,05$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel

Tabel 5.11 Perhitungan biaya untuk waktu dipercepat 1 Jam

Nama kegiatan	Dn (hr)	Dc (hr)	Dn/Dc	Cn (Rp)	Cc (Rp)
MI	9	8	1.125	9.035.357,14	9.317.712,050
PH	84	74	1.13513	749.000,00	774.304,054
GUSSA	7	7	1	9.777.768,00	9.777.768,000
PPB	7	7	1	640.000,00	640.000,000
GB	35	31	1.12903	184.631.480,00	190.58.7334,200
GBC	14	13	1.07692	26.946.975,00	27.465.186,060
PBJ	42	37	1.13513	6.425.300,00	6.642.370,946
PBDM	21	19	1.10526	144.101.938,00	147.894.094,300
TB	21	19	1.10526	67.446.390,00	69.221.295,000
PPKTL	14	13	1.07692	32.000.000,00	32.615.384,620
TP	7	7	1	6.207.450,00	6.207.450,000
LP	28	25	1.12	626.000,00	644.780,000
LLP	28	25	1.12	431.654.520,00	444.604.155,600
PB	63	56	1.125	558.074.034,00	575.513.847,600
PP	7	7	1	5.000.000,00	5.000.000,000
LPJ	14	13	1.07692	2.500.000,00	2.548.076,923
M2	5	5	1	5.019.642,85	5.019.642,855

Dari data pada tabel 5.11 maka kita dapat melihat perubahan antara biaya dan waktu normal dengan biaya dan waktu dipercepat. Untuk mengetahui perbedaan jumlah biaya dan waktu normal dengan biaya dan waktu yang dipercepat maka dapat dilihat pada tabel 5.12

Tabel 5.12 Data kegiatan kondisi normal dan kondisi yang dipercepat 1 Jam

Nama kegiatan	Dn (hr)	Cn (Rp)	Dc (hr)	Cc (Rp)	Selisih Biaya (Rp)
MI	9	9.035.357,139	8	9.317.712,05	282.345,91
PH	84	749.000,000	74	774.304,05	25.304,05
GUSSA	7	9.777.768,000	7	9.777.768,000	0
PPB	7	640.000,000	7	640.000,00	0
GB	35	184.631.480,000	31	190.587.334,20	5.955.854,19
GBC	14	26.946.975,000	13	27.465.186,06	518.211,06
PBJ	42	6.425.300,000	37	6.642.370,94	217.070,95
PBDM	21	144.101.938,000	19	147.894.094,30	3.792.156,26
TB	21	67.446.390,000	19	69.221.295,00	1.774.905,00
PPKAM	14	5.000.000,000	14	5.000.000,00	0
LPAKB	28	122.497.180,000	28	122.497.180,00	0
BK	7	11.236.131,000	7	11.236.131,00	0
BTP	7	21.829.500,000	7	21.829.500,00	0
LPAKA	21	243.205.605,000	21	243.205.605,00	0
PPKTL	14	32.000.000,000	13	32.615.384,00	615.384,62
TP	7	6.207.450,000	7	6.207.450,00	0
LP	28	626.000,000	25	644.780,00	18.780,00
LLP	28	431.654.520,000	25	444.604.155,60	12.949.635,6
LRP	14	28.925.500,000	14	28.925.500,00	0
PB	63	558.074.034,000	56	575.513.847,60	17.439.813,56
PP	7	5.000.000,000	7	5.000.000,00	0
LPJ	14	2.500.000,000	13	2.548.076,92	48.076,92
M2	5	5.019.642,855	5	5.019.642,88	0
Σ	84	1.923.530.111,00	78	1.967.167.318,00	43.637.547,13
PPN 10%		192.353.011,10	PPN	196.716.731,80	
Total Nilai Proyek		2.115.883.122,10		2.163.884.050,00	

Dari data tabel tersebut maka dapat diketahui bahwa dengan penambahan waktu lembur selama 1 jam pada waktu kritis maka pelaksanaan proyek dapat dipercepat dari 84 hari menjadi 78 hari dengan biaya proyek menjadi Rp.2.163.884.050,00.

Dari hasil perhitungan dengan penambahan waktu lembur maka dapat dilihat perbandingan nilai proyek seperti tertera dalam tabel 5.13

Tabel 5.13 Perbandingan Nilai Proyek

No	Pelaksanaan	Waktu (hr)	Biaya (Rp)	Kenaikan (Rp)	Waktu Percepat (%)	Biaya kenaikan (%)
1	Normal	84	2.115.883.122,10	0	0	0
2	Percepatan Waktu 3 jam	61	2.284.261.798,00	168.378.675,9	27,381	7,9578
3	Percepatan Waktu 2 jam	68	2.225.727.069,00	141.843.947,00	19,0476	6,703
4	Percepatan Waktu 1 jam	78	2.163.884.050,00	48.000.928,00	7,143	2,268

5.4.2 Memperlambat Durasi Proyek Dengan Pengurangan Jam Kerja

Setelah melakukan analisis biaya dan waktu dengan metode percepatan, maka untuk mencari hasil yang lebih optimal, maka perlu dicoba mencari biaya dan waktu dengan metode perlambatan. Metode perlambatan yang digunakan untuk proyek ini adalah dengan mengurangi durasi kerja pada kegiatan kritis.

5.4.2.1 Pengurangan Waktu Kerja 1 Jam

Untuk mendapatkan waktu percepatan (Dc) maka rumus yang digunakan adalah :

Rumus Perhitungan:

$$Dc = \frac{\text{Durasi pekerjaan (hr)} \times \text{Jam kerja dalam satu hari (jam)}}{\text{Jam kerja dalam satu hari} - \text{Jam perlambat}}$$

Contoh perhitungan :

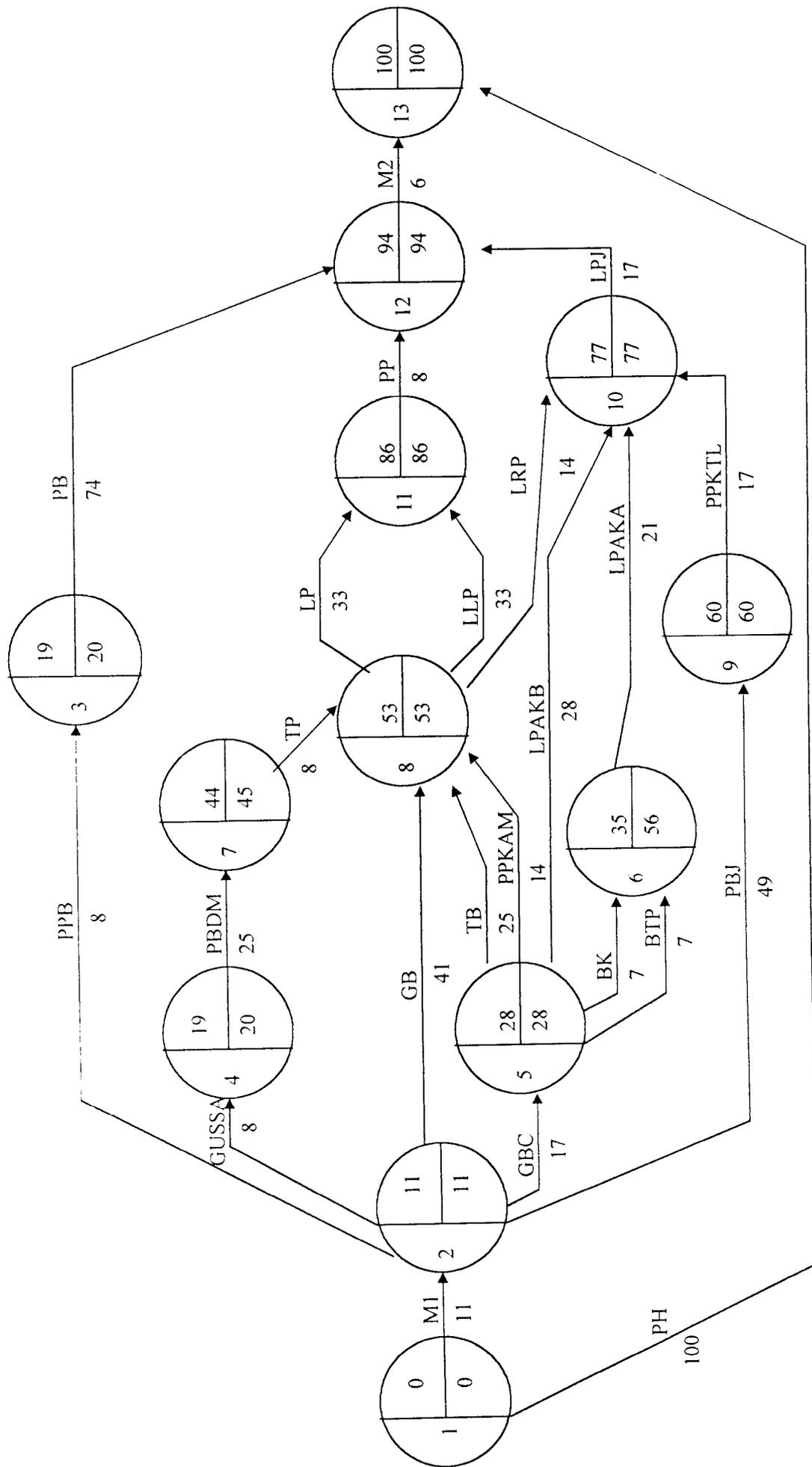
$$Dc = \frac{9 \times 7}{7 - 1} = 10,5 \text{ hari} \sim 11 \text{ hari}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel

Tabel 5.14 Perhitungan waktu yang diperlambat 1 Jam

Nama kegiatan	Dn (hr)	Waktu kerja (jam)	Waktu kerja diperlambat	Dc (hr)
MI	9	7	6	11
PH	84	7	6	98
GUSSA	7	7	6	8
PPB	7	7	6	8
GB	35	7	6	41
GBC	14	7	6	17
PBJ	42	7	6	49
PBDM	21	7	6	25
TB	21	7	6	25
PPKTL	14	7	6	17
TP	7	7	6	8
LP	28	7	6	33
LLP	28	7	6	33
PB	63	7	6	74
PP	7	7	6	8
LPJ	14	7	6	17
M2	5	7	6	6

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari waktu perlambatan maka dapat segera diaplikasikan kedalam gambar *Critical Path Method (CPM)*



Gambar CPM 5.5 Perlamabatan 1 Jam dari Waktu normal

Setelah mendapatkan waktu perlambatan seperti yang tertera pada tabel 5.14 diatas maka kita dapat menghitung biaya dalam pekerjaan yang diperlambat. Untuk perhitungan biaya dengan perlambatan waktu maka dapat digunakan rumus

$$C_c = C_n + \{ D_n/D_c \times (25\% \times C_n) \} - (25\% \times C_n)$$

Contoh Perhitungan :

$$C_c = 9.035.357,139 + \{ 0,857143 \times (25\% \times 9.035.357,139) \} - (25\% \times 9.035.357,139) = \text{Rp. } 8.712.665,813$$

Tabel 5.15 Perhitungan biaya untuk waktu diperlambat

Nama kegiatan	Dn (hr)	Dc (hr)	Dn/Dc	Cn (Rp)	Cc (Rp)
M1	9	11	0.857143	9,035,357.14	8712665.813
PH	84	98	1.272727	749,000.00	800068.1818
GUSSA	7	8	0.857143	9,777,768.00	9428562
PPB	7	8	0.857143	640,000.00	617142.8571
GB	35	41	0.857143	184,631,480.00	178037498.6
GBC	14	17	0.857143	26,946,975.00	25984583.04
PBJ	42	49	0.857143	6,425,300.00	6195825
PBDM	21	25	0.857143	144,101,938.00	138955440.2
TB	21	25	0.857143	67,446,390.00	65037590.36
PPKTL	14	17	0.857143	32,000,000.00	30857142.86
TP	7	8	0.857143	6,207,450.00	5985755.357
LP	28	33	0.857143	626,000.00	603642.8571
LLP	28	33	0.857143	431,654,520.00	416238287.1
PB	63	74	0.857143	558,074,034.00	538142818.5
PP	7	8	0.857143	5,000,000.00	4821428.571
LPJ	14	17	0.857143	2,500,000.00	2410714.286
M2	5	6	0.857143	5,019,642.86	4840369.896

Dari data pada tabel 5.15 maka kita dapat melihat perubahan antara biaya dan waktu normal dengan biaya dan waktu diperlambat. Untuk mengetahui perbedaan jumlah biaya dan waktu normal dengan biaya dan waktu yang diperlambat 1 jam maka dapat dilihat pada tabel 5.16

Tabel 5.16 Data kegiatan kondisi normal dan kondisi yang diperlambat 1 Jam

Nama kegiatan	Dn (hr)	Cn (Rp)	Dc (hr)	Cc (Rp)	Selisih Biaya (Rp)
M1	9	9,035,357.14	11	8712665.813	322,691.33
PH	84	749,000.00	98	800068.1818	51,068.18
GUSSA	7	9,777,768.00	8	9428562	349,206.00
PPB	7	640,000.00	8	617142.8571	22,857.14
GB	35	184,631,480.00	41	178037498.6	6,593,981.43
GBC	14	26,946,975.00	17	25984583.04	962,391.96
PBJ	42	6,425,300.00	49	6195825	229,475.00
PBDM	21	144,101,938.00	25	138955440.2	5,146,497.79
TB	21	67,446,390.00	25	65037590.36	2,408,799.64
PPKAM	14	5,000,000.00	14	5,000,000.00	0
LPAKB	28	122,497,180.00	28	122,497,180.00	0
BK	7	11,236,131.00	7	11,236,131.00	0
BTP	7	21,829,500.00	7	21,829,500.00	0
LPAKA	21	243,205,605.00	21	243,205,605.00	0
PPKTL	14	32,000,000.00	17	30857142.86	1,142,857.14
TP	7	6,207,450.00	8	5985755.357	221,694.64
LP	28	626,000.00	33	603642.8571	22,357.14
LLP	28	431,654,520.00	33	416238287.1	15,416,232.86
LRP	14	28,925,500.00	14	28,925,500.00	0
PB	63	558,074,034.00	74	538142818.5	19,931,215.50
PP	7	5,000,000.00	8	4821428.571	178,571.43
LPJ	14	2,500,000.00	17	2410714.286	89,285.71
M2	5	5,019,642.86	6	4840369.896	179,272.96
Σ	84	1.923.530.111,0	100	1,870,363,451.50	53,166,659.50
PPN 10%		192.353.011,10	PPN	187036345.1	
Total Nilai Proyek		2.115.883.122,1		2,057,399,796.65	

Dari data tabel tersebut maka dapat diketahui bahwa dengan pengurangan waktu kerja selama 1 jam pada waktu kritis maka pelaksanaan proyek dapat diperlambat dari 84 hari menjadi 100 hari dengan biaya proyek menjadi Rp.2.057.399.796,65

5.4.2.2 Pengurangan Waktu Kerja 2 Jam

Untuk mendapatkan waktu percepatan (Dc) maka rumus yang digunakan adalah :

Rumus Perhitungan:

$$Dc = \frac{\text{Durasi pekerjaan (hr)} \times \text{Jam kerja dalam satu hari (jam)}}{\text{Jam kerja dalam satu hari} - \text{Jam lembur}}$$

Contoh perhitungan :

$$Dc = \frac{9 \times 7}{7 - 2} = 12,6 \text{ hari} \sim 13 \text{ hari}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel

Tabel 5.17 Perhitungan waktu yang diperlambat 2 Jam

Nama kegiatan	Dn (hr)	Waktu kerja (jam)	Waktu kerja diperlambat	Dc (hr)
MI	9	7	5	13
PH	84	7	5	118
GUSSA	7	7	5	10
PPB	7	7	5	10
GB	35	7	5	49
GBC	14	7	5	20
PBJ	42	7	5	59
PBDM	21	7	5	30
TB	21	7	5	30
PPKTL	14	7	5	20
TP	7	7	5	10
LP	28	7	5	40
LLP	28	7	5	40
PB	63	7	5	89
PP	7	7	5	10
LPJ	14	7	5	20
M2	5	7	5	7

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari waktu perlambatan maka dapat segera diaplikasikan kedalam gambar *Critical Path Method* (CPM)

Setelah mendapatkan waktu perlambatan seperti yang tertera pada tabel 5.17 di atas maka kita dapat menghitung biaya dalam pekerjaan yang diperlambat. Untuk perhitungan biaya dengan perlambatan waktu maka dapat digunakan rumus

$$C_c = C_n + \{ D_n/D_c \times (25\% \times C_n) \} - (25\% \times C_n)$$

Contoh Perhitungan :

$$C_c = 9.035.357,139 + \{ 0,714286 \times (25\% \times 9.035.357,139) \} - (25\% \times 9.035.357,139) = \text{Rp. } 8.389.974,486$$

Tabel 5.18 Perhitungan biaya untuk waktu diperlambat 2 jam

Nama kegiatan	Dn (hr)	Dc (hr)	Dn/Dc	Cn (Rp)	Cc (Rp)
M1	9	13	0.714286	9,035,357.14	8389974.486
PH	84	18	0.714286	749,000.00	695500
GUSSA	7	10	0.714286	9,777,768.00	9079356
PPB	7	10	0.714286	640,000.00	594285.7143
GB	35	49	0.714286	184,631,480.00	171443517.1
GBC	14	20	0.714286	26,946,975.00	25022191.07
PBJ	42	59	0.714286	6,425,300.00	5966350
PBDM	21	30	0.714286	144,101,938.00	133808942.4
TB	21	30	0.714286	67,446,390.00	62628790.71
PPKTL	14	20	0.714286	32,000,000.00	29714285.71
TP	7	10	0.714286	6,207,450.00	5764060.714
LP	28	40	0.714286	626,000.00	581285.7143
LLP	28	40	0.714286	431,654,520.00	400822054.3
PB	63	89	0.714286	558,074,034.00	518211603
PP	7	10	0.714286	5,000,000.00	4642857.143
LPJ	14	20	0.714286	2,500,000.00	2321428.571
M2	5	7	0.714286	5,019,642.86	4661096.937

Dari data pada tabel 5.18 maka kita dapat melihat perubahan antara biaya dan waktu normal dengan biaya dan waktu diperlambat. Untuk mengetahui perbedaan jumlah biaya dan waktu normal dengan biaya dan waktu yang diperlambat 2 jam maka dapat dilihat pada tabel 5.19

Tabel 5.20 Perbandingan Nilai Proyek

No	Pelaksanaan	Waktu (hr)	Biaya (Rp)	Penurunan (Rp)	Waktu Perlambat (%)	Penran Biaya (%)
1	Normal	84	2.115.883.122,10	0	0	0
2	perlambatan Waktu 1 jam	100	2.057.399.796,65	58.483.326,45	19,048	2,765
3	perlambatan Waktu 2 jam	120	1.998.745.645,00	117.137.477,10	42,857	5,536

Untuk mengetahui besarnya biaya langsung dan tidak langsung maka kita harus mencari nilai *Overhead* dulu. *Overhead* adalah biaya yang berkaitan dengan volume pekerjaan, namun tidak berkaitan langsung dengan volume pekerjaan yang dilaksanakan. Biaya *Overhead* dari proyek tersebut adalah:

- ❖ Untuk waktu normal (84) hari

$$O = 10\% \times \text{Rp. } 2.115.883.122,10 = \text{Rp. } 211.588.312,21$$

Maka nilai *Overhead* hariannya adalah:

$$O = \text{Rp. } 211.588.312,21 : 84 = \text{Rp. } 2.518.908,479$$

Biaya langsung dari proyek dengan waktu pekerjaan normal adalah:

$$= 90\% \times \text{Rp. } 2.115.883.122,10 = \text{Rp. } 1.904.294.810$$

- ❖ Untuk waktu dipercepat (61) hari

Nilai *overhead* hariannya adalah :

$$O = \text{Rp. } 2.518.908,479 + (3/7 \times \text{Rp. } 2.518.908,479) = \text{Rp. } 3.598.440,684$$

Maka nilai *Overhead* total adalah

$$O = \text{Rp. } 3.598.440,684 \times 61 = \text{Rp. } 219.504.881,70$$

Biaya langsung dari proyek dengan waktu percepatan 3 jam

$$= \text{Rp. } 2.284.261.798,00 - \text{Rp. } 219.504.881,70 = \text{Rp. } 2.064.756.916,00$$

- ❖ Untuk waktu dipercepat (68) hari

Nilai *overhead* hariannya adalah :

$$O = \text{Rp. } 2.518.908,479 + (2/7 \times \text{Rp. } 2.518.908,479) = \text{Rp. } 3.238.596,61$$

Maka nilai *Overhead* total adalah

$$O = \text{Rp. } 3.238.596,61 \times 68 = \text{Rp. } 220.224.569,90$$

Biaya langsung dari proyek dengan waktu percepatan 2 jam

$$= \text{Rp. } 2.225.727.069,00 - \text{Rp. } 220.224.569,90 = \text{Rp. } 2.005.502.499,00$$

- ❖ Untuk waktu dipercepat (78) hari

Nilai *overhead* hariannya adalah :

$$O = \text{Rp. } 2.518.908,479 + (1/7 \times \text{Rp. } 2.518.908,479) = \text{Rp. } 2.878.752,547$$

Maka nilai *Overhead* total adalah

$$O = \text{Rp. } 2.878.752,547 \times 78 = \text{Rp. } 224.542.698,70$$

Biaya langsung dari proyek dengan waktu percepatan 1 jam

$$= \text{Rp. } 2.163.884.050,00 - \text{Rp. } 224.542.698,70 = \text{Rp. } 1.939.341.351,00$$

- ❖ Untuk waktu diperlambat selama (100) hari

Nilai *overhead* hariannya adalah :

$$O = \text{Rp. } 2.518.908,479 - (1/7 \times \text{Rp. } 2.518.908,479) = \text{Rp. } 2.159.064,411$$

Maka nilai *Overhead* total adalah

$$O = \text{Rp. } 2.159.064,411 \times 100 = \text{Rp. } 215.906.441$$

Biaya langsung dari proyek dengan waktu perlambatan 1 jam

$$= \text{Rp. } 2.057.399.796,65 - \text{Rp. } 215.906.441 = \text{Rp. } 1.841.493.355$$

- ❖ Untuk waktu diperlambat (120) hari

Nilai *overhead* hariannya adalah :

$$O = \text{Rp. } 2.518.908,479 - (2/7 \times \text{Rp. } 2.518.908,479) = \text{Rp. } 1.799.220,342$$

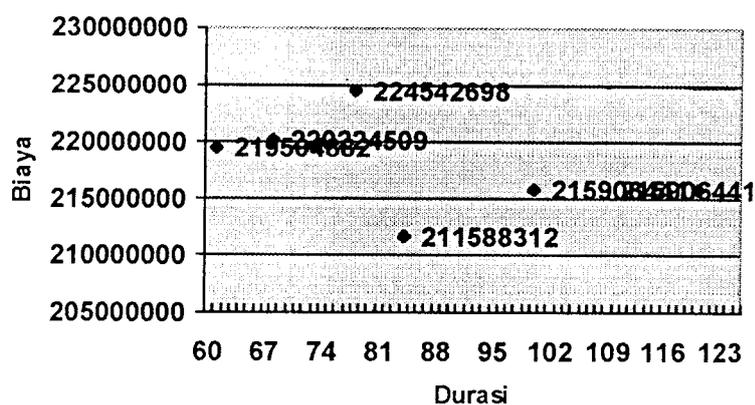
Maka nilai *Overhead* total adalah

$$O = \text{Rp. } 1.799.220,342 \times 120 = \text{Rp. } 215.906.441$$

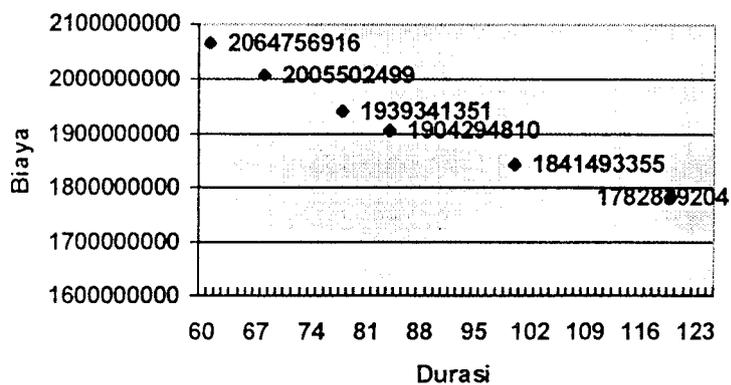
Biaya langsung dari proyek dengan waktu diperlambat 2 jam

$$= \text{Rp. } 1.998.745.645 - \text{Rp. } 215.906.441 = \text{Rp. } 1.782.839.204$$

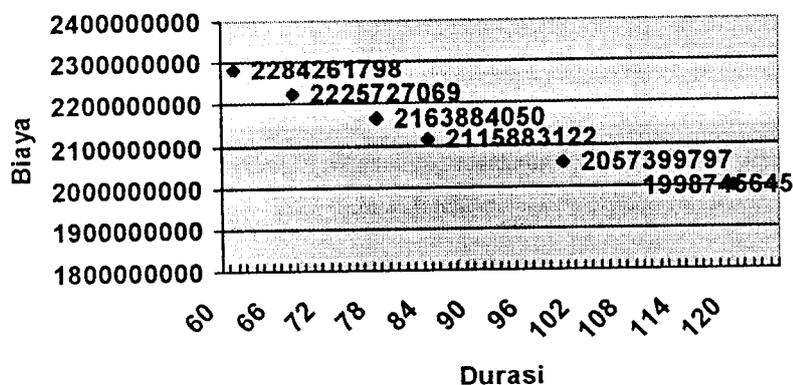
Dari analisis pada percepatan dan perlambatan waktu pada proyek tersebut maka dapat diaplikasikan kedalam grafik berikut ini :



Gambar 5.7 Grafik Biaya Tidak Langsung



Gambar 5.8 Grafik Biaya Langsung



Gambar 5.9 Grafik Biaya Total Proyek

5.4.3 Mempercepat Durasi Proyek Dengan Efisiensi Penggunaan Alat

Dari data yang diperoleh pada diagram balok maka proses pelaksanaan diramalkan berjalan selama 84 hari kerja. Namun perhitungan matematis tidak bisa menjamin 100% bahwa perhitungan tersebut adalah benar. Hal ini dikarenakan akan banyaknya faktor yang mempengaruhi proses pelaksanaan pekerjaan tersebut.

Oleh karena itu perlu dihitung kembali dengan menggunakan parameter lain, yaitu dengan mengatur efisiensi penggunaan alat agar didapat waktu dan biaya yang lebih optimal. Dari data pekerjaan diperoleh daftar peralatan seperti tertera dalam tabel 5.21

Tabel 5.21 Daftar Peralatan Pada Kondisi Normal

No	Nama Alat	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
I	Pasangan Batu Dengan Mortar			
1	Concrete Mixer	0,2917 jam	10.000,00	2.916,67
2	Alat Bantu	1,0000 Ls	1.000,00	1.000,00
II	Galian Biasa			
1	Excavator	0,0407 jam	100.000,00	4.066,81
2	Dump Truck	0,0761 jam	45.000,00	3.426,59

3	Alat Bantu	1,000 Ls	200,00	200,00
III	Lps Pond Agr Klas A			
1	Wheel Loader	0,0198 jam	100.000,00	1.975,31
2	Dump Truck	0,3067 jam	50.000,00	15.333,33
3	Motor Grader	0,0097 jam	80.000,00	777,78
4	Vibrator Roller	0,0148 jam	50.000,00	740,74
5	P. Tire Roller	0,0036 jam	80.000,00	284,44
6	Water Tank Truck	0,0233 jam	30.000,00	700,00
7	Alat Bantu	1,0000 Ls	50,00	50,00
IV	Lps Agr Pond Klas B			
1	Wheel Loader	0,0198 jam	100.000,00	1.975,31
2	Dump Truck	0,3244 jam	50.000,00	16.222,22
3	Motor Grader	0,0097 jam	80.000,00	777,78
4	Vibrator Roller	0,0148 jam	50.000,00	740,74
5	P. Tire Roller	0,0036 jam	80.000,00	284,44
6	Water Tank Truck	0,0233 jam	30.000,00	700,00
7	Alat Bantu	1,0000 Ls	250,00	250,00
V	Laston-Lapis Pondasi (AC-Base)			
1	Wheel Loader	0,0421 jam	100.000,00	4.206,68
2	AMP	0,0613 jam	750.000,00	46.000,00
3	Genset	0,0613 jam	25.000,00	1.533,33
4	Dump Truck	0,8529 jam	50.000,00	42.645,83
5	Asphalt Finisher	0,0767 jam	105.000,00	8.050,00
6	Tandem Roller	0,0381 jam	80.000,00	3.047,62
7	P. Tire Roller	0,0356 jam	80.000,00	2.844,44
8	Alat Bantu	1,0000 Ls	1.000,00	1.000,00
VI	Pasangan Batu			
1	Concrete Mixer	0,5778 jam	10.000,00	5.777,78
2	Water Tank Truck	0,0118 jam	30.000,00	355,00
3	Alat Bantu	1,0000 Ls	100,00	100,00

Sumber : Data Proyek

Pelaksanaan percepatan proyek dengan *cara Crash Program* dapat berdampak pada terjadinya kenaikan biaya proyek secara keseluruhan yang disebabkan adanya penambahan jumlah alat maupun tenaga akibat pengurangan durasi kerja. Apabila dalam percepatan proyek menyebabkan efisiensi kerja alat dan produktifitas tenaga kerja meningkat dan tidak ada penambahan alat, maka diperkirakan akan terjadi penurunan biaya.

Berikut adalah cara menghitung efisiensi kerja alat dan produktifitas tenaga kerja :

$$\begin{aligned} \text{Volume pekerjaan/ hari} &= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Jumlah hari}} \\ &= \frac{778,00 \text{ m}^3}{33 \text{ hari}} = 23,575758 \text{ m}^3 \sim 24 \text{ m}^3 \\ \text{Koefisien alat / hari} &= 0,2917 \text{ jam} \times 24 = 7,0008 \text{ jam} \\ \text{Waktu kerja/ hari} &= \frac{\text{Jumlah alat} \times 7 \text{ jam}}{\text{Koefisien alat/ hari}} = \frac{1 \text{ bh} \times 7 \text{ jam}}{7,0008} = 7 \text{ jam} \\ \text{Efisiensi kerja alat} &= \frac{\text{Koefisien alat/ hari}}{\text{Waktu kerja/ hari}} \times 100\% \\ &= \frac{7,0008}{7} \times 100\% = 100,01143\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan efisiensi kerja alat pada pekerjaan normal dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.22 Perhitungan Efisiensi Kerja Alat Pada Pekerjaan Pasangan Batu Dengan Mortar

No	Nama Alat	Koefisien kerja (jam/m ³)	Volume pekerjaan (m ³ /hr)	Koefisien kerja (jam/hari)	Waktu kerja (jam/hari)	Ef. & Prod. Kerja (%)
		A	B	C = A x B	D	E = C/D x 100%
1	Concrete Mixer	0.2917	24	7,0008	1 bh x 7 jam	100,01143
2	Alat bantu	1.0000	24	24,0000	18 bh x 7jam	19,04762
3	Pekerja	2.9167	24	70,0008	10 or x7 jam	100,01143
4	Tukang	0.5833	24	13,9992	2 or x 7 jam	99,99428
5	Mandor	0.2917	24	7,0008	1 or x 7 jam	100,01143

Tabel 5.23 Perhitungan Efisiensi Kerja Alat Pada Galian Biasa

No	Nama Alat	Koefisien kerja (jam/m ³)	Volume pekerjaan (m ³ /hr)	Koefisien kerja (jam/hari)	Waktu kerja (jam/hari)	Ef. & Prod. Kerja (%)
		A	B	C = A x B	D	E = C/D x 100%
1	Excavator	0,0407	172,13	7,0057	1 bh x 7 jam	100,08143
2	Dump Truck	0,0761	172,13	13,0991	1 bh x 7 jam	187,13000
3	Alat Bantu	1,0000	172,13	172,1300	6 bh x 7 jam	409,83333
4	Pekerja	0,1627	172,13	28,0055	4 or x 7 jam	100,0196
5	Mandor	0,0407	172,13	7,0057	1 or x 7 jam	100,0196

Dari data hasil analisis pada tabel 5.23 terlihat bahwa Dump Truck dan Alat bantu nilai efisiensi dan produktifitas diatas 100% itu berarti asumsi awal untuk penggunaan peralatan tidak memadai oleh karena itu untuk penggunaan Dump Truck dan Alat bantu perlu ditambah. Untuk perhitungan penambahan pada alat tersebut dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini :

$$DT = \frac{187,130}{100} = 1,8713 \sim 2 \text{ buah}$$

$$Ef = \frac{13,0991}{2 \times 7 \text{ jam}} \times 100\% = 93,565\%$$

$$AB = \frac{409,83333}{100} = 4,0983$$

Maka untuk penggunaan alat bantu = $4,0983 \times 6 = 24,59 \sim 25$ buah

$$Ef = \frac{172,130}{25 \times 7 \text{ jam}} \times 100\% = 98,36\%$$

Tabel 5.24 Perhitungan Efisiensi Kerja Alat Pada Lapis Pondasi Agregat Kelas A

No	Nama Alat	Koefisien kerja (jam/m ³)	Volume pekerjaan (m ³ /hr)	Koefisien kerja (jam/hari)	Waktu kerja (jam/hari)	Ef. & Prod. Kerja (%)
		A	B	C = A x B	D	E = C/D x 100%
1	Wheel Loader	0,0198	354,8	7,0250	1 bh x 7 jam	100,3571
2	Dump Truck	0,3067	354,38	108,8172	1 bh x 7 jam	1554,5314
3	Motor Grader	0,0097	354,38	3,4416	1 bh x 7 jam	49,1657
4	Vibrator Roller	0,0148	354,38	5,2510	1 bh x 7 jam	75,0143
5	P. Tire Roller	0,0036	354,38	1,2773	1 bh x 7 jam	18,2471
6	Water Tank Truck	0,0233	354,38	8,2668	1 bh x 7 jam	118,0971
7	Alat bantu	1,0000	354,38	354,38	7 bh x 7 jam	723,2244
8	Pekerja	0,1383	354,38	49,0688	7 or x 7 jam	100,1404
9	Mandor	0,0198	354,38	7,0250	1 or x 7 jam	100,3571

Dari data hasil analisis pada tabel 5.24 terlihat bahwa Dump Truck, Water Tank Truck, dan Alat bantu nilai efisiensi dan produktifitas diatas 100% itu berarti asumsi awal untuk penggunaan peralatan tidak memadai oleh karena itu untuk penggunaan Dump Truck, Water Tank Truck dan Alat bantu perlu ditambah. Untuk perhitungan penambahan pada alat tersebut dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini :

$$DT = \frac{1554,5314}{100} = 15,545314 \sim 16 \text{ buah}$$

$$Ef = \frac{108,8172}{16 \times 7 \text{ jam}} \times 100\% = 97,158\%$$

$$WTT = \frac{118,0971}{100} = 1,180971 \sim 2 \text{ buah}$$

$$Ef = \frac{8,2668}{2 \times 7 \text{ jam}} \times 100\% = 59,049\%$$

$$AB = \frac{723,2244}{100} = 7,232244$$

Maka untuk penggunaan Alat bantu = $7,232244 \times 7 = 50,63 \sim 51$ buah

$$Ef = \frac{354,38}{51 \times 7 \text{ jam}} \times 100\% = 99,266\%$$

Tabel 5.25 Perhitungan Efisiensi Kerja Alat Pada Lapis Pondasi Agregat Kelas B

No	Nama Alat	Koefisien kerja (jam/m ³)	Volume pekerjaan (m ³ /hr)	Koefisien kerja (jam/hari)	Waktu kerja (jam/hari)	Ef. & Prod. Kerja (%)
		A	B	C = A x B	D	E = C/D x 100%
1	Wheel Loader	0,0198	354,38	7,0250	1 bh x 7 jam	100,3571
2	Dump Truck	0,3244	354,38	114,9609	1 bh x 7 jam	1642,2982
3	Motor Grader	0,0097	354,38	3,4416	1 bh x 7 jam	49,1657
4	Vibrator Roller	0,0148	354,38	5,2510	1 bh x 7 jam	75,0143
5	P. Tire Roller	0,0036	354,38	1,2773	1 bh x 7 jam	18,2471
6	Water Tank Truck	0,0233	354,38	8,2668	1 bh x 7 jam	118,0971
7	Alat bantu	1,0000	354,38	354,38	7 bh x 7 jam	723,2244
8	Pekerja	0,1383	354,38	49,0688	7 or x 7 jam	100,1404
9	Mandor	0,0198	354,38	7,0250	1 or x 7 jam	100,3571

Dari data hasil analisis pada tabel 5.25 terlihat bahwa Dump Truck, Water Tank Truck, dan Alat bantu nilai efisiensi dan produktifitas diatas 100% itu berarti asumsi awal untuk penggunaan peralatan tidak memadai oleh karena itu untuk penggunaan Dump Truck, Water Tank Truck dan Alat bantu perlu ditambah. Untuk perhitungan penambahan pada alat tersebut dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini :

$$DT = \frac{1642,2982}{100} = 16,422982 \sim 17 \text{ buah}$$

$$Ef = \frac{114,9609}{17 \times 7 \text{ jam}} \times 100\% = 96,6058\%$$

$$WIT = \frac{118,0971}{100} = 1,180971 \sim 2 \text{ buah}$$

$$Ef = \frac{8,2668}{2 \times 7 \text{ jam}} \times 100\% = 59,049\%$$

$$AB = \frac{723,2244}{100} = 7,232244$$

Maka untuk penggunaan Alat bantu = $7,232244 \times 7 = 50,63 \sim 51 \text{ buah}$

$$Ef = \frac{354,38}{51 \times 7 \text{ jam}} \times 100\% = 99,266\%$$

Tabel 5.26 Perhitungan Efisiensi Kerja Alat Pada Laston-Lapis Pondasi (AC-BASE)

No	Nama Alat	Koefisien kerja (jam/m ³)	Volume pekerjaan (m ³ /hr)	Koefisien kerja (jam/hari)	Waktu kerja (jam/hari)	Ef. & Prod. Kerja (%)
		A	B	C = A x B	D	E = C/D x 100%
1	Wheel Loader	0,0421	114,13	4,8049	1 bh x 7 jam	68,6414
2	AMP	0,0613	114,13	6,9962	1 bh x 7 jam	99,9457
3	Genset	0,0613	114,13	6,9962	1 bh x 7 jam	99,9457
4	Dump Truck	0,8529	114,13	97,3415	1 bh x 7 jam	1390,5928
5	Asphalt Finisher	0,0767	114,13	8,7538	1 bh x 7 jam	125,0543
6	Tandem Roller	0,0381	114,13	4,3484	1 bh x 7 jam	62,1200
7	P. Tire Roller	0,0356	114,13	4,0630	1 bh x 7 jam	58,0428
8	Alat bantu	1,0000	114,13	114,13	9 bh x 7 jam	181,1587
9	Pekerja	0,4293	114,13	48,9960	7 or x 7 jam	99,9918
10	Mandor	0,0613	114,13	6,9962	1 or x 7 jam	99,9457

Dari data hasil analisis pada tabel 5.26 terlihat bahwa Dump Truck, Asphalt Finisher, dan Alat bantu nilai efisiensi dan produktifitas diatas 100% itu berarti asumsi awal untuk penggunaan peralatan tidak memadai oleh karena itu untuk penggunaan Dump Truck, Water Tank Truck dan Alat bantu perlu ditambah. Untuk perhitungan penambahan pada alat tersebut dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini :

$$DT = \frac{1390,5928}{100} = 13,9059 \sim 14 \text{ buah}$$

$$Ef = \frac{97,3415}{14 \times 7 \text{ jam}} \times 100\% = 99,328\%$$

$$AF = \frac{125,0543}{100} = 1,250543 \sim 2 \text{ buah}$$

$$Ef = \frac{8,7538}{2 \times 7 \text{ jam}} \times 100\% = 62,53\%$$

$$AB = \frac{181,1587}{100} = 1,8115 \sim 2$$

Maka untuk penggunaan Alat bantu = $2 \times 9 = 18$ buah

$$Ef = \frac{114,13}{18 \times 7 \text{ jam}} \times 100\% = 90,58\%$$

Tabel 5.27 Perhitungan Efisiensi Kerja Alat Pada Pasangan Batu

No	Nama Alat	Koefisien kerja (jam/m ³) A	Volume pekerjaan (m ³ /hr) B	Koefisien kerja (jam/hari) C = A x B	Waktu kerja (jam/hari) D	Ef. & Prod. Kerja (%) E = C/D x 100%
1	Concrete Mixer	0,5778	12,12	7,0029	1 bh x 7 jam	100,0414
2	Water Tank Truck	0,0118	12,12	0,1430	1 bh x 7 jam	2,0428
3	Alat bantu	1,0000	12,12	12,1200	18 bh x 7jam	9,6190

4	Pekerja	5,7778	12,12	70,0269	10 orx 7jam	100,0384
5	Tukang	1,1556	12,122	14,0058	2 or x 7 jam	100,0414
6	Mandor	0,5778	12,12	7,0029	1 or x 7 jam	100,0414

Dari data pada analisis efisiensi dan produktifitas pada pekerjaan normal terlihat bahwa efisiensi dan produktifitas dari alat pada proyek tersebut sudah maksimal yaitu rata-rata 100%. Oleh karena itu penggunaan peralatan untuk proyek tersebut sudah optimal, hal itu berarti bahwa proyek tersebut tidak memerlukan pergantian atau penambahan peralatan untuk mempercepat waktu pekerjaan.

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1 Analisis Biaya dan Waktu Proyek Normal

Waktu normal pelaksanaan proyek peningkatan jalan Propinsi di kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewah Yogyakarta adalah 84 hari, dengan biaya poyek sebesar Rp. 2.155.883.125,10. sedangkan biaya *overhead* Rp. 211.588.908,21 waktu pelaksanaannya dianggarkan selama 84 hari. Berarati biaya *Overhead* hariannya adalah sebesar Rp.2.518.908,479. Dengan demikian biaya langsung (*direct cost*) proyek adalah Rp. 1.904.294.810.

Waktu kegiatan (durasi) yaitu lamanya suatu kegiatan dapat diselesaikan, waktu yang tertera pada *time scedule* proyek yang dianggap waktu yang dialokasikan kontraktor untuk menyelesaikan proyek, suatu kegiatan ditentukan dalam hari. Waktu pelaksanaan, yaitu hari kalender yang dialokasikan untuk menyelesaikan proyek. Biaya kegiatan, yaitu biaya yang harus dikeluarkan untuk menyelesaikan kegiatan. Biaya kegiatan dari sebuah proyek terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. biaya langsung yaitu biaya yang dikeluarkan untuk pembayaran yang berkaitan langsung dengan kegiatan proyek tersebut. Seperti pembayaran untuk biaya meterial, alat, dan upah. Biaya tidak lansung (*Overhead*), yaitu biaya yang dikeluarkan pembayaran yang tidak berkaitan secara langsung dengan kegiatan proyek tersebut. Seperti administrasi kantor proyek, rekening listrik, telpon dll.

6.2 *Time-Cost Trade Off* untuk Analisis Biaya dan Waktu Proyek dengan Kerja Lembur

Dalam mempersiapkan biaya proyek perlu dilakukan survey dan pengkajian, penelitian terhadap faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penyelenggaraan proyek, yang berkaitan langsung maupun tidak langsung dengan pembiayaan. Penelitian yang dilakukan di maksud untuk mendapatkan informasi dan data tentang proyek secara langsung dengan teliti serta dalam penyusunan biaya di dapat perkiraan yang realistis. Bagi pemilik, jumlah perkiraan biaya akan menjadi salah satu patokan untuk menentukan kelanjutan investasi. Di pihak kontraktor sebagai bahan untuk mengajukan penawaran terhadap proyek yang ada jika terjadi pelelangan nantinya. Sedangkan untuk konsultan, angka perkiraan biaya diajukan kepada pemilik sebagai usulan biaya terbaik untuk berbagai kegunaan sesuai dengan perkembangan proyek.

Waktu sebagai unsur terpenting dan di kendalikan secara ketat di bandingkan dengan usaha lain. Semua unsur yang terlibat dalam pekerjaan utamanya dari usaha pengendalian, bahwa resiko dan konsekuensi yang berat jika mengabaikan waktu. Oleh karena itu pengendalian di maksud agar tidak menimbulkan masalah yang lebih besar akibat terdesaknya waktu. Pada perencanaan waktu dengan menggunakan metode *time-cost trade-off* menggunakan metode CPM harus di lakukan dengan hati-hati dan cermat. Karena dengan konsep penentuan waktu tunggal, apabila terjadi perbedaan yang jauh diantara waktu perencanaan dan waktu pelaksanaan, maka akan terjadi perubahan dari sistim penjadwalan yang direncanakan.

Dari hasil analisis yang kami lakukan pada proses percepatan dengan penambahan kerja lembur sebanyak 3 jam, 2 jam, dan 1 jam dari jam normal (7 jam

kerja), pekerjaan dapat di selesaikan lebih cepat dari pelaksanaan pekerjaan waktu normal. Hubungan antara waktu dan biaya total pada proyek seperti yang digambarkan pada gambar 5.9, menunjukkan bahwa pada pekerjaan normal yaitu 84 hari maka membutuhkan biaya total sebesar Rp.2.115.883.122, namun dengan adanya percepatan pekerjaan dengan penambahan jam kerja dapat dilihat perbandingannya sebagai berikut ini :

1. Untuk penambahan selama 3 jam/hari waktu pelaksanaan pekerjaan dapat dipercepat menjadi 61 hari. Dari percepatan waktu ini menyebabkan terjadinya peningkatan biaya total proyek menjadi Rp.2.284.261.798,00 .
2. Untuk penambahan selama 2 jam/hari waktu pelaksanaan pekerjaan dapat dipercepat menjadi 68 hari. Dari percepatan waktu ini menyebabkan terjadinya peningkatan biaya total proyek menjadi Rp.2.225.727.069,00 .
3. Untuk penambahan selama 1 jam/hari waktu pelaksanaan pekerjaan dapat dipercepat menjadi 78 hari. Dari percepatan waktu ini menyebabkan terjadinya peningkatan biaya total proyek menjadi Rp.2.163.884.050,00.

Dengan demikian asumsi awal bahwa biaya proyek untuk waktu yang dipercepat akan lebih besar dari pada biaya proyek untuk waktu normal terbukti.

Biaya langsung pada waktu percepatan mengalami penurunan hal ini dapat dilihat pada gambar 5.8. dimana terjadi peningkatan dari pekerjaan normal adalah Rp. 1.904.294.810,00 menjadi :

1. Untuk percepatan 61 hari biaya langsung proyek menjadi Rp.2.064.756.916,00
2. Untuk percepatan 68 hari biaya langsung proyek menjadi Rp.2.005.502.499,00

3. Untuk percepatan 78 hari biaya langsung proyek menjadi Rp.22.939.341.351,00

Untuk asumsi bahwa biaya tidak langsung akan mengalami penurunan apabila pekerjaan mengalami percepatan tidak terbukti. Karena setelah dilakukan analisis ternyata biaya tidak langsung dari waktu yang dipercepat mengalami kenaikan biaya secara tidak teratur dari biaya normal sebesar Rp.211.588.312,00 meningkat menjadi:

1. Untuk percepatan 61 hari biaya tidak langsung proyek adalah Rp.219.504.002,00
2. Untuk percepatan 68 hari biaya tidak langsung proyek adalah Rp.222.224.509,00
3. Untuk percepatan 68 hari biaya tidak langsung proyek adalah Rp.224.542.698,00

6.3 *Time-Cost Trade Off* untuk Analisis Biaya dan Waktu Proyek dengan Pengurangan Waktu Kerja

Dari hasil analisis yang kami lakukan pada proses perlambatan selama 2 jam, dan 1 jam dari jam normal (7 jam kerja), pekerjaan dapat di selesaikan lebih lambat dari pelaksanaan pekerjaan waktu normal. Hubungan antara waktu dan biaya total pada proyek seperti yang digambarkan pada gambar 5.9, menunjukkan bahwa pada pekerjaan normal yaitu 84 hari maka membutuhkan biaya total sebesar Rp.2.115.883.122, namun dengan adanya perlambatan pekerjaan dengan pengurangan jam kerja dapat dilihat perbandingannya sebagai berikut ini :

1. Untuk pengurangan selama 1 jam/hari waktu pelaksanaan pekerjaan dapat diperlambat menjadi 100 hari. Dari perlambatan waktu ini menyebabkan terjadinya penurunan biaya total proyek menjadi Rp.2.057.399.797,00

2. Untuk perlambatan selama 2 jam/hari waktu pelaksanaan pekerjaan dapat diperlambat menjadi 120 hari. Dari perlambatan waktu ini menyebabkan terjadinya pengurangan biaya total proyek menjadi Rp.1.998.745.645,00 .

Biaya langsung pada waktu perlambatan mengalami penurunan hal ini dapat dilihat pada gambar 5.8. dimana terjadi peningkatan dari pekerjaan normal adalah Rp. 1.904.294.810,00 menjadi :

1. Untuk perlambatan 100 hari biaya langsung proyek menjadi Rp.1.841.493.355,00
2. Untuk perlambatan 120 hari biaya langsung proyek menjadi Rp.1.782.829.204,00

Untuk asumsi bahwa biaya tidak langsung akan mengalami kenaikan apabila pekerjaan mengalami pelambatan terbukti. Karena setelah dilakukan analisis ternyata biaya tidak langsung dari waktu yang diperlambat mengalami kenaikan biaya dari biaya normal sebesar Rp.211.588.312,00 meningkat menjadi:

1. Untuk perlambatan 100 hari biaya tidak langsung proyek adalah Rp.215.906.441,00
2. Untuk perlambatan 120 hari biaya tidak langsung proyek adalah Rp.215.906.441,00

6.4 Analisis Biaya dan Waktu Proyek dengan Alat

Alat berat dalam proyek di gunakan untuk membantu tenaga kerja di lapangan. Dalam pemilihan alat-alat di lapangan ada beberapa faktor yang perlu dikaji :

1. Keadaan tanah di lokasi, lunak, keras atau berbatu

2. Keadaan iklim, kering atau hujan atau salju.
3. Topografi, tanah datar, rata, miring atau berbukit, dan lain-lain.
4. Jenis kegiatan (pengerjaan tanah, saluran, mengangkat, mengangkut, pengerukan dan lain-lain)
5. Jumlah atau volume, berat material dan peralatan yang perlu diangkat atau diangkat.

Untuk meningkatkan hasil pekerjaan dengan waktu penyelesaian tetap atau untuk mempercepat penyelesaian suatu pekerjaan dapat dilakukan dengan cara penambahan atau penggantian alat. Pada penambahan atau penggantian alat perlu dipertimbangkan tentang kapasitas alat dengan volume pekerjaan dari alat tersebut.

Menambah peralatan dari jumlah yang telah digunakan dalam suatu proyek akan meningkatkan daya kerja dan kecepatan kerja sehingga waktu pelaksanaan dapat dipersingkat. Untuk mengatur jenis dan jumlah alat yang dipakai sehingga dapat diperoleh efisiensi yang tinggi, maka perlu mengetahui dan memperhitungkan hal-hal pokok yang diperhatikan antara lain :

1. Kapasitas alat tersebut dengan volume pekerjaan
2. Kapasitas alat sesuai dengan alat lain (karena merupakan tim)
3. Sedapat mungkin dapat dihindari ada alat yang menganggur karena harus menunggu.
4. Jika terpaksa ada alat yang menganggur, diusahakan alat yang paling murah biayanya atau multi fungsi, sehingga dapat melakukan pekerjaan lain.
5. Alat yang dipakai berpengaruh terhadap alat lain dalam tim.

Pada hasil analisis yang dilakukan pada durasi normal proyek yaitu selama 84 hari, efisiensi dan produktifitas alat sudah optimal sehingga percepatan waktu dengan penambahan atau penggantian peralatan tidak perlu lagi dilakukan.

Kesimpu

Dalan

enggunakan

ningkatan j

1. Dalam

dapat :

19,047

6,703%

2. Dalam

dan 2 j

dan 5,

mengal

3. Penggu

optimal

penamt

7.2 Saran

1. Perencanaan penjadwalan dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan cara CPM menghasilkan kemajuan proyek yang cukup signifikan, namun sebaiknya untuk mendapatkan biaya dan waktu yang lebih efisien, perlu kiranya untuk digunakan metode yang lain, misalnya dengan metode PERT atau PDM.
2. Dalam perencanaan penambahan atau penggantian alat hendaknya dikaji ulang tentang efisiensi dan produktifitasnya, agar tidak terjadi penurunan efisiensi dan produktifitas alat.
3. Sebaiknya dicari biaya optimal dari proyek tersebut dengan cara lain seperti penggantian *shift* kerja agar diperoleh durasi optimal dan biaya yang minimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Hariyanto, B, (2002), PERENCANAAN WAKTU DAN BIAYA PROYEK KONSTRUKSI DENGAN METODE *TRADE OFF*. Tesis Magister Teknik Sipil UII Yogyakarta.
- Yunanto, E dan Eridani, Z, (2000), OPTIMASI *CRASH PROGRAM* PADA CPM DENGAN METODE JALUR KRITIS. Tugas Akhir Teknik Sipil UII Yogyakarta.
- Nugroho, F dan Erkhamni, B, (2002), *CRASH PROGRAM* PADA PROYEK JALAN DENGAN METODE PDM DAN ALAT BANTU *PRIMAVERA*. Tugas Akhir Teknik Sipil UII, Yogyakarta.
- Soeharto, I, (1997), MANAJEMEN PROYEK Dari Konseptual Sampai Operasional. Erlangga.
- Purnomo dan Sutrisno, A, (2000), OPTIMASI *CRASH PROGRAM* DENGAN CPM PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KANTOR BRI BANTUL. Tugas Akhir Teknik Sipil UII, Yogyakarta.
- Chandra, T. R, (2001), OPTIMASI PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG BRI BANTUL DENGAN MENGGUNAKAN *ALGORITMA GENETIK*. Tugas Akhir Teknik Sipil UII, Yogyakarta.

CV. HIDAYAH

Bank: BPD Cab Sleman

Alamat : Jl. Gejayan CT X/ 09 Deresan Depok Sleman Yogyakarta
Telepon (0274) 584469

DAFTAR KUANTITAS DAN HARGA

Proyek : Peningkatan Jalan Propinsi Di Kabupaten Kulonprogo
Pekerjaan : Peningkatan Jalan Tegalsari - Siluwok (Temon) sepanjang 2.40 Km
Propinsi : D.I. Yogyakarta
Nama Penawar : CV. HIDAYAH

Mata Pembayaran	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
1	2	3	4	5	6
Divisi 1	Umum				
1.2	Mobilisasi	Ls	1.00	14,055,000.00	14,055,000.00
1.2.(1)	Pembongkaran dan pemasangan kembali tiang listrik : 9 bh dan skor : 3 bh	Ls	1.00	32,000,000.00	32,000,000.00
1.2.(2)	Pembongkaran dan pemasangan kembali pipa air minum	Ls	1.00	5,000,000.00	5,000,000.00
1.2.(3)	Lampu Penerangan Jalan	Titik	1.00	2,500,000.00	2,500,000.00
Jumlah Harga Penawaran Divisi 1 (Masuk Pada Rekapitulasi Daftar Kuantitas dan Harga)					53,555,000.00
Divisi 2	Drainase				
2.1	Galian untuk selokan dan Saluran Air	M3	1,092.00	8,954.00	9,777,768.00
2.2	Pasangan Batu dengan Mortar	M3	778.00	185,221.00	144,101,938.00
Jumlah Harga Penawaran Divisi 2 (Masuk Pada Rekapitulasi Daftar Kuantitas dan Harga)					153,879,706.00
Divisi 3	Pekerjaan Tanah				
3.1.(1)	Galian Biasa	M3	20,620.00	8,954.00	184,631,480.00
3.1.(2)	Galian Batu/Cadas	M3	1,835.00	14,685.00	26,946,975.00
3.2.(1)	Timbunan Biasa	M3	3,470.00	19,437.00	67,446,390.00
3.2.(2)	Timbunan Pilihan	M3	150.00	41,383.00	6,207,450.00
3.3	Penyiapan Badan Jalan	M2	6,850.00	938.00	6,425,300.00
Jumlah Harga Penawaran Divisi 3 (Masuk Pada Rekapitulasi Daftar Kuantitas dan Harga)					291,657,595.00
Divisi 5	Perkerasan Berbutir				
5.1.(1)	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M3	2,565.00	94,817.00	243,205,605.00
5.1.(2)	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	M3	1,370.00	89,414.00	122,497,180.00
Jumlah Harga Penawaran Divisi 5 (Masuk Pada Rekapitulasi Daftar Kuantitas dan Harga)					365,702,785.00
Divisi 6	Perkerasan Aspal				
6.1.(1)	Lapis Resap Pengikat	Liter	10,250.00	2,822.00	28,925,500.00
6.1.(2)	Lapis Perekat	Liter	195.00	3,212.00	626,340.00
6.3.(7)	Laston - Lapis Pondasi (AC-Base)	M3	660.00	654,022.00	431,654,520.00
Jumlah Harga Penawaran Divisi 6 (Masuk Pada Rekapitulasi Daftar Kuantitas dan Harga)					461,206,360.00
Divisi 7	Struktur				
7.1.(5)	Beton K-250	M3	27.00	416,153.00	11,236,131.00
7.3.(1)	Baja Tulangan U24 Polos	Kg	2,700.00	8,085.00	21,829,500.00
7.9	Pasangan Batu	M3	3,087.00	180,782.00	558,074,034.00
7.15.(1)	Pembongkaran Pasangan Batu	M3	32.00	20,000.00	640,000.00
Jumlah Harga Penawaran Divisi 7 (Masuk Pada Rekapitulasi Daftar Kuantitas dan Harga)					591,779,665.00
Divisi 8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor				
8.4.(2)	Patok Pengarah	Bh	50.00	100,000.00	5,000,000.00
8.4.(7)	Rel Pengaman	M'			
Jumlah Harga Penawaran Divisi 8 (Masuk Pada Rekapitulasi Daftar Kuantitas dan Harga)					5,000,000.00
Divisi 9	Pekerjaan Harian				
9.1	Mandor	Jam	12.00	3,000.00	36,000.00
9.2	Pekerja Biasa	Jam	49.00	2,000.00	98,000.00
9.3	Tukang Kayu, Tukang Batu, dsb	Jam	30.00	2,500.00	75,000.00
9.4	Dump Truk Kapasitas 3 - 4 M3	Jam	12.00	45,000.00	540,000.00
9.10	Track Loader, kap. 1.0 - 1.6 hp	Jam			
Jumlah Harga Penawaran Divisi 9 (Masuk Pada Rekapitulasi Daftar Kuantitas dan Harga)					749,000.00

KONTRAKTOR BANGUNAN DAN BIRO TEKNIK

CV. HIDAYAH

Bank: BPD Cab Sleman

Alamat : Jl. Gejayan CT X/ 09 Deresan Depok Sleman Yogyakarta
Telepon (0274) 584469

Proyek : Peningkatan Jalan Propinsi Di Kabupaten Kulonprogo
Pekerjaan : Peningkatan Jalan Tegalsari - Siluwok (Temon) sepanjang 2.40 Km
Nama Penawar : CV. HIDAYAH

Lampiran 3 Penawaran
DAFTAR HARGA SATUAN DASAR

No	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN/ KAPASITAS
A	TENAGA			
1	Mandor (L03)	Jam	3,000.00	
2	Tukang Batu/Kayu/Besi (L02)	Jam	2,500.00	
3	Pekerja (L01)	Jam	2,000.00	
1 HARI = 7 JAM EFEKTIF (8 JAM - 1 JAM ISTIRAHAT) (1 MINGGU = 6 HARI KERJA) 1 BULAN = 25 HARI KERJA				
B	BAHAN			
1	Batu (M02)	M3	23,000.00	Lokasi pekerjaan
2	Semen (PC) (M13)	Zak	24,000.00	Lokasi pekerjaan
3	Semen (PC) (M12)	Kg	600.00	Lokasi pekerjaan
4	Pasir (M01)	M3	25,000.00	Lokasi pekerjaan
5	Material Timbunan (M14)	M3	10,000.00	Lokasi pekerjaan
6	Material Pilihan (M15)	M3	25,000.00	Lokasi pekerjaan
7	Agregat Kelas A (M26)	M3	55,000.00	Base Camp
8	Agregat Kelas B (M27)	M3	50,000.00	Base Camp
9	Aspal (M10)	Kg	2,400.00	Base Camp
10	Kerosene (M11)	Liter	1,000.00	Base Camp
11	Agregat Kasar (M03)	M3	60,000.00	Base Camp
12	Agregat Halus (M04)	M3	70,000.00	Base Camp
13	Filler (M05)	Kg	200.00	Base Camp
14	Batu split 1/2 (M08)	M3	55,000.00	Lokasi pekerjaan
15	Kayu Perancah (M25)	M3	575,000.00	Lokasi pekerjaan
16	Paku (M24)	Kg	5,000.00	Lokasi pekerjaan
17	Besi Beton (M19)	Kg	5,000.00	Lokasi pekerjaan
18	Kawat Beton (M20)	Kg	5,000.00	Lokasi pekerjaan
1 HARI = 7 JAM EFEKTIF (8 JAM - 1 JAM ISTIRAHAT) (1 MINGGU = 6 HARI KERJA) 1 BULAN = 25 HARI KERJA				

CV. HIDAYAH
DERESAN KAB. SLEMAN
YOGYAKARTA

Proyek : Peningkatan Jalan Propinsi Di Kabupaten Kulonprogo
 Pekerjaan : Peningkatan Jalan Tegalsari - Siluwok (Temon) sepanjang 2.40 Km
 Nama Penawar : CV. HIDAYAH

Lampiran 3 Penawaran
DAFTAR HARGA SATUAN DASAR

No	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN/ KAPASITAS
C	A L A T			
1	Asphalt Mixing Plant (E01)	Jam	750,000.00	50 Ton/Jam
2	Asphalt Finisher (E02)	Jam	105,000.00	50 Ton/Jam
3	Asphalt Sprayer (E03)	Jam	25,000.00	800 Ltr
4	Concrete Vibrator (E20)	Jam	7,500.00	
5	Compressor (E05)	Jam	30,000.00	4000-6000 L/M
6	Concrete Mixer (E06)	Jam	10,000.00	500 Liter
7	Dump Truck (E08)	Jam	45,000.00	4 M3
8	Dump Truck (E09)	Jam	50,000.00	12 Ton
9	Excavator (E10)	Jam	100,000.00	80 - 140 HP
10	Flat Bed Truck	Jam	25,000.00	4 M3
11	Generator Set (E12)	Jam	25,000.00	200 KW
12	Motor Grader (E13)	Jam	80,000.00	110 HP
13	Wheel Loader (E15)	Jam	100,000.00	1,0 - 1,6 M3
14	Three Wheel Roller	Jam	35,000.00	6 - 8 Ton
15	Tandem Roller (E17)	Jam	80,000.00	6 - 8 Ton
16	Pneumatic Tired Roller (E18)	Jam	80,000.00	8 - 10 Ton
17	Vibratory Roller (E19)	Jam	50,000.00	5 - 8 Ton
19	Water Tank Truck (E23)	Jam	30,000.00	3000-4500 L
20	Stone Crusher	Jam	110,000.00	50 Ton/Jam
21	Bulldoser	Jam	100,000.00	110 HP

1 HARI = 7 JAM EFEKTIF (8 JAM - 1 JAM ISTIRAHAT) (1 MINGGU = 6 HARI KERJA) 1 BULAN = 25 HARI KERJA

Catatan :

- Satuan agar digunakan Jam Kerja untuk Tenaga dan Alat, Volume atau Berat untuk Bahan.
- Harga Satuan Dasar untuk alat sudah termasuk bahan bakar, barang habis pakai dan Operator.
- Harga Satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayarkan dari Kontrak), dan biaya - biaya lainnya
- Penawar diharuskan untuk melengkapi komponen pada Uraian dan Satuan Bentuk ini sesuai dengan Spesifikasi, Gambar & Metode Pelaksanaannya.
- Harga satuan di atas harus sama dengan harga satuan dasar pada Analisa Harga Satuan Mata Pembayaran Utama (Lampiran 2.(c) Penawaran)

Yogyakarta, 10 September 2002

Penawar,
 CV. HIDAYAH

CV. HIDAYAH
 DESA... KAB. SLEMAN
 YOGYAKARTA

Dra. NOOR HIDAYATI
 Direktris

Pasangan Batu dengan Mortar

Proyek : Peningkatan Jalan Propinsi Di Kabupaten Kulonprogo
 Pekerjaan : Peningkatan Jalan Tegalsari - Siluwok (Temon) sepanjang 2.40 Km
 No. Mata Pembayaran : 2.2
 Perkiraan Kuantitas : 778.00 M3
 Jam kerja efektif per-hari (Tk) : 7.00 jam
 Kondisi Lokasi : Sedang

Penentuan Koefisien masing-masing komponen

I. Komponen Alat

a. Concrete Mixer

Kapasitas Alat	V	=	500.00 liter
Faktor efisiensi alat	Fa	=	0.80
Waktu siklus			
- memuat		=	2.00 menit
- mengaduk		=	3.00 menit
- menuang		=	1.00 menit
- tunggu		=	1.00 menit
	Ts1	=	7.00 menit
Kapasitas Produksi : $V \times Fa \times 60$		=	500.00 x 0.80 x 60.00
	$1000 \times Ts1$	=	1,000.00 x 7.00
	Q1	=	3.43 M3/jam
Koefisien alat/ M3 = 1 : Q1		=	0.2917 jam

II. Komponen Material

Berdasarkan spesifikasi kebutuhan material untuk 1 m3 pasangan batu membutuhkan material sebagai berikut :

- Batu	(M02)	=	1.0800 m3
- Semen (PC)	(M18)	=	5.0400 zak
- Pasir	(M01)	=	0.4200 m3

III. Komponen Upah

Setiap unit Concrete Mixer dilayani oleh 1 group mandor dengan komposisi tenaga sebagai berikut :

Produksi perhari diambil berdasarkan kapasitas concrete mixer	Q1	=	3.43 m3/jam
Produksi Pasangan / hari : Tk x Q1	Qt	=	24.00 m3/hari
Kebutuhan Tenaga :			
- Mandor	M	=	1.00 orang
- Tukang Batu	Tb	=	2.00 orang
- Pekerja	P	=	10.00 orang

Koefisien tenaga / M3

- Mandor	= (Tk x M) : Qt	(L03)	=	0.2917 jam
- Tukang batu	= (Tk x Tb) : Qt	(L02)	=	0.5833 jam
- Pekerja	= (Tk x P) : Qt	(L01)	=	2.9167 jam

Menentukan waktu penyelesaian

Perkiraan kuantitas	=	778 m3
Kapasitas produksi 1 set	=	24.000 m3/hari
Untuk menyelesaikan pekerjaan, 1 set alat-alat memerlukan waktu :		
	=	778 / 24
	=	32.42 hari

Dikerjakan dengan 1 set, dibutuhkan waktu = 33.00 hari


 PT. RUDAN
 PERUSAHAAN KAS NEGERI
 YOGYAKARTA

Koefisien tenaga / M3

- Pekerja	= (Tk x P) : Qt	(L01)	=	0.1627 jam
- Mandor	= (Tk x M) : Qt	(L03)	=	0.0407 jam

Penentuan waktu penyelesaian :

Perkiraan kuantitas = 20,620.00 m³

Kapasitas produksi 1 set = 172.13 m³/hari

Untuk menyelesaikan pekerjaan, 3 set alat-alat memerlukan waktu :

$$= 20,620.00 / 172.13 \times 3.00$$

$$= 39.93 \text{ hari}$$

Dikerjakan dengan 3 set alat, dibutuhkan waktu = 40.00 hari

Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Proyek : Peningkatan Jalan Provinsi Di Kabupaten Kulonprogo
 Pekerjaan : Peningkatan Jalan Tegalsari - Siluwok (Temon) sepanjang 2.40 Km
 No. Mata Pembayaran : 5.1.(1)
 Perkiraan Kuantitas : 2,565.00 m³
 Kondisi Lokasi : Sedang
 Jarak rata-2 base camp ke lokasi pekerjaan L : 30.00 Km
 Tebal lapis agregat padat t : 0.20 M
 Faktor kembang materail Fk : 1.20 -
 Jam kerja efektif pr-hari Tk : 7.00 Jam

Penentuan Koefisien masing-masing komponen

I. Komponen Alat**a. Wheel Loader**

Kapasitas Bucket V = 1.50 m³

Faktor Bucket Fb = 0.90

Faktor Efisiensi Alat Fa = 0.75

Waktu Siklus (Ts1)

- Muat T1 = 0.50 menit

- Lain-lain T2 = 0.50 menit

Ts1 = 1.00 menit

$$\text{Kapasitas Produksi} = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts1 \times Fk} = \frac{1.50 \times 0.90 \times 0.75 \times 60.00}{1.00 \times 1.2}$$

Q1 = 50.63 m³/jam

Koefisien alat / M3 = 1 : Q1 = 0.0198 jam

b. Dump Truck

Kapasitas bak V = 6.00 M³

Faktor efisiensi alat Fa = 0.75

Kecepatan rata-2 bermuatan v1 = 50.00 Km/jam

Kecepatan rata-2 kosong v2 = 60.00 Km/jam

Waktu siklus (Ts2) :

- waktu tempuh isi = (L : v1) x 60 = 36.00 menit

- waktu tempuh kos = (L : v2) x 60 = 30.00 menit

- lain-lain = 3 menit

69.00 menit

$$\text{Kapasitas Produksi} = \frac{V \times Fa \times 60}{Ts2 \times Fk} = \frac{6.00 \times 0.75 \times 60.00}{69 \times 1.2}$$

Q2 = 3.26 m³/jam

Koefisien alat / M3 = 1 : Q2 = 0.3067 jam

c. Motor Grader

Panjang hamparan	Lh	=	50.00 M			
Lebar efektif kerja blade	b	=	2.40 M			
Faktor efisiensi alat	Fa	=	0.75			
Kecepatan rata-2 alat	v	=	4.00 Km/Jam			
Jumlah lintasan	n	=	6.00 lintasan			
Waktu siklus (Ts3)						
- Perataan 1 kali lintasan = Lh:(vx1000)x60		=	0.75 menit			
- Lain-lain		=	1.00 menit			
	Ts3	=	1.75 menit			
Kapasitas Produksi	$\frac{Lh \times b \times t \times Fa \times 60}{n \times Ts3}$	=	$50.00 \times \frac{2.40}{6} \times \frac{0.20}{1.75} \times 0.75 \times 60$			
	Q3	=	102.86 m3/jam			
Koefisien alat / M3 = 1 : Q3		=	0.0097 jam			

d. Vibrator Roller

Lebar Efektif Pemadatan	b	=	1.20 M			
Kecepatan rata-rata	v	=	3.00 Km/jam			
Jumlah lintasan	n	=	8.00 Lintasan			
Effisiensi alat	Fa	=	0.75			
Kapasitas Produksi	$\frac{v \times 1000 \times b \times t \times Fa}{n}$	=	$3,000.00 \times \frac{1.20}{8} \times 0.20 \times 0.75$			
	Q4	=	67.50 m3/jam			
Koefisien alat / M3 = 1 : Q4		=	0.0148 jam			

e. Pneumatic Tire Roller

Lebar Efektif Pemadatan	b	=	1.50 M			
Kecepatan rata-rata	v	=	5.00 Km/jam			
Jumlah lintasan	n	=	4.00 Lintasan			
Effisiensi alat	Fa	=	0.75			
Kapasitas Produksi	$\frac{v \times 1000 \times b \times t \times Fa}{n}$	=	$5,000.00 \times \frac{1.50}{4} \times 0.20 \times 0.75$			
	Q5	=	281.25 m3/jam			
Koefisien alat / M3 = 1 : Q5		=	0.0036 jam			

f. Water Tank Truck

Volume tangki	v	=	4.00 m3			
Kebutuhan air / M3 material padat	Wc	=	0.07 M3			
Pengisian Tangki / jam	n	=	1.00 kali			
Faktor efisiensi alat	Fa	=	0.75			
Kapasitas Produksi	$\frac{v \times n \times Fa}{Wc}$	=	$4.00 \times \frac{1.00}{0.07} \times 0.75$			
	Q6	=	42.86 m3/jam			
Koefisien alat / M3 = 1 : Q6		=	0.0233 jam			

f. Alat Bantu

Diperlukan ala-alat bantu kecil

- Kereta dorong = 2 buah
- Sekop = 3 buah
- Garpu = 2 buah

II. Komponen Material

- Material Agregat Klas A (M26) = 1.2000 m3

III. Komponen Upah

Produksi per hari diambil berdasarkan kapasitas Wheel Loader	Q1	=	50.63 m3/jam
Produksi Agregat per hari = Tk x Q1	Qt	=	354.38 m3/hari
Kebutuhan tenaga :			
- Pekerja	P	=	7.00 orang
- Mandor	M	=	1.00 orang

Koefisien Tenaga/ M3 :

$$\begin{aligned} - \text{Pekerja} &= (T_k \times P) : Q_t & L.01 &= 0.1383 \text{ jam} \\ - \text{Mandor} &= (T_k \times M) : Q_t & L.03 &= 0.0198 \text{ jam} \end{aligned}$$

Penentuan waktu penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan kuantitas} &= 2,565.00 \text{ m}^3 \\ \text{Kapasitas produksi 1 set} &= 354.38 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Untuk menyelesaikan pekerjaan, 1 set alat-alat memerlukan waktu :} &= 2,565 / 354.38 \\ &= 7.24 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\text{Dikerjakan dengan 1 set alat, dibutuhkan waktu} = 8.00 \text{ hari}$$

LAPIS PONDASI AGREGAT KLAS B

Proyek	:	Peningkatan Jalan Propinsi Di Kabupaten Kulonprogo
Pekerjaan	:	Peningkatan Jalan Tegalsari - Siluwok (Temon) sepanjang 2.40 Km
No. Mata Pembayaran	:	5.1.(2)
Perkiraan Kuantitas	:	1,370.00 m ³
Kondisi Lokasi	:	Sedang
Jarak rata-2 base camp ke lokasi pekerjaan	L :	30.00 Km
Tebal lapis agregat padat	t :	0.20 M
Faktor kembang materail	Fk :	1.20 -
Jam kerja efektif pr-hari	Tk :	7.00 Jam

Penentuan Koefisien masing-masing komponen

I. Komponen Alat

a. Wheel Loader

Kapasitas Bucket	V	=	1.50 m ³
Faktor Bucket	Fb	=	0.90
Faktor Efisiensi Alat	Fa	=	0.75
Waktu Siklus (Ts1)			
- Muat	T1	=	0.50 menit
- Lain-lain	T2	=	0.50 menit
	Ts1	=	1.00 menit
Kapasitas Produksi	$\frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts1 \times Fk}$	=	$\frac{1.50 \times 0.90 \times 0.75 \times 60.00}{1.00 \times 1.2}$
Koefisien alat/M3 = 1 : Q1	Q1	=	50.63 m ³ /jam
		=	0.0198 jam

b. Dump Truck

Kapasitas bak	V	=	6.00 M ³
Faktor efisiensi alat	Fa	=	0.75
Kecepatan rata-2 bermuatan	v1	=	45.00 Km/jam
Kecepatan rata-2 kosong	v2	=	60.00 Km/jam
Waktu siklus (Ts2) :			
- waktu tempuh isi	$(L : v1) \times 60$	=	40.00 menit
- waktu tempuh kosong	$(L : v2) \times 60$	=	30.00 menit
- lain-lain		=	3 menit
		=	73.00 menit
Kapasitas Produksi	$\frac{V \times Fa \times 60}{Ts2 \times Fk}$	=	$\frac{6.00 \times 0.75 \times 60.00}{73 \times 1.2}$
Koefisien alat / M3 = 1 : Q2	Q2	=	3.08 m ³ /jam
		=	0.3244 jam

c. Motor Grader

Panjang hamparan	Lh	=	50.00 M				
Lebar efektif kerja blade	b	=	2.40 M				
Faktor efisiensi alat	Fa	=	0.75				
Kecepatan rata-2 alat	v	=	4.00 Km/Jam				
Jumlah lintasan	n	=	6.00 lintasan				
Waktu siklus (Ts3)							
- Perataan 1 kali lintasan = Lh:(v x 1000) x 60		=	0.75 menit				
- Lain-lain		=	1.00 menit				
	Ts3	=	1.75 menit				
Kapasitas Produksi	$\frac{Lh \times b \times t \times Fa \times 60}{n \times Ts3}$	=	$50.00 \times \frac{2.40 \times 0.20 \times 0.75 \times 60}{6 \times 1.75}$				
	Q3	=	102.86 m3/jam				
Koefisien alat / M3 = 1 : Q3		=	0.0097 jam				

d. Vibrator Roller

Lebar Efektif Pemadatan	b	=	1.20 M				
Kecepatan rata-rata	v	=	3.00 Km/jam				
Jumlah lintasan	n	=	8.00 Lintasan				
Effisiensi alat	Fa	=	0.75				
Kapasitas Produksi	$\frac{v \times 1000 \times b \times t \times Fa}{n}$	=	$\frac{3,000.00 \times 1.20 \times 0.20 \times 0.75}{8}$				
	Q4	=	67.50 m3/jam				
Koefisien alat / M3 = 1 : Q4		=	0.0148 jam				

e. Pneumatic Tire Roller

Lebar Efektif Pemadatan	b	=	1.50 M				
Kecepatan rata-rata	v	=	5.00 Km/jam				
Jumlah lintasan	n	=	4.00 Lintasan				
Effisiensi alat	Fa	=	0.75				
Kapasitas Produksi	$\frac{v \times 1000 \times b \times t \times Fa}{n}$	=	$\frac{5,000.00 \times 1.50 \times 0.20 \times 0.75}{4}$				
	Q5	=	281.25 m3/jam				
Koefisien alat / M3 = 1 : Q5		=	0.0036 jam				

f. Water Tank Truck

Volume tangki	v	=	4.00 m3				
Kebutuhan air / M3 material padat	Wc	=	0.07 M3				
Pengisian Tangki / jam	n	=	1.00 kali				
Faktor efisiensi alat	Fa	=	0.75				
Kapasitas Produksi	$\frac{v \times n \times Fa}{Wc}$	=	$\frac{4.00 \times 1.00 \times 0.75}{0.07}$				
	Q6	=	42.86 m3/jam				
Koefisien alat / M3 = 1 : Q6		=	0.0233 jam				

f. Alat Bantu

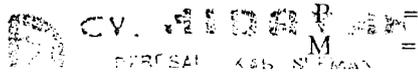
- Diperlukan ala-alat bantu kecil
- Kereta dorong = 2 buah
 - Sekop = 3 buah
 - Garpu = 2 buah

II. Komponen Material

- Material Agregat Klas B (M27) = 1.2000 m3

III. Komponen Upah

Produksi per hari diambil berdasarkan kapasitas Wheel Load	Q1	=	50.63 m3/jam
Produksi Agregat per hari = Tk x Q1	Qt	=	354.38 m3/hari
Kebutuhan tenaga :			
- Pekerja		=	7.00 orang
- Mandor		=	1.00 orang



Koefisien Tenaga / M3 :

- Pekerja	= (Tk x P) : Qt	L.01	=	0.1383 jam
- Mandor	= (Tk x M) : Qt	L.03	=	0.0198 jam

Penentuan waktu penyelesaian :

Perkiraan kuantitas	=	1,370.00 m3
Kapasitas produksi 1 set	=	354.38 m3/hari
Untuk menyelesaikan pekerjaan, 1 set alat-alat memerlukan waktu :	=	1,370 / 354.38
	=	3.87 hari

Dikerjakan dengan 1 set alat, dibutuhkan waktu = 4.00 hari

Laston - Lapis Pondasi (AC-Base)

Proyek	:	Peningkatan Jalan Propinsi Di Kabupater, Kulonprogo
Pekerjaan	:	Peningkatan Jalan Tegalsari - Siluwok (Temon) sepanjang 2.40 Km
No. Mata Pembayaran	:	6.3.(7)
Perkiraan Kuantitas	:	660.00 M3
Kondisi Lokasi	:	Sedang

Jarak rata-2 base camp ke lokasi pekerjaan	L	:	30.00 Km
Tebal lapis AC padat	t	:	0.05 M
Faktor kembang material			
- Agregat	Fh1	:	1.10
- Aspal	Fh2	:	1.05
Jam kerja efektif pr-hari	Tk	:	7.00 Jam

Komposisi campuran AC (spesifikasi) :

- Coarse Agregat	40 - 60 %	:	50.00 % (CA)
- Fine Agregat	26 - 49.5%	:	38.00 % (FA)
- Fraksi Filler	4.5-7.5 %	:	5.50 % (FF)
- Asphalt	6 %	:	6.50 % (As)

Berat Jenis bahan :

- A C	D1	:	2.30 ton/m3
- Agregat	D2	:	1.80 ton/m3
- Filler	D3	:	2.00 ton/m3
- Asphalt	D4	:	1.03 ton/m3

Penentuan Koefisien masing-masing komponen

I. Komponen Alat

a. Wheel Loader

Kapasitas Bucket	V	=	1.50 m3
Faktor Bucket	Fb	=	0.90
Faktor Efisiensi Alat	Fa	=	0.75

Waktu Siklus (Ts1)

- Muat	T1	=	1.50 menit
- Lain-lain	T2	=	0.50 menit
	Ts1	=	2.00 menit

$$\text{Kapasitas Produksi} = \frac{D2 \times V \times Fb \times Fa \times 60}{D1 \times Ts1} = \frac{1.80 \times 1.50 \times 0.90 \times 0.75 \times 60.00}{2.30 \times 2.00}$$

$$\text{Koefisien alat/M3} = 1 : Q1 = \frac{23.77 \text{ m3/jam}}{562.5} = 0.0421 \text{ jam}$$

b. Asphalt Mixing Plant

Kapasitas Produksi V = 50.00 Ton/jam
 Faktor Efisiensi Alat Fa = 0.75
 Kapasitas Produksi $\frac{V \times Fa}{D1}$ = $\frac{50.00 \times 0.75}{2.30}$
 Koefisien alat / M3 = 1 : Q2 = 16.30 M3/jam
 = 0.0613 jam

c. Dump Truck

Kapasitas bak V = 8.00 ton
 Faktor efisiensi alat Fa = 0.75
 Kecepatan rata-2 bermuatan v1 = 40.00 Km/jam
 Kecepatan rata-2 kosong v2 = 50.00 Km/jam
 Kapasitas AMP/batch AC Q2b = 0.80 ton
 Waktu menyiapkan 1 batch AC Tb = 1.00 menit
 Waktu siklus (Ts2):
 - mengisi bak = (L : Q2b) x Tb T1 = 37.50 menit
 - Angkut = (L : v1) x 60 T2 = 45.00 menit
 - Tunggu + dump + putar T3 = 15.00 menit
 - Kembali = (L : v2) x 60 T4 = 36.00 menit
 Ts2 = 133.50 menit
 Kapasitas Produksi $\frac{V \times Fa \times 60}{D1 \times Ts2}$ = $\frac{8.00 \times 0.75 \times 60.00}{2.30 \times 133.5}$
 Koefisien alat / M3 = 1 : Q3 = 1.17 M3/jam
 = 0.8529 jam

d. Asphalt Finisher

Kapasitas Produksi V = 40.00 Ton/jam
 Faktor efisiensi alat Fa = 0.75
 Kapasitas Produksi $\frac{V \times Fa}{D1}$ = $\frac{40.00 \times 0.75}{2.30}$
 Koefisien alat / M3 = 1 : Q4 = 13.04 M3/jam
 = 0.0767 jam

e. Tandem Roller

Lebar Efektif Pemadatan b = 1.20 M
 Kecepatan rata-rata v = 3.50 Km/jam
 Jumlah lintasan n = 6.00 Lintasan
 Effisiensi alat Fa = 0.75
 Kapasitas Produksi $\frac{v \times 1000 \times b \times t \times Fa}{n}$ = $\frac{3,500.00 \times 1.20 \times 0.05 \times 0.75}{6}$
 Koefisien alat / M3 = 1 : Q5 = 26.25 M3/jam
 = 0.0381 jam

f. Pneumatic Tire Roller

Lebar Efektif Pemadatan b = 1.20 M
 Kecepatan rata-rata v = 5.00 Km/jam
 Jumlah lintasan n = 8.00 Lintasan
 Effisiensi alat Fa = 0.75
 Kapasitas Produksi $\frac{v \times 1000 \times b \times t \times Fa}{n}$ = $\frac{5,000.00 \times 1.20 \times 0.05 \times 0.75}{8}$
 Koefisien alat / M3 = 1 : Q6 = 28.13 M3/jam
 = 0.0356 jam

g. Generator set (Genset)

Generator set melayani alat Asphalt Mixing Plant (AMP)
 Kapasitas Produksisama dg asphalt mixing plant (amp)
 Koefisien alat / M3 = 1 : Q7 = 16.30 M3/jam
 = 0.0613 jam

h. Alat Bantu

Diperlukan ala-alat bantu kecil

- Rambu	=	2 buah
- Kereta dorong	=	2 buah
- Sekop	=	3 buah
- Garpu	=	2 buah
- Tongkat kontrol ketebalan hampanan		

II. Komponen Material

- Agregat kasar	=	$(C.A \times (D1 \times 1 \text{ M3}) \times Fh1) / D2$	=	0.7028 M3
- Agregat halus	=	$(F.A \times (D1 \times 1 \text{ M3}) \times Fh1) / D2$	=	0.5341 M3
- Filler	=	$(FF \times (D1 \times 1 \text{ M3}) \times Fh1)$	=	139.2000 Kg
- Aspal	=	$(AS \times (D1 \times 1 \text{ M3}) \times Fh2)$	=	157.0000 Kg

III. Komponen Upah

Produksi per hari diambil berdasarkan kapasitas AMP	Q2	=	16.30 M3/jam
Produksi AC Base per hari = $Tk \times Q2$	Qt	=	114.13 M3/hari
Kebutuhan tenaga :			
- Pekerja	P	=	7.00 orang
- Mandor	M	=	1.00 orang

Koefisien Tenaga / M3 :

- Pekerja	=	$(Tk \times P) : Qt$	L.01	=	0.4293 jam
- Mandor	=	$(Tk \times M) : Qt$	L.03	=	0.0613 jam

Penentuan waktu penyelesaian :

Perkiraan kuantitas	=	660.00 M3
Kapasitas produksi 1 set	=	114.13 M3/hari
Untuk menyelesaikan pekerjaan, 1 set alat-alat memerlukan waktu :		
	=	$660 / 114.13$
	=	5.78 hari

Dikerjakan dengan 1 set alat, dibutuhkan waktu = 6.00 hari

Pasangan Batu

Proyek	:	Peningkatan Jalan Propinsi Di Kabupaten Kulonprogo
Pekerjaan	:	Peningkatan Jalan Tegalsari - Siluwok (Temon) sepanjang 2.40 Km
No. Mata Pembayaran	:	7.9
Perkiraan Kuantitas	:	3,087.00 M3
Jam kerja efektif per-hari (Tk)	:	7.00 jam
Kondisi Lokasi	:	Sedang

Penentuan Koefisien masing-masing komponen

I. Komponen Alat

a. Concrete Mixer

Kapasitas alat	V	=	500.00 liter
Faktor Efisiensi Alat	Fa	=	0.75
Waktu siklus	Ts		
- memuat		=	4.00 menit
- mengaduk		=	4.00 menit
- menuang		=	2.00 menit
- tunggu		=	3.00 menit
		=	13.00 menit
Kapasitas produksi : $\frac{V \times Fa \times 60}{1000 \times Ts}$		=	$\frac{500.00 \times 0.75 \times 60}{1,000.00 \times 13}$

Koefisien alat / M3 = 1: Q1

Q1	=	1.73 M3/jam
	=	0.5778 jam

CV. ...

2. Untuk perlambatan selama 2 jam/hari waktu pelaksanaan pekerjaan dapat diperlambat menjadi 120 hari. Dari perlambatan waktu ini menyebabkan terjadinya pengurangan biaya total proyek menjadi Rp.1.998.745.645,00 .

Biaya langsung pada waktu perlambatan mengalami penurunan hal ini dapat dilihat pada gambar 5.8. dimana terjadi peningkatan dari pekerjaan normal adalah Rp. 1.904.294.810,00 menjadi :

1. Untuk perlambatan 100 hari biaya langsung proyek menjadi Rp.1.841.493.355,00
2. Untuk perlambatan 120 hari biaya langsung proyek menjadi Rp.1.782.829.204,00

Untuk asumsi bahwa biaya tidak langsung akan mengalami kenaikan apabila pekerjaan mengalami pelambatan terbukti. Karena setelah dilakukan analisis ternyata biaya tidak langsung dari waktu yang diperlambat mengalami kenaikan biaya dari biaya normal sebesar Rp.211.588.312,00 meningkat menjadi:

1. Untuk perlambatan 100 hari biaya tidak langsung proyek adalah Rp.215.906.441,00
2. Untuk perlambatan 120 hari biaya tidak langsung proyek adalah Rp.215.906.441,00

6.4 Analisis Biaya dan Waktu Proyek dengan Alat

Alat berat dalam proyek di gunakan untuk membantu tenaga kerja di lapangan. Dalam pemilihan alat-alat di lapangan ada beberapa faktor yang perlu dikaji :

1. Keadaan tanah di lokasi, lunak, keras atau berbatu

3. Untuk percepatan 78 hari biaya langsung proyek menjadi Rp.22.939.341.351,00

Untuk asumsi bahwa biaya tidak langsung akan mengalami penurunan apabila pekerjaan mengalami percepatan tidak terbukti. Karena setelah dilakukan analisis ternyata biaya tidak langsung dari waktu yang dipercepat mengalami kenaikan biaya secara tidak teratur dari biaya normal sebesar Rp.211.588.312,00 meningkat menjadi:

1. Untuk percepatan 61 hari biaya tidak langsung proyek adalah Rp.219.504.002,00
2. Untuk percepatan 68 hari biaya tidak langsung proyek adalah Rp.222.224.509,00
3. Untuk percepatan 68 hari biaya tidak langsung proyek adalah Rp.224.542.698,00

6.3 *Time-Cost Trade Off* untuk Analisis Biaya dan Waktu Proyek dengan Pengurangan Waktu Kerja

Dari hasil analisis yang kami lakukan pada proses perlambatan selama 2 jam, dan 1 jam dari jam normal (7 jam kerja), pekerjaan dapat di selesaikan lebih lambat dari pelaksanaan pekerjaan waktu normal. Hubungan antara waktu dan biaya total pada proyek seperti yang digambarkan pada gambar 5.9, menunjukkan bahwa pada pekerjaan normal yaitu 84 hari maka membutuhkan biaya total sebesar Rp.2.115.883.122, namun dengan adanya perlambatan pekerjaan dengan pengurangan jam kerja dapat dilihat perbandingannya sebagai berikut ini :

1. Untuk pengurangan selama 1 jam/hari waktu pelaksanaan pekerjaan dapat diperlambat menjadi 100 hari. Dari perlambatan waktu ini menyebabkan terjadinya penurunan biaya total proyek menjadi Rp.2.057.399.797,00