

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN WAKTU DAN BLAYA DENGAN
CRITICAL PATH METHOD**

STUDI KASUS PADA PROYEK CLUB HOUSE PADANG GOLF SENAYAN



Disusun Oleh :

1. SETYAWAN EKA RAHMANTA

No Mhs : 91 310 021

Nirm : 910051013114120021

2. SLAMET WIDYO NUGROHO

No Mhs : 91 310 181

Nirm : 910051013114120181

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

1998

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN WAKTU DAN
BIAYA DENGAN CRITICAL PATH METHOD
STUDI KASUS PADA PROYEK CLUB HOUSE PADANG GOLF SENAYAN

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

Oleh :

1. Nama : Setyawan Eka Rahmanta
No Mhs : 91 310 021
Nirm : 910051013114120021

2. Nama : Slamet Widyo Nugroho
No Mhs : 91 310 181
Nirm : 910051013114120176

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN WAKTU DAN
BIAYA DENGAN CRITICAL PATH METHOD
STUDI KASUS PADA PROYEK CLUB HOUSE PADANG GOLF SENAYAN

1. Nama : Setyawan Eka Rahmanta
No Mhs : 91 310 021
Nirm : 910051013114120021

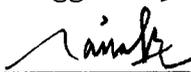
2. Nama : Slamet Widyo Nugroho
No Mhs : 91 310 181
Nirm : 910051013114120176

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H.M. Samsudin ,MT
Dosen Pembimbing I

Ir. Faisol A.M., MS
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 13-10-1998


Tanggal : 13-10-1998

Puji syukur Kami kepada ALLAH SWT,

Atas selesainya Tugas Akhir Kami berdua ini. Setelah melalui perjalanan panjang dan lumayan mengasyikkan .

Semoga dapat menjadi persembahan yang cukup berarti bagi Insan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia...

Jabat Erat Kami, Setyawan-Yoyok

Terima kasih kita berdua untuk : Allah SWT, Bapak Ir. H.M.Samsudin,MT, Bapak Ir. Faisol A.M.,MS, Ibu Ir.Endang T., MT, Bapak Ir. Suharyatmo,MT, dan semua Bapak dan Ibu Dosen FTSP UII, serta para karyawan UII yang tidak dapat kita sebutkan satu-persatu, Bapak Ir. Hantoro, Ibu Ir. Rosi, serta teman-teman FTSP UII semua...

Terima kasih Setyawan untuk : Allah SWT, Ayah dan Ibu serta Adik-adikku tercinta Tony, Sigit, Seno, "Someone Special ", Teman-teman KOMUNITAS ELBEHA, Teman-teman BIENTYA DIWANNA, Bapak dan Ibu Dosen Teknik Sipil UII, Teman -teman FTSP UII semua ...

Terima kasih Yoyok untuk : Allah SWT, Yang tercinta Ayahanda H. Suwito Wisnubroto, Ibunda H. Endah Sri Suhartini, serta istri Yuriastanti, SE, Mas Ari, Netty, Andry

Motto : "Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan " (QS.Alam Nasyrah:5)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim,

Assalamu'alaikum wr.wb.

Dengan memanjatkan puji dan syukur ke hadirat **ALLAH SWT** yang telah memberikan segala kemudahan serta rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Perencanaan Dan Pengendalian Waktu Dan Biaya Dengan Metode CPM (Studi Kasus Pada Proyek Club House Padang Golf Senayan Jakarta)** dengan baik. Adapun Tugas akhir ini dilaksanakan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan jenjang strata satu (S1) di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

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

1. Bapak **Ir. Widodo, MSCE, PhD.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia .
2. Bapak **Ir.H. Tadjuddin BMA, MS.**, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan , Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Ir. H.M. Samsudin, MT., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Faisol A.M.,MS., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak dan Ibu kami, yang tiada hentinya mendoakan dan memberikan dorongan baik material maupun spiritual.
6. Kakak dan adik kami yang telah banyak membantu.
7. Teman-teman Teknik Sipil UII yang banyak memberi kami masukan-masukan.
8. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, Agustus 1998

Setyawan Eka Rahmanta

dan

Slamet Widyo Nugroho

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTI SARI	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
BAB II JARINGAN KERJA DENGAN CPM	
2.1 Umum	5
2.2 Critical Path Methods (CPM)	6
2.3 Project Evaluation and Review Technique (PERT)	9
2.4 Precedence Diagram Methods (PDM)	11
2.5 Pembuatan Critical Path Methods (CPM)	14

2.6	Perhitungan Jalur Kritis	17
2.7	Penentuan Jalur Kritis	18
2.8	Penentuan Waktu Mengambang	22
2.9	Pertimbangan Biaya Dalam Proyek	30
2.10	Prosedur Lainnya Untuk Mendeteksi Jalur Kritis Baru dan Pengendalian Proyek	43
BAB III STUDI KASUS PROYEK CLUB HOUSE PADANG GOLF SENAYAN		
3.1	Uraian Umum	46
3.2	Analisis Paket Pekerjaan Struktur	47
3.3	Pengendalian Terhadap Waktu Pelaksanaan Proyek	58
3.4	Hubungan Waktu Pelaksanaan dan Biaya Proyek	67
3.4.1	Biaya penyelesaian proyek	67
3.4.2	Perhitungan perpanjangan waktu minimal dengan biaya minimal	80
3.4.3	Perhitungan biaya total proyek	87
BAB IV PEMBAHASAN		
4.1	Perencanaan dan Pengendalian Waktu dengan CPM	91
4.2	Hubungan Waktu dan Biaya Proyek	92
4.3	Hubungan Perpanjangan Waktu Pekerjaan Struktur dengan Schedule Proyek Keseluruhan	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	99
5.2	Saran	99
DAFTAR PUSTAKA		100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Penentuan Jalur Kritis	19
Gambar 1.2 Hubungan lamanya waktu kegiatan dan biaya	30
Gambar 1.3 Biaya yang diperlukan untuk berbagai jadual	33
Gambar 1.4 Jaringan kerja dengan waktu dan biaya yang diperlukan	34
Gambar 1.5 Jaringan kerja baru dengan waktu dan biaya yang diperlukan	37
Gambar 1.6 Jaringan kerja baru dengan waktu dan biaya yang diperlukan	38
Gambar 1.7 Jaringan kerja baru dengan waktu dan biaya yang diperlukan	39
Gambar 1.8 Jaringan kerja baru dengan waktu dan biaya yang diperlukan	40
Gambar 1.9 Hubungan lamanya waktu penyelesaian proyek dengan biaya langsung	41
Gambar 1.10 Jaringan kerja dimana kegiatan-kegiatan sudah ditekan	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan CPM dan PERT	11
Tabel 2.2 Perbandingan AOA (CPM) dan AON (PDM)	14
Tabel 2.3 Ringkasan perhitungan jalur kritis	23
Tabel 2.4 Blangko daftar pos kegiatan dan kegiatan	26
Tabel 2.5 Blangko Daftar Kebutuhan Jumlah, Jenis Tenaga Kerja, dan Upah	26
Tabel 2.6 Blangko jaringan kerja	27
Tabel 2.7 Blangkoharga-harga D, ES, EF, LS, LF, dan TF	28
Tabel 2.8 Blangko koreksi harga-harga D, ES, EF, LS, LF, dan TF	29
Tabel 2.9 Waktu dan biaya dalam waktu normal dan mendesak	34
Tabel 2.10 Nilai koefisien arah untuk berbagai kegiatan	35
Tabel 3.1 Kegiatan pada paket pekerjaan struktur Proyek Club House	50
Tabel 3.2 Perhitungan ES, EC, LS, LC, TF, dan FF	53
Tabel 3.3 Pekerjaan-pekerjaan s/d Akhir Januari	58
Tabel 3.4 Durasi untuk kegiatan-kegiatan pada Proyek Club House	60
Tabel 3.5 Perhitungan ES, EC, LS, LC, TF, dan FF	62
Tabel 3.6 Kegiatan-kegiatan kritis yang memungkinkan untuk dikurangi durasinya	66
Tabel 3.7 Biaya yang harus dikeluarkan untuk penyelesaian proyek	67
Tabel 3.8 Durasi dan kebutuhan tenaga kerja tiap hari untuk kegiatan-kegiatan kritis dan kegiatan lainnya	69
Tabel 3.9 Durasi dan kebutuhan tenaga kerja tiap hari untuk kegiatan-kegiatan kritis (durasi dipercepat)	70
Tabel 3.10 Daftar Upah Pekerja	71

Tabel 3.11a. Penambahan biaya akibat percepatan durasi---Alternatif 1	75
Tabel 3.11b. Penambahan biaya akibat percepatan durasi---Alternatif 2	76
Tabel 3.11c. Penambahan biaya akibat percepatan durasi---Alternatif 3	77
Tabel 3.11d. Penambahan biaya akibat percepatan durasi---Alternatif 4	78
Tabel 3.11e. Penambahan biaya akibat percepatan durasi---Alternatif 5	79
Tabel 3.12 Biaya langsung yang timbul untuk masing-masing alternatif	80
Tabel 4.1 Hubungan waktu penyelesaian dan biaya penyelesaian+biaya percepatan	93
Tabel 4.2 Hubungan waktu penyelesaian dan biaya total proyek (biaya penyelesaian+biaya percepatan +beban tetap+denda)	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram balok (kurva S) Proyek Club House Padang Golf Senayan

Lampiran 2. Progress pekerjaan struktur Proyek Club House Padang Golf Senayan

Lampiran 3. Proposal Proyek Club House Padang Golf Senayan

INTI SARI

CPM merupakan metode pengawasan dan pengendalian dengan memperhitungkan kegiatan-kegiatan kritis yang terjadi di dalam sebuah proyek, serta ketergantungan masing-masing kegiatan tersebut dengan kegiatan lain, yang dituangkan dalam sebuah *network planning*. Kegiatan-kegiatan kritis, yaitu kegiatan dengan nilai *total float* sama dengan nol dan merupakan kegiatan yang tidak boleh mengalami keterlambatan, karena keterlambatan yang terjadi pada kegiatan kritis akan mengakibatkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan pendekatan dan metodologi yaitu menggunakan analisis perencanaan dan pengendalian proyek, analisis komparasi percepatan waktu (*crash*) untuk waktu dan biaya, serta analisis komparasi komputasi dan deskriptif pada Proyek *Club House* Padang Golf Senayan.

Pada paket pekerjaan struktur Proyek *Club House* Padang Golf Senayan, ternyata sampai dengan akhir bulan Januari sisa pekerjaan baru dapat diselesaikan dalam 52 hari (proyek mengalami keterlambatan 24 hari). Agar pelaksanaan paket tersebut serta paket selanjutnya tidak mengalami keterlambatan dan membutuhkan dana yang besar, direncanakan sisa pekerjaan pada paket pekerjaan struktur dipercepat. Setelah dianalisis didapat percepatan penyelesaian proyek (berakibat tambahan biaya percepatan) lebih menguntungkan dibanding keterlambatan (berakibat tambahan biaya *overhead*/biaya tetap dan biaya denda). Dari beberapa alternatif percepatan akhirnya diperoleh sisa waktu yang optimal untuk pelaksanaan proyek yaitu 26 hari dengan penambahan biaya percepatan Rp. 9.992.500,00

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat pada akhir-akhir ini, telah membawa dampak yang sangat luas terhadap berbagai aspek kehidupan manusia.

Globalisasi dalam bidang politik, ekonomi, budaya, dan informasi, telah mempengaruhi kebijaksanaan pembangunan di negara-negara yang sedang berkembang, termasuk Indonesia. Salah satu pengaruh yang dominan adalah meningkatnya taraf hidup, disertai dengan meningkatnya kebutuhan hidup masyarakat.

Jasa konstruksi sebagai salah satu sarana untuk menunjang peningkatan taraf hidup masyarakat, tak terlepas dari pengaruh tersebut, dan memiliki problematika yang semakin lama semakin rumit, sehingga membutuhkan perangkat ilmu tersendiri untuk mengatasinya, apalagi dalam pelaksanaan pembangunan proyek berskala besar.

Semakin besar volume sebuah proyek pembangunan, semakin membutuhkan kemampuan pengelolaan dalam melaksanakan pembangunan tersebut. Dengan demikian perlu pula peningkatan sumber daya manusia, khususnya dalam bidang teknologi dan manajemen konstruksi.

Dengan adanya peningkatan sumber daya manusia dalam bidang manajemen, maka hubungan kerja yang terjadi antara unsur-unsur pelaksana pembangunan, mengalami pergeseran sesuai dengan peningkatan kebutuhan pada masing-masing jenis pembangunan, sehingga menciptakan persaingan yang semakin ketat. Hal ini merupakan suatu tantangan bagi perusahaan-perusahaan jasa konstruksi untuk meningkatkan profesionalismenya di bidang teknologi dan manajemen.

Di samping itu demi tercapainya efisiensi pelaksanaan proyek pembangunan, pengendalian biaya dan waktu merupakan tugas yang tidak ringan. Karena itu ilmu manajemen konstruksi harus benar-benar dikuasai oleh perusahaan-perusahaan jasa konstruksi.

Kita sadari, bahwa tenaga kerja, material dan peralatan merupakan hal yang penting, namun kegiatan pelaksanaan proyek sangat dibatasi oleh faktor biaya dan waktu. Begitu juga masalah kuantitas dan kualitas/ mutu, harus mendapat perhatian khusus, demi memenuhi kepentingan dan keinginan pemilik (*owner*) dan pihak perusahaan jasa konstruksi.

Dalam sistim pengendalian biaya dan waktu, terdapat beberapa metode yang telah dipergunakan, antara lain *Bar Gant-Chart*, *Precedence Diagram Method* (PDM), PERT, dan *Critical Path Method* (CPM).

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah bagaimana menyusun perencanaan dan pengendalian waktu dan biaya proyek secara

optimal dengan *Critical Path Method* (CPM).

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan dibatasi pada penggunaan CPM dalam analisis perencanaan dan pengendalian waktu dan biaya secara optimal pada suatu paket pekerjaan struktur proyek konstruksi bangunan gedung khususnya proyek *Club House* Padang Golf Senayan Jakarta.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah menyusun perencanaan dan pengendalian waktu dan biaya pada suatu paket pekerjaan struktur proyek konstruksi bangunan gedung secara optimal dengan CPM.

1.5 Manfaat

Tugas Akhir ini dapat digunakan oleh instansi maupun perseorangan yang bergerak di bidang usaha jasa konstruksi seperti konsultan, kontraktor dan sebagainya, untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan pengendalian biaya dan waktu pada pelaksanaan proyek konstruksi secara optimal dengan CPM .

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam Tugas Akhir dilakukan pendekatan dan metodologi sebagai berikut :

1. Menggunakan analisis CPM pada perencanaan dan pengendalian proyek *Club House* Lapangan Golf Senayan.

2. Analisis komparasi percepatan waktu (*crash*) CPM untuk waktu dan biaya.
3. Analisis komparasi komputasi dan deskriptif.

BAB II

JARINGAN KERJA DENGAN CPM

2.1 Umum

Network planning adalah suatu metode/model untuk pengelolaan dan pengendalian suatu proyek. Kegiatan-kegiatan/pekerjaan-pekerjaan dari suatu proyek disusun berdasarkan logika keterkaitan/ketergantungan antara masing-masing kegiatan/pekerjaan tersebut, mana pekerjaan-pekerjaan yang mendahului, mana pekerjaan-pekerjaan yang mengikuti, dan mana pekerjaan-pekerjaan yang bebas tidak tergantung, sehingga dapat dikerjakan berbarengan.

Network planning merupakan juga suatu metoda perencanaan dan pengendalian waktu proyek (rencana kerja proyek).

Tujuan dan manfaat penggunaan *network planning* :

1. Mengetahui logika ketergantungan antara pekerjaan yang satu dengan pekerjaan yang lain.
2. Menunjukkan adanya pekerjaan-pekerjaan yang waktu penyelesaiannya kritis dan tidak kritis, sehingga perhatian dan pengendalian dapat dilakukan lebih baik dan efisien.
3. Sebagai alat komunikasi dan informasi pengelolaan dan pengendalian proyek.
4. Sebagai alat untuk pengendalian waktu dan implisit biaya proyek.

5. Sebagai bahan untuk penyusunan *time schedule* dengan *Bart chart* yang lebih baik dan tepat. Dan juga sebagai bahan untuk pembuatan *schedule* tenaga, material dan biaya/keuangan.

Network Planning disebut juga sebagai *Network Diagram* yang merupakan visualisasi proyek berdasarkan *network planning* dalam bentuk diagram dari lintasan-lintasan kegiatan / pekerjaan.

Ada beberapa jenis metode dari network diagram/network planning, yaitu :

1. Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method/CPM*).
2. *Program Evaluation and Review Technique* (PERT).
3. *Precedence Diagram Method* (PDM).

2.2 Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM), adalah metode yang sangat berguna untuk menyusun perencanaan, penjadualan dan pengawasan / pengontrolan proyek.

Perkiraan waktu yang digunakan untuk melaksanakan kegiatan dengan CPM bersifat deterministik. Tahapan perencanaan dimulai dengan memecah / menguraikan proyek menjadi kegiatan-kegiatan (*activities*). Perkiraan waktu untuk kegiatan-kegiatan ini kemudian ditentukan dengan diagram jaringan kerja (*network*) yang dinyatakan dengan gambar anak panah (*arrow*) mulai dibuat. Panjang anak panah menentukan kegiatan (*activity*).

Keseluruhan diagram anak panah memberikan suatu representasi grafis mengenai keterkaitan antara berbagai kegiatan suatu proyek. Pembentukan diagram anak panah sebagai tahap perencanaan, mempunyai kebaikan yaitu berguna untuk mempelajari

jenis pekerjaan yang berbeda secara rinci, juga dapat menimbulkan saran untuk perbaikan sebelum proyek dilaksanakan. Yang lebih penting lagi ialah kegunaannya untuk mengembangkan suatu jadual untuk proyek (*project scheduling*)

Untuk menyatakan unsur waktu dalam jaringan kerja, dibedakan antara waktu yang terpakai untuk menyelesaikan aktivitas (*duration*), dan waktu untuk menyelesaikan kejadian (*event*), yang disebut juga waktu kejadian (*event time*).

Dasar pengendalian waktu dengan lintasan kritis ialah memisahkan pos-pos pekerjaan, kemudian diklasifikasi ke dalam pekerjaan kritis dan pekerjaan non kritis. Ada beberapa pekerjaan non kritis dapat juga diklasifikasikan lebih lanjut menjadi pekerjaan subkritis. Dalam hal ini unsur waktu memegang peranan yang sangat penting. Jika dalam suatu rangkaian jaringan kerja telah diketahui durasi dari masing-masing aktivitas, maka saat tiap-tiap *event* dan jangka waktu penyelesaian pekerjaan secara keseluruhan dapat diketahui.

Tujuan akhir dari tahap penjadwalan adalah membentuk *a time chart* yang dapat menunjukkan waktu mulai dan selesainya setiap kegiatan dan hubungannya satu sama lain dalam proyek. Jadual harus mampu menunjukkan kegiatan-kegiatan yang kritis dilihat dari segi waktu dan memerlukan perhatian yang khusus kalau proyek harus selesai tepat pada waktunya.

Bagi kegiatan-kegiatan yang tidak tergolong kritis, jadual harus menunjukkan banyaknya waktu yang mengambang (*float time slack*) yang dapat dipergunakan ketika kegiatan tertunda atau kalau sumber daya yang terbatas dipergunakan secara efektif (mencapai sasaran/tujuan yang dikehendaki).

ketika kegiatan tertunda atau kalau sumber daya yang terbatas dipergunakan secara efektif (mencapai sasaran/tujuan yang dikehendaki).

Pada tahap akhir pada manajemen proyek adalah pengawasan proyek (*project control*). Hal ini meliputi penggunaan anak panah dan grafik waktu (*time chart*) untuk membuat laporan kemajuan secara periodik. Jaringan kerja (*network*) perlu diperbaharui dan kalau perlu sebuah jadual baru ditentukan untuk sisa bagian proyek yang belum selesai.

Dalam penggunaan *Critical Path Method*, penting sekali ditetapkan urutan-urutan kegiatan sesuai dengan *construction method* nya. Sebagai contoh pengecoran beton baru dapat dilaksanakan sesudah pekerjaan bekisting dan pekerjaan pembesian selesai dilaksanakan.

Syarat menyusun/menggambar suatu *network* diagram adalah sebagai berikut:

- a. Harus mudah dibaca.
- b. Harus dimulai dari suatu kejadian (*event*) dan diakhiri pada suatu kejadian pula.
- c. Anak panah boleh digambarkan dengan garis lurus, boleh garis patah tetapi tidak boleh garis lengkung.
- d. Sedapat mungkin dihindari perpotongan antara anak panah.
- e. Antara dua kejadian hanya boleh ada satu anak panah.
- f. Tidak boleh ada *dummy* yang tidak perlu.

2.3 Project Evaluation and Review Technique (PERT)

Bila CPM memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. Situasi ini misalnya dijumpai pada proyek penelitian dan pengembangan, sampai menjadi produk yang sama sekali baru. PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang (*range*), yaitu dengan memakai tiga angka estimasi, yaitu a , b , dan m yang mempunyai arti sebagai berikut :

a = kurun waktu optimistik (*optimistic duration time*)

yaitu waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan mulus. Waktu demikian diungguli hanya sekali dalam seratus kali bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

m = kurun waktu paling mungkin (*most likely time*)

yaitu kurun waktu yang paling sering terjadi dibanding dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

b = kurun waktu pesimistik (*pessimistic duration time*)

yaitu waktu paling lama untuk menyelesaikan kegiatan, yaitu bila segala sesuatunya serba tidak baik. Waktu demikian dilampaui hanya sekali dalam seratus kali, bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi

yang hampir sama.

Setelah menentukan estimasi angka-angka a , m , dan b , maka tindak selanjutnya adalah merumuskan hubungan ketiga angka tersebut menjadi satu angka, yang disebut t_e atau kurun waktu yang diharapkan (*expected duration time*). Angka t_e adalah angka rata-rata kalau kegiatan tersebut dikerjakan berulang-ulang dalam jumlah yang besar. Lebih lanjut, dalam menentukan t_e dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa optimistik(a) dan pesimistik(b) adalah sama. Sedang jumlah kemungkinan terjadinya peristiwa paling mungkin (m) adalah 4 kali lebih besar dari kedua peristiwa di atas. Sehingga bila ditulis dalam rumus adalah sebagai berikut :

Kurun waktu yang diharapkan : $t_e = (a + 4m + b) / 6$

Besarnya deviasi standar kegiatan berdasar PERT :

$$S = (1/6) (b-a)$$

Sedangkan untuk varians kegiatannya :

$$V(t_e) = S^2 = [(1/6) (b-a)]^2$$

Seperti halnya CPM , PERT ini termasuk ke dalam klasifikasi diagram AOA (*Activity On Arrow*).

Sementara itu untuk perbandingan antara CPM dengan PERT dapat dilihat pada tabel di berikut ini :

Tabel 2.1 Perbandingan CPM dan PERT

Fenomena	CPM	PERT
1. Estimasi kurun waktu kegiatan	Deterministik, satu angka	Probabilistik, tiga angka
2. Arah orientasi	Dengan hitungan maju dan mundur	cara sama dengan CPM
3. Identifikasi jalur kritis dan float	Ditandai dengan suatu angka tertentu	Angka tertentu ditambah varians
4. Kurun waktu penyelesaian milestone atau proyek	Ditandai dengan angka tertentu	Angka tertentu ditambah varians
5. Kemungkinan mencapai target jadwal	Hitungan /analisis untuk maksud tersebut tidak ada	Dilengkapi cara khusus untuk itu
6. Menganalisis jadwal yang ekonomis	Prosedurnya jelas	Mungkin perlu dikonver-sikan ke CPM dahulu

2.4 Precedence Diagram Method (PDM)

PDM adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi AON (*Activity On Node*), dimana kegiatan ditulis dalam node(biasanya berbentuk segi empat) dan anak panah sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang ber-sangkutan.

Dalam PDM diperkenankan adanya hubungan tumpang tindih (*overlapping*) yaitu suatu pekerjaan berikutnya bisa dikerjakan tanpa harus menunggu pekerjaan terdahulu (*predecessor*) selesai 100%, sehingga PDM tidak mengenal istilah kegiatan semu antara dua kegiatan yang tidak membutuhkan waktu dan sumber daya (*dummy*). Oleh karena itu, untuk proyek yang besar dengan berbagai jenis pekerjaan yang saling tumpang tindih dan berulang-ulang akan lebih tepat bila menggunakan PDM karena akan menghasilkan diagram lebih sederhana dan tidak kompleks.

Dalam PDM, kotak (*node*) menandai suatu kegiatan sehingga harus dicantumkan identitas kegiatan dan kurun waktu (durasi) sedangkan peristiwa merupakan ujung-

ujung kegiatan. Setiap node mempunyai dua peristiwa yaitu peristiwa awal dan akhir. Ruang dalam node dibagi menjadi bagian-bagian kecil yang berisi keterangan dari berbagai kegiatan dan peristiwa yang bersangkutan antara lain: kurun waktu kegiatan(D), identitas kegiatan(nomor dan nama),mulai dan selesainya kegiatan (ES,LS,EF,LF,dan lain-lain). Pada PDM dikenal empat macam hubungan aktifitas yaitu:

1. **Finish to Start (FS)** yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktifitas berikutnya tergantung pada selesainya aktifitas sebelumnya. Selang waktu menunggu berikutnya disebut *lag* (terlambat tertunda). Jika $FS(i,j) = 0$ berarti aktifitas j dapat langsung dimulai setelah aktifitas i selesai dan jika $FS(i,j) = x$ hari berarti aktifitas j boleh dimulai setelah x hari selesai aktifitas i.
2. **Start to Start (SS)** yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktifitas sesudahnya tergantung pada mulainya aktifitas sebelumnya. Selang waktu antara kedua aktifitas tersebut disebut *lead* (mendahului). Jika $SS(i,j) = 0$ artinya kedua aktifitas(i dan j) dapat dimulai bersama-sama dan jika $SS(i,j) = x$ hari berarti aktifitas j boleh dimulai setelah aktifitas i berlangsung x hari.
3. **Finish to Finish (FF)** yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktifitas berikutnya tergantung pada selesainya aktifitas sebelumnya. Selang waktu antara dimulainya kedua aktifitas tersebut disebut *lag*. Jika $FF(i,j) = 0$ artinya kedua aktifitas (i dan j) dapat selesai secara bersamaan, jika $FF(i,j) = x$ hari berarti aktifitas j selesai setelah x hari aktifitas i selesai dan jika $FF(i,j) = -x$ hari berarti aktifitas j selesai x hari lebih dahulu dari aktifitas i.

4. *Start to Finish (SF)* yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktifitas berikutnya tergantung pada mulainya aktifitas sebelumnya. Selang waktu antara dimulainya kedua aktifitas tersebut disebut *lead*. Jika $SF(i,j) = x$ hari berarti aktifitas j akan selesai setelah x hari dari saat dimulainya aktifitas i. Jadi dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.

Kadang-kadang dijumpai satu kegiatan memiliki hubungan konstrain dengan lebih dari satu kegiatan lain yang disebut multikonstrain.

Jadi dalam menyusun jaringan PDM, khususnya menentukan urutan ketergantungan, mengingat bermacam konstrain maka lebih banyak faktor yang lebih diperhatikan antara lain:

1. Kegiatan mana boleh mulai sesudah kegiatan tertentu selesai, berapa lama jarak waktu antaranya.
2. Kegiatan mana harus mulai sesudah kegiatan tertentu mulai dan berapa lama jarak waktunya.
3. Kegiatan mana harus diselesaikan sesudah kegiatan tertentu selesai, berapa lama jarak waktu antaranya.

Kegiatan mana harus diselesaikan sesudah kegiatan tertentu boleh mulai dan berapa lama jarak waktu antaranya.

Sementara itu sebagai perbandingan antara AOA (CPM) dengan AON (PDM) dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.2 Perbandingan AOA (CPM) dan AON (PDM)

<i>AOA (Activity On Arrow)</i> CPM	<i>AON (Activity On Node)</i> PDM
Anak panah menunjukkan kegiatan	Anak panah menunjukkan hubungan antar kegiatan
Atribut kegiatan berada di lingkaran	Atribut kegiatan berada di dalam kotak
Mengenal istilah Dummy yang merupakan tanda untuk menunjukkan hubungan ketergantungan	Tidak mengenal istilah Dummy, karena memperbolehkan pekerjaan overlapping/tumpang tindih kegiatan
Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek lebih panjang	Mempersingkat waktu penyelesaian proyek karena adanya overlapping
Hubungan antar kegiatan hanya 1 yaitu hubungan Finish(F)-Start(S)	Mengenal 4 macam hubungan antar kegiatan yaitu SS,SF,FS, dan FF

2.5 Pembuatan *Critical Path Method (CPM)*

Di dalam pembuatan jaringan kerja dengan *Critical Path Method* dikenal beberapa pengertian dasar dan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut:

a. *Activity* :

Adalah bagian dari suatu pelaksanaan pekerjaan yang memiliki tugas-tugas khusus, seperti misalnya pemasangan pembesian. Untuk menyelesaikan tugas ini diperlukan waktu.

b. *Event* :

Event ini mewakili titik yang menunjukkan kapan waktu mulai ataupun waktu penyelesaian suatu kegiatan yang disimbolkan dengan angka di dalam lingkaran.

c. **Arrow** :

Adalah gambar anak panah yang mewakili setiap kegiatan yang menghubungkan dua *event*, dari *event* bernomor kecil ke *event* bernomor yang lebih besar. Panjang *arrow* ini tidak menunjukkan lamanya kegiatan .

d. **Dummy** :

Adalah kegiatan kosong berupa garis putus-putus yang menunjukkan kegiatan di ujung *dummy* tidak dapat dimulai sebelum kegiatan di pangkal *dummy* selesai. *Dummy* tidak memerlukan waktu.

e. **Network** :

Adalah diagram dari *arrow* yang menunjukkan hubungan langsung dari *activities* dan *event* . Biasanya titik awal kegiatan berada di sebelah kiri dan berikutnya mengarah ke kanan, sehingga titik akhir kegiatan berada di ujung sebelah kanan.

f. **D (Duration)** :

Adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu kegiatan. Satuannya hari, minggu, atau bulan .

Rumus untuk menghitung *duration* ini adalah :

$$D = V / K \quad D = \text{waktu penyelesaian.}$$

V = Volume pekerjaan yang ditunjukkan dalam *Activity*

K = Kapasitas alat dan atau tenaga yang dapat disediakan untuk menyelesaikan pekerjaan tiap satuan waktu

Dalam memperhitungkan waktu untuk menyelesaikan masing-masing kegiatan tersebut, diperlukan data-data volume tiap pekerjaan, tenaga kerja, dan peralatan

utama yang tersedia, kebutuhan tenaga kerja tiap kegiatan, serta batas waktu pelaksanaan seluruh pekerjaan sebagai bahan pertimbangan.

g. **ES (Earliest Start) :**

Adalah saat paling dini , dimana kegiatan dapat dimulai.

h. **EF (Earliest Finish) :**

Adalah saat paling cepat. Saat suatu kegiatan dapat diselesaikan. Saat di sini adalah saat ES ditambah *duration* .

$$\mathbf{EF = ES + D}$$

i. **LS (Latest Start) :**

Adalah saat paling lambat. Saat suatu kegiatan harus dimulai tanpa memperpanjang waktu pelaksanaan proyek.

$$\mathbf{LS = LF - D}$$

j. **LF (Latest Finish) :**

Adalah saat paling lambat. Saat suatu kegiatan harus sudah diselesaikan tanpa memperpanjang waktu pelaksanaan proyek.

$$\mathbf{LF = LS + D}$$

k. **TF (Total Float) :**

Adalah jumlah waktu yang dapat menampung kelambatan memulai atau mengakhiri suatu kegiatan tanpa memperpanjang waktu proyek.

$$\mathbf{TF = LF - EF \text{ atau } TF = LS - ES}$$

l. **FF (Free Float) :**

Adalah jumlah waktu yang masih tersedia untuk menampung terlambatnya penyelesaian suatu kegiatan tanpa menghambat saat *start* yang paling dini pada kegiatan berikutnya.

$$FF = ES \text{ (kegiatan berikutnya)} - EF \text{ (dari kegiatan ini)} .$$

m. **IF (Independent Float) :**

Adalah selisih dari saat memulai dini dari kegiatan berikutnya, dengan saat memulai terlambat dari kegiatan ini dikurangi *duration* nya.

$$IF = ES \text{ (kegiatan berikutnya)} - LS \text{ (dari kegiatan ini)} - D$$

n. **Critical Path :**

Adalah rentetan kegiatan-kegiatan yang saling berhubungan di dalam *network* . Kegiatan -kegiatan tersebut tidak mempunyai *Float Time* , atau secara grafis dapat ditunjukkan dengan rentetan *arrow* yang menghubungkan dengan *event-event* yang memiliki ES di LS yang sama .

2.6 Perhitungan Jalur Kritis

Penerapan CPM pada akhirnya harus menghasilkan sebuah jadual yang menyatakan tanggal awal dan akhir setiap kegiatan. Diagram panah mewakili langkah pertama ke arah tercapainya sasaran tersebut. Karena interaksi di antara kegiatan-kegiatan yang berbeda, penentuan saat awal dan penyelesaian memerlukan perhitungan khusus. Perhitungan ini dilakukan secara langsung pada diagram panah

dengan menggunakan aritmatika sederhana. Hasil akhirnya adalah klasifikasi kegiatan-kegiatan dalam proyek sebagai kegiatan kritis atau non kritis. Sebuah kegiatan dikatakan kritis jika penundaan saat awalnya akan menyebabkan tanggal penyelesaian keseluruhan proyek mundur. Sebuah kegiatan non kritis adalah kegiatan-kegiatan dengan jumlah waktu di antara waktu awal yang paling cepat dengan waktu penyelesaian yang paling lambat (sebagaimana diizinkan oleh proyek yang bersangkutan) adalah lebih panjang daripada durasi aktualnya. Dalam kasus ini, kegiatan yang non kritis tersebut dikatakan memiliki waktu senggang (*slack*) atau waktu mengambang (*float*).

2.7 Penentuan Jalur Kritis

Sebuah jalur kritis adalah rantai kegiatan-kegiatan kritis yang menghubungkan kejadian awal dan kejadian akhir dari diagram panah. Dengan kata lain, jalur kritis mengidentifikasi semua kegiatan-kegiatan kritis dari proyek tersebut. Metode penentuan jalur ini diilustrasikan dengan contoh numerik.

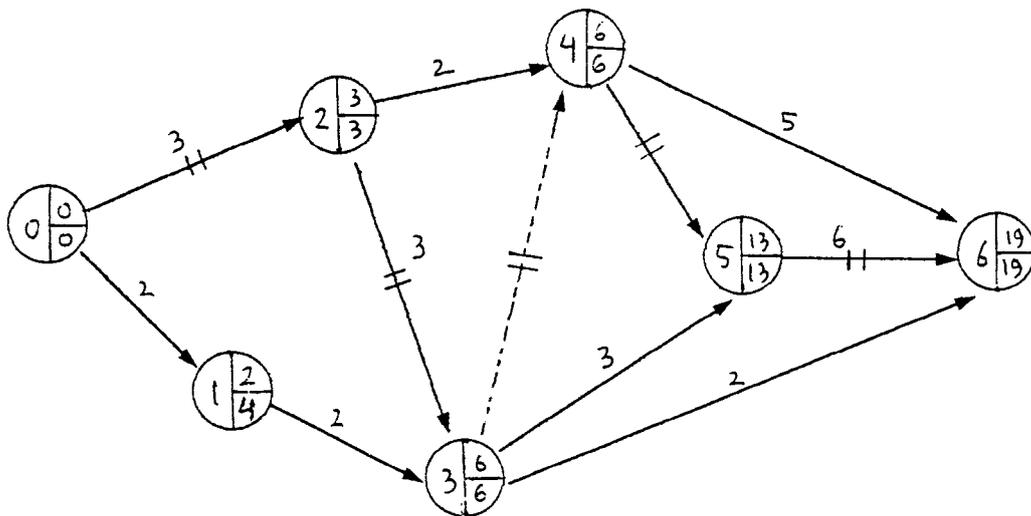
Contoh : Pertimbangkan jaringan pada gambar 2.1 yang berawal di node 0 dan berakhir di node 6. Waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap kegiatan ditunjukkan pada panah-panah.

Perhitungan jalur kritis mencakup dua tahap . Tahap pertama disebut **perhitungan maju** (*forward pass*), dimana perhitungan dimulai dari node “awal” dan bergerak ke node “akhir”. Di setiap node , sebuah angka dihitung yang mewakili waktu yang tercepat untuk kejadian yang bersangkutan. Angka-angka ini diperlihatkan dalam gambar 2.1. Tahap kedua yang disebut **perhitungan mundur** (*backward*

pass), memulai perhitungan dari node “akhir” dan bergerak ke node “awal”. Angka-angka yang dihitung di setiap node mewakili waktu terakhir dari kejadian yang bersangkutan. Perhitungan maju akan dibahas sekarang.

Anggaplah ES_i adalah **waktu awal tercepat** (*earliest start time*) untuk semua kegiatan yang berasal dari i kejadian i . Jadi, ES_i mewakili waktu tercepat untuk kejadian i . Jika $i = 0$ adalah kejadian awal, maka sebagai kesepakatan, untuk perhitungan jalur kritis, $ES_0 = 0$. Anggaplah D_{ij} adalah durasi kegiatan (i,j) . Perhitungan maju karena itu diperoleh dari rumus

$ES_j = \max\{ES_i + D_{ij}\}$, untuk semua kegiatan (i,j) yang didefinisikan dimana $ES_0 = 0$. Jadi, untuk menghitung ES_j untuk kejadian j , ES_i untuk kejadian ekor dari semua kegiatan-kegiatan (i,j) yang masuk harus dihitung terlebih dahulu.



Gambar 2.1 Jaringan kerja

Perhitungan maju yang diterapkan untuk gambar 2.1 dimulai dengan $ES_0=0$, seperti diperlihatkan dalam ES kejadian 0. Karena hanya ada satu kegiatan yang masuk (0,1) untuk kejadian 1 dengan $D_{01}=2$,

$$ES_1 = ES_0 + D_{01} = 0 + 2 = 2$$

yang dimasukkan ke dalam ES kejadian 1. Selanjutnya, kita mempertimbangkan kejadian 2. (Perhatikan bahwa kejadian 3 tidak dapat dipertimbangkan di titik ini, karena ES_2 (kejadian 2) belum diketahui). Jadi

$$ES_2 = ES_0 + D_{02} = 0 + 3 = 3$$

yang dimasukkan ke dalam ES kejadian 2. Kejadian berikutnya untuk dipertimbangkan adalah kejadian 3. Karena ada dua kejadian yang masuk (1,3) dan (2,3), kita memiliki

$$ES_3 = \max_{i=1,2} \{ ES_i + D_{i3} \} = \max \{ 2 + 2, 3 + 3 \} = 6$$

yang, sekali lagi dimasukkan ke dalam ES kejadian 3.

Prosedur ini berlanjut dengan cara sama sampai ES_j dihitung untuk semua j . Jadi

$$ES_4 = \max_{i=2,3} \{ ES_i + D_{i4} \} = \max \{ 3+2, 6+0 \} = 6$$

$$ES_5 = \max_{i=3,4} \{ ES_i + D_{i5} \} = \max \{ 6+3, 6+7 \} = 13$$

$$ES_6 = \max_{i=3,4,5} \{ ES_i + D_{i6} \} = \max \{ 6+2, 6+5, 13+6 \} = 19$$

Perhitungan ini menyelesaikan perhitungan maju.

Perhitungan mundur dimulai di kejadian “akhir”. Tujuan dari tahap ini adalah menghitung LC_i , **waktu penyelesaian terakhir** (*latest completion time*) untuk semua

kegiatan yang datang ke kejadian i . Jadi, jika $i = n$ adalah kejadian "akhir", $LC_n = ES_n$

mengawali perhitungan mundur. Secara umum, untuk setiap node i ,

$$LC_i = \min_j \{ LC_j - D_{ij} \}, \text{ untuk semua kegiatan } (i,j) \text{ yang didefinisikan}$$

Nilai-nilai LC ditentukan sebagai berikut :

$$LC_6 = ES_6 = 19$$

$$LC_5 = LC_6 - D_{56} = 19 - 6 = 13$$

$$LC_4 = \min_{j=5,6} \{ LC_j - D_{4j} \} = \min \{ 13 - 7, 19 - 5 \} = 6$$

$$LC_3 = \min_{j=4,5,6} \{ LC_j - D_{3j} \} = \min \{ 6 - 0, 13 - 3, 19 - 2 \} = 6$$

$$LC_2 = \min_{j=3,4} \{ LC_j - D_{2j} \} = \min \{ 6 - 3, 6 - 2 \} = 3$$

$$LC_1 = LC_3 - D_{13} = 6 - 2 = 4$$

$$LC_0 = \min_{j=1,2} \{ LC_j - D_{0j} \} = \min \{ 4 - 2, 3 - 3 \} = 0$$

Perhitungan mundur sekarang telah diselesaikan.

Kegiatan-kegiatan jalur kritis sekarang diidentifikasi dengan menggunakan hasil perhitungan maju dan perhitungan mundur. Sebuah kegiatan (i,j) berada di jalur kritis bila kegiatan tersebut memenuhi ketiga kondisi berikut ini :

$$ES_i = LC_i$$

$$ES_j = LC_j$$

$$ES_j - ES_i = LC_j - LC_i = D_{ij}$$

Kondisi ini sebenarnya menyatakan bahwa tidak ada waktu senggang atau waktu mengambang antara awal tercepat (penyelesaian) dan awal terakhir (penyelesaian) dari kegiatan kritis yang bersangkutan. Dalam diagram panah kegiatan-kegiatan ini dicirikan dengan angka yang sama di setiap akhir kejadian kepala dan ekor dan

selisih antara angka di di kejadian kepala dengan angka di kejadian ekor adalah sama dengan durasi kejadian yang bersangkutan.

Kegiatan -kegiatan (0,2),(2,3),(3,4),(4,5), dan (5,6) mendefinisikan jalur kritis dalam gambar 2.1 . Sebenarnya, jalur kritis mewakili durasi terpendek yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek yang bersangkutan. Perhatikan bahwa kegiatan-kegiatan (2,4),(3,5),(3,6),dan (4,6) memenuhi kondisi (1) dan (2) untuk kegiatan-kegiatan kritis tetapi tidak memenuhi kondisi (3).Jadi, kegiatan-kegiatan ini tidak kritis.Perhatikan juga bahwa jalur kritis harus membentuk rantai kegiatan-kegiatan yang berhubungan, yang merentang dalam jaringan tersebut dari “awal” sampai “akhir”.

2.8 Penentuan Waktu Mengambang

Setelah penentuan jalur kritis,waktu mengambang untuk kegiatan-kegiatan non kritis harus dihitung. Secara alamiah, sebuah kegiatan kritis pasti memiliki waktu mengambang sebesar nol. Pada kenyataannya, itulah alasan utama mengapa kegiatan ini bersifat kritis. Sebelum menunjukkan bagaimana waktu mengambang ditentukan,dua waktu baru yang berkaitan dengan setiap kegiatan perlu didefinisikan. Keduanya adalah saat awal terlambat (*latest start/LS*) dan penyelesaian tercepat (*earliest completion/EC*), yang didefinisikan untuk kegiatan (i,j) dengan

$$LS_{ij} = LC_j - D_{ij}$$

$$EC_{ij} = ES_i + D_{ij}$$

Terdapat dua jenis waktu mengambang yang penting : waktu mengambang total(*total float/TF*) dan waktu mengambang bebas (*free float/FF*). Waktu mengambang total

TF_{ij} untuk kegiatan (i,j) adalah selisih waktu antara waktu maksimum yang tersedia untuk melakukan kegiatan tersebut $(=LC_j-ES_i)$ dan durasinya $(=D_{ij})$; yaitu,

$$TF_{ij} = LC_j - ES_i - D_{ij} = LC_j - EC_{ij} = LS_{ij} - ES_i$$

Waktu mengambang bebas didefinisikan dengan mengasumsikan bahwa semua kegiatan dimulai sedini mungkin. Dalam kasus ini FF_{ij} untuk kegiatan (i,j) adalah kelebihan waktu yang tersedia $(=ES_j-ES_i)$ di sepanjang durasinya $(=D_{ij})$; yaitu,

$$FF_{ij} = ES_j - ES_i - D_{ij}$$

Perhitungan jalur kritis bersama dengan waktu mengambang untuk kegiatan-kegiatan non kritis dapat diringkaskan dalam bentuk yang memudahkan seperti diperlihatkan dalam Tabel 2.3. Kolom(1),(2),(3), dan (6) diperoleh dari perhitungan jaringan dalam contoh tersebut di atas. Informasi sisanya dapat ditentukan dari rumus-rumus di atas.

Tabel 2.3 memberikan ringkasan perhitungan jalur kritis. Tabel ini mencakup semua informasi yang diperlukan untuk membentuk bagan waktu. Perhatikan bahwa sebuah kegiatan kritis,

Tabel 2.3 Ringkasan perhitungan jalur kritis

Kegiatan (i,j)	Durasi D_{ij}	Tercepat		Terlambat		Waktu	Waktu
		Awal Penyelesaian ES_i	Awal Penyelesaian EC_{ij}	Awal Penyelesaian LS_{ij}	Awal Penyelesaian LC_j	mengambang total TF_{ij}	mengambang bebas FF_{ij}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(0,1)	2	0	2	2	4	2	0
(0,2)	3	0	3	0	3	0*	0
(1,3)	2	2	4	4	6	2	2

lanjutan Tabel 2.3...

Kegiatan (i,j)	Durasi Dij	Tercepat			Terlambat		
		Awal Penyelesaian		Awal Penyelesaian		Waktu	Waktu
		-----	-----	-----	-----	mengambang total	mengambang bebas
(1)	(2)	Esi	ECij	Lsij	LCj	TFij	FFij
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(2,3)	3	3	6	3	6	0*	0
(2,4)	2	3	5	4	6	1	1
(3,4)	0	6	6	6	6	0*	0
(3,5)	3	6	9	10	13	4	4
(3,6)	2	6	8	17	19	11	11
(4,5)	7	6	13	6	13	0*	0
(4,6)	5	6	11	14	19	8	8
(5,6)	6	13	19	13	19	0*	0

* kegiatan kritis

dan hanya kegiatan-kegiatan kritis, pasti memiliki waktu mengambang total sebesar nol. Waktu mengambang bebas harus juga nol ketika waktu mengambang total adalah nol. Tetapi, sebaliknya tidak benar, dalam arti bahwa sebuah kegiatan non kritis dapat memiliki waktu mengambang bebas sebesar nol. Misalnya, dalam Tabel 2.3, kegiatan non kritis (0,1) memiliki waktu mengambang sebesar nol. Sedangkan langkah-langkah yang perlu diambil dalam penyusunan *Critical Path Method* suatu proyek adalah :

1. Mengumpulan data-data yang diperlukan .

Data-data yang diperlukan di antaranya adalah sebagai berikut :

- a. Data-data kegiatan pelaksanaan proyek, diperlukan untuk persiapan dalam membuat daftar kegiatan.
- b. Daftar hari kerja dan hari kalender akan diperlukan dalam menentukan tanggal dimulai dan selesainya setiap kegiatan pada pembuatan jadual.
- c. Waktu yang tersedia untuk pelaksanaan pekerjaan, diperlukan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan *duration*.
- d. Daftar analisa penawaran , diperlukan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan *duration* dan anggaran jam - orang yang diperlukan.
- e. Daftar tenaga kerja teknik , diperlukan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan *duration* dan anggaran jam - orang yang diperlukan.
- f. Daftar peralatan yang dipergunakan, juga diperlukan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan *duration*.

2. Persiapan yang diperlukan.

Guna memperlancar dalam penyusunan jadual, dengan CPM perlu persiapan sebagai berikut:

- a. Menyiapkan daftar kegiatan-kegiatan dalam pelaksanaan proyek (*activities*).

Dalam menyiapkan daftar diperlukan daftar kegiatan pelaksanaan proyek, apabila proyek tersebut cukup besar, maka sebelumnya perlu untuk mengelompokkan beberapa kegiatan yang saling mengikat menjadi satu kelompok, dan diberi kode/ penomoran tertentu. Untuk memudahkannya dapat menggunakan blangko tabel 2.4 berikut:

c. Perhitungan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan masing-masing kegiatan (*duration*).

Dalam memperhitungkan waktu untuk menyelesaikan masing-masing kegiatan tersebut, diperlukan data-data volume tiap pekerjaan , tenaga kerja dan peralatan utama yang tersedia, kebutuhan tenaga kerja tiap kegiatan, serta batas waktu pelaksanaan seluruh pekerjaan sebagai bahan pertimbangan. Maka selanjutnya dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut, estimasi waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing kegiatan dapat dihitung, dan hasilnya dapat disusun dalam blangko tabel 2.6 .

d. Menentukan kegiatan-kegiatan yang akan mendahului dan akan mengikuti kegiatan-kegiatan yang lain.

Dalam menentukan kegiatan-kegiatan yang akan mendahului dan mengikuti kegiatan-kegiatan yang lain, dipergunakan pendekatan logis, kemudian hasilnya dimasukkan dalam blangko tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2.6 Blangko Jaringan Kerja

Kegiatan (nomor kode)	<i>Duration</i> (hari)	Kegiatan yang mendahului	Kegiatan yang mengikuti
1001			
1002			
.....			

3. Menyusun Jaringan Kerja (*Network*)

Setelah mempunyai data-data dan perhitungan-perhitungan pendahuluan

sebagai persiapan, langkah selanjutnya adalah menyusun jaringan kerja atau *network* berdasarkan data-data dan perhitungan tersebut.

a. Menyusun *network* dan memberikan angka-angka.

Menyusun *network*nya dengan kegiatan-kegiatan dan *event-event* yang saling berhubungan sebagai mestinya kemudian memberikan angka-angka pada tiap-tiap *event*, dengan mengingat, bahwa angka *event* diujung *arrow* harus lebih besar dari pada angka *event* pada pangkal *arrow*.

Dengan membaca tabel 2.6 di atas maka dapatlah dibuat *network*nya.

b. Melengkapi daftar kegiatan.

Tabel 2.7 Blangko harga-harga D,ES, EF, LS, LF dan TF

Kegiatan	Event	D	ES	EF	LS	LF	TF
1001 *	1-2						
1002	2-3						
.....						

* Kegiatan yang terletak pada *Critical Path*.

Menyiapkan tabel untuk melengkapi tiap kegiatan / aktivitas dengan :

- *Durationnya (D)*
- *Earliest Start (ES)*
- *Earliest Finish (EF)*
- *Latest Start (LS)*
- *Latest Finish (LF)*
- *Total Float (TF)*
- *Free Float (FF)*, (bila diinginkan)

Setelah itu barulah menghitung harga-harga D , ES, EF, LS, LF dan TF, dan hasilnya dimasukkan dalam blangko tabel 2.7 .

c. Menetapkan lintasan kritis (*Critical Path*).

Dalam menetapkan kegiatan-kegiatan yang terletak pada lintasan kritis (*Critical Path*), dapat diketahui dengan melihat dari Tabel 2.7. Kegiatan yang terletak pada *Critical Path* yaitu kegiatan yang mempunyai nilai $TF=0$, yang selanjutnya diperlihatkan dengan dengan garis tebal pada *Network*nya.

Dengan membaca Tabel 2.7 di atas , maka dapatlah dibuat *Network* secara lengkap.

d. Memperbaharui *Network* (bila diperlukan).

Dalam kondisi proyek mengalami hambatan , maka dibuat suatu *network* baru untuk memperbaharui *network* yang ada dengan memperhitungkan waktu-waktu yang diperlukan untuk sisa-sisa kegiatan-kegiatan yang belum dilaksanakan .

Pada *network* tersebut, kegiatan-kegiatan yang telah selesai dinyatakan dengan $D (duration) =0$,kemudian dibuat tabel koreksi dari harga-harga : D, ES,EF,LS,LF dan TF , dengan menggunakan blangko tabel 2.8 dan berdasarkan angka-angka dalam tabel 2.8 tersebut digambarkan *network* yang telah diperbaharui.

Tabel 2.8 Blangko koreksi dari harga-harga : D,ES,EF,LS,LF dan TF

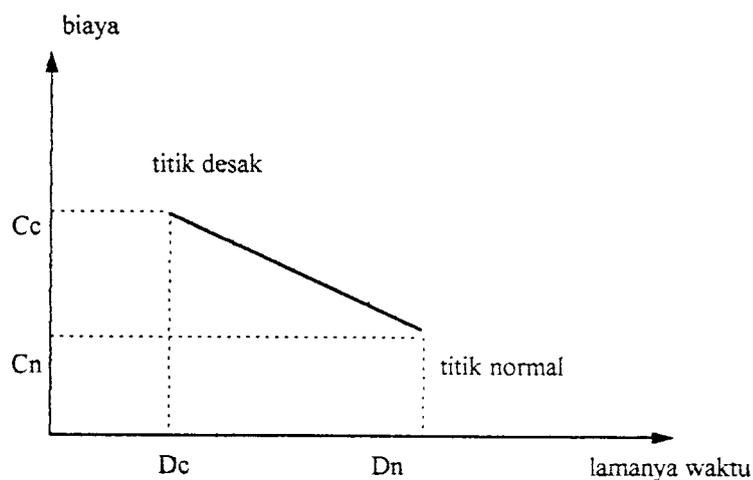
Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF
1001 *						
1002						
.....						

* Kegiatan yang terletak pada *Critical Path* .

4 . Mengambil hasil analisa pengendalian waktu dan biaya yang paling optimal .

2.9 Pertimbangan Biaya Dalam Proyek

Aspek biaya diperhitungkan dalam penjadwalan proyek dengan jalan mendefinisikan hubungan biaya(*cost*) dengan lamanya kegiatan dalam proyek, dimana biaya yang dimaksud adalah biaya langsung (*direct cost*). Biaya tidak langsung untuk keperluan administrasi dan supervisi tidak dimasukkan.



Gambar 2.2 Hubungan lamanya waktu kegiatan dan biaya

Dalam praktek sering dipergunakan hubungan yang linear antara lamanya waktu kegiatan (*duration*) dengan biaya (*cost*), dalam suatu proyek. Dalam keadaan normal, lamanya waktu kegiatan D_n , besarnya biaya C_n .

Waktu pelaksanaan dapat diperpendek dengan menambah sumber atau biaya akan tetapi pengurangan waktu pelaksanaan ini ada batasnya (*limit*), yang disebut waktu desak (*crash time*), dimana setelah titik ini waktu tidak bisa dikurangi lagi, maka

disebut titik desak atau *crash point* (D_c, C_c). Pada titik ini kenaikan penggunaan sumber hanya menambah jumlah biaya langsung, akan tetapi tidak dapat mengurangi lamanya waktu pelaksanaan kegiatan.

Hubungan berupa garis lurus (*straight line relationship*) sering dipergunakan sebab sangat mudah dimengerti, juga bagi setiap kegiatan dapat ditentukan dengan mengetahui titik normal dan titik desak yaitu (D_n, C_n) dan (D_c, C_c). Selain linear, hubungan juga bisa tidak linear akan tetapi sering didekati secara linear.

Setelah menentukan hubungan antara waktu dan biaya, kegiatan-kegiatan dalam proyek ditentukan waktu normal yang diperlukan untuk penyelesaiannya.

Jalur kritis dari persoalan yang bersangkutan kemudian ditentukan dan biayanya dicatat. Tahap berikutnya mempertimbangkan kemungkinan memperkecil lamanya waktu pelaksanaan proyek. Oleh karena usaha untuk memperpendek waktu penyelesaian proyek menyangkut pengurangan waktu bagi kegiatan-kegiatan kritis, maka perhatian kita tujukan kepada kegiatan-kegiatan kritis saja.

Agar berhasil dalam mencapai pengurangan waktu dengan biaya sekecil mungkin, kita harus melihat kegiatan kritis yang mempunyai koefisien arah (*slope*) sekecil mungkin, dalam hubungan waktu dan biaya tersebut.

Jumlah pengurangan waktu dari penekanan suatu kegiatan dibatasi oleh waktu desak (*crash time*) jadi tidak bisa semaunya. Namun demikian, pembatasan lainnya harus diperhitungkan sebelum besarnya pengurangan waktu yang bisa dicapai ditentukan. Penjelasan lebih lanjut tentang hal ini akan diberikan dalam contoh. Hasil penekanan suatu kegiatan mungkin menimbulkan suatu jadwal waktu yang baru

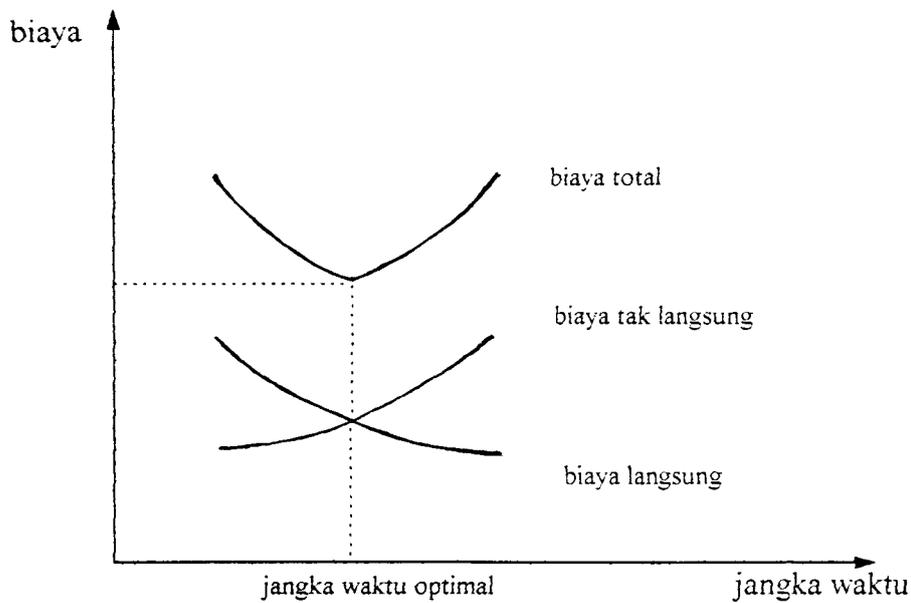
dengan jalur kritis yang juga baru. Biaya yang berhubungan dengan jadwal baru biasanya lebih tinggi daripada jadwal yang sebelumnya. Untuk jadwal yang baru, kegiatan yang harus ditekan ialah kegiatan kritis yang tidak mendesak (*uncrashed critical activity*) dengan koefisien arah yang paling kecil.

Prosedur ini diulangi sampai semua kegiatan kritis berada pada posisi waktu desak. Hasil akhir dari perhitungan di atas berupa kurva hubungan waktu dan biaya untuk berbagai jadwal yang berbeda sesuai dengan biaya yang diperlukan masing-masing jadwal.

Kurva yang dihasilkan mungkin seperti yang terlihat pada gambar 2.3, dengan garis yang tidak terputus-putus (biaya langsung).

Adalah masuk akal untuk menganggap bahwa kalau lamanya waktu pelaksanaan proyek makin lama, biaya tidak langsung menjadi semakin besar (menaik), seperti garis terputus-putus pada gambar 2.3.

Jumlah dari biaya langsung dan tidak langsung merupakan jumlah biaya (*total cost*). Suatu jadwal dikatakan optimum kalau jumlah biaya yang diperlukan minimum.



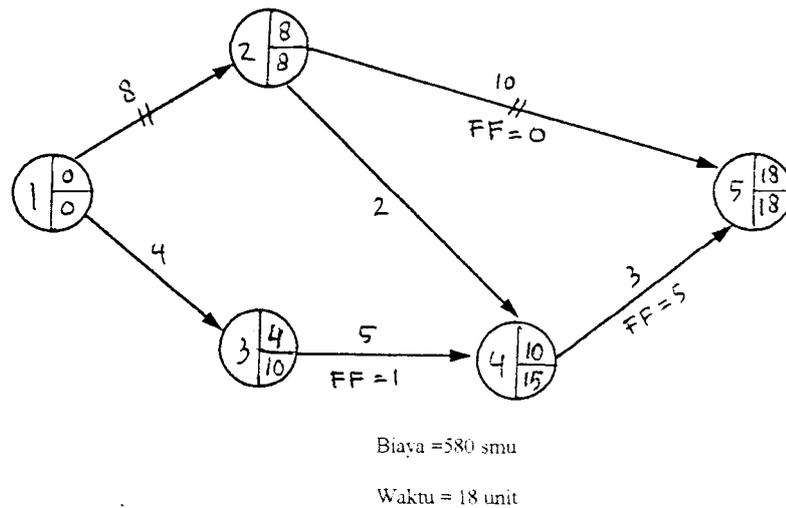
Gambar 2.3 Biaya yang diperlukan untuk berbagai jadual

Keterangan :

- a. Biaya langsung (*direct cost*) : himpunan pengeluaran untuk tenaga kerja, bahan/material, peralatan dan Sub kontraktor. Apabila waktu dalam kegiatan ini dipercepat, maka biaya langsung secara total akan semakin tinggi.
- b. Biaya tak langsung (*indirect cost*) : himpunan pengeluaran untuk *overhead*, pengawasan, dan lain-lain. Bila waktu diperlambat, maka biaya secara total akan semakin tinggi.

Contoh soal :

Perhatikan Gambar 2.4 dan Tabel 2.9



Gambar 2.4 Jaringan kerja dengan waktu dan biaya yang diperlukan

Tabel 2.9 Waktu dan Biaya dalam Waktu Normal dan Mendesak

Kegiatan (i, j)	Normal		Mendesak	
	Lamanya Waktu (u)	Biaya (smu)	Lamanya waktu (u)	Biaya (smu)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1,2)	8	100	6	200
(1,3)	4	150	2	350
(2,4)	2	50	1	90
(2,5)	10	100	5	400
(3,4)	5	100	1	200
(4,5)	3	80	1	100

* u = unit

** smu = satuan mata uang

Berdasarkan data pada gambar 2.4 dan tabel 2.9 supaya dibuat jadwal optimum (*minimum cost schedule*) yang dapat dibentuk antara waktu normal dan mendesak.

Seperti telah disebutkan sebelumnya, analisis untuk persoalan ini utamanya tergantung pada koefisien arah dari hubungan waktu dan biaya untuk berbagai kegiatan.

Perhitungan didasarkan rumus berikut :

$$\text{Koefisien arah} = \frac{C_c - C_n}{D_n - D_c}$$

Contoh perhitungan :

$$K_a(1,2) = \frac{200 - 100}{8 - 6} = \frac{100}{2} = 50$$

$$K_a(3,4) = \frac{200 - 100}{5 - 1} = \frac{100}{4} = 25$$

$$K_a(4,5) = \frac{100 - 80}{3 - 1} = \frac{20}{2} = 10$$

Koefisien arah untuk kegiatan-kegiatan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.10

Tabel 2.10 Nilai Koefisien Arah untuk Berbagai Kegiatan

Kegiatan (Ka)	Koefisien Arah
(1,2)	50
(1,3)	100
(2,4)	40
(2,5)	60
(3,4)	25
(4,5)	10

Langkah pertama, dalam prosedur perhitungan adalah membuat asumsi bahwa semua kegiatan terjadi pada waktu normal, jaringan kerja gambar 2.4 menunjukkan perhitungan jalur kritis dalam keadaan normal.

Kegiatan (1,2) dan (2,5) merupakan jalur kritis. waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan proyek 18 unit dan jumlah biaya 580 smu (satuan mata uang).

Langkah kedua, mengurangi waktu proyek, dengan menekan sebanyak mungkin kegiatan kritis dengan koefisien arah terkecil.

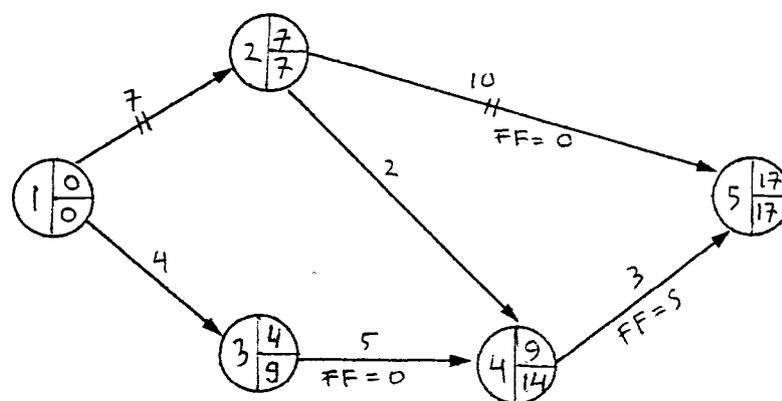
Untuk jaringan kerja gambar 2.4 hanya ada 2 kegiatan kritis yaitu (1,2) dan (2,5).

Kegiatan (1,2) dipilih untuk ditekan oleh karena koefisien arahnya terkecil.

Sesuai dengan kurva hubungan waktu dan biaya, kegiatan ini dapat ditekan dengan dua unit waktu; suatu limit yang dispesifikasikan oleh titik mendesak, maka disebut *crash limit*. Akan tetapi, penekanan suatu kegiatan kritis sampai pada titik desak tidak selalu berarti bahwa lamanya waktu penyelesaian proyek dapat dikurangi dengan suatu jumlah yang ekuivalen. Hal ini disebabkan oleh karena kalau kegiatan ditekan akan timbul jalur kritis yang baru. Pada saat itu jalur kritis lama harus dilupakan, perhatian dicurahkan pada jalur kritis yang baru.

Salah satu cara untuk mengetahui apakah jalur kritis yang baru akan terjadi sebelum tercapai titik desak ialah mempertimbangkan *free float* untuk kegiatan-kegiatan yang tidak kritis. Berdasarkan definisi, *free float* bebas terhadap waktu dimulainya kegiatan lainnya. Jadi kalau selama penekanan suatu kegiatan kritis, suatu *free float* positif menjadi nol, kegiatan kritis ini ditekan tanpa pengecekan lebih lanjut sebab ada kemungkinan kegiatan dengan *free float* yang nol menjadi kritis. Ini berarti sebagai tambahan pada limit desak (*crash limit*) seseorang harus mempertimbangkan juga *free float limit*.

Menentukan *free float limit*, pertama-tama perlu mengurangi lamanya pelaksanaan kegiatan kritis yang dipilih untuk penekanan dengan satu unit waktu. *Free float* yang terkecil, sebelum pengurangan, untuk semua kegiatan yang demikian itu menentukan *free float limit* yang ditentukan.. Suatu pengurangan untuk kegiatan (1,2) dengan satu unit waktu akan membuat *free float* kegiatan (4,5) tidak berubah tetap sebesar 5. Jadi FF limit sebesar 1. Oleh karena limit desak untuk kegiatan (1,2) sebesar 2, batas tekanan (*compression limit*) sama dengan nilai minimum dari limit desak dan FF limitnya yaitu $\min\{2,1\} = 1$. Jadwal baru terlihat pada gambar 2.5



Biaya = 630 smu

Waktu = 17 unit

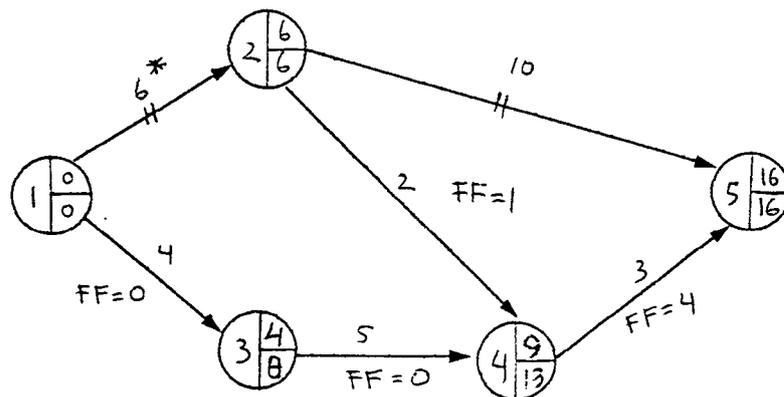
Gambar 2.5 Jaringan kerja baru dengan waktu dan biaya yang diperlukan

Waktu yang diperlukan untuk jadwal baru sebesar 17 unit dan biaya sebesar biaya lama + biaya akibat penekanan waktu (*compressed time*) yaitu $580 + (18-17) \times 50 = 630$.

Walaupun *free float* menurun, jalur kritis tetap tidak berubah. Hal ini menunjukkan kenyataan bahwa tidak selalu benar bahwa jalur kritis akan timbul kalau penekanan waktu dispesifikasikan oleh FF-limit.

Oleh karena kegiatan (1,2) masih merupakan calon terbaik untuk penekanan, limit desak dan FF-limit harus dihitung. Akan tetapi oleh karena kegiatan (1,2) sama dengan 1, maka tidak perlu menghitung FF-limit, sebab setiap FF yang positif paling sedikit nilainya satu (=1).

Akibatnya, kegiatan (1,2) ditekan 1 unit sampai mencapai limit desak. Hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar 1.6 yang juga menunjukkan jalur kritis tidak berubah. Waktu proyek 16 unit dan jumlah biaya $630 + (17-16) \times 50 = 680$.



Biaya = 680 smu, Waktu 16 unit

*) Kegiatan sudah mencapai limit desak (crash limit)

Gambar 2.6 Jaringan kerja baru dengan waktu dan biaya yang diperlukan

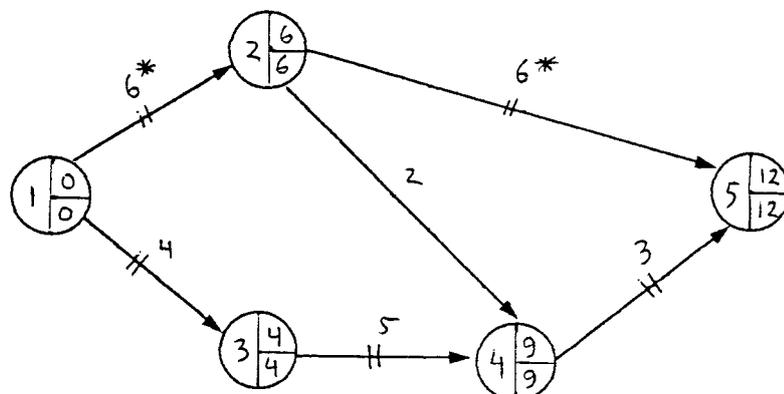
Kegiatan (1,2) tidak dapat lagi ditekan. Jadi kegiatan (2,5) mendapat giliran untuk ditekan. Sekarang perhitungan menjadi sebagai berikut :

Limit desak = $10 - 5 = 5$

FF-limit = 4, untuk kegiatan (4,5)

Limit tekanan (*compression limit*) = $\min \{5,4\} = 4$

Hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.7



Biaya = 920 smu

Waktu = 12 unit

*) Kegiatan sudah mencapai limit desak.

Gambar 2.7 Jaringan kerja baru dengan waktu dan biaya yang diperlukan

Ada 2 jalur kritis yaitu : (1,2,5) dan (1,3,4,5).

Biaya diperlukan = $680 + (16-12) \times 60 = 920$, sedang waktu yang diperlukan bisa ditekan menjadi 12 unit.

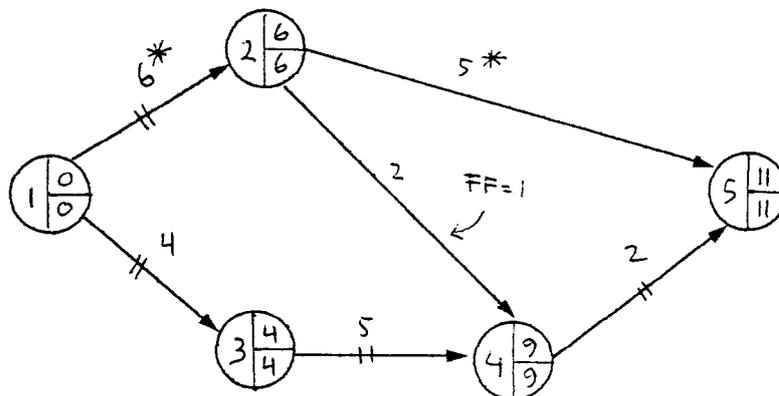
Munculnya 2 jalur kritis menunjukkan bahwa untuk mengurangi waktu penyelesaian proyek, perlu mengurangi waktu 2 jalur kritis secara simultan.

Aturan untuk memilih kegiatan kritis yang harus ditekan masih berlaku di sini. Untuk jalur (1,2,5), kegiatan (2,5) dapat ditekan dengan 1 unit.

Untuk jalur (1,3,4,5) kegiatan (4,5) mempunyai koefisien arah terkecil dan limit desak sebesar 2.

Jadi limit desak untuk dua jalur = $\min\{1,2\} = 1$. FF-limit dalam hal ini ditentukan dengan mengambil nilai minimum dari FF-limit yang diperoleh dari setiap jalur secara terpisah. Akan tetapi oleh karena limit desak = 1, FF-limit tidak perlu dihitung. Jadual yang baru terlihat pada gambar 2.8, waktu yang diperlukan 11 unit dan biaya sebesar $920 + (12-11) \times (10 + 60) = 990$. Dua jalur kritis masih tetap sama.

Oleh karena semua kegiatan yang berada pada jalur kritis (1,2,5) dalam posisi limit desak, maka tidak mungkin lagi untuk mengurangi waktu penyelesaian proyek.

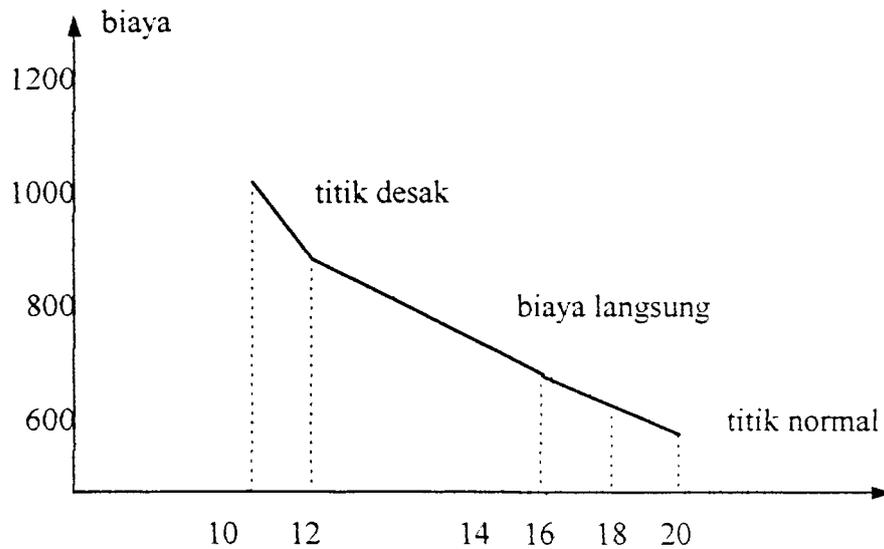


Biaya = 990 smu

Waktu = 11 unit

*) Kegiatan sudah mencapai limit desak.

Gambar 2.8 Jaringan kerja baru dengan waktu dan biaya yang diperlukan



Gambar 2.9 Hubungan lamanya waktu penyelesaian proyek dengan biaya langsung

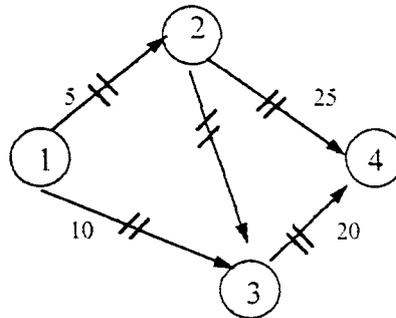
Gambar 2.9 menunjukkan hasil penekanan waktu yang diimbangi dengan kenaikan biaya langsung.

Kurva berdasarkan data berikut :

Tabel 2.11 Hubungan waktu dan biaya

Lamanya waktu (unit)	Biaya (smu)
18	580
17	630
16	680
12	920
11	990

Contoh di atas meringkaskan semua aturan untuk menekan kegiatan-kegiatan dalam kondisi tertentu yang telah berlaku. Ada kasus-kasus, dimana seseorang mungkin memperluas kegiatan yang sudah ditekan sebelum lamanya waktu seluruh proyek dapat dikurangi. Gambar 2.10 sebagai ilustrasi kasus seperti ini.



Gambar 2.10 Jaringan kerja dimana kegiatan-kegiatan sudah ditekan

Ada 3 jalur kritis yaitu (1,2,3,4), (1,2,4), dan (1,3,4). Kegiatan (3,4) sudah ditekan dari waktu normal 8 unit menjadi 5 unit. Lamanya waktu penyelesaian proyek bisa diperkecil/dikurangi dengan mengurangi secara simultan salah satu kegiatan pada setiap jalur kritis (1,2,4) dan (1,3,4) atau menekan secara simultan kegiatan (1,2) dan (3,4) dan perluasan kegiatan (2,3). Suatu alternatif dengan jumlah koefisien arah netto minimum yang harus dipilih.

Perhatikan sekarang, bahwa kalau kegiatan (1,2) dan (3,4) ditekan dan kegiatan (2,3) diperluas, jumlah koefisien arah netto merupakan jumlah koefisien arah kegiatan (1,2) dan (3,4) dikurangi koefisien arah untuk kegiatan (2,3). Di dalam kasus lainnya dimana tidak ada kegiatan yang diperluas, jumlah netto akan sama dengan jumlah koefisien arah dari kegiatan-kegiatan yang ditekan. Kalau perluasan kegiatan

dianggap perlu, kemudian tambahan kepada limit desak dan FF-limit, limit perluasan juga harus diperhitungkan.

Hal ini sama dengan waktu normal dari kegiatan dikurangi waktu tekan (*compressed time*). Limit tekanan (*compression limit*) kemudian merupakan nilai minimum dari limit desak, FF-limit dan limit perluasan.

2.10 Prosedur Lainnya untuk Mendeteksi Jalur Kritis Baru dan Pengendalian

Proyek

Dalam contoh di depan FF-limit dipergunakan untuk mendeteksi kemungkinan adanya jalur baru. Apabila FF-limit besar dan sama dengan limit tekanan (*compression limit*), seseorang dapat mengurangi lamanya waktu (*duration*) penyelesaian proyek. Intinya, ini mempunyai kebaikan untuk meminimumkan banyaknya penjadualan (*number of schedules*) yang dihitung antara titik normal dan titik desak. Hal ini ada kemungkinan berarti, bahwa perhitungan utama dari proyek adalah diminimumkan. Akan tetapi penentuan FF-limit memerlukan tambahan perhitungan yang semakin banyak sejalan dengan banyaknya jalur kritis dalam proyek. Konsekuensinya tidak ada jaminan bahwa penggunaan metode FF-limit akan menghasilkan perhitungan yang minimum.

Metode lainnya juga telah dikembangkan yang menghilangkan sama sekali kebutuhan FF-limit. Telah ditunjukkan dalam contoh di depan bahwa kalau limit desak = 1, FF-limit tidak perlu dihitung oleh karena setiap FF yang positif paling sedikit nilainya 1(satu). Prosedur baru kemudian diperlukan untuk mengurangi

lamanya waktu proyek dengan satu unit waktu pada setiap siklus(daur) perhitungan. Hal ini dilakukan dengan menekan kegiatan yang mempunyai koefisien arah terkecil. Prosedur ini diulangi pada jadual yang baru (dan jalur-jalur bkritis kalau ada) sampai jadual desak (*crash schedule*) diperoleh.

Perlu dicatat, metode baru menekan waktu proyek dengan satu unit waktu pada setiap siklus. Jadi kalau ada n unit waktu antara jadual normal dan desak, kita akan mengharapkan sebanyak n siklus perhitungan.

Belum ada bukti yang dapat untuk menyimpulkan metode mana yang lebih efisien artinya menghitung serta memberikan hasil lebih cepat. Akan tetapi perhitungan secara manual(tidak dengan komputer), menggunakan non FF-limit kelihatannya lebih baik. Bisa dicoba dengan memecahkan soal.

Ada suatu kecenderungan cara berpikir di antara para pemakai CPM, bahwa diagram anak panah dapat dihilangkan segera setelah penjadualan waktu selesai dibuat. Ternyata hal ini tidak benar. Kenyataannya penggunaan diagram anak panah terjadi selama tahap pelaksanaan proyek. Jarang sekali terjadi bahwa tahapan perencanaan mengembangkan jadual waktu yang dapat diikuti secara tepat selama tahap pelaksanaan. Bahkan sering terjadi beberapa kegiatan tertunda.

Hal ini sangat tergantung pada kondisi pekerjaan yang sebenarnya. Segera setelah suatu gangguan terjadi dalam perencanaan aslinya (*original plan*), segera perlu dibuat suatu jadual waktu yang baru untuk mengatur sisa-sisa kegiatan dalam proyek atau kegiatan proyek yang belum selesai. Untuk keperluan memonitor pelaksanaan suatu proyek, ternyata penting sekali mengikuti kemajuan suatu proyek pada diagram anak

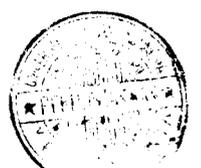
panah daripada hanya pada jadual waktu. Jadual waktu pada dasarnya dipergunakan untuk mengecek apakah setiap kegiatan selesai pada waktunya. Dampak keterlambatan atau tertundanya suatu kegiatan jelas akan terasa pada kegiatan-kegiatan yang mengikutinya dan dapat diperhitungkan melalui diagram anak panah.

Misalkan bahwa suatu proyek sedang berjalan, ternyata diketemukan bahwa keterlambatan dalam beberapa kegiatan memerlukan dibentuknya suatu jadual waktu yang baru. Dalam hal ini perlu segera memperbaharui (*to up date*) diagram anak panah dengan memberikan nilai nol untuk lamanya waktu (*duration*) bagi kegiatan-kegiatan yang sudah selesai.

Kegiatan yang belum selesai seluruhnya, lamanya waktu diberi nilai sebesar waktu yang masih diperlukan untuk penyelesaiannya.

Perubahan dalam diagram anak panah seperti penambahan kegiatan baru atau mengurangi kegiatan lama harus dibuat.

Dengan jalan mengulangi perhitungan-perhitungan yang biasa pada diagram anak panah dengan elemen waktu yang baru, kita dapat menentukan jadual waktu yang baru dan kemungkinan perubahan waktu pelaksanaan/penyelesaian proyek. Informasi semacam itu dipergunakan sampai diperlukan untuk memperbaharui jadual waktu selanjutnya. Dalam prakteknya, banyak revisi atau perbaikan jadual waktu biasanya diperlukan pada tahap permulaan pelaksanaan proyek. Suatu periode atau lamanya waktu penyelesaian proyek yang stabil akan dicapai dan revisi jadual waktu kemungkinan besar tidak diperlukan lagi.



BAB III

STUDI KASUS PROYEK CLUB HOUSE PADANG GOLF SENAYAN

3.1. Uraian Umum

Dalam pembuatan sebuah proyek, perencanaan menempati urutan pertama dari fungsi-fungsi yang lain yaitu mengorganisasi, pelaksanaan dan pengendalian. Perencanaan adalah proses meletakkan dasar tujuan dan sasaran proyek, termasuk sumber daya yang dibutuhkan. Sedangkan pengendalian berfungsi untuk memantau dan mengkaji pelaksanaan di lapangan agar sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Perencanaan dan pengendalian waktu dan biaya yang kita ambil dalam studi kasus ini adalah Proyek *Club House* Padang Golf Senayan. Padang Golf Senayan Jakarta terletak di wilayah Jakarta Pusat, yaitu di daerah Senayan *square* yang merupakan kompleks Gelanggang Olah Raga Senayan, Jakarta. Padang Golf Senayan ini merupakan padang golf milik Sekretariat Negara Republik Indonesia c.q. Badan Pengelola Lapangan Golf Senayan.

Pembangunan *Club House* Padang Golf Senayan dimaksudkan untuk memberikan fasilitas yang lebih memadai bagi para anggota. Fasilitas yang dimaksudkan antara lain ruang pertemuan, restoran, golf shop serta fasilitas kesehatan.

Dengan fasilitas-fasilitas tersebut, *club house* ini harus dibangun dengan perencanaan yang matang serta pelaksanaan yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Selain itu dalam masa pelaksanaannya dituntut pengawasan dan pengendalian terhadap biaya, mutu dan waktu, sehingga proyek berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

3.2. Analisis Paket Pekerjaan Struktur

A. Master Schedule Proyek

Untuk dapat melaksanakan pengawasan dan pengendalian terhadap jalannya proyek secara keseluruhan, didasarkan pada master schedule yang mencakup pekerjaan-pekerjaan secara garis besar, yaitu :

1. Pekerjaan persiapan
2. Pemancangan tiang
3. Pekerjaan Struktur
4. Pekerjaan Arsitektur
5. Pekerjaan Interior
6. Pekerjaan Mekanikal/Elektrikal
7. Pekerjaan *Landscape*
8. Pekerjaan lain-lain, yaitu untuk pelaksanaan peresmian penggunaan *Club House*.

Dalam perkembangan selanjutnya, pembangunan *Club House* dilaksanakan pertama kali untuk pekerjaan struktur. Hal ini disebabkan perencanaan untuk paket pekerjaan interior dan mekanikal/elektrikal belum sempurna, sementara pemilik proyek menghendaki proyek segera dilaksanakan.

Dengan demikian pada paket pekerjaan struktur ini dibuatlah *schedule* khusus. Dari *schedule* ini dapat dibuat analisis terhadap perencanaan dan pengendalian waktu khusus untuk pekerjaan struktur.

Analisis tersebut dimulai dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Membuat *network planning*
2. Penentuan durasi masing-masing kegiatan
3. Perhitungan ES, EC, LS, LC, TF dan FF
4. Analisis jalur kritis dan nonkritis.

Adapun *schedule* pekerjaan struktur yang dibuat proyek untuk Proyek *Club House* Padang Golf Senayan adalah sebagai berikut :

B. Pembuatan *network planning*

Pada paket pekerjaan struktur proyek *Club House* Padang Golf Senayan, dapat diinventarisasi kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

Tabel 3.1. Kegiatan pada paket pekerjaan struktur proyek Club House

Kode	Kegiatan	Kegiatan yang Mengikuti
I. Main Building		
A	Pembersihan lahan	C, B
B	Galian tanah	D, Ga
C	Pemotongan kepala tiang	D
D	Pasir urug pondasi	E
E	Anti rayap pondasi	F
F	<i>Lean concrete</i> pondasi	G
G	Pengecoran pondasi, tie beam dan water tank	H, I
H	Pengecoran kolom lantai 1	J, K, N
I	Urugan tanah	O
J	Pengecoran plat, balok lantai 2 dan <i>staircase</i>	-
K	Pengecoran kolom lantai 2 dan hall	L
L	Pengecoran <i>roof beam</i>	M
M	<i>Steel structure</i>	-
N	<i>Water proofing</i>	-
O	Pasir urug plat lantai 1	P
P	Anti rayap plat lantai 1	Q
Q	<i>Lean concrete</i> plat lantai 1	R
R	Pengecoran plat lantai 1	-
II. Genset building		
Ga	Pasir urug pondasi	Gb
Gb	Anti termit pondasi	Gc

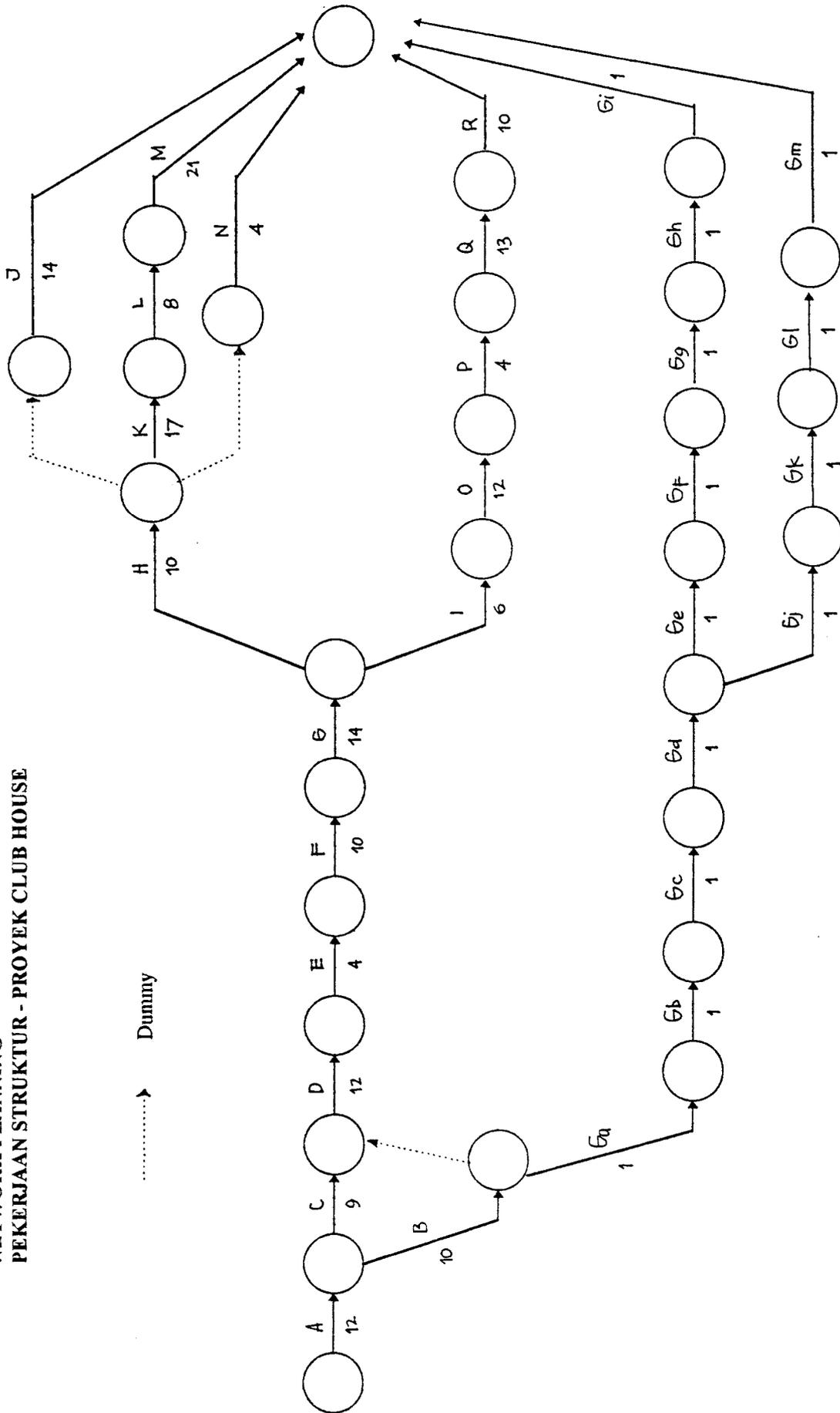
lanjutan Tabel 3.1...

II. Genset building

Gc	<i>Lean concrete</i> pondasi	Gd
Gd	Pengecoran pondasi	Ge, Gj
Ge	Urugan tanah	Gf
Gf	Pasir urug plat lantai	Gg
Gg	Anti termit plat lantai	Gh
Gh	<i>Lean concrete</i> plat lantai	Gi
Gi	Pengecoran plat lantai	-
Gj	Pengecoran kolom	Gk
Gk	Pengecoran balok	Gl
Gl	Pengecoran plat atap	Gm
Gm	<i>Waterproofing</i>	-

Dari tabel di atas serta dengan perkiraan durasi masing-masing kegiatan seperti yang telah ada di dalam master schedule, dapat dibuat network planning untuk paket pekerjaan struktur sebagai berikut :

**NETWORK PLANNING
PEKERJAAN STRUKTUR - PROYEK CLUB HOUSE**

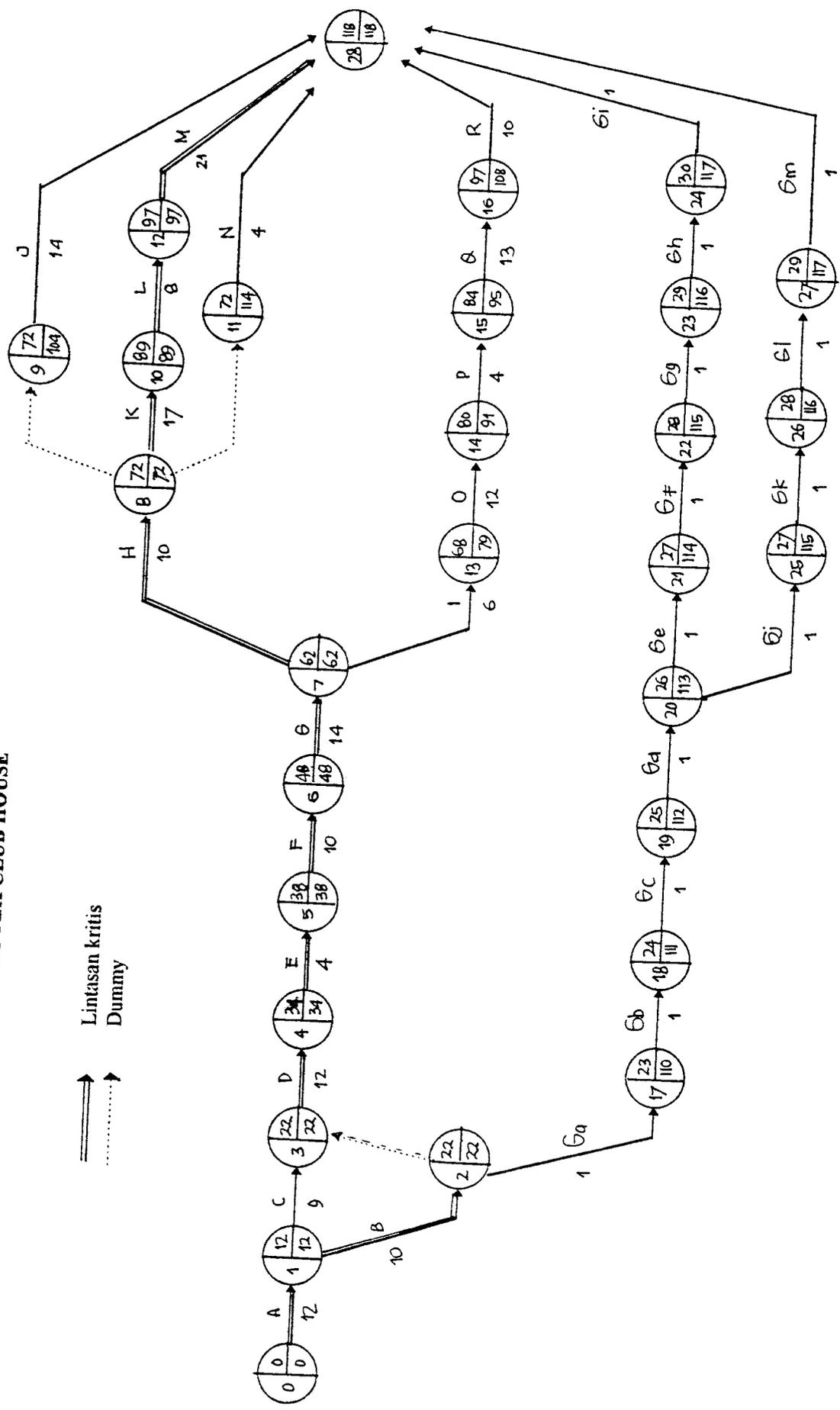


Tabel 3.2. Perhitungan ES, EC, LS, LC, TF dan FF

Kegiatan	Durasi (hari)	ESi	ECij (3)+(2)	LSij (6)-(2)	LCj	TFij (6)-(3)-(2)	FFij (9)-(3)-(2)	ESj
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
A	12	0	12	0	12	0	0	12
B	10	12	22	12	22	0	0	22
C	9	12	21	13	22	1	1	22
D	12	22	34	22	34	0	0	34
E	4	34	38	34	38	0	0	38
F	10	38	48	38	48	0	0	48
G	14	48	62	48	62	0	0	62
H	10	62	72	62	72	0	0	72
I	6	62	68	73	79	11	0	68
J	14	72	86	104	118	32	32	118
K	17	72	89	72	89	0	0	89
L	8	89	97	89	97	0	0	97
M	21	97	118	97	118	0	0	118
N	4	72	76	114	118	42	42	118
O	12	68	80	79	91	11	0	80
P	4	80	84	91	95	11	0	84
Q	13	84	97	95	108	11	0	97
R	10	97	107	108	118	11	11	118
Ga	1	22	23	109	110	87	0	23
Gb	1	23	24	110	111	87	0	24
Gc	1	24	25	111	112	87	0	25
Gd	1	25	26	112	113	87	0	26
Ge	1	26	27	113	114	87	0	27
Gf	1	27	28	114	115	87	0	28
Gg	1	28	29	115	116	87	0	29
Gh	1	29	30	116	117	87	0	30
Gi	1	30	31	117	118	87	87	118
Gj	1	26	27	114	115	88	0	27
Gk	1	27	28	115	116	88	0	28
Gl	1	28	29	116	117	88	0	29
Gm	1	29	30	117	118	88	88	118

**NETWORK PLANNING
PEKERJAAN STRUKTUR - PROYEK CLUB HOUSE**

 Lintasan kritis
 Dummy



KETERANGAN :

A	=	Pembersihan lahan	
B	=	Galian tanah	
C	=	Pemotongan kepala tiang	
D	=	Pasir urug pondasi	
E	=	Anti rayap pondasi	
F	=	Lean concrete pondasi	
G	=	Pengecoran pondasi, tie beam dan water tank	
H	=	Pengecoran kolom lantai 1	
I	=	Urugan tanah	
J	=	Pengecoran plat, balok lantai 2 dan staircase	
K	=	Pengecoran kolom lantai 2 dan hall	
L	=	Pengecoran roof beam	
M	=	Steel structure	
N	=	Waterproofing	
O	=	Pasir urug palt lantai 1	
P	=	Anti rayap plat lantai 1	
Q	=	Lean concrete plat lantai 1	
R	=	Pengecoran plat lantai 1	
Gh	=		Lean concrete plat lantai
Gi	=		Pengecoran plat lantai
Gj	=		Pengecoran kolom
Gk	=		Pengecoran balok
Gl	=		Pengecoran plat atap
Gm	=		Waterproofing

GENSET BUILDING :

Ga	=	Pasir urug pondasi
Gb	=	Anti termit pondasi
Gc	=	Lean concrete pondasi
Gd	=	Pengecoran pondasi
Ge	=	Urugan tanah
Gf	=	Pasir urug plat lantai
Gg	=	Anti termit plat lantai

D. Analisis jalur kritis

Dari penjelasan di muka diketahui bahwa jalur kritis adalah jalur-jalur kegiatan dengan nilai *Total Float* = 0. Dari tabel di atas, kegiatan-kegiatan yang termasuk di jalur kritis adalah kegiatan-kegiatan :

1. Pembersihan lahan
2. Galian tanah
3. Pasir urug pondasi
4. Anti rayap pondasi
5. *Lean concrete* pondasi
6. Pengecoran pondasi, *tie beam*, dan *water tank*
7. Pengecoran kolom lantai 1
8. Pengecoran kolom lantai 2 dan *hall*
9. Pengecoran *roof beam*
10. *Steel structure*

Kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis tersebut harus dilaksanakan sesuai dengan waktu yang telah direncanakan, sehingga proyek berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan oleh pihak-pihak yang terkait.

Tetapi dalam pelaksanaan sampai dengan Akhir bulan Januari ternyata realisasi *schedule* struktur sebagai berikut :

Dari *schedule* pekerjaan struktur yang terjadi di lapangan dapat diketahui bahwa dalam pelaksanaannya proyek *Club House* Padang Golf Senayan ini mengalami keterlambatan. Hal ini dapat dilihat pada *progress* aktual yang terjadi di lapangan pada akhir Januari 1998 sebesar 32,7 % sedangkan *progress* yang direncanakan sebesar 55,961%, sehingga terjadi keterlambatan sebesar 23,3%.

3.3. Pengendalian Terhadap Waktu Pelaksanaan Proyek

Untuk dapat dicapai waktu pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan yang telah direncanakan, dibuat pengendalian terhadap waktu pelaksanaan pekerjaan dengan membuat perencanaan untuk pelaksanaan kegiatan-kegiatan yang belum selesai dikerjakan yang disesuaikan dengan jangka waktu yang masih tersisa.

Dengan berpedoman pada perhitungan *progress* yang dibuat oleh Manajemen Konstruksi dapat dibuat daftar kegiatan yang belum dikerjakan sampai dengan akhir Januari 1998, sebagai berikut :

Tabel 3.3. Pekerjaan-pekerjaan sampai dengan akhir Januari 1998

Kode	Kegiatan	Persentase Penyelesaian	Kekurangan (%)
A	Pembersihan lahan	50	50
B	Galian tanah	100	0
C	Pemotongan Kepala Tiang	100	0
D	Pasir urug pondasi	100	0
E	Anti rayap pondasi	100	0
F	<i>Lean concrete</i> pondasi	100	0
G	Cor pondasi, <i>tie beam</i> dan <i>water tank</i>	100	0
H	Pengecoran kolom lantai 1	100	0
I	Urugan tanah	0	100

lanjutan Tabel 3.3

Kode	Kegiatan	Persentase Penyelesaian	Kekurangan (%)
J	Pengecoran plat, balok lt. 2 & staircase	15.17	84.83
K	Pengecoran kolom lt. 2 & <i>hall</i>	0	100
L	Pengecoran <i>roof beam</i>	0	100
M	<i>Steel structure</i>	0	100
N	<i>Water proofing</i>	33.095	66.905
O	Pasir urug plat lantai 1	0	100
P	Anti rayap plat lantai 1	0	100
Q	<i>Lean concrete</i> plat lantai 1	0	100
R	Pengecoran plat lantai 1	0	100
Ga	Pasir urug pondasi GB	0	100
Gb	Anti rayap pondasi GB	0	100
Gc	<i>Lean concrete</i> pondasi GB	0	100
Gd	Pengecoran pondasi GB	0	100
Ge	Urugan tanah GB	0	100
Gf	Pasir urug plat lantai GB	0	100
Gg	Anti rayap plat lantai GB	0	100
Gh	<i>Lean concrete</i> plat lantai GB	0	100
Gi	Pengecoran plat lantai GB	0	100
Gj	Pengecoran kolom GB	0	100
Gk	Pengecoran balok GB	0	100
Gl	Pengecoran plat atap GB	0	100
Gm	<i>Water proofing</i> GB	0	100

Untuk memperkirakan keterlambatan yang akan terjadi, dari data-data di atas dibuat *network planning* yang baru dengan perhitungan durasi untuk pekerjaan yang telah selesai = 0, dan durasi untuk pekerjaan yang belum selesai disesuaikan dengan durasi semula, sebagai berikut :

Tabel 3.4. Durasi untuk kegiatan-kegiatan pada proyek *Club House* Senayan

Kegiatan	Volume	Durasi awal	Kekurangan (%)	Durasi untuk sisa pekerjaan yang belum dikerjakan	Dibulatkan
A Pembersihan lahan	1 lot	12	50	6	6
B Galian tanah	1338 m ³	10	0	0	0
C Pemotongan kepala tiang	107 bh	9	0	0	0
D Pasir urug pondasi	1284.02 m ²	12	0	0	0
E Anti rayap pondasi	1297.32 m ²	4	0	0	0
F <i>Lean concrete</i> pondasi	1614.16 m ²	10	0	0	0
G Cor pondasi, <i>tie beam</i> & <i>water tank</i>	236.26 m ³	14	0	0	0
H Cor kolom lt 1	45.81 m ³	10	0	0	0
I Urugan tanah	430 m ³	6	100	6	6
J. Cor plat, balok lt.2	345.83 m ³	14	84.83	11.87	12
K. Pengecoran kolom lt.2	51.9 m ³	17	100	17	17
L. Pengecoran <i>roof beam</i>	73.74 m ³	8	100	8	8
M <i>Steel structure</i>	114131 kg	21	100	21	21
N <i>Water proofing</i>	536 m ²	4	66.905	2.68	3
O Pasir urug lt. 1	2385.99 m ²	12	100	12	12
P Anti rayap lt. 1	1298.67 m ²	4	100	4	4
Q <i>Lean concrete</i> . lt. 1	1615.84 m ²	13	100	13	13
R Pengecoran lt.1	128.14 m ³	10	100	10	10
Ga. Ps. urug pondasi GB	24.26 m ²	1	100	1	1

lanjutan Tabel 3.4 ...

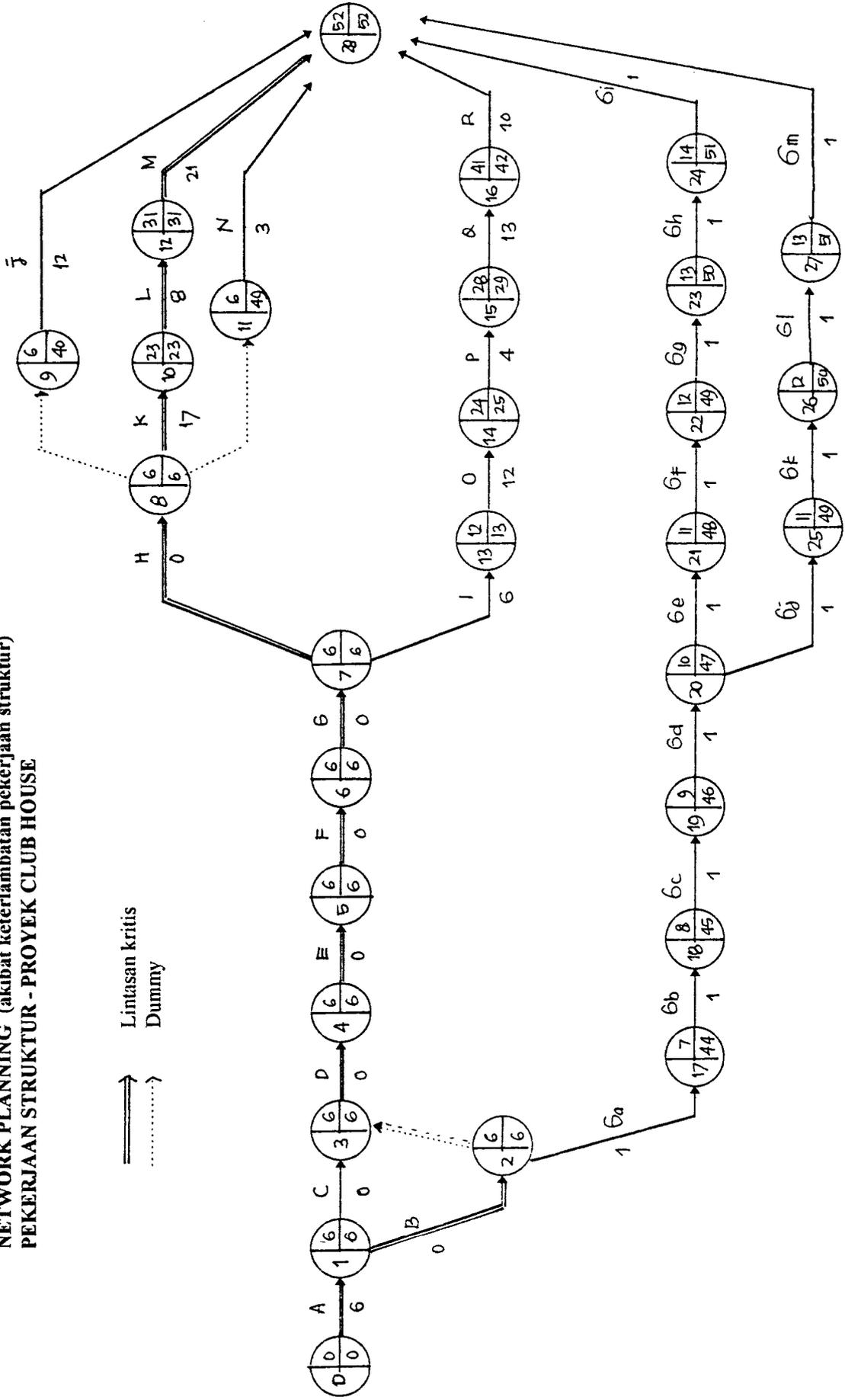
Kegiatan	Volume	Durasi awal	Kekurangan (%)	Durasi untuk sisa pekerjaan yang belum dikerjakan	Dibulatkan
Gb. Anti rayap pond. GB	24.26 m ²	1	100	1	1
Gc. Lean conc. pond. GB	24.26 m ²	1	100	1	1
Gd. Cor pondasi GB	4.97 m ³	1	100	1	1
Ge Urugan tanah GB	16 m ³	1	100	1	1
Gf Pasir urug lt. GB	57.95 m ²	1	100	1	1
Gg Anti rayap lt. GB	57.95 m ²	1	100	1	1
Gh Lean conc. lt. GB	57.95 m ²	1	100	1	1
Gi Pengecoran lt. GB	5.3347 m ³	1	100	1	1
Gj Cor kolom GB	1.52 m ³	1	100	1	1
Gk Cor balok GB	6.29 m ³	1	100	1	1
Gl Cor plat atap GB	10.44 m ³	1	100	1	1
Gm <i>Water proofing</i> GB	109 m ²	1	100	1	1

Dengan menggunakan data durasi yang baru, dibuat network planning dan hasil perhitungan ES, EC, LS, LC, TF dan FF sebagai berikut :

Tabel 3.5. Perhitungan ES, EC, LS, LC, TF dan FF

Kegiatan	Durasi (hari)	ESi	ECij (3)+(2)	LSij (6)-(2)	LCj	TFij (6)-(3)-(2)	FFij (9)-(3)-(2)	ESj
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
A	6	0	6	0	6	0	0	6
B	0	6	6	6	6	0	0	6
C	0	6	6	6	6	0	0	6
D	0	6	6	6	6	0	0	6
E	0	6	6	6	6	0	0	6
F	0	6	6	6	6	0	0	6
G	0	6	6	6	6	0	0	6
H	0	6	6	6	6	0	0	6
I	6	6	12	7	13	1	0	12
J	12	6	18	40	52	34	34	52
K	17	6	23	6	23	0	0	23
L	8	23	31	23	31	0	0	31
M	21	31	52	31	52	0	0	52
N	3	6	9	49	52	43	43	52
O	12	12	24	13	25	1	0	24
P	4	24	28	25	29	1	0	28
Q	13	28	41	29	42	1	0	41
R	10	41	51	42	52	1	1	52
Ga	1	6	7	43	44	37	0	7
Gb	1	7	8	44	45	37	0	8
Gc	1	8	9	45	46	37	0	9
Gd	1	9	10	46	47	37	0	10
Ge	1	10	11	47	48	37	0	11
Gf	1	11	12	48	49	37	0	12
Gg	1	12	13	49	50	37	0	13
Gh	1	13	14	50	51	37	0	14
Gi	1	14	15	51	52	37	37	52
Gj	1	10	11	48	49	38	0	11
Gk	1	11	12	49	50	38	0	12
Gl	1	12	13	50	51	38	0	13
Gm	1	13	14	51	52	38	38	52

**NETWORK PLANNING (akibat keterlambatan pekerjaan struktur)
PEKERJAAN STRUKTUR - PROYEK CLUB HOUSE**



KETERANGAN :

A	=	Pembersihan lahan	Gh	=	Lean concrete plat lantai
B	=	Galian tanah	Gi	=	Pengecoran plat lantai
C	=	Pemotongan kepala tiang	Gj	=	Pengecoran kolom
D	=	Pasir urug pondasi	Gk	=	Pengecoran balok
E	=	Anti rayap pondasi	Gl	=	Pengecoran plat atap
F	=	Lean concrete pondasi	Gm	=	Waterproofing
G	=	Pengecoran pondasi, tie beam dan water tank			
H	=	Pengecoran kolom lantai 1			
I	=	Urugan tanah			
J	=	Pengecoran plat, balok lantai 2 dan staircase			
K	=	Pengecoran kolom lantai 2 dan hall			
L	=	Pengecoran roof beam			
M	=	Steel structure			
N	=	Waterproofing			
O	=	Pasir urug palt lantai 1			
P	=	Anti rayap plat lantai 1			
Q	=	Lean concrete plat lantai 1			
R	=	Pengecoran plat lantai 1			

GENSET BUILDING :

Ga	=	Pasir urug pondasi
Gb	=	Anti termit pondasi
Gc	=	Lean concrete pondasi
Gd	=	Pengecoran pondasi
Ge	=	Urugan tanah
Gf	=	Pasir urug plat lantai
Gg	=	Anti termit plat lantai

Dengan network planning seperti di atas, yaitu hanya memperhitungkan sisa durasi pekerjaan-pekerjaan yang belum diselesaikan, proyek club house khusus pekerjaan struktur baru dapat diselesaikan dalam waktu 52 hari terhitung mulai tanggal 1 Februari 1998, atau jika diperhitungkan terhadap schedule rencana akan terlambat selama 24 hari terhitung mulai tanggal 1 Maret 1998.

Keterlambatan ini akan sangat berpengaruh terhadap schedule proyek secara keseluruhan, yaitu untuk pekerjaan arsitektur, interior, mekanikal/elektrikal serta pekerjaan landscape, karena pekerjaan-pekerjaan tersebut (khususnya untuk dinding bata) belum dapat dikerjakan sebelum pekerjaan struktur diselesaikan .

Permasalahan yang timbul adalah bagaimana merencanakan pengendalian waktu yang optimal agar proyek dapat diselesaikan tanpa mengalami keterlambatan.

Untuk mencapai hal tersebut, sebelum waktu pelaksanaan pekerjaan yang direncanakan berakhir dibuat perencanaan baru terhadap jadwal pekerjaan. Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan jadwal baru dibuat pada saat prestasi rencana mencapai 55.96%, yaitu pada tanggal 1 Februari 1998. Selain itu, hal-hal yang penting dalam penyusunan jadwal baru tersebut adalah :

1. Jadwal pelaksanaan yang baru dibuat khusus untuk kegiatan-kegiatan yang belum selesai dilaksanakan.
2. Rentang waktu jadwal baru adalah sisa waktu yang tersedia pada jadwal lama, yaitu mulai tanggal 1 Februari 1998 sampai dengan 28 Februari 1998
3. Untuk mencapai penyelesaian pekerjaan paling lambat tanggal 28 Februari 1998 dilakukan percepatan durasi pada kegiatan-kegiatan tertentu serta

adanya *crash (overlap)* antara kegiatan yang satu dengan kegiatan yang lain yang tidak saling berkaitan.

Maka dengan berpedoman pada hal-hal tersebut di atas dibuat perencanaan ulang terhadap pelaksanaan pekerjaan struktur dengan memperpendek durasi beberapa kegiatan, khususnya kegiatan kritis, sehingga diperoleh beberapa alternatif waktu penyelesaian proyek.

Adapun kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam kegiatan kritis yang memungkinkan untuk dikurangi durasinya adalah :

Tabel 3.6. Kegiatan-kegiatan kritis yang memungkinkan untuk dikurangi durasinya

Kegiatan	Volume	Durasi normal
A. Pembersihan lahan	$50\% \times 1 \text{ lot} = 0.5 \text{ lot}$	6
K. Pengecoran kolom lt2 + hall	$100\% \times 51.9 \text{ m}^3 = 51.9 \text{ m}^3$	17
L. Pengecoran roof beam	$100\% \times 73.74 \text{ m}^3 = 73.74 \text{ m}^3$	8
M. Steel structure	$100\% \times 114131 \text{ kg} = 114131 \text{ kg}$	21

Dengan pengurangan durasi kegiatan-kegiatan kritis di atas, akan memungkinkan timbulnya jalur kritis yang baru. Apabila diinginkan waktu pelaksanaan proyek yang lebih pendek, dapat dilakukan pengurangan terhadap durasi kegiatan-kegiatan kritis yang baru tersebut.

Dengan perencanaan ulang ini, diambil beberapa alternatif untuk waktu penyelesaian proyek, yaitu :

- Alternatif 1 : waktu 52 hari (proyek terlambat 24 hari)

- Alternatif 2 : waktu 41 hari (proyek terlambat 13 hari)
- Alternatif 3 : waktu 39 hari (proyek terlambat 11 hari)
- Alternatif 4 : waktu 28 hari (proyek tepat waktu)
- Alternatif 5 : waktu 26 hari (proyek dipercepat 2 hari)

3.4. Hubungan Waktu Pelaksanaan dan Biaya Proyek

Waktu pelaksanaan proyek akan sangat berpengaruh pada biaya proyek yang akan dikeluarkan. Apabila proyek akan dipercepat, otomatis akan diperlukan biaya tambahan untuk percepatan itu, yang diperlukan untuk membayar sumber daya tambahan yang digunakan, baik sumber daya manusia maupun peralatan.

Untuk dapat diperoleh perpanjangan waktu yang optimal dengan biaya minimal, diperlukan langkah-langkah yang tepat untuk perencanaan terhadap waktu dan biaya tersebut.

3.4.1. Biaya penyelesaian proyek

Agar proyek dapat diselesaikan, nilai uang yang masih harus dikeluarkan adalah :

Tabel 3.7. Biaya yang harus dikeluarkan untuk penyelesaian proyek

Kegiatan	Durasi awal (hari)	Biaya keseluruhan (Rp)	Durasi sisa normal (Dn) (hari)	Biaya sisa normal (Rp)
A	12	18.914.400	6	9.457.200
B	10	14.957.280	0	0
C	9	2.182.800	0	0
D	12	3.929.090	0	0

lanjutan Tabel 3.7...

Kegiatan	Durasi awal (hari)	Biaya keseluruhan (Rp)	Durasi sisa normal (Dn) (hari)	Biaya sisa normal (Rp)
E	4	10.117.900	0	0
F	10	16.464.400	0	0
G	14	114.208.100	0	0
H	10	103.176.630	0	0
I	6	3.070.200	6	3.070.200
J	14	252.425.850	12	216.365.010
K	17	59.699.680	17	59.699.680
L	8	47.370.380	8	47.370.380
M	21	407.447.670	21	407.447.670
N	4	15.813.000	3	11.859.750
O	12	7.301.110	12	7.301.110
P	4	10.130.900	4	10.130.900
Q	13	16.481.600	13	16.481.600
R	10	72.029.000	10	72.029.000
Ga	1	281.520	1	281.520
Gb	1	717.600	1	717.600
Gc	1	938.400	1	938.400
Gd	1	4.768.420	1	4.768.420
Ge	1	114.200	1	114.200
Gf	1	281.520	1	281.520
Gg	1	717.600	1	717.600
Gh	1	938.400	1	938.400
Gi	1	4.768.420	1	4.768.420
Gj	1	4.768.420	1	4.768.420

Lanjutan Tabel 3.7...

Kegiatan	Durasi awal (hari)	Biaya keseluruhan (Rp)	Durasi sisa normal (Dn) (hari)	Biaya sisa normal (Rp)
Gk	1	4.768.420	1	4.768.420
Gl	1	4.768.420	1	4.768.420
Gm	1	3.335.400	1	3.335.400
Jumlah :		Rp. 1.206.886.730		Rp. 892.379.240

Pengurangan durasi normal yang dilakukan terhadap kegiatan yang termasuk dalam kegiatan kritis akan menimbulkan biaya tambahan, yaitu disebabkan oleh penambahan upah pekerja. Besarnya biaya tambahan ini dicari dengan memperhitungkan tenaga kerja yang dibutuhkan, sebagai berikut :

Tabel 3.8. Durasi dan kebutuhan tenaga kerja tiap hari untuk kegiatan-kegiatan kritis dan kegiatan lainnya

Kegiatan	Volume sisa	Kebutuhan Orang / hari				
		Operator	Mandor	Kepala tukang	Tukang	Pekerja
A. Pembersihan lahan	$50\% \times 1 = 0.5 \text{ lot}$	-	1	-	-	10
J. Cor balok, plat lt.2	$84.83\% \times 345.83 \text{ m}^3 = 293.37 \text{ m}^3$	1	1	1	4	10
K. Cor kolom lt.2 + hall	$100\% \times 51.9 \text{ m}^3 = 51.9 \text{ m}^3$	1	1	1	5	10
L. Pengecoran RB	$100\% \times 73.74 = 73.74 \text{ m}^3$	1	1	1	5	17
M. Steel structure	$100\% \times 114.131 = 114.131 \text{ kg}$	1	1	1	5	5
I. Urugan tanah	$100\% \times 430 \text{ m}^3 = 430 \text{ m}^3$	1	1	-	-	2

lanjutan Tabel 3.8....

Kegiatan	Volume sisa	Kebutuhan Orang / hari				
		Operator	Mandor	Kepala tukang	Tukang	Pekerja
P. Anti rayap lt.1	$50.026\% \times 2596 \text{ m}^2 = 1298.67 \text{ m}^2$	1	-	-	-	-
Q. <i>Lean concrete</i> lt.1	$50.026\% \times 3230 \text{ m}^2 = 1615.84 \text{ m}^2$	-	1	1	2	4
R. Pengecoran Plat lt 1	$100\% \times 1054.97 = 1054.97 \text{ m}^3$	1	1	1	4	10

Tabel 3.9. Durasi dan kebutuhan tenaga kerja tiap hari untuk kegiatan-kegiatan kritis (durasi dipercepat)

Kegiatan	Volume sisa	Kebutuhan Orang				
		Operator	Mandor	Kep. tukang	Tukang	Pekerja
A. Pembersihan lahan	$50\% \times 1 = 0.5 \text{ lot}$	-	1	-	-	20
J. Cor balok, plat lt.2	$84.83\% \times 345.83 \text{ m}^3 = 293.37 \text{ m}^3$	2	1	1	8	20
K. Cor kolom lt.2 + hall	$100\% \times 51.9 \text{ m}^3 = 51.9 \text{ m}^3$	2	1	1	8	20
L. Cor RB	$100\% \times 73.74 = 73.74 \text{ m}^3$	2	1	1	8	25
M. <i>Steel structure</i>	$100\% \times 114.131 = 114.131 \text{ kg}$	1	1	1	10	8
I. Urugan tanah	$100\% \times 430 \text{ m}^3 = 430 \text{ m}^3$	2	1	-	-	5
O. Pasir urug	$65.013\% \times 3670 \text{ m}^2 = 2385.98 \text{ m}^2$	2	1	-	-	8

lanjutan Tabel 3.9...

Kegiatan	Volume sisa	Kebutuhan Orang				
		Operator	Mandor	Kep. tukang	Tukang	Pekerja
P. Anti rayap lt.1	$50.026\% \times 2596 \text{ m}^2 =$ 1298.67 m ²	2	-	-	-	-
Q. <i>Lean concrete</i> lt.1	$50.026\% \times 3230 \text{ m}^2 =$ 1615.84 m ²	-	1	2	4	7
R. Pengecoran Plat lt 1	$100\% \times 1054.97 =$ 1054.97 m ³	2	1	1	8	20

Tabel 3.10 Daftar Upah Pekerja

Pekerja	Upah per hari (Rp)
Operator	15.000
Mandor	17.500
Kepala Tukang	15.000
Tukang	10.000
Pekerja	7.500

Dengan demikian biaya tambahan yang terjadi karena penambahan tenaga kerja dapat dihitung sebagai berikut :

1. Kegiatan A : Pembersihan lahan

Dibutuhkan	: 1 orang mandor	= 1 x Rp. 17.500 / hari
	20 orang pekerja	= <u>20 x Rp. 7.500 / hari</u>
		Rp. 167.500 / hari

2. Kegiatan I : Urugan tanah

Dibutuhkan	: 2 orang operator	= 2 x Rp. 15.000 / hari
	1 orang mandor	= 1 x Rp. 17.500 / hari
	5 orang pekerja	= <u>5 x Rp. 7.500 / hari</u>
		Rp. 85.000 / hari

3. Kegiatan J : Pengecoran balok, plat lantai 2

Dibutuhkan	: 2 orang operator	= 2 x Rp. 15.000 / hari
	1 orang mandor	= 1 x Rp. 17.500 / hari
	1 orang kepala tukang	= 1 x Rp. 15.000 / hari
	8 orang tukang	= 8 x Rp. 10.000 / hari
	20 orang pekerja	= <u>20 x Rp. 7.500 / hari</u>
		Rp. 292.500 / hari

4. Kegiatan K : Pengecoran kolom lantai 2 + hall

Dibutuhkan	: 2 orang operator	= 2 x Rp. 15.000 / hari
	1 orang mandor	= 1 x Rp. 17.500 / hari
	1 orang kepala tukang	= 1 x Rp. 15.000 / hari
	8 orang tukang	= 8 x Rp. 10.000 / hari

$$20 \text{ orang pekerja} = \underline{20 \times \text{Rp. } 7.500 / \text{hari}}$$

$$\text{Rp. } 292.500 / \text{hari}$$

5. Kegiatan L : Pengecoran roof beam

$$\begin{aligned} \text{Dibutuhkan} & : 2 \text{ orang operator} & = 2 \times \text{Rp. } 15.000 / \text{hari} \\ & 1 \text{ orang mandor} & = 1 \times \text{Rp. } 17.500 / \text{hari} \\ & 1 \text{ orang kepala tukang} & = 1 \times \text{Rp. } 15.000 / \text{hari} \\ & 8 \text{ orang tukang} & = 8 \times \text{Rp. } 10.000 / \text{hari} \\ & 25 \text{ orang pekerja} & = \underline{25 \times \text{Rp. } 7.500 / \text{hari}} \end{aligned}$$

$$\text{Rp. } 330.000 / \text{hari}$$

6. Kegiatan M : Steel structure

$$\begin{aligned} \text{Dibutuhkan} & : 1 \text{ orang operator} & = 1 \times \text{Rp. } 15.000 / \text{hari} \\ & 1 \text{ orang mandor} & = 1 \times \text{Rp. } 17.500 / \text{hari} \\ & 1 \text{ orang kepala tukang} & = 1 \times \text{Rp. } 15.000 / \text{hari} \\ & 10 \text{ orang tukang} & = 10 \times \text{Rp. } 10.000 / \text{hari} \\ & 8 \text{ orang pekerja} & = \underline{8 \times \text{Rp. } 7.500 / \text{hari}} \end{aligned}$$

$$\text{Rp. } 207.500 / \text{hari}$$

7. Kegiatan O : Pasir urug lantai 1

$$\begin{aligned} \text{Dibutuhkan} & : 2 \text{ orang operator} & = 2 \times \text{Rp. } 15.000 / \text{hari} \\ & 1 \text{ orang mandor} & = 1 \times \text{Rp. } 17.500 / \text{hari} \\ & 8 \text{ orang pekerja} & = \underline{8 \times \text{Rp. } 7.500 / \text{hari}} \end{aligned}$$

$$\text{Rp. } 107.500 / \text{hari}$$

8. Kegiatan P : Anti rayap

$$\begin{aligned} \text{Dibutuhkan : 2 orang operator} &= \underline{2 \times \text{Rp. } 15.000 / \text{hari}} \\ &\text{Rp. } 30.000 / \text{hari} \end{aligned}$$

9. Kegiatan Q : Lean concrete plat lantai 1

$$\begin{aligned} \text{Dibutuhkan : 1 orang mandor} &= 1 \times \text{Rp. } 17.500 / \text{hari} \\ \text{2 kepala tk. batu} &= 2 \times \text{Rp. } 15.000 / \text{hari} \\ \text{4 tukang batu} &= 4 \times \text{Rp. } 10.000 / \text{hari} \\ \text{7 orang pekerja} &= \underline{7 \times \text{Rp. } 7.500 / \text{hari}} \\ &\text{Rp. } 140.000 / \text{hari} \end{aligned}$$

10. Kegiatan R : Pengecoran plat lantai 1

$$\begin{aligned} \text{Dibutuhkan : 2 orang operator} &= 2 \times \text{Rp. } 15.000 / \text{hari} \\ \text{1 orang mandor} &= 1 \times \text{Rp. } 17.500 / \text{hari} \\ \text{1 kepala tk. batu} &= 1 \times \text{Rp. } 15.000 / \text{hari} \\ \text{8 tukang batu} &= 8 \times \text{Rp. } 10.000 / \text{hari} \\ \text{20 orang pekerja} &= \underline{20 \times \text{Rp. } 7.500 / \text{hari}} \\ &\text{Rp. } 292.500 / \text{hari} \end{aligned}$$

Dengan berpedoman pada biaya-biaya tambahan untuk masing-masing pekerjaan dicari beberapa alternatif waktu penyelesaian pekerjaan dengan mempercepat durasi beberapa kegiatan, seperti terlihat dalam beberapa tabel berikut ini :

Tabel 3.11a. . Daftar kegiatan dan penambahan biaya akibat percepatan durasi - Alternatif 1

Kegiatan	Durasi normal (Dn)	Biaya normal (Cn)	Durasi dipercepat (Dc)	Kenaikan harga /hari (Rp)	Biaya akibat dipercepat (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	{(2)-(4)}*(5)
A	6	9.457.200	6	167.500	0
B	0	0	0	-	-
C	0	0	0	-	-
D	0	0	0	-	-
E	0	0	0	-	-
F	0	0	0	-	-
G	0	0	0	-	-
H	0	0	0	-	-
I	6	3.070.200	6	85.000	0
J	12	216.365.010	12	292.500	0
K	17	59.699.680	17	292.500	0
L	8	47.370.380	8	330.000	0
M	21	407.447.670	21	207.500	0
N	3	11.859.750	3	-	0
O	12	7.301.110	12	107.500	0
P	4	10.130.900	4	30.000	0
Q	13	16.481.600	13	140.000	0
R	10	72.029.000	10	292.500	0
Ga	1	281.520	1	-	0
Gb	1	717.600	1	-	0
Gc	1	938.400	1	-	0
Gd	1	4.768.420	1	-	0
Ge	1	114.200	1	-	0
Gf	1	281.520	1	-	0
Gg	1	717.600	1	-	0
Gh	1	938.400	1	-	0
Gi	1	4.768.420	1	-	0
Gj	1	4.768.420	1	-	0
Gk	1	4.768.420	1	-	0
Gl	1	4.768.420	1	-	0
Gm	1	3.335.400	1	-	0
	52	Rp.892.379.240	52		0

Dengan memperhatikan jalur kritis yang ada maka waktu penyelesaian proyek dicoba dipercepat dari 52 hari menjadi 41 hari

Tabel 3.11b. . Daftar kegiatan dan penambahan biaya akibat percepatan durasi Alternatif 2

Kegiatan	Durasi normal (Dn)	Biaya normal (Cn)	Durasi dipercepat (Dc)	Kenaikan harga /hari (Rp)	Biaya akibat dipercepat (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	{(2)-(4)}*(5)
A	6	9.457.200	6	167.500	0
B	0	0	0	-	-
C	0	0	0	-	-
D	0	0	0	-	-
E	0	0	0	-	-
F	0	0	0	-	-
G	0	0	0	-	-
H	0	0	0	-	-
I	6	3.070.200	6	85.000	0
J	12	216.365.010	12	292.500	0
K	17	59.699.680	14	292.500	877.500
L	8	47.370.380	6	330.000	660.000
M	21	407.447.670	15	207.500	1.245.000
N	3	11.859.750	3	-	0
O	12	7.301.110	12	107.500	0
P	4	10.130.900	4	30.000	0
Q	13	16.481.600	13	140.000	0
R	10	72.029.000	10	292.500	0
Ga	1	281.520	1	-	0
Gb	1	717.600	1	-	0
Gc	1	938.400	1	-	0
Gd	1	4.768.420	1	-	0
Ge	1	114.200	1	-	0
Gf	1	281.520	1	-	0
Gg	1	717.600	1	-	0
Gh	1	938.400	1	-	0
Gi	1	4.768.420	1	-	0
Gj	1	4.768.420	1	-	0
Gk	1	4.768.420	1	-	0
Gl	1	4.768.420	1	-	0
Gm	1	3.335.400	1	-	0
	52	Rp.892.379.240	41		2.782.500

Berikutnya dicoba alternatif 3, waktu penyelesaian proyek dipercepat menjadi 39 hari

Tabel 3.11c. . Penambahan biaya akibat percepatan durasi - Alternatif 3

Kegiatan	Durasi normal (Dn)	Biaya normal (Cn)	Durasi dipercepat (Dc)	Kenaikan harga /hari (Rp)	Biaya akibat dipercepat (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	{(2)-(4)}*(5)
A	6	9.457.200	6	167.500	0
B	0	0	0	-	-
C	0	0	0	-	-
D	0	0	0	-	-
E	0	0	0	-	-
F	0	0	0	-	-
G	0	0	0	-	-
H	0	0	0	-	-
I	6	3.070.200	6	85.000	0
J	12	216.365.010	12	292.500	0
K	17	59.699.680	5	292.500	3.510.000
L	8	47.370.380	5	330.000	990.000
M	21	407.447.670	10	207.500	2.282.500
N	3	11.859.750	3	-	0
O	12	7.301.110	12	107.500	0
P	4	10.130.900	4	30.000	0
Q	13	16.481.600	13	140.000	0
R	10	72.029.000	10	292.500	0
Ga	1	281.520	1	-	0
Gb	1	717.600	1	-	0
Gc	1	938.400	1	-	0
Gd	1	4.768.420	1	-	0
Ge	1	114.200	1	-	0
Gf	1	281.520	1	-	0
Gg	1	717.600	1	-	0
Gh	1	938.400	1	-	0
Gi	1	4.768.420	1	-	0
Gj	1	4.768.420	1	-	0
Gk	1	4.768.420	1	-	0
Gl	1	4.768.420	1	-	0
Gm	1	3.335.400	1	-	0
	52	Rp.892.379.240	39		6.782.500

Berikutnya dicoba alternatif 4, waktu penyelesaian proyek dipercepat menjadi 28 hari

Tabel 3.11d. . Penambahan biaya akibat percepatan durasi - Alternatif 4

Kegiatan	Durasi normal (Dn)	Biaya normal (Cn)	Durasi dipercepat (Dc)	Kenaikan harga /hari (Rp)	Biaya akibat dipercepat (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	{(2)-(4)}*(5)
A	6	9.457.200	6	167.500	0
B	0	0	0	-	-
C	0	0	0	-	-
D	0	0	0	-	-
E	0	0	0	-	-
F	0	0	0	-	-
G	0	0	0	-	-
H	0	0	0	-	-
I	6	3.070.200	6	85.000	0
J	12	216.365.010	12	292.500	0
K	17	59.699.680	5	292.500	3.510.000
L	8	47.370.380	5	330.000	990.000
M	21	407.447.670	10	207.500	2.282.500
N	3	11.859.750	3	-	0
O	12	7.301.110	4	107.500	860.000
P	4	10.130.900	1	30.000	90.000
Q	13	16.481.600	5	140.000	1.120.000
R	10	72.029.000	6	292.500	1.170.000
Ga	1	281.520	1	-	0
Gb	1	717.600	1	-	0
Gc	1	938.400	1	-	0
Gd	1	4.768.420	1	-	0
Ge	1	114.200	1	-	0
Gf	1	281.520	1	-	0
Gg	1	717.600	1	-	0
Gh	1	938.400	1	-	0
Gi	1	4.768.420	1	-	0
Gj	1	4.768.420	1	-	0
Gk	1	4.768.420	1	-	0
Gl	1	4.768.420	1	-	0
Gm	1	3.335.400	1	-	0
	52	Rp.892.379.240	28		10.022.500

Berikutnya dicoba lagi alternatif 5, waktu penyelesaian proyek dipercepat menjadi 26 hari

Tabel 3.11e . Penambahan biaya akibat percepatan durasi - Alternatif 5

Kegiatan	Durasi normal (Dn)	Biaya normal (Cn)	Durasi dipercepat (Dc)	Kenaikan harga /hari (Rp)	Biaya akibat dipercepat (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	{(2)-(4)}*(5)
A	6	9.457.200	6	167.500	0
B	0	0	0	-	-
C	0	0	0	-	-
D	0	0	0	-	-
E	0	0	0	-	-
F	0	0	0	-	-
G	0	0	0	-	-
H	0	0	0	-	-
I	6	3.070.200	4	85.000	170.000
J	12	216.365.010	12	292.500	0
K	17	59.699.680	5	292.500	3.510.000
L	8	47.370.380	5	330.000	990.000
M	21	407.447.670	10	207.500	2.282.500
N	3	11.859.750	3	-	0
O	12	7.301.110	4	107.500	860.000
P	4	10.130.900	1	30.000	90.000
Q	13	16.481.600	5	140.000	1.120.000
R	10	72.029.000	6	292.500	1.170.000
Ga	1	281.520	1	-	0
Gb	1	717.600	1	-	0
Gc	1	938.400	1	-	0
Gd	1	4.768.420	1	-	0
Ge	1	114.200	1	-	0
Gf	1	281.520	1	-	0
Gg	1	717.600	1	-	0
Gh	1	938.400	1	-	0
Gi	1	4.768.420	1	-	0
Gj	1	4.768.420	1	-	0
Gk	1	4.768.420	1	-	0
Gl	1	4.768.420	1	-	0
Gm	1	3.335.400	1	-	0
	52	Rp.892.379.240	26		10.192.500

3. Langl
terha
kritis
A. Perh

Selanjutnya, untuk waktu pelaksanaan pekerjaan yang telah direncanakan dan ditentukan pada sub bab di atas dicari biaya pelaksanaan proyeknya termasuk biaya akibat percepatan, untuk selanjutnya dibandingkan dan dicari hubungan waktu pelaksanaan pekerjaan dan biaya yang optimal.

Tabel 3.12 Biaya langsung yang timbul untuk masing-masing alternatif

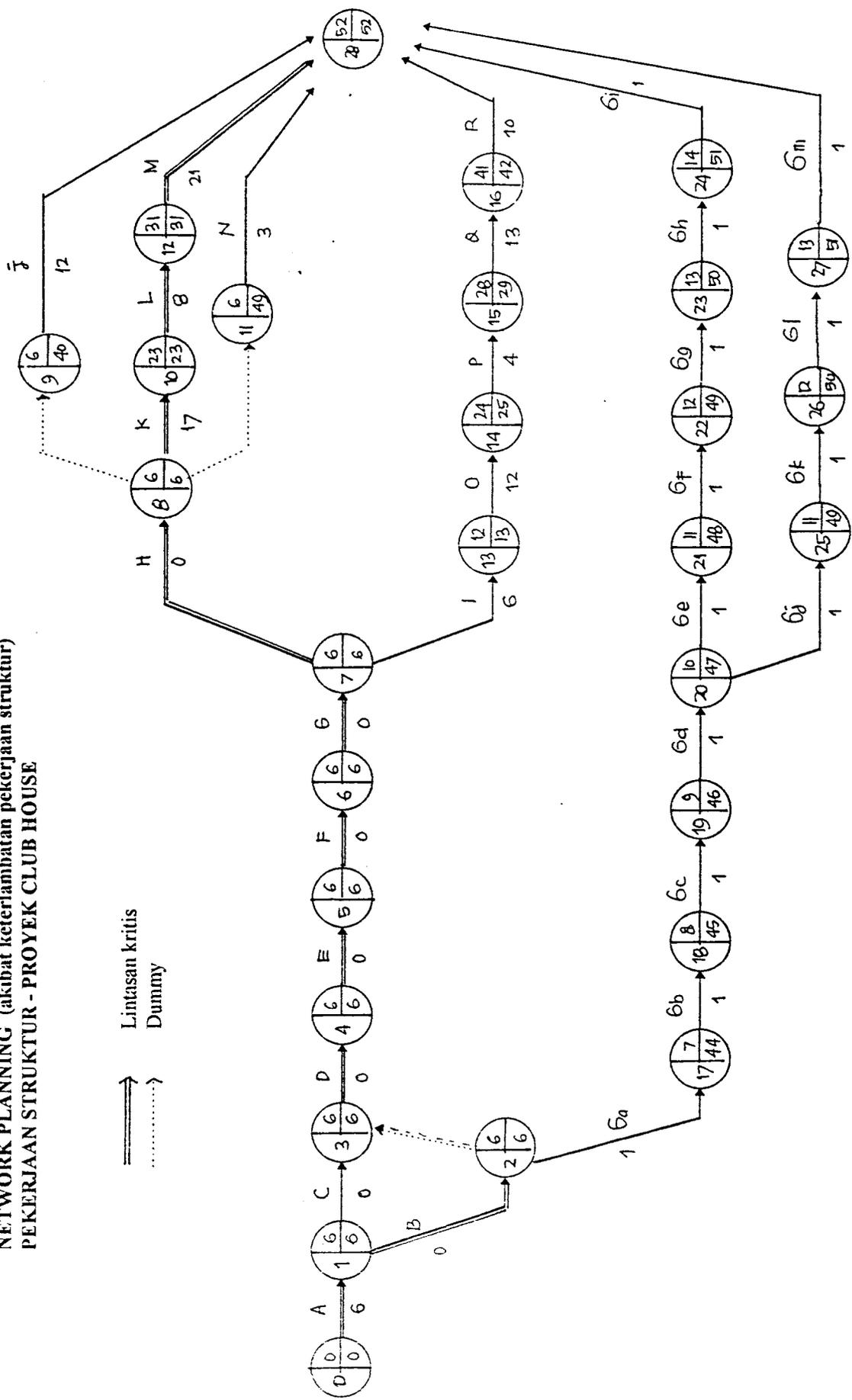
Alternatif	Biaya langsung yang ditimbulkan	
	(Rp)	
Alternatif 1	$892.379.240 + 0$	$= 892.379.240$
Alternatif 2	$892.379.240 + 2.782.500$	$= 895.161.740$
Alternatif 3	$892.379.240 + 6.782.500$	$= 899.161.740$
Alternatif 4	$892.379.240 + 10.022.500$	$= 902.401.740$
Alternatif 5	$892.379.240 + 10.192.500$	$= 902.571.740$

3.4.2. Perhitungan perpanjangan waktu minimal dengan biaya minimal

Langkah-langkah yang dilakukan untuk dapat diperoleh perpanjangan waktu minimal dengan biaya minimal adalah :

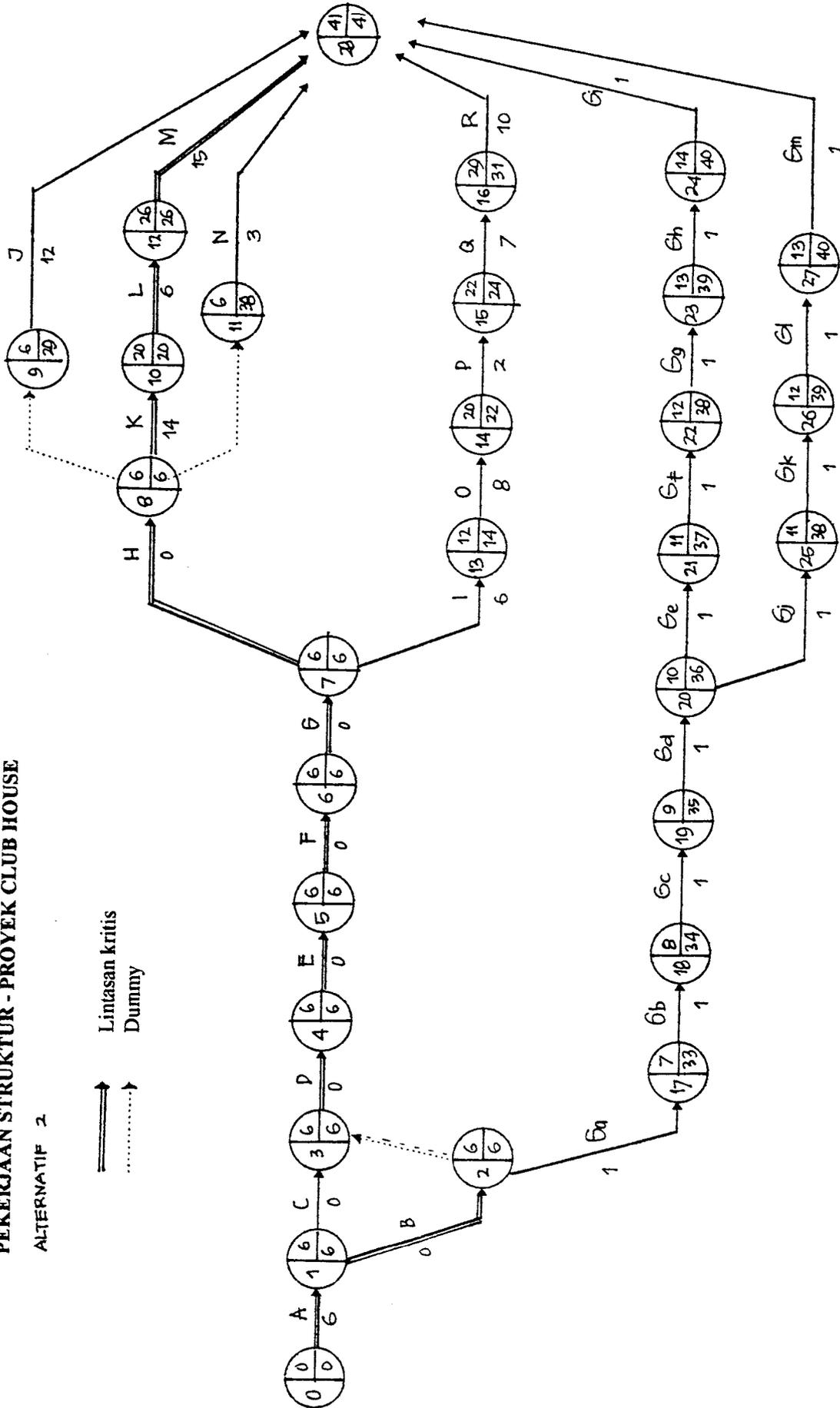
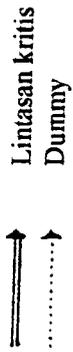
1. Membuat *network planning* dengan melakukan pengurangan durasi terhadap kegiatan kritis dengan koefisien arah (*slope*) terkecil dengan berpedoman pada nilai *Compression Limit* (CL). Nilai CL ini diperoleh dari nilai minimum antara harga Limit desak ($D_c - D_n$) dan harga *Free Float* yang paling kecil dari *network planning* sebelumnya.
2. Dari *network planning* tersebut diperoleh waktu pelaksanaan proyek serta dapat dicari biaya yang diperlukan.

**NETWORK PLANNING (akibat keterlambatan pekerjaan struktur)
PEKERJAAN STRUKTUR - PROYEK CLUB HOUSE**



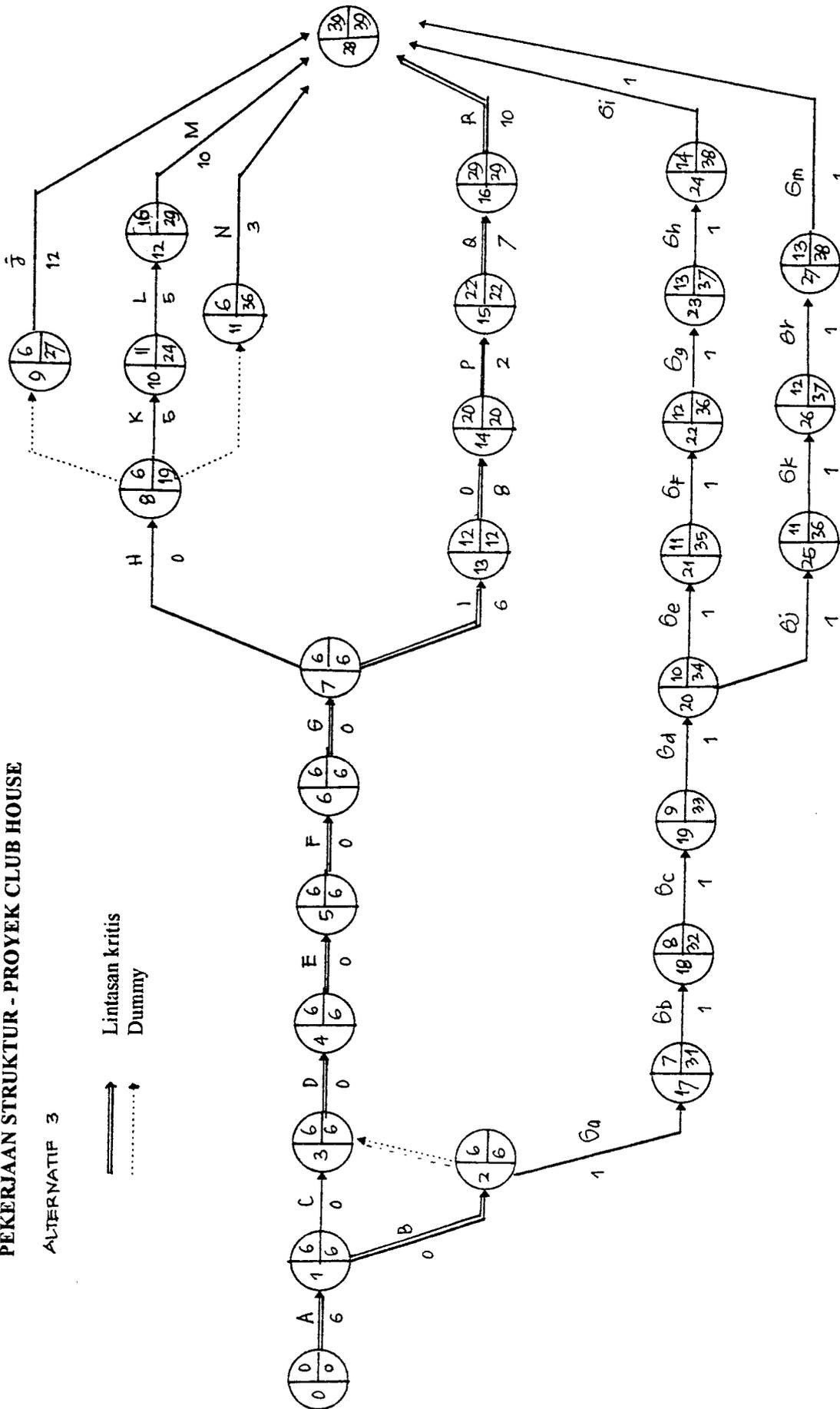
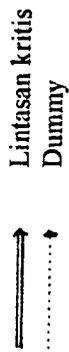
**NETWORK PLANNING (dengan percepatan durasi)
PEKERJAAN STRUKTUR - PROYEK CLUB HOUSE**

ALTERNATIF 2



**NETWORK PLANNING (dengan percepatan durasi)
PEKERJAAN STRUKTUR - PROYEK CLUB HOUSE**

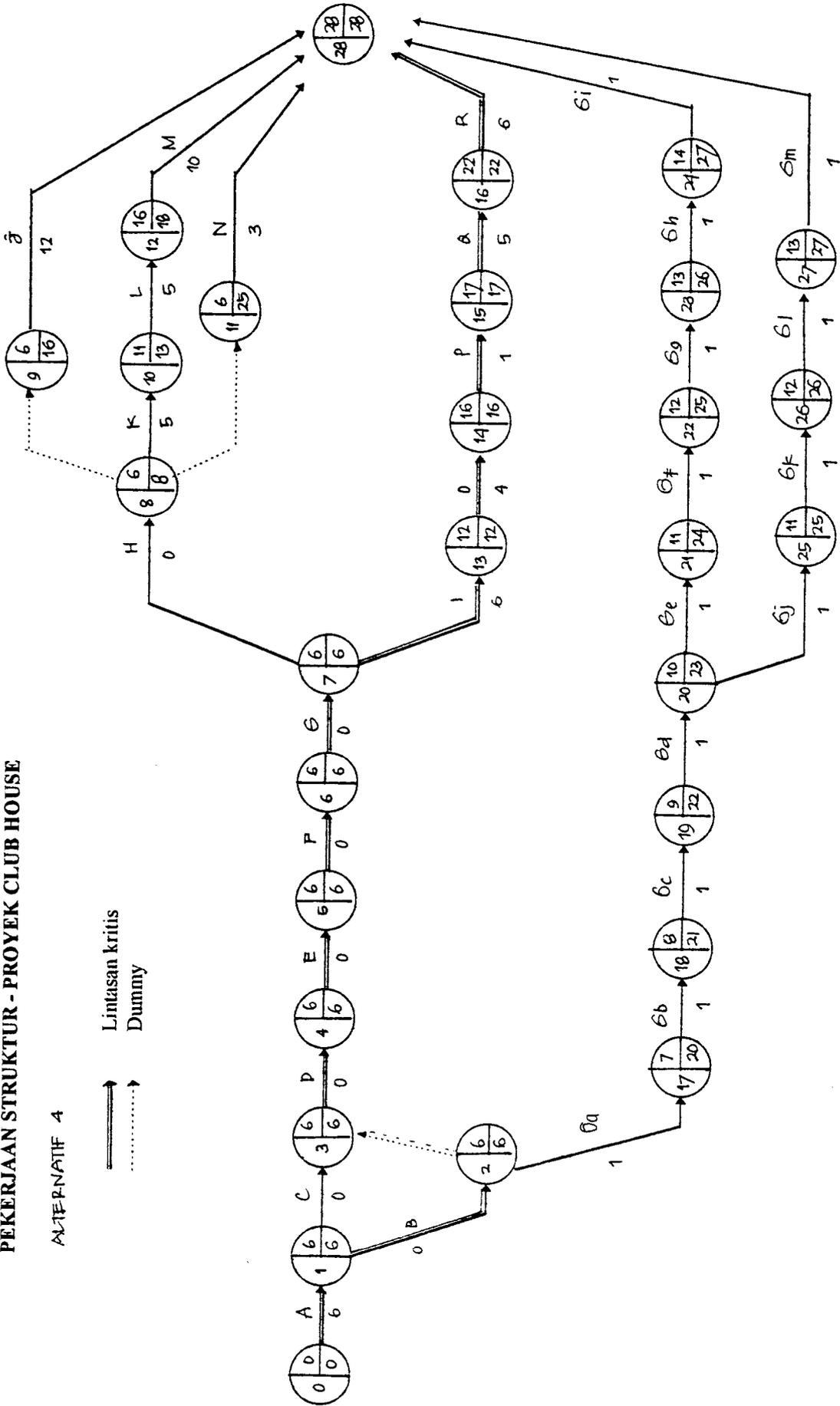
ALTERNATIF 3



NETWORK PLANNING (dengan percepatan durasi)
PEKERJAAN STRUKTUR - PROYEK CLUB HOUSE

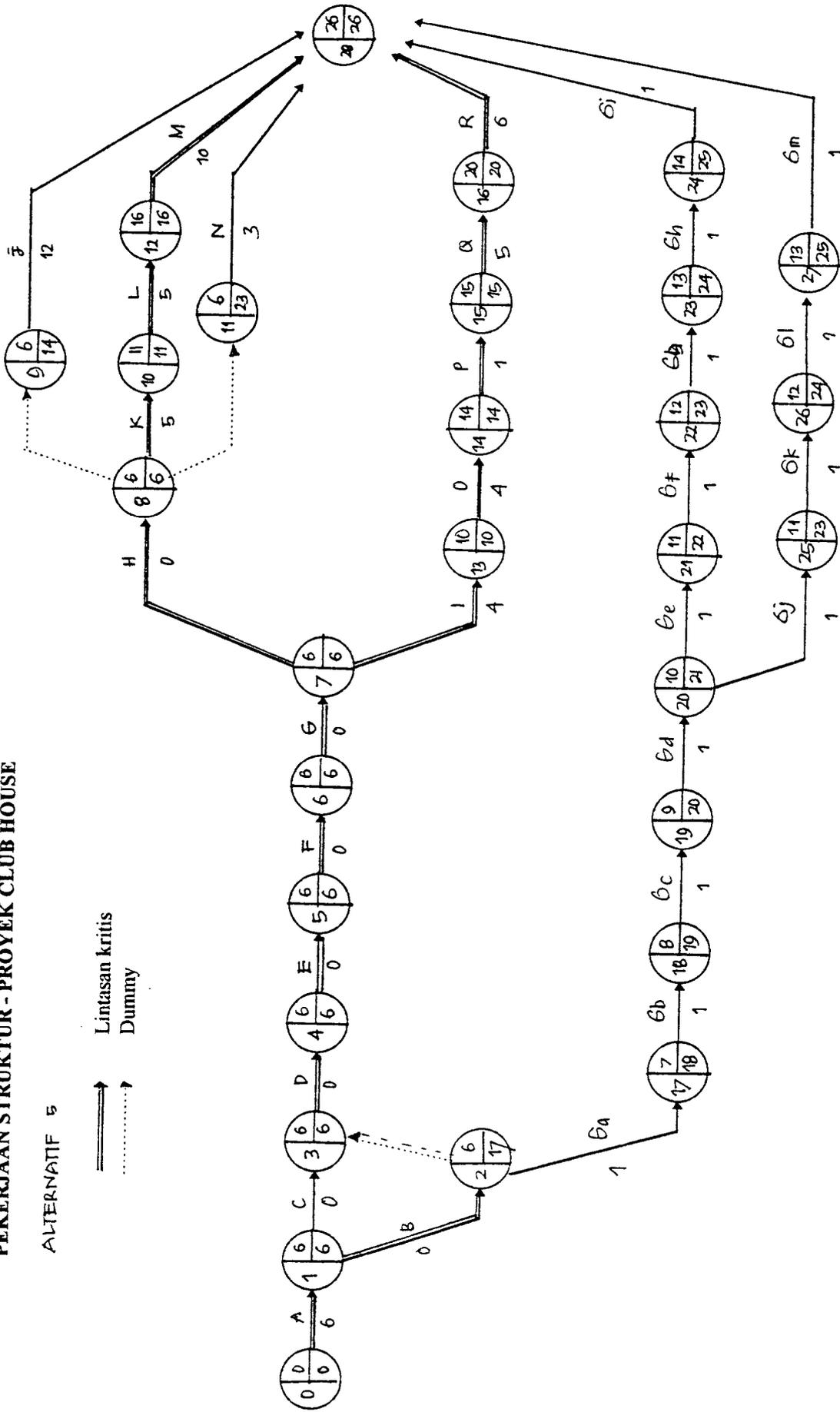
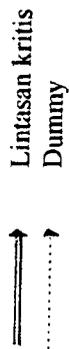
ALTERNATIF 4

 Lintasan kritis
 Dummy



**NETWORK PLANNING (dengan percepatan durasi)
PEKERJAAN STRUKTUR - PROYEK CLUB HOUSE**

ALTERNATIF 5



ungan bia
 total pro
 ngan biaya
 esaian pro
 an biaya
 uaran bia
 kian, dap
 ekerjaar
 : penan
 : penan
 : penar
 : penar
 : penar
 tnya bi
 a peker
 eluarar
 (1) + (
 a perc
 mbaha
 a terde
 itu u
 da ke

katerlambatan, sehingga besarnya denda per hari = $0.3 \% \times \text{Rp. } 1.206.886.730 =$
 Rp. 3.620.660,00

Perhitungan selengkapnya biaya total proyek dapat dicari sebagai berikut :

a. Alternatif 1

Biaya pekerjaan belum selesai	= Rp. 892.379.240,00
Biaya tambahan (beban tetap) terlambat 24 hari	= <u>Rp. 2.400.000,00 +</u>
	Cn = Rp. 894.779.240,00
Biaya percepatan untuk alternatif 1 (X)	= <u>Rp. 0,00 +</u>
	Cc = Rp. 894.779.240,00
	Cc = Rp. 894.774.240,00
Denda (52 - 28) x Rp. 3.620.660,00	= <u>Rp. 86.895.840,00 +</u>
Biaya total	= Rp. 981.675.080,00

b. Alternatif 2

Biaya pekerjaan belum selesai	= Rp. 892.379.240,00
Biaya tambahan (beban tetap) terlambat 13 hari	= <u>Rp. 1.300.000,00 +</u>
	Cn = Rp. 893.679.240,00
Biaya percepatan untuk alternatif 2 (X)	= <u>Rp. 2.782.500,00 +</u>
	Cc = Rp. 896.461.740,00
Denda (41 - 28) x Rp. 3.620.660,00	= <u>Rp. 47.068.580,00 +</u>
Biaya total	= Rp. 943.530.320,00

c. Alternatif 3

Denda (Biaya pekerjaan belum selesai	= Rp. 892.379.240,00
Biaya to	Biaya tambahan (beban tetap) terlambat 11 hari	= <u>Rp. 1.100.000,00 +</u>
uraian di		Cn = Rp. 893.479.240,00
n biaya y	Biaya percepatan untuk alternatif 3 (X)	= <u>Rp. 6.782.500,00 +</u>
mbangan		Cc = Rp. 900.261.740,00
yek sam	Denda (39 - 28) x Rp. 3.620.660,00	= <u>Rp. 39.827.260,00 +</u>
	Biaya total	= Rp. 940.089.000,00

d. Alternatif 4

	Biaya pekerjaan belum selesai	= Rp. 892.379.240,00
	Biaya tambahan	= <u>Rp. 0,00 +</u>
		Cn = Rp. 892.379.240,00
	Biaya percepatan untuk alternatif 4 (X)	= <u>Rp. 10.022.500,00 +</u>
		Cc = Rp. 902.401.740,00
	Denda (28 - 28) x Rp. 3.620.660,00	= <u>Rp. 0,00 +</u>
	Biaya total	= Rp. 902.401.740,00

e. Alternatif 5

	Biaya pekerjaan belum selesai	= Rp. 892.379.240,00
	Pengurangan biaya beban tetap 2 hari	= <u>Rp. 200.000,00 -</u>
		Cn = Rp. 892.179.240,00
	Biaya percepatan untuk alternatif 5 (X)	= <u>Rp. 10.192.500,00 +</u>
		Cc = Rp. 902.371.740,00

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan dan Pengendalian Waktu Dengan CPM

Dengan ciri-ciri yang ada pada network planning , yaitu berupa jaringan pekerjaan dengan simbol-simbol yang menyatakan nomor pekerjaan, ketergantungan satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya, durasi tiap pekerjaan, waktu mulai dan berakhirnya tiap pekerjaan, serta cadangan waktu yang tersedia bagi satu pekerjaan untuk dapat diselesaikan tanpa menyebabkan keterlambatan terhadap pekerjaan lain, dapat dianalisis kapan pekerjaan struktur tersebut akan diselesaikan.

Dengan analisis terhadap *float* yang ada, dapat diketahui jalur kritis, yaitu lintasan yang dilewati kegiatan-kegiatan dengan harga *total float* sama dengan nol. Seorang perencana ataupun pengawas proyek dapat melakukan antisipasi agar proyek yang sedang berjalan dilaksanakan tepat waktu, yaitu dengan melakukan pengawasan ketat terhadap kegiatan-kegiatan yang masuk dalam jalur kritis. Jika satu kegiatan di jalur kritis mengalami keterlambatan, maka pekerjaan selanjutnya akan terlambat pula, dan secara keseluruhan proyek akan terlambat. Keterlambatan, tentu saja akan menjadi beban tersendiri baik untuk pelaksana proyek maupun pemilik proyek, karena akan sangat berkaitan dengan pembengkakan dana.

Penyusunan CPM relatif sederhana karena CPM hanya mengenal konsep *Finish - Start* (FS), dan tidak seperti metode yang lain yang mengenal konstrain-konstran FS, FF, SS dan SF. Kondisi FS berarti kegiatan satu hanya dapat dimulai apabila kegiatan yang mendahuluinya sudah selesai. Namun demikian konsep dengan hanya satu konstrain ini menyebabkan CPM akan membuat proyek berjalan lebih lama, karena tidak dimungkinkan adanya *overlapping* pekerjaan.

Dalam kasus yang diambil, keterlambatan yang terjadi dianalisis, serta dibuat perencanaan baru agar proyek dapat diselesaikan tepat waktu. Agar proyek selesai tepat waktu tersebut, dilakukan percepatan terhadap durasi beberapa kegiatan dengan cara penambahan sumber daya, baik sumber daya manusia maupun peralatan. Namun perencanaan jadwal yang baru ini akan sangat bergantung pada kondisi yang ada, terutama berkaitan dengan dana yang tersedia, serta tingkat 'urgensi' penggunaan gedung yang sedang dibangun tersebut.

4.2. Hubungan Waktu dan Biaya Proyek

Proyek gedung *Club House* Padang Golf Senayan dalam kenyataan yang terjadi di lapangan, pekerjaan strukturnya sampai dengan akhir bulan Januari ternyata mengalami keterlambatan sebesar 23.2%. Dengan perhitungan normal sisa pekerjaan mengalami keterlambatan 24 hari, sehingga secara keseluruhan sisa paket pekerjaan struktur jika dihitung mulai 1 Februari akan selesai dalam waktu 52 hari.

Karena waktu penambahan selama 24 hari akan mengakibatkan penambahan biaya akibat denda dan biaya *over head* (beban tetap) maka diadakan perhitungan ulang dengan mengurangi durasi kegiatan-kegiatan tertentu, agar keterlambatan

dapat dikurangi atau dihilangkan dilakukan percepatan (*crash*), yaitu dengan menambah sumber daya sehingga proyek dapat diselesaikan dalam jangka waktu kurang dari 52 hari, atau jika memungkinkan waktu penyelesaian proyek dipercepat.

Dari beberapa alternatif hasil yang didapat setelah diadakan perhitungan ulang dengan mengurangi durasi kegiatan -kegiatan tertentu dengan penambahan sumber daya, mengakibatkan penambahan biaya *crash* seperti dalam tabel berikut :

Tabel 4.1 Hubungan waktu penyelesaian dan biaya penyelesaian proyek + biaya percepatan

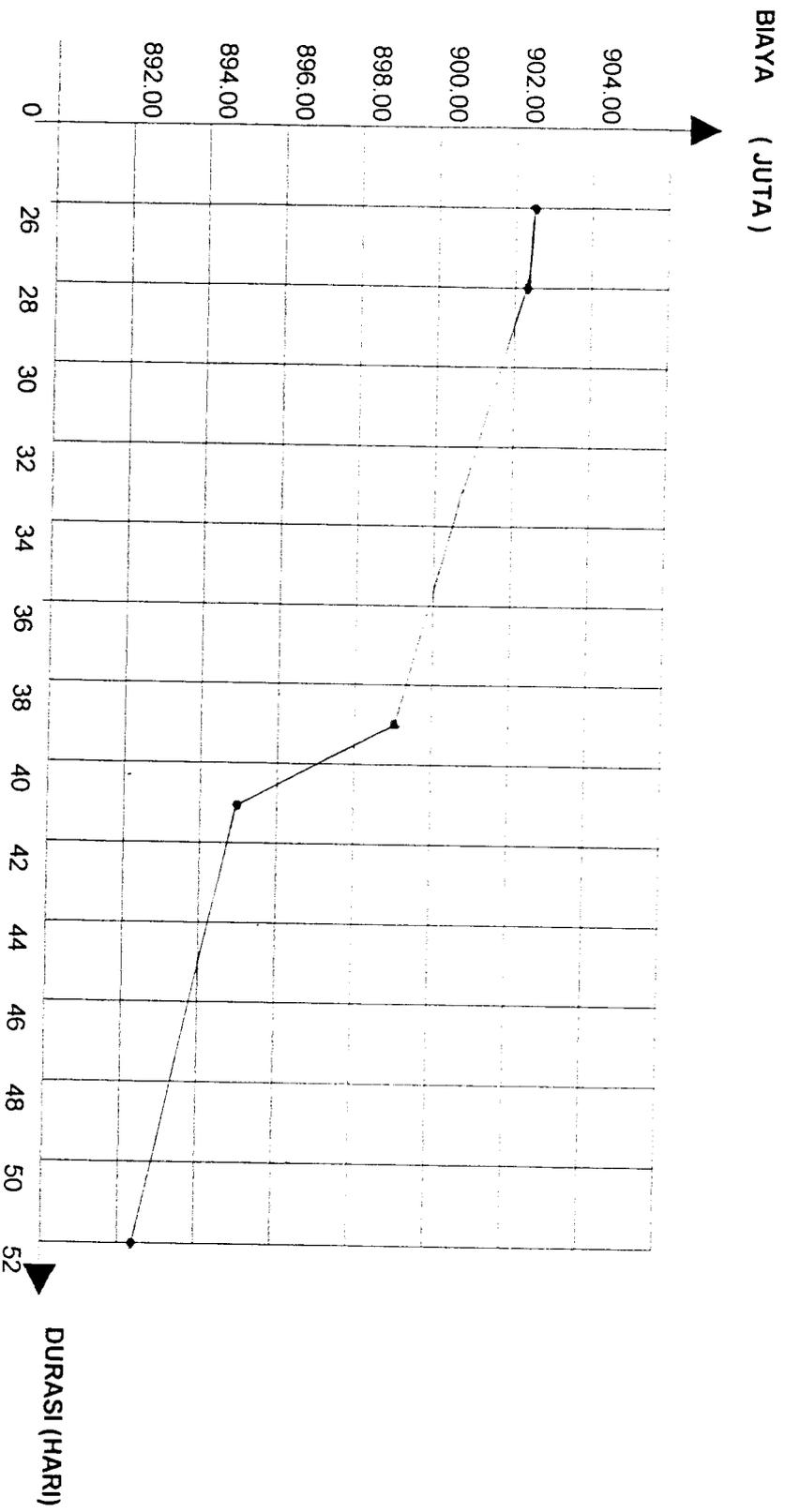
Alternatif	Biaya penyelesaian proyek (Rp)
1. Waktu penyelesaian proyek 52 hari	$892.379.240 + 0 = 892.379.240$
2. Waktu penyelesaian proyek 41 hari	$892.379.240 + 2.782.500 = 895.161.740$
3. Waktu penyelesaian proyek 39 hari	$892.379.240 + 6.782.500 = 899.161.740$
4. Waktu penyelesaian proyek 28 hari	$892.379.240 + 10.022.500 = 902.401.740$
5. Waktu penyelesaian proyek 26 hari	$892.379.240 + 10.192.500 = 902.571.740$

Dari beberapa alternatif hasil perhitungan biaya total setelah memperhitungkan biaya konstruksi, biaya beban tetap, denda, maupun biaya percepatan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hubungan waktu penyelesaian dan biaya total proyek
(biaya penyelesaian+biaya percepatan+beban tetap+denda)

Alternatif	Biaya total
1. Waktu penyelesaian proyek 52 hari	Rp. 981.675.080,00
2. Waktu penyelesaian proyek 41 hari	Rp. 943.530.320,00
3. Waktu penyelesaian proyek 39 hari	Rp. 940.089.000,00
4. Waktu penyelesaian proyek 28 hari	Rp. 902.401.740,00
5. Waktu penyelesaian proyek 26 hari	Rp. 902.371.740,00

Dari tabel 4.1 dan 4.2 di atas dapat digambarkan dalam bentuk grafik berikut :



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Waktu dan Biaya Penyelesaian Proyek



Dari tabel 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa pada saat waktu penyelesaian proyek tanpa percepatan waktu, denda, maupun penambahan biaya beban tetap ternyata biaya penyelesaian proyek Rp. 892.379.240,00. Sedangkan jika proyek dipercepat waktunya agar selesai tepat 28 hari dengan memperhitungkan biaya percepatan, denda, maupun beban tetap maka biaya yang harus dikeluarkan adalah Rp. 902.401.740,00 yang berarti proyek hanya membutuhkan tambahan biaya percepatan sebesar Rp. 10.022.500,00 agar proyek dapat selesai tepat waktu.

Kemudian jika waktu penyelesaian proyek dipercepat lagi 2 hari menjadi 26 hari maka besarnya biaya percepatan yang dibutuhkan Rp. 10.192.500, dan terjadi pengurangan biaya tetap sebesar Rp. 200.000,00 sehingga biaya total yang dibutuhkan sebesar Rp. 902.371.740,00 atau lebih kecil dari biaya total proyek 28 hari dengan selisih Rp. 30.000,00. Dengan demikian akan lebih menguntungkan jika waktu penyelesaian proyek menjadi hanya 26 hari.

Dari uraian di atas dapat diketahui bahwa percepatan penyelesaian proyek (mengakibatkan tambahan biaya percepatan) lebih menguntungkan dibanding keterlambatan (mengakibatkan tambahan biaya *over head*/biaya tetap dan biaya denda) serta akan meningkatkan bonafitas/prestise kontraktor.

Dari tabel 4.2, dapat dilihat bahwa ternyata biaya yang dikeluarkan proyek untuk sisa pekerjaan struktur yang waktu penyelesaiannya 52 hari (terlambat 24 hari) membutuhkan biaya total sebesar Rp. 981.675.080,00, untuk waktu penyelesaian proyek 28 hari biaya totalnya Rp. 902.401.740,00. Sedangkan jika

waktu penyelesaian proyek dipercepat lagi 2 hari (waktu penyelesaian proyek 26 hari) ternyata membutuhkan biaya total sebesar Rp. 902.371.240,00 .

Dari uraian tersebut dapat diketahui bahwa pada saat waktu penyelesaian proyek 52 hari terjadi pengeluaran biaya yang sangat besar. Hal ini dikarenakan adanya penambahan beban tetap Rp. 2.400.000,00 dan denda yang sangat besar yaitu Rp.86.895.840,00. Sementara itu jika dilakukan percepatan agar proyek dapat selesai tepat waktu hanya dibutuhkan biaya percepatan Rp. 10.022.500,00 jauh lebih sedikit jumlahnya dibandingkan jumlah denda dan tambahan beban tetap jika waktu proyek 52 hari. Kemudian jika proyek dipercepat lagi 2 hari(26 hari), memerlukan tambahan biaya Rp. 9.992.500 yang diperoleh dari biaya percepatan Rp. 10.192.500,00 dikurangi beban tetap 2 hari Rp.200.000,00. Sehingga semakin dipercepat waktu penyelesaian proyek semakin menguntungkan karena semakin kecil beban tetap yang dikeluarkan dan bonafitas dari pelaksana proyek semakin meningkat.

Maka dengan memperhitungkan waktu penyelesaian proyek yang paling optimal dengan biaya optimal pula, diambil penyelesaian proyek selama 26 hari terhitung sejak 1 Februari 1998.

4.3. Hubungan Perpanjangan Waktu Pekerjaan Struktur Dengan Schedule Proyek Keseluruhan

Keterlambatan yang terjadi pada paket yang satu secara otomatis akan menyebabkan keterlambatan pada paket yang lain. Oleh sebab itu perencanaan ulang agar pekerjaan struktur selesai tepat waktu sangat penting, agar paket-paket yang lain

(arsitektur, interior, mekanikal/elektrikal dan landscape) tidak mengalami keterlambatan.

Selain itu dapat dilakukan perpaduan antara CPM dengan metode lain dalam perencanaan *schedule* baru, yaitu penerapan *overlapping* pekerjaan-pekerjaan yang tidak saling tergantung satu sama lain. *Overlapping* ini dapat dilakukan misalnya untuk pekerjaan dinding bata lantai 1 dikerjakan bersamaan dengan dinding bata lantai 2, atau pekerjaan interior dikerjakan bersamaan dengan pekerjaan landscape.

Dengan adanya *overlapping* tersebut, diharapkan secara keseluruhan proyek dapat selesai tepat waktu, serta dapat memenuhi keinginan pihak-pihak yang terkait.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari uraian di atas kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Pelaksanaan pekerjaan struktur Proyek *Club House* Padang Golf Senayan mengalami keterlambatan dari jadwal yang direncanakan. Keterlambatan yang terjadi dapat menyebabkan kenaikan biaya total proyek.
2. Proyek tidak terlambat atau dapat selesai tepat waktu bahkan lebih cepat dari waktu yang ditentukan dengan diadakan *rescheduling* (percepatan waktu).
3. Percepatan penyelesaian proyek (berakibat tambahan biaya percepatan) lebih menguntungkan dibanding keterlambatan (berakibat tambahan biaya *overhead*/biaya tetap dan biaya denda) serta akan meningkatkan bonafiditas/ prestise kontraktor. Percepatan waktu optimal proyek pada percepatan 26 hari dengan penambahan biaya Rp. 9.992.500,00

5.2. Saran

1. Perencanaan dengan *crash* dapat dilakukan sejak awal perencanaan proyek.
2. Pengendalian proyek dilakukan pada saat proyek mulai dilaksanakan sehingga tidak terjadi keterlambatan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kajatno, Soetomo, 1977, **URAIAN LENGKAP METODE NETWORK PLANNING**, jilid I-II, cetakan kelima, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
2. Soegeng Djojowiriono, 1991, **MANAJEMEN KONSTRUKSI**, jilid-I, edisi kedua, Biro Penerbit KMTS UGM, Yogyakarta.
3. Imam Sukoto, 1987, **PENGENDALIAN PELAKSANAAN KOSTRUKSI, CONSTRUCTION MANAGEMENT**, cetakan pertama Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta,
4. Faisol A.M., **DIKTAT KULIAH MANAJEMEN KONSTRUKSI**, FTSP UII, Yogyakarta.
5. Martino R.L., 1974, **PERENCANAAN OPERASIONAL YANG DITERAPKAN**, Penerbit Kanisius , Yogyakarta.
6. Tadjuddin B.M.A., **DRAFT MODUL KULIAH MANAJEMEN KONSTRUKSI** Strata I, FTSP UII, Yogyakarta.
7. Siswojo, 1985, **POKOK-POKOK PROYEK MANAJEMEN PERT DAN CPM**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
8. Hamdy A Taha, 1996, **RISET OPERASI**, Jilid 2, Penerbit Binarupa Aksara, Jakarta.
9. Johannes Supranto, 1988, **RISET OPERASI UNTUK PENGAMBILAN KEPUTUSAN**, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
10. Sohendrajati, 1990, **MANAJEMEN KONSTRUKSI**, Bahan Kuliah UII, edisi pertama, Biro Penerbit KMTS UGM, Yogyakarta,

LAMPIRAN



GRP/Ur	KETERANGAN	UNIT	HARGA (Rp)
--------	------------	------	------------

GRP/Ur	KETERANGAN	UNIT	HARGA (Rp)
--------	------------	------	------------

055	Baja siku panjang 6 m ukr 100x100x10 mm	kg	1.300,00
056	Baja siku panjang 12 m ukr 120x120x12 mm	kg	1.300,00
057	Baja siku panjang 12 m ukr 130x130 x12 mm	kg	1.300,00
058	Baja siku panjang 12 m ukr 150x150x12 mm	kg	1.300,00
059	Baja WF panjang 12 m ukr 150 x 75 x 7 mm	kg	1.900,00
060	Baja WF panjang 12 m ukr 175 x 90 x 8 mm	kg	1.900,00
061	Baja WF panjang 12 m ukr 200x100x5,5x8 mm	kg	1.900,00
062	Baja WF panjang 12 m ukr 250x125x6x9 mm	kg	1.900,00
063	Baja WF panjang 12 m ukr 300x150x6,5x9 mm	kg	1.900,00
064	Baja WF panjang 12 m ukr 350 x 175 x 7 x 11 mm	kg	1.900,00
065	Baja WF panjang 12 m ukr 400 x 200 x 8 x13 mm	kg	1.900,00
066	Baja WF panjang 12 m ukr 500 x 200 x 10 x 16 mm	kg	1.900,00
067	Baja WF panjang 12 m ukr 600 x 200 x 11 x 17 mm	kg	1.900,00
068	Baja INP panjang 12 m ukr 100 x 50 x 4,5 x 6,8 mm	kg	2.200,00
069	Baja H Beam panjang 12 m ukr 150 x 150 x 10 mm	kg	1.900,00
XIII SANITAIR			
001	Kloset jongkok (toto) type CE-6 standard	bh	68.000,00
002	Kloset jongkok (toto) type CE-8 standard	bh	50.000,00
003	Kloset jongkok (toto) type CE-9/TV 150 NWV 12	bh	519.000,00
004	Kloset duduk & tangki toto type C 420/S 516	bh	690.000,00
005	Kloset duduk type C 50	bh	101.000,00
006	Unnal toto type U 57 M standard	bh	441.000,00
007	Unnal toto type U 57	bh	362.000,00
008	Tempat Sabun Toto Ukr. 15x15 cm type s-6 N Sid	bh	13.000,00
009	Handuk Rak type TS 113 A2	bh	64.000,00
010	Wastafel Pedestal Toto L-223 CF/L 237 F sid	bh	560.400,00
011	Wastafel gantung type L 230/TGL 230 M	bh	267.000,00
012	Bak air fiber glass ukr. 500 lt. (bulat)	bh	160.000,00
013	Bak air fiber glass ukr. 1000 lt. (bulat)	bh	220.000,00
014	Tangki air segi empat fiber glass ukr. 450 lt	bh	115.000,00
015	Tangki air segi empat fiber glass ukr. 1000 lt	bh	200.000,00
XIV UPAH			
001	Pekena/knek	hari	7.500,00
002	Tukang gali	han	10.000,00
003	Kepala Tukang Batu	hari	15.000,00
004	Tukang Batu	hari	10.000,00
005	Kepala Tukang Kayu	hari	15.000,00
006	Tukang Kayu	hari	10.000,00
007	Kepala Tukang Besi	hari	10.000,00
008	Tukang Besi	hari	10.000,00
009	Tukang Cat	hari	10.000,00
010	Tukang Aspal	hari	10.000,00
011	Mandor pengawas	hari	8.000,00
012	Kepala Tukang Cat	hari	17.500,00
013	Instalator	hari	11.000,00
014	Pembantu Instalator	hari	10.000,00
015	Tukang Babat Rumpit	hari	7.000,00
016	Kepala Tukang Pasang Pipa/Leding	hari	5.000,00
017	Tukang Pasang Pipa	hari	10.000,00
018	Operator Alat Besar	hari	10.000,00
019	Pembantu Operator Alat Besar	hari	15.000,00
020	Biaya handling tulangan	kg	1.250,00
XV LAIN - LAIN			
001	Film 36 Asa	rol	8.000,00
002	Cuci Film	rol	2.000,00
003	Cetak Film	lbr	400,00
004	Meubel Sederhana	set	250.000,00
005	Ongkos Truk Kecil Kap 3-4m3, Jarak lk.20 m	nt	65.000,00
006	Ongkos Truk Besar Kap 5-7 m3, Jarak lk.20 km	nt	100.000,00
007	Ongkos pick up jarak lk 20 km	nt	50.000,00
008	Ijuk	ikat	800,00

009	Plat Aluminium T2 mm ukuran 1 x 2 m	lbr	76.700,00
010	Plat Stainless Steel T3 mm ukuran 1,22 x 2,44 m	lbr	174.000,00
011	Plat Stainless Steel T 0.8 mm ukr 4"x8" (Japan)	lbr	330.000,00
012	Plat Stainless Steel T 1 mm ukr 4"x8" (Korea)	lbr	245.000,00
013	Plat Stainless Steel T 2 mm ukr 4"x8" (Korea)	lbr	470.000,00
014	Plat Stainless Steel T 3 mm ukr 4"x8" (Korea)	lbr	720.000,00
015	Huruf Scotchite 4 x 10 cm	m2	1.000,00
015	Glass wool BG 25 ukr 30m x 1,2 m 25 mm	roll	35.000,00
017	Glass Wool BG 50 ukr. 20m x 1,2m 50 mm	roll	130.000,00
018	Glass Wool IB 1625 16 kg/m3 ukr 30mx1,2mx25 mmroll	roll	98.500,00
019	Glass Wool IB 1650 (16kg/m3)ukr 20mx1,2mx30 mmroll	roll	134.000,00
020	Glass Wool IB 2425 (24kg/m3)ukr.24mx1,2mx25 mmroll	roll	132.500,00
021	Glass Wool IB 2450 (24kg/m3)ukr.12mx1,2mx50 mmroll	roll	132.500,00
022	Glass Wool IB 3225 (32 kg/m3)ukr.20mx1,2x25 mm roll	roll	155.000,00
023	Glass Wool IB 3250 (32 kg/m3)ukr.10mx1,2mx25mmroll	roll	155.000,00
024	Glass Wool IRB 4825 (48 kg/m3)ukr.2,3mx25m	roll	40.000,00
025	Glass Wool IRB 4850 (48 kg/m3)ukr.2,3mx1,2mx25mroll	roll	80.000,00
XVI SEWA ALAT - ALAT BESAR/SCAFFOLDING			
A. 1. Sewa Horn Frame Scaffolding per bulan			
021	Main frame 90 : 1219 x 1930 mm mf. 1217	bh	2.750,00
022	Main frame 170 : 1219 x 1700 mm mf. 1217	bh	2.500,00
023	Main frame 150 : 1219 x 1700 mm mf. 1217	bh	2.400,00
024	Ladder frame 120 : 1219 x 1200 mm mf 1212	bh	2.300,00
025	Ladder frame 90 : 1219 x 914 mm mf. 1209	bh	2.200,00
026	Ladder frame 49 : 1219 x 493 mm mf.1205	bh	2.200,00
027	Beam frame 50 : 1219 x 500 mm bf. 1205	bh	2.200,00
028	Horizontal frame 105 : 1050 x 1829 mm hf 1018	bh	3.000,00
029	Horizontal frame 75 : 745 x 1829 mm hf 0718	bh	2.750,00
030	Cat walk 500 x 1829 mm cw. 0518	bh	5.000,00
031	Stairs 65 450 x 1829 mm sf. 0618	bh	18.500,00
032	Stairs 45 450 x 1829 mm sf. 0418	bh	16.000,00
033	Base jack 40, 400 mm bj 40	bh	1.100,00
034	Base jack 60, 600 mm bj 60	bh	1.200,00
035	Head jack 40, 400 mm bj. 40	bh	1.200,00
036	Head jack 60, 400 mm bj. 60	bh	1.300,00
037	Base plate 42 E.P. 42	bh	400,00
038	Head plate 42 E.P. 42	bh	500,00
039	Joint plate 42 JI 42	bh	400,00
040	Armlock (bermacam-macam ukuran)	bh	300,00
041	Cross Brace (bermacam-macam ukuran)	bh	1.000,00
042	Cross Brace 195 1219 x 1524 mm CB - 1215	bh	1.000,00
043	Cross Brace 195 1219 x 1524 mm CB-1215	bh	1.000,00
044	Cross Brace 172 1219 x1219 mm CB-1212	bh	1.000,00
045	Cross Brace 205.914x1829 mm CB-0918	bh	1.000,00
046	Cross Brace 178.914x1524 mm CB-0915	bh	1.000,00
047	Cross Brace 252.1219 x 914 mm CB-0912	bh	1.000,00
048	Cross Brace 193 610 x 1829 mm CB-0618	bh	1.000,00
049	Cross Brace 164 610 x 1524 mm CB-0015	bh	1.000,00
050	Cross Braca 136.610 x 914 mm CB-0600	bh	1.000,00
051	Cross Braca 110.610 x mm CB-0600	bh	1.000,00
052	Cross Braca 180.280 x829 mm CB-0318	bh	1.000,00
053	Cross Braca 155 280 x 1524 mm CB-0315	bh	1.000,00
B.2. SEWA PIPE SUPPORT PER BULAN			
054	Pipa Support 400, 2755-400 mm Ps 2740	bh	3.000,00
055	Pipe Support 340, 2165-3400 mm Ps. 2134	bh	2.750,00
056	Pipe Support 311, 1860-3110 mm Ps. 1831	bh	2.500,00
B.3. SEWA STEEL TUBE SCAFFOLDING PER BULAN			
057	Fix Clamp 1/25"	bh	300,00
058	Swivel Clamp 1.25"	bh	300,00
059	Fix Clamp 1,5"	bh	300,00
060	Swivel Clamp 1,5"	bh	300,00

PROGRESS PEKERJAAN STRUKTUR
PROYEK KLUB GOLF SENAYAN, JAKARTA
 Sampai dengan 28 Februari 1998

No.	JENIS PEKERJAAN	KONTRAK			REFLISASI			KETERANGAN
		Volume	Satuan	Bobot %	Volume	Persentase %	Bobot %	
DIRECT COST								
B.I. MAIN BUILDING								
1 EARTHWORK								
1	Clearing and Grading Work			4.87	5,756.17		2.93	
2	Excavation	1	lot	1.35	0.5000	50.000	0.6750	
3	Disposal	1,338	m ³	0.39	1,338.0000	100.000	0.3900	
4	Back filling (including compaction)	908	m ³	0.66	908.0000	100.000	0.6600	
5	50 mm thick compacted sand	430	m ³	0.22	198.2730	46.110	0.1014	
6	Spray Anti Termite for sub base	3,670	m ²	0.80	2,192.7000	59.747	0.4780	
		2,596	m ²	1.45	1,118.7000	43.093	0.6249	
2 CUTTING OFF PILING								
		107	nos	0.16	107.0000	100.000	0.1600	
3 FORMWORK								
1	Formwork to strip footing, gr. beam & gr. slab			14.06	7,006.38		13.56	
2	Formwork to column, beam, slab & stair	976	m ²	1.57	938.1608	96.123	1.5091	
3	Formwork to retaining wall, ground tank, core lift parapet & gutter.	5,372	m ²	10.97	5,292.4944	98.520	10.8076	
4	Formwork brick wall	836	m ²	1.34	774.7212	92.670	1.2418	
		123	m ²	0.18	0.0000	0.000	0.0000	
4 CONCRETE WORK								
1	50 MM thickness grade K - 150 concrete			16.41	2,527.83		13.08	
2	Grade K250 to strip footing, gr. beam & gr. slab	3,230	m ²	2.36	1,620.7000	50.176	1.1842	
3	Grade K250 to column, beam, slab & stair	387	m ³	5.08	260.2600	67.251	3.4163	
4	Grade K250 to retaining wall, gr. tank, core lift, parapet & gutter.	573	m ³	7.52	556.6681	97.150	7.3057	
		94	m ³	1.23	90.2024	95.960	1.1803	Perbaikan hasil pengecoran belum dilaksanakan, prestasi direduksi, lihat lampiran
5	Floor Hardener for Loading Dock, Pump Room & Ramp (3kg/m2)	194	m ²	0.22	0.0000	0.000	0.0000	
5 REINFORCEMENT WORK								
1	HT. Reinforcement (except no. 2)	156,636	kg	15.93	150,157.01		14.28	
2	HT. Reinforcement to retaining wall, gr. tank, Core lift, parapet & gutter.	10,864	kg	14.90	140,143.8500	89.471	13.3312	
				1.03	10,013.1620	92.168	0.9493	
6 STEEL STRUCTURE WORK								
		114,131	kg	29.14	66,963.4900	58.672	17.0972	
7 WATER PROOFING								
1	Waterproofing for retaining wall & gr. water tank			1.13	296.14		0.60	
2	Waterproofing for toilet	210	m ²	0.46	109.1370	51.970	0.2391	
3	Waterstop	326	m ²	0.62	163.0000	50.000	0.3100	
		24	m	0.05	24.0000	100.000	0.0500	
8 MISCELLANEOUS WORK								
1	Steel angle for cover manhole			0.39	14.00		0.18	
2	Box sparing M/E	98	kg	0.03	0.0000	0.000	0.0000	
		28	nos	0.36	14.0000	50.000	0.1800	Pipa sleeve belum terpasang
B.II. GENSET BUILDING								
1	Excavation			2.18	2077.74		0.52	
2	Disposal	28	m ³	0.01	28.0000	100.000	0.0100	
3	Back filling (including compaction)	12	m ³	0.01	12.0000	100.000	0.0100	
4	50 mm thick compacted sand	16	m ³	0.01	8.0000	50.000	0.0050	
5	50 mm thickness grade K - 150 concrete	92	m ²	0.02	46.0000	50.000	0.0100	
6	Grade K250 concrete	92	m ²	0.07	46.0000	50.000	0.0350	
7	Floor Hardener (3 kg/m2)	37	m ³	0.49	10.3377	27.940	0.1369	
8	Formwork	60	m ²	0.07	0.0000	0.000	0.0000	
9	HT. Reinforcement	257	m ²	0.52	56.3984	21.945	0.1141	
10	Waterproofing for roof	7,300	kg	0.69	1,825.0000	25.000	0.1725	
11	Spray Anti Termite	109	m ²	0.24	0.0000	0.000	0.0000	
		92	m ²	0.05	46.0000	50.000	0.0250	
A COMMON TEMPORARY WORK								
		1	lot	3.34	0.7406	74.059	2.4736	
B EXPENSES								
		1	lot	12.39	0.7406	74.059	9.1759	
TOTAL								
				100.00			74.0590	74.059

PT. Wiratman & Associates

H
 Hanjoro Sulaksono

PROPOSED SENAYAN GOLF CLUB PROJECT
 PHASE - II (SENAYAN WORK)
 (REVISION - 2)

14-Oct-97

Item	Description	Amount
(In U.S.\$)		
SUMMARY		
A.	COMMON TEMPORARY WORK 1 LOT	19,470.00
B.	STRUCTURE WORK	491,012.00
	B.1. MAIN BUILDING 1 LOT	478,339.00
	B.2. GENSET BUILDING 1 LOT	12,673.00
DIRECT COST TOTAL		510,482.00
C.	EXPENSES 1 LOT	72,163.00
		582,645.00
Less Discount (+ 24.95 %)		(145,372.27)
TOTAL		437,272.73
PPn 10% (Value Added Tax)		43,727.27
GRAND TOTAL		<u>481,000.00</u>

NOTE :

Above mentioned price (US.\$ 481,000.00) is included all additional works required so that the structure work phase can be stated as completed i.e. :

1. Sparing Work M/E
2. Additional Work of concrete or beam if necessary
3. Sewage pit and grease trap

[Handwritten signature]

PROJECT SENAYAN GOLF CLUB
 BUILDING NEW CLUB HOUSE
 B / O FOR STRUCTURE WORK

Item	Description	Unit	Qty	Amount	
				Rp.	US. \$
SUMMARY					
B.	STRUCTURE WORK				
B .I	MAIN BUILDING	LOT	1	1,148,012,190	478,339.00
B .II	GENSET BUILDING	LOT	1	30,414,520	12,673.00
TOTAL STRUCTURE WORK				1,178,426,710	491,012.00

Handwritten signature

PROJECT SENAYAN GOLF CLUB
 BUILDING NEW CLUB HOUSE
 B/Q FOR STRUCTURE WORK

Item	Description	Unit	Qty	Amount	
				Rp	US \$
SUMMARY					
B.	STRUCTURE WORK				
B.1	MAIN BUILDING				
1.	EARTH WORK	LOT	1	68,184,240	28,410.00
2.	PILING WORK	LOT	1	2,182,800	310.00
3.	FORMWORK	LOT	1	196,607,100	81,920.00
4.	CONCRETE WORK	LOT	1	229,527,540	95,536.00
5.	REINFORCEMENT WORK	LOT	1	222,775,000	92,323.00
6.	STEEL STRUCTURE WORK	LOT	1	407,447,670	169,770.00
7.	WATER PROOFING	LOT	1	15,813,000	6,589.00
8.	MISCELLANEOUS WORK	LOT	1	5,474,840	2,281.00
TOTAL MAIN BUILDING				1,148,012,190	478,339.00

Item	Description	Unit	Qty	Rp.	
				Unit Price	Amount
B.	STRUCTURE WORK				
B.1	MAIN BUILDING				
1.	EARTH WORK				
1.	1. Clearing and Grading Work	lot	1		18,914,400
1.	2. Excavation	m ³	1,338	4,080	5,459,040
1.	3. Disposal	m ³	908	10,200	9,261,600
1.	4. Back filling (including compaction)	m ³	430	7,140	3,070,200
1.	5. 50 mm thick compacted sand	m ²	3,670	3,060	11,230,200
1.	6. Spray Anti Termite for sub base	m ²	2,596	7,800	20,248,800
Sub Total Earth Work					68,184,240
2.	PILING WORK				
2.	1. Cutting off	pcs	107	20,400	2,182,800
Sub Total Piling Work					2,182,800
3.	FORMWORK				
3.	1. Formwork to strip footing , gr. beam and gr. slab	m ²	976	22,440	21,901,440
3.	2. Formwork to column , susp. beam , slab and stair	m ²	5,372	28,560	153,424,320
3.	3. Formwork to retaining wall , ground tank , core lift , parapet and gutter	m ²	836	22,440	18,759,840
3.	4. Formwork backwall	m ²	123	20,500	2,521,500
Sub Total Formwork					196,607,100
4.	CONCRETE WORK				
4.	1. 50 mm thickness grade K - 150 concrete ✓	m ³	3,230	10,200	32,946,000
4.	2. Grade K - 250 to strip footing , gr. beam and gr. slab	m ³	387	183,600	71,053,200
4.	3. Grade K - 250 to column , susp. beam , slab and stair	m ³	573	183,600	105,202,800
4.	4. Grade K - 250 to retaining wall , ground tank , core lift , parapet and gutter	m ³	94	183,600	17,258,400
Carried Forward					225,460,400

PROJECT SENAYAN GOLF CLUB
 BUILDING NEW CLUB HOUSE
 B/O FOR STRUCTURE WORK

Item	Description	Unit	Qty	Rp.	
				Unit Price	Amount
	<i>Brought Forward</i>				226,460,400
4. 5.	Floor Hardener for Loading Dock , Pump Room & Ramp (3 kg/m ²)	m ²	194	15,810	3,067,140
<i>Sub Total Concrete Work</i>					229,527,540
5	REINFORCEMENT WORK				
5 1.	HT. Reinforcement	kg	156,636	1,330	208,325,880
5. 2.	HT. Reinforcement to retaining wall , ground tank , core lift , parapet and gutter	kg	10,864	1,330	14,449,120
<i>Sub Total Reinforcement Work</i>					222,775,000
6	STEEL STRUCTURE WORK				
6. 1.	Roof truss (incl. anchor bolt, zinchromate)	kg	114,131	3,570	407,447,670
<i>Sub Total Steel Structure Wor</i>					407,447,670
7	WATER PROOFING WORK				
7. 1.	Waterproofing for retaining wall and ground water tank	m ²	210	30,600	6,426,000
7. 2.	Waterproofing for toilet	m ²	338	25,500	8,619,000
7. 3.	Waterstop	m	24	32,000	768,000
<i>Sub Total Water Proofing Wor</i>					15,813,000
8	MISCELLANEOUS WORK				
8 1.	Steel angle for cover manhole	kg	98	4,080	399,840
8. 2.	Box spring M / E	nos	28	181,250	5,075,000
<i>Sub Total Miscellaneous Work</i>					5,474,840

Item	Description	Unit	Qty	Amount	
				Rp.	US \$
	SUMMARY				
B.	STRUCTURE WORK				
B .II	GENSET BUILDING	LOT	1	30,414,520	12,673.00
TOTAL GENSET BUILDING				30,414,520	12,673.00

PROJECT SENAYAN GOLF CLUB
 BUILDING GENSET BUILDING
 B/Q FOR STRUCTURE WORK

Item	Description	Unit	Qty	Rp.	
				Unit Price	Amount
B.	STRUCTURE WORK				
B .II	GENSET BUILDING	-			
1.	Excavation	m ³	28	4,080	114,240
2.	Disposal	m ³	12	10,200	122,400
3.	Back filling (including compaction)	m ³	16	7,140	114,240
4.	50 mm thick compacted sand	m ³	92	3,060	281,520
5.	50 mm thickness grade K - 150 concrete	m ³	92	10,200	938,400
6.	Grade K - 250 concrete	m ³	37	183,600	6,793,200
7.	Floor Hardener (3 kg/m ²)	m ²	60	15,810	948,600
8.	Formwork	m ²	257	28,560	7,339,920
9.	HT. Reinforcement	kg	7,300	1,330	9,709,000
10.	Waterproofing for roof	m ²	109	30,600	3,335,400
11.	Spray Anti Termite	m ²	92	7,800	717,600
Sub Total Genset Building					± 30,414,520



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	SLAMET WIDYO NUGROHO	91 310 181		MENEJEMEN
2.	SETYAWAN EKA RAHMANTA	91 310 021		STRUKTUR

Dosen Pembimbing I : : IR. H.M. SAMSUDIN, MT
Dosen Pembimbing II : : IR. FAISOL AM., MS
1 2



Yogyakarta, 10 MARET 1998
An. Dekan.
Ketua Jurusan Teknik Sipil.
[Signature]
IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
	29/7 98	-	Protokol penelitian	Kul
	31/7 98	-	Perbaikan	Sal
	1/8 98	-	Protokol dan dpt ke petinggi 5 <u>hkt</u>	
	21/8 - 98	-	<ul style="list-style-type: none"> - Penyusunan - estimasi, penulisan dsb. - Perbaikan 	
	21/8 - 98		- akan ada seminar	