

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Pengelola proyek selalu ingin mencari metode yang dapat meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian untuk menghadapi jumlah kegiatan dan kompleksitas proyek yang cenderung bertambah. Usaha tersebut membuahkan hasil dengan ditemukannya metode bagan balok (*bar chart*) dan analisis jaringan kerja (*network analysis*), yaitu penyajian perencanaan dan pengendalian, khususnya jadwal kegiatan proyek secara sistematis dan analitis.

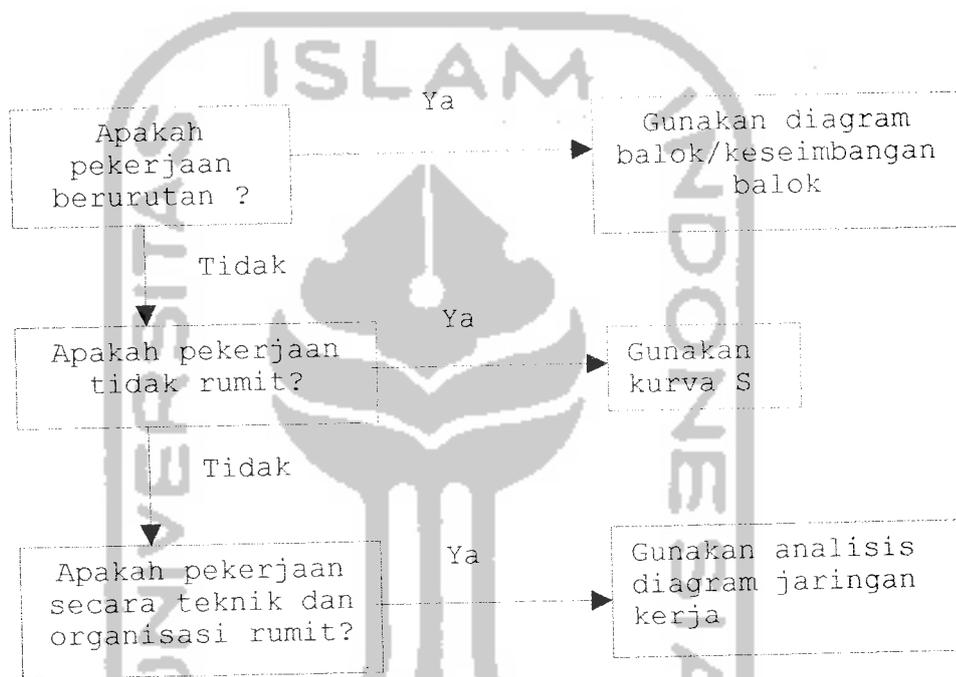
3.2 Jenis-jenis rencana kerja

Rencana kerja (*time schedule*) yang dikenal atau sering digunakan dalam proyek konstruksi ada beberapa jenis. Penggunaan jenis rencana kerja untuk proyek konstruksi tergantung dari jenis dan sifat proyek bangunan konstruksi yang dilaksanakan.

Ada beberapa macam rencana kerja yang sering digunakan, yaitu :

1. Diagram balok/batang (*bar chart*)
2. Kurva S
3. Diagram jaringan kerja (*network planning diagram*)

Untuk memilih rencana kerja yang tepat dalam pelaksanaan pekerjaan suatu proyek dibutuhkan suatu teknik pemilihan seperti tercantum pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Teknik pemilihan rencana kerja

3.2.1 Bagan Balok.

H.L. Gantt pada tahun 1917 memperkenalkan metode bagan balok yang disusun dengan maksud mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai dan waktu penyelesaian. Dewasa ini metode bagan balok masih

digunakan secara luas, baik berdiri sendiri maupun dikombinasikan dengan metode lain. Hal ini disebabkan oleh karena bagan balok mudah dibuat dan dipahami sehingga amat berguna sebagai alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek. Keunggulan dan kelemahan dari diagram balok yaitu :

1. Diagram balok mudah dibuat dan dipahami. Sangat bermanfaat sebagai alat perencanaan dan komunikasi
2. Tidak menunjukkan secara spesifik hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan yang lain, sehingga sulit untuk mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek.
3. Sukar mengadakan perbaikan atau pembaharuan, karena umumnya harus dilakukan dengan membuat bagan balok yang baru.
4. Untuk proyek yang berukuran sedang dan besar, lebih-lebih yang bersifat kompleks, penggunaan bagan balok akan menghadapi kesulitan menyusun sedemikian besar jumlah kegiatan yang mencapai puluhan ribu, dan memiliki keterkaitan tersendiri diantara mereka, sehingga mengurangi kemampuan penyajian secara sistematis.

Karena tidak menunjukkan secara spesifik ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan

yang lain, maka sulit untuk mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek. Contoh bagan balok dapat dilihat pada gambar 3.2.

No	Item Pekerjaan	Minggu ke...							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Pek.Persiapan	■						
2.	Pek.Pengukuran	■						
3.	Pek.Galian		■					
4.	Pek.Pondasi			■				
5.	Pek.Skelet				■			
6.	Pek.Pasangan tembok					■		

Ket: ■ Rencana Realisasi

Gambar 3.2 Rencana kerja diagram balok

3.2.2 Kurva S

Kurva S adalah pengembangan dan penggabungan dari diagram balok dan *Hannum Curve*. Diagram balok dilengkapi dengan bobot tiap pekerjaan dalam persen(%). Dari kurva S dapat diketahui persen (%) pekerjaan yang harus dicapai pada waktu tertentu. Untuk menentukan bobot tiap pekerjaan harus dihitung dahulu volume pekerjaan dan biayanya, serta nominal dari seluruh

biaya pekerjaan tersebut. Kurva S ini sangat efektif untuk mengevaluasi dan mengendalikan waktu dan biaya proyek.

Pada jalur bagian bawah ada persen rencana untuk tiap satuan waktu dan persentase kumulatif dari rencana tersebut. Disamping itu ada persentase realisasi untuk tiap satuan waktu dari persentase kumulatif dari realisasi tersebut. Persentase kumulatif rencana dibuat sehingga membentuk kurva S. Berbentuk kurva S karena kegiatan proyek lazimnya pada periode awal dan akhir berlangsung lambat. Perkembangan ini yang dinamakan kurva S. Persentase kumulatif realisasi adalah hasil nyata di lapangan. Hasil realisasi dari pekerjaan pada suatu waktu dapat dibandingkan dengan kurva rencana. Jika hasil realisasi berada di atas kurva S maka terjadi prestasi namun jika berada di bawah kurva S sehingga tidak mencapai prestasi, seperti dicanangkan perlu adanya penjadwalan kembali (*rescheduling*), karena terjadinya keterlambatan proyek. Dengan membandingkan kurva S realisasi dengan kurva S rencana, penyimpangan yang terjadi dapat segera terlihat jelas. Oleh karena kurva S mampu menampilkan secara visual penyimpangan yang terjadi dan pembuatannya relatif cepat dan mudah. Maka metode pengendalian dengan kurva S dipakai secara luas dalam pelaksanaan proyek. Dari kurva S dapat

diketahui persentase (%) pekerjaan yang harus dicapai pada waktu tertentu. Kurva kemajuan atau kurva S dapat memperlihatkan beberapa segi yang berkaitan baik rencana kerja atau pelaksanaan kegiatannya.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.3.

3.2.3 Diagram Jaringan Kerja

Dari segi penyusunan jadwal, jaringan kerja dipandang sebagai suatu langkah penyempurnaan metode bagan balok karena dapat memberi jawaban pertanyaan seperti :

1. Kegiatan-kegiatan mana yang bersifat kritis dalam hubungannya dengan penyelesaian proyek.
2. Bila terjadi keterlambatan dalam pelaksanaan kegiatan tertentu, bagaimana pengaruhnya terhadap sasaran jadwal penyelesaian proyek secara menyeluruh.

Jaringan kerja merupakan metode yang dianggap mampu menentukan urutan dan kurun waktu kegiatan (durasi) unsur proyek dan selanjutnya dapat dipakai memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Oleh sebab itu jaringan kerja berguna untuk :

1. Menyusun urutan kegiatan proyek yang memiliki sejumlah besar komponen dengan hubungan ketergantungan yang kompleks.
2. Membuat perkiraan jadwal proyek yang paling ekonomis.
3. Mengusahakan fluktuasi minimal penggunaan sumber daya

Metode jaringan kerja diperkenalkan menjelang akhir tahun 50-an oleh tim *engineer* dan ahli matematika dari *Du-Pont* bekerja sama dengan *Rand Corporation*, dalam usaha mengembangkan suatu sistem kontrol manajemen. Sistem ini dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki ketergantungan yang kompleks. Sistem tersebut kemudian dikenal sebagai metode jalur kritis (*Critical Path Method*).

Pada waktu yang bersamaan, secara terpisah dinas Angkatan Laut USA mengembangkan juga kontrol manajemen dalam rangka mengelola proyek pembuatan peluru kendali polaris. Proyek ini melibatkan ribuan konsultan *design engineering*, subkontraktor, *supplier* dan berbagai jawatan pemerintah dan sosial. Sistem kontrol tersebut, yang dinamakan PERT (*Project Evaluation and Review Technique*), telah berhasil mempercepat penyelesaian proyek lebih dari dua tahun.

Meskipun keduanya dikembangkan secara terpisah, tapi hasilnya memiliki banyak kesamaan. Kedua metode tersebut memakai teknik penyajian secara grafis dengan memakai diagram anak panah, lingkaran/node serta kaidah dasar logika ketergantungan dalam menyusun urutan kegiatan.

Perbedaan yang substansial terletak dalam memperkirakan kurun waktu kegiatan. PERT memakai tiga angka estimasi bagi setiap kegiatan, yaitu optimistik, pesimistik, dan paling mungkin. Dengan memberikan rentang waktu ini, metode PERT bermaksud menampung adanya unsur-unsur yang belum pasti, kemudian menganalisis kemungkinan-kemungkinan sejauh mana proyek menyimpang atau memenuhi sasaran jadwal penyelesaian proyek. Oleh karena itu, PERT banyak digunakan dalam bidang penelitian dan pengembangan yang mempunyai unsur waktu belum menentu. CPM memakai satu angka estimasi dan dalam praktek lebih banyak dipergunakan oleh kalangan industri atau proyek-proyek konstruksi.

J.W. Fondahl dari universitas *Stanford USA* pada awal dekade 60-an memperkenalkan suatu sistem jaringan kerja yang lebih sederhana disebut PDM (*Precedence Diagram Method*), kemudian dikembangkan oleh perusahaan IBM. Bila CPM dan PERT digambarkan sebagai kegiatan pada anak panah atau AOA (*Activity On Arrow*), maka PDM

adalah kegiatan pada node atau AON (*Activity On Node*). Metode PDM menghasilkan jaringan kerja yang relatif sederhana dibandingkan CPM atau PERT, terutama untuk kegiatan yang oleh karena suatu hal perlu dipecah-pecah menjadi subkegiatan.

3.3 Diagram Jaringan Kerja PDM (*Precedence Diagram Method*)

Metode diagram preseden adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi AON. Kegiatan dituliskan di dalam node yang umumnya berbentuk segiempat, sedangkan anak panah hanya sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan.

Setiap node mempunyai dua peristiwa yaitu awal dan akhir. Ruangan dalam node dibagi menjadi kompartemen kecil yang berisi keterangan spesifik dari kegiatan dan peristiwa. Beberapa atribut yang sering dicantumkan diantaranya kurun waktu proyek (*duration=D*), identitas kegiatan (nomor dan nama), mulai dan selesainya kegiatan (*Earliest Start=ES*, *Latest Start=LS*, *Earliest Finish=EF*, *Latest Finish=LF*).

Notasi yang biasa dipakai pada PDM dapat dilihat pada gambar 3.4 :

i		
ES	D	EF
LS		LF

Model A

i	
tgl. ES/LS	D
tgl. EF/LF	F

Model B.

Gambar 3.4 Denah model PDM

Keterangan :

- ISLAM**
- i= Nomor urut aktivitas atau nama aktivitas
- D= Durasi, yaitu lamanya waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan aktivitas tersebut,
- ES= *Earliest Start*, yaitu saat mulai paling awal untuk suatu aktivitas,
- EF= *Earliest Finish*, yaitu saat selesai paling awal untuk suatu aktivitas,
- LS= *Latest Start*, yaitu saat mulai paling lambat untuk suatu aktivitas,
- LF= *Latest Finish*, yaitu saat selesai paling lambat untuk suatu aktivitas,
- F = *Float*, yaitu tenggang waktu

Pada penulisan tugas akhir ini digunakan program komputer *Microsoft Project* yang memiliki kotak keterangan terbatas. Sehingga tidak dapat menampilkan

seluruh atribut PDM seperti denah model PDM (gambar 3.4).

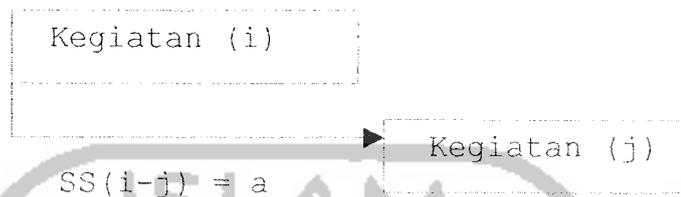
Aturan dasar AOA memberlakukan bahwa suatu kegiatan boleh dimulai setelah pekerjaan terdahulu (*predecessor*) selesai, maka untuk proyek dengan rangkaian kegiatan yang tumpang tindih (*overlapping*) dan berulang akan memerlukan kegiatan fiktif yang disebut *dummy* (digambarkan sebagai garis terputus).

Berbeda dengan AOA, jaringan kerja AON membolehkan suatu kegiatan dimulai meskipun kegiatan pendahulunya belum selesai, maka hubungan antar kegiatan berkembang menjadi beberapa kemungkinan berupa konstrain. Konstrain menunjukkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari node terdahulu ke node berikutnya. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node. Karena setiap node memiliki dua ujung, yaitu ujung mulai (S) dan ujung selesai (F), maka ada empat macam konstrain yaitu awal ke awal (SS), awal ke akhir (SF), akhir ke akhir (FF), dan akhir ke awal (FS), penjelasan lebih lanjut sebagai berikut :

1. Start to Start (SS), yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas berikutnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu antara kedua aktivitas tersebut

disebut *lead* (mendahului). $SS(i-j) = a$ hari, berarti aktivitas (j) boleh dimulai setelah aktifitas (i) berlangsung a hari.

Seperti terlihat pada gambar 3.5.

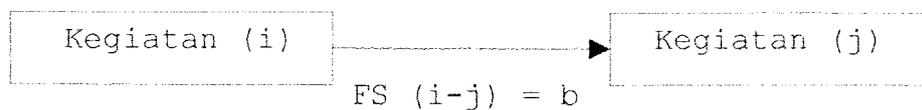


Gambar 3.5 Konstrain SS

2. Finish to Start (FS), yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu menunggu berikutnya disebut *lag* (tertunda).

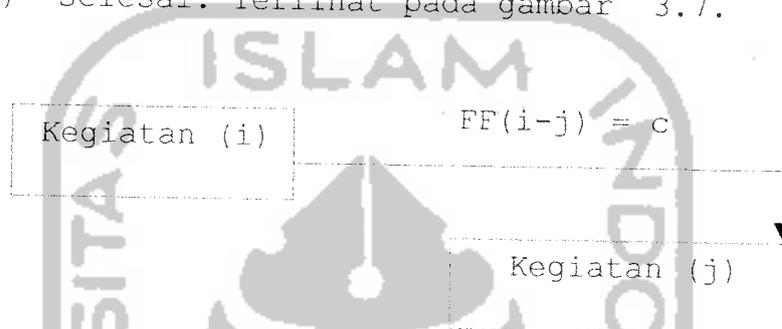
$FS(i-j) = b$ hari, berarti aktivitas (j) boleh dimulai setelah b hari selesainya aktifitas (i).

Terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Konstrain FS

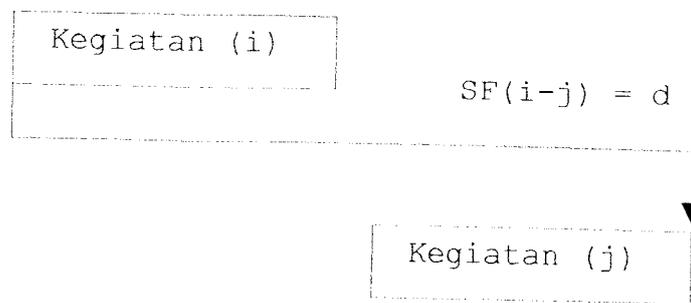
3. Finish to Finish (FF), yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu antara dimulainya kedua aktivitas tersebut disebut *lag*. $FF(i-j) = c$ hari, berarti aktivitas (j) selesai setelah c hari aktivitas (i) selesai. Terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Konstrain FF

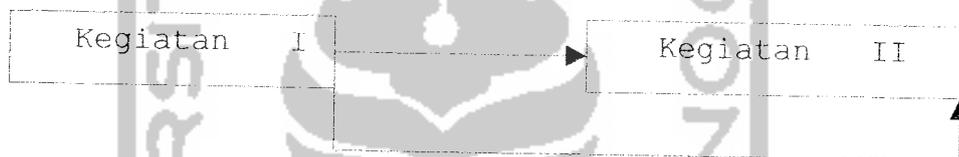
4. Start to Finish (SF), yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu antara dimulainya kedua aktivitas tersebut disebut *lead*. $SF(i-j) = d$ hari, berarti aktivitas (j) akan selesai setelah d hari dari saat dimulai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

Seperti terlihat pada gambar 3.8.

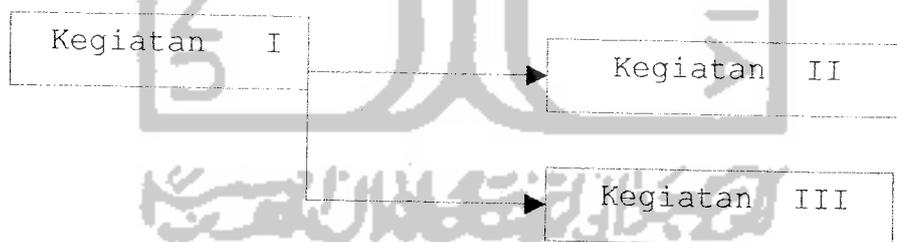


Gambar 3.8 Konstrain SF

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



Gambar 3.9 Multikonstrain antar kegiatan



Gambar 3.10 Satu kegiatan mempunyai hubungan konstrain dengan lebih dari satu kegiatan yang berbeda

3.4 Identifikasi Jalur Kritis

Bertambahnya parameter yang digunakan akan menyebabkan perhitungan untuk mengidentifikasi kegiatan dan jalur kritis lebih kompleks. Untuk maksud tersebut, dalam analisis perlu memperhatikan hubungan antar kegiatan dan konstrain yang terkait.

3.4.1 Hitungan Maju

Hitungan maju atau hitungan ke muka ini pada dasarnya adalah untuk menghitung waktu mulai tercepat (*earliest start time*) dan waktu selesai tercepat (*earliest finish time*). Hitungan maju dimulai dari ujung kiri, merupakan peristiwa pertama menandai dimulainya proyek. Berlaku dan ditujukan untuk hal-hal berikut:

- Menghasilkan ES, EF dan kurun waktu penyelesaian proyek
- Diambil angka ES terbesar bila lebih dari satu kegiatan bergabung
- Notasi (i) bagi kegiatan pendahulu (*predecessor*) dan (j) kegiatan yang sedang ditinjau atau dengan kata lain kegiatan selanjutnya
- Waktu awal dianggap nol.

- a. Waktu mulai paling awal dari kegiatan yang sedang ditinjau $ES(j)$, adalah sama dengan angka terbesar dari jumlah angka kegiatan terdahulu $ES(i)$ atau $EF(i)$ ditambah konstrain yang bersangkutan. Karena ada empat konstrain, maka terdapat rumus :

$$ES(j) = ES(i) + SS(i-j) \quad \text{atau}$$

$$ES(i) + SF(i-j) - D(j) \quad \text{atau}$$

$$EF(i) + FS(i-j) \quad \text{atau}$$

$$EF(i) + FF(i-j) - D(j)$$

- b. Angka waktu selesai paling awal kegiatan yang sedang ditinjau $EF(j)$, adalah sama dengan waktu mulai paling awal kegiatan tersebut $ES(j)$ ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan $D(j)$ atau ditulis dengan rumus menjadi :

$$EF(j) = ES(j) + D(j)$$

Cara menghitung ES dan LS seperti terlihat pada gambar 3.11

3.4.2 Hitungan Mundur

Hitungan mundur atau hitungan ke belakang ini digunakan untuk menghitung waktu mulai paling lambat (*latest start time*) dan waktu selesai paling lambat (*latest finish time*). Berlaku dan ditujukan untuk hal-hal berikut :

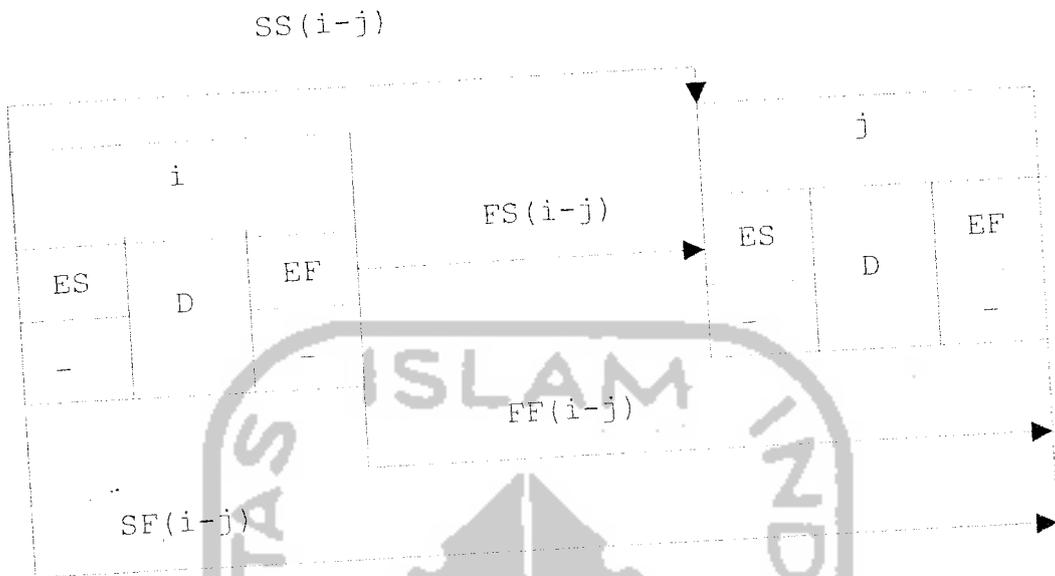
- Menentukan LS, LF dan kurun waktu *float*.
 - Bila lebih dari satu kegiatan bergabung diambil angka LS terkecil.
 - Notasi (i) bagi kegiatan yang sedang ditinjau sedangkan (j) adalah kegiatan berikutnya.
- a. Waktu selesai paling akhir dari kegiatan yang sedang ditinjau LF(i) adalah sama dengan angka terkecil dari jumlah kegiatan LS(j) dan LF(j) dikurangi konstrain yang bersangkutan.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{LF(i)} &= \mathbf{LF(j) - FF(i-j)} && \text{atau} \\
 &\mathbf{LF(j) - SF(i-j) + D(i)} && \text{atau} \\
 &\mathbf{LS(j) - FS(i-j)} && \text{atau} \\
 &\mathbf{LS(j) - SS(i-j) + D(i)}
 \end{aligned}$$

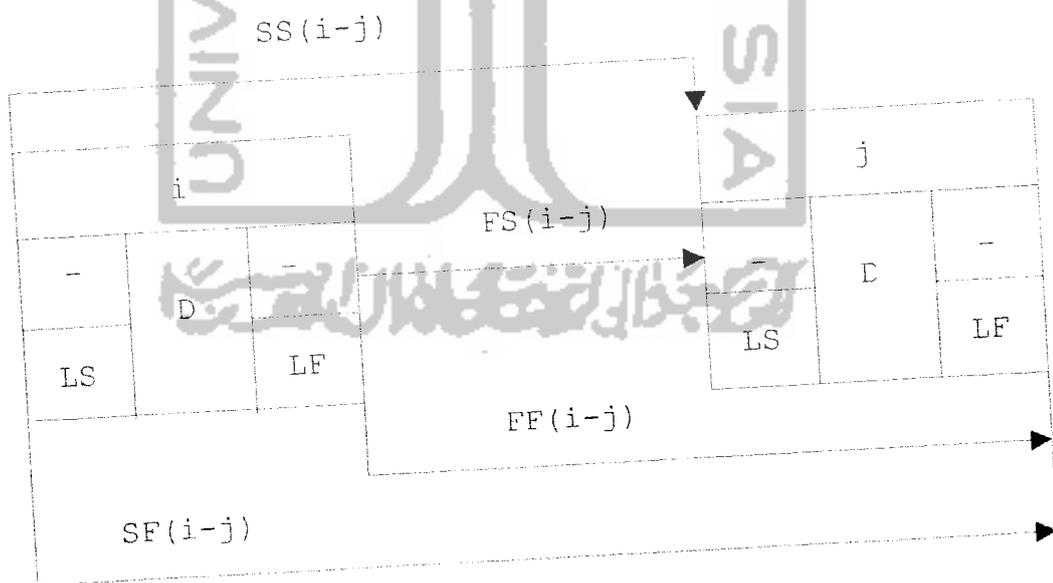
- b. Waktu mulai paling akhir kegiatan yang sedang ditinjau LS(i) adalah sama dengan waktu selesai paling akhir kegiatan tersebut LF(i) dikurangi kurun waktu kegiatan yang bersangkutan D(i) atau ditulis dengan rumus :

$$\mathbf{LS(i) = LF(i) - D(i)}$$

Cara menghitung LS dan LF seperti gambar 3.12



Gambar 3.11 Menghitung ES dan EF



Gambar 3.12 Menghitung LS dan LF

3.4.3 Jalur dan Kegiatan Kritis

Jalur dan kegiatan kritis PDM mempunyai sifat seperti AOA, yaitu

1. Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama,
ES = LS
2. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama,
EF = LF
3. Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal, **D = LF-ES**
4. Bila hanya sebagian dari kegiatan bersifat kritis, maka kegiatan tersebut secara utuh dianggap kritis.

3.5 Float

Tenggang waktu (*float*) adalah waktu yang diperkenankan untuk menggeser-geser kegiatan suatu proyek, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan. Konsep tenggang waktu dan definisi khusus mengenai tiga kemungkinan variasinya, yaitu :

- a. **Float Total (TF)** adalah jumlah penundaan maksimum yang dapat diberikan pada suatu kegiatan tanpa menghambat penyelesaian keseluruhan proyek untuk suatu kegiatan.

Float total dapat dihitung dengan rumus :

$$TF = LF - EF = LS - ES$$

dapat dinyatakan juga sebagai berikut,

Float total sama dengan waktu paling akhir terjadinya node berikutnya $L(j)$, dikurangi waktu paling awal terjadinya node terdahulu $E(i)$, dikurangi kurun waktu kegiatan yang bersangkutan $D(i-j)$.

$$TF = L(j) - E(i) - D(i-j)$$

- b. **Float Bebas (FF)** adalah penundaan yang masih dapat diberikan pada suatu kegiatan tanpa mengakibatkan penundaan kegiatan-kegiatan berikutnya. Atau sama dengan waktu mulai paling awal (ES) dari kegiatan berikutnya dikurangi waktu selesai paling awal (EF) kegiatan dimaksud.

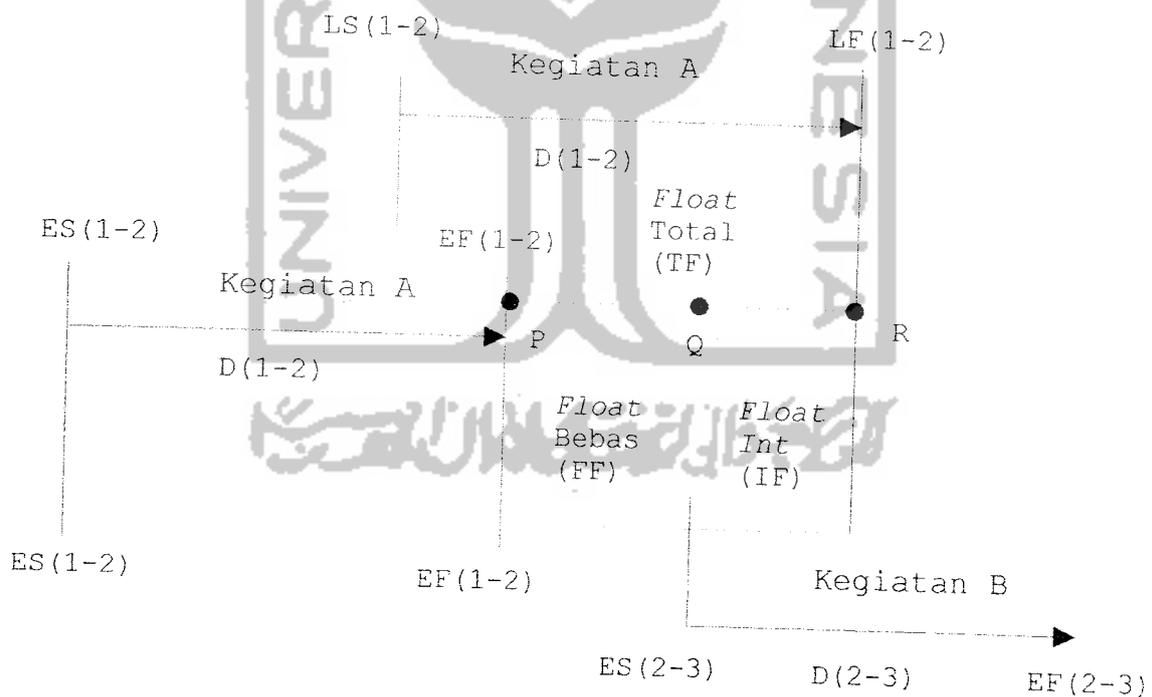
$$FF = ES(j) - EF(i)$$

- c. **Float Interferen (IF)** adalah penundaan yang masih dapat diberikan pada suatu kegiatan tanpa mengakibatkan penundaan kegiatan-kegiatan berikutnya atau membatasi penjadwalan kegiatan-kegiatan sebelumnya. Dapat dirumuskan dengan *float* total dikurangi *float* bebas.

$$IF = FT - FF.$$

Hubungan antara ketiga *float* tersebut dijelaskan dengan keterangan pada gambar 3.13. Terdapat tiga

kegiatan yaitu, kegiatan A dengan waktu mulai paling awal $ES(1-2)$, kegiatan A dengan waktu mulai paling akhir $LS(1-2)$ dan kegiatan B dengan waktu mulai paling awal $ES(2-3)$. *Float* total sebesar PR didapat dari mengurangkan $LF(1-2) - EF(1-2)$. Diandaikan dari kegiatan berikutnya, yaitu kegiatan B mulai dari titik Q , maka sesuai rumus *float* bebas dari kegiatan A sebesar $ES(2-3) - EF(1-2)$, yaitu sama dengan PQ . Terlihat bahwa Q dalam contoh hanya dimiliki oleh kegiatan A. Adapun *float interferen* sebesar *float* total dikurangi *float* bebas atau sama dengan $QR = PR - PQ$.



Gambar 3.13 Posisi dan hubungan *float* total, *float* bebas dan *float interferen*

Ketersediaan *float time* pada suatu kegiatan nonkritis dalam suatu proyek memungkinkan kegiatan tersebut dilaksanakan lebih lambat dari rencana semula. Penyesuaian jadwal pada kegiatan nonkritis dapat dilakukan dengan cara menggeser ES (*earliest start*) dari suatu kegiatan didalam kurun *float timenya* dengan catatan jangka waktu pelaksanaan (durasi) tetap seperti jadwal semula.



Gambar 3.14 Modifikasi *float* dengan menggeser *earliest start*

3.6 Matematika Uang

Uang pada umumnya diketahui sebagai salah satu alat dalam suatu organisasi perusahaan, yang mempengaruhi keputusan-keputusan untuk mengadakan investasi. Pemahaman mengenai uang merupakan suatu hal yang penting untuk menafsirkan penggunaannya dengan suatu metode secara ekonomis.

Berbicara mengenai masalah modal atau uang, tentunya tidak terlepas dari masalah bunga yang timbul sebagai akibat dari penggunaan uang tersebut.

Bunga adalah sejumlah uang yang dibayarkan peminjam sebagai kompensasi kepada penyedia uang tersebut terhadap harga yang dapat diperoleh dengan penggunaan uang tersebut dengan jangka waktu tertentu. Harga di sini bisa juga dinyatakan sebagai harga yang harus di bayar apabila terjadi pertukaran antara Rp 1 sekarang dan Rp 1 nanti (misal setahun lagi), dapat dicontohkan : apabila uang milik kita Rp 100 dimasukkan ke bank, dengan tingkat bunga 18% per tahun, maka setahun lagi yang kita dapat adalah Rp 118 terdiri dari Rp 100 (pokok) dan Rp 18 (bunga).

Dikenal dua macam bunga, yaitu :

1. **Bunga sederhana** (*simple interest*) adalah bunga yang diperoleh secara langsung sebanding dengan modal pinjaman. Bunga dihitung secara linear dan tidak ditambahkan ke dana pokok. Dinyatakan dalam rumus, $I = P.i.n$

Keterangan:

P= jumlah atau modal sekarang (*present amount*)

i= tingkat bunga

n=jumlah waktu bunga (*number of interest periods*)

Oleh sebab itu jumlah total si-peminjam berkewajiban untuk membayar kepada yang meminjamkan adalah :

$$F = P + I$$

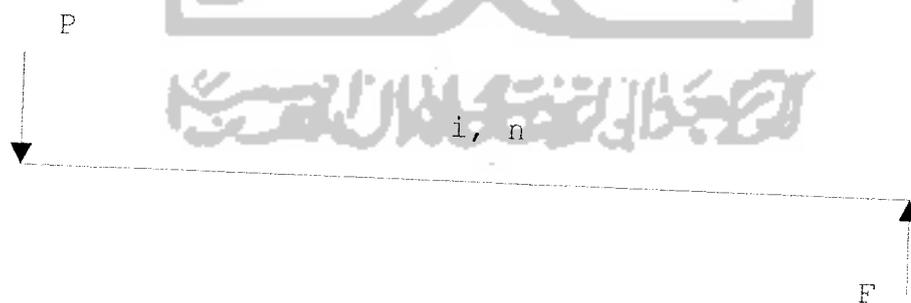
$$= P + P.i.n = P(1+i.n)$$

F adalah *future amount*, yaitu nilai uang yang akan datang.

2. **Bunga majemuk** (*compound interest*), bunga dari dana pokok ditambahkan untuk kemudian diperhitungkan kembali. Dirumuskan : $I = (1+i)^n$, biasanya disebut faktor bunga kompon (*compound amount factor*).

Sehingga untuk perhitungan jumlah total yang harus dibayar peminjam adalah:

$$F = P(1+i)^n$$



Gambar 3.15 Bagan alir pengembalian modal dengan bunga majemuk.

3.7 Sumber dan Macam Pendanaan Proyek

Modal adalah dana yang disiapkan untuk pendanaan jangka panjang. Dari mana suatu perusahaan atau badan usaha memperoleh modal untuk membiayai proyek tidak jauh berbeda dengan seseorang yang ingin membangun rumah, dana dapat berasal dari simpanan pribadi atau pinjaman (sumber yang lain). Pada dasarnya secara potensial tersedia berbagai macam sumber pendanaan bagi suatu perusahaan, yang dikelompokkan menjadi :

1. Modal Sendiri

Yaitu sumber yang berasal dari perusahaan atau badan usaha itu sendiri sebagai modal awal usahanya. Sering juga disebut modal pribadi, bentuknya dapat berupa uang ataupun peralatan.

2. Sumber dari Luar/Hutang

Sumber pendanaan proyek yang lain adalah pinjaman (loan). Ini terjadi bila sejumlah uang (pinjaman pokok) dipinjam dalam jangka waktu tertentu karena perusahaan atau kontraktor tidak mempunyai modal sendiri. Dalam hal ini pemberi pinjaman atau kreditor membebankan bunga dengan persentasi tetap dan pembayaran kembali hutang pokok sesuai syarat perjanjian. Seringkali kreditor memerlukan jaminan

sekuritas atas dana yang dipinjamkan. Syarat perjanjian umumnya meliputi:

1. pengaturan dan jadwal pengembalian
2. adanya sekuritas bagi pihak pemberi pinjaman
3. fee dan biaya administrasi yang lain
4. bunga pinjaman

Pinjaman atau hutang dianggap tidak dipengaruhi oleh inflasi, dalam arti sekali bunga dan cicilan pokok ditentukan jadwal dan besarnya, maka umumnya dampak inflasi telah dianggap tidak diperhitungkan lagi.

3.8 Pembayaran Hutang

Dalam dunia perekonomian sering terjadi suatu transaksi berbentuk hutang. Berbagai pertimbangan dipakai sebagai dasar untuk mendapatkan kesepakatan. Pertimbangan itu antara lain menyangkut masalah waktu pengembalian, kondisi usaha dari peminjam dalam memakai uang yang dipinjamnya, kondisi pasar serta keadaan perekonomian lokal maupun regional. Namun pada penelitian ini pertimbangan kondisi pasar dan perekonomian tidak akan diuraikan karena tidak termasuk

dalam lingkup penelitian. Yang akan dibahas hanya cara pengembalian menurut analisis ekonomi teknik.

Seperti sudah disebutkan sebelumnya bahwa bila seorang meminjam sejumlah uang kepada orang lain maka sebagai bentuk hadiah yang diterima orang tersebut adalah bunga yang sebelumnya sudah disepakati oleh kedua belah pihak. Sebaliknya, pihak peminjam, karena telah mendapatkan kesempatan untuk memanfaatkan sejumlah uang, memberikan tambahan sejumlah uang yang disebut sebagai bunga ketika mengembalikan pinjaman tersebut.

3.9 Contoh kasus

Sebagai gambaran, berikut ini adalah contoh kegiatan suatu proyek dengan biaya Rp 1.867.000,00 seperti tercantum pada tabel 3.1

Tabel 3.1. Contoh kasus data kegiatan proyek

NO	Kegiatan	Predecessor	Successor	Durasi (bulan)	Biaya (juta)
1	A	-	D	5	Rp.135
2	B	-	E, F	8	Rp.80
3	C	-	G, H	2	Rp.6
4	D	A	I	2	Rp.4
5	E	B	I	10	Rp.700
6	F	B	J	9	Rp.270
7	G	C	J	7	Rp.420
8	H	C	K	5	Rp.30
9	I	D, E	-	10	Rp.120
10	J	F, G	-	6	Rp.42
11	K	H	-	5	Rp.60
jumlah					Rp.1.867

Dari tabel 3.1 dapat dibuat suatu jaringan kerja PDM (gambar 3.16) dan *gant chart* (gambar 3.17) dengan memperhatikan aktivitas sebelumnya (*predecessor*) dan aktivitas sesudahnya (*successor*) serta durasi dari masing-masing kegiatan.

Dari jaringan kerja (gambar 3.16) dan *gant chart* (gambar 3.17) dapat dilihat bahwa waktu terpendek untuk menyelesaikan aktivitas proyek adalah 26 bulan dengan lintasan kritis adalah aktivitas B-E-I. Dengan demikian kegiatan yang tidak terjadi lintasan kritis adalah aktivitas A-C-D-F-G-H-J dan K. Aktivitas yang tidak

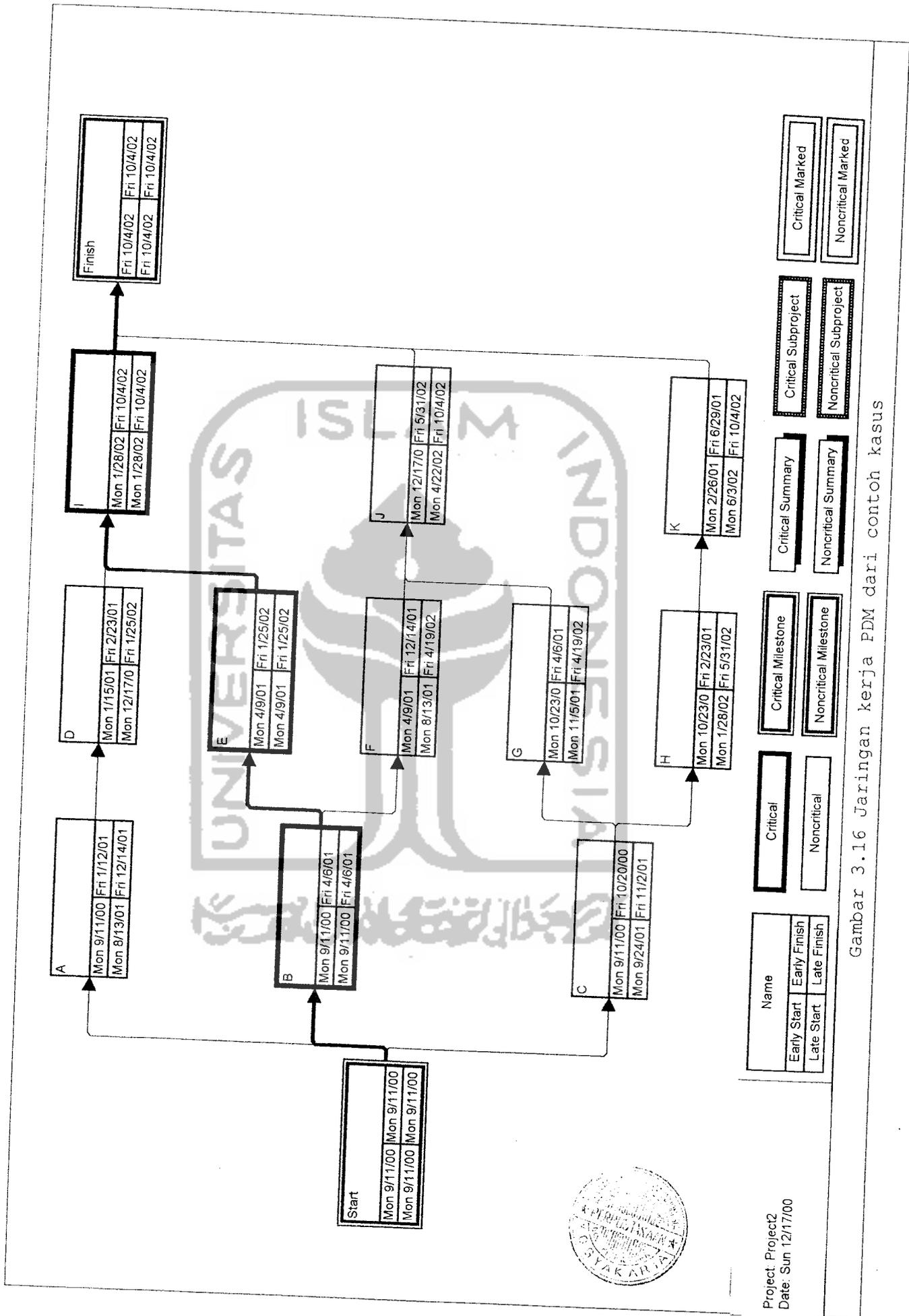
terjadi lintasan kritis akan ada *float* (tenggang waktu).

3.9.1 Analisis Jadwal Aktivitas Proyek

1. Anggapan bahwa semua aktivitas dilaksanakan lebih awal, sehingga pengeluaran dana sesuai dengan skedul aktivitas *earliest start* (tabel 3.2). Aktivitas A dapat dimulai pada awal bulan ke-1 dan harus sudah selesai pada akhir bulan ke-5, dengan biaya aktivitas sebesar Rp 135.000.000,00 sehingga biaya setiap bulannya Rp 27.000.000,00. Dari tabel 3.2 dapat dilihat bahwa pada bulan ke-1 dibutuhkan dana sebesar Rp 40.000.000,00. Dana tersebut untuk membiayai aktivitas A-B-C. Bulan ke-2 diperlukan biaya sebesar Rp 106.000.000,00 untuk membiayai aktivitas A-B-C-G-H. Setiap bulan dibutuhkan dana yang bervariasi dari aktivitas yang berbeda pula.
2. Anggapan bahwa semua aktivitas yang tidak terjadi lintasan kritis dapat ditunda pelaksanaannya. Penundaan ini boleh dikerjakan pada saat yang paling lambat (*latest start*), yaitu aktivitas A-C-D-F-G-H-J-K, lihat gambar jaringan kerja berdasarkan *latest start* (gambar 3.18) dan *gantt chart* (gambar 3.19). Aktivitas A dikerjakan paling awal bulan ke-1 dan harus selesai pada bulan ke-5

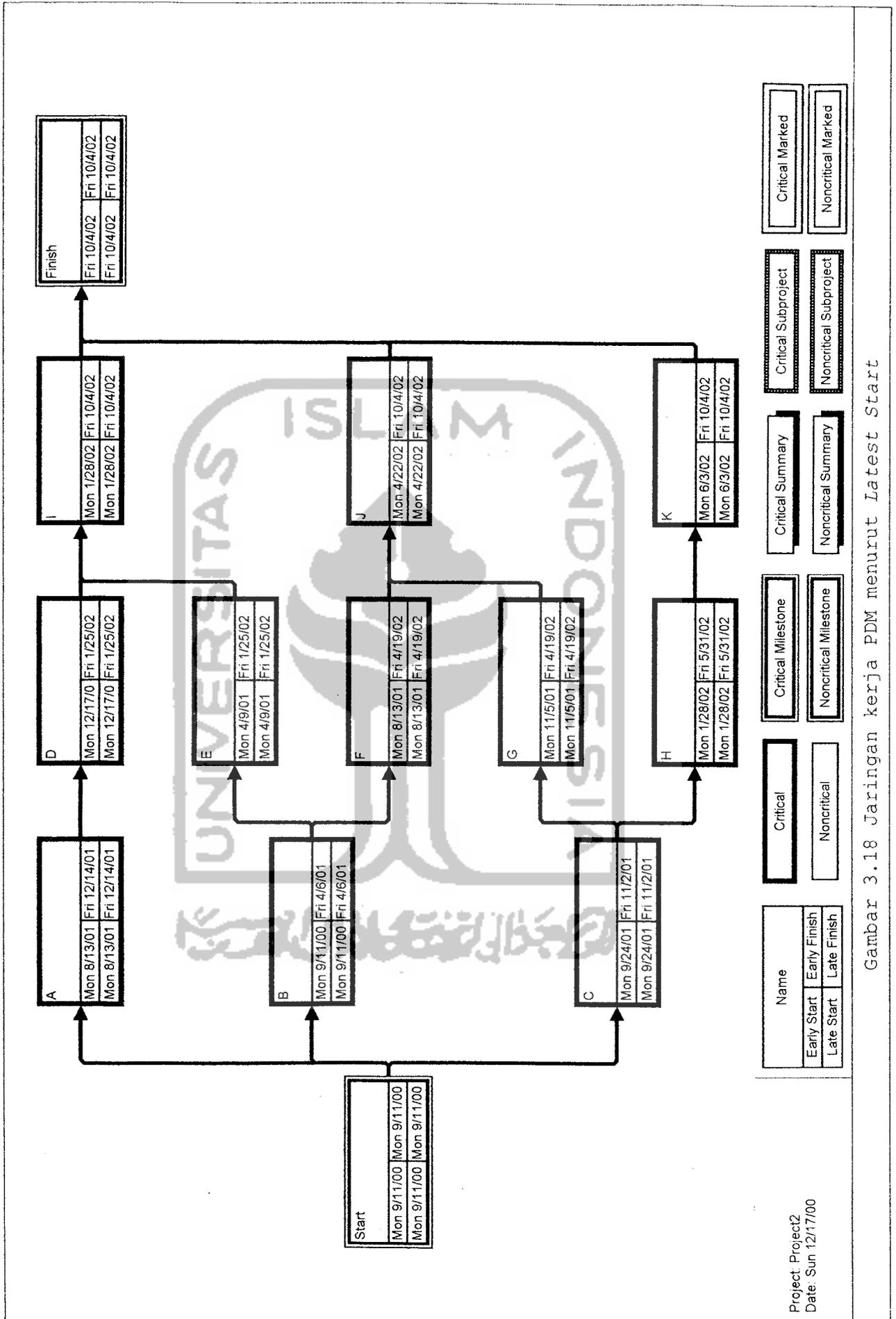
(tabel 3.2), namun karena aktivitas ini boleh ditunda, maka pelaksanaannya dimulai pada bulan ke-12 (tabel 3.3) dan harus selesai pada akhir bulan ke-16. Dengan demikian aktivitas A yang seharusnya membutuhkan biaya sebesar Rp 27.000.000,00 untuk masing-masing bulan ke-1 sampai bulan ke-5, dapat ditunda pembayarannya pada bulan ke-12 sampai bulan ke-16. Dari tabel 3.2 dan 3.3 dapat dilihat perbedaan pengeluaran yang cukup besar setiap bulannya. Hal ini tentu akan mempengaruhi dana yang harus disediakan setiap bulannya yang pada akhirnya akan berpengaruh pada analisis pengembalian dana pinjaman. Semakin lama pinjaman dibayar maka uang kontan yang harus dibayarkan selama waktu pinjaman tersebut akan semakin besar pula.

Apabila semua biaya sebesar Rp 1.867.000.000,00 merupakan pinjaman dari bank dengan tingkat bunga 5 % tiap bulan, maka pada akhir bulan ke-26 atau awal bulan ke-27 kontraktor harus mengembalikan pinjaman tersebut sesuai dengan ketentuan. Adapun analisis pengembalian pinjaman adalah sebagai berikut :

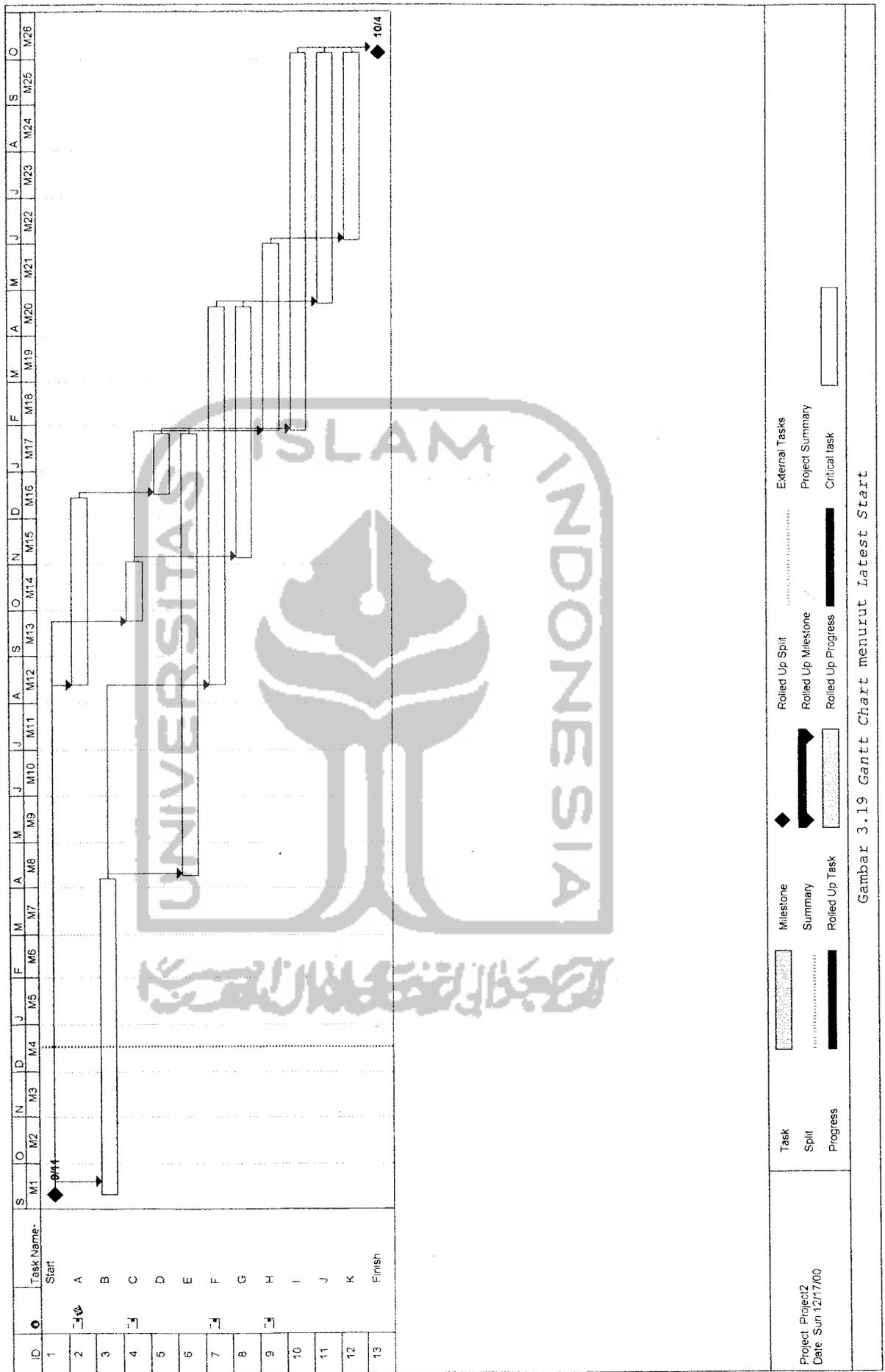


Project: Project2
Date: Sun 12/17/00

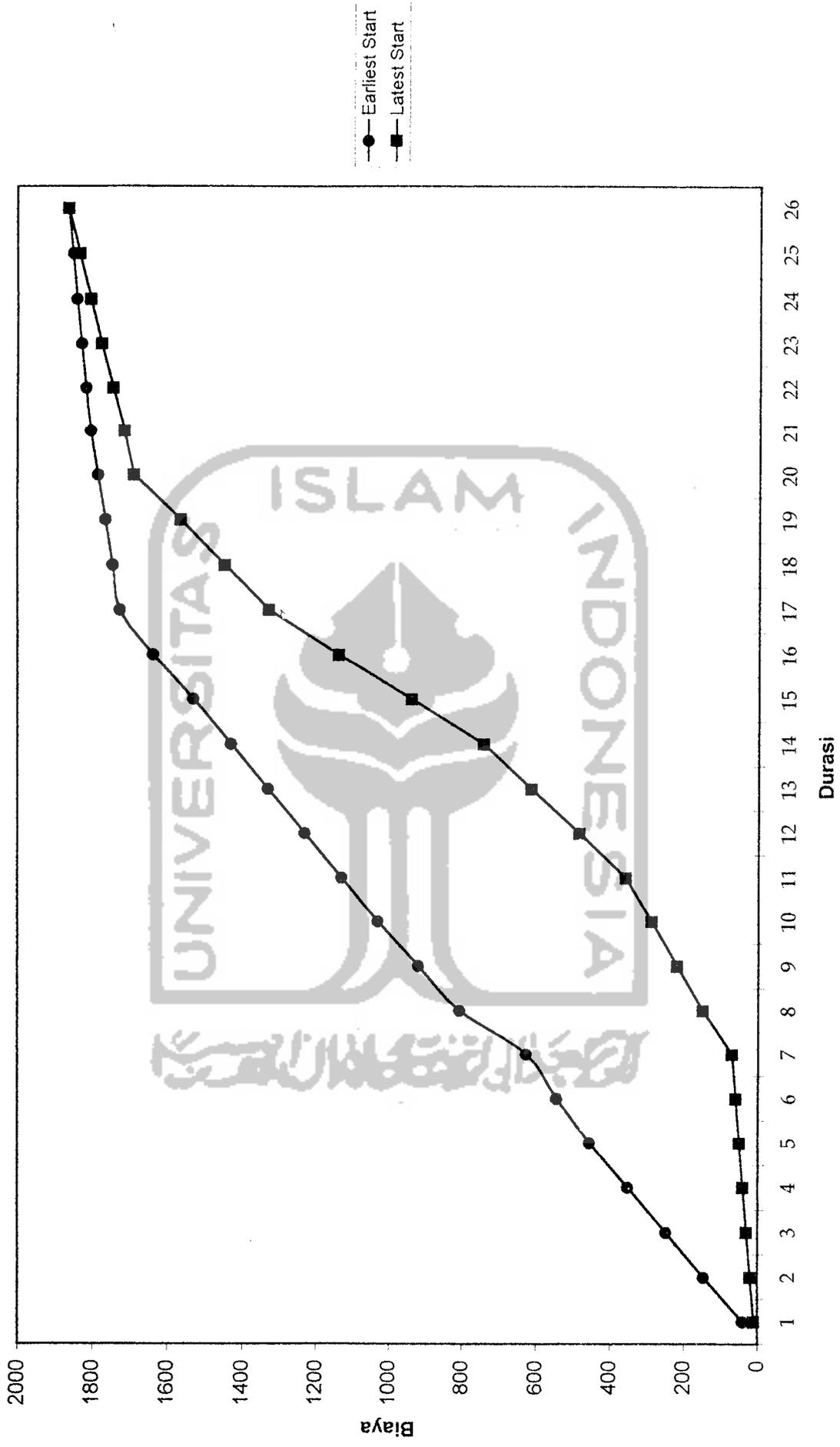
Gambar 3.16 Jaringan kerja PDM dari contoh kasus



Gambar 3.18 Jaringan kerja PDM menurut Latest Start



Gambar 3.19 Gantt Chart menurut Latest Start



Gambar 3.24 Perbandingan pengeluaran biaya berdasarkan ES dan LS

Alternatif 1

Pinjaman sebesar Rp 1.867.000.000,00 diterima kontraktor pada saat proyek mulai beroperasi.



Gambar 3.21 Bagan alir pengembalian pinjaman

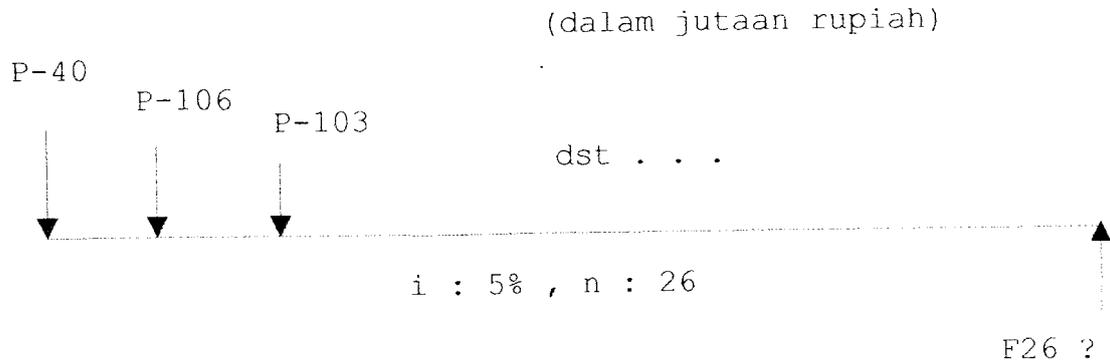
Kontraktor harus mengembalikan pinjaman tersebut kepada bank pada akhir bulan ke-26 sebesar :

$$\begin{aligned}
 (F/P, 5, 26) &\rightarrow F = P(1+I)^n \\
 &= \text{Rp } 1.867 \text{ jt } (1+0,05)^{26} \\
 &= \text{Rp } 6.638,441 \text{ juta}
 \end{aligned}$$

Jadi pada akhir bulan ke-26 kontraktor harus mengembalikan dana pinjaman ditambah bunga pinjaman sebesar Rp 6.638.441.000,00

Alternatif 2

Pinjaman sebesar Rp 1.867.000.000,00 diterima kontraktor diawal proyek. Kemudian pinjaman tersebut didepositokan, dan diambil setiap bulannya sesuai kebutuhan proyek menurut *schedule earliest start* (tabel 3.2). Ditentukan bunga deposito 1 % per bulan.



Gambar 3.22 Bagan alir pengembalian pinjaman disertai deposito berdasarkan ES

$$\begin{aligned}
 (F/P, 5, 26) \rightarrow F &= P (1+i)^{26} \\
 &= \text{Rp } 1.867 \text{ jt } (1+0,05)^{26} \\
 &= \text{Rp } 6.638,441 \text{ jt}
 \end{aligned}$$

seperti alternatif 1, berarti kontraktor harus mengembalikan pinjaman sebesar Rp 6.638,441 jt. Jika kemudian uang pinjaman tersebut didepositokan dan dapat diambil sesuai dengan kebutuhan proyek tiap bulannya, kontraktor bisa mendapatkan keuntungan dari bunga deposito sebesar :

bulan ke-1 : pinjaman Rp 1.867 jt dikurangi kebutuhan proyek sebesar Rp 40 jt sehingga sisa modal Rp 1.827 jt.

bulan ke-2 : deposito Rp 1.827 jt selama 1 bulan akan mendapat bunga

$$F = \text{Rp } 1.827 \text{ jt } (1+0,01)^1$$

$$= \text{Rp } 1.845,27 \text{ jt}$$

deposito Rp 1.845,27 jt kemudian dikurangi dengan kebutuhan proyek pada bulan ke-2 sebesar Rp 106 jt, sehingga deposito yang tersisa Rp 1.739,27 jt.

bulan ke-3 : jumlah deposito menjadi

$$F = \text{Rp } 1.739,27 \text{ jt } (1+0.01)^1$$

$$= \text{Rp } 1.756,66 \text{ jt}$$

kemudian dikurangi oleh kebutuhan proyek pada bulan ke-3 sebesar Rp 103 jt, sehingga jumlah deposito tersisa Rp 1.653,66 jt.

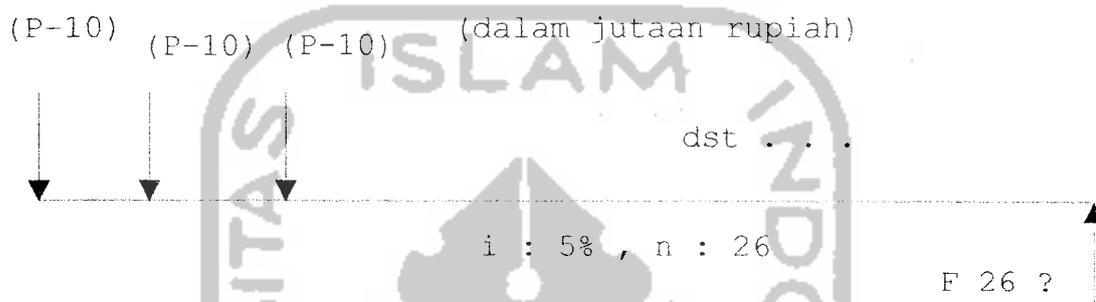
demikian seterusnya hingga masuk bulan ke-26.

Pada bulan ke-26 deposito yang tersisa Rp 203,829 jt, ini merupakan keuntungan kontraktor jika pinjaman dari bank didepositokan kembali, sehingga kewajiban kontraktor membayar pinjaman berkurang Rp 203,829 jt. Kontraktor hanya perlu mengembalikan pinjaman sebesar Rp 6.628,441 jt dikurangi Rp 203,829 jt.

Jadi pinjaman yang harus dikembalikan kontraktor sebesar Rp 6.434,612 jt.

Alternatif 3

Pinjaman sebesar Rp 1.867.000.000,00 diterima kontraktor diawal proyek. Kemudian pinjaman tersebut didepositokan, dan diambil setiap bulannya sesuai kebutuhan proyek menurut *schedule latest start* (tabel 3.3). Ditentukan bunga deposito 1 % per bulan.



Gambar 3.23 Bagan alir pengembalian pinjaman disertai deposito berdasarkan LS

$$\begin{aligned}
 (F/P, 5, 26) \rightarrow F &= P (1+i)^{26} \\
 &= \text{Rp } 1.867 \text{ jt } (1+0,05)^{26} \\
 &= \text{Rp } 6.638,441 \text{ jt}
 \end{aligned}$$

seperti alternatif 1, berarti kontraktor harus mengembalikan pinjaman sebesar Rp 6.638,441 jt.

Jika kemudian uang pinjaman tersebut didepositokan dan dapat diambil sesuai dengan kebutuhan proyek tiap bulannya menurut *schedule latest start*, kontraktor bisa mendapatkan dari bunga deposito sebesar :

bulan ke-1 : pinjaman Rp 1.867 jt dikurangi kebutuhan proyek sebesar Rp 10 jt sehingga sisa modal Rp 1.857 jt.

bulan ke-2 : deposito Rp 1.827 jt selama 1 bulan akan mendapat bunga

$$F = \text{Rp } 1.857 \text{ jt } (1+0,01)^1$$

$$= \text{Rp } 1.875,5 \text{ jt}$$

deposito Rp 1.875,5 jt kemudian dikurangi dengan kebutuhan proyek pada bulan ke-2 sebesar Rp 10 jt, sehingga deposito yang tersisa Rp 1.865,57 jt.

bulan ke-3 : jumlah deposito menjadi

$$F = \text{Rp } 1.865,57 \text{ jt } (1+0.01)^1$$

$$= \text{Rp } 1.884,23 \text{ jt}$$

kemudian dikurangi oleh kebutuhan proyek pada bulan ke-3 sebesar Rp 10 jt, sehingga jumlah deposito tersisa Rp 1.874,97 jt.

demikian seterusnya hingga masuk bulan ke-26.

Pada bulan ke-26 deposito yang tersisa adalah Rp 313,210 jt, ini merupakan keuntungan kontraktor jika pinjaman dari bank didepositokan kembali, sehingga kewajiban kontraktor membayar pinjaman berkurang sebesar Rp 313,210 jt. Kontraktor hanya perlu mengembalikan pinjaman sebesar Rp 6.628,441 jt dikurangi Rp 313,210 jt.

Jadi pinjaman yang harus dikembalikan kontraktor adalah sebesar Rp 6.325,231 jt.

Alternatif 4

Semua aktivitas proyek dilaksanakan berdasarkan *earliest start* (tabel 3.2). Peminjaman oleh pihak bank dilakukan setiap bulan sesuai kebutuhan kontraktor.



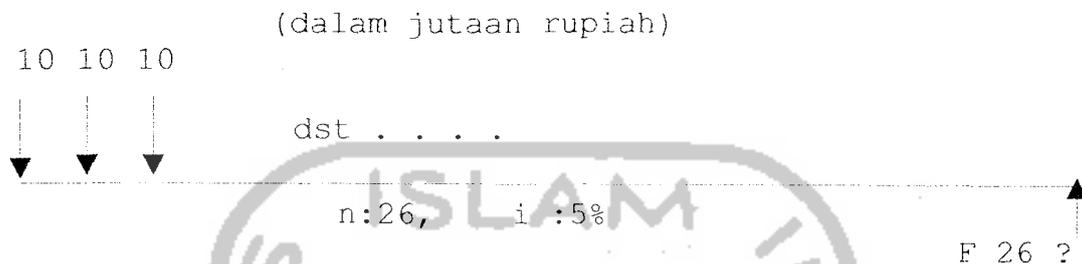
Gambar 3.24 Bagan alir pinjaman dan pengembalian berdasarkan ES

$$\begin{aligned}
 F26 &= 4jt(1+0,05)^{26} + 106jt(1+0,05)^{25} + 103jt[(1+0,05)^{24} + \\
 & (1+0,05)^{23}] + 105jt(1+0,05)^{22} + 90jt(1+0,05)^{21} + \\
 & 82jt(1+0,05)^{20} + 182jt(1+0,05)^{19} + 112jt[(1+0,05)^{18} + \\
 & (1+0,05)^{17}] + 100jt[(1+0,05)^{16} + (1+0,05)^{15} + (1+0,05)^{14} + \\
 & (1+0,05)^{13} + (1+0,05)^{12}] + 107jt[(1+0,05)^{11} + \\
 & 89jt(1+0,05)^{10} + 19jt((1+0,05)^9 + (1+0,05)^8 + (1+0,05)^7 + \\
 & (1+0,05)^6] + 12jt[(1+0,05)^5 + (1+0,05)^4 + (1+0,05)^3 + \\
 & (1+0,05)^2 + (1+0,05)] \\
 & = 4.381 \text{ jt}
 \end{aligned}$$

Jadi pengembalian modal yang harus dibayar kontraktor pada bulan ke-26 adalah Rp 4.381.000.000,00

Alternatif 5

Semua aktivitas proyek berdasarkan *latest start* (tabel 3.3). Pinjaman dari pihak bank dilakukan setiap bulan sesuai kebutuhan proyek.



Gambar 3.25 Bagan alir pinjaman dan pengembalian berdasarkan LS

$$\begin{aligned}
 F_{26} &= 10 \text{jt} \left((1+0,05)^{26} + (1+0,05)^{25} + (1+0,05)^{24} + (1+0,05)^{23} + \right. \\
 &\quad \left. (1+0,05)^{22} + (1+0,05)^{21} + (1+0,05)^{20} \right) + 80 \text{jt} (1+0,05)^{19} + \\
 &\quad 70 \text{jt} \left((1+0,05)^{18} + (1+0,05)^{17} + (1+0,05)^{16} \right) + \\
 &\quad 127 \text{jt} (1+0,05)^{15} + 130 \text{jt} \left((1+0,05)^{14} + (1+0,05)^{13} \right) + \\
 &\quad 197 \text{jt} (1+0,05)^{12} + 119 \text{jt} (1+0,05)^{11} + 190 \text{jt} (1+0,05)^{10} + \\
 &\quad 118 \text{jt} \left((1+0,05)^9 + (1+0,05)^8 \right) + 124 \text{jt} (1+0,05)^7 + \\
 &\quad 24 \text{jt} (1+0,05)^6 + 30 \text{jt} \left((1+0,05)^5 + (1+0,05)^4 + (1+0,05)^3 + \right. \\
 &\quad \left. (1+0,05)^2 + (1+0,05)^1 \right) \\
 &= 3.408,16 \text{ jt}
 \end{aligned}$$

Jadi pengembalian modal pinjaman yang harus dibayarkan diakhir peminjaman adalah sebesar Rp 3.408,160 jt.

3.9.2 Analisis Pengembalian Hutang

Dari hasil hitungan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pada alternatif ke-2, pinjaman dari bank didepositokan dan dapat diambil untuk kebutuhan proyek berdasarkan *time schedule* normal (*earliest start*), akan menghemat dana proyek sebesar 3,07 %.

Pengambilan dana deposito yang dilakukan sesuai kebutuhan berdasarkan *time schedule latest start*, ternyata kontraktor dapat menghemat 4,72 % (alternatif ke-3).

Jika pinjaman sejumlah total biaya pelaksanaan tidak dilakukan diawal proyek, namun secara bertahap sesuai kebutuhan proyek berdasarkan *time schedule* proyek normal (*earliest start*), ternyata kontraktor dapat menghemat sebesar 34% (alternatif ke-4).

Jika pinjaman oleh kontraktor dilakukan sesudah pemanfaatan *float* atau dengan penggeseran tenggang waktu (*latest start*), ternyata kontraktor dapat menghemat sebesar 48,6% (alternatif ke-5).