

OPTIMASI WAKTU PENYELESAIAN PEMBANGUNAN
CAMPUS CENTRE AND STUDENT ADVISORY CENTRE
DENGAN MENGGUNAKAN
TEKNIK ANALISA JARINGAN PERTJICDM

S K R I P S I



Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Program Sarjana Sains
Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Abstrak
Media
Pembelian
: Igl, 03 Jun 2003
No. Indus. SRS.

S
Klass
S19.2
HAR
0
C.1

Oleh :

Indriastutie Setia Hariwardani
NIM : 991810101032

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2003

MOTTO



“Tiadalah suatu kebahagiaan bagi orang yang keluar dari rumahnya untuk menuntut ilmu selain ALLAH SWT, akan memudahkan jalan ke surga.”

(HR. Thabrani dari Aisyah)



“ Sesungguhnya perkara itu apabila terkunci jalannya, maka sabar itu dapat membuka segala perkara yang terkunci, dan janganlah serputus asa sekalipun lama mencapai tuntutan, Jika engkau meminta pertolongan dengan sabar maka engkau akan melihat kelapangan ”

(Periyair)

Persembahan

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang penulis mempersembahkan Skripsi ini pada :

- ♣ Ibunda Endang Dwi Hariningsih, Ayahanda tercinta Bambang Soenaryo (setiap doa, pengorbanan, dukungan dan kasih sayangnya).
- ♣ Adikku Dedi Wahyu Setiawan (doa dan semangatnya).
- ♣ Seluruh keluargaku di Malang dan Blitar.
- ♣ Keluarga di Lumajang (Mas Toriq doa, dorongan dan kesetiaannya).
- ♣ Almamater dan Kemajuan Ilmu Pengetahuan.

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja/penelitian mulai bulan Januari 2003 sampai dengan bulan Mei 2003 di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Mei 2003

Indriastutie Setia Hariwardanie

ABSTRAK

Optimasi Waktu Penyelesaian Pembangunan *Campus Centre and Student Advisory Centre* dengan Menggunakan Teknik Analisa Jaringan *PERT/CPM*, Indriastutie Setia Hariwardanie, 991810101032, Skripsi, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Manajemen proyek telah dikembangkan sebagai satu bidang baru dengan dikembangkannya dua teknik analisis untuk perencanaan, penjadualan dan pengendalian proyek. Dua teknik analisis proyek tersebut adalah: "*PERT (Project Evaluation and Review Technique)*" atau Teknik Pengevaluasian dan Pengkajian Proyek dan "*CPM (Critical Path Method)*" atau Metode Garis Edar Kritis. Teknik *PERT/CPM* pada dasarnya sama yakni merupakan teknik serangkaian kegiatan, dimana suatu kegiatan tidak akan terjadi apabila kegiatan sebelumnya belum berakhir kecuali kegiatan tersebut dapat dilakukan dalam waktu yang bersamaan. Teknik *PERT* menggunakan teknik probabilitas artinya dalam teknik tersebut mempunyai 3 asumsi perkiraan waktu dalam setiap kejadian, sedang *CPM* menggunakan teknik non probabilitas (deterministik). Permasalahan yang dikaji dalam skripsi ini adalah untuk mengetahui dugaan waktu penyelesaian pembangunan *Campus Centre and Student Advisory Centre* dengan menggunakan teknik analisa jaringan *PERT/CPM* yang diimplementasikan dalam program *Microsoft Excel*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa langkah-langkah untuk mengetahui dugaan waktu penyelesaian pembangunan *Campus Centre and Student Advisory Centre* adalah: pertama menghitung rata-rata dan variansi waktu *PERT* pada masing-masing aktivitas. Kedua adalah menentukan lintasan kritis. Ketiga adalah menghitung probabilitas waktu penyelesaian proyek, selanjutnya ketiga langkah tersebut diimplementasikan dalam program *Microsoft Excel*.

Kata Kunci : Jaringan *PERT/CPM*, rata-rata dan variansi *PERT*, lintasan kritis.

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari : SABTU
Tanggal : 31 MAY 2003
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji,

Ketua

(Dosen Pembimbing Utama)



Agustina Pradjaningsih, S.Si, M.Si
NIP. 132 257 933


Sekretaris

(Dosen Pembimbing Anggota)



Kristiana Wijaya, S.Si, M.Si
NIP. 132 258 180

Anggota I



Mohamat Fatekurohman, S.Si, M.Si
NIP. 132 210 538

Anggota II




Kosala Dwidja Purnomo, S.Si
NIP. 132 206 019

Mengesahkan,

Dekan FMIPA Univ. Jember




Ir. Sumadi, MS
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena penulis telah diberikan kesempatan dan kekuatan untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul **'Optimasi Waktu Penyelesaian Pembangunan *Campus Centre and Student Advisory Centre* dengan Menggunakan Teknik Analisa Jaringan PERT/CPM'**.

Penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, yaitu kepada yang terhormat:

1. Bapak Ir. Sumadi, MS selaku Dekan FMIPA Universitas Jember.
2. Bapak Drs. Kusno, DEA, Ph.D selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember .
3. Ibu Agustina Pradjaningsih S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan serta saran.
4. Ibu Kristiana Wijaya, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan dan arahan.
5. Bapak Kosala Dwidja Purnomo, S.Si dan Bapak Mohamat Fatekurohman, S.Si, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik serta masukan.
6. Pimpinan dan Staf Karyawan JUBC (*Jember University Business Centre*) dan YPUJ (Yayasan Pengembangan Universitas Jember) yang telah membantu memberikan data bagi penulis
7. Teman-teman seperjuangan Matematika '99
8. Semua pihak yang dengan sukarela membantu penulis

Saran serta kritik yang sifatnya membangun dari pembaca, sangat penulis harapkan sehingga dapat memberi kontribusi berarti bagi kemajuan ilmu pengetahuan khususnya bidang Riset Operasi.

Jember, Mei 2003

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN MOTTO	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN DEKLARASI.....	iv
ABSTRAK	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Konsep Dasar <i>PERT (Project and Review Technique/</i> <i>Teknik Pengevaluasian dan Pengkajian Proyek)</i>	3
2.2 Konsep Dasar <i>CPM</i>	8
2.2.1 Perhitungan Waktu <i>CPM</i>	9
2.2.2 Waktu Kelembaman	12
2.3 Simbol yang digunakan	12
2.4 Lintasan Kritis	14
2.5 Implementasi <i>PERT/CPM</i> dalam <i>Spreadsheet Program</i> <i>Microsoft Excel</i>	16

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1	Gambaran Umum Pembangunan <i>Campus Centre and Student Advisory Centre</i>	17
3.2	Rencana Proyek Pembangunan <i>Campus Centre and Student Advisory Centre</i>	18
3.3	Diagram Jaringan Kerja Proyek Pembangunan <i>Campus Centre and Student Advisory Centre</i>	18
3.4	Perhitungan Waktu Rata-rata dan Variansi <i>PERT</i>	23
3.5	Menentukan Jalur Kritis	32
3.5.1	Perhitungan Jalur Kritis dengan Metode <i>CPM</i> (Perhitungan Biasa)	32
3.5.2	Menentukan Jalur Kritis dengan Lintasan Terpanjang	46
3.5.3	Perhitungan Jalur Kritis dengan Metode <i>CPM</i> (Perhitungan dengan Program <i>Microsoft Excel</i>)	54
3.6	Probabilitas Waktu Penyelesaian Proyek	60

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

4.1	Kesimpulan	65
4.2	Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva distribusi asimetris (beta) dengan a , m dan b	4
Gambar 2.2	Waktu aktivitas <i>PERT</i> distribusi beta.	6
Gambar 2.3	Perbedaan penyajian penggambaran jaringan kerja <i>PERT</i> dan <i>CPM</i>	9
Gambar 2.4	Gambar cara penulisan nama kegiatan dan waktu kegiatan.	12
Gambar 2.5	Contoh penggunaan <i>grammatical dummy</i>	13
Gambar 2.6	Contoh penggunaan <i>logical dummy</i>	13
Gambar 2.7	Bentuk diagram jaringan yang salah.	14
Gambar 2.8	Contoh diagram jaringan kerja.	15
Gambar 2.9	Contoh diagram jaringan kerja dengan lintasan kritis ditunjukkan oleh arah panah tebal.	15
Gambar 3.1	Diagram jaringan kerja proyek pembangunan <i>Campus Centre and Student Advisory Centre</i>	22
Gambar 3.2	Tampilan spreadsheet program <i>Microsoft Excel</i> perhitungan rata-rata dan variansi estimasi waktu <i>PERT</i>	27
Gambar 3.3	Rata-rata dan variansi estimasi waktu aktivitas <i>PERT</i>	31
Gambar 3.4	Nilai <i>EST</i> dan <i>EFT</i> untuk masing-masing aktivitas.	37
Gambar 3.5	Nilai <i>LST</i> dan <i>LFT</i> untuk masing-masing aktivitas.	44
Gambar 3.6	Tampilan matriks <i>adjacent</i> dalam <i>spreadsheet</i>	54
Gambar 3.7	Perhitungan <i>EST</i> dan <i>EFT</i> dalam <i>spreadsheet</i>	55
Gambar 3.8	Perhitungan <i>LST</i> dan <i>LFT</i> dalam <i>spreadsheet</i>	56
Gambar 3.9	Perhitungan lintasan kritis.	57
Gambar 3.10	Diagram jaringan kerja proyek pembangunan <i>Campus Centre and Student Advisory Centre</i> dengan lintasan kritis ditunjukkan oleh arah panah tebal.	59
Gambar 3.11	Probabilitas penyelesaian proyek dengan target waktu penyelesaian 320 hari.	63
Gambar 3.12	Perhitungan probabilitas penyelesaian proyek dengan menggunakan program <i>Microsoft Excel</i>	64

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Gambar maket bangunan *Campus Centre and Student Advisory Centre*.
- Lampiran 2** Matriks *adjacent*.
- Lampiran 3** Hasil perhitungan *EST* dan *EFT* dengan menggunakan program *Microsof Excel*.
- Lampiran 4** Hasil perhitungan *LST* dan *LFT* dengan menggunakan program *Microsof Excel*.
- Lampiran 5** Hasil perhitungan probabilitas waktu penyelesaian proyek pembangunan *Campus Centre and Student Advisory Centre*.
- Lampiran 6** Tabel probabilitas distribusi normal.

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Rencana waktu pembangunan <i>Campus Centre and Student Advisory Centre</i>	19
Tabel 3.2	Rata-rata dan variansi <i>PERT</i>	24
Tabel 3.3	Rata-rata dan variansi <i>PERT</i> yang perhitungannya dengan menggunakan program <i>Microsoft Excel</i>	28
Tabel 3.4	Perhitungan waktu tercepat dan waktu terlama.	42
Tabel 3.5	Waktu kelembaman aktivitas.	45
Tabel 3.6	Rata-rata dan variansi kegiatan kritis.	61

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	
3.1	Gambaran Umum Pembangunan <i>Campus Centre and Student Advisory Centre</i> 17
3.2	Rencana Proyek Pembangunan <i>Campus Centre and Student Advisory Centre</i> 18
3.3	Diagram Jaringan Kerja Proyek Pembangunan <i>Campus Centre and Student Advisory Centre</i> 18
3.4	Perhitungan Waktu Rata-rata dan Variansi <i>PERT</i> 23
3.5	Menentukan Jalur Kritis 32
3.5.1	Perhitungan Jalur Kritis dengan Metode <i>CPM</i> (Perhitungan Biasa) 32
3.5.2	Menentukan Jalur Kritis dengan Lintasan Terpanjang 46
3.5.3	Perhitungan Jalur Kritis dengan Metode <i>CPM</i> (Perhitungan dengan Program <i>Microsoft Excel</i>) 54
3.6	Probabilitas Waktu Penyelesaian Proyek 60
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
4.1	Kesimpulan 65
4.2	Saran..... 65
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pengelolaan sebuah proyek yang berskala besar, perencanaan, penjadualan dan koordinasi adalah suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan. Dengan demikian untuk menyelesaikan hal tersebut di atas telah dikembangkan sebuah prosedur yang didasarkan pada penggunaan jaringan kerja sejak akhir tahun 50-an.

Manajemen proyek telah dikembangkan sebagai satu bidang baru dengan dikembangkannya dua teknik analisis untuk perencanaan, penjadualan dan pengendalian proyek. Dua teknik analisis proyek tersebut adalah: "*PERT (Project Evaluation and Review Technique)*" atau Teknik Pengevaluasian dan Pengkajian Proyek dan "*CPM (Critical Path Method)*" atau Metode Garis Edar Kritis. Kedua teknik ini dikembangkan oleh dua kelompok yang berbeda dalam waktu yang hampir bersamaan (1956 – 1958). *PERT* dikembangkan untuk Angkatan Laut Amerika Serikat oleh sebuah perusahaan konsultan untuk penjadualan kegiatan-kegiatan penelitian dan pengembangan program misil Polaris, sedang *CPM* pertama kali dikembangkan oleh E. I. du Pont de Nemours and Company sebagai aplikasi untuk proyek-proyek konstruksi dan kemudian diperluas oleh Mauchly Associates. Teknik *PERT/CPM* pada dasarnya sama yakni merupakan teknik serangkaian kegiatan, yakni suatu kegiatan tidak akan terjadi apabila kegiatan sebelumnya belum berakhir kecuali kegiatan tersebut dapat dilakukan dalam waktu yang bersamaan. Teknik *PERT* menggunakan teknik probabilitas artinya dalam teknik tersebut mempunyai 3 asumsi perkiraan waktu dalam setiap kejadian, sedang *CPM* menggunakan teknik non probabilitas (deterministik).

Sering dijumpai waktu, biaya dan tenaga merupakan kebutuhan yang diperlukan dalam menyelesaikan sebuah proyek. Ketiga kebutuhan tersebut diharapkan seminimum mungkin dengan hasil semaksimum mungkin. Dengan demikian untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dapat digunakan teknik *PERT/CPM*.

Karena itu penulis tertarik untuk membahas mengenai dugaan waktu yang digunakan dalam menyelesaikan sebuah proyek berskala besar dengan contoh studi kasus pembangunan *Campus Centre and Student Advisory Centre* di *Universitas Jember* dengan menggunakan teknik *PERT/CPM* yang diimplementasikan dalam *spreadsheet*.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dicari solusinya adalah menentukan dugaan waktu yang diperlukan dalam menyelesaikan sebuah proyek berskala besar. Seperti pada pembangunan *Campus Centre and Student Advisory Centre* di *Universitas Jember* dengan menggunakan teknik *PERT/CPM* yang diimplementasikan dalam *spreadsheet* program *Microsoft Excel*.

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui (dugaan) waktu yang digunakan dalam menyelesaikan proyek pembangunan *Campus Centre and Student Advisory Centre* di *Universitas Jember* dengan menggunakan teknik *PERT/CPM* yang diimplementasikan dalam *spreadsheet* program *Microsoft Excel*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penggunaan teknik *PERT/CPM* dalam perencanaan dan penjadualan proyek, khususnya yang diimplementasikan dalam *spreadsheet* program *Microsoft Excel* adalah untuk memberikan kemudahan perhitungan (dugaan) penyelesaian proyek, sehingga perusahaan akan dapat memulai proses/proyek kembali, dari awal sesuai dengan waktu yang dijadualkan.



2.1 Konsep Dasar *PERT* (*Project Evaluation and Review Technique*/Teknik Pengevaluasian dan Pengkajian Proyek)

Aplikasi sistem jenis *PERT* pada awalnya digunakan untuk mengevaluasi penjadualan bagi program penelitian dan pengembangan. Prosedur ini juga digunakan untuk mengukur dan mengendalikan kemajuan pada sejumlah proyek khusus untuk jenis-jenis lainnya. Sistem *PERT* dirancang untuk membantu dalam perencanaan dan pengendalian sehingga mungkin tidak melibatkan optimasi secara langsung. Tujuan dari *PERT* adalah untuk menentukan peluang suatu pertemuan memenuhi batas akhir yang ditetapkan (suatu kegiatan ke-*i* sampai kegiatan terakhir), untuk mengidentifikasi kegiatan-kegiatan yang biasanya terhambat sehingga harus diadakan suatu usaha untuk tetap sesuai dengan jadwal, dan untuk mengevaluasi pengaruh perubahan dalam program. (Hillier dan Lieberman, dalam Gunawan dan Mulia, 1994:371) [2]

Perkiraan Waktu *PERT*

Dalam jaringan *PERT*, diasumsikan bahwa waktu aktivitas dapat digambarkan oleh distribusi beta. *PERT* menggunakan 3 perkiraan waktu untuk masing-masing aktivitas, yang akan memungkinkan untuk melakukan estimasi terhadap rata-rata dan variansi dari distribusi beta waktu aktivitas proyek yaitu :

1. Waktu yang paling sering terjadi/*most likely time* (*m*) adalah lamanya waktu yang paling sering terjadi jika suatu aktivitas diulang beberapa kali atau waktu dugaan yang paling realitis yang dibutuhkan untuk melakukan suatu kegiatan. Dalam statistik waktu yang paling sering terjadi merupakan dugaan modus (nilai tertinggi) dari sebaran peluangnya.
2. Waktu optimis/*optimistic time* (*a*) adalah waktu terpendek kejadian yang mungkin dari suatu aktivitas dapat diselesaikan jika segalanya berjalan dengan baik atau waktu yang sepertinya tidak dapat terjadi tetapi mungkin terjadi

apabila semua hal berlangsung dengan lancar. Secara statistik, waktu optimis merupakan dugaan bagi batas bawah dari sebaran peluangnya.

3. Waktu pesimis/*pessimistic time* (b) adalah waktu terpanjang kejadian dalam kondisi yang tidak menguntungkan, kecuali disebabkan oleh alam, yang dibutuhkan oleh suatu aktivitas untuk dapat selesai, dengan mengasumsikan bahwa segalanya tidak berjalan dengan baik. Secara statistik, waktu pesimis merupakan batas atas dari sebaran peluangnya.

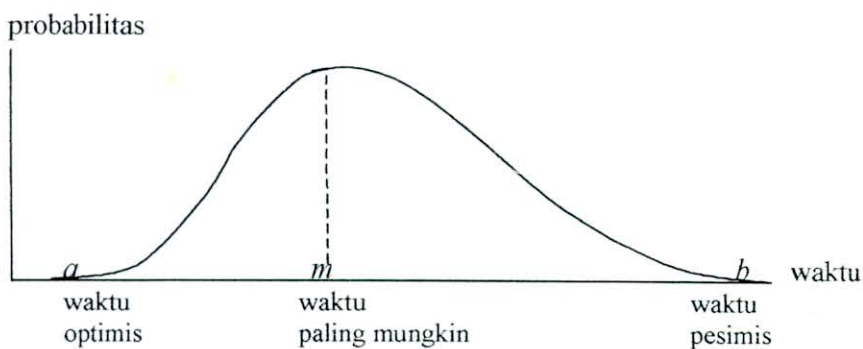
Dalam buku "*Quantitative Methods (Applications to Managerial Decision Making)*" oleh Robert E. Markland dan James R. Sweigart disebutkan bahwa:

"After considerable research into the relationship between these three estimates, the original research team decided that the beta distribution seemed to fit their general properties. This distributions was chosen because it is the only unimodal distribution restricted to a closed interval with a modal value that can be any value in that interval."

Pernyataan tersebut merupakan alasan yang tepat tentang asumsi distribusi beta sebagai penggambaran waktu aktivitas *PERT*.

Kurva distribusi dan variabel a , b dan m

Dari kurva distribusi dapat dijelaskan arti dari a , b dan m . Kurun waktu yang menghasilkan puncak kurva adalah m , sedangkan angka a dan b terletak (hampir) di ujung kiri dan kanan dari kurva distribusi, yang menandai batas lebar rentang waktu kegiatan, artinya kurva yang dibentuk terletak pada interval tertutup. Kurva distribusi kegiatan pada umumnya berbentuk asimetris dan disebut *kurva beta* seperti diperlihatkan oleh Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva distribusi asimetris (beta) dengan a , m dan b

Kurva distribusi dan kurun waktu yang diharapkan (t)

Selanjutnya untuk menentukan t atau rata-rata (kurun waktu yang diharapkan/*expected duration time*) diperoleh dari kisaran waktu yang dinyatakan oleh estimasi waktu optimis dan pesimis. Dimana estimasi waktu optimis dan pesimis, dipandang harus mencakup setiap estimasi waktu kegiatan yang mungkin. Estimasi yang paling mungkin m tidak perlu bersesuaian dengan titik tengah $(a+b)/2$ dan dapat terjadi di sisi kiri atau kanan dari titik itu. Karena sifat-sifat ini, secara intuitif dapat dibenarkan yaitu waktu setiap kegiatan dapat mengikuti distribusi beta dengan titik unimodalnya terjadi di m dan titik-titik akhirnya di a dan b . Titik tengah $(a+b)/2$ diasumsikan memiliki bobot setengah dari titik yang paling mungkin m . Jadi t adalah rata-rata aritmatika dari $(a+b)/2$ dan $2m$, yaitu t atau rata-rata (waktu yang diharapkan)

$$t = \frac{(a+b)/2 + 2m}{3}$$

$$t = \frac{a + 4m + b}{6} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

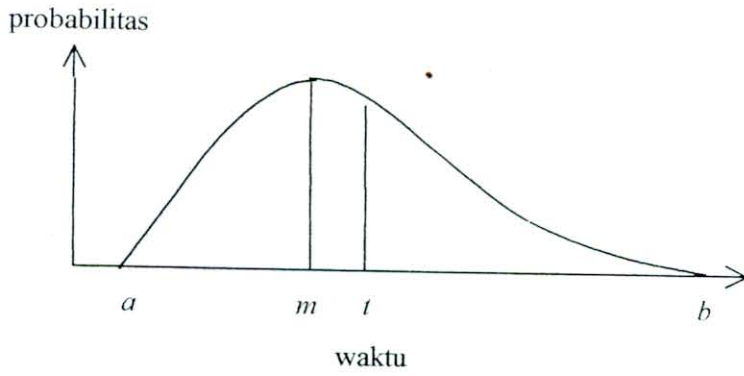
a = estimasi waktu optimis,

m = estimasi waktu yang paling sering terjadi,

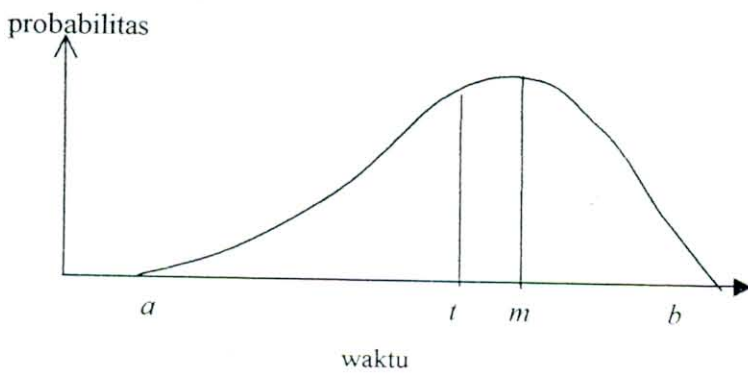
b = estimasi waktu pesimis.

(Hamdy A Taha, 1997:89) [6]

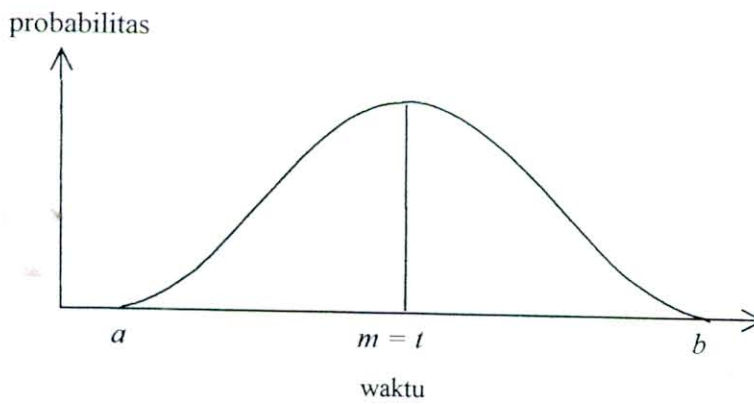
Gambar 2.2 menunjukkan waktu aktivitas *PERT* yang digambarkan oleh distribusi beta.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.2 Waktu aktivitas *PERT* distribusi beta.

Standar Deviasi dan variansi

Estimasi kurun waktu kegiatan metode *PERT* memakai rentang waktu dan bukan satu kurun waktu yang relatif mudah dibayangkan. Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Berapa besarnya ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk a dan b . Perbedaan antara waktu a dan b menggambarkan jarak dari ujung ekstrim sebelah kiri ke ujung ekstrim sebelah kanan pada distribusi waktu kegiatan. Jaraknya ± 3 standar deviasi, nilai ekstrim dari sekian banyak sebaran peluang (seperti halnya sebaran normal) diperkirakan jatuh pada daerah sekitar tiga kali standar deviasi dari nilai tengahnya, sehingga akan terdapat rentang sekitar enam kali standar deviasi antara kedua nilai ekstrim sebarannya. Dengan demikian variansi dari waktu yang dibutuhkan oleh suatu kegiatan adalah:

$$\text{variansi } (v) = \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan :

a = estimasi waktu optimis,

m = estimasi waktu yang paling sering terjadi,

b = estimasi waktu pesimis.

(Hamdy A Taha, 1997:89) [6]

Dalam buku "*Riset Operasi*" oleh Hamdy A.Taha di sebutkan bahwa:

Keabsahan asumsi distribusi beta telah ditantang. Ekspresi untuk t dan v yang telah dikembangkan tersebut tidak dapat dipenuhi untuk distribusi beta, kecuali terdapat hubungan tertentu antara a , m dan b . (Lihat F. Grubbs, "Attempts to Validate Certain PERT Statistics or Picking on PERT " Operations Research, Vol 10, 1962, hal 912-915).

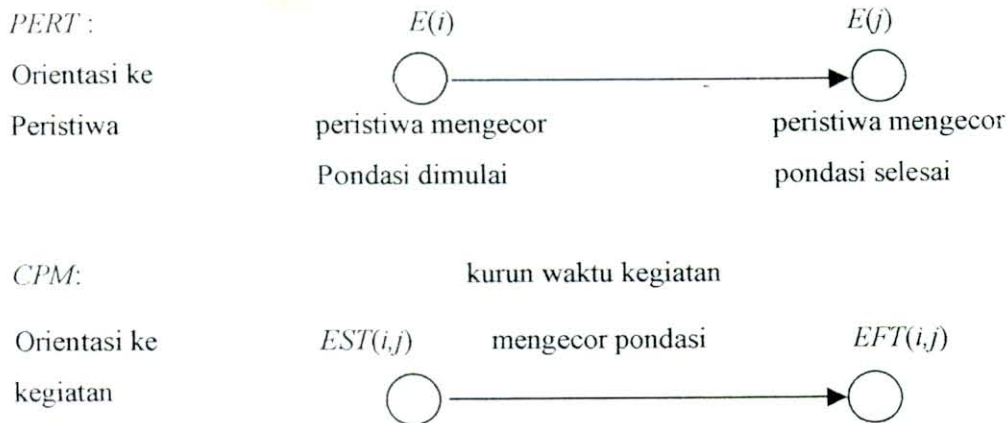
Tetapi ekspresi untuk t dan v didasari oleh argumen intuitif tanpa bergantung pada asumsi distribusi beta semula. Lebih lanjut akan diperlihatkan bahwa analisa jaringan didasari oleh teorema limit pusat, yang mengasumsikan normalitas tanpa bergantung pada distribusi induk dari kegiatan-kegiatan individual. Dalam kaitan ini, apakah distribusi sebenarnya bersifat beta atau tidak tampaknya tidak penting. Tetapi, pernyataan tentang apakah t dan v merupakan ukuran sebenarnya dari distribusi induk (yang tidak diketahui) tetap tidak terjawab.

PERT digunakan pada proyek yang tafsiran waktu kegiatannya tidak bisa dipastikan, misalnya kegiatan tersebut belum pernah dilakukan atau memiliki variasi waktu yang besar. *PERT* menganggap proyek terdiri dari peristiwa-peristiwa yang susul-menyusul. Dengan kata lain *PERT* berorientasikan peristiwa (*events oriented*) dan berdasarkan pada statistik, yang memungkinkan adanya ketidakpastian, misalnya untuk mengukur probabilitas selesainya suatu proyek pada waktu yang telah ditentukan. Cara penggambaran diagram jaringan kerja *PERT* menggunakan pendekatan *activity on node (AON)* yang menggunakan lingkaran (*node*) sebagai simbol kegiatan.

2.2 Konsep Dasar CPM (*Critical Path Method / Metode Jalur Kritis*)

CPM adalah suatu deretan kegiatan kritis yang menentukan jangka waktu penyelesaian bagi keseluruhan proyek. Suatu kegiatan disebut kritis (*critica activity*) kalau suatu penundaan/penangguhan dimulainya kegiatan tersebut akan mengakibatkan tertundanya waktu penyelesaian seluruh proyek. Sebaliknya suatu kegiatan dikatakan tidak kritis/non kritis (*non critica activity*) jika suatu penundaan/penangguhan dimulainya kegiatan tersebut tidak mengakibatkan tertundanya waktu penyelesaian seluruh proyek, sebab kegiatan tidak kritis mempunyai waktu yang mengambang (*slack or float time*) sehingga tidak mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa jalur kritis merupakan rantai kegiatan kritis yang menghubungkan titik mulainya kegiatan dan titik akhirnya kegiatan dalam diagram anak panah atau suatu jalur yang terdiri dari kegiatan-kegiatan kritis. *CPM* menggunakan satu jenis waktu untuk taksiran waktu kegiatan, yakni dengan mengasumsikan bahwa waktu kegiatan adalah “deterministik” (yaitu waktu kegiatan dapat diduga secara terpercaya tanpa ketidakpastian), *CPM* digunakan apabila taksiran waktu pengerjaan setiap kegiatan dapat diketahui dengan baik, dan penyimpangannya relatif kecil atau dapat diabaikan. *CPM* juga menganggap proyek terdiri dari kegiatan-kegiatan yang membentuk satu atau beberapa lintasan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *CPM* berorientasikan kegiatan (*activities oriented*), dan cara penggambaran diagram jaringan kerjanya menggunakan pendekatan *activity on arrow (AOA)* yang

menggunakan anak panah sebagai representasi dari kegiatan. Pada Gambar 2.3 dijelaskan contoh perbedaan penyajian penggambaran jaringan kerja *PERT* dan *CPM*.



Gambar 2.3 Perbedaan penyajian penggambaran jaringan kerja *PERT* dan *CPM*

dengan:

- $E(i)$ = waktu dimulainya suatu kegiatan ke- i ,
- $E(j)$ = waktu selesainya suatu kegiatan ke- i ,
- $EST(i,j)$ = waktu paling awal dimulainya suatu kegiatan,
- $EFT(i,j)$ = waktu paling awal selesainya suatu kegiatan.

2.2.1 Perhitungan Waktu *CPM*

Langkah pertama perhitungan waktu penyelesaian proyek adalah pembentukan diagram jaringan kerja proyek dengan aturan umum pembentukan sebuah jaringan proyek yaitu dua lingkaran dapat dihubungkan secara langsung oleh satu buah busur saja. Setelah jaringan kerja proyek dibuat, langkah berikutnya adalah melakukan pendugaan waktu yang dibutuhkan untuk setiap kegiatan. Waktu ini digunakan untuk menghitung dua nilai dasar bagi setiap kejadian, yaitu waktu paling awal (*earliest time*) dan waktu paling lambat (*latest time*).

Waktu paling awal untuk suatu kejadian (sering disebut sebagai waktu tercepat kegiatan) adalah (dugaan) waktu suatu kejadian akan terjadi apabila kegiatan sebelumnya dimulai seawal mungkin. Perhitungan waktu paling awal dilakukan secara maju (*forward pass*) yaitu dimulai dari kegiatan awal (kejadian saat dimulainya proyek) sampai ke kegiatan terakhir (kejadian saat berakhirnya proyek).

Misal kegiatan (i,j) menunjukkan kegiatan yang berlangsung dari kejadian ke- i menuju kejadian ke- j dalam jaringan proyek dan D_{ij} adalah durasi/waktu kegiatan (i,j) . Waktu paling awal kejadian ada dua macam yakni:

1. *earliest activity start time* (EST_j) atau waktu awal dimulainya suatu kegiatan, dan dirumuskan sebagai berikut :

$$EST_j = \max_i \{EST_i + D_{ij}\}, \text{ untuk semua kegiatan } (i,j) \text{ yang direncanakan.}$$

Jika $j = 0$ adalah kejadian “awal”, maka sebagai kesepakatan untuk perhitungan jalur kritis $EST_0 = 0$.

Langkah-langkah perhitungan *earliest activity start time* (EST_j) adalah sebagai berikut:

- Langkah 1: Carilah jalur yang dimulai dari kejadian ke- $j = 0$, sebagai awal perhitungan maju,
 - Langkah 2: Tentukan waktu EST_j dengan menambahkan durasi/waktu kegiatan ke- (i,j) dengan waktu EST_i , lanjutkan ke langkah 4 apabila pada jalur tersebut hanya terdiri dari satu kegiatan ,
 - Langkah 3: Jika pada jalur yang dipilih terdapat lebih dari satu kegiatan maka pilih waktu EST_j yang maksimal,
 - Langkah 4: Ulangi langkah 2 dan langkah 3 sampai pada kegiatan terakhir.
2. *earliest activity finish time* (EFT_i) atau waktu paling awal selesainya suatu kegiatan ialah waktu dari seluruh aktivitas yang berakhir pada simpul/lingkaran kejadian ke- i telah diselesaikan atau waktu yang terdapat pada simpul/lingkaran tersebut teralisasi yang dirumuskan sebagai berikut:

$$EFT_i = EST_i + D_{ij}, \text{ untuk semua kegiatan } (i,j) \text{ yang direncanakan.}$$

Waktu paling lambat untuk suatu kejadian (sering disebut sebagai waktu terlama kejadian) adalah (dugaan) waktu terakhir suatu kejadian yang terjadi tanpa penundaan penyelesaian proyek, diatas waktu paling awalnya. Perhitungan waktu paling lambat dilakukan secara mundur (*backward pass*) yaitu perhitungan dimulai dari kegiatan terakhir (dimana $EFT=LFT$) menuju kegiatan pertama (dimana $EST =$

$LST = 0$). Seperti halnya waktu paling awal, waktu paling lambat kejadian juga terdiri dari dua macam yakni:

1. *latest activity finish time* (LFT_i) atau waktu paling lambat suatu kegiatan harus diselesaikan adalah waktu terlama suatu aktivitas dapat dimulai tanpa menunda penyelesaian keseluruhan proyek di luar waktu garis edar kritis proyek. Tujuan menentukan waktu terlama kejadian adalah untuk melihat berapa lama masing-masing aktivitas dapat ditunda tanpa membuat proyek tersebut lebih dari waktu tercepat. Jika $i = n$ adalah kejadian “akhir” semua kegiatan maka $LFT_n = EFT_n$, mengawali perhitungan mundur, dengan demikian dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$LFT_j = \{LFT_i - D_{ij}\}, \text{ untuk semua kegiatan } (i,j) \text{ yang direncanakan.}$$

Langkah-langkah perhitungan *latest activity finish time* (LFT_j) adalah sebagai berikut:

- Langkah 1: Carilah jalur yang dimulai dari kejadian ke- $i = n$, sebagai awal perhitungan mundur,
 - Langkah 2: Tentukan waktu LFT_j dengan mengurangkan durasi/waktu kegiatan ke- (i,j) dengan waktu LFT_i , lanjutkan ke langkah 4 apabila pada jalur tersebut hanya terdiri dari satu kegiatan,
 - Langkah 3: Jika pada jalur yang dipilih terdapat lebih dari satu kegiatan maka pilih waktu LFT_j yang minimum,
 - Langkah 4: Ulangi langkah 2 dan langkah 3 sampai pada kegiatan terakhir (saat dimulainya kegiatan).
2. *latest activity start time* (LST_i) atau waktu paling lambat suatu kegiatan harus dimulai dan dirumuskan sebagai berikut:

$$LST_i = LFT_i - D_{ij}, \text{ untuk semua kegiatan } (i,j) \text{ yang direncanakan.}$$

Sebagai kesepakatan bahwa waktu tercepat kejadian dan waktu terlama kejadian untuk kegiatan-kegiatan pada jalur kritis adalah sama.

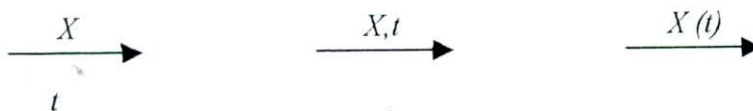
2.2.2 Waktu kelembaman

Kelembaman (slack atau *activity float time*) suatu kejadian adalah perbedaan antara waktu paling lambat dengan waktu paling awal. Kelembaman suatu kejadian ke (i,j) adalah perbedaan antara [waktu terlama untuk kejadian ke- j] dan [waktu tercepat kejadian ke- i ditambah dengan waktu dugaan kegiatan]. Dengan asumsi bahwa semua hal lain berlangsung menurut jadwal, kelembaman suatu kejadian menunjukkan banyaknya penundaan dalam mencapai suatu kejadian yang dapat ditolerir tanpa menunda penyelesaian proyek, dan kelembaman suatu kejadian menunjukkan hal yang sama dalam kasus penyelesaian suatu kegiatan.

2.3 Simbol yang digunakan dalam menggambar diagram jaringan

Untuk dapat membaca dengan baik suatu diagram jaringan kerja perlu dijelaskan pengertian dasar hubungan antar simbol yang ada sebagai berikut :

1. *Busur/anak panah* dari jaringan kerja proyek mewakili suatu kegiatan (*activity*), yaitu tugas yang dibutuhkan oleh proyek. Arah anak panah menunjukkan arah kegiatan atau urutan waktu kegiatan yang akan dicapai, sehingga dapat diketahui kegiatan yang mendahului ataupun kegiatan yang mengikutinya. Berikut ini beberapa cara penulisan nama kegiatan dan waktu yang ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Cara penulisan nama kegiatan dan waktu kegiatan

dengan :

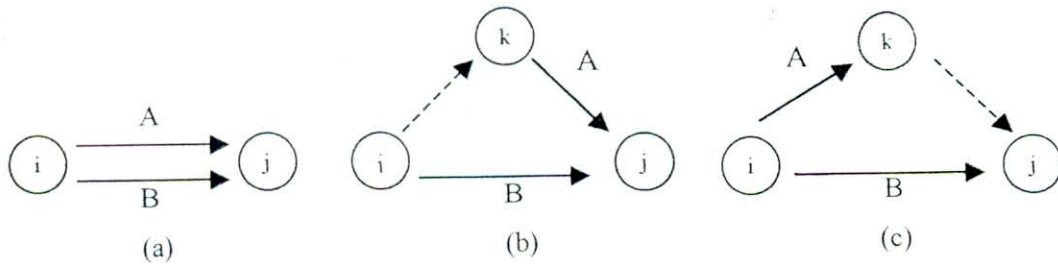
X = nama kegiatan,

t = perkiraan waktu pelaksanaan kegiatan .

2. *Simpul/lingkaran* mewakili kejadian yang didefinisikan sebagai saat seluruh kegiatan yang mengacu pada simpul/lingkaran tersebut telah dilengkapi.
3. *Anak panah terputus-putus (dummy)* menunjukkan suatu kegiatan semu. *Dummy* diperlukan untuk menggambarkan adanya hubungan diantara dua kegiatan.

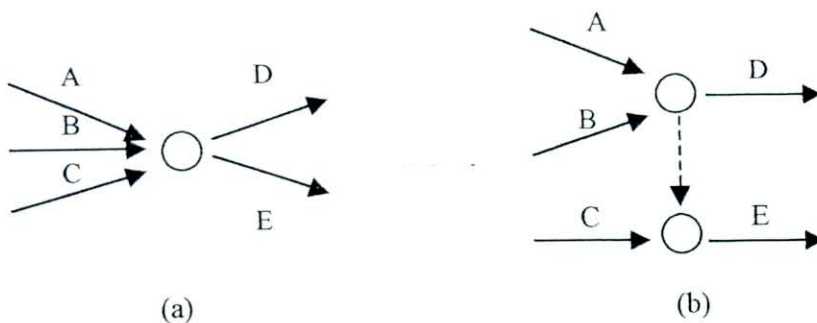
Mengingat *dummy* merupakan kegiatan semu, maka lama kegiatan *dummy* adalah “nol”.

Dummy terdiri dari dua macam, yaitu *grammatical dummy* dan *logical dummy*. *Grammatical dummy* diperlukan untuk menghindari kerancuan penyebutan kegiatan (lebih dari satu) yang berasal dari kejadian yang sama (misal *i*) dan berakhir pada kejadian yang sama pula (misal *j*). Misal A dan B adalah dua kegiatan yang sama-sama berasal dari kejadian ke-*i* dan berakhir pada kejadian ke-*j* yang sama pula, seperti Gambar 2.5a. Keadaan ini akan membingungkan komputer, karena kegiatan tersebut dibaca sebagai kegiatan *ij*. Untuk itu, diperlukan bantuan *dummy*, seperti Gambar 2.5b atau Gambar 2.5c, sehingga jelas dapat dibedakan penyebutan dari masing-masing kegiatan.



Gambar 2.5 Contoh penggunaan *grammatical dummy*

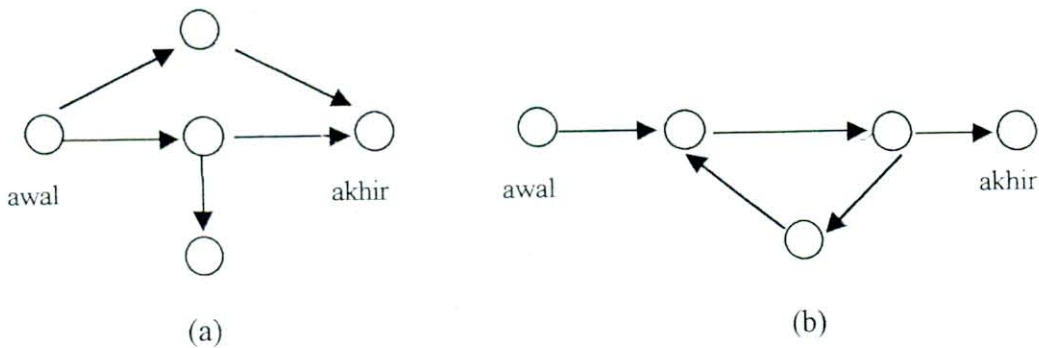
Logical dummy digunakan untuk memperjelas hubungan antar kegiatan. Jika terdapat kegiatan D yang dimulai setelah kegiatan A,B selesai dan kegiatan E dimulai setelah kegiatan A,B dan C selesai, maka dapat digambarkan oleh Gambar 2.6a, namun hubungan ini dapat dibaca bahwa kegiatan D dan E dapat dimulai setelah kegiatan A,B, dan C selesai. Dengan adanya *logical dummy*, maksud dari hubungan antar kegiatannya dapat diperjelas, sehingga dapat ditunjukkan hubungan antar kegiatan tersebut dalam Gambar 2.6b.



Gambar 2.6 Contoh penggunaan *logical dummy*

Suatu diagram jaringan kerja selalu dimulai dengan suatu kejadian (saat dimulainya proyek) dan diakhiri oleh suatu kejadian pula (saat berakhirnya proyek). Oleh karena itu tidak dibenarkan apabila terdapat suatu kegiatan yang mengambang seperti pada Gambar 2.7a.

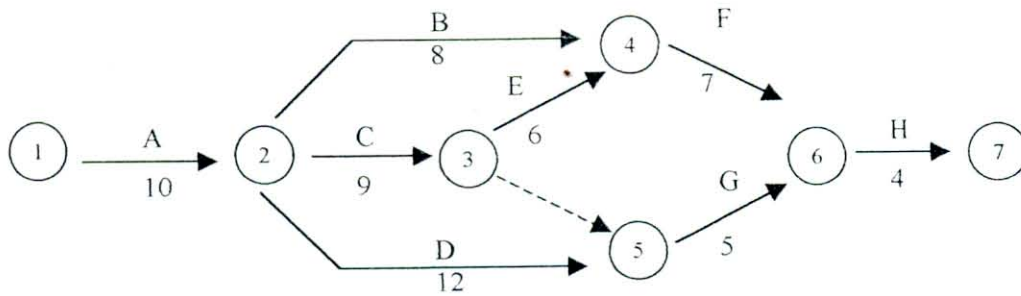
Setiap proyek dapat terdiri dari beberapa lintasan/jalur yang berasal dari peristiwa awal sampai peristiwa akhir. Tidak dibenarkan adanya lintasan membentuk *loop*, yang tidak memiliki akhir yang jelas, seperti Gambar 2.7b.



Gambar 2.7 Bentuk Jaringan kerja yang salah

2.4 Lintasan Kritis

Lintasan Kritis suatu proyek adalah lintasan dalam suatu jaringan kerja sedemikian sehingga kegiatan pada lintasan ini memiliki *kelembaman nol* artinya kegiatan tersebut dimulai tepat pada saat waktu kegiatan paling awal dimulai, agar tidak mengakibatkan bertambahnya waktu penyelesaian proyek. Semua kejadian kegiatan dan kejadian yang memiliki *kelembaman nol* akan terdapat dalam lintasan kritis, tetapi lainnya tidak. Lintasan kritis merupakan lintasan dengan jumlah waktu yang paling lama dibandingkan dengan semua lintasan lain yang mungkin. Berikut diberikan contoh bagaimana mencari lintasan kritis dari diagram jaringan kerja yang ditunjukkan oleh Gambar 2.8.

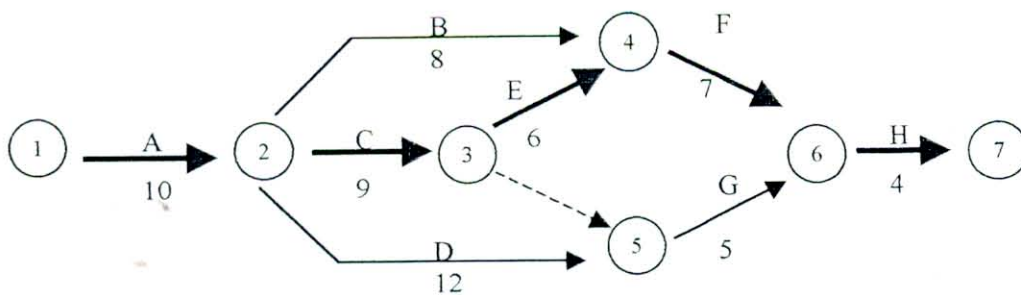


Gambar 2.8 Contoh diagram jaringan kerja

Dari diagram jaringan kerja Gambar 2.8 didapatkan 4 lintasan yakni:

- A - B - F - H = lintasan dengan panjang 29 satuan panjang,
- A - C - E - F - H = lintasan dengan panjang 36 satuan panjang,
- A - C - G - H = lintasan dengan panjang 28 satuan panjang,
- A - D - G - H = lintasan dengan panjang 31 satuan panjang.

Dari lintasan tersebut, lintasan yang terpanjang adalah lintasan kritisnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa lintasan kritis diagram jaringan kerja Gambar 2.8 adalah lintasan A - C - E - F - H yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 oleh arah panah tebal.



Gambar 2.9 Contoh diagram jaringan kerja dengan lintasan kritis ditunjukkan oleh arah panah tebal

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN



4.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dikerjakan pada penulisan skripsi ini diperoleh kesimpulan:

1. Dugaan waktu penyelesaian proyek pembangunan Campus dan Student Advisory Centre (SAC) berkisar antara 320 hari hingga 330 hari.
2. Untuk menentukan dugaan waktu penyelesaian proyek adalah dengan menghitung lintasan kritis, kemudian menghitung rata-rata dan varians proyek yang diinterpretasikan sebagai rata-rata dan variansi distribusi normal, sehingga dugaan waktu penyelesaian proyeknya dapat diketahui.
3. Terdapat hubungan saling keterkaitan antara perhitungan probabilitas penyelesaian proyek secara manual dengan perhitungan probabilitas penyelesaian proyek menggunakan program *Microsoft Excel*. Misalnya pada tahap penyelesaian proyek 99,99% terdapat sedikit perbedaan waktu penyelesaian yaitu untuk perhitungan penyelesaian proyek secara manual dibutuhkan waktu 327 hari sedangkan penyelesaian perhitungan proyek menggunakan program *Microsoft Excel* membutuhkan waktu 329 hari.
4. Penyelesaian dengan menggunakan program *Microsoft Excel* banyak memberikan kemudahan dalam hal pelaporan khususnya untuk data berskala besar.

4.2 Saran

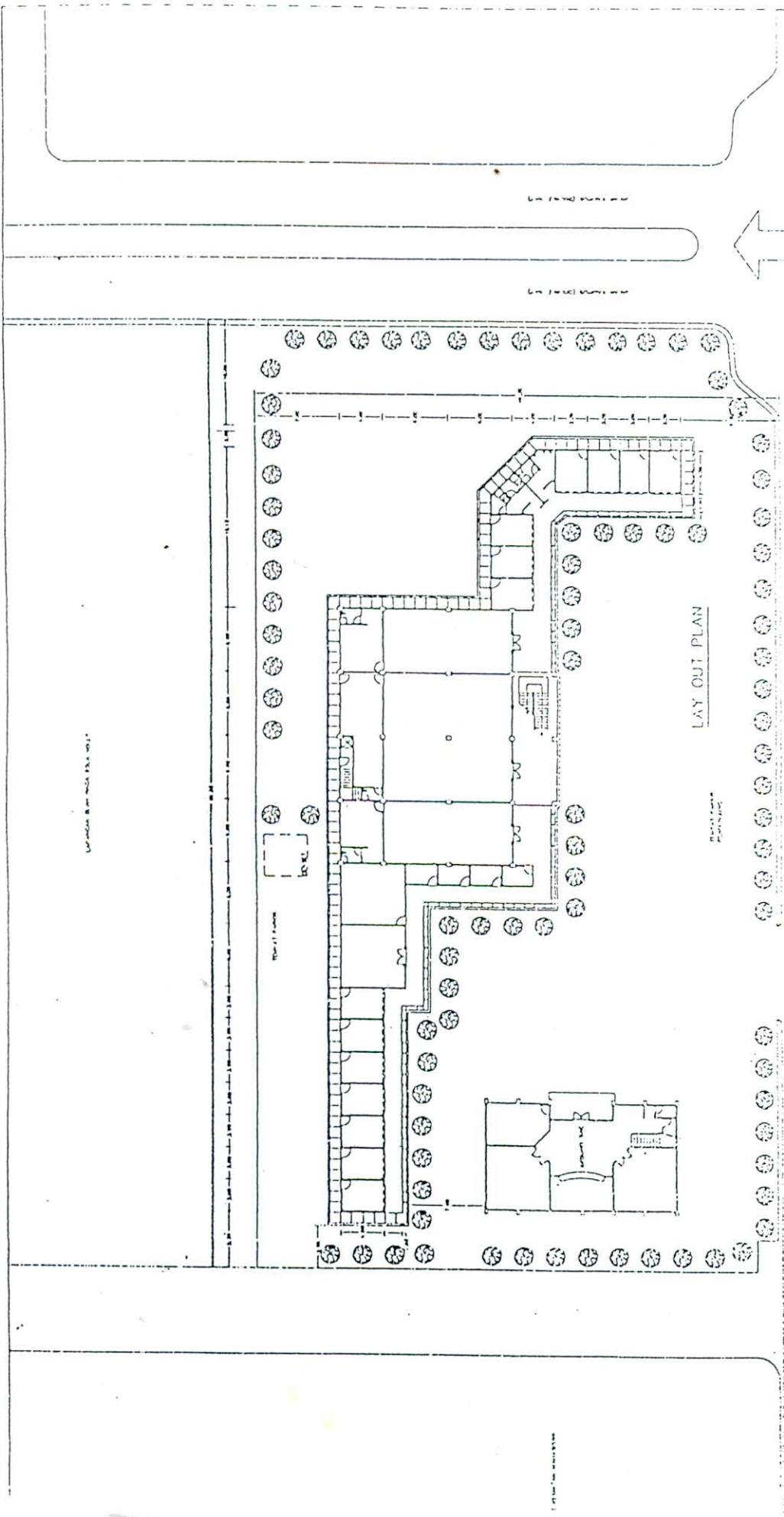
Permasalahan dalam perhitungan optimasi waktu penyelesaian proyek dengan menggunakan teknik analisa jaringan *PERT/CPM* masih terbuka bagi peneliti yang lain, misalnya perhitungan hubungan antara optimasi waktu dan biaya penyelesaian proyek dengan menggunakan teknik analisa jaringan *PERT/CPM* dibandingkan menggunakan teknik analisa jaringan *PERT/Metode Diagram Presenden (PDM)* yang diimplementasikan dalam program *Microsoft Excel*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Herjanto E, 1999, *Manajemen Produksi dan Operasi*, Edisi Kedua, Jakarta, Grasindo.
- [2] Hillier, Gerald, alih bahasa Ellen G, Ardi W, 1994, *Pengantar Riset Operasi*, Edisi Kelima Jilid I, Jakarta, Erlangga.
- [3] Markland, James R, 1987, *Quantitative Methods (Applications To Managerial Decision Making)*, University of South Carolina.
- [4] Seal Kala, 2001, *A Generalized PERT/CPM Implementation in A Spreadsheet*, Volume 2, Number 1, Los Angles, Loyola Marymount University.
- [5] Soeharto, 1999, *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*, Jilid 1, Jakarta, Erlangga.
- [6] Supranto, 1988, *Riset Operasi untuk Pengambilan Keputusan*, Jakarta, Universitas Indonesia.
- [7] Taha A Hamdy, alih bahasa Daniel W, 1997, *Riset Operasi*, Jilid Dua, Jakarta, Binarupa Aksara.
- [8] Taylor III B W, alih bahasa Chaerul D, Vita S, 1996, *Sains Manajemen (Pendekatan Matematika untuk Bisnis)* Buku I, Jakarta, Salemba Empat.

Lampiran

Lampiran 1
Gambar Maket Bangunan
Campus Centre and Student Advisory Centre

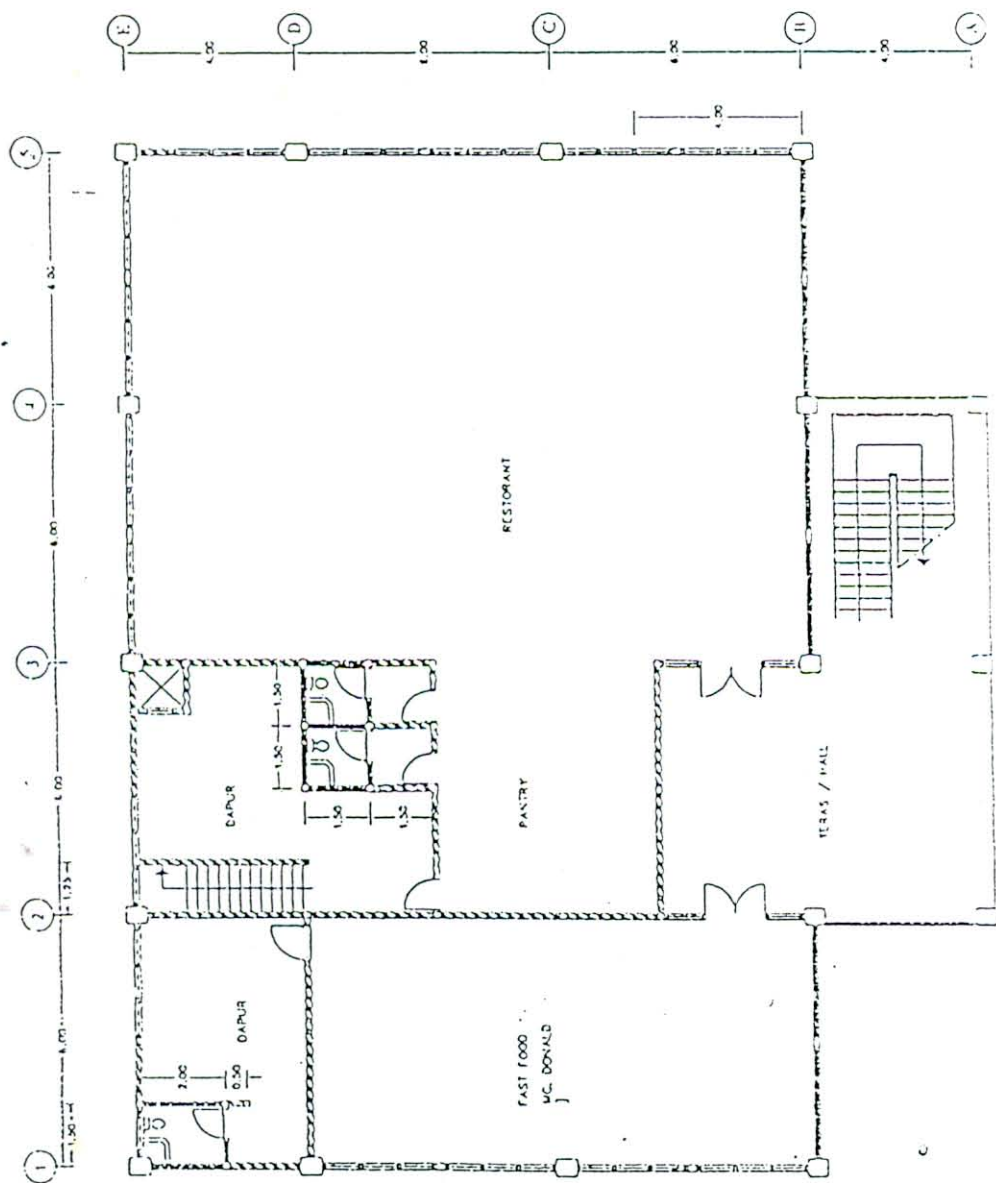


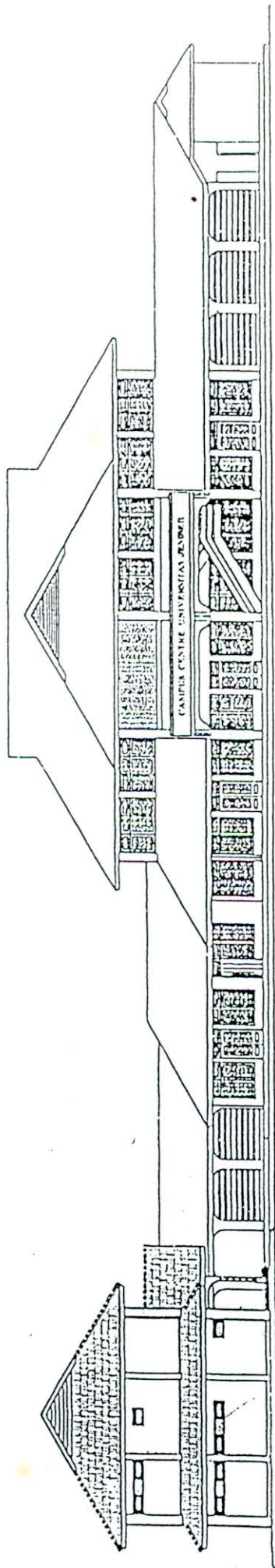
LAY OUT PLAN

1:1000

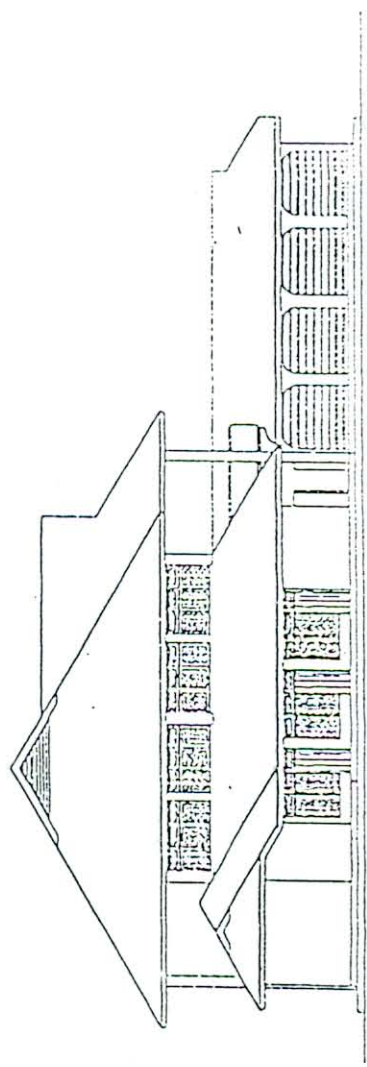
1:1000

1:1000

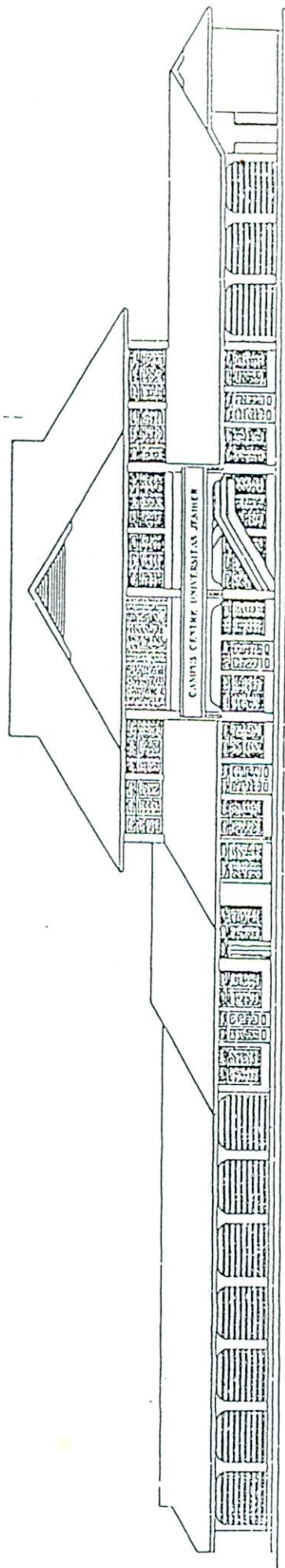




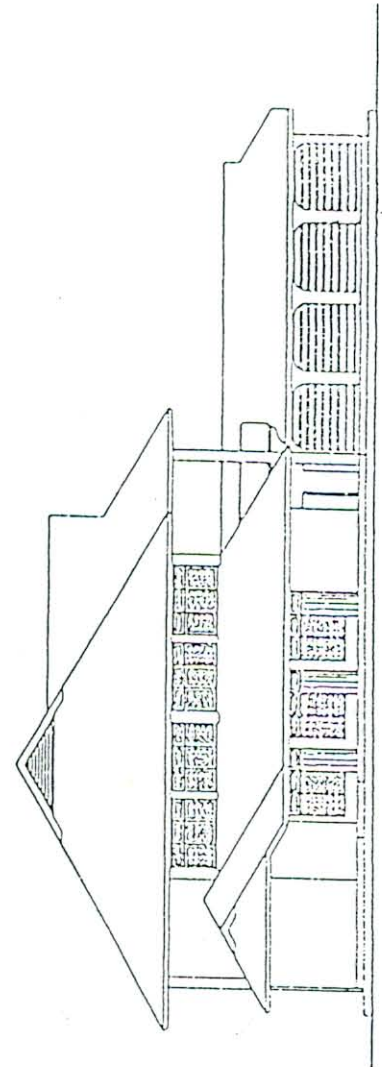
LAMPAK DIFAS
KASUNING



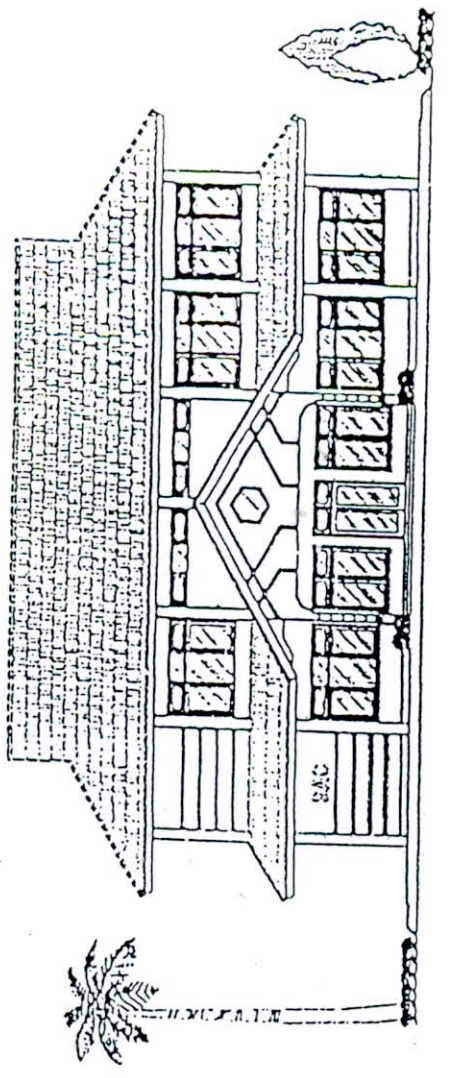
LAMPAK KASUNING
KASUNING



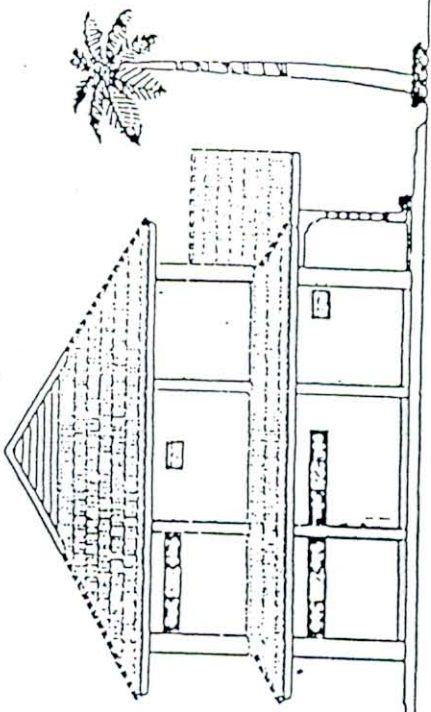
TAMPAK DEPAN
KAWAHLIM



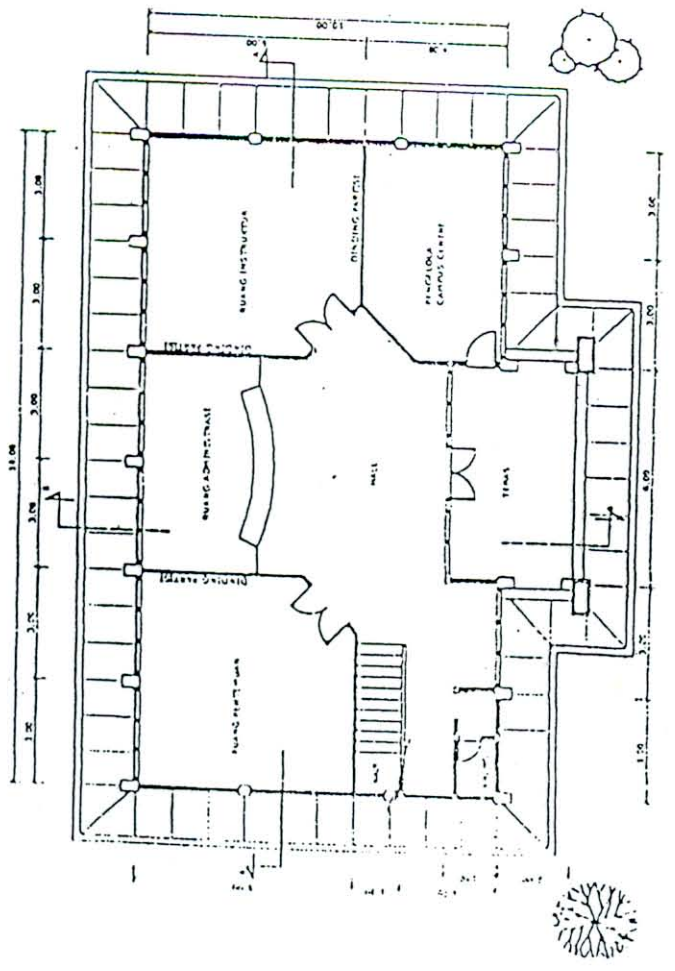
TAMPAK SAMBUNG
KAWAHLIM



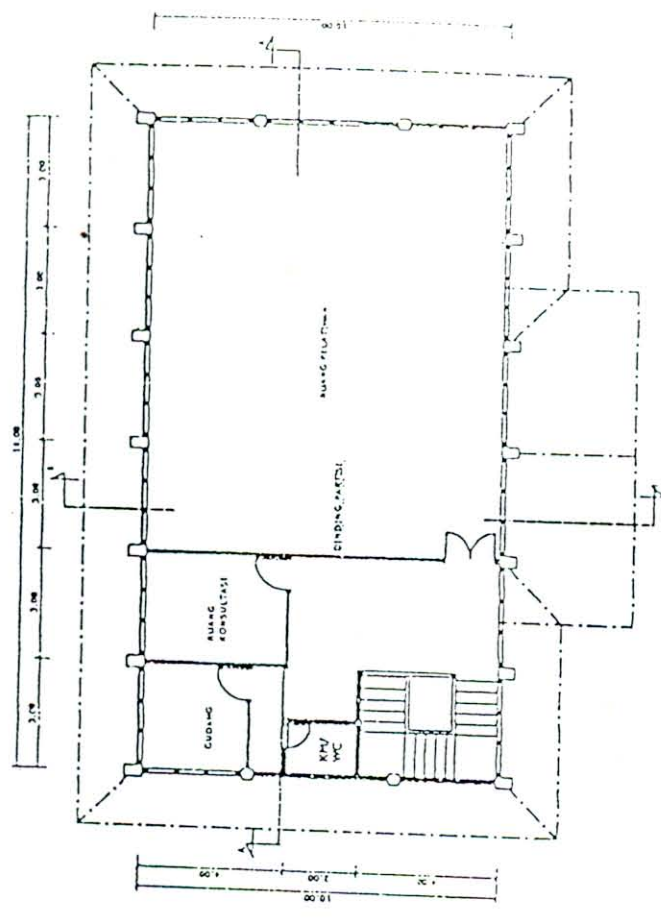
TAMPAK DEPAN
Skala 1 : 100



TAMPAK SAMPING
Skala 1 : 100



DENAH LANTAI I
Skala 1 : 100



DENAH LANTAI II
Skala 1 : 100

Lampiran 2. Matriks Adjacent.

Akti vitas	aktivitas pendahulu	Matriks Adjacent																					
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	
A1	-																						
A2	A1	1																					
A3	A2		1																				
A4	A3			1																			
A5	A4				1																		
A6	A5					1																	
A7	A6						1																
A8	A6							1															
B1	A7, A8, B2					1	1		1														
B2	A5							1															
B3	B1								1														
B4	B3, B5									1				1									
B5	B1										1												
C1	B4											1											
C2	B4												1										
C3	C1, C2														1	1							
C4	C3																1						
C5	C1															1							
D1	C4																	1					
D2	D1																				1		
D3	C4																					1	
D4	C4																						1

Akti vitas	aktivitas pendahululu	Matriks Adjacent													
		D4	D5	E1	E2	E3	E4	E5	F1	G1	G2	G3	G4	H1	H2
A1	-														
A2	A1														
A3	A2														
A4	A3														
A5	A4														
A6	A5														
A7	A6														
A8	A6														
B1	A7, A8, B2														
B2	A5														
B3	B1														
B4	B3, B5														
B5	B1														
C1	B4														
C2	B4														
C3	C1, C2														
C4	C3														
C5	C1														
D1	C4														
D2	D1														
D3	C4														
D4	C4														

Matriks Adjacent

Akti vitas	aktivitas pendahulu	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	
D5	E4																						
E1	C5																		1				
E2	C5																		1				
E3	E1, E2																						
E4	D1, D4																					1	
E5	D2, D5																				1		
F1	E5																						
G1	C1														1								
G2	E3, F1, G1																						
G3	A5					1																	
G4	G2, G3																						
H1	G2, G3																						
H2	H1, G4																						
H3	H2																						

Akti vitas		Matriks Adjacent														
		aktivitas pendahulu														
		D4	D5	E1	E2	E3	E4	E5	F1	G1	G2	G3	G4	H1	H2	H3
D5	E4						1									
E1	C5															
E2	C5															
E3	E1, E2			1	1											
E4	D1, D4	1														
E5	D2, D5		1													
F1	E5							1								
G1	C1															
G2	E3, F1, G1					1			1	1						
G3	A5															
G4	G2, G3										1	1				
H1	G2, G3										1	1				
H2	H1, G4												1	1		
H3	H2														1	

Lampiran 3

**Hasil perhitungan *EST* dan *EFT* dengan
menggunakan program *Microsoft Excel***

Lampian 3 Hasil perhitungan EST dan EFT dengan menggunakan program Microsoft Excel.

315	Maximum of All EFTs																						
	EST	EFT	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2
A1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	10	22	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	22	32	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	32	42	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	42	51	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	51	81	0	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	51	66	0	0	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B1	81	93	0	0	0	0	0	0	81	66	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	42	52	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	93	106	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B4	106	115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106	0	101	0	0	0	0	0	0	0
B5	93	101	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	115	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	115	127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	137	147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	127	0	0	0	0	0
C4	147	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147	0	0	0	0
C5	137	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	0	0	0	0	0	0
D1	161	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161	0	0	0
D2	170	185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	0
D3	161	169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161	0	0

Maximum of All EFTs		D4	D5	E1	E2	E3	E4	E5	F1	G1	G2	G3	G4	H1	H2	H3
315	<i>EFT</i>															
	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D4	173															
D5	203	0	0	0	0	0	191	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E1	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E2	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E3	167	0	0	167	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E4	173	173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E5	203	0	203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F1	227	0	0	0	0	0	0	227	0	0	0	0	0	0	0	0
G1	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G2	257	0	0	0	0	173	0	0	257	147	0	0	0	0	0	0
G3	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G4	265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	265	57	0	0	0	0
H1	265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	265	57	0	0	0	0
H2	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	280	290	0	0
H3	305	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	305	0

Lampiran 4
Hasil perhitungan *LST* dan *LFT* dengan
menggunakan program *Microsoft Excel*

Lampiran 4 Hasil perhitungan *LST* dan *LFT* dengan menggunakan program *Microsoft Excel*.

315	Minimum Excepted Project Completion Time																			
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5	D1	
	0	5	10	22	32	42	51	66	81	71	93	106	98	115	125	137	147	221	179	
	5	10	22	32	42	51	81	81	93	81	106	115	106	137	137	147	161	236	188	
A1	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
A2	5	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
A3	315	10	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
A4	315	315	22	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
A5	315	315	315	32	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
A6	315	315	315	315	42	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
A7	315	315	315	315	315	51	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
A8	315	315	315	315	315	66	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
B1	315	315	315	315	315	315	81	315	81	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
B2	315	315	315	315	71	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
B3	315	315	315	315	315	315	315	315	93	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
B4	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	106	315	106	315	315	315	315	315	315	315
B5	315	315	315	315	315	315	315	315	98	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
C1	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	115	315	315	315	315	315	315	315	315
C2	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	125	315	315	315	315	315	315	315	315
C3	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	137	137	315	315	315	315	315
C4	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	147	315	315	315	315

Minimum Excepted Project Completion Time																				
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5	D1	
315																				
	LST	0	5	10	22	32	42	51	66	81	71	93	106	98	115	125	137	147	221	179
	LFT	5	10	22	32	42	51	81	81	93	81	106	115	106	137	137	147	161	236	188
C5		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	221	315	315	315	315	315
D1		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	179	315	315
D2		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	188
D3		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	165	315	315
D4		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	161	315	315
D5		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
E1		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	236	315
E2		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	243	315
E3		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
E4		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
E5		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
F1		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
G1		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	247	315	315	315	315	315
G2		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
G3		315	315	315	315	250	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
G4		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
H1		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
H2		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
H3		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315

Minimum Excepted Project Completion Time		D2	D3	D4	D5	E1	E2	E3	E4	E5	F1	G1	G2	G3	G4	H1	H2	H3
315																		
	<i>LST</i>	188	165	161	191	236	243	251	173	203	227	247	257	250	275	265	290	305
	<i>LFT</i>	203	173	173	203	251	251	257	191	227	257	257	265	265	290	290	305	315
C5		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
D1		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
D2		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
D3		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
D4		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
D5		315	315	315	315	315	315	315	191	315	315	315	315	315	315	315	315	315
E1		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
E2		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
E3		315	315	315	315	251	251	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
E4		315	173	173	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
E5		203	315	315	203	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
F1		315	315	315	315	315	315	315	315	227	315	315	315	315	315	315	315	315
G1		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
G2		315	315	315	315	315	315	257	315	315	257	257	315	315	315	315	315	315
G3		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
G4		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	275	275	315	315	315	315
H1		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	265	265	315	315	315	315
H2		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	290	290	315	315
H3		315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	305	315

Lampiran 5
Hasil perhitungan probabilitas waktu penyelesaian
proyek pembangunan *Campus Centre and*
Student Advisory Centre

Lampiran 5 Hasil perhitungan probabilitas penyelesaian proyek pembangunan *Campus Centre and Student Advisory Centre*.

Min/Avg Project Completion Time = 315,00 Target Time 320 Time 0,98
 Project variance = 15 Target Probability 0,90165 Target Probability 322,954

Aktivitas	Jenis kegiatan	rata-rata	EST	EFT	LST	LFT	Kelembaman	Critical	covar. aktivitas kritis
A1	Pembersihan lokasi	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	YES	0,44444
A2	Pengukuran	5,00	5,00	10,00	5,00	10,00	0,00	YES	0,11111
A3	Penggalan tanah	12,00	10,00	22,00	10,00	22,00	0,00	YES	0,44444
A4	Pasang stampeng	10,00	22,00	32,00	22,00	32,00	0,00	YES	0,44444
A5	Pasang pondasi	10,00	32,00	42,00	32,00	42,00	0,00	YES	1
A6	Pekerjaan foot plate,slope dan kolom	9,00	42,00	51,00	42,00	51,00	0,00	YES	0,11111
A7	Pasang batu merah (lantai 1)	30,00	51,00	81,00	51,00	81,00	0,00	YES	0,11111
A8	Pekerjaan kusen dan pasang	15,00	51,00	66,00	66,00	81,00	15,00	NO	0,11111
B1	Pasang ring balok	12,00	81,00	93,00	81,00	93,00	0,00	YES	0,11111
B2	Pekerjaan balok induk	11,00	42,00	52,00	71,00	81,00	29,00	NO	0,44444
B3	Pasang daag cor	13,00	93,00	106,00	93,00	106,00	0,00	YES	0,11111
B4	Pekerjaan tangga	9,00	106,00	115,00	106,00	115,00	0,00	YES	0,44444
B5	Pekerjaan gewel sayap	8,00	93,00	101,00	98,00	106,00	5,00	NO	0,44444
C1	Pasang batu merah (lantai 2)	22,00	115,00	137,00	115,00	137,00	0,00	YES	0,44444
C2	Pengecoran kolom	12,00	115,00	127,00	125,00	137,00	10,00	NO	2,77778
C3	Pengecoran lis plank	11,00	137,00	147,00	137,00	147,00	0,00	YES	0,11111
C4	Pengecoran ring balk	14,00	147,00	161,00	147,00	161,00	0,00	YES	0,11111

C5	Pekerjaan plesteran dan acian	15,00	137,00	152,00	221,00	236,00	84,00	NO
D1	Pekerjaan atap konstruksi besi	9,00	161,00	170,00	179,00	188,00	18,00	NO
D2	Pekerjaan pasang usuk dan reng	16,00	170,00	185,00	188,00	203,00	18,00	NO
D3	Pekerjaan pasang gording	8,00	161,00	169,00	165,00	173,00	4,00	NO
D4	Pekerjaan pasang gailing dan papan tulang	13,00	161,00	173,00	161,00	173,00	0,00	YES
D5	Pekerjaan pasang bubung	12,00	191,00	203,00	191,00	203,00	0,00	YES
E1	Setel daun pintu dan jendela	15,00	152,00	167,00	236,00	251,00	84,00	NO
E2	Setel boupilis	8,00	152,00	160,00	243,00	251,00	91,00	NO
E3	Setel dan pasang kunci	6,00	167,00	173,00	251,00	257,00	84,00	NO
E4	Pekerjaan partisi elpanbord	18,00	173,00	191,00	173,00	191,00	0,00	YES
E5	Pasang plafon dan eternit	24,00	203,00	227,00	203,00	227,00	0,00	YES
F1	Pasang keramik 40/40	29,00	227,00	257,00	227,00	257,00	0,00	YES
G1	Pekerjaan instalasi listrik dan air	10,00	137,00	147,00	247,00	257,00	110,00	NO
G2	Ruang genset	8,00	257,00	265,00	257,00	265,00	0,00	YES
G3	Panggung terbuka	16,00	42,00	57,00	250,00	265,00	208,00	NO
G4	Landscap dan halaman	15,00	265,00	280,00	275,00	290,00	10,00	NO
H1	Pengecatan akhir	25,00	265,00	290,00	265,00	290,00	0,00	YES
H2	Pembersihan	15,00	290,00	305,00	290,00	305,00	0,00	YES
H3	Perbaikan	9,00	305,00	315,00	305,00	315,00	0,00	YES

2,77778
0,11111

1,77778
0,44444
1

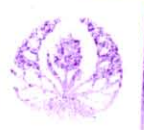
0,11111

1
0,11111
1

Lampiran 6
Tabel Probabilitas distribusi normal

DISTRIBUSI NORMAL KUMULATIF Z

0	0	5000	5040	5080	5120	5160	5199	5239	5279	5319	5359
1	1	5398	5438	5478	5517	5557	5596	5636	5675	5714	5753
2	2	5793	5832	5871	5910	5948	5987	6026	6064	6103	6141
3	3	6179	6217	6255	6293	6331	6368	6406	6443	6480	6517
4	4	6554	6591	6628	6664	6700	6736	6772	6808	6844	6879
5	5	6915	6950	6985	7019	7054	7088	7123	7157	7190	7144
6	6	7257	7291	7324	7357	7389	7422	7454	7486	7517	7549
7	7	7580	7611	7642	7673	7703	7734	7764	7794	7823	7852
8	8	7881	7910	7939	7967	7995	8023	8051	8078	8105	8133
9	9	8159	8186	8212	8238	8264	8289	8315	8340	8365	8389
10	10	8413	8438	8461	8485	8508	8531	8554	8577	8599	8621
11	11	8643	8665	8686	8708	8729	8749	8770	8790	8810	8830
12	12	8849	8869	8888	8907	8925	8944	8962	8980	8997	9014
13	13	90320	90490	90658	90824	90988	91149	91309	91466	91621	91774
14	14	91924	92073	92220	92364	92507	92647	92785	92922	93056	93189
15	15	93319	93448	93574	93699	93822	93943	94062	94179	94295	94408
16	16	94520	94630	94738	94845	94950	95053	95154	95254	95352	95449
17	17	95343	95437	95528	95616	95701	95784	95865	95942	96018	96092
18	18	96407	96485	96562	96638	96711	96781	96848	96912	96975	97037
19	19	97128	97193	97257	97320	97381	97441	97500	97558	97615	97671
20	20	97725	97778	97831	97882	97932	97982	98030	98077	98124	98169
21	21	98214	98257	98300	98341	98382	98422	98461	98500	98537	98574
22	22	98610	98645	98679	98713	98745	98777	98809	98840	98870	98899
23	23	98928	98956	98983	99009	99035	99061	99086	99110	99134	99157
24	24	991802	99204	99224	99241	99256	99271	99285	99298	99311	99324
25	25	993790	993963	994132	994297	994457	994614	994766	994915	995060	995201
26	26	995339	995473	995604	995731	995855	995975	996093	996207	996319	996427
27	27	996533	996636	996736	996833	996928	997020	997110	997197	997282	997365
28	28	997445	997523	997599	997673	997744	997814	997882	997948	998012	998074
29	29	998134	998193	998250	998305	998359	998411	998462	998511	998559	998605
30	30	998650	998694	998736	998777	998817	998856	998893	998930	998965	998999
31	31	999024	999064	9990957	999126	999153	999186	999212	999237	999263	999286
32	32	999329	999363	999390	999410	999429	999448	999463	999478	999491	999505
33	33	9995166	999535	9995499	999565	999581	999599	999610	999624	999637	999650
34	34	999631	999652	999669	999682	999691	999701	999719	999738	999755	999771
35	35	999764	999759	999742	999722	999704	999684	999664	999644	999624	999604
36	36	999609	999587	999562	999536	999509	999481	999452	999423	999394	999364
37	37	999329	999296	999261	999225	999188	999150	999111	999072	999032	998991
38	38	999026	998982	998937	998891	998844	998796	998747	998698	998648	998597
39	39	998548	998505	998461	998416	998370	998323	998275	998226	998177	998127
40	40	998083	998036	997989	997941	997892	997842	997791	997740	997688	997636
41	41	997694	997642	997590	997537	997483	997428	997373	997317	997261	997204
42	42	997304	997248	997191	997134	997076	997018	996959	996900	996841	996781
43	43	996865	996805	996744	996682	996619	996555	996491	996426	996361	996295
44	44	996301	996235	996168	996100	996032	995963	995893	995823	995752	995681
45	45	995610	995538	995465	995391	995316	995240	995164	995087	995010	994932
46	46	994848	994769	994689	994608	994526	994443	994359	994274	994188	994101
47	47	994014	993927	993839	993750	993660	993569	993476	993382	993287	993191
48	48	993095	993000	992904	992807	992709	992610	992511	992411	992310	992208
49	49	992116	992014	991911	991807	991702	991596	991489	991381	991272	991162
50	50	991053	990943	990832	990720	990607	990493	990378	990262	990145	990027



MAU UPT Perpustakaan
UNIVERSITAS JEMBER