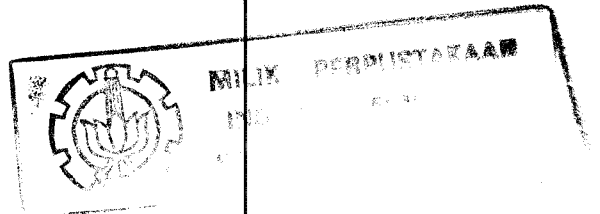
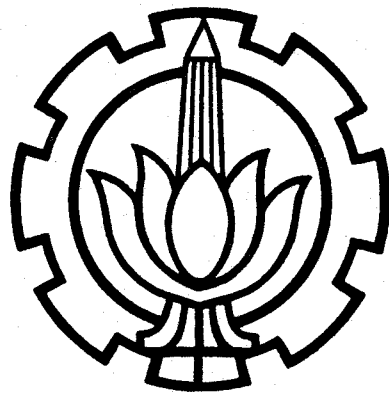


3545/ITS/H/91 ✓



MODEL DAN SIMULASI LALU LINTAS TELEPON

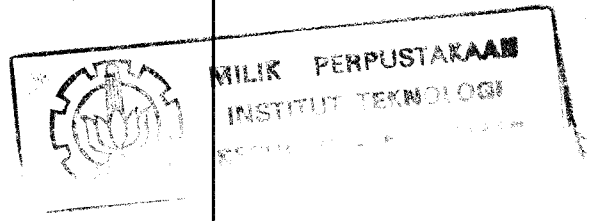


PSE
621-375
Sum
11-1
1990

Oleh :

Guruh Sumarsono
NRP. 2852200380

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**



MODEL DAN SIMULASI LALU LINTAS TELEPON

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Elektro**

Pada

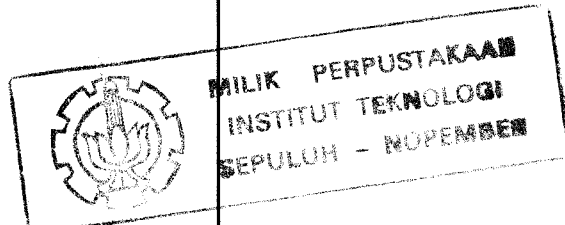
**Bidang Studi Teknik Telekomunikasi
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

**Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing**

Dr. Ir. M. SALEHUDIN

SURABAYA

JULI, 1990



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah S.W.T., yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judul:

"MODEL DAN SIMULASI LALU LINTAS TELEPON"

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar SARJANA TEKNIK ELEKTRO pada Bidang Studi Teknik Telekomunikasi - Jurusan Teknik Elektro - Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Diharapkan dari studi yang telah dilaksanakan dalam Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan sekalian, saran serta kritik atas kekurangan dalam penulisan buku Tugas Akhir ini sangat diharapkan.

Surabaya, Juli 1990

Penyusun

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini, ingin penulis sampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Mohamad Salehudin M.Sc, selaku dosen pembimbing yang banyak meluangkan waktu dan memberikan petunjuk serta bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Agus Mulyanto M.Sc. Ph.D, selaku dosen wali dan koordinator bidang studi Teknik Telekomunikasi yang telah banyak memberikan petunjuk selama penyusun menyelesaikan tahap sarjana di bidang studi teknik telekomunikasi.
3. Bapak Ir. Syarifuddin Mahmudsyah M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro - FTI - ITS, dan juga selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri - ITS.
4. Bapak, Ibu, Kakak dan Adik-adikku yang telah banyak memberikan dukungan dan motivasi selama ini.
5. Kakak-kakak Alumni ITS, serta rekan-rekan sekalian yang tak dapat kami sebutkan satu per satu.

Semoga amalan yang telah diberikan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Amien.

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
isi	
JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
I. 1. Latar Belakang	1
I. 2. Permasalahan	2
I. 3. Pembatasan Masalah	3
I. 4. Tujuan	4
I. 5. Sistematika	4
BAB II. TEORI TRAFIK TELEPON	6
II. 1. Pendahuluan	6
II. 2. Teori Trafik Telepon	7
II. 2. 1. Satuan Trafik Telepon	7
II. 2. 2. Dimensi Trafik Telepon	9

II. 2. 3.	Jam Sibuk (Busy Hour)	11
II. 2. 4.	Derajad Pelayanan	11
II. 2. 5.	Kategori Trafik	14
a.	Trafik Lokal dan Kategori Trafik	14
b.	Trafik Jarak Jauh (Long Distance Traffic)	15
II. 2. 6.	Karakteristik Trafik Telepon di Indonesia	16
II. 3.	Sistem Hubungan Telepon	17
II. 4.	Jenis-jenis Trafik	18
II. 4. 1.	Trafik Halus	18
II. 4. 2.	Trafik Random	19
II. 4. 3.	Trafik Kasar	20
BAB III.	TEORI PERHITUNGAN KEBUTUHAN SIRKIT	22
III. 1.	Erlang Loss Formula	22
III. 2.	Mean dan Variance	23
III. 3.	Trafik Junction Pada Daerah Multi Exchange	25
III. 3. 1.	Perhitungan Trafik Antar Sentral	26
a.	Trafik Total	27
b.	Faktor Interes	28
III. 4.	Analisa Masalah Trafik Telepon	28

III. 5.	Distribusi Probabilitas	30
III. 5. 1.	Momen-momen Distribusi Probabilitas	31
III. 5. 2.	Momen-momen Fungsi Probabilitas .	32
III. 5. 3.	Momen-momen Sentral yang lebih tinggi	34
III. 6.	Model Distribusi Trafik	35
III. 6. 1.	Distribusi Binomial Positif	36
III. 6. 2.	Distribusi Binomial Negatif	38
III. 6. 3.	Distribusi Poisson	38
BAB IV.	SIMULASI TAFIK TELEPON	40
IV. 1.	Permodelan Simulasi	40
IV. 1. 1.	Pengantar Simulasi	41
IV. 1. 2.	Proses Pembentukan Model	43
IV. 1. 3.	Langkah-langkah Dalam Studi Simulasi	44
IV. 1. 4.	Keuntungan dan Kerugian Model Simulasi	45
IV. 2.	Penentuan Distribusi Data	46
IV. 3.	Pendekatan Umum Untuk Pembangkitan Variabel Acak	48
IV. 3. 1.	Metode Transformasi Balik	49
IV. 3. 2.	Metode Konvolusi	52

IV. 4.	Algoritma Pembangkitan Variabel Acak	52
IV. 3. 1.	Distribusi Binomial	53
IV. 3. 2.	Distribusi Poisson	53
BAB V.	ANALISA HASIL SIMULASI	55
V. 1.	Program Simulasi	55
V. 2.	Eksperimen Simulasi	62
BAB VI.	KESIMPULAN	72
	DAFTAR PUSTAKA	74
 LAMPIRAN		
1.	Tabel Erlang	
2.	Usulan Tugas Akhir	
3.	Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
BAB II.	
2.1 GRAFIK KEJADIAN TRAFIK TELEPON DALAM BERMACAM MACAM PERIODE	12
2.2 DISTRIBUSI TRAFIK HALUS	19
2.3 DISTRIBUSI TRAFIK ACAK	20
2.4 DISTRIBUSI TRAFIK KASAR	21
BAB III.	
3.1 MULTI EXCHANGE DENGAN EMPAT SENTRAL	26
3.2 PROBABILITAS DINYATAKAN SEBAGAI BERAT BEBAN	32
BAB IV.	
4.1 LANGKAH-LANGKAH DALAM STUDI SIMULASI	44
4.2 DISTRIBUSI FREKWENSI TRAFIK UNTUK PENGAMATAN 1 JAM	47
4.3 DISTRIBUSI FREKWENSI TRAFIK UNTUK PENGAMATAN 50 JAM	47
4.4 METODE TRANSFORMASI BALIK UNTUK VARIABEL ACAK KONTINU	50
4.6 METODE TRANSFORMASI BALIK UNTUK VARIABEL ACAK DISKRIT	51

BAB V

5. 1	DIAGRAM ALUR KEADAAN PROGRAM SIMULASI	56
5. 1. a.	DIAGRAM ALUR PERHITUNGAN SIRKIT	57
5. 1. b.	DIAGRAM ALUR PERHITUNGAN V_{mr}	58
5. 1. c.	DIAGRAM ALUR PEMBANGKITAN VARIABEL RANDOM UNTUK BINOMIAL POSITIP	59
5. 1. d.	DIAGRAM ALUR PEMBANGKITAN VARIABEL RANDOM UNTUK POISSON	60
5. 1. e.	DIAGRAM ALUR PEMBANGKITAN VARIABEL RANDOM UNTUK BINOMIAL NEGATIP	61
5. 2	HASIL SIMULASI TRAFIK UNTUK DISTRIBUSI BINOMIAL POSITIP	64
5. 3	DISTRIBUSI KUMULATIF BINOMIAL POSITIP	65
5. 4	HASIL SIMULASI TRAFIK UNTUK DISTRIBUSI BINOMIAL NEGATIP	66
5. 3	DISTRIBUSI KUMULATIF BINOMIAL NEGATIP	67
5. 2	HASIL SIMULASI TRAFIK UNTUK DISTRIBUSI POISSON	68
5. 3	DISTRIBUSI KUMULATIF POISSON	69

DAFTAR TABEL

tabel

halaman

BAB II.

II.1 ORIGINATING TRAFIK DI INDONESIA 17

BAB III.

III.1 FAKTOR INTERES SEBAGAI FUNGSI JARAK 28

BAB V.

V.1 HASIL SIMULASI 63

ABSTRAK

Telepon merupakan salah satu sarana komunikasi yang paling cepat dan tepat saat ini, menyusul telex, telegraph, komunikasi data, facsimile, teletex dan videotex. Sampai saat ini kebutuhan akan saluran telepon jauh lebih banyak dibanding dengan kapasitas sentral yang tersedia.

Dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan sambungan telepon, tidak harus diimbangi dengan pembangunan sentral baru, tetapi salah satu alternatif adalah mengoptimisasi pengoperasian sentral telepon yang sudah ada. Dan hal ini tidak bisa langsung dilaksanakan pada suatu sentral, karena selain memerlukan biaya yang cukup besar juga akan merugikan banyak pihak. Salah satu alternatif adalah dengan menggunakan simulasi.

Dalam Tugas akhir ini dibahas model simulasi trafik telepon, dengan mengambil kasus pada satu sentral. Perangkat lunak simulasi ini dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi, yaitu bahasa Pascal.

Dari hasil simulasi serta analisa data dan perhitungan yang dilakukan, diperoleh gambaran tentang kondisi trafik serta kelaikan dari sentral telepon tersebut.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Telepon adalah sarana komunikasi yang sangat penting pada masa kini dan masa yang akan datang. Laju peningkatan yang sangat pesat dari pemakaian telepon dan kian melonjaknya pemakaian komputer mengakibatkan kebutuhan akan fasilitas transmisi komunikasi turut meningkat, tidak saja suara, tapi juga teks, data dan grafik, tanpa memandang jarak. Dengan memanfaatkan teknologi mikroelektronik yang maju dan prinsip pengolahan data secara modern, semua permintaan tersebut dapat dikombinasikan dalam sebuah jaringan digital pelayanan terpadu (JDPT) yang diharapkan akan menjadi kenyataan di negara kita ini pada masa yang akan datang.

Dalam rangka menyongsong era tersebut, Diperlukan tahapan yang mantab, diantaranya adalah perencanaan jangka panjang, sehingga nantinya pengembangan serta pembangunan sarana telekomunikasi dapat dituntun ke arah yang tepat.

Perluasan dan pengembangan jaringan baru memang tidak dapat dipisahkan dari pola jangka panjang yang telah ditentu-

kan, namun persiapan jangka pendek harus dilakukan dengan seksama dalam menambah jaringan baru ke dalam jaringan yang sudah ada, sehingga jaringan baru tersebut dapat berintegrasi tanpa memberi beban yang berarti pada jaringan yang sudah ada.

Salah satu sarana komunikasi yang memerlukan perencanaan jangka panjang adalah penyediaan saluran atau transmisi yang dipergunakan untuk menyalurkan informasi dari satu tempat ke tempat lain. Hal ini disebabkan oleh adanya trafik informasi yang semakin meningkat sejalan dengan perkembangan dari masyarakat itu sendiri yang mulai berkembang dari masyarakat industri menjadi masyarakat informasi.

1.2. PERMASALAHAN

Peningkatan kebutuhan akan suatu saluran komunikasi akan terus meningkat sebanding dengan meningkatnya kemajuan yang terjadi di dalam masyarakat, terutama kebutuhan akan saluran telepon. Untuk penghematan suatu investasi yang harus ditanam oleh pihak pengelola jasa telekomunikasi, maka diperlukanlah suatu perencanaan yang matang mengenai perkiraan penambahan jumlah satuan sambungan yang merupakan beban yang harus ditanggung oleh sentral, serta disain dari sentral itu

sendiri, sehingga nantinya bisa didapatkan suatu pelayanan yang maksimal kepada pelanggan.

Untuk memperkirakan besarnya jumlah saluran komunikasi di masa yang akan datang, terlebih dahulu kita harus mengetahui besarnya trafik yang dilayani oleh masing-masing sentral baik pada masa sekarang ataupun pada masa yang lalu. Besarnya kapasitas saluran serta intensitas aliran trafik telekomunikasi yang melalui suatu saluran dapat dipegaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya: kondisi daerah suatu sentral, keadaan sosial ekonomi serta besarnya tarif yang dikenakan kepada para pelanggan selama melakukan pembicaraan.

1.3. PEMBATAAN MASALAH

Dalam pembahasan tugas akhir di sini, masalah yang akan diketengahkan dibatasi oleh beberapa hal, yaitu:

1. Pengamatan terhadap sentral dilakukan sampai dengan waktu yang tak terhingga.
2. Kapasitas sentral dibatasi sampai dengan 9000 satuan sambungan.
3. Simulasi yang dilakukan adalah untuk distribusi dari trafik telepon.
4. Semua gangguan yang berasal dari luar sistem diabaikan, termasuk adanya gangguan dari sistem catu daya.

1.4. TUJUAN

Dari hasil-hasil simulasi yang diperoleh diharapkan akan didapat suatu model trafik telepon yang mirip dengan model sesungguhnya. Dengan cara ini akan memudahkan untuk mendapatkan gambaran tentang trafik telepon secara menyeluruh. Selain itu dengan merubah-ubah input sesuai dengan yang kita inginkan akan didapat output yang berbeda-beda pula, sehingga hal ini bisa digunakan untuk tujuan analisa maupun optimasi suatu model sistem tertentu.

1.5. SISTEMATIKA

Untuk mendapatkan pembahasan yang sistematis dari Tugas Akhir ini, maka pembahasannya disusun dalam bab-bab sebagai berikut:

Bab I merupakan Bab pendahuluan, menggetengahkan tentang Latar Belakang Permasalahan, Permasalahan, Pembatasan masalah serta maksud dan tujuan dari pembahasan masalah. Bab II berisi teori tentang trafik telepon, yang dimulai dengan pentingnya teknologi trafik, satuan lalu lintas telepon, jam sibuk (busy hour), derajat pelayanan, kategori trafik, karakteristik lalu lintas telepon. Bab III berisi tentang teori perhitungan kebutuhan sirkit, seperti perhitungan mean, varian, distribusi binomial positif, binomial negatif dan

poisson. Sedangkan Bab IV berisi tentang apa dan bagaimana simulasi trafik itu. Bab V merupakan analisa dari hasil simulasi itu sendiri, dan Bab VI yang merupakan bagian terakhir dari pembahasan ini, berisi kesimpulan.

BAB II

TRAFIK TELEPON

II.1. PENDAHULUAN

Lalu lintas telepon dapat terjadi karena adanya pendudukan sirkit dan peralatan pada sentral yang disebabkan oleh hubungan yang dibangun oleh pelanggan. Hubungan telepon yang dibangun oleh pelanggan dapat dikatakan berhasil apabila pelanggan mengangkat handset telepon, kemudian memutar nomor telepon yang dituju dan mendapat jawaban dari pelanggan yang dipanggil. Sebaliknya hubungan atau panggilan dikatakan gagal apabila pelanggan mengangkat handset telepon, kemudian memutar nomor telepon yang dituju dan tidak mendapat jawaban dari pelanggan yang dipanggil.

Kegagalan panggilan (loss call) dapat terjadi karena beberapa faktor, antara lain:

1. Kondisi sirkit/jaringan telepon
2. Karakteristik pembebanan sentral terlalu besar (overload)
3. Pemeliharaan peralatan sentral
4. Perilaku pelanggan

Permintaan sambungan dari pelanggan atau call yang datang ke sentral merupakan beban yang dinyatakan sebagai trafik. Besar dan karakteristik trafik dari pelanggan akan mempengaruhi disain sentral.

Dari trafik telepon yang terjadi, maka dapatlah ditentukan jumlah peralatan yang diperlukan dan harus dipasang pada sentral. Dengan sedemikian banyaknya pelanggan yang harus dilayani, maka dalam operasi perlu diketahui besarnya trafik telepon yang menjadi beban pada sentral. Hal ini dilakukan karena bila hasil pengukuran melebihi kepadatan maksimum yang diijinkan, akan menyebabkan peralatan pada sentral tidak bekerja secara optimal.

Kemacetan trafik terjadi bila jumlah sirkit (kanal/ junction beserta junctor) yang bekerja kurang dari jumlah sirkit yang diperlukan, sehingga kegagalan panggilan yang ditimbulkan tidak dapat mencapai misalnya 1 %.¹⁾ Semakin besar kemacetan trafik, maka successfull call ratio akan semakin turun. Successfull call ratio adalah besarnya prosentase perbandingan antara telepon yang terjawab dengan jumlah panggilan yang ditawarkan.

11.2. TEORI LALU LINTAS TELEPON

11.2.1. SATUAN TRAFIK TELEPON

Satuan dari lalu lintas telepon adalah 'Erlang', yaitu lamanya pendudukan pada suatu saluran dalam selang waktu tertentu (jam sibuk). 1 Erlang didefinisikan sebagai nilai trafik dari suatu peralatan/saluran yang dalam selang waktu

¹⁾ O. Retreantono, *Studi Analisa Peramalan Trafik STDI Mergoyoso ke Segala Jurusan, Tugas Akhir, Maret 1989, hal.7*

satu jam terus menerus diduduki. Nilai trafik maksimum dari satu saluran adalah sebesar 1 Erlang, akibat dari pendudukan satu panggilan atau lebih. Intensitas trafik adalah nilai trafik dari sejumlah panggilan yang datang dalam selang waktu 1 jam (3600 detik). Dalam perhitungan ini, Intensitas trafik dinyatakan sebagai jumlah rata-rata panggilan per satuan waktu dikalikan dengan waktu genggam rata-rata atau: ²⁾

$$Y = c \cdot t_m \text{ (erlang)}$$

$$= c \cdot \frac{t_m}{60} \text{ (erlang jam) (2.1)}$$

dimana :

Y : Volume Trafik

c : Jumlah panggilan

t_m : Waktu genggam rata-rata (detik)

Satuan dari trafik yang lain adalah: ³⁾

$$1 \text{ ERL} = 1 \text{ TU}$$

$$= 1 \text{ VE}$$

$$= 36 \text{ CCS}$$

$$= 36 \text{ HCS}$$

$$= 36 \text{ UC}$$

$$= 30 \text{ ARHC}$$

$$= 30 \text{ EBHC}$$

²⁾ Ramses R. Mirna, *INTRODUCTION TO TELETRAFFIC ENGINEERING*, Telephony, The Journal of Telephony Industry, Telephone Publishing, Chicago, 1974, p.1

³⁾ Lansun Lee Ph.D, *AN INTRODUCTION TO TELECOMMUNICATION NETWORK TRAFFIC ENGINEERING*, AT&T Ltd, Edmonton Alberta, Canada, 1986, p.6

Keterangan :

ERL : Erlang

TU : Traffic Unit

CCS : Cent Calls Second

HCS : Hundred Calls Second

UC : Unti Call

VE : Verkenseinheit

ARHC : Appels Réduits à i Heure Chargée

EBHC : Equated Busy Hour Call.

11.2.2. DIMENSI TRAFIK TELEPON

Waktu genggam rata-rata adalah jumlah lamanya seluruh percakapan yang berlangsung dibagi dengan jumlah panggilan yang berhasil dalam suatu periode pengamatan tertentu. Pada umumnya pengukuran trafik menunjukkan hasil-hasil sebagai berikut: ¹⁾

1. Dalam instalasi PABX : $t_m = 1$ menit
2. Dalam sentral lokal : $t_m = 1,5 - 2,5$ menit
3. Dalam sentral SLJJ : $t_m = 2 - 4$ menit

Sedangkan volume trafik telepon (Y) adalah lamanya seluruh percakapan yang dilayani oleh sebuah grup switch selama waktu pengamatan tertentu. Atau secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

¹⁾ Onwardono R, *op.cit*, hal.9

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{y}{T} \\
 &= \frac{c \cdot tm/60 \quad (\text{erlang jam})}{T \text{ (jam)}} \dots\dots\dots (2.2) \\
 &= \frac{c \cdot tm}{60 T} \quad (\text{erlang}).
 \end{aligned}$$

dimana :

- Y = Intensitas trafik (erlang)
- tm = waktu genggam rata-rata (menit)
- c = jumlah panggilan selama T jam
- T = periode pengamatan

Offered traffic adalah jumlah trafik yang ditawarkan kepada suatu group selektor untuk diolah. Dalam keadaan semua saluran keluar telah diduduki, maka sebagian panggilan akan mengalami kegagalan (overflow). Dimana intensitas trafik yang overflow dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$R = E \cdot Y$$

dimana :

- R = Intensitas trafik overflow
- E = Probabilitas kegagalan
- Y = Intensitas trafik

Kenaikan trafik yang melebihi kapasitas pembebanan sentral akan menyebabkan hanya sebagian saja dari seluruh trafik yang dapat diteruskan, dan sebagian lagi tidak dapat diteruskan. Kapasitas pembebanan trafik adalah besarnya trafik yang dapat diolah oleh suatu tahap dalam suatu saat. Pada keadaan sibuk, offered traffic selalu lebih besar dari traffic load capacity.

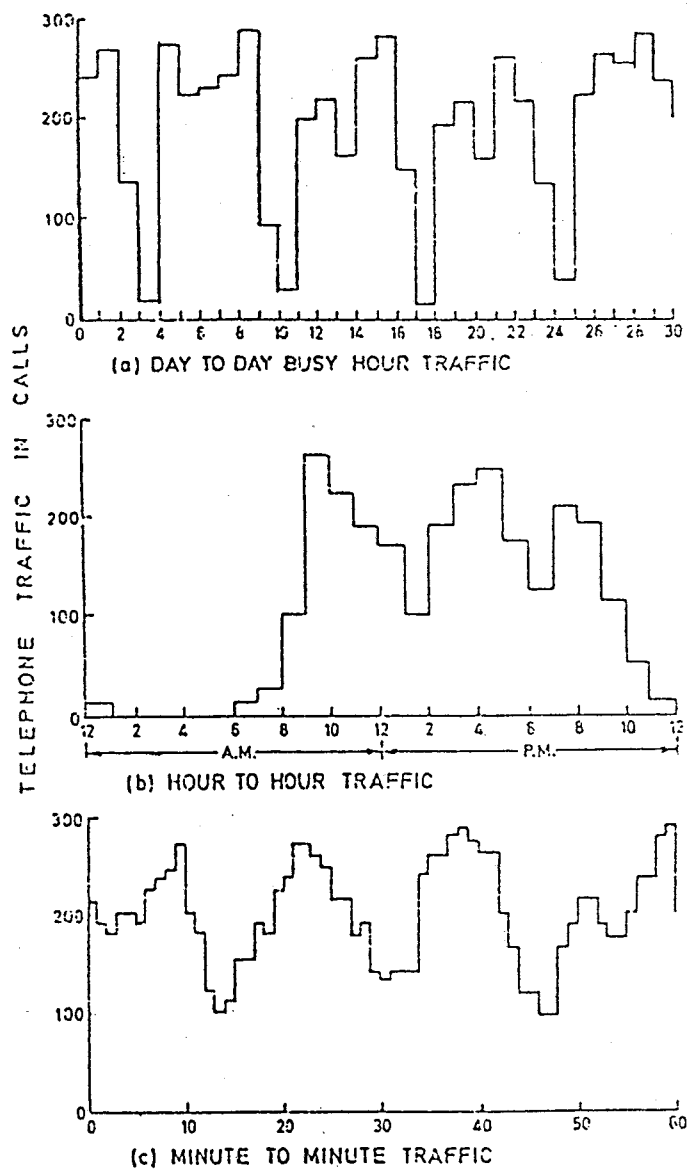
Blocking Time adalah lamanya seseorang harus menunggu (dengan meletakkan kembali hand set, dan mengulangi pen-dial-an) sehingga panggilan yang semula tak dilayani menjadi sukses.

II. 2. 3. JAM SIBUK (BUSY HOUR)

Jam sibuk (busy hour) adalah periode waktu selama 60 menit (1 jam) yang merupakan selang waktu selama 24 jam dimana harga intensitas trafik dari trunk grup mencapai maksimum. Jam sibuk akan berlainan untuk setiap daerah. Misalnya untuk daerah industri akan mempunyai jam sibuk yang berlainan dengan jam sibuk untuk daerah pemukiman.

II. 2. 4. DERAJAD PELAYANAN (GRADE OF SERVICE)

Derajat pelayanan (Grade Of Service) adalah perbandingan dari banyaknya hubungan yang gagal (losscall) dengan banyaknya hubungan yang dilakukan/ditawarkan (calls offered), sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

GAMBAR 2.1⁵⁾

GRAFIK KEJADIAN TRAFIK TELEPON DALAM SATU PERIODE

- (A) BULAN
- (B) HARI
- (C) JAM

⁵⁾ T.J. Morgan, *TELECOMMUNICATIONS ECONOMICS*, Second Edition, 1976, England, p.116

$$\text{Grade Of Service} = \frac{\text{loss calls}}{\text{calls offered}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Selisih dari calls offered dengan loss calls adalah hubungan yang dapat diteruskan (calls carried).

Grade Of Service menyatakan keandalan untuk melakukan suatu hubungan, bila derajat pelayanan (GOS) rendah, maka keandalan dari sentral tersebut adalah tinggi, karena kemungkinan terjadinya kegagalan relatif kecil, demikian pula sebaliknya bila GOS tinggi, maka keandalan sentral menjadi rendah.

Jika suatu hubungan yang gagal dianggap sebagai peristiwa, maka jumlah hubungan yang gagal pada jam sibuk setiap saat secara bebas adalah n buah dari seluruh percakapan sejumlah m yang ditawarkan. Maka probabilitas sebuah hubungan yang gagal (P) adalah:

$$P = \frac{\text{Jumlah seluruh permintaan yang gagal}}{\text{Jumlah seluruh permintaan yang ditawarkan}}$$

$$= \frac{\text{loss calls}}{\text{calls offered}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Jadi untuk waktu genggam rata-rata yang sama adalah:

$$P = \frac{\text{traffic loss}}{\text{traffic offered}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Berdasarkan hubungan di atas, dapat dinyatakan bahwa GOS adalah juga probabilitas sebuah hubungan yang gagal pada jam sibuk dari sebuah sentral.

Perencanaan kebutuhan saluran didasarkan atas intensitas trafik pada saat jam sibuk, yaitu banyaknya percakapan serempak dengan waktu genggam rata-rata dalam periode pengamatan tertentu. Pada suatu saat tertentu intensitas trafik lebih besar dari nilai rata-ratanya. Ini dapat diartikan bahwa akan selalu terjadi loss calls pada suatu sentral telepon.

II. 2. 5 KATEGORI TRAFIK

a. Trafik Lokal dan Kategori Trafik

Klasifikasi dan tipe trafik terdiri dari:

- Originating Traffic: Trafik yang dibangkitkan oleh sumber (pelanggan) dari suatu sentral, kemanapun tujuannya baik ke arah internal maupun ke arah outgoing.
- Terminating Traffic: Trafik yang menuju ke pelanggan yang dipanggil dari manapun asalnya, baik dari sentral call yang berasal dari originating sentralnya sendiri ataupun dari incoming call dari sentral lain.

- Internal Traffic : Trafik yang masuk ke suatu sentral yang dibangkitkan oleh suatu sumber yang berada di sentral lain, ke manapun tujuannya baik ke transit maupun ke terminating.
- Incoming Traffic : Trafik yang masuk ke suatu sentral yang dibangkitkan oleh suatu sumber di luarnya dari manapun asalnya.
- Outgoing Traffic : Trafik yang keluar dari suatu sentral yang menuju ke pelanggan di sentral lain dari manapun asalnya, baik dari transit maupun originating.
- Transit Traffic : Trafik yang hanya melalui suatu sentral yang dibangkitkan oleh suatu sumber yang berbeda di sentral lain dan ditujukan ke pelanggan yang dipanggil di sentral lain

b. Trafik Jarak Jauh (Long Distance Traffic)

Untuk menghitung bagian-bagian dari originating trafik pada trafik jarak jauh, masalah yang timbul adalah perhitungan dari originating trafik itu sendiri. Setiap asumsi yang lebih tinggi daripada kebutuhan akan menghasilkan

kenaikan harga dari switching dan transmisi. Komunikasi jarak jauh (SLJJ) dan perkembangan ekonomi mempunyai hubungan yang sangat kuat, dalam hal ini hanya pemerintah-lah yang memungkinkan untuk mengatur trafik jarak jauh dengan ukuran tarif. Pengaturan ini hanya mungkin jika jaringan jarak jauh yang ada mempunyai beberapa kapasitas penuh.

Nilai rata-rata trafik pada jaringan di Indonesia untuk trafik jarak jauh dihitung dalam range 2 mE sampai dengan 10 mE originating traffic/langganan. Ini tergantung dari luas kota (atau jaringan lokal) dan sistem transmisi yang tersedia.

II.2.6. KARAKTERISTIK TRAFIK TELEPON DI INDONESIA

Dari hasil studi yang diperoleh dalam mempelajari kelakuan pelanggan jaringan telekomunikasi yang ada di Indonesia adalah bahwa sangat dipengaruhi oleh terlalu banyaknya kebutuhan saluran telepon, sedangkan jaringan yang ada sudah tidak mampu lagi untuk menerima pembebanan dengan penampilan seperti yang diharapkan. Disamping itu juga terjadi pembebanan trafik yang terlalu besar pada jaringan SLJJ.

TABEL 2. 1. 6)
 ORIGINATING TRAFIK DI INDONESIA

Type Sentral	Originating Traffic/Subscriber			
	Lokal Kecil (100 - 1000) LU	Lokal Menengah (400 - 10.000) LU	Pengukuran di Indonesia	
			Single Exchange	Multi Exchange
Perumahan	20 mE	30 mE	30 mE	50 mE
Bisnis	80 mE	80 mE	50 mE	80 mE
PBX	200 mE	220 mE	-	-
Telp. Umum	100 mE	110 mE	-	-
Rata-rata	40 mE	50 mE	40 mE	60 mE

11.3. SISTEM HUBUNGAN TELEPON

Hubungan antar pelanggan dalam sentral lokal dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. Hubungan internal, yaitu hubungan antar pelanggan dalam sentral yang sama.
2. Hubungan langsung, yaitu hubungan antar pelanggan pada sentral yang berlainan.

6) Ahmad Sariwidjaja, PERHITUNGAN PRAKIRAAN KEBUTUHAN SALURAN TELEKOMUNIKASI UNTUK IN-ONESIA BAGIAN TIMUR SAMPAI DENGAN TAHUN 2015, Tugas Akhir, ITS, 1989, hal.33

3. Hubungan dengan alternatif routing, yaitu hubungan antar pelanggan pada sentral yang berlainan dengan melalui sentral tandem.

Saluran transmisi yang digunakan dalam hubungan telepon dapat dibedakan menjadi:

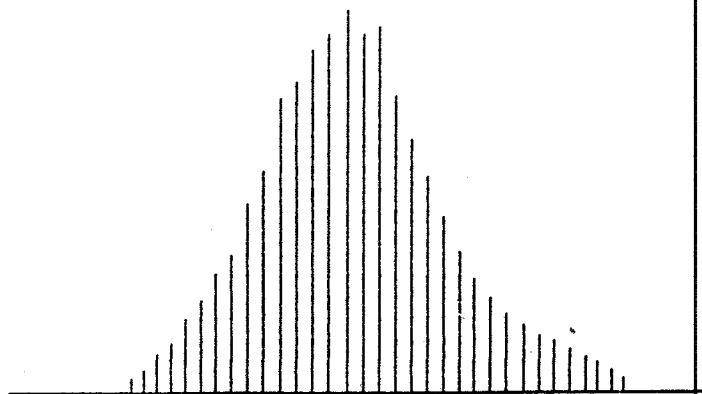
1. Saluran pelanggan, yaitu saluran yang digunakan untuk menghubungkan pesawat telepon pelanggan dengan sentralnya.
2. Saluran junction, yaitu saluran yang digunakan untuk menghubungkan antar beberapa sentral lokal dengan satu daerah (multi-exchange), baik secara langsung maupun melalui sentral tandem.
3. Saluran trunk, yaitu saluran yang digunakan untuk menghubungkan sentral-sentral lokal dengan sentral toll ataupun hubungan antar sentral toll.

11.4. JENIS-JENIS TRAFIK

11.4.1. Trafik Halus (Smooth Traffic)

Distribusi trafik halus (smooth trafik) biasanya menunjukkan bahwa kebanyakan panggilan yang datang dari pelanggan hanya digunakan untuk permintaan sambungan yang bersifat lokal atau permintaan sambungan dari pelanggan berada di bawah kapasitas sentral, artinya kemampuan sentral berada jauh di atas permintaan yang berasal dari pelanggan.

berada di bawah kapasitas sentral, artinya kemampuan sentral berada jauh di atas permintaan yang berasal dari pelanggan.



GAMBAR 2. 2⁸⁾

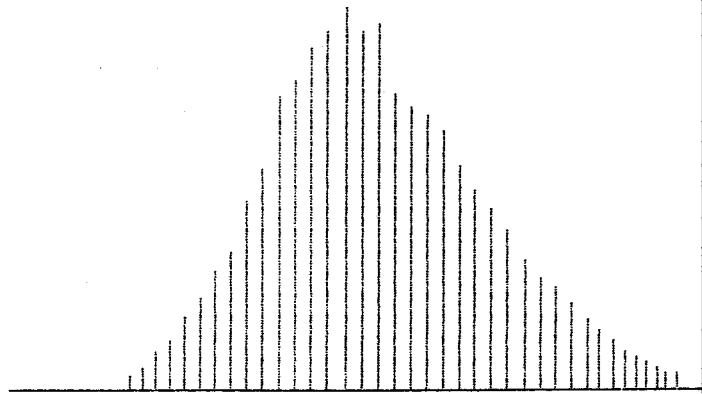
DISTRIBUSI TRAFIK HALUS

II. 4. 2. Trafik Random (Random Traffic)⁹⁾

Distribusi trafik random (Random Traffic) menunjukkan bahwa harga $\alpha = 1$, berarti terjadi keseimbangan antara jumlah rata-rata panggilan yang berasal dari pelanggan dengan kapasitas sentral yang tersedia. Artinya bahwa sentral dapat dipakai secara optimum, yaitu tidak ada panggilan yang ditolak dan juga tidak terjadi kekosongan pada sirkit-sirkit yang terpasang pada sentral tersebut, sehingga sentral dapat dikatakan dalam keadaan yang ideal. Tetapi hal ini dalam kenyataannya sangat sulit dan bahkan boleh dikatakan tidak pernah ada.

⁸⁾ Loc.Cit

⁹⁾ Loc.Cit

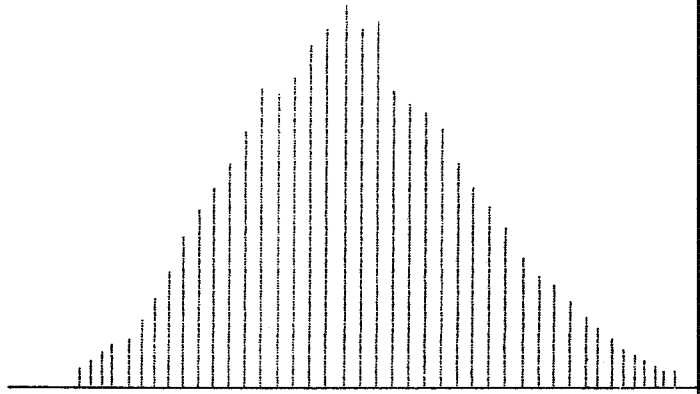
GAMBAR 2.3¹⁰⁾

DISTRIBUSI TRAFIK ACAK

II. 4. 3. Trafik Kasar (Rough Traffic)¹¹⁾

Distribusi trafik kasar (Rough Traffic) menyatakan bahwa kondisi sentral berada pada keadaan yang overload (kelebihan beban), yaitu jumlah rata-rata panggilan yang berasal dari pelanggan melebihi jumlah rata-rata panggilan yang telah ditetapkan. Biasanya distribusi trafik kasar terjadi pada trunk dan toll, ataupun pada daerah dimana kebanyakan dari pelanggan adalah daerah industri atau daerah perkantoran. Sehingga dengan demikian panggilan yang berasal dari pelanggan akan dilayani secara bergantian sesuai dengan teori antrian.

¹⁰⁾ Loc.Cit¹¹⁾ Loc.Cit



GAMBAR 3. 4¹²⁾

DISTRIBUSI TRAFIK KASAR

¹²⁾ Loc.Cit

BAB III

TEORI PERHITUNGAN KEBUTUHAN SIRKIT

III.1. ERLANG LOSS FORMULA

Untuk memperkirakan jumlah kanal dalam kemampuan yang optimal dengan trafik input yang acak, Dapat diberikan asumsi bahwa:

1. Trafik datang dari sumber tak terhingga, membentuk distribusi Poisson.
2. Jumlah kanal terbatas.
3. Bila semua trunk/kanal sibuk, maka panggilan yang akan datang kemudian akan diblok (cleared) dan holding time-nya adalah nol.

Berdasarkan asumsi tersebut di atas, Dapat dipakai rumus Erlang B untuk menyelesaikannya. Rumus tersebut secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut: ¹³⁾

$$E(c, a) = \frac{\frac{a^c}{c!}}{1 + a + \frac{a^2}{2!} + \dots + \frac{a^c}{c!}} \dots \dots \dots (3.1)$$

¹³⁾ PROGRAM EXPLANATION FOR TRAFFIC DISTRIBUTION AND CIRCUIT CALCULATION, The Nippon Telecommunications Consulting Co. Ltd, June, 1983, p.7

Dimana:

$E(c, a)$ = probabilitas kegagalan

a = trafik yang ditawarkan

c = jumlah kanal

Rumus di atas dapat juga dinyatakan sebagai berikut:

$$E(c, a) = \frac{a^c}{c!} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\sum_{i=0}^{c-1} \frac{a^i}{i!}$$

Dimana:

$$\sum_{i=0}^{c-1} \frac{a^i}{i!} = 1 + a + \frac{a^2}{2!} + \dots + \frac{a^{c-1}}{(c-1)!}$$

Nilai yang diberikan oleh rumus Erlang B pada persamaan di atas disebut Grade of Service (GOS). Misalkan, harga $E(c, a)$ adalah 0,005, berarti terjadi rata-rata kegagalan sebanyak satu panggilan dari 200 panggilan yang ditangani.

III.2. MEAN DAN VARIANCE

Mean dan variance dari trafik yang gagal (overflow) dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$m_o = a E(c, a) \quad ^{14)} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$v_o = m_o \left[1 - m_o + \frac{a}{c + 1 + m_o - a} \right] \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana:

m_o = mean trafik yang overflow

v_o = variance trafik yan overflow

c = jumlah kanal

$E(c, a)$ = probabilitas kegagalan

Demikian juga persamaan untuk mean dan variance dari trafik yang dibawa (traffic carried) adalah: ¹⁵⁾

$$m_c = a \left[1 - E(c, a) \right] \dots\dots\dots (3.5)$$

$$v_c = m_c (1 - l_c) \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana:

m_c = mean trafik yang dibawa

v_c = variance trafik yang dibawa

l_c = beban trafik yang dibawa trunk terakhir c

¹⁴⁾ Raases R. Minna, op.cit, p.27

¹⁵⁾ Loc.Cit

l_c dapat dicari dengan rumus berikut: ¹⁶⁾

$$l_c = a \left[E(c-1, a) - E(c, a) \right] \dots\dots\dots (3.7)$$

atau:

$$l_c = 1 - Vmr \dots\dots\dots (3.8)$$

Vmr merupakan perbandingan harga variance dengan harga mean ratio, dinyatakan sebagai berikut: ¹⁷⁾

$$Vmr = \frac{V_o}{m_o} \quad (\text{untuk overflow traffic}) \dots\dots\dots (3.9)$$

$$Vmr = \frac{V_c}{m_c} \quad (\text{untuk carried traffic}) \dots\dots\dots (3.10)$$

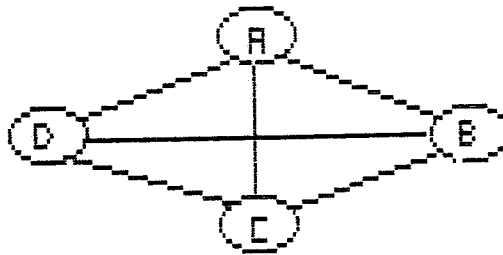
III.3. JUNCTION TRAFFIC PADA DAERAH MULTI EXCHANGE

Suatu daerah multi-exchange akan mempunyai lebih dari satu sentral, dimana antara sentral satu dengan lainnya dihubungkan dengan saluran junction. Pada masing-masing sentral terdapat banyak pelanggan yang dapat berhubungan dengan pelanggan dari sentral lain. Sebagai contoh misalnya, untuk suatu daerah multi exchange dengan empat sentral yang

¹⁶⁾ Loc.Cit.

¹⁷⁾ Loc.Cit.

saling terhubung (secara mesh) akan mempunyai trafik yang terdiri dari trafik intern dan trafik yang berasal dari sentral lain pada masing-masing sentral, seperti ditunjukkan pada gambar 3.1.



GAMBAR 3.1

MULTI EXCHANGE DENGAN EMPAT SENTRAL

III.3.1. Perhitungan Trafik Antar Sentral

Untuk menentukan perhitungan trafik junction dalam suatu daerah yang memiliki banyak sentral (multi-exchange), ada beberapa hal yang harus diketahui terlebih dahulu, yaitu:

1. Trafik total pada masing-masing sentral
2. Jarak antar sentral
3. Faktor Interes

Perhitungan trafik junction antar sentral dalam suatu daerah bersentral banyak dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$T_{xy} = \frac{T_x \cdot T_y \cdot F_{xy}}{\sum_{i=1}^n T_i \cdot F_{xi}} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana:

T_{xy} = trafik dari sentral X ke sentral Y

T_x = trafik total pada sentral X

T_y = trafik total pada sentral Y

F_{xy} = faktor interes antara sentral X dengan sentral Y

n = jumlah sentral.

a. Trafik Total

Trafik total adalah kemampuan suatu sentral untuk menangani trafik, dapat dinyatakan dengan:

$$\text{Trafik total} = \text{Kapasitas sentral} \times \text{Rate} \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana:

Trafik total dalam satuan Erlang

Kapasitas sentral dalam Satuan Sambungan

Rate dalam mili Erlang.

b. Faktor Interes

Faktor Interes merupakan fungsi jarak dari masing-masing sentral. Dalam hal ini semakin jauh jarak antar sentral, akan semakin kecil faktor interesnya. Tabel berikut menunjukkan harga faktor interes sebagai fungsi jarak.

TABEL III.1 ¹⁸⁾

FAKTOR INTERES SEBAGAI FUNGSI JARAK

Jarak (km)	Faktor Interes	Jarak (km)	Faktor Interes
0	1.32	11	0.67
1	1.19	12	0.55
2	1.08	13	0.53
3	0.96	14	0.52
4	0.90	15	0.50
5	0.82	16	0.49
6	0.77	17	0.47
7	0.72	18	0.46
8	0.68	19	0.45
9	0.62	20	0.44
10	0.59		

III.4. ANALISA MASALAH TRAFIK TELEPON

Sistem lalu lintas (trafik) telepon terdiri dari beberapa tahapan yang tersusun secara seri, yaitu:

¹⁸⁾ *ibid*, hal.72

- Antrian permintaan sambungan.

Terjadinya trafik telepon dalam sentral disebabkan oleh adanya pelanggan yang mengangkat handset dan kemudian mengadakan hubungan dengan pelanggan lainnya. Permintaan sambungan yang masuk akan dilayani oleh sentral satu persatu untuk setiap kelompok (selektor). Dengan kata lain, satu buah selektor (grup selektor) akan dipakai oleh beberapa pelanggan. Jadi untuk pelanggan yang berada pada satu kelompok, pelayanan penyambungan akan dilakukan secara bergantian dengan sistem antrian.

- Antrian yang telah dilayani oleh grup selektor I, selanjutnya akan diteruskan ke grup selektor II. Pada Grup Selektor II ini, permintaan sambungan juga akan dilayani dengan sistem antrian. Demikian pula halnya untuk grup selektor III.

- Setelah lolos dari Grup Selektor III ini, permintaan sambungan akan diteruskan ke Final Selektor. Pada proses ini akan dilakukan deteksi, apakah saluran yang dituju sedang sibuk, ataukah sedang idle. Apabila saluran yang dituju sedang sibuk, maka permintaan sambungan tersebut akan diblok. Demikian juga sebaliknya apabila saluran yang dituju sedang idle, maka permintaan sambungan tersebut akan diteruskan ke pelanggan tujuan.

Seluruh permintaan sambungan yang diterima oleh sentral telepon akan melewati tahap-tahap tersebut (dengan asumsi bahwa kondisi sentral adalah analog). Sedangkan untuk keadaan sentral digital, proses-proses tersebut dikontrol dengan menggunakan mikroprosesor (tetapi secara prinsip tetap sama).

III.5. DISTRIBUSI PROBABILITAS

Untuk analisa dari distribusi trafik yang dihasilkan oleh pengamatan yang lama, sehingga juga akan menghasilkan jumlah cuplikan yang besar pula, maka sebaiknya digunakan distribusi probabilitas daripada distribusi frekwensi. Sedangkan distribusi probabilitas dari suatu percobaan itu sendiri dapat diperoleh dari distribusi frekwensi percobaan tersebut.

Probabilitas atau peluang untuk mendapatkan X panggilan yang sedang berlangsung dinyatakan sebagai:

$$P(X_1) = \frac{n_1}{n} \dots\dots\dots (3.13)$$

dimana:

n_1 = frekwensi ke 1

n = jumlah cuplikan

$P(X_1)$ = Probabilitas

III.5.1. Momen-momen Dari Distribusi Probabilitas

Kurva-kurva distribusi probabilitas trafik yang diperoleh baik dari hasil pengamatan maupun simulasi tidak dapat dipergunakan secara langsung untuk menentukan kapasitas dari sentral telepon. Dari kurva distribusi trafik tersebut kita dapat menentukan parameter-parameternya saja yaitu mean dan variance yang nantinya akan digunakan untuk menentukan misalnya kapasitas suatu sentral, jumlah sirkuit yang diperlukan, dan lain-lain.

Bila kita mempunyai sebuah peubah acak X dengan fungsi atau distribusi probabilitas yang dibentuk oleh pasangan $\{X_1, P(X_1)\}$, maka harga rata-rata (mean) dari distribusi tersebut didefinisikan sebagai:

$$E(X) \equiv X_1 \cdot P(X_1) + X_2 \cdot P(X_2) + \dots + X_t \cdot P(X_t)$$

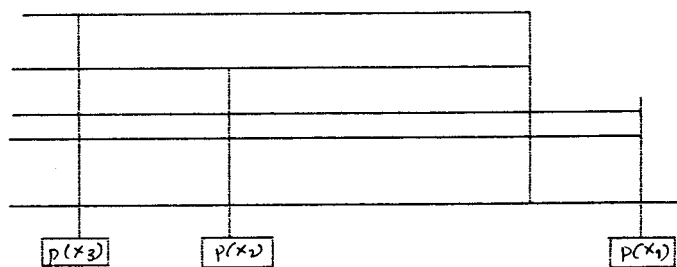
atau

$$E(X) \equiv \sum_{i=1}^t X_i \cdot P(X_i) \dots \dots \dots (3.14)$$

Harga rata-rata atau mean menunjukkan titik berat dari suatu fungsi probabilitas, dan memberikan gambaran dari harga rata-rata pada suatu keadaan seimbang atau tetap. Namun harga rata-rata tidak dapat menjelaskan bentuk dari distribusi, penyebaran peubah acak atau kesimetrian yang ada. Bentuk

distribusi, penyebaran peubah acak dan kesimetrian dapat dilihat apabila diketahui momen-momen dari distribusi probabilitas yang lebih tinggi ordenya. Sedangkan harga rata-rata atau mean disebut juga momen dengan orde 1.

III. 5. 2. Momen-momen fungsi probabilitas



GAMBAR 3. 2¹⁹⁾

PROBABILITAS DINYATAKAN SEBAGAI BERAT BEBAN

dimana:

Berat-berat beban menyatakan probabilitas.

dan

$P(X_1)$ adalah berat di titik X_1 ,

$P(X_2)$ adalah berat di titik X_2 ,

$P(X_t)$ adalah berat di titik X_t .

X_1, X_2, \dots, c dan X_t adalah jarak X_1, X_2, \dots, C dan

X_t dari Origin.

¹⁹⁾ Rameses R. Minna, *Op-Cit*, p 9

Momen pertama terhadap titik C dinyatakan dalam:

$$E [(X - c)] = (X_1 - C).P(X_1) + (X_2 - C).P(X_2) + \dots \\ + (X_t - C).P(X_t) \dots \dots \dots (3.15)$$

atau

$$E [(X - C)] = \sum_{t=1}^t (X_1 - C).P(X_1) \dots \dots \dots (3.16)$$

Bila titik C dipilih sebagai rata-rata atau mean (μ), maka momen pertama terhadap harga rata-rata ini adalah yang disebut "*Central Moment*" dinyatakan sebagai :

$$E [(X - \mu)] = E(X) - \mu = \mu - \mu = 0$$

Sedangkan momen kedua disebut "*Variance*" (σ^2) atau (σ^2) dan dinyatakan dalam:

$$\text{Var} (X) \equiv \sigma^2 \equiv E [(X - \mu)^2] = \sum_{i=1}^t (X_1 - \mu)^2 . P(X_1)$$

Dapat pula dibuktikan bahwa:

$$\sigma^2 = E(X_2) - \mu^2 \dots \dots \dots (3.17)$$

Variance merupakan ukuran dari penyebaran distribusi.

Disamping itu dikenal pula dengan apa yang disebut "Coefficient of Overdispersion" (α). Dimana α didefinisikan sebagai:

$$\alpha = \frac{\sigma^2}{\mu} \dots \dots \dots (3.18)$$

Sedangkan untuk Standard Deviasi didefinisikan sebagai:

$$\sigma = \sqrt{\text{variance}}$$

atau

$$\sigma = \sqrt{\text{var} . X} \dots \dots \dots (3.19)$$

III. 5. 3. Momen-momen sentral yang lebih tinggi

Momen-momen sentral yang lain yang lebih tinggi didefinisikan sebagai:

$$\mu_r(X) = E [(X - \mu)^r] \dots \dots \dots (3.20)$$

dimana:

$\mu_r(X)$: adalah momen sentral ke r.

III.6. MODEL DISTRIBUSI TRAFIK

Jenis distribusi trafik halus tersebut sesuai dengan model distribusi Binomial Positif, sedangkan untuk jenis distribusi trafik acak sesuai model dengan distribusi Poisson, dan distribusi trafik kasar sesuai dengan model distribusi Binomial Negatif.

Model distribusi tersebut dapat dicari dengan memberikan asumsi bahwa:

1. Lamanya sebuah pelanggan sibuk = h .
2. Lamanya pengamatan atas saluran tersebut adalah tak berhingga.

Maka probabilitas untuk mendapatkan saluran tersebut sibuk adalah = h , sedangkan probabilitas untuk mendapatkan saluran tersebut kosong adalah = $1 - h$.

Probabilitas dua buah saluran sibuk secara serentak dapat dicari dengan asumsi bahwa bila lama pendudukan masing-masing saluran adalah = h dan lama pengamatan adalah = ∞ , maka probabilitas untuk menjumpai kedua saluran tersebut sibuk adalah:

$$P(1,2) = P(1) \cdot P(2) = h^2 \dots\dots\dots (3.21)$$

Sedangkan untuk mencari probabilitas X saluran sibuk secara serentak dapat digunakan rumus-rumus Binomial Negatif dan Binomial Positif, serta Poisson.

III.6.1. Distribusi Binomial Positif

Untuk mencari X saluran sibuk secara serentak dengan menggunakan distribusi Binomial Negatif ini, maka diasumsikan bahwa:

1. Jumlah pelanggan = S .
2. Lama pendudukan saluran/pelanggan = h .
(diukur oleh pengamatan selama selang waktu tak berhingga).
3. Jumlah sirkit di sentral terbatas.
(pelanggan akan berebut sirkit yang kosong).
4. Pelanggan yang dipanggil tidak berbicara pada saat dipanggil.

Dari asumsi tersebut, maka dapat dicari apabila ada satu saluran yang sibuk adalah h dan satu saluran kosong adalah $1 - h$. Sedangkan probabilitas X saluran sibuk dan $(S - X)$ saluran kosong adalah:

$$h^x \cdot (1 - h)^{S-x} = P(X_{\text{sibuk}}) \cdot P(S - X_{\text{kosong}}) \dots \dots (3.22)$$

Karena ada kombinasi antara X saluran sibuk dan (S - X) saluran kosong, maka probabilitas total adalah:

$$P'(X, S, h) = C_s^X \cdot h^X (1 - h)^{S-X} \dots\dots\dots (3.23)$$

dimana:

$$S > X > 0 ;$$

$$1 > h > 0 ;$$

$$C_s^X = \frac{S!}{X! (S - X)!}$$

Probabilitas yang dihitung dengan persamaan di atas dapat diartikan sebagai berikut:

1. Probabilitas untuk menjumpai, pada setiap saat dalam jam sibuk, X saluran sibuk ialah: $P'(X, S, h) = 0,01$, berarti bahwa saluran sibuk secara serentak dapat diamati satu kali tiap 100 pelanggan.
2. Periode rata-rata dalam jam sibuk dimana X saluran sekaligus diduduki: $P'(X, S, h) = 0,01$, berarti periode waktu rata-rata menjumpai X saluran secara serentak diduduki = $1/100 \times 3600$ detik = 36 detik.

III.6.2. Distribusi Binomial Negatif

Distribusi Binomial Negatif merupakan pendekatan yang paling cocok bagi trafik kasar, dimana variance > harga rata-rata (mean). Sedangkan persamaan distribusi probabilitasnya adalah:

$$P'(X, k, q) = \binom{-k}{X} \cdot (-q)^X \cdot (1 - q)^k \dots \dots \dots (3.24)$$

atau:

$$P'(X, k, q) = \left[\begin{matrix} X+k-1 \\ k-1 \end{matrix} \right] \cdot q^X (1 - q)^k \dots \dots \dots (3.25)$$

dimana:

k = jumlah pelanggan

q = waktu pendudukan rata-rata tiap pelanggan

X = jumlah pelanggan sibuk bersama-sama

III.6.3. Distribusi Poisson

Dari persamaan (3.23), bila jumlah pelanggan ditingkatkan sampai mendekati tak berhingga, sedangkan waktu pendudukan diperkecil sampai mendekati nol, maka persamaan tersebut akan menjadi:

$$P'(X, S, h) \approx \text{Limit}_{\substack{S \rightarrow \infty \\ h \rightarrow 0}} \binom{X}{S} h^X (1 - h)^{S-X}$$

$$= e^{-sh} \cdot \frac{(Sh)^x}{x!} \dots \dots \dots (3.26)$$

Di sini terlihat bahwa Sh tetap terbatas harganya dan tetap. Dengan mengganti $Sh = a$ dan dengan menggunakan simbol P, diperoleh rumus POISSON.

$$P'(X, a) = e^{-a} \cdot \frac{a^x}{x!} \dots \dots \dots (3.27)$$

Persamaan (3.27) menganggap adanya jumlah pelanggan yang tak berhingga atau jumlah panggilan tak berhingga, dan masing-masing dengan waktu pendudukan yang mendekati 0. Untuk dapat menerapkan kenyataan tersebut dalam kondisi nyata, perlu diasumsikan bahwa: Waktu pendudukan saluran/pelanggan = waktu pendudukan pendek dari sejumlah pelanggan lainnya. Sedangkan aliran trafik yang mengikuti distribusi Poisson diartikan dengan suatu panggilan yang datangnya secara acak.

B A B IV

SIMULASI TRAFIK TELEPON

IV.1. PERMODELAN SIMULASI

Manajemen menjadi semakin rumit dengan semakin kompleksnya pertumbuhan sistem-sistem terorganisasi dalam masyarakat. Kekompleksan ini dinyatakan dari hubungan antara elemen-elemen organisasi dengan sistem-sistem fisik, dimana keduanya saling berinteraksi. Apabila ada perubahan sesuatu aspek dari sistem, maka ada kemungkinan akan menyebabkan perubahan dalam bagian lain dari sistem itu. Oleh sebab itu pengetahuan mengenai analisa sistem sangat membantu para manajer untuk mempelajari dan mengerti perubahan yang semakin bercabang-cabang tersebut. Salah satu alat bantu untuk menganalisa desain dan operasi suatu sistem dan operasi sistem-sistem yang kompleks adalah simulasi. Simulasi merupakan salah satu cara penyelesaian model yang akhir-akhir ini sering digunakan dalam memecahkan masalah yang berhubungan dengan penyelidikan dan ilmu manajemen.

IV.1.1. PENGANTAR SIMULASI

Simulasi dapat diartikan menirukan proses-proses yang ada pada dunia nyata. Proses-proses ini seringkali disebut sistem. Untuk mempelajarinya secara ilmiah, perlu terlebih dahulu dibuat asumsi-asumsi tentang bagaimana sistem tersebut bekerja. Asumsi-asumsi ini membentuk suatu model yang digunakan untuk menyelidiki tingkah laku sistem yang bersangkutan. Kekompleksan suatu model tergantung seberapa banyak asumsi tersebut dibuat.

Eksperimen secara langsung terhadap sistem yang ada tidak mungkin dilakukan, sebab membutuhkan biaya yang sangat besar dan mungkin dapat mengganggu operasi sistem yang bersangkutan. Sebagai contoh untuk menentukan jumlah pelanggan yang dapat dilayani oleh suatu sentral untuk kondisi daerah-daerah yang berbeda agar tingkat pelayanan yang diberikan terhadap pelanggan dapat memuaskan, tidak dapat dilakukan dengan eksperimen secara nyata dengan mengubah-ubah jumlah pelanggan dalam satu sentral tersebut. Hal ini dapat mengurangi kepercayaan masyarakat terhadap perusahaan penyedia jasa telekomunikasi tersebut.

Simulasi adalah proses mendesain suatu sistem yang ada pada dunia nyata dengan melakukan sekumpulan eksperimen dengan model ini untuk menyelidiki tingkah laku sistem atau mengevaluasi kebijaksanaan-kebijaksanaan yang bervariasi

untuk operasi suatu sistem. Dalam simulasi ini digunakan komputer untuk mengevaluasi model secara simulatif selama periode waktu tertentu atau sejumlah observasi tertentu. Data-data output yang dihasilkan selama eksperimen simulasi digunakan untuk mengestimasi karakteristik-karakteristik yang diinginkan dari suatu model.

Di atas telah dijelaskan bahwa simulasi berhubungan dengan operasi suatu sistem, yang merupakan sekumpulan komponen yang membentuk kesatuan, berinteraksi untuk melaksanakan fungsi tertentu. Dalam prakteknya, sistem yang dipelajari tersebut mungkin hanya merupakan bagian dari keseluruhan sistem. Dengan demikian, suatu model merupakan representasi dari sistem yang dibuat untuk mempelajari karakteristik sistem tersebut.

State suatu sistem didefinisikan sebagai variabel-variabel yang diperlukan untuk menggambarkan kondisi sistem tersebut pada suatu waktu tertentu. Dalam suatu sentral telepon ini, contoh state adalah: kapasitas terpasang dari suatu sentral, derajat pelayanan sentral tersebut (yang diperoleh dari hasil pengamatan yang telah dilakukan selama waktu tak terbatas), Jumlah rata-rata panggilan yang terjadi pada sentral tersebut (dari hasil pengamatan atau desain dari sentral).

IV.1.2. Proses pembentukan model

Dalam proses pembentukan model, diperlukan langkah-langkah sebagai berikut:

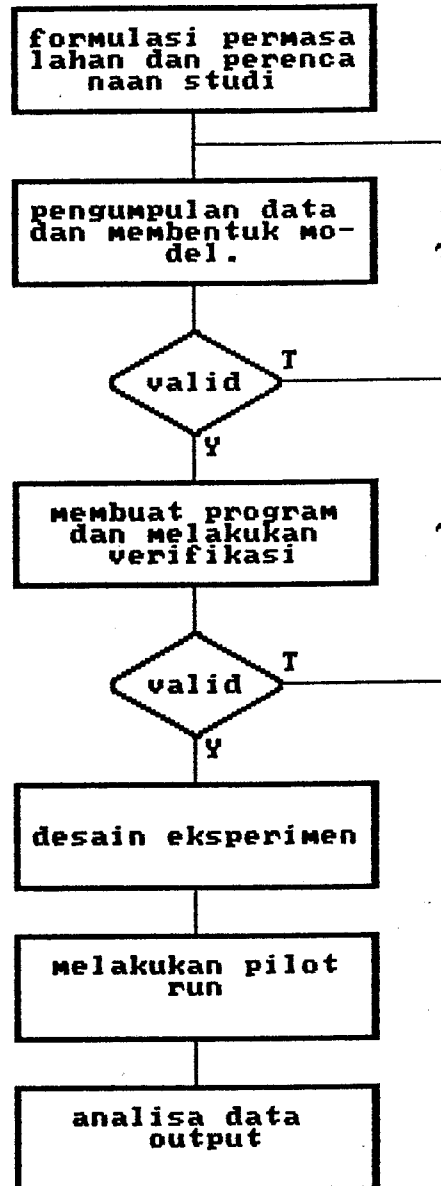
1. Menentukan tujuan model.
2. Menentukan state-state yang mungkin terjadi.
3. Menentukan sejumlah parameter dan variabel hubungan state tersebut
4. Menyatakan hubungan antar state (hubungan tersebut bisa dinyatakan sebagai fungsi atau dalam bentuk proses).
5. Pembentukan model dimulai dari model yang sederhana ke model yang kompleks, sampai didapatkan yang sesuai dengan sistem yang sebenarnya.

Model yang baik memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Modelnya mudah dipahami oleh pemakai.
2. Dapat dipakai langsung untuk mencapai sasarannya.
3. Mudah dikontrol, dimanipulasi dan diupdate (harus fleksibel terhadap perubahan input).
4. Mudah untuk dikendalikan.
5. Lengkap dan tahan uji.
6. Evolusioner terhadap pemakainya, artinya dimulai dari yang sederhana dan menjadi lebih kompleks mengikuti pemakainya.

IV.1.3. Langkah-langkah dalam studi simulasi

Langkah-langkah yang diperlukan untuk melakukan studi simulasi adalah sebagai berikut:



GAMBAR 4.1

LANGKAH-LANGKAH DALAM STUDI SIMULASI

IV.1.4. Keuntungan dan Kerugian model simulasi

Penyelesaian suatu model dengan cara simulasi dapat memberikan keuntungan dan kerugian. Keuntungan pemakaian model simulasi adalah sebagai berikut:

- (1) Pada umumnya sistem sangat kompleks, sehingga hubungan antar variabel sistem sulit diformulasikan, terutama apabila banyak dijumpai variabel-variabel acak, yang tidak dapat dinyatakan secara tepat dengan model matematik yang dapat dievaluasi secara analitik atau numerik.
- (2) Simulasi dapat digunakan untuk mengestimasi penampilan suatu sistem dengan kondisi pengoperasian yang diubah-ubah.
- (3) Beberapa alternatif sistem dapat dibandingkan untuk mendapatkan sistem terbaik yang sesuai dengan persyaratannya.
- (4) Dengan simulasi, kondisi eksperimen dapat dijaga tetap.
- (5) Simulasi dapat memperpanjang dan memampatkan waktu.

Sedangkan kerugiannya adalah:

- (1) Pembentukan model memerlukan waktu dan biaya yang cukup besar.

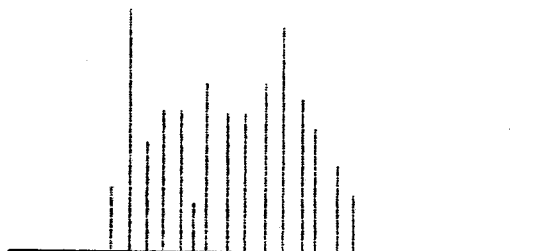
- (2) Untuk tiap run dari model simulasi stokastik menghasilkan estimasi dari karakteristik sistem yang dipelajari untuk sekumpulan parameter input. Oleh karenanya diperlukan beberapa kali run untuk sekumpulan parameter input.
- (3) Angka yang dihasilkan mudah dimanipulasi.
- (4) Sering terjadi kesalah pahaman dalam metodologinya.

IV.2. PENENTUAN DISTRIBUSI DATA

Untuk dapat membangkitkan variabel acak (seperti permintaan sambungan yang datang dari pelanggan), harus diketahui terlebih dahulu variabel-variabel acak ini. Selanjutnya bila distribusi variabel-variabel acak ini telah diketahui, dapat dilakukan pembangkitan variabel-variabel acak tersebut untuk menjalankan program simulasi.

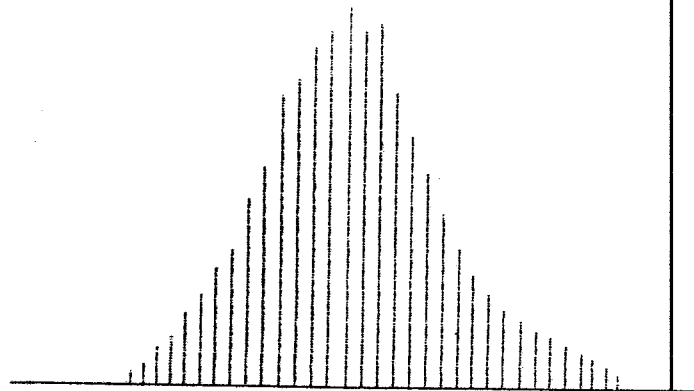
Pada kenyataannya data (trafik teleponi) yang datang dari pelanggan sifatnya adalah amat acak. Sedangkan untuk mengetahui kelayakan dari sentral, Diperlukan suatu pengukuran secara periodik dan rinci, dimana perubahan-perubahan acak yang terjadi dari aliran trafik akan mengikuti suatu pola tertentu. Umumnya hasil-hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa trafik sesaat berubah-ubah di sekitar harga rata-ratanya.

Untuk menentukan hubungan yang umum antara intensitas trafik selama jam sibuk (busy hour) dengan jumlah rata-rata dari elemen-elemen sambungan untuk harga derajat pelayanan tertentu digunakan teori peluang (probabilitas)



GAMBAR 4. 2²⁰⁾

DISTRIBUSI FREKWENSI TRAFIK UNTUK PENGAMATAN 1 JAM



GAMBAR 4. 3²¹⁾

DISTRIBUSI FREKWENSI TRAFIK UNTUK PENGAMATAN 50 JAM

20) *Ramses R. Minna, p.10*

21) *Loc.Cit*

Gambar 4.1 dan gambar 4.2 menunjukkan bahwa jumlah cuplikan dari aliran trafik yang terjadi akan menentukan keteraturan dari pola distribusi frekwensi.

Bila pengamatan dilakukan sampai dengan waktu tak berhingga, yang berarti akan didapatkan jumlah cuplikan yang tak berhingga pula, maka distribusi frekwensi akan dapat mencapai suatu keadaan yang seimbang dan dapat sama dengan distribusi frekwensi secara teoritis.

Sedangkan distribusi frekwensi itu sendiri selain diperoleh dari hasil pengamatan terhadap sentral, dapat pula diperoleh dari hasil simulasi untuk keperluan-keperluan analisis di atas kertas.

IV.3. PENDEKATAN UMUM UNTUK PEMBANGKITAN VARIABEL ACAK

Teknik pembangkitan variabel acak didasarkan pada fungsi kumulatif. Variabel acak yang ditentukan adalah variabel acak yang berperan dalam lalu lintas telepon. Ada tiga metode yang sering digunakan untuk membangkitkan variabel acak, yaitu:

- Metode transformasi balik
- Metode konvolusi
- Metode acceptance-rejection

Adapun kebutuhan yang paling utama untuk semua metode pembangkitan variabel acak dari berbagai distribusi adalah tersedianya variabel acak $U(0,1)$ yang berdistribusi sama dan independen. Dalam bahasa Pascal telah tersedia fasilitas untuk membangkitkan variabel acak $U(0,1)$, yaitu dengan menggunakan fungsi RANDOM.

IV.3.1. Metode transformasi balik

Metode yang digunakan untuk menghasilkan variabel acak adalah metode transformasi balik, yaitu variabel acak dengan $X = F^{-1}(U)$. Metode ini digunakan pada:

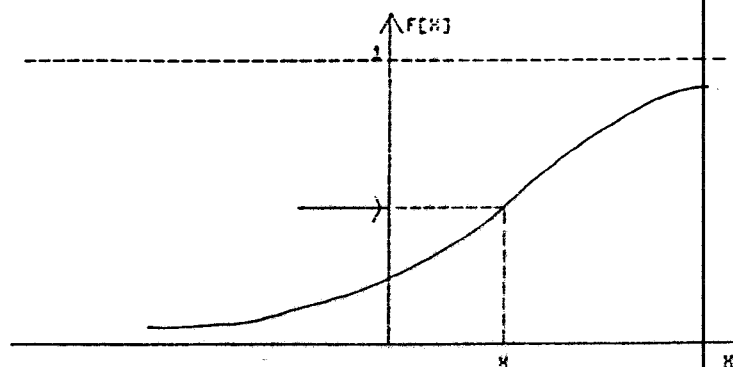
1. Variabel acak kontinu.

Anggap bahwa akan ditentukan variabel acak X dan mempunyai fungsi distribusi kumulatif F , dimana F mempunyai nilai diantara $0 \leq F(X) \leq 1$.

Ambil notasi F^{-1} sebagai fungsi invers distribusi kumulatif F . Maka algoritma untuk membangkitkan variabel acak X yang mempunyai fungsi distribusi kumulatif kontinu F adalah:

- hasilkan $U \in U(0,1)$, yang dihasilkan dari fungsi random pada Pascal.
- $X = F^{-1}(U)$, dimana $F^{-1}(U)$ selalu terdefinisi, karena $0 \leq U \leq 1$ dan $0 \leq F^{-1}(U) \leq 1$.

Secara grafis, algoritma pembangkitan variabel acak kontinu tersebut dapat diilustrasikan seperti gambar 4.5.



GAMBAR 4. 4²²⁾

METODE TRANSFORMASI BALIK
UNTUK VARIABEL ACAK KONTINU

2. Variabel acak diskrit

Misalkan X adalah variabel acak diskrit yang mempunyai nilai-nilai X_1, X_2, \dots dan $X_1 < X_2 < \dots$ dengan fungsi distribusi:

²²⁾ Averill M. Law, SIMULATION MODELING AND ANALYSIS, McGraw-Hill, 1982, p-243

$$\begin{aligned}
 F(X) &= P\{X < x\} \\
 &= \sum_{\{i: x_i < x\}} p(x_i)
 \end{aligned}$$

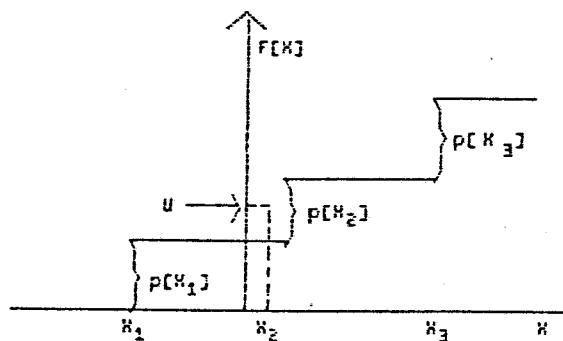
dimana $p(x_i)$ adalah fungsi probabilitas:

$$p(x_i) = P\{X = x_i\}$$

Algoritma untuk membangkitkan variabel acak diskrit dengan distribusi F adalah:

- hasilkan $U \in U(0, 1)$.
- tentukan bilangan bulat positif integer terkecil i sedemikian hingga $U \leq F(x_i)$ dan dapatkan $X = x_i$.

Secara grafis, algoritma pembangkitan variabel acak diskrit dapat diilustrasikan seperti gambar 4.6.



GAMBAR 4. 5²³⁾

METODE TRANSFORMASI BALIK
UNTUK VARIABEL ACAK DISKRIT

²³⁾ *ibid*, p-244

IV.3.2. Metode konvolusi

Metode konvolusi digunakan jika variabel acak yang digunakan dapat dinyatakan sebagai penjumlahan beberapa variabel acak yang berdistribusi secara independen dan identik (IID). Anggap bahwa Y_1, Y_2, \dots, Y_m sedemikian hingga $Y_1 + Y_2 + \dots + Y_m$ mempunyai distribusi yang sama dengan X , maka dapat dinyatakan :

$$X = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_m$$

di mana distribusi dari X disebut konvolusi lipat m dari distribusi Y_j .

Prosedur untuk membangkitkan variabel acak X dengan metode konvolusi adalah:

1. hasilkan Y_1, Y_2, \dots, Y_m masing-masing dengan fungsi distribusi G .
2. $X = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_m$.

IV.4. ALGORITMA PEMBANGKITAN VARIABEL ACAK

Pada bagian ini dijelaskan algoritma untuk membangkitkan variabel acak dari beberapa distribusi variabel acak yang berperanan dalam distribusi trafik telepon.

Untuk tiap-tiap fungsi distribusi hanya akan diberikan satu algoritma yang termudah dan tercepat untuk dilaksanakan,

walaupun mungkin terdapat lebih dari satu algoritma yang dapat digunakan untuk membangkitkan variabel acak dengan distribusi tersebut.

IV.4.1. Distribusi Binomial

Variabel acak dengan distribusi binomial dapat dihasilkan dengan algoritma sebagai berikut:

- Tentukan nilai n dan nilai p .
- hasilkan $U \in U(0, 1)$
- bersesuaian dengan distribusi binomial, ditentukan variabel acak dengan syarat sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{n!}{x! (n-x)!} p^x q^{n-x}, \quad x = 0, 1, 2, \dots, n$$

IV.4.2. Distribusi Poisson

Variabel acak dengan distribusi Poisson, dapat dihasilkan dengan algoritma sebagai berikut:

- hasilkan $U \in U(0, 1)$
- bersesuaian dengan distribusi Poisson, ditentukan variabel acak dengan syarat sebagai berikut:

$$p(x) = \binom{n}{x} \left(\frac{\lambda}{n}\right)^x \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^{n-x}$$

dan

$$f(x) = \frac{\lambda x \cdot e^{-\lambda}}{x!}, \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

sedangkan

$$F(x) = \sum_{k=0}^x \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^k}{k!}$$

B A B V

ANALISA HASIL SIMULASI

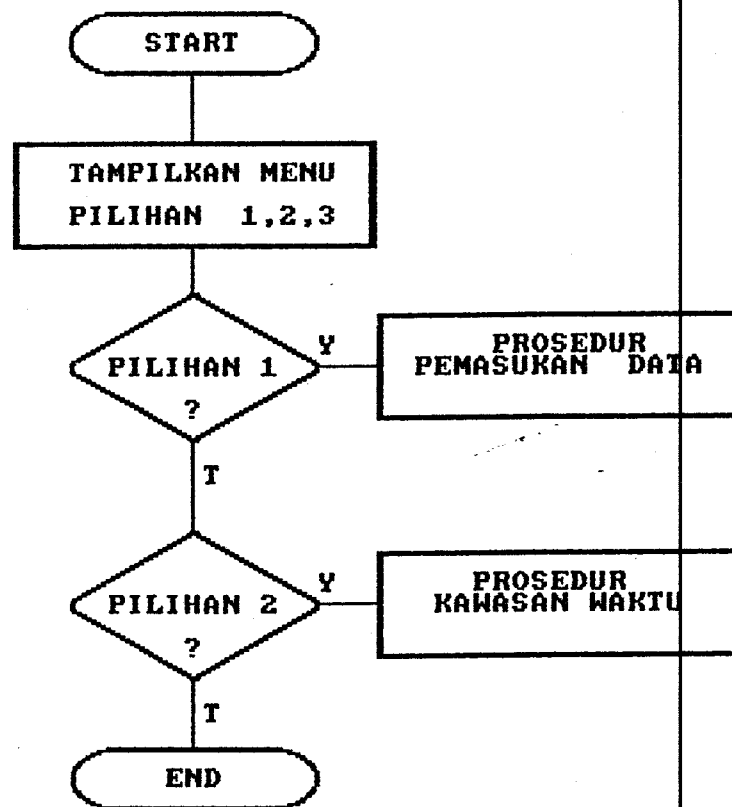
V.1. PROGRAM SIMULASI

Program simulasi yang dibuat di sini memerlukan tiga buah input, yaitu:

1. Kapasitas terpasang dari sentral yang bersangkutan.
2. Derajat pelayanan dari sentral tersebut.
3. Call Rate atau rata-rata panggilan yang terjadi pada sentral tersebut.

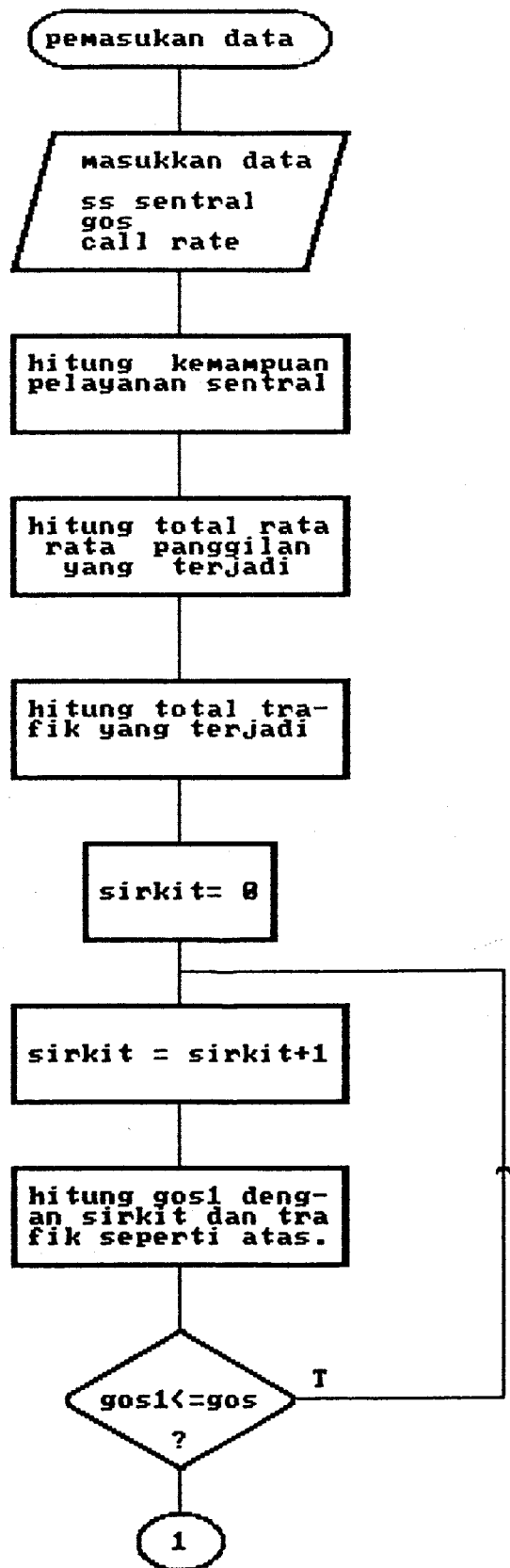
Dari data tersebut, diasumsikan bahwa 95 % dari Kapasitas sentral terpasang dipakai untuk hubungan lokal. Sedangkan yang 5 % dipakai untuk SLJJ, perawatan, keperluan temporer dan lain-lain. Derajat pelayanan sentral, diperoleh dari hasil pengamatan yang dilakukan pada sentral tersebut. Sedangkan Rata-rata panggilan yang terjadi, diasumsikan bahwa untuk daerah perumahan adalah sebesar 40 m Erlang untuk setiap pelanggan, dan untuk daerah bisnis adalah sebesar 72 m Erlang untuk setiap pelanggan. Dengan menggunakan rumus (3.5), (3.6) dan (3.10), maka harga α (V_{mr}) dapat diketahui. Dari harga α tersebut, dapat ditentukan distribusi dari trafik telepon yang bersangkutan.

- a. $0 < \alpha < 1$ didefinisikan sebagai distribusi trafik halus.
- b. $\alpha > 1$ didefinisikan sebagai distribusi trafik kasar.
- c. $\alpha = 1$ didefinisikan sebagai distribusi trafik acak.



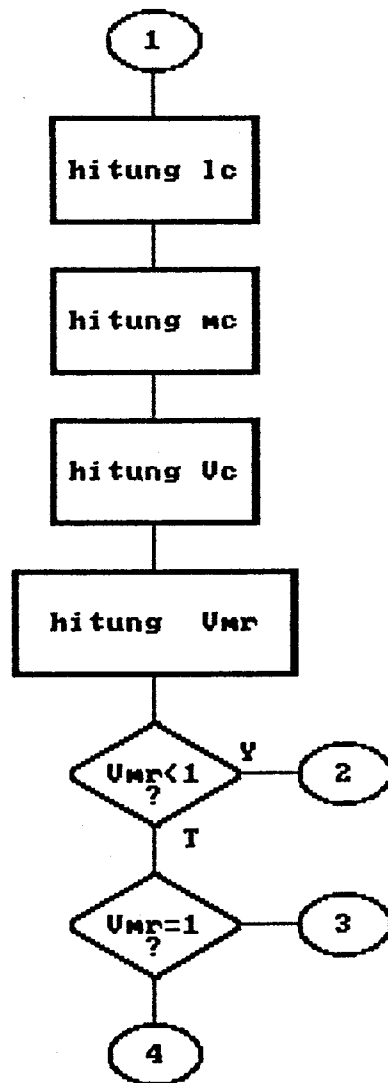
GAMBAR 5.1.

DIAGRAM ALUR PROGRAM SIMULASI



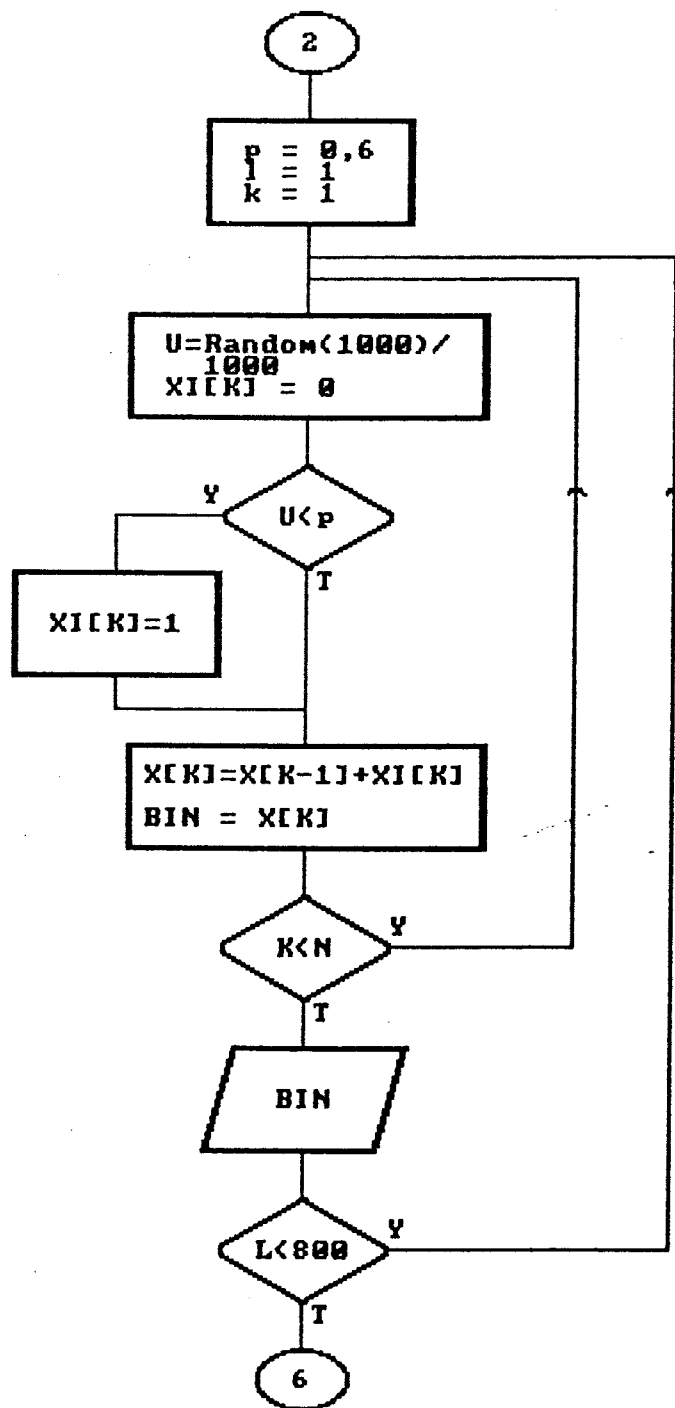
GAMBAR 5. 1. a.

DIAGRAM ALUR PERHITUNGAN SIRKIT



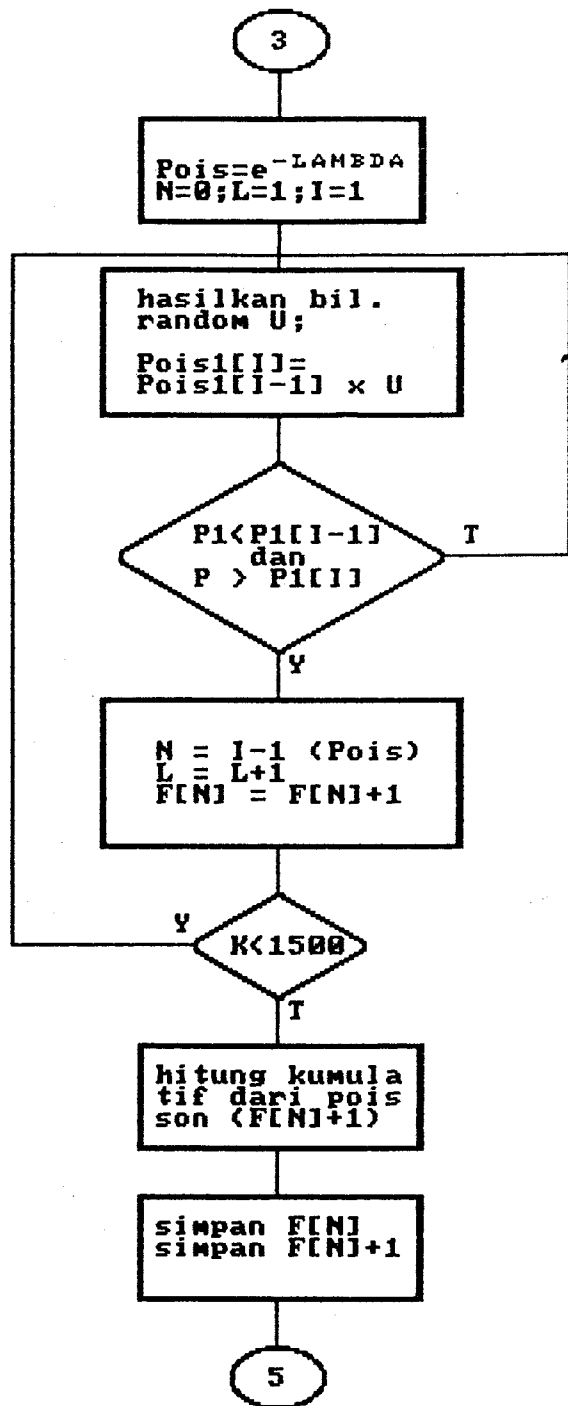
GAMBAR 5. 1. b.

DIAGRAM ALUR PERHITUNGAN Vmr



GAMBAR 5. 1. c.

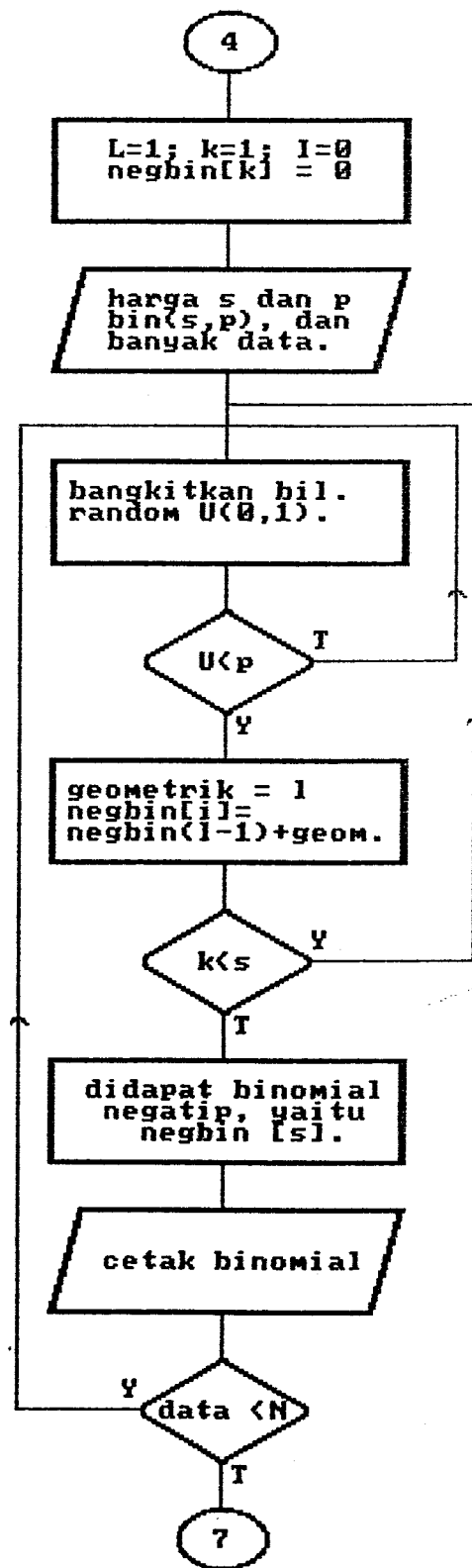
DIAGRAM ALUR PEMBANGKITAN VARIABEL RANDOM
UNTUK BINOMIAL POSITIF



GAMBAR 5. 1. d.

DIAGRAM ALUR PEMBANGKITAN VARIABEL RANDOM

UNTUK POISSON



GAMBAR 5.1.e.

DIAGRAM ALUR PEMBANGKITAN VARIABEL RANDOM
UNTUK BINOMIAL NEGATIF

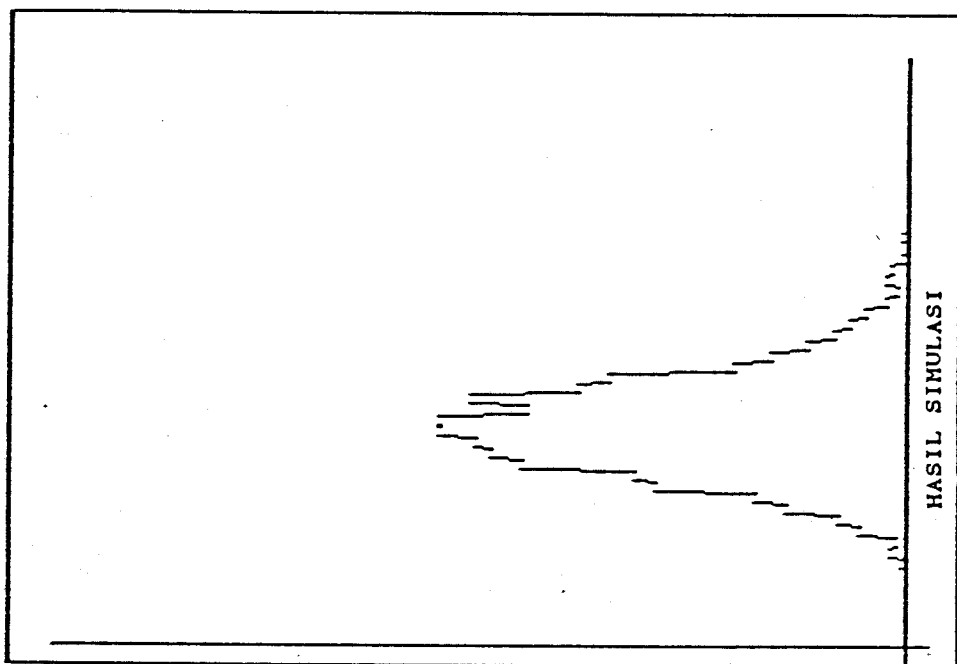
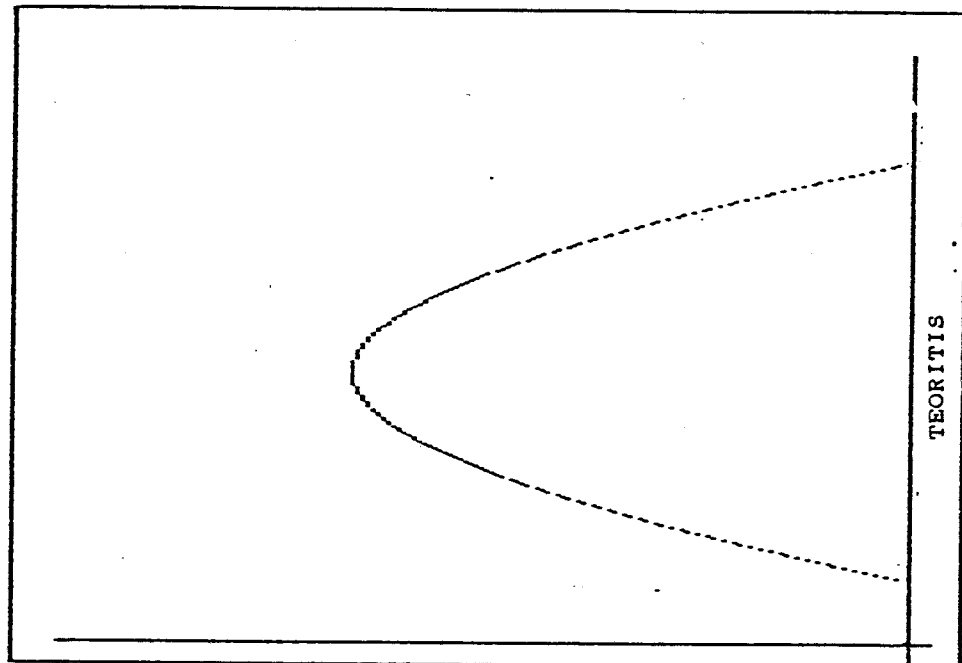
V.2. EKSPERIMEN SIMULASI

Karena program simulasi yang dibuat di sini memerlukan perhitungan yang tinggi, maka sebelum kita melakukan run terhadap program tersebut, harus dipastikan terlebih dahulu bahwa komputer yang akan digunakan memakai Math-Processor 8087. Setelah kita pastikan bahwa tidak terjadi permasalahan komputer, maka program dapat kita laksanakan dengan data input seperti tersebut di atas. Pertama kali yang akan dilakukan adalah menentukan harga mean dan varian dari data teknis sentral yang telah dimasukkan tadi, yaitu dengan menggunakan rumus (3.5). Disamping menentukan harga mean dan varian, ditentukan pula jumlah trafik yang dapat dilayani (dengan asumsi bahwa 95 % dari trafik yang tersedia dipakai untuk hubungan lokal), serta rata-rata jumlah panggilan total dari sentral tersebut. Sedangkan harga Vmr (α) diperoleh dari perbandingan antara varian dan mean dari trafik caried. Dari harga α tersebut, dapat ditentukan jenis trafik yang terjadi pada sentral dan model distribusi trafiknya. Di bawah ini akan ditunjukkan tabel hasil dari simulasi tersebut.

TABEL 5.1

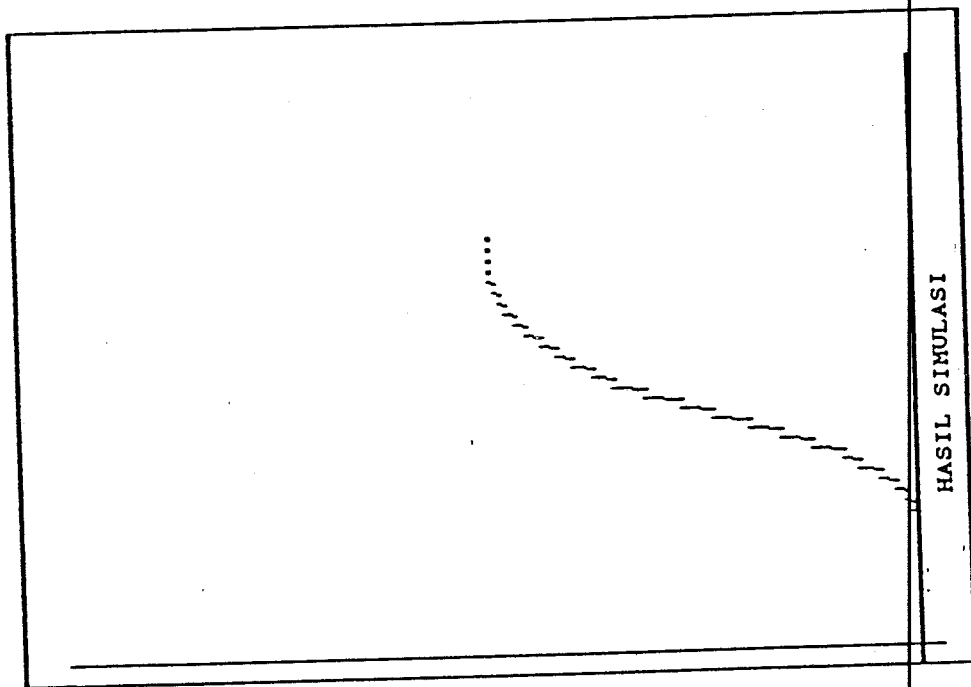
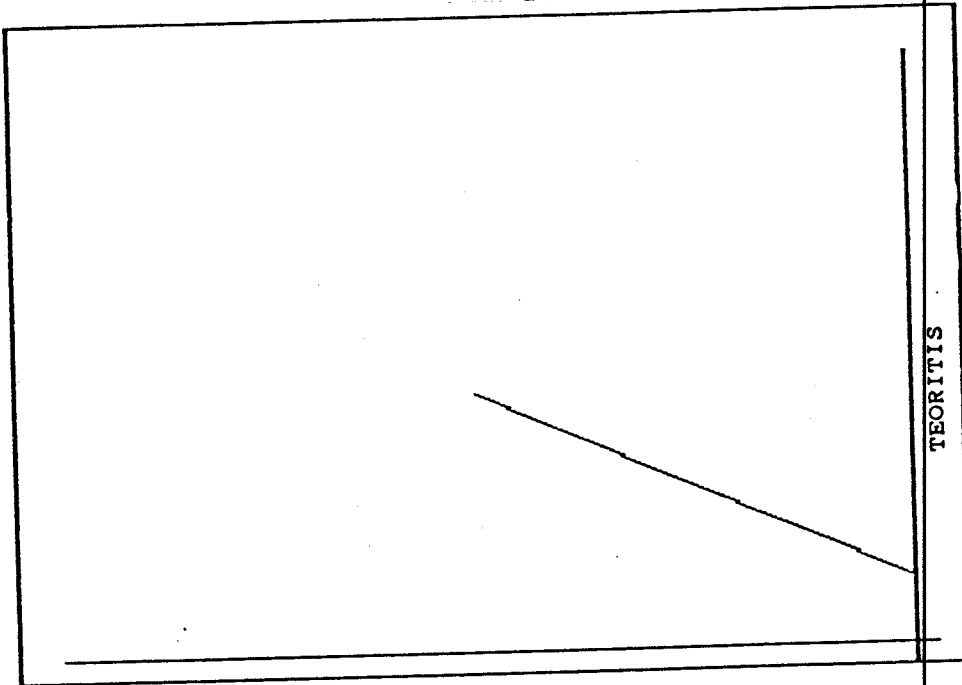
HASIL SIMULASI TRAFIK TELEPON

Kapasitas Sentral (ss)	GOS Z	Call Rate (m Erl)	Jumlah Pelanggan yang dapat dilayani (ss)	Jumlah sirkuit yang diperlukan	Barga α	Total Call Rate (Erl)	Jenis Trafik	Model Distribusi
5000	1	70	4950	59	0,97	333	HALUS	BINOMIAL POSITIP
7000	1	70	6930	105	0,09	466	HALUS	BINOMIAL POSITIP
3000	1	40	2970	12	1,00	114	ACAK	POISSON
7000	1	40	6930	40	1,00	266	ACAK	POISSON
9000	1	40	8910	62	0,93	392	HALUS	BINOMIAL POSITIP
5000	1	72	4950	62	0,93	392	HALUS	BINOMIAL POSITIP
7000	1	72	6930	111	0,07	479	HALUS	BINOMIAL POSITIP
3000	1	45	2970	14	1,00	126	ACAK	POISSON
7000	1	45	6930	49	1,00	299	ACAK	POISSON
9000	1	45	8910	75	0,49	385	HALUS	BINOMIAL POSITIP



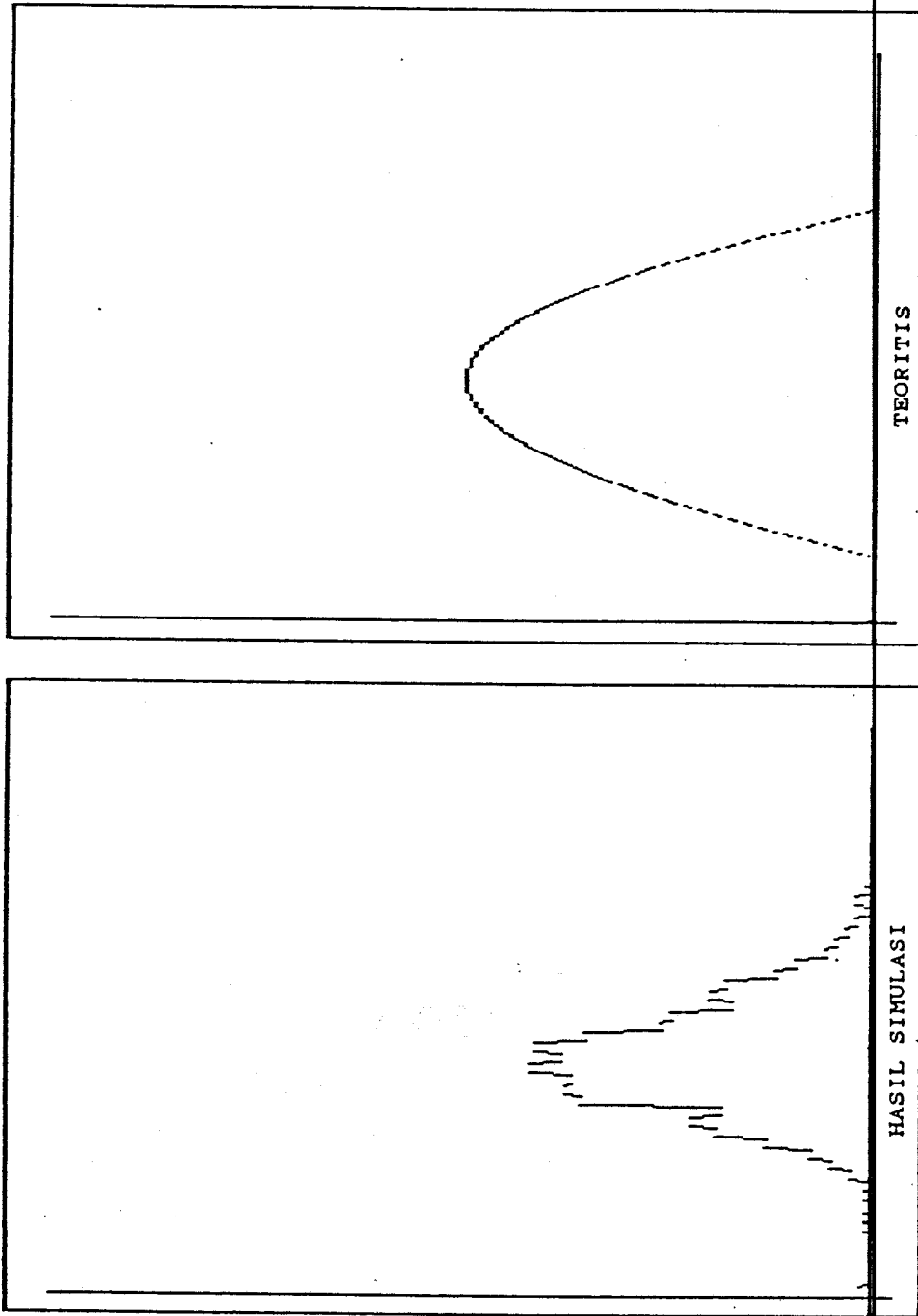
GAMBAR 5. 2

HASIL SIMULASI TRAFIK UNTUK DISTRIBUSI BINOMIAL POSITIF

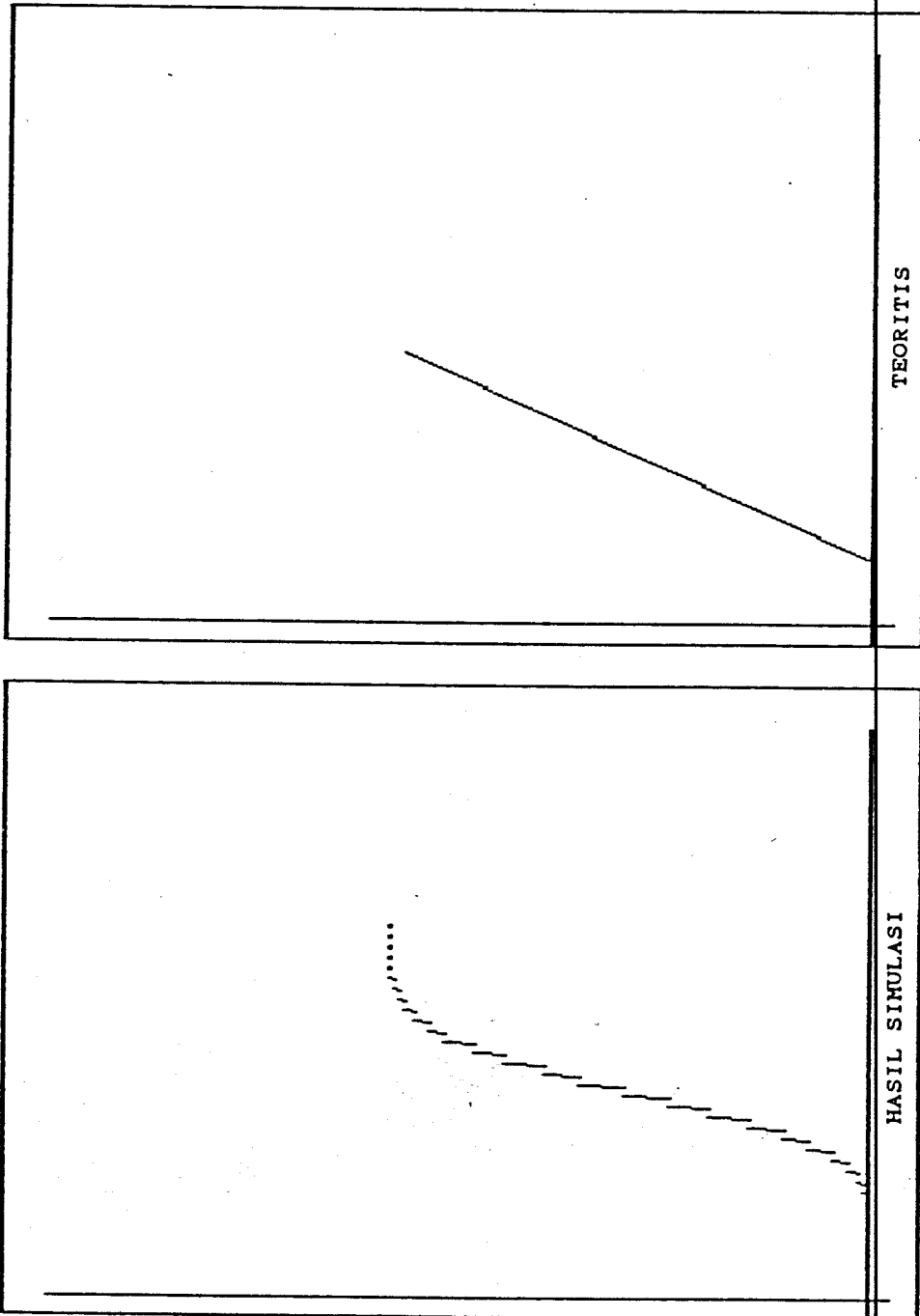


GAMBAR 5.3

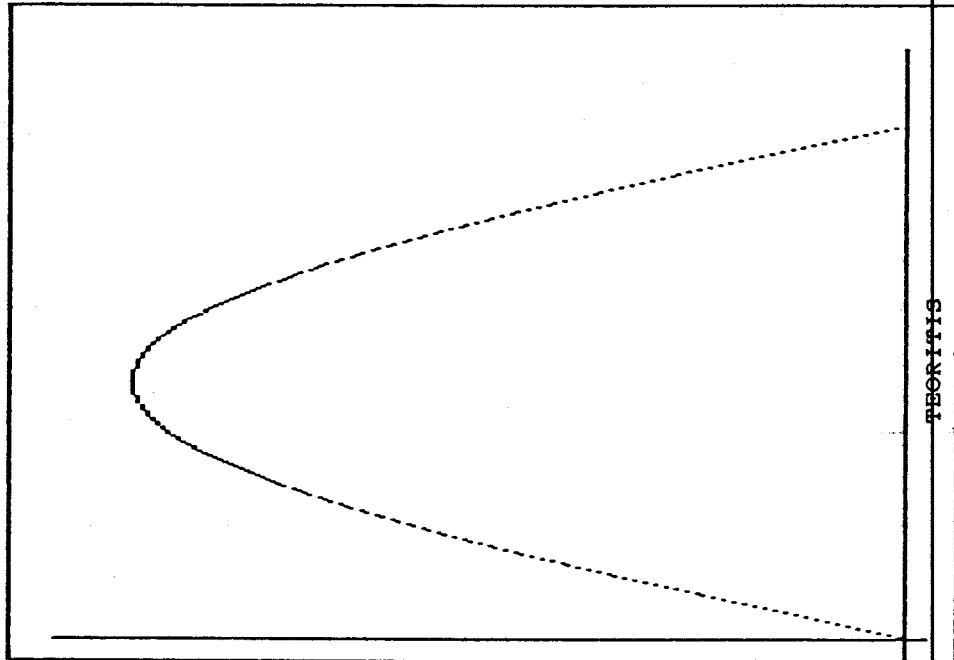
DISTRIBUSI KUMULATIF BINOMIAL POSITIF



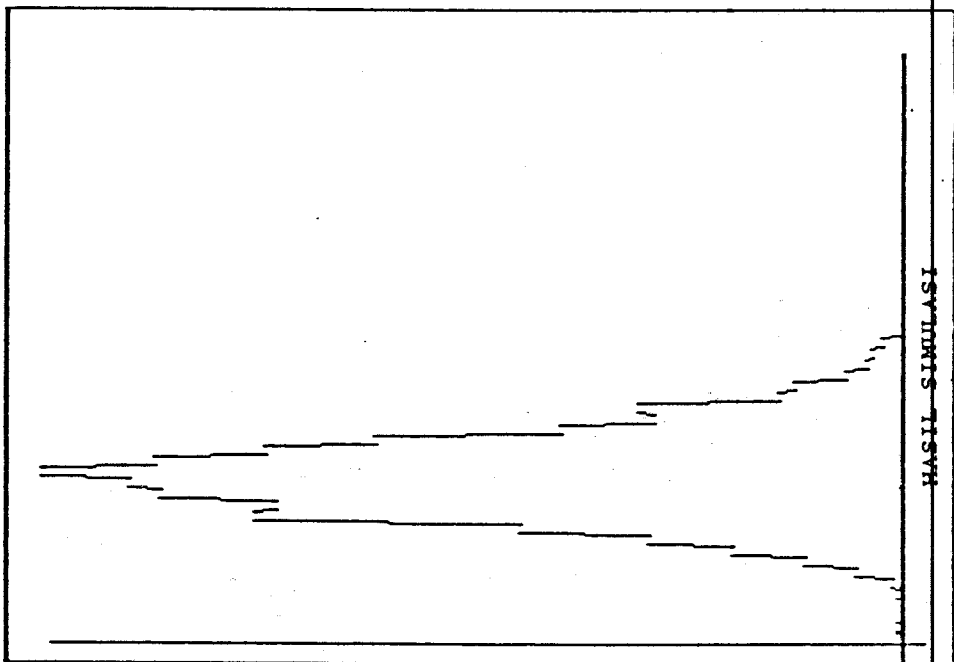
HASIL SIMULASI TRAFIK UNTUK DISTRIBUSI BINOMIAL NEGATIF
GAMBAR 5. 4



GAMBAR 5. 5
DISTRIBUSI KUMULATIF BINOMIAL NEGATIF



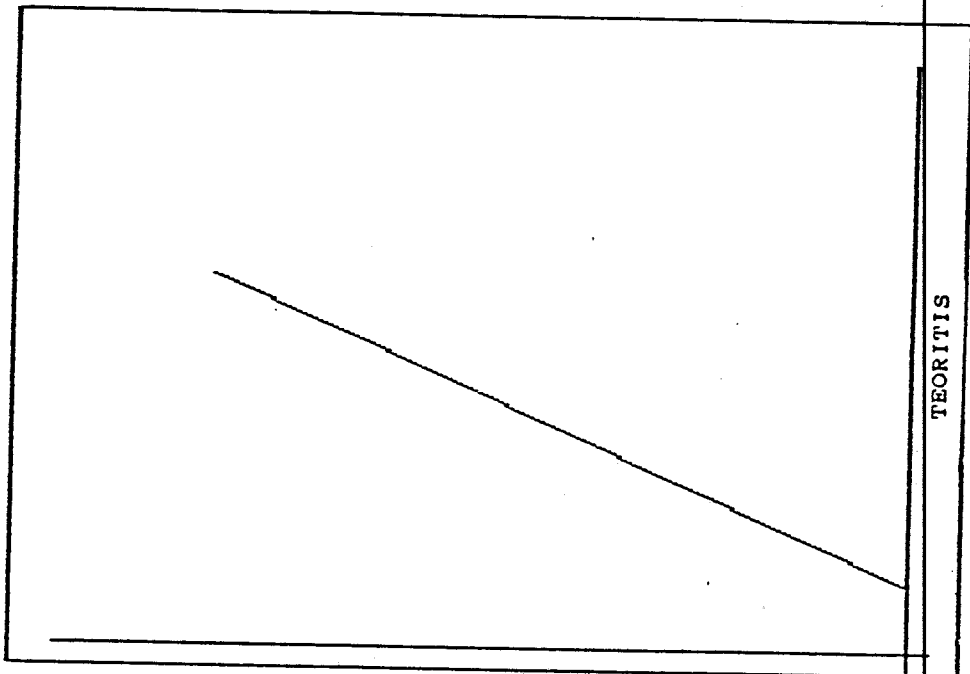
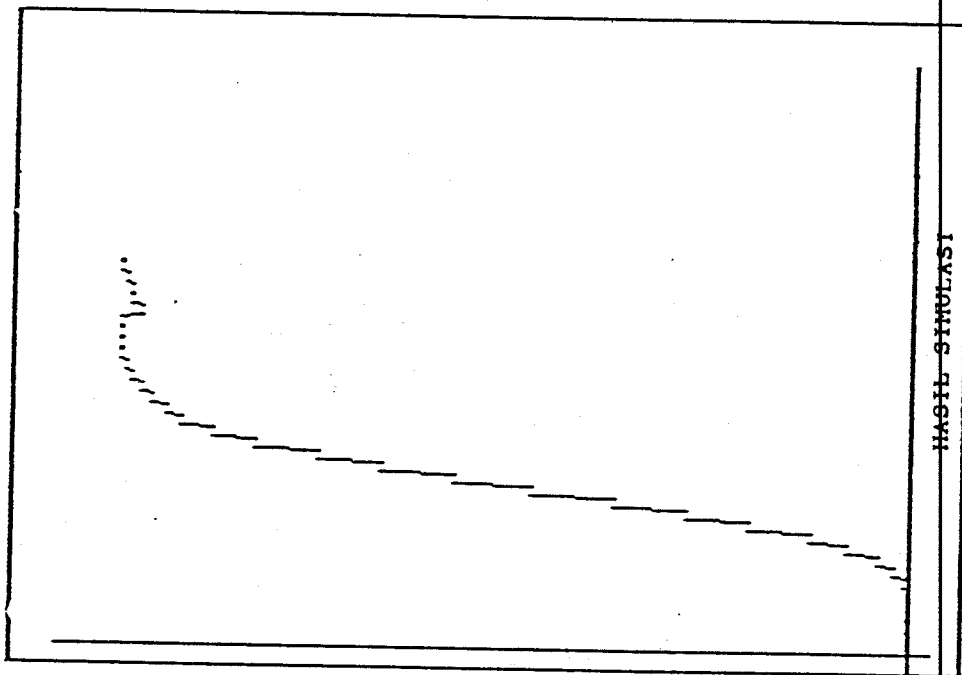
TEORITIS



HASIL SIMULASI

GAMBAR 5. 6

HASIL SIMULASI TRAFIK UNTUK DISTRIBUSI POISSON



GAMBAR 5.7
DISTRIBUSI KUMULATIF POISSON

B A B VI KESIMPULAN

V.1. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, secara umum dapat disimpulkan bahwa:

- Teknik simulasi merupakan salah satu cara yang baik untuk mempelajari kelakuan dari trafik telepon, dimana cara analisis kurang praktis digunakan untuk menganalisa sistem tersebut.
- Kelayakan dan efisiensi dari suatu sentral ditentukan oleh banyaknya saluran yang harus dipasang pada pelanggan dan untuk kebutuhan apa saluran tersebut digunakan oleh pelanggan. Jadi saluran yang harus dipasang pada daerah industri tidak akan sama dengan banyaknya saluran yang harus dipasang pada daerah perumahan untuk kapasitas sentral yang sama, karena intensitas trafik untuk kedua daerah tersebut berbeda.
- Besarnya intensitas trafik dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, yang antara lain adalah besarnya jumlah pelanggan (satuan sambungan), tingkat pertumbuhan

- ekonomi (PDRB), jumlah penduduk, dan lain sebagainya.
- Dari hasil simulasi, dapat dibandingkan dengan teori yang berlaku untuk distribusi trafik.
 - Perangkat lunak ini dapat diterapkan untuk sentral lain, dengan parameter-parameter input yang sama.
 - Dengan demikian perangkat lunak ini dapat dipakai untuk memantau sejauh mana kelayakan suatu sentral dalam melayani pelanggan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Graham Langley, MBE, Bsc, CEng, FIEE, MBIM, *PRINSIP DASAR TELEKOMUNIKASI*, Pt Gramedia, Jakarta 1985.
2. Lansun Lee, Dr., *AN INTRODUCTION TO TELECOMMUNICATIONS NETWORK TRAFFIC ENGINEERING*, ATI, Edmonton, Alberta, Canada, 1986 Edition.
3. Lansun Lee, Dr., *TELECOMMUNICATION SERVICE QUALITY AND TRAFFIC ENGINEERING*, ATI, Oktober 1988.
4. Leijon, *FORECASTING THEORIES*, Tetrapro, ITU, Bangkok 1987.
5. Ramses R. Mina, *TELETRAFFIC ENGINEERING*, Telephony, The Journal Of Telephone Industry, Telephony Publishing Corp. Chicago 1974.
6. Roger L. Freeman, *TELECOMMUNICATION SYSTEM ENGINEERING; ANALOG AND DIGITAL NETWORK DEIGN*, John Wiley & Sons, Inc., New York, Februari 1980.
7. Ronald E. Walpole, Raymond H. Mayers, *ILMU PELUANG DAN STATISTIKA UNTUK INSINYUR DAN ILMUWAN*, ITB, 1986.
8. Suhana dan Shigeki Shoji, Ir., *BUKU PEGANGAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI*, Cetakan ketiga, PT Pradnya Paramita, Jakarta 1981.

9. T. J. Morgan CGIA, C. Eng. FIEE, *TELECOMMUNICATIONS ECONOMICS*, Second Edition, Technicopy Limited, England, 1976.
10., *PROGRAM EXPLANATION FOR TRAFFIC DISTRIBUTION AND CIRCUIT CALCULATION*, The Nippon Telecommunications Consulting. Co. Ltd, June 1983.

Table 1.1 Trunk-loading Capacity, Based on Erlang B Formula, Full Availability

Trunks	Grade of Service I in 1000		Grade of Service I in 500		Grade of Service I in 200		Grade of Service I in 100		Grade of Service I in 50		Grade of Service I in 20	
	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU
1	0.04	0.001	0.07	0.002	0.2	0.005	0.4	0.01	0.7	0.02	1.8	0.05
2	1.8	0.05	2.5	0.07	4	0.11	5.4	0.15	7.9	0.22	14	0.38
3	6.8	0.19	9	0.25	13	0.35	17	0.46	22	0.60	32	0.90
4	16	0.44	19	0.53	25	0.70	31	0.87	39	1.09	55	1.52
5	27	0.76	32	0.90	41	1.13	49	1.36	60	1.66	80	2.22
6	41	1.15	48	1.33	58	1.62	69	1.91	82	2.28	107	2.96
7	57	1.58	65	1.80	78	2.16	90	2.50	106	2.94	135	3.74
8	74	2.05	83	2.31	98	2.73	113	3.13	131	3.63	163	4.54
9	92	2.56	103	2.85	120	3.33	136	3.78	156	4.34	193	5.37
10	111	3.09	123	3.43	143	3.96	161	4.46	183	5.08	224	6.22
11	131	3.65	145	4.02	166	4.61	186	5.16	210	5.84	255	7.08
12	152	4.23	167	4.64	190	5.28	212	5.88	238	6.62	286	7.95
13	174	4.83	190	5.27	215	5.96	238	6.61	267	7.41	318	8.83
14	196	5.45	213	5.92	240	6.66	265	7.35	293	8.20	350	9.73
15	219	6.08	237	6.58	266	7.38	292	8.11	324	9.01	383	10.63
16	242	6.72	261	7.26	292	8.10	319	8.87	354	9.83	415	11.54
17	266	7.38	286	7.95	318	8.83	347	9.65	384	10.66	449	12.46
18	290	8.05	311	8.64	345	9.58	376	10.44	414	11.49	482	13.38
19	314	8.72	337	9.35	372	10.33	404	11.23	444	12.33	515	14.31
20	339	9.41	363	10.07	399	11.09	433	12.03	474	13.18	549	15.25
21	364	10.11	388	10.79	427	11.86	462	12.84	503	14.04	583	16.19
22	389	10.81	415	11.53	455	12.63	491	13.65	536	14.90	617	17.13
23	415	11.52	442	12.27	483	13.42	521	14.47	567	15.76	651	18.08
24	441	12.24	468	13.01	511	14.20	550	15.29	590	16.63	685	19.03
25	467	12.97	495	13.76	540	15.00	580	16.12	630	17.50	720	19.99
26	493	13.70	523	14.52	569	15.80	611	16.96	662	18.38	754	20.94
27	520	14.44	550	15.28	598	16.60	641	17.80	693	19.26	788	21.90
28	546	15.18	578	16.05	627	17.41	671	18.64	725	20.15	823	22.87
29	573	15.93	606	16.83	656	18.22	702	19.49	757	21.04	858	23.83
30	600	16.68	634	17.61	685	19.03	732	20.34	780	21.93	893	24.80
31	628	17.44	662	18.39	715	19.85	763	21.19	822	22.83	928	25.77
32	655	18.20	690	19.18	744	20.68	794	22.05	851	23.73	963	26.75
33	683	18.97	719	19.97	774	21.51	825	22.91	887	24.63	998	27.72
34	711	19.74	747	20.76	804	22.34	856	23.77	919	25.53	1033	28.70
35	739	20.52	776	21.56	834	23.17	887	24.64	951	26.43	1068	29.68
36	767	21.30	805	22.36	864	24.01	918	25.51	984	27.34	1104	30.66
37	795	22.08	834	23.17	895	24.85	950	26.38	1017	28.25	1139	31.64
38	823	22.86	863	23.97	925	25.69	981	27.25	1050	29.17	1175	32.63
39	851	23.65	892	24.78	955	26.53	1013	28.13	1083	30.08	1210	33.61
40	880	24.44	922	25.60	986	27.38	1044	29.01	1116	31.00	1246	34.60
41	909	25.24	951	26.42	1016	28.23	1076	29.89	1149	31.92	1281	35.59
42	937	26.04	981	27.24	1047	29.08	1108	30.77	1182	32.84	1317	36.58
43	966	26.84	1010	28.06	1078	29.94	1140	31.66	1215	33.76	1353	37.57
44	995	27.64	1040	28.88	1109	30.80	1171	32.54	1248	34.68	1388	38.56
45	1024	28.45	1070	29.71	1140	31.66	1203	33.43	1282	35.61	1424	39.55
46	1053	29.26	1099	30.54	1171	32.52	1236	34.32	1315	36.53	1459	40.54
47	1083	30.07	1129	31.37	1202	33.38	1268	35.21	1349	37.46	1495	41.54
48	1111	30.88	1159	32.20	1233	34.25	1300	36.11	1382	38.39	1531	42.54
49	1141	31.69	1189	33.04	1264	35.11	1332	37.00	1415	39.32	1567	43.54
50	1170	32.51	1220	33.88	1295	35.98	1364	37.90	1449	40.25	1603	44.53

Table 1.1 Continued

Ranks	Grade of Service 1 in 1000		Grade of Service 1 in 500		Grade of Service 1 in 200		Grade of Service 1 in 100	
	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU
51	1290	33.33	1250	34.72	1327	36.85	1397	38.80
52	1229	34.15	1280	35.56	1358	37.72	1429	39.70
53	1259	34.98	1310	36.40	1390	38.60	1462	40.60
54	1289	35.80	1341	37.25	1421	39.47	1494	41.50
55	1319	36.63	1371	38.09	1453	40.35	1527	42.41
56	1349	37.46	1402	38.94	1484	41.23	1559	43.31
57	1378	38.29	1432	39.79	1516	42.11	1592	44.22
58	1408	39.12	1463	40.64	1548	42.99	1625	45.13
59	1439	39.96	1494	41.50	1579	43.87	1657	46.04
60	1468	40.79	1525	42.35	1611	44.76	1690	46.95
61	1499	41.63	1556	43.21	1643	45.64	1723	47.86
62	1529	42.47	1587	44.07	1675	46.53	1756	48.77
63	1559	43.31	1617	44.93	1707	47.42	1789	49.69
64	1590	44.16	1648	45.79	1739	48.31	1822	50.60
65	1620	45.00	1679	46.65	1771	49.20	1855	51.52
66	1650	45.84	1710	47.51	1803	50.09	1888	52.44
67	1681	46.69	1742	48.38	1835	50.98	1921	53.35
68	1711	47.54	1773	49.24	1867	51.87	1954	54.27
69	1742	48.39	1804	50.11	1900	52.77	1987	55.19
70	1773	49.24	1835	50.98	1932	53.66	2020	56.11
71	1803	50.09	1867	51.85	1964	54.56	2053	57.03
72	1834	50.94	1898	52.72	1996	55.45	2087	57.96
73	1865	51.80	1929	53.59	2029	56.35	2120	58.88
74	1895	52.65	1960	54.46	2061	57.25	2153	59.80
75	1926	53.51	1992	55.34	2093	58.15	2186	60.73
76	1957	54.37	2024	56.21	2126	59.05	2219	61.65
77	1988	55.23	2055	57.09	2159	59.96	2253	62.58
78	2019	56.09	2087	57.96	2191	60.86	2286	63.51
79	2050	56.95	2118	58.84	2223	61.76	2319	64.43
80	2081	57.81	2150	59.72	2256	62.67	2353	65.36
81	2112	58.67	2182	60.60	2289	63.57	2386	66.29
82	2143	59.54	2213	61.48	2321	64.48	2420	67.22
83	2174	60.40	2245	62.36	2354	65.38	2453	68.15
84	2206	61.27	2277	63.24	2386	66.29	2487	69.08
85	2237	62.14	2308	64.13	2419	67.20	2521	70.02
86	2268	63.00	2340	65.01	2452	68.11	2554	70.95
87	2299	63.87	2372	65.90	2485	69.02	2588	71.88
88	2330	64.74	2404	66.78	2517	69.93	2621	72.81
89	2362	65.61	2436	67.67	2550	70.84	2655	73.75
90	2393	66.48	2468	68.56	2583	71.76	2688	74.68
91	2425	67.36	2500	69.44	2616	72.67	2722	75.62
92	2456	68.23	2532	70.33	2650	73.58	2756	76.56
93	2488	69.10	2564	71.22	2682	74.49	2790	77.49
94	2519	69.98	2596	72.11	2715	75.41	2823	78.43
95	2551	70.85	2628	73.00	2748	76.32	2857	79.37
96	2582	71.73	2660	73.90	2781	77.24	2891	80.31
97	2614	72.61	2692	74.79	2814	78.16	2925	81.24
98	2645	73.48	2724	75.68	2847	79.07	2958	82.18
99	2677	74.36	2757	76.57	2880	79.99	2992	83.12
100	2709	75.24	2789	77.47	2913	80.91	3026	84.06

USULAN TUGAS AKHIR

- A. JUDUL : MODEL DAN SIMULASI LALU LINTAS TELEPON
- B. RUANG LINGKUP : - STATISTIK DAN PROBABILITAS
- PROSES STOKASTIK
- TEKNIK SWITCHING DAN TELEFONI
- PEMROGRAMAN KOMPUTER
- C. LATAR BELAKANG : Perkembangan kehidupan masyarakat yang semakin kompleks menuntut adanya suatu pelayanan dari sistem komunikasi telepon yang semakin tinggi pula. Salah satu alternatif bagi penyelesaian masalah tersebut adalah dengan penambahan jumlah satuan sambungan telepon.
- Untuk penentuan jumlah satuan sambungan yang akan ditambahkan pada suatu sentral telepon, perlu diketahui lebih dahulu kelakuan dan gambaran dari sirkuit telepon yang telah terpasang serta gambaran yang akan timbul setelah penambahan sirkuit.
- Setelah gambaran dan kelakuan dari sirkuit tersebut diketahui serta kemungkinan penambahan jumlah pelanggan, baru dapat dapat diputuskan berapa jumlah sirkuit yang akan ditambahkan pada suatu sentral.

D. PENELAAHAN STUDI : Kapasitas satuan sambungan dari sentral telepon adalah terbatas dan perlu kiranya untuk dikembangkan atau ditambah kapasitasnya sesuai dengan tingkat kebutuhan pada masa-masa yang akan datang. Penambahan dari jumlah satuan sambungan itu sendiri perlu diperhitungkan agar jangan sampai terjadi kelebihan ataupun kekurangan jumlah satuan sambungan sampai akhir masa pakai dari peralatan sentral tersebut.

Pada kenyataannya jumlah panggilan yang terjadi dalam selang waktu tertentu akan sesuai dengan distribusi Poisson. Untuk itu dalam simulasi ini akan dibangkitkan variabel random yang sesuai dengan distribusi Poisson, sehingga nantinya dapat diperoleh hasil simulasi yang optimal.

Demikian juga halnya dengan model-model dari trafik yang dipakai pada sistem komunikasi. Disini akan dibahas tentang model trafik smooth, yaitu suatu model trafik yang menghubungkan sentral dengan pelanggan dalam jumlah yang relatif kecil. Model trafik random akan dipakai untuk menghubungkan sentral dengan pelanggan dengan jumlah yang relatif

besar, dan model trafik rough, yaitu untuk menghubungkan sentral yang satu dengan sentral yang lain (trunk).

E. T U J U A N : Untuk mempelajari dan mensimulasikan kelakuan dari lalu lintas telepon dengan menggunakan model-model yang ada.

F. LANGKAH-LANGKAH : 1. Studi literatur
 2. Analisa permasalahan
 3. Pengumpulan data dari beberapa model trafik beserta karakteristiknya.
 4. Pengolahan data dan pembuatan program simulasi.
 5. Penulisan laporan

G. JADWAL KEGIATAN :

KEGIATAN	B U L A N K E					
	I	II	III	IV	V	VI
1						
2						
3						
4						
5						

H. RELEVANSI

: Melengkapi sarana yang diperlukan dalam analisa dan rancangan suatu jaringan telekomunikasi.

RIWAYAT HIDUP



Penyusun dilahirkan di Kediri, pada tanggal 21 Januari 1966 dengan nama: Guruh Sumarsono, sebagai putra kedua dari empat bersaudara, dari ayah bernama Ariadi, dan ibu Rr. Soemarmi.

Tahap-tahap pendidikan yang telah ditempuh adalah sebagai berikut:

1. TK, di TK Pawyatan Dhaha Kediri, lulus tahun 1973.
2. SD, di SD Pawyatan Dhaha Kediri, mulai tahun 1973, hingga lulus tahun 1979.
3. SLTP, di SMP Negeri 1 Kediri, mulai tahun 1979, hingga lulus tahun 1982.
4. SLTA, di SMA Negeri 2 Kediri, mulai tahun 1982, hingga lulus tahun 1985.
5. Sejak tahun 1985, penulis masuk jurusan Teknik Elektro - Fakultas Teknologi Industri - ITS, dan saat ini penyusun sedang menyelesaikan Tugas Akhir pada Bidang Studi Teknik Telekomunikasi.