

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Peramalan (Forecasting)

Untuk menyelesaikan masalah di masa datang yang tidak dapat dipastikan, orang senantiasa berupaya menyelesaikannya dengan model pendekatan-pendekatan yang sesuai dengan perilaku aktual data, begitu juga dalam melakukan peramalan.

Peramalan (*forecasting*) permintaan akan produk dan jasa di waktu mendatang dan bagian-bagiannya adalah sangat penting dalam perencanaan dan pengawasan produksi. Suatu peramalan banyak mempunyai arti, maka peramalan tersebut perlu direncanakan dan dijadwalkan sehingga akan diperlukan suatu periode waktu paling sedikit dalam periode waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu kebijaksanaan dan menetapkan beberapa hal yang mempengaruhi kebijaksanaan tersebut.

Peramalan diperlukan disamping untuk memperkirakan apa yang akan terjadi dimasa yang akan datang juga para pengambil keputusan perlu untuk membuat *planning*.

Secara umum pengertian peramalan adalah tafsiran. Namun dengan menggunakan teknik-teknik tertentu maka peramalan bukan hanya sekedar tafsiran. Ada beberapa definisi tentang peramalan, diantaranya :

1. Peramalan atau *forecasting* diartikan sebagai penggunaan teknik-teknik statistik dalam bentuk gambaran masa depan berdasarkan pengolahan angka-angka historis.[3]
2. Peramalan merupakan bagian integral dari kegiatan pengambilan keputusan manajemen.[4]
3. Peramalan adalah kegiatan memperkirakan tingkat permintaan produk yang diharapkan untuk suatu produk atau beberapa produk dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang.[5]

Metode peramalan merupakan cara memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa depan secara sistematis dan pragmatis atas dasar data yang relevan pada masa yang lalu, sehingga dengan demikian metode peramalan diharapkan dapat memberikan objektivitas yang lebih besar. Selain itu metode peramalan dapat memberikan cara pengerjaan yang teratur dan terarah, dengan demikian dapat dimungkinkannya penggunaan teknik penganalisaan yang lebih maju. Dengan penggunaan teknik-teknik tersebut maka diharapkan dapat memberikan tingkat kepercayaan dan keyakinan yang lebih besar, karena dapat diuji penyimpangan atau deviasi yang terjadi secara ilmiah.

2.2 Sentral Telepon

Telepon pertama kali diperkenalkan lebih dari satu abad yang lalu yaitu pada tahun 1876. Pada awalnya telepon hanya menyalurkan *voice* saja. Bentuk elektrik dari sinyal suara adalah berupa gelombang analog. Proses digitalisasi sentral telepon di Indonesia dimulai pada tahun 1984, dengan secara bertahap mengganti sentral-sentral analog/semi digital ke jenis sentral *full* digital. Terdapat 3 jenis tipe sentral digital yang diimplementasikan di Indonesia yaitu :

a. Tipe EWSD

EWSD (*Electronic Wahler Sistem Digital*) adalah sentral telepon digital pertama yang dikembangkan di Indonesia yang diperkenalkan tahun 1984. Pada saat ini EWSD adalah jenis sentral digital yang cukup banyak di jaringan telekomunikasi baik sebagai sentral lokal, *trunk*, *combine*, sentral *mobile* dan sentral internasional.

b. Tipe NEAX

NEAX merupakan salah satu jenis sentral telepon buatan Jepang yang diperkenalkan tahun 1994. Sentral NEAX melayani komunikasi ISDN (*Integrated Service Digital Network*) yaitu pelayanan dari satu pelayanan pelanggan digunakan untuk beberapa perangkat, tidak hanya pesawat telepon tapi juga data, video dan gambar.

c. Tipe 5 ESS

Sentral telepon digital 5ESS merupakan salah satu sentral sistem digital yang digunakan di Indonesia, sentral ini pertama kali dioperasikan tahun 1982 di Amerika Serikat dan pada tahun 1985 mulai digunakan di luar Amerika Serikat. Sampai saat ini sudah lebih dari 30 juta pelanggan yang menggunakan sentral 5ESS ini di lebih dari 13 negara di dunia. Sentral 5ESS merupakan sistem *switching* digital yang *universal* dan prosesnya bersifat terdistribusi / modular.

Sentral digital memiliki beberapa fungsi diantaranya yaitu :

a. Menganalisa permintaan pembicaraan

b. Menghubungkan pemanggil dan yang dipanggil melalui saklar kanal bicara.

- c. Melepas semua rangkaian dan fasilitas saat pembicaraan selesai.

Dari fungsi sentral digital diatas yang disebut sebagai fungsi dasar peralatan sentral yakni fungsi yang berkaitan dengan penyambungan pembicaraan.

2.3 Pengertian Trafik dan Rekayasa Trafik

Trafik salah satunya didefinisikan sebagai jumlah dari data atau banyaknya pesan (*messages*) pada suatu sirkit selama suatu periode waktu tertentu. Pengertian trafik disini termasuk hubungan antara kedatangan panggilan (*call*) ke perangkat telekomunikasi dengan kecepatan perangkat tersebut memproses panggilan sampai berakhir.

Rekayasa trafik (*traffic engineering*) ditujukan untuk mengakomodasi isu peningkatan layanan dengan cara mendefinisikan suatu derajat pelayanan (*grade of service*), faktor *blocking* dan *Quality of Service (QoS)*. Dengan melakukan analisa trafik, para insinyur dapat menentukan *dimensioning* dari sirkit (jumlah kanal/saluran atau *server*) dan besarnya *bandwidth* yang diperlukan pada sirkit tersebut, baik untuk panggilan/komunikasi suara mau pun data.

Rekayasa trafik biasanya dilakukan dengan menggunakan teknik statistik seperti teori antrian dan lain-lainnya untuk memprediksi dan merekayasa kejadian- kejadian pada jaringan telekomunikasi, baik pada jaringan telepon atau Internet. Suatu jaringan yang direncanakan dengan rekayasa trafik, umumnya akan mempunyai tingkat *blocking* yang rendah dan utilisasi sirkit yang tinggi, yang pada akhirnya dimaksudkan sebagai peningkatan layanan dan pengurangan biaya investasi dan operasi.[6]

2.4 Besaran Trafik dan Satuan Trafik

Secara sederhana *traffic* dapat diartikan sebagai pemakaian. Pemakaian yang diukur dengan waktu (Erlang), yang tentunya hal ini berkaitan dengan apa yang terjadi. Penataan trunk-trunk dan saklar-saklar di dalam satu sentral telepon disebut *trunking* dari sebuah sentral. Kepadatan trafik, lebih sering disebut dengan trafik. Sekalipun ini merupakan besaran yang tidak memiliki dimensi, namun sebuah nama telah diberikan untuk satuan trafik yaitu Erlang (E). Pada sekumpulan *trunk*, jumlah rata-rata percakapan yang sedang berlangsung tergantung pada jumlah panggilan yang datang dan lamanya percakapan. Lama bicara sebuah percakapan sering disebut dengan *holding time*, karena percakapan tersebut memakai *holds* sebuah *trunk* selama selang waktu trafik satu Erlang dihasilkan dari beberapa keadaan, yaitu dari satu *trunk* yang sedang sibuk disepanjang waktu, dari dua *trunk* yang masing-masing sibuk selama sepertiga ($1/3$) waktu karena satu jam terdiri dari 3600 detik, maka 1 Erlang = 36 CCS (*hundreds off call second per hour*).

Untuk satuan trafik beserta konversinya dapat dilihat pada tabel 2.1. Konversi satuan trafik :

Tabel 2.1 Konversi satuan trafik

Satuan	Erl TU VE	CCS HCS UC	ARHC EBHC
1 erl =	1	36	30
1 TU =			
1 VE =			

Lanjutan tabel 2.2 Konversi satuan trafik

Satuan	Erl TU VE	CCS HCS UC	ARHC EBHC
1 CCS = 1 HCS = 1 UC =	1/36	1	5/6
1 ARHC = 1 EBHC =	1/30	6/5	1

TU = *Traffic Unit*

VE = *Verkehrseinheit*

CCS = *Cent Call Second*

HCS = *Hundred Call Second*

UC = *Unit Cal*

ARHC = *Appels Re'duits a l'heure*

Chargee

EBHC = *Equated Busy Hour Call*



Harga yang menunjukkan
jumlah penduduk rata- rata

Jumlah pendudukan
(panggilan) rata-rata per jam
dengan waktu pendudukan
rata-rata 100 detik

Jumlah pendudukan
(panggilan) rata-rata per jam
dengan waktu pendudukan
rata-rata 100 detik

Volume trafik dapat ditentukan dengan mengalikan jumlah panggilan dengan rata-rata waktu pendudukan.

$$V = n \times h \tag{2.1}$$

V = volume trafik

n = jumlah panggilan

h = rata-rata waktu pendudukan (*mean holding time*) (menit/call)

Intensitas trafik, biasa disebut dengan istilah “trafik” saja, didefinisikan sebagai jumlah rata-rata panggilan dalam proses, sehingga dianggap sebagai suatu besaran yang merupakan ukuran dari kepadatan trafik. Biasanya juga didefinisikan sebagai perbandingan antara lamanya waktu pendudukan rata-rata panggilan dengan interval atau periode waktu pengamatan, dimana waktu pengamatan umumnya dilakukan selama 60 menit.

Secara umum, intensitas trafik (diberi notasi “A”) dapat diekspresikan secara matematis sebagai berikut :

$$A = \frac{v}{T} \quad (2.2)$$

dimana :

A = intensitas trafik

V = volume trafik

T = periode waktu pengamatan

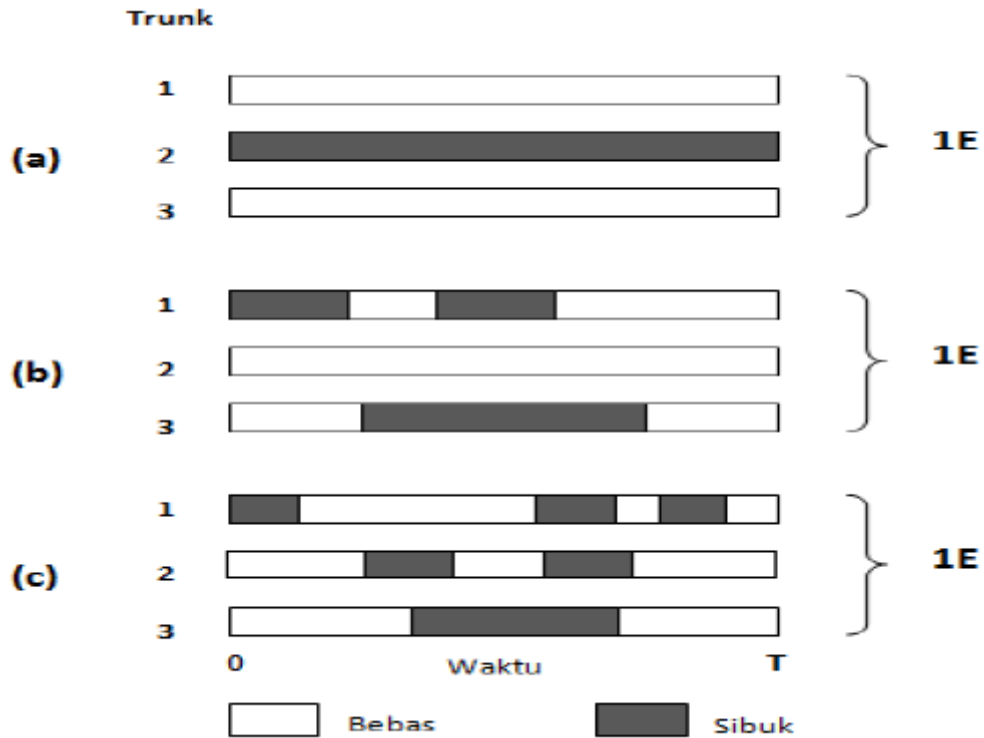
atau

$$A = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_{pi} \quad (2.3)$$

t_{pi} = waktu pendudukan server ke-i

Intensitas trafik sebenarnya merupakan nilai yang tidak mempunyai dimensi, namun untuk menghormati jasa A.K. Erlang sebagai pionir teori trafik, maka nama ERLANG digunakan sebagai unit satuan intensitas trafik.

Untuk memberi gambaran besarnya 1 Erlang trafik, dapat diilustrasikan dengan contoh pendudukan *trunk* yang terjadi pada suatu group trunk seperti diperlihatkan pada gambar 2.1. Pada rekayasa trafik, istilah “trunk” digunakan untuk menjelaskan suatu *entity* yang akan membawa satu panggilan, sedang *group trunk* merupakan kumpulan dari trunk.



Pada suatu group trunk, jumlah rata-rata panggilan dalam proses akan tergantung pada jumlah panggilan yang datang dan lamanya pendudukan berlangsung (*holding time*). Sesuai gambar 2.1, diperlihatkan bahwa trafik 1 E dapat dihasilkan dari hanya satu trunk (dari 3 trunk yang tersedia di group trunk) yang diduduki (sibuk) selama periode waktu T yang ditetapkan (gambar a), dari dua trunk yang sibuk selama setengah periode waktu T (gambar b), atau dari tiga trunk yang sibuk selama sepertiga periode waktu T (gambar c).

Sesuai definisinya, maka intensitas trafik untuk suatu group trunk dapat dinyatakan juga dengan persamaan berikut :

$$A = \frac{ch}{T} \tag{2.4}$$

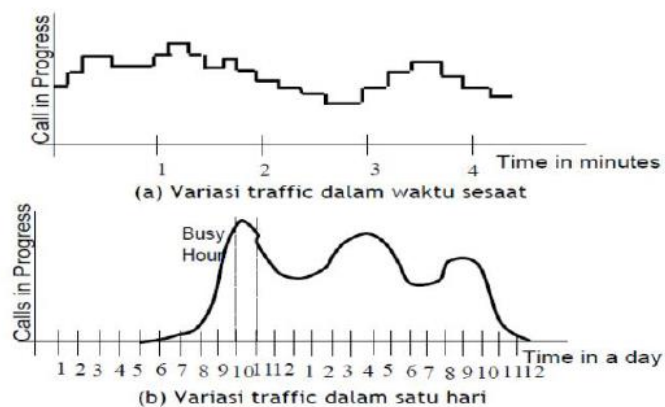
dimana :

A = trafik dalam satuan Erlang

C = Jumlah rata-rata panggilan yang datang dalam periode waktu T

h = waktu pendudukan rata-rata

Sesuai persamaan (1-2), jika $T = h$ maka $A = C$, dengan pengertian trafik (intensitas trafik) akan sama dengan jumlah rata-rata panggilan yang datang selama suatu periode yang sama dengan durasi rata-rata lamanya pendudukan / panggilan seperti gambar 2.2



Gambar 2. 2 Variasi trafik untuk selang waktu tertentu

Jika ditinjau dari sisi perangkat atau jaringan switching yang akan mengolah trafik, maka trafik yang datang akan menjadi beban bagi perangkat atau jaringan tersebut, karenanya trafik atau intensitas trafik seringkali dinyatakan juga dengan istilah beban trafik (*traffic load*), yang merupakan perbandingan antara panggilan yang datang ke perangkat pada suatu periode waktu tertentu dengan jumlah rata-rata waktu yang digunakan untuk melayani setiap panggilan selama periode waktu tersebut.

2.5 Jenis Trafik

Terdapat tiga jenis model trafik yakni :

1. *Offered Traffic (A)*

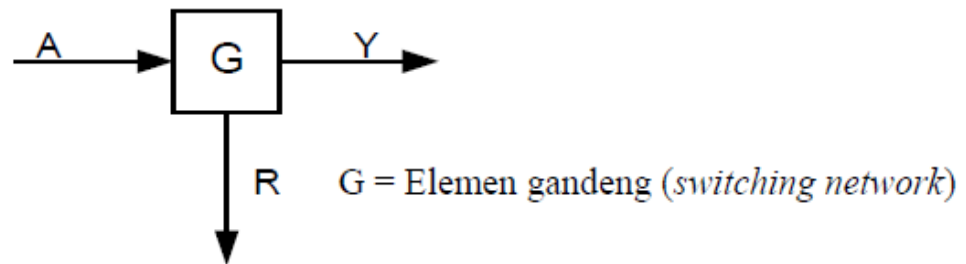
Trafik yang ditawarkan atau mau masuk ke jaringan

2. *Carried Traffic* (Y)

Trafik yang dimuat atau yang mendapatkan saluran

3. *Lost Traffic* (R)

Trafik yang hilang atau yang tidak mendapatkan saluran.



Gambar 2. 3 Proses model trafik

Definisi-definisi intensitas trafik sebelumnya mengacu pada *carried traffic*. Secara natural, *offered traffic* dapat didefinisikan sebagai jumlah rata-rata upaya pendudukan selama perioda waktu yang sama dengan waktu rata-rata pendudukan dari pendudukan yang sukses. Arti dari berhasil tergantung dari fungsi perangkat yang diamati. Sehingga, pendudukan yang berhasil terhadap perangkat pengendali (*common control device*) belum tentu membawa pada keberhasilan pembentukan jalur komunikasi. *Lost trafik* dihitung dari perbedaan antara *offered dan carried traffic*. Hanya *carried traffic* yang dapat diukur, sedangkan jenis trafik lainnya harus dihitung.

2.6 Peramalan Trafik

Teletraffic teory didefinisikan sebagai aplikasi dari teori probabilitas (stokastik proses, teori antrian dan simulasi) untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan perencanaan, evaluasi untuk kerja dan

maintenance dari sistem telekomunikasi. *Teletraffic* meliputi trafik untuk komunikasi data dan trafik telekomunikasi.

Peramalan Trafik dilakukan untuk mengestimasi jumlah trafik pada waktu dilakukan forecast demand. Peramalan trafik digunakan sebagai dasar untuk :

3.1. Manajemen *planning*

3.2. *Theoretical study* dari optimum *network*

3.3. Menentukan jumlah *equipment*

Peramalan dibedakan dalam tiga periode, yaitu :

- a. periode jangka pendek
- b. periode jangka menengah
- c. periode jangka panjang

Peramalan trafik ada dua yaitu :

- a. peramalan trafik untuk jumlah satuan sambungan
- b. peramalan trafik untuk perencanaan jaringan

2.7 Peramalan Trafik Jumlah Satuan Sambungan

a. Trend Method

Suatu kuantitas yang diambil dari hasil pengamatan dalam suatu waktu seri (*time series*) dapat mengikuti suatu pola tertentu dan dicari perkembangannya untuk waktu yang akan datang yaitu memperkirakan kecenderungan perkembangan untuk yang akan datang.

b. *Statistical Demand Analysis*

Dapat dianggap bahwa perkembangan suatu besaran tertentu (misalnya jumlah pelanggan) mengikuti suatu pola tertentu misalnya

tergantung atas jumlah penduduk, standard kehidupan, perkembangan ekonomi dan lain-lain. Bila beberapa variabel mempunyai relasi yang nalar pada perkembangan telepon, maka variabel tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan perkembangannya.

c. *Analycal Comparison*

Membandingkan tahap-tahap perkembangan telekomunikasi. Dianggap bahwa perkembangan dari suatu Negara (wilayah) akan mengikuti (sama dengan) perkembangan Negara (wilayah) yang sudah lebih berkembang.

d. *Individual Judgement*

Ini ditentukan secara pribadi. Peramalan didasarkan pada pengalaman dan informasi yang telah dikumpulkan. Tidak ada analisis secara sistematis yang dibuat.

2.8 Matriks Trafik

Tabel 2. 3 Matrik trafik (Diktat Rekayasa Trafik STT Telkom)

dari	Ke				ΣO
	1	i	j	n	
1	$A_{(11)}$			$A_{(1n)}$	$O_{(1)}$
i		$A_{(ii)}$	$A_{(ij)}$		$O_{(i)}$
j		$A_{(ji)}$	$A_{(jj)}$		$O_{(j)}$
n	$A_{(n1)}$			$A_{(nn)}$	$O_{(n)}$
ΣT	$T_{(1)}$	$T_{(i)}$	$T_{(j)}$	$T_{(n)}$	A

Dimana :

$A_{(ij)}$ adalah trafik dari i ke j

$A_{(ji)}$ adalah trafik dari j ke i

$A_{(ii)}$ adalah trafik *local* sentral i

$O_{(i)}$ adalah jumlah seluruh trafik *originating* sentral i

T(j) adalah seluruh trafik terminating sentral j

$$\sum_i O(i) = \sum_j T(j) = A \quad (2.5)$$

2.9 Parameter Jaringan

Untuk memperoleh kondisi jaringan secara menyeluruh, ada beberapa indikator yang dapat dianalisa :

a. *Answer Seizure Ratio (ASR)*

ASR merupakan parameter jaringan untuk mengetahui tingkat keberhasilan suatu panggilan. Parameter ini sekaligus sebagai ukuran efektifitas aliran trafik yang dilayani pada titik tempat pengukuran. ASR menunjukkan perbandingan jumlah pendudukan yang memperoleh jawaban terhadap jumlah pendudukan total. Perhitungan parameter ASR dilakukan berdasarkan pada rute atau tujuan aliran trafik, biasanya dihitung dalam persen.

$$ASR = \frac{\text{Jumlah pendudukan yang mendapat jawaban} \times 100\%}{\text{Jumlah pendudukan total}} \quad (2.6)$$

b. *Seizure per Circuit per Hour (SCH)*

SCH adalah indikator jaringan untuk mengetahui kepadatan *call* disetiap sirkit dalam satu jam dan digunakan untuk menganalisa kondisi jaringan lawan. Parameter SCH dipakai sebagai ukuran kemampuan untuk menduduki sebuah sirkit yang bebas pada sebuah rute. Untuk menentukan nilai SCH, tidak perlu mengumpulkan data selama satu jam karena data-data yang diukur kurang dari satu jam dapat dianggap sebagai data selama satu jam dengan mengalikan suatu faktor pengali. Sebagai contoh jumlah *seizure* akan menjadi dua kali lipat jika hanya menggunakan data yang diukur hanya selama setengah jam. Selain itu SCH yang dihitung berdasarkan hasil pengukuran

pada saluran *one-way* sama dengan dari setengah SCH yang dihitung berdasarkan hasil pengukuran pada saluran *both-way*.

$$SCH = \frac{\text{Jumlah pendudukan per jam}}{\text{Jumlah sirkit yang tersedia untuk pelayanan}} \quad (2.7)$$

c. *Mean Holding Time per Seizure* (MHTS)

MHTS adalah indikator jaringan untuk mengetahui rata-rata lamanya pendudukan sirkit setiap panggilan/call. Parameter ini bila dikaitkan dengan parameter SCH dapat memberikan gambaran tentang efektifitas dan kualitas pelayanan yang sedang diberikan. Perhitungan MHTS dilakukan berdasarkan lamanya sebuah group sirkit atau lamanya peralatan penyambungan diduduki.

$$MHTS = \frac{\text{Beban Trafik dalam Erlang} \times 60}{\text{Jumlah call Seizure dalam 1jam}} \quad (2.8)$$

d. *Occupancy Rate* (OCC)

OCC adalah indikator jaringan untuk mengetahui beban trafik disirkit. OCC menyatakan persentase waktu pendudukan sebuah sirkit /group sirkit atau peralatan penyambungan selama satu jam sibuk. Dalam manajemen jaringan, parameter OCC digunakan untuk mengetahui efisiensi pemakaian sirkit atau peralatan penyambungan serta digunakan pula untuk mengidentifikasi volume trafik yang tidak normal. Jika occupancy tinggi maka penggunaan sirkit tinggi, demikian sebaliknya. Perhitungan parameter OCC didasarkan pada perbandingan aliran trafik (penggunaan sirkit) dengan jumlah sirkit yang tersedia, biasanya dinyatakan dalam persen.

$$OCC = \frac{\text{Jumlah penggunaan (dalam Erlang)} \times 100\%}{\text{Jumlah sirkit yang tersedia}} \quad (2.9)$$

e. *Maintenance Block*

Parameter *maintenance block* adalah indikator jaringan yang menyatakan jumlah group sirkit yang tidak dapat diduduki oleh panggilan, disebabkan penurunan kualitasnya. Kegagalan ini biasanya disebabkan adanya kerusakan ataupun akibat penuhnya sirkit oleh panggilan yang sudah lebih dahulu masuk parameter MB biasanya dinyatakan dalam persen.

$$MB = \frac{\text{Jumlah sirkit yang mengalami kegagalan} \times 100\%}{\text{Jumlah sirkit total}} \quad (2.10)$$

2.10 *Grade of Service (GOS)*

Pelanggan-pelanggan pada suatu sentral telepon umumnya tidak melakukan panggilan secara simultan, biasanya hanya sebagiannya saja pada waktu bersamaan akan melakukan panggilan. Karena itu, untuk keekonomisan, perangkat sentral juga direncanakan hanya untuk mengolah sebagian pelanggan saja yang dapat dilayani secara bersamaan. Dalam hal ini salah satu yang akan menjadi pembatas adalah jumlah trunk yang disediakan. Jumlah trunk biasanya tidak akan sebanyak jumlah pelanggan yang ada atau terhubung pada suatu sentral, oleh karena itu pada suatu kondisi tertentu dimana semua *trunk* yang tersedia telah habis diduduki (sibuk) maka pada saat itu sentral tidak dapat lagi menerima dan melayani panggilan. Kondisi ini dikenal dengan istilah *congestion*.

Pada suatu sistem *message-switch*, panggilan yang datang pada saat terjadi *congestion* akan menunggu dalam suatu antrian sampai ada suatu *outgoing trunk* yang sudah bebas (bisa digunakan). Dengan demikian akan terjadi *delay*, tapi tidak hilang. Sistem dengan konsep seperti itu disebut sebagai sistem antri (*queuing system*) atau sistem tunggu (*delay system*). Sedangkan dalam sistem *circuit-switch*, seperti pada suatu sentral telepon, semua panggilan yang datang

pada saat trunk atau group trunk sedang mengalami *congestion* akan mengalami kegagalan. Ini disebut sebagai sistem rugi (*lost system*).

Pada sistem rugi, sebagai efek dari terjadinya *congestion* adalah trafik yang benar-benar dapat diolah oleh sistem akan lebih kecil dari trafik yang ditawarkan (*offered traffic*) ke dalam sistem. Dapat dinyatakan dengan :

$$\text{Trafik yang diolah} = \text{trafik yang ditawarkan} - \text{trafik yang hilang} \quad (2.11)$$

Proporsi dari panggilan yang hilang atau mengalami *delay* pada saat terjadinya *congestion* merupakan ukuran dari layanan yang bisa diberikan oleh sistem. Ini disebut sebagai Derajat Pelayanan (*Grade of Service = GOS*). Untuk suatu sistem rugi, Derajat Pelayanan dapat didefinisikan sebagai :

$$\text{GOS} = \frac{\text{Jumlah panggilan yang hilang} \times 100\%}{\text{Jumlah panggilan yang ditawarkan}} \quad (2.12)$$

Semakin besar nilai derajat pelayanan, ini mengandung arti semakin buruk layanan yang bisa diberikan sistem. Sebagai contoh, jika direkomendasikan derajat pelayanan 0,002, ini berarti ada 2 panggilan dari setiap 1000 panggilan atau 1 dari setiap 500 panggilan yang ditawarkan pelanggan hilang (tidak bisa diolah).

2.11 Perbedaan Probabilitas *Blocking* dan *Grade of service (GOS)*

Kapan terjadinya *blocking*, merupakan hal yang tidak bisa dipastikan. Dalam analisa trafik, untuk pendekatan biasanya digunakan teori probabilitas dan terkait dengan kemungkinan terjadinya *blocking* tersebut, maka dikenal istilah Probabilitas Blocking (*Blocking Probability*). Probabilitas blocking didefinisikan sebagai probabilitas bahwa semua server pada suatu sistem jaringan sibuk (diduduki). Ketika semua server sibuk, maka sistem tidak lagi dapat mengolah

trafik yang datang. Dalam keadaan ini trafik yang datang dikatakan mengalami *blocking*.

Probabilitas *blocking* dapat didefinisikan :

$$P_b = \frac{A^n/n!}{\sum_{i=0}^n A^i/i!} \quad (2.13)$$

dimana :

P_b = probabilitas *blocking* yang terjadi

A = intensitas trafik

n = jumlah saluran

Berdasarkan definisi tersebut, memang pengertian dari probabilitas *blocking* dengan *grade of service* dapat dikatakan hampir sama, yaitu menjelaskan tentang ukuran panggilan yang tidak dapat dilayani oleh sistem jaringan. Perbedaan yang paling utama antara keduanya adalah, probabilitas *blocking* merupakan ukuran dengan titik pandang dari sisi jaringan atau sistem switching, sedangkan *grade of service* (GOS) merupakan ukuran dengan titik pandang dari sisi pelanggan.

Dalam kepraktisannya, probabilitas *blocking* diukur berdasarkan pengamatan server yang sibuk (diduduki) pada jaringan switching, sedangkan *grade of service* diukur berdasarkan pengamatan jumlah panggilan dari pelanggan yang tidak dapat diolah. Untuk membedakan keduanya secara lebih jelas, biasanya untuk probabilitas *blocking* disebut sebagai *time congestion* (kemacetan waktu karena menunjukkan bagian dari waktu dimana semua server sibuk), sedang derajat pelayanan (GOS) disebut sebagai *call congestion* (kemacetan panggilan karena menunjukkan bagian dari panggilan yang ditolak atau tidak diolah).

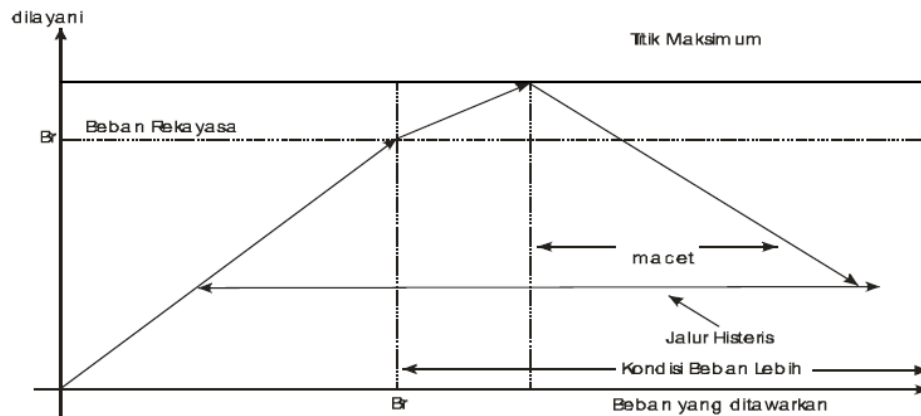
2.12 Jaringan Telekomunikasi dengan Beban Lebih

Jaringan telekomunikasi adalah rangkaian perangkat telekomunikasi dan kelengkapannya yang digunakan untuk mengirimkan informasi berupa sinyal-sinyal telekomunikasi. Sinyal-sinyal telekomunikasi selanjutnya didefinisikan sebagai aliran trafik. Sirkuit penghubung antar sentral dapat berupa sekelompok sirkuit yang disebut group sirkuit. Dalam prakteknya hubungan langsung antar sentral dapat menggunakan lebih dari satu group sirkuit.

Jaringan telekomunikasi mempunyai kapasitas yang terbatas, sehingga dimungkinkan tidak dapat menampung aliran trafik yang kadang datang melebihi kapasitas maksimumnya. Dalam melakukan aliran trafik, jaringan telekomunikasi mempunyai unjuk kerja yang berbeda. Unjuk kerja ini ditentukan oleh kemampuan sentral dan sirkuit yang melayani jaringan tersebut. Suatu sirkuit atau sentral telah dirancang untuk menangani aliran trafik hingga volume beban tertentu.

Kapasitas maksimum jaringan didefinisikan sebagai kapasitas jaringan yang pada saat permintaan terus meningkat akan mengurangi jumlah trafik yang dapat dilayani. Keadaan seperti ini menyebabkan jaringan bergerak dari kondisi kerja yang efisien ke kondisi kerja yang tidak efisien. Kondisi kerja jaringan ditentukan berdasarkan batas-batas pembebanan suatu group sirkuit.

Unjuk kerja jaringan dan hubungannya dengan kondisi beban lebih direpresentasikan seperti pada gambar 2.4



Gambar 2. 4 Unjuk kerja jaringan telekomunikasi

Dari gambar terlihat adanya penurunan jumlah panggilan yang dapat dilakukan pada jaringan telekomunikasi jika beban yang ditawarkan melebihi batas-batas yang sudah direkayasa. Pada saat itu kapasitas sirkit yang tersedia tidak dapat melakukan semua trafik yang ada sehingga akan menyebabkan kegagalan panggilan karena adanya panggilan yang tidak mendapat sirkit.

Grafik diatas juga menunjukkan adanya suatu tindakan yang dapat dilakukan apabila terjadi kondisi beban lebih, yaitu dengan jalan menghalangi masuknya panggilan berikutnya agar volume trafik yang dilayani dapat dikurangi hingga berada dibawah batas beban rekayasa sampai jaringan normal kembali.

2.13 Matlab

Matlab merupakan perangkat lunak produk dari The MathWorks, Inc yang memadukan kemampuan perhitungan, pencitraan, dan pemrograman dalam satu paket. Matlab merupakan bahasa komputasi teknik yang lebih mudah dan lebih canggih dalam penggunaannya dibandingkan dengan bahasa teknik pendahulunya seperti Fortran, Basic, Pascal. Sebetulnya Matlab tidaklah berbeda dengan kalkulator *scientific* yang sehari-hari kita kenal. Kita bisa memanfaatkan kemampuan Matlab untuk menemukan solusi dari berbagai masalah numerik secara

cepat, mulai dari hal yang paling dasar, misalkan sistem 2 persamaan dengan 2 variabel :

$$x - 2y = 32$$

$$12x + 5y = 12$$

Hingga yang kompleks, seperti mencari akar-akar polinomial, interpolasi dari sejumlah data, perhitungan dengan matriks, pengolahan sinyal, dan metode numerik. Salah satu aspek yang sangat berguna dari Matlab ialah kemampuannya untuk menggambarkan berbagai jenis grafik, sehingga kita bisa memvisualisasikan data dan fungsi yang kompleks.

2.14 Estimasi Trafik Total

Mengingat kategori pelanggan berbeda membangkitkan jumlah trafik yang berbeda, trafik kedepan dapat diestimasi dari:

$$A(t) = N_1(t) \cdot \alpha_1 + N_2 \cdot \alpha_2 + \dots \quad (2.14)$$

Dimana $N_i(t)$ forecast jumlah pelanggan kategori i pada tahun t dan α_i trafik per pelanggan untuk kategori i

Jika tidak dimungkinkan untuk memisahkan kedalam kategori dengan trafik berbeda, trafik kedepan dapat diestimasi sebagai:

$$A(t) = A(0) \frac{N(t)}{N(0)} \quad (2.15)$$

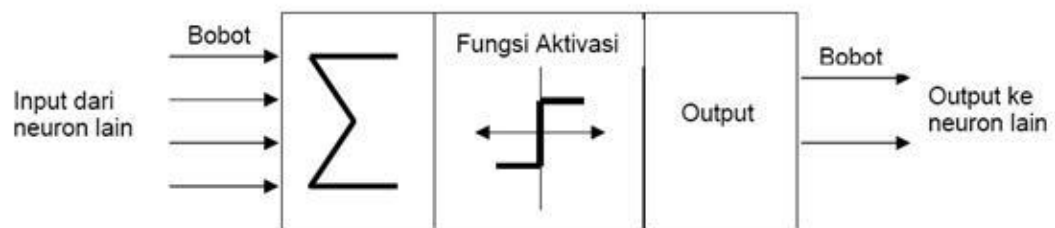
dimana $N(t)$ dan $N(0)$ jumlah pelanggan pada saat t dan 0

2.15 Teori jaringan saraf tiruan

Jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*), atau disingkat JST merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan saraf manusia. Jaringan saraf tiruan tersusun dari sejumlah

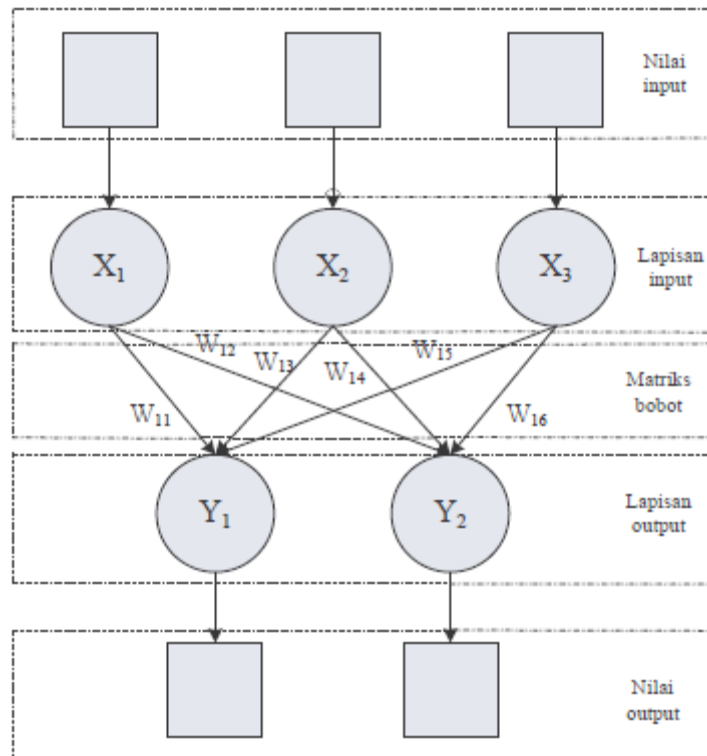
besar elemen yang melakukan kegiatan yang analog dengan fungsi-fungsi biologis *neuron* yang paling elementer. Elemen-elemen ini terorganisasi sebagaimana layaknya anatomi otak, meskipun tidak persis. Jaringan saraf tiruan dapat belajar dari pengalaman, melakukan generalisasi atas contoh-contoh yang diperolehnya dan mengabstraksi karakteristik esensial *input* bahkan untuk data yang tidak relevan.

Ada beberapa tipe jaringan syaraf, namun demikian, hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri dari beberapa neuron, dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut.



Gambar 2. 5 Struktur neuron jaringan syaraf.

Lebih jelasnya suatu jaringan syaraf tiruan dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut:



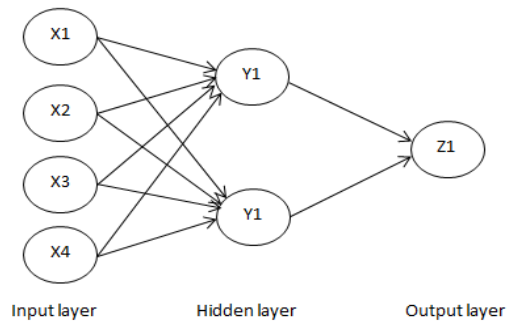
Gambar 2. 6 Jaringan syaraf dengan lapisan tunggal.

2.16 Backpropagation

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya. Algoritma *backpropagation* menggunakan error output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid, yaitu:[7]

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2.16)$$

Arsitektur jaringan *backpropagation* seperti terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Arsitektur jaringan *backpropagation*

Pelatihan perambatan balik meliputi tiga tahap, yaitu: prosedur umpan maju, perhitungan serta perambatan balik kesalahan, dan penyesuaian bobot.

Algoritma umpan maju diuraikan dalam cara-cara atau alur prosedur sebagai berikut:

Tahap ke1: Setiap unit masukan ($x_i, i=1, \dots, n$) menerima sinyal-sinyal masukan x_n dan mengirimkan sinyal-sinyal ini ke unit-unit selanjutnya (unit-unit tersembunyi).

Tahap ke2: Setiap unit tersembunyi ($z_j, j=1, \dots, p$) menjumlahkan sinyal-sinyal terbobotnya:

$$z_in_{jk} = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (2.17)$$

Kemudian menerapkan fungsi aktivisasinya untuk menghitung sinyal keluarannya:

$$z_j = f(z_in_j) \quad (2.18)$$

lalu mengirimkannya pada semua unit lapis lapis keluaran.

Tahap ke3: Setiap unit keluaran ($Y_k, k = 1, \dots, m$) menjumlahkan sinyal masukan terbobotnya:

$$y_in_k = w_{0k} + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk} \quad (2.19)$$

Kemudian menerapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluarannya:

$$y_j = f(y_{in_k}) \quad (2.20)$$

Setelah sinyal keluaran didapatkan maka dimulai tahapan prosedur penghitungan kesalahan dan selanjutnya perambatan balik nilai kesalahan ke lapis tersembunyi lalu ke lapis keluaran sebagaimana dijelaskan dalam langkah-langkah berikut:

Tahap ke4: Pada setiap unit keluaran ($Y_k, k = 1, \dots, m$) menerima sebuah pola keluaran target yang berhubungan dengan pola masukan pelatihan, untuk menghitung informasi kesalahannya,

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \quad (2.21)$$

Lalu menghitung besar koreksi bobotnya (untuk memperbaiki w_{jk}):

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k x_j \quad (2.22)$$

Selanjutnya menghitung besar koreksi biasnya.

$$\Delta w_{ok} = \alpha \delta_k \quad (2.23)$$

dan mengirimkan δ_k ke unit-unit lapis tersembunyi.

Tahap ke5: Pada setiap unit tersembunyi ($Z_j, j= 1, \dots, j$) jumlahkan masukan deltanya (dari unit-unit lapis keluaran):

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \quad (2.24)$$

Kemudian hasil ini akan digunakan untuk menghitung besar informasi informasi kesalahannya,

$$\delta_j = \delta_{in_j} f''(z_j) \quad (2.25)$$

Lalu menghitung besar koreksi bobotnya.

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \quad (2.26)$$

Dan menghitung koreksi biasanya (untuk memperbaiki θ_{hn}),

$$\Delta v_{oj} = \alpha \delta_j \quad (2.27)$$

Prosedur selanjutnya adalah proses perbaikan bobot dan bias dari unit input dan unit tersembunyi, diuraikan dalam langkah-langkah berikut:

Tahap ke6: Masing-masing unit keluaran Y_k , ($k = 1, \dots, m$) diperbaiki bobot dan biasnya:

$$w_{jk} (\text{baru}) = w_{jk} (\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (2.28)$$

Tahap ke7: Masing-masing unit tersembunyi (I_j , $j = 1, \dots, p$) diperbaiki bobot dan biasnya:

$$v_{ij} (\text{baru}) = v_{ij} (\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (2.29)$$

Tahap ke8: Proses berhenti pada saat koreksi kesalahan mencapai minimum

Setelah pelatihan, sebuah JST perambatan balik hanya menggunakan tahap umpan maju untuk prosedur pengenalan. Hasil perhitungan aktivasi Y_k dari proses umpan maju pengenalan merupakan keluaran akhir jaringan. Langkah-langkah algoritma dari proses umpan maju pada pengenalan adalah sebagai berikut:

Tahap ke1: Inisialisasi bobot awal (hasil dari pelatihan).

Tahap ke2: Untuk setiap vector masukan, kerjakan langkah 2 – 4.

Tahap ke3: Pada unit masukan, untuk $i = 1, \dots, n$; distribusikan masukan x_i ke setiap unit selanjutnya (unit tersembunyi).

Tahap ke4: Pada unit tersembunyi, untuk $j = 1, \dots, p$; gunakan persamaan (2-11) dan (2-12):

$$z_{in} = v_{oj} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (2.30)$$

$$Z_j = f(z_{in}) \quad (2.31)$$

Tahap ke5: Pada unit keluaran, untuk $k = 1, \dots, k$; gunakan persamaan (2-13) dan (2-14):[8]

$$y_{in} = w_{0k} + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk} \quad (2.32)$$

$$y_k = f(y_{in}) \quad (2.33)$$

2.17 Menghitung Pertumbuhan penduduk

Adapun cara untuk menghitung pertumbuhan penduduk di tahun mendatang dengan rumus sebagai berikut:

1. Untuk menghitung kenaikan atau penurunan jumlah penduduk akibat pertumbuhan penduduk alami maka digunakan rumus berikut:

$$P_t = P_o + (L - M) \quad (2.34)$$

2. Dan untuk menghitung persentase pertumbuhan penduduk dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\% = (L - M) / P_o \times 100\% \quad (2.35)$$

Keterangan:

P_t = Jumlah penduduk tahun akhir perhitungan

P_o = Jumlah penduduk tahun awal perhitungan

L = Jumlah kelahiran

M = Jumlah kematian

$\%$ = persentase pertumbuhan penduduk alami