

BAB X PENGUKURAN TRAFIK

10.1 Konversi carried traffic ke offered traffic

Dalam pengukuran yang tidak memakai computer, trafik yang ditawarkan (A) tidak segera didapat. Yang diukur adalah trafik yang diolah (Y) sedangkan trafik yang ditawarkan harus dihitung berdasarkan trafik yang diolah hasil pengukuran.

Offered Traffic (A) paling sedikit untuk dua tujuan, yaitu :

- ☞ Perencanaan jaringan
- ☞ Evaluasi jaringan

Dasar metode konversi ini mudah dimengerti, tetapi sering dapat menimbulkan frustrasi bagi staf bidang trafik dalam menginterpretasikan hasilnya. Kesulitan-kesulitan tersebut dapat dilihat lebih jelas pada uraian berikut :

Rumus umum carried traffic adalah : $Y = A(1 - E_N(A))$

Dimana $E_N(A) = \text{GOS}$, merupakan fungsi dari A dan jumlah saluran n dalam berkas.

Untuk berkas sempurna dan offered traffic adalah random (poisson), $E_N(A)$ memenuhi rumus erlang sebagai berikut :

$$E(A) = \frac{A^n/n!}{\sum A^i/i!}$$

terlihat jelas bahwa menyatakan A secara explicit sebagai fungsi dari Y dan n tidak dapat dibuat sehingga penyelesaiannya harus dilakukan dengan metode iterasi. Banyak cara teknik penyelesaian tetapi yang paling sederhana adalah pemakaian cara "recursive" sbb :

$$A_{(i+1)} = \frac{Y}{1 - E_N(A_{(i)})} \quad \text{untuk } i = 0, 1, 2, \dots \quad [10.1]$$

dengan A_0 sebagai harga permulaan dari A yang dalam hal ini diambil harga $A_0 = Y$. proses iterasi berlangsung sampai beda antara A yang berturutan cukup kecil.

Seatu hasil yang tipikal : untuk berkas dengan 15 saluran dan hasil pengukuran $Y = 10,5$ erlang dapat dilihat di table berikut :

Table 10.1 : konversi carried trafik ke offered trafik

Iterasi ke i	Trafik $A_{(i)}$	Kongesti (GOS) $E [A_{(i)}]$
0	10.5	0.0470
1	11.02	0.0593
2	11.16	0.0628
3	11.20	0.0639
4	11.22	0.0644
5	11.22	0.0644

$Y = 10.5$ erlang pada $n = 15$ saluran

Cara iterasi tersebut sederhana tetapi konvergensinya agak lamban. Cara yang lainnya, misalnya cara *Newton* mempunyai konvergensi yang lebih cepat. Untuk contoh kasus yang sama diperlukan hanya tiga langkah ($i=3$ bukan 5).

Sampai sedemikian jauh, kelihatannya tidak ada masalah bagi staf trafik, tetapi hal tersebut tidaklah benar karena beberapa sebab :

1. tidak tepatnya jumlah saluran n
jumlah saluran n yang digunakan dalam perhitungan konversi ini sering kali salah (tidak tepat) karena adanya saluran yang rusak dalam berkas tidak selalu dapat diketahui dengan jelas pada waktu pengukuran atau adanya saluran-saluran yang di block /dilepas selama waktu pengukuran tanpa diberitahukan kepada tim pengukur, sedangkan hasil konversi dapat sangat kritis tergantung dari ketepatan jumlah saluran tersebut.
2. kepekaan model terhadap kesalahan *carried* trafik bila beban saluran besar
perubahan atau kesalahan harga yang kecil pada *carried* trafik memberikan perubahan yang besar pada harga *offered* trafik sehingga kesalahan ukur yang kecil pada harga *carried traffic* akan memberikan kesalahan yang besar pada harga *offered traffic*. (beban yang besar tersebut biasanya terdapat pada *direct route* atau *high usage route* atau pada berkas yang direncanakan secara salah/terlalu sedikit.

Hal ini dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 10.2: beberapa pengukuran pada berkas saluran yang terdiri atas 10 saluran

Carried traffic (Y) terukur	Offered traffic (A) (random traffic)	
4.0	4.02	
6.0	6.34	
8.0	10.47	
9.0	16.51	
9.5	27.15	
5.6	32.34*	
9.7	40.83*	26%
9.8	57.65	
9.9	107.82	

Terlihat bahwa bila beban muatan mencapai 80-90%, harga *offered traffic* meningkat dengan tajam. Kenaikan 1 % dalam *carried traffic* dari 9,6 ke 9,7 menghasilkan perubahan (kenaikan) sebesar 26% dalam *offered traffic*.

3. probabilitas pengulangan panggilan tak diketahui
probabilitas bahwa suatu panggilan yang tidak berhasil akan mengulangi, tidak diketahui. Yang diketahui hanyalah :
bila GOS besar, probabilitas pengulangan panggilan juga besar dan sebaliknya. Hal ini menyulitkan pula untuk mendapatkan harga "*offered trafik*" yang sebenarnya. Jadi *offered trafik* hasil konversi merupakan jumlah *offered traffic*

yang sebenarnya dan *offered traffic* yang timbul karena pengulangan panggilan dalam hal ini tak diketahui besarnya.

System pengulangan panggilan dapat dimodelkan sebagai berikut :

Bila :

- ☛ *offered traffic* yang pertama kali (*offered traffic* yang sebenarnya ditawarkan ke n saluran adalah A
- ☛ panggilan yang tak berhasil punya probabilitas mengulang sebesar: m
- ☛ jumlah rata-rata percobaan pemanggilan per panggilan adalah : p
- ☛ probabilitas blocking (GOS) adalah B

maka $B = E_n(Ap)$

$$Y = Ap(1 - B)$$

$$p = \frac{1}{(1 - Bm)} \quad [10.2]$$

sehingga untuk mendapatkan “*offered traffic*” yang sebenarnya dapat dihitung sebagai berikut :

- ☛ cari harga Ap dengan cara konversi yang biasa
- ☛ hitung harga *offered traffic* yang sebenarnya A dengan menentukan harga probabilitas mengulang m, maka

$$A = \frac{Y(1 - Bm)}{(1 - B)} \quad [10.3]$$

table berikut menggambarkan suatu contoh hasil perhitungan :

table 10.3 contoh hasil perhitungan :

Prob mengulang m	Offerered trafik A	Prob mengulang M	Offered traffic A
0.0	5.10	0.0	16.52
0.1	5.09	0.1	15.77
0.2	5.08	0.2	15.02
0.3	5.07	0.3	14.26
0.4	5.06	0.4	13.51
0.5	5.05	0.5	12.76
1.0	5.00	1.0	9.00

Y=5.0 erlang, N=10 saluran

Perlu diperhatikan bahwa hasil yang didapat dengan adanya kesulitan-kesulitan tersebut, kemungkinan salah cukup besar. Hal ini bukan karena kesalahan perhitungan computer tetapi lebih kepada kesalahan penentuan asumsi harga-harga yang tak diketahui (mis:m).

Untuk mendapatkan harga yang mendekati kebenaran diperlukan pengalaman-pengalaman praktek sebagai petunjuknya.

9.2 Pengulangan Panggilan

Bila :

m = probabilitas bahwa suatu panggilan yang tak berhasil akan mengulang

p = jumlah panggilan rata-rata yang dibuat oleh pemanggil

B = probabilitas bahwa panggilan di block

Maka Peristiwa-peristiwa yang terjadi adalah :

Tabel 10.4: Peristiwa pengulangan

Panggilan ke..... Lalu berhenti	Peristiwa	Probabilitas
1	Panggilan pertama berhasil atau panggilan tidak berhasil dan mengulang	$(1-Bm).1 + B(1-m)$ $= 1 - B.m$
2	(panggilan pertama tak berhasil dan mengulang dan panggilan kedua berhasil) atau (panggilan pertama tak berhasil dan mengulang dan tak berhasil tapi tak mengulang)	$Bm(1-B).1 + BmB(1-m)$ $= Bm - B^2.m^2$ $= Bm(1-Bm)$
3	Panggilan pertama tak berhasil dan mengulang dan panggilan kedua tak berhasil dan mengulang (dan panggilan ketiga berhasil atau tak berhasil tapi tak mengulang)	$(Bm)^2.(1-B).1 +$ $(Bm)^2.B(1-m)$ $= (Bm)^2.(Bm)^3$ $= (Bm)^2 . (1-Bm)$
. x	Sampai dengan panggilan ke : $x-1$ tak berhasil dan selalu mengulang dan panggilan ke : x (berhasil atau tak berhasil tapi tak mengulang)	$(Bm)^{x-1}.(1-B).1 +$ $(Bm)^{x-1}.B(1-m)$ $= (Bm)^{x-1}.(Bm)^x$ $= (Bm)^{x-1} . (1-Bm)$

Jadi : jumlah percobaan rata-ratanya :

$$p = \sum i(Bm)^{i-1} . (1 - Bm) = \frac{1}{(1 - Bm)} \quad [10.4]$$

sedangkan:

$$y = Ap(1 - B)$$

sehingga

$$A = \frac{Y(1 - Bm)}{(1 - B)} \quad [10.5]$$

9.3 Dasar prakiraan dan pengukuran

Beberapa metode prakiraan

Sumber trafik adalah pelanggan. Prakiraan jumlah pelanggan (satuan sambungan merupakan kegiatan yang penting karena hasil hasil prakiraan merupakan acuan dalam membangun sarana telekomunikasinya.

Prakiraan jumlah satuan sambungan (pelanggan) terdapat 4 kelompok metoda prakiraan.

1. Statistical demand analysis (analisis regresi)
Asumsi : perkembangan suatu besaran tertentu mengikuti suatu pola tertentu. Misalnya jumlah pelanggan tergantung atas jumlah penduduk, standard kehidupan, perkembangan ekonomi dan lain-lain. Bila beberapa variable mempunyai relasi yang nalar pada perkembangan telepon
2. trend method (kecenderungan tren linier, eksponensial, dll)
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 perkembangannya untuk waktu yang akan datang.
3. individual judgment
prakiraan didasarkan pada pengalaman dan informasi yang telah dikumpulkan: factor penetrasi suatu kelompok item tertentu, mis hotel, pabrik, perumahan pribadi dll
4. metode yang lainnya
analisis komparasi, moving average, exponential smooting.

Penjelasan lebih lanjut.

9.3.1 Statistical demand analysis (analisis regresi)

perkembangan jumlah pelanggan telepon dianggap mengikuti suatu pola tertentu, mis jumlah penduduk dan tingkat atau derajat kehidupan (living standart)

beberapa variable (variable yang menjelaskan) dapat dipakai untuk menjelaskan perkembangan telepon. Kaitan erat (korelasi tinggi) dengan perkembangan jumlah pelanggan telepon adalah:

- jumlah penduduk
bila jumlah penduduk naik, permintaan akan jumlah pelanggan juga naik

- tingkat kehidupan (living standard atau tingkat ekonomi)
bila GDP per kapita naik, maka permintaan jumlah pelanggan (saluran) telepon juga naik. Tingkat kehidupan ini juga tercermin misalnya dengan kegiatan pembangunan pergedungan (jumlah perkantoran, swalayan dll)
- harga atau biaya
Biaya yang harus dibaya oleh pelanggan untuk mis: menjadi pelanggan, langganan per bulan, pemakaian (banyaknya pulsa). Bila harga untuk ini naik biasanya permintaan jumlah pelangan akan turun.

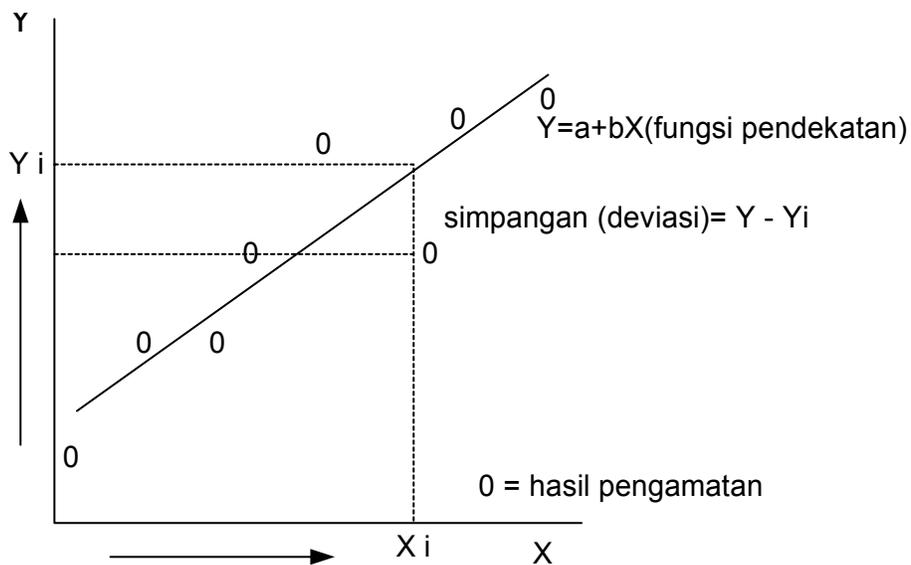
“Variable yg menjelaskan” yang mana yang dipilih untuk memprakirakan jumlah permintaan pelanggan telepon tergantung atas adanya atau ketersediaan prakiraan yang andal untuk yang akan datang dari variable-variabel tersebut. Selain itu juga antar variable-variabel yang menjelaskan harus punya korelasi yang rendah.

Variable yg menjelaskan yang ssering dipakai adalah: perkembangan jumlah penduduk dan ekonomi.

9.3.1.1. Model Regresi (a). Model Regresi Tunggal

pada model ini, dianggap variable yang dijelaskan merupakan fungsi linier dari satu variable yang menjelaskan.

Misalnya terdapat n pasang hasil pengamatan (pada waktu-waktu yang lalu) dari harga variable yang menjelaskan dan yang dijelaskan : $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$. Dapat dibuat kurvanya sbb:



Gambar 10.1: kurva

Diusahakan untuk:

- menentukan tipe kurvanya (linier atau yang lainnya)
 - pilih kurva yang paling baik (yang memberikan kesalahan yang paling kecil)
- dari pengamatan tersebut dapat dipilih kurva linier. Kurva yang paling baik dapat dipakai kriteria: jumlah kuadrat simpangan terkecil.

$$\text{Jadi } S = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - a - bX_i)^2 \text{ terkecil} \quad [10.6]$$

A dan b harus dicari, maka $\frac{\partial S}{\partial a} = 0$ dan $\frac{\partial S}{\partial b} = 0$

Diperoleh hasil :

$$b = \frac{n \sum_1^n X_i Y_i - \left(\sum_1^n X_i \right) \left(\sum_1^n Y_i \right)}{n \sum_1^n (X_i)^2 - \left[\sum_1^n X_i \right]^2} \quad [10.7]$$

$$\text{dan } a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad [10.8]$$

untuk memeriksa kualitas kurva garis lurus yang dihasilkan tsb adalah dengan koefisien korelasi r dimana koefisien determinasi r^2 :

$$r^2 = \frac{\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{\text{Variansi yg dijelaskan}}{\text{variansi total}} \quad [10.9]$$

harga r terletak antara [-1,+1]. bila $r=0$, menunjukkan tidak ada korelasinya, dengan perkataan lain : garis lurus tidak dapat mewakili hubungan antara Y dan X. bila variable yang menjelaskan lebih dari satu, model regresi menjadi: model regresi jamak.

(b). Model Regresi Jamak

persamaannya dapat ditulis SBB:

$$Y = a_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots \quad [10.10]$$

Dalam hal ini, metode yang dipakai biasanya dengan metode iterative. Dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. langkah 1

pilih beberapa factor yang mungkin menjadi variable yang menjelaskan X_1, X_2, \dots, X_n , dimana punya prakiraan yang baik (andal)

- 2. langkah 2**
hitung koefisien korelasi antara variable yang akan diprakirakan (Y) dan setiap variable yang menjelaskan (X_1, X_2, \dots, X_n)
- 3. langkah 3**
pilih variable yang menjelaskan yang mempunyai koefisien korelasi yang paling tinggi dengan Y (variable yang dijelaskan atau yang diprakirakan)
- 4. langkah 4**
misalkan variable X_2 yang terpilih, maka buat regresi pertama dengan X_2
 $Y = a_1 + b_1 X_2$ dan hitung koefisien a_1 dan b_1 (dengan rumus 10.9). subscript 1 pada a dan b berarti hasil iterasi ke 1 (berbeda arti dari a_1 dan b_1 yang dipakai pada rumus 10.10)
- 5. langkah 5**
hitung residu : $r_1 = Y_1 - (a_1 + b_1 X_2)$
- 6. langkah 6**
hitung koefisien korelasi antara r_1 dengan setiap variable yang menjelaskan yang lainnya yang belum terpilih, dalam contoh ini X_1, X_3, \dots, X_n
- 7. langkah 7**
pilih variable yang menjelaskan yang mempunyai koefisien korelasi yang paling tinggi dengan r_1 hasil perhitungan langkah 6
- 8. langkah 8**
misalkan variable X_1 yang terpilih, maka buat regresi yang kedua: $r_1 + a_2 + b_2 X_1$ dan hitung a_2 dan b_2 (dengan rumus 10.9)
- 9. langkah 9**
hasil regresi pertama dan kedua memberikan:
$$Y_1 = (a_1 + b_1 X_2) + r_1 = (a_1 + b_1 X_2) + (a_2 + b_2 X_1) = (a_1 + a_2) + b_2 X_1 + b_1 X_2 \dots$$
- 10. langkah 10**
hitung residu $r_2 = Y_1 - [(a_1 + a_2) + b_2 X_1 + b_1 X_2]$
- 11. langkah 11**
hitung koefisien korelasi antara r_2 dengan setiap variable yang menjelaskan lainnya yang sampai sekarang belum terpilih, yang dalam hal ini X_3, X_4, \dots, X_n
- 12. langkah 12**
teruskan dengan usaha ke 3 dan dilanjutkan dengan cara yang sama selama residu yang dihitung tidak terlalu kecil.

Catatan: Cara menghitung koefisien korelasi:

$$R(Y_1 X_i) = \frac{D_i}{\sqrt{G_i H_i}} \quad [10.11]$$

$$\text{dimana : } D_i = n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i$$

$$G_i = n \sum (Y_i)^2 - (\sum Y_i)^2$$

$$H_i = n \sum (X_i)^2 - (\sum X_i)^2$$

9.3.1.2 Moving Averages dan Exponential Smoothing

Dalam *moving average* ini persamaan-persamaannya dapat secara cepat diperbaharui. Salah satu keuntungan terhadap cara regresi adalah bahwa dimungkinkannya memberikan bobot lebih pada data yang lebih baru daripada memperlakukan pada semua data dengan bobot yang sama (data yang lebih baru lebih berpengaruh/penting dari pada data yang lama). *Moving average* ini juga meminimumkan data yang disimpan (*data storage*). Lebih dari itu, moving average mampu menggarap langsung masalah korelasi serial. Tetapi kerugian yang pokok dalam metode moving average dan *exponential smoothing* ini adalah bahwa asumsinya: pola atau kecenderungan yang lalu akan berlanjut terus pada waktu yang akan datang. Oleh karena itu yang memprakirakan harus mampu menentukan sebab-sebab terjadinya perubahan pola.

Moving average yang sederhana. Terdapat data sbb:

Tabel 10.5:

1	2	3	4	5	6
Periode t	Demand Xt (1000 unit)	Mt (1) N=5	Mt(1) N=10	Mt(2) N=5	Mt(2) N=10
1	50				
2	45				
3	56				
4	65				
5	49	53			
6	66	56.2			
7	66	60.4			
8	77	64.6			
9	67	65		59.84	
10	81	71.4	62.2	63.52	
11	70	72.2	64.2	66.72	
12	86	76.2	68.3	69.88	
13	62	73.2	68.9	71.6	
14	97	79.2	72.1	74.44	67.14
15	68	76.6	74	75.48	69.5
16	58	74.2	73.2	75.88	71.3

17	88	74.6	75.4	75.56	72.72
18	86	79.4	76.3	76.8	74.2
19	85	77	78.1	76.36	75.4
20	93	82	79.3	77.44	76.46
21	87	87.8	81	80.16	78.02
22	89	88	81.3	82.84	79.2
23	79	86.6	83	84.28	80.54
24	88	87.2	82.1	86.32	81.34
25	90	86.6	84.3	87.24	82.34

Terdapat relasi (persamaan-persamaan):
 Harga rata-rata N data terakhir.
 Misalnya N=5:

$$M_5^{(1)} = \frac{50 + 45 + 56 + 65 + 49}{5} = 53$$

$$M_t^{(1)} = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-N+1}}{N}$$

$$= M_{t-1}^{(1)} + \frac{X_t - X_{t-N}}{N} \quad [10.12]$$

jadi $M_6^{(1)} = M_5^{(1)} + \frac{X_6 - X_1}{5} = 53 + \frac{66 - 50}{5} = 56,2$

sedangkan untuk yang double moving averages (moving average terhadap $M_t^{(1)}$):

$$M_t^{(2)} = \frac{M_t^{(1)} + M_{t-1}^{(1)} + \dots + M_{t-N+1}^{(1)}}{N} \quad [10.13]$$

dalam table di atas (dengan N=5), mulai terdapat harga pada titik t=9.
 Bila dihitung :

$$M_9^{(2)} = \frac{65 + 64,6 + 64,4 + 56,2 + 53}{5} = 59,84$$

dapat dihitung untuk harga-harga pada titik t yang lainnya (selanjutnya).

Baik $M_t^{(1)}$ maupun $M_t^{(2)}$ bukan prakiraan. prakiraannya dalam bentuk :

$$Y = at + bt.T \quad [10.14]$$

dimana :

$$at = 2M_t^{(1)} - M_t^{(2)} \quad [10.15]$$

$$bt = \left[\frac{2}{N-1} \right] (M^{(1)}_t - M^{(2)}_t) \quad [10.16]$$

T: jumlah periode waktu t

Jadi kalau mau memprakirakan harga pada t, misalnya t=30 (jadi T=5), maka:

$$Y = 2.102,8 - 98,52 + \left[\frac{2}{5-1} \right] (102,8 - 98,52).5 = 107,08 + 2,14.(5) = 117,78$$

setelah jumlah pelanggan dapat diprakirakan maka langkah berikutnya adalah memprakirakan besarnya trafik. Pendimensian jaringan baru dapat dilakukan bila besarnya trafik sudah dapat diprakirakan.