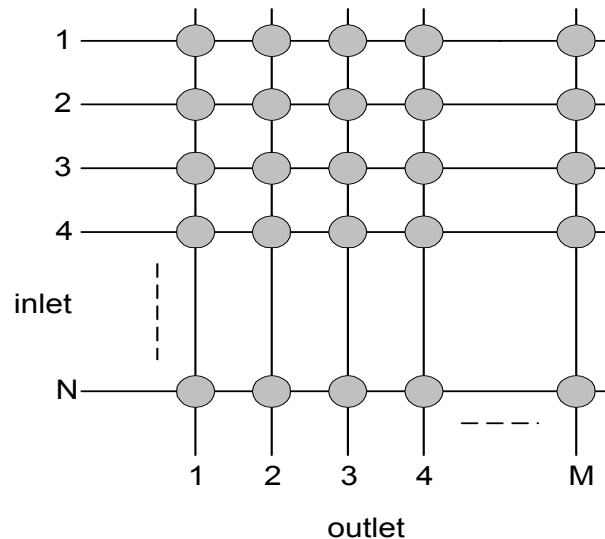


BAB IX JARINGAN BEBAS RUGI (NON-BLOCKING NETWORK)

Jaringan bebas rugi adalah jaringan yang memberikan keadaan bahwa setiap saluran masuk dapat mencapai (menduduki) setiap saluran keluar yang bebas. Jaringan tersebut dapat dilakukan dengan:

- Single stage
- Multiple stage

9.1 Jaringan Bebas rugi “single stage”



Gambar 9.1 : switching matrix “single stage”

Dalam *single stage*, setiap inlet dihubungkan dengan setiap outlet hanya dengan satu tahap.

Pada jaringan ini, *switch* memerlukan jumlah *cross point* sebanyak $N \times M$.

$$C_p = N \times M \quad [9.1]$$

Bila N lebih besar dari M , maka tidak semua sisi masuk dapat dihubungkan dengan sisi keluar, yaitu kalau semua sisi keluar telah digunakan, maka akan ada beberapa sisi masuk yang belum digunakan. Bila M lebih besar daripada N , yaitu kalau semua sisi masuk telah dihubungkan pada sisi keluar, akan ada beberapa sisi keluar yang belum digunakan. Dengan demikian, maka jumlah maksimum hubungan yang dapat dilakukan secara simultan (bersama-sama pada suatu saat) adalah sesuai dengan jumlah terkecil dari sisi masuk ataupun sisi keluar.

Effisiensi dari jaringan ini adalah : jumlah maksimum *cross point* yang dapat digunakan secara simultan dibagi jumlah total *cross point* dalam system tersebut.

$$Eff = \frac{\text{Cross point yg dapat digunakan secara simultan}}{\text{jumlah total crosspoint}} \times 100\% \quad [9.2]$$

$$Eff = \frac{[\min N, M]}{N \times M} \quad [9.3]$$

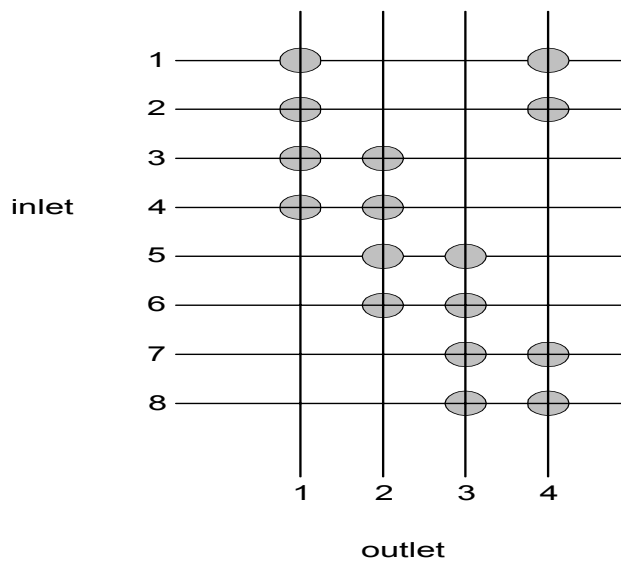
untuk N=4 dan M= 4, maka effisiensinya adalah :

$$Eff = \frac{4}{16} \times 100\% = 25\%$$

effisiensi ini akan makin kecil, bila jumlah cross point-nya makin besar.
Contoh: Untuk N=15 dan M=15, maka jumlah total cross point adalah 225, sehingga effisiensinya ;

$$Eff = \frac{15}{225} \times 100\% = 6,67\%$$

Dalam aplikasinya, tidak perlu setiap inlet dihubungkan dengan setiap outlet. Biasanya dengan cara mengoverlappingkan group outlet untuk group inlet. Teknik ini disebut dengan grading.



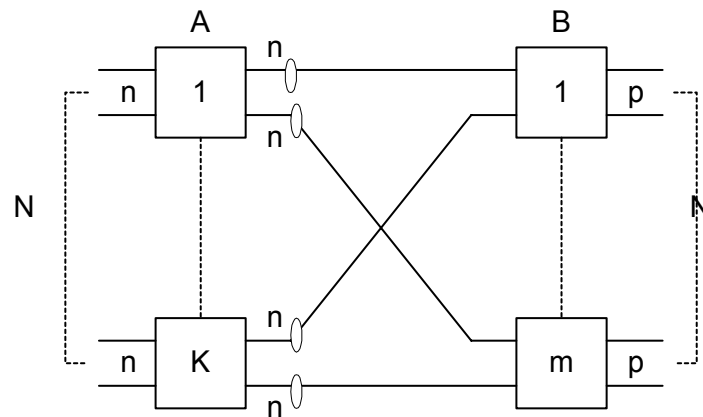
Gambar 9.2 : Graded rectangular switching matrix

Jika terdapa inlet 1 dan 8, maka yang dipilih adalah outlet 1 dan 3 bukan outlet 1 dan 4 karena terjadi blocking untuk inlet 2.

9.2 Jaringan Bebas Rugi “Multiple Stage”

Struktur switching yang sebelumnya adalah inlet yang langsung dikoneksikan dengan outlet melalui *single crosspoint*. Struktur ini dikenal dengan nama “*single stage*” switch. *Single stage* ini tidak efisien karena sangat banyak memerlukan *crosspoint*. Untuk itu dipilih *multistage switch* yang diharapkan akan memperkecil jumlah *crosspoint*.

9.2.1 Switching Network 2 Stage



Gambar 9.3 : Switching matrik 2 stage

Pada penyambungan dua stage, jumlah saluran yang masuk (inlet) sama dengan jumlah saluran keluar sebanyak N . pada tingkat 1 terdapat switch A dan pada tingkat 2 terdapat switch B.

Dimana :

$$N = kn = mp \quad [9.4]$$

missal $n \leq p$, maka $m \leq k$

Bila jaringan tersebut merupakan jaringan bebas rugi, maka :
 n saluran masuk ke switch A = n saluran keluar dari switch B.

setiap switch A : $n^2 \cdot m$ cross point

setiap switch B : pnk cross point

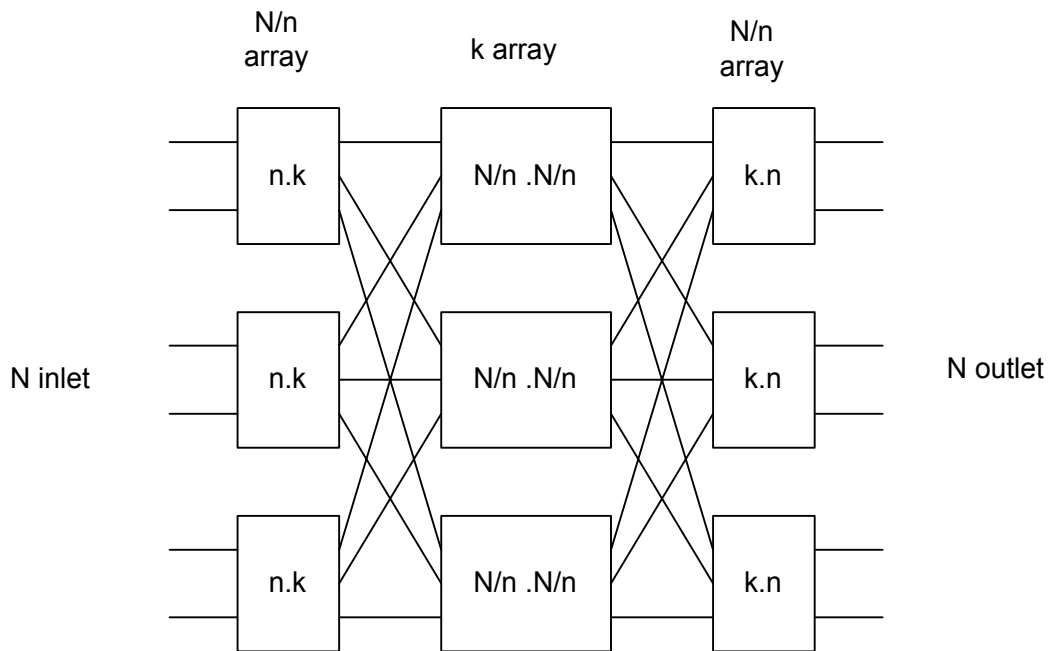
jadi jumlah cross point total

$$k \cdot n^2 \cdot m + m \cdot npk = N \cdot nm + N^2 \quad [9.5]$$

dibandingkan dengan single stage, pada dua stage mempunyai *crosspoint* yang lebih banyak, (sebesar $N.nm$), sehingga dua stage tidak lebih baik dari single stage dalam jumlah *cross point*.

9.2.2 Switching Network 3 Stage

Closs dapat menunjukkan bahwa jaringan bebas rugi dapat dibuat dengan jumlah *cross point* yang lebih sedikit daripada *cross point* pada jaringan bebas rugi satu tingkat (*single stage*). Jaringan bebas rugi 3 stage, model closs seperti ditunjukkan pada gambar 9.4.



gambar 9.4 : switching network 3 stage

untuk mendapatkan model di atas, kita tinjau dahulu keadaan-keadaan yang memberikan kemungkinan terdapatnya hubungan antara 1 saluran masuk tertentu di switch A (sebut S) dengan 1 saluran keluar tertentu di switch C (sebut D) yang masih bebas.

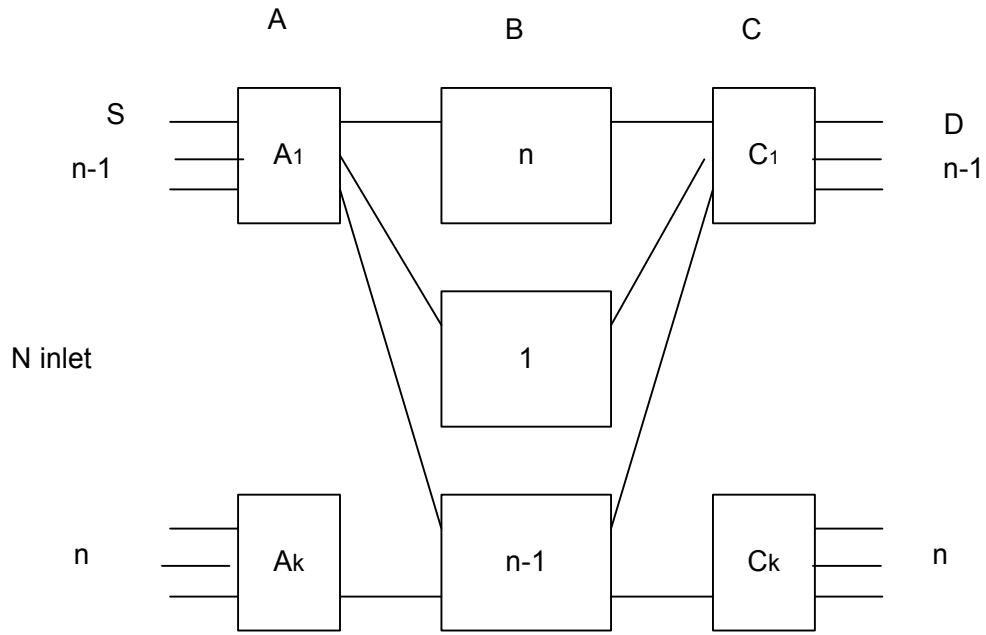
- **Kemungkinan keadaan-keadaan tersebut :**

(1). Keadaan 1

Dari n saluran masuk di switch A, $(n-1)$ saluran sudah sibuk, tinggal S yang akan menghubungi D. dari n saluran keluar di switch c, $(n-1)$ saluran sudah sibuk, tinggal D yang masih bebas dan akan dihubungi S.

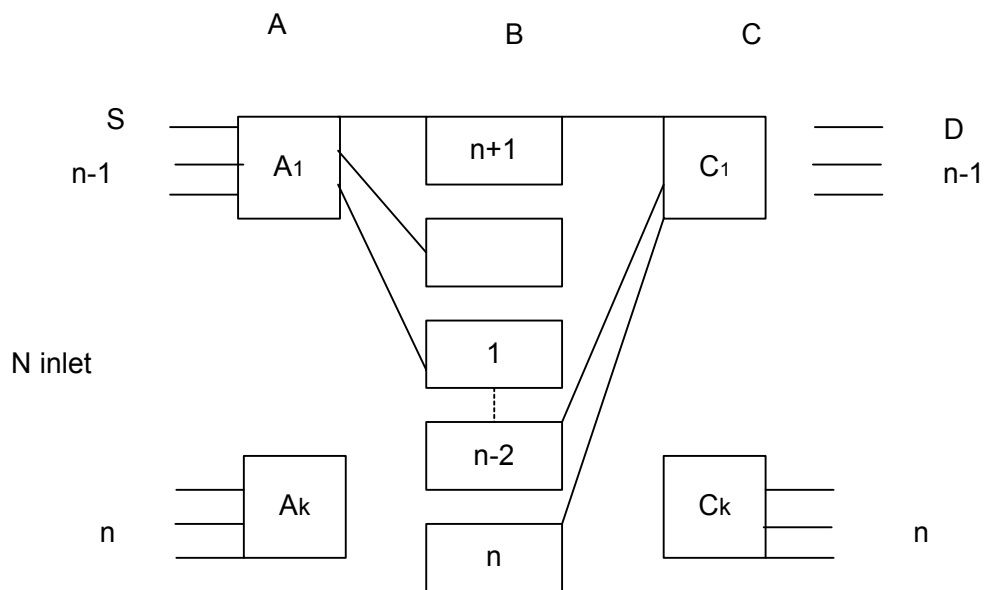
$n-1$ saluran yang sibuk di switch A_1 tersebut berhubungan dengan $n-1$ saluran yang sibuk di switch c_1 . Dalam keadaan ini S dapat berhubungan dengan D bila ada switch B ke n.

Berarti jumlah switch B sebesar n



gambar 9.5 : keadaan 1

(2) keadaan 2



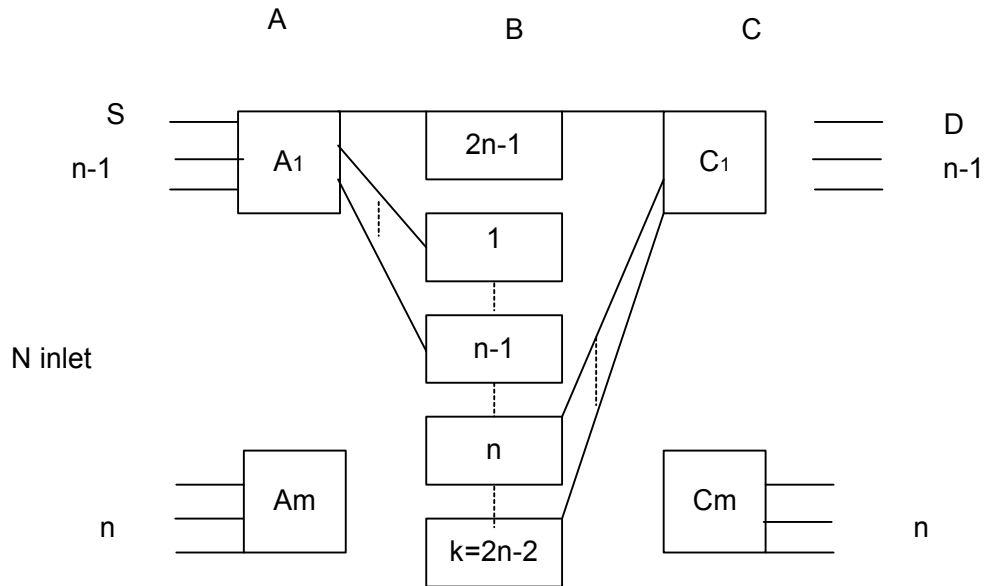
Gambar 9.6: keadaan 2

dari $(n-1)$ saluran masuk yang sibuk di switch A_1 , $(n-2)$ saluran berhubungan dengan $(n-2)$ saluran berhubungan dengan $(n-2)$ saluran keluar di C_1 . 1 saluran berhubungan dengan 1 saluran bukan dari switch C_1 . Dari $(n-1)$ saluran keluar yang sibuk di switch C_1 : $(n-2)$ saluran berhubungan dengan $(n-2)$ saluran masuk di switch A_1 . 1 saluran berhubungan dengan 1 saluran bukan dari switch A_1 .

Jadi jumlah switch $B = n+1$

(3) Keadaan 3

keadaan yang paling jelek (yang paling banyak jumlah swicthnya B-nya) jika dari $(n-1)$ saluran yang sibuk baik di switch A_1 maupun di switch C_1 tak ada yang dipakai untuk hubungan antara switch A_1 dengan switch C_1 . dilihat dari gambar, jadi jumlah switch B minimal = $(2n-1)$ buah.



Gambar 9.7: keadaan 3

Jadi untuk jaringan bebas rugi, jumlah saluran keluar di tiap switch A harus (paling sedikit) sebesar $(2n-1)$. Ini berarti jumlah switch B juga $(2n-1)$

Untuk jaringan 3 stage, dapat dicari jumlah cross point. Yaitu :

$$Cp = m \cdot (n \cdot k) + k(m \cdot m) + m(n \cdot k)$$

$$Cp = \frac{N}{n} \cdot (n \cdot k) + k \left(\frac{N}{n} \cdot \frac{N}{n} \right) + \frac{N}{n} (n \cdot k)$$

atau secara matematis menjadi :

$$Cp = 2Nk + k\left(\frac{N}{n}\right)^2 \quad [9.6]$$

dimana :

- N = jumlah inlet/outlet
n = ukuran dari setiap sitch block atau setiap group inlet/outlet
k = jumlah array tengah
- [9.7]

jumlah switching matriks (*switching Network*) seperti itu masih bersifat blocking. Adapun besarnya (kemungkinan) *blocking* yang terjadi dapat ditentukan sbb :

$$B = \left[1 - \left(1 - \frac{p}{\beta} \right)^2 \right]^k \quad [9.8]$$

dimana :

- B = kemungkinan semua jalur (path) sibuk
 $(1 - (q')^2)^k$ = kemungkinan paling sedikit satu link dalam satu path sibuk
 $q' = (1 - p')$ = merupakan kemungkinan interstage link idke

jika kemungkinan inlet sibuk (p) diketahui, maka

$$p' = \frac{p}{\beta}, \text{ dan } \beta = \frac{k}{n}$$

- β = factor konsentrasi
q = kemungkinan inlet/outlet idle

SWITCHING NON BLOCKING

Pada switch bertingkat tiga akan terjadi *blocking* ketika crosspoint dipakai bersama-sama, sehingga agar tidak terjadi blocking maka jumlah array pada tingkat tengah harus sama dengan $k = 2n - 1$

Sehingga rumus *crosspoint* menjadi :

$$Cp = 2N(2n - 1) + (2n - 1)\left(\frac{N}{n}\right)^2 \quad [9.9]$$

untuk mendapatkan Cp minimum, maka :

$$\frac{dCp}{dn} = 0 \quad \text{sehingga harga } n = \left(\frac{N}{2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad [9.10]$$

jika harga n dimasukkan kedalam persamaan diatas akan diperoleh :

$$Cp(\min) = 4N(\sqrt{2N} - 1) \quad [9.11]$$

9.3 SOAL

Question 1.

- The simplest form of digital switching is a crossbar switch. Sketch the structure of a 6×6 crossbar switch. Write down the complexity of an $N \times N$ crossbar switch.
- In order to reduce the complexity of a digital switch, a crossbar switch can be replaced by a multi-stage switching network. Sketch the architecture of an $N \times N$ three-stage space-division switching network, using $n \times k$ modules in stage 1.
- Derive an expression for the number of crosspoints of the above three-stage switching network. Assume that each module is a crossbar switch.
- When $k = 2n-1$, the switch becomes non-blocking. Assuming $N \gg 1$, show that if

$$n \approx \sqrt{N/2} ,$$

the number of crosspoints of a non-blocking switch is minimized.

Question 2.

- Given that $n = (N/2)^{1/2}$ and that the number of links between stages is equal to the number of the incoming trunks, design a three-stage network for connecting 120 incoming trunks to 120 outgoing trunks. If there are more than one solution, determine which one is better.
- If the above switching network is used as a router switch in a telephone network, derive its blocking probability. Assume that the occupancies of links between the primary switches and the secondary switches be p , between the secondary switches and the tertiary switches be q , and the outgoing trunks be r , respectively.
- Assuming that 30 erlangs of traffic is offered to the above network, calculate the blocking probability.
- For the offered 30 erlangs of traffic, what is the blocking probability if the numbers of links between stages and the number of secondary switches are increased by 20%.

Question 3.

Describe the operation of the two approaches used in packet switching: datagram and virtual circuit.

- Draw an event-timing diagram of a packet-switched network with 4 nodes in series for both datagram and virtual circuit modes. In the diagram, indicate all the possible delays incurred.
- Why ATM adopts virtual circuit as its switching technique but not circuit switching or datagram?
- What factors are considered when ATM Forum decided ATM packet/cell size?
- Assume that for a 64 Kbps voice call, it can tolerate a round-trip delay of 100 ms.
 - Compute the packetization delay for using an ATM cell and using a 1500-byte packet.

- ii) How many kilometers can a call span without using echo cancellers for 32- and 64-byte packets? Note that light travels at 210,000 km/s in fiber.

Question 4.

- Draw a simplified picture of the current U.S. telephone network, including the core network, central offices and end-systems. With the help of the picture, give two examples to demonstrate that a telephone number can give indication on the routing of a local call and a long distance call, respectively. [
- Describe the following routing schemes: random routing, sequential routing, and least loaded routing (LLR). Discuss their cost/performance trade-offs.
- Suppose toll switch A wants to set up a connection to toll switch B using LLR. Assume that there are a direct path and three two-link alternate paths between switches A and B. If the AB trunk is full, and the probability that any other link is full is 0.05, what is the probability that A cannot setup a connection to B?
- In each link, there is a parameter called trunk reservation. What is that for? What is the impact if the value of the parameter is set to high or low?

Question 5.

- Draw a time switch for PCM channels. Describe its connection setup procedure.
- Sketch a T-S-T network to connect m incoming highways to m outgoing highways, each carrying n PCM channels. Explain briefly how a connection is setup. A T-S-T network has ten incoming highways and ten outgoing highways. Each highway conveys 32 PCM channels. The average occupancy of each incoming PCM channel is 0.7 E.
 - Draw an equivalent space-space-space network.
 - Calculate the blocking probability when an incoming call must be connected to a particular free channel on a selected outgoing highway.
- A T-S-T and an S-T-S switches both have 32 incoming and 32 outgoing highways. Each has 32 PCM channels. The S-T-S network has 32 time-switch links, so both networks give the same blocking probability. Compare the crosspoint and storage requirements for these two networks. Assume that the storage is measured in bytes.

Question 6.

- Draw a switching system which consists of two concentrators, two routers and two expanders. Each type of switches is constructed by a two-stage switching network, with two primary 2×2 switching modules and two secondary 2×2 switching modules.
- Write down the requirements for making a connection in each type of switches (i.e. concentrator, router and expander).
- Design a two-stage switching network, which has N incoming trunks, N outgoing trunks, n inlets in each primary switch, and n outlets in each secondary switch.

A two-stage space-division network acts as a concentrator. It has M incoming trunks, N outgoing trunks and N links between the two switching stages (where $M > N$). Two methods of designing the network are as follows:

Use the same number of switches in each stage, but have larger size switches in the first stage.

- i) Use switches such that the number of inlets for a primary switch is the same as the number of outlets for a secondary switch.

Using each method, design a 2-stage concentrator which has 400 incoming trunks and 100 outgoing trunks. How many crosspoints each concentrator has?