

## BAB III

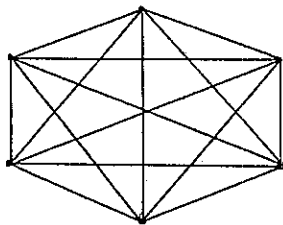
### PERENCANAAN JARINGAN TELEPON DALAMA GRAF

#### 3.1 Model Jaringan Telepon.

Jaringan telepon merupakan alat penghubung bagi setiap pelanggan atau pemakai telepon dengan menggunakan saluran telepon sehingga membangun rantai terhubung.

##### 3.1.1 Pola Jaringan Telepon

Untuk dapat berkomunikasi dua orang pelanggan harus dihubungkan dengan satu saluran. Saluran yang menghubungkan kedua pelanggan tadi berupa kawat penghubung. Saat jumlah pelanggan sedikit hubungan tadi dilakukan secara langsung, seperti Gb. 3.1

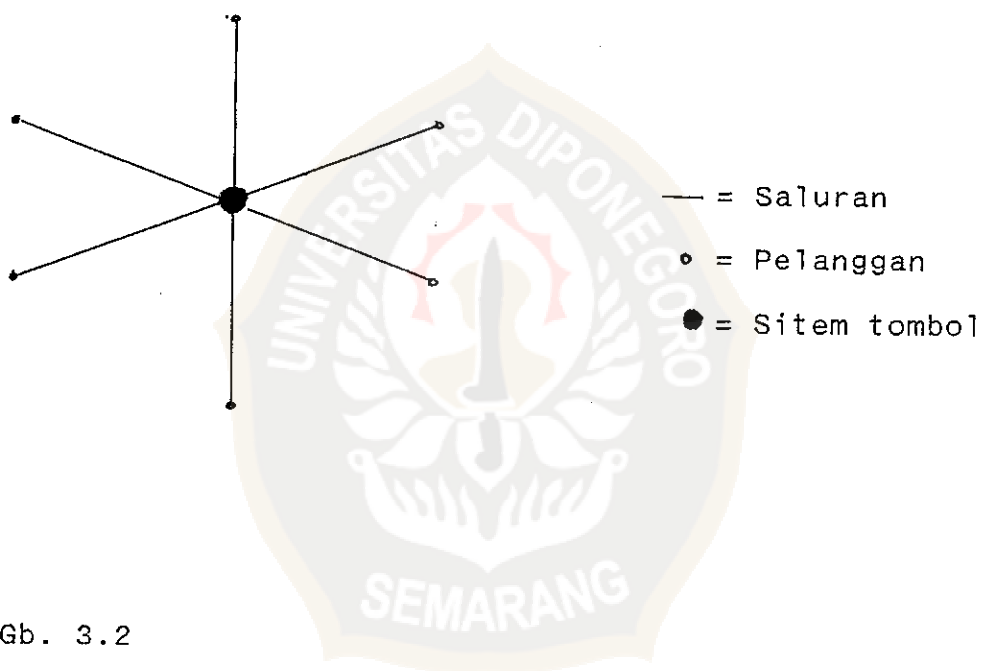


• = Pelanggan

— = Saluran

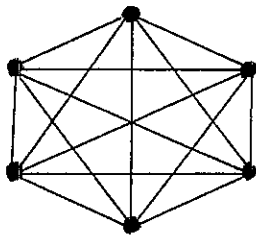
Gb. 3.1

Setelah jumlah pelanggan bertambah banyak, saluran yang dibutuhkanpun jadi sangat banyak dan rumit, sehingga polanya tidak lagi seperti Gb. 3.1 Oleh karena itu digunakan sistem tombol (switch) yaitu sistem yang berfungsi sebagai penghubung antara dua pelanggan pada saat dibutuhkan.

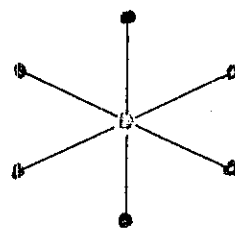


Gb. 3.2

Bertambahnya pelanggan membuat kebutuhan sistem tombol makin bertambah pula. Untuk menghubungkan dua pelanggan yang kebetulan berada pada sistem tombol yang berbeda diperlukan saluran yang menghubungkan sistem tombol yang berbeda. Hubungan tersebut dibuat sebagai hubungan langsung atau sebagai sistem sentral seperti pada Gb. 3.3 dan Gb. 3.4



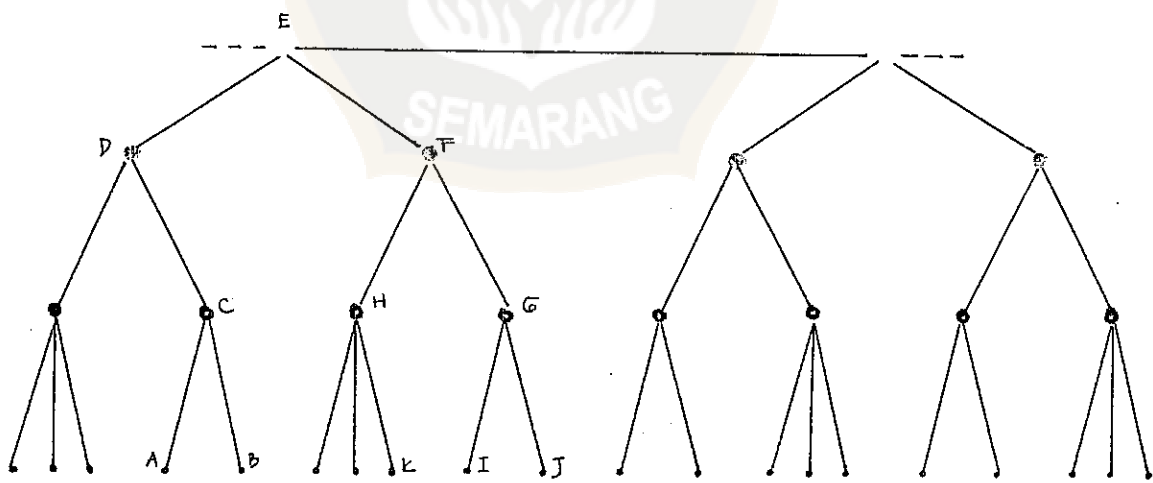
Gb. 3.3



Gb. 3.4

- = Saluran
- = Sistem tombol
- ⊙ = Sentral

Seiring dengan majunya teknologi dibutuhkan komunikasi yang lebih banyak, sehingga pelanggan makin membengkak dengan cepat. Bertambahnya pelanggan membuat sistem tombol makin bertambah banyak dan makin rumit. Jaringan yang terbentuk secara sederhana bisa digambarkan seperti :

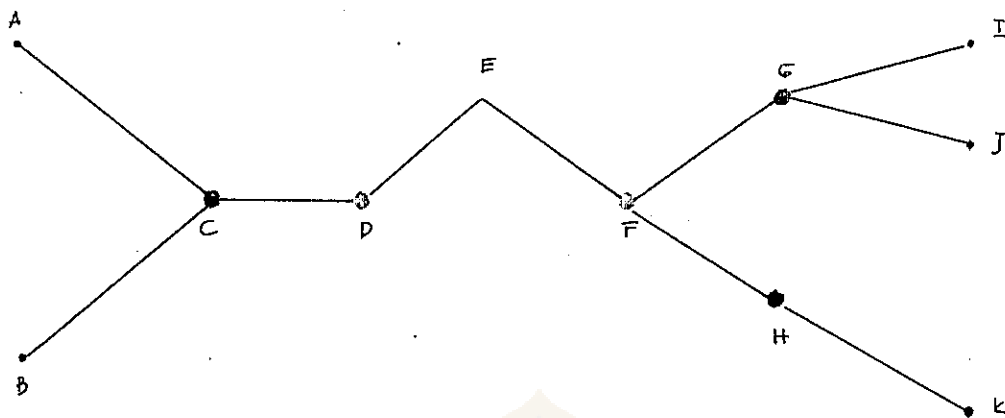


- Sentral pusat
- Sentral lokal
- ⊙ Sentral antara
- Pelanggan

Gb. 33.5

### 3.1.2 Model Graf Untuk Jaringan Telepon.

Misal disajikan suatu jaringan telepon seperti Gb. 3.6



A,B,I,J,K = Pelanggan

C,G,H = Sentral lokal

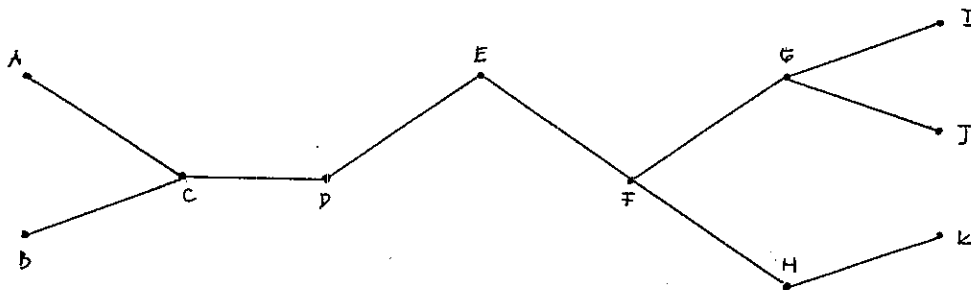
D,F = Sentral antara

E = Sentral pusat

Gb. 3.6

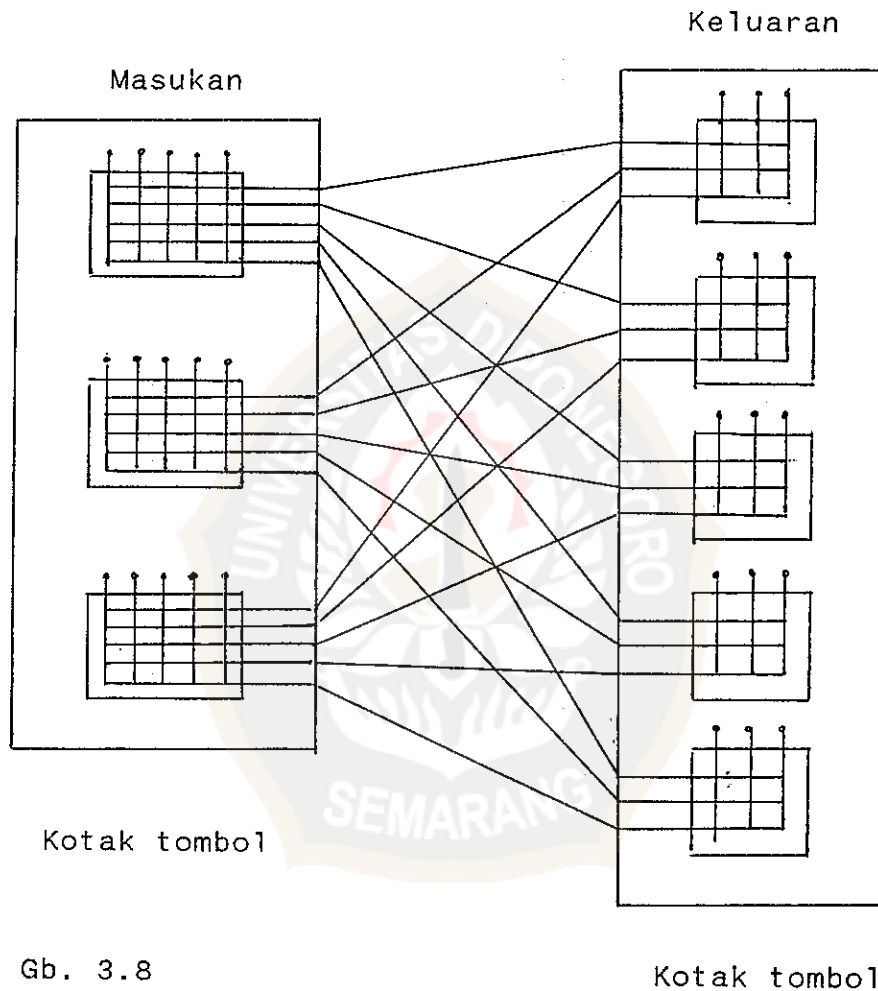
Gb. 3.6 menunjukkan secara sederhana jalur sambungan telepon dari A ke J melalui sebuah rute ACDEFGJ. Gambar diatas akan disederhanakan dengan menggunakan graf.

Sentral C,D,E,F,G,H dan pelanggan A,B,I,J,K diwakili oleh simpul dan saluran telepon diwakili oleh busur.



Gb. 3.7

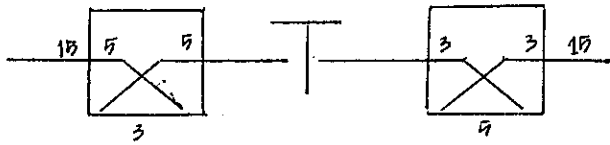
Pada kenyataannya sentral telepon memiliki banyak tombol yang tersusun rapi dalam sejumlah kotak (block). Hubungan antar blok disebut belalai, agar lebih mudahnya kita gambarkan block dan belalai tadi pada Gb. 3.8



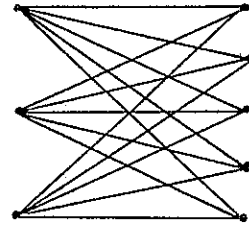
Gb. 3.8

Terdapat 15 terminal pada kotak tombol A yang terbagi dalam 3 block dengan masing-masing block berisi 5 terminal. Pada kotak tombol B terdapat 15 terminal yang terbagi dalam 5 block dengan masing-masing block terdiri dari 3 terminal. Tiap block pada A dihubungkan dengan belalai ke tiap block di B. Jadi  $A_1$  dihubungkan dengan  $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$  demikian juga untuk  $A_2$  dan  $A_3$

Gb. 3.8 dapat disederhanakan seperti pada Gb. 3.9 dan 3.10



Gb. 3.9



Gb. 3.10

Gb. 3.9 diterjemahkan sebagai berikut

Kotak tombol masukan terdiri dari 15 terminal yang terbagi dalam 3 block tiap block dihubungkan dengan kotak tombol keluaran menggunakan 5 belalai.

Kotak tombol keluaran terdiri dari 15 terminal yang terbagi dalam 5 block. tiap block dihubungkan dengan kotak tombol masukan melalui 3 belalai.

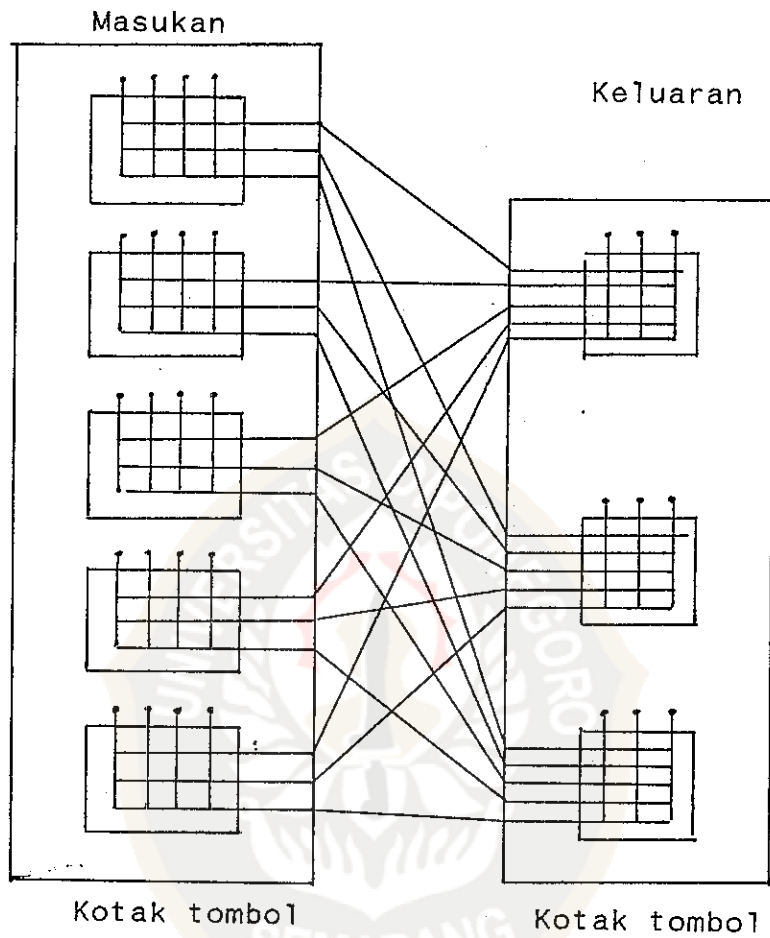
Bila Gb. 3.9 menyajikan tombolnya, Gb. 3.10 lebih menekankan pola hubungan/saluran diatas ditunjukkan masukan dan keluaran punya terminal yang sama banyak. Berikut ini akan disajikan jumlah masukan dan jumlah keluaran yang tidak sama.

Gb. 3.11 Diterjemahkan sebagai berikut.

Kotak tombol masukan terdiri dari 20 terminal yang terbagi dalam 5 block, tiap block dihubungkan dengan kotak tombol keluaran melalui 3 belalai.

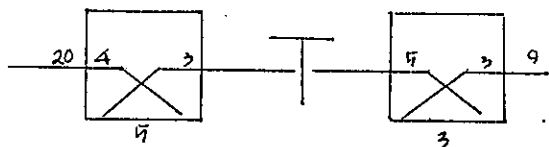
Kotak tombol keluaran terdiri dari 12 terminal yang

terbagi dalam 3 block, tiap block dihubungkan dengan kotak tombol masukan melalui 5 belalai.

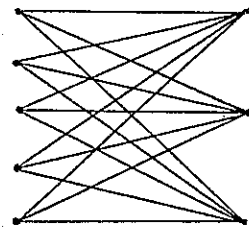


Gb. 3.11

atau bila disederhanakan akan terlihat seperti Gb. 3.12 dan 3.13



Gb. 3.12



Gb. 3.13

Dari Gb. 3.8 dan Gb. 3.11 dapat dilihat bahwa tombol-tombol diwakili oleh perpotongan garis dalam kotak block yang berfungsi sebagai pemutus atau penghubung sambungan telepon. Dan pada kenyataannya peralatan telepon baru bisa bekerja jika telah terhubung dengan sumber listrik hal ini dilaksanakan melalui sirkuit kabel (Cord Circuit) yang gambarnya seperti Gb. 3.8 atau Gb. 3.11 Sedangkan strukturnya dinyatakan secara berturut-turut sebagai Gb. 3.10 dan Gb. 3.13

Gb.3.10 adalah graf bipartit lengkap dengan lambang  $K_{3,5}$  dimaksud sebagai 3 sirkuit kabel dengan 5 stasiun pelanggan. Gb.3.13 adalah graf bipartit lengkap dengan lambang  $K_{5,3}$  dimaksud sebagai 5 sirkuit kabel dengan 3 stasiun pelanggan.

Secara umum, graf jaringan telepon mempunyai 3 bentuk dasar yaitu :

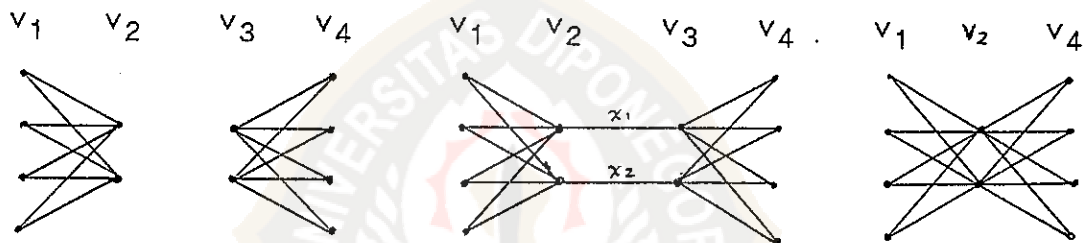
1. Graf lengkap ( $K_n$ )
2. Graf Star ( $K_{1,n}$ )
3. Graf bipartit lengkap ( $K_{n,m}$ )

Ketiga graf tersebut merupakan dasar dari pola jaringan telepon yang lebih kompleks seperti graf tahap ganda (multi stage graph) yang akan dibicarakan selanjutnya.



### 3.1.4 Perluasan Model

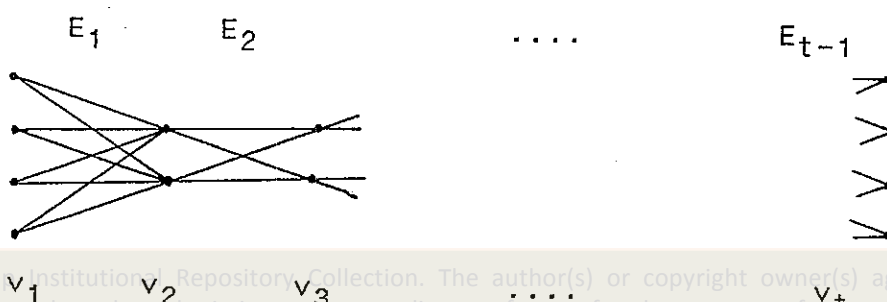
Pada pelaksanaannya jaringan telepon menjadi sangat rumit. Hubungan antar sentral akan dibangun secara bersusun. Penyederhanaan dan proses pembangunannya dapat dengan jelas ditunjukkan dalam model graf seperti pada Gb. 3.14



Gb. 3.14

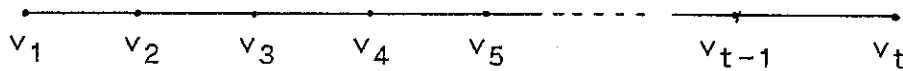
$v_{21}$ ,  $v_{22}$ ,  $v_{31}$ ,  $v_{32}$  adalah sentral telepon yang akan dihubungkan dengan 2 saluran (Gb. 3.14(i)) setelah disambung dengan busur  $x_1$  dan  $x_2$  (Gb. 3.14(ii)) kemudian disederhanakan menjadi Gb. 3.14(iii)

Apabila proses diatas diteruskan maka didapatkan graf t tahap yang memiliki t himpunan simpul  $v_i$  ( $i=1,2,\dots$ ) dan  $(t-1)$  himpunan busur  $x_i$  yang menghubungkan  $v_i$  dengan  $v_{i+1}$  ( $i=1,2,\dots,(t-1)$ )



Gb. 3.15 graf t tahap lengkap

Apabila graf t tahap setiap himpunan simpulnya hanya berisi satu simpul saja maka disebut graf satuan  $I_t$  (unit graf  $I_t$ ) seperti pada Gb. 3.16



Gb.3.16 Graf satuan  $I_t$

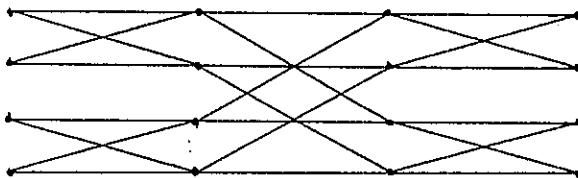
Graf t tahap ada dua macam yaitu graf t tahap lengkap (complete t stage graph) dan graf t tahap tak lengkap (incomplete t stage graph).

Syarat graf t tahap lengkap adalah :

Setiap simpul didalam himpunan simpul  $v_i (i=1,2,\dots,t-1)$  berbatasan dengan setiap simpul dalam himpunan simpul  $v_{i+1}$

Gb. 3.15 adalah Graf t tahap lengkap dimana setiap anggota simpul di  $v_i$  dihubungkan dengan setiap anggota  $v_{i+1}$ . Contoh graf t tahap tak lengkap dapat dilihat pada Gb. 3.17

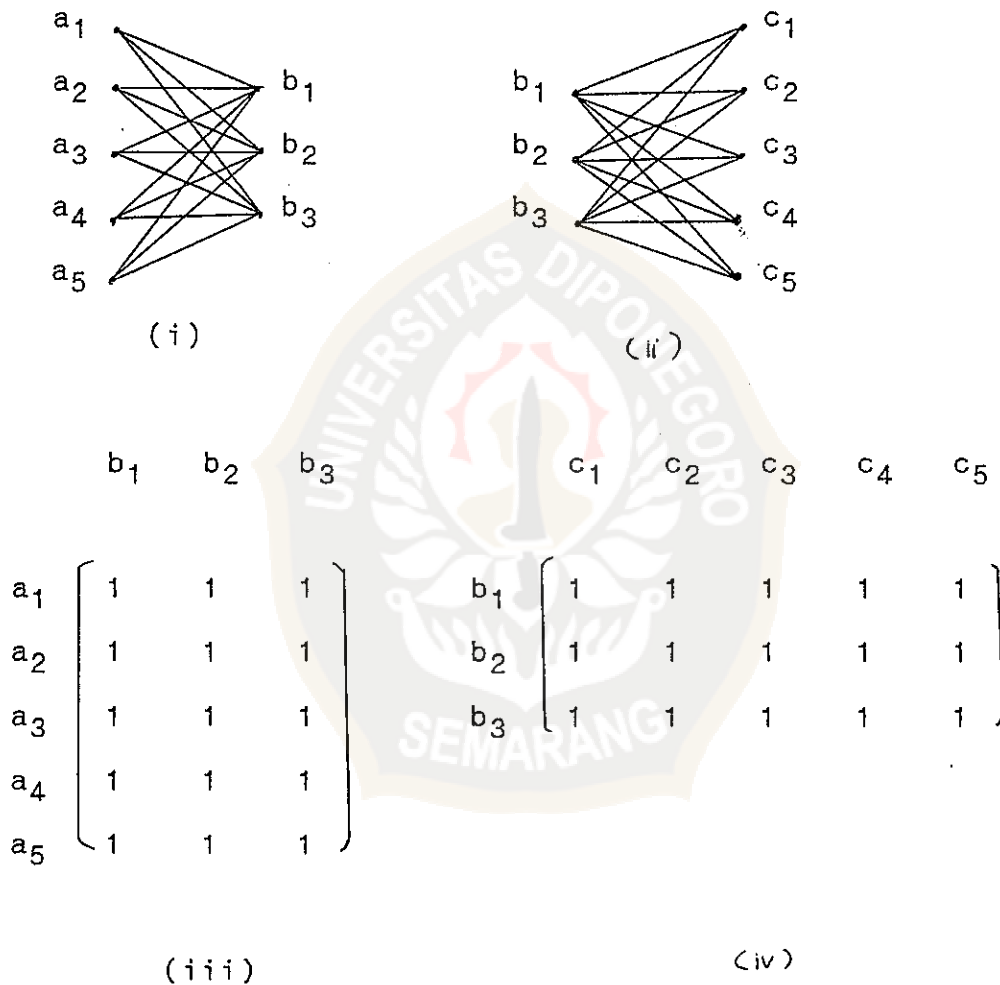
Contoh 3.1



Gb. 3.17 Graf 4 tahap tak lengkap

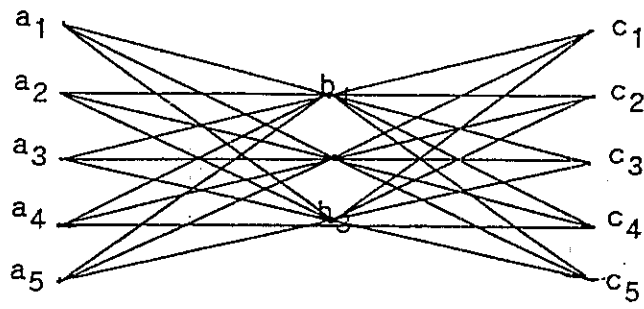
Akan disajikan matrik keberbatasan untuk mempermudah penghitungan lintasan saling asing pada graf t tahap.

Contoh 3.2



Gb. 3.18

Hasil kali matrik-matrik keberbatasan merupakan sebuah matrik dengan elemen-elemen menyatakan jumlah lintasan antara suatu masukan dan keluaran pada graf t tahap.



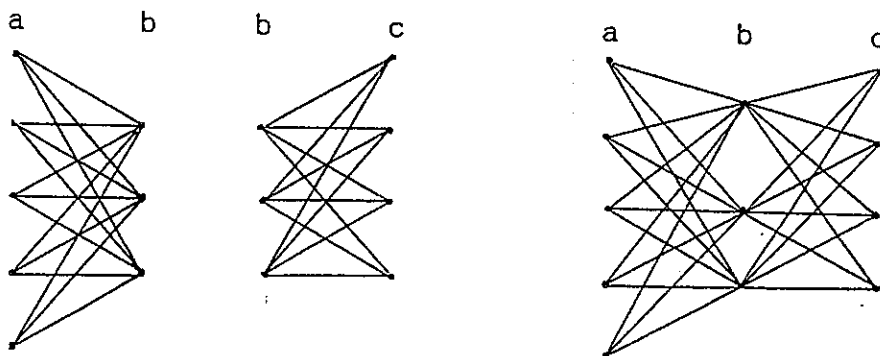
(i)

$$\begin{matrix}
 & b_1 & b_2 & b_3 & & c_1 & c_2 & c_3 & c_4 & c_5 & & b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 \\
 a_1 & \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array} \right] & \cdot & \begin{matrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{matrix} & \left[ \begin{array}{ccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \right] & = & \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \end{matrix} & \left[ \begin{array}{ccccc} 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \end{array} \right]
 \end{matrix}$$

Gb. 3.19

Untuk lebih jelasnya kita lihat contoh lain dimana masukan dan keluaran tidak sama.

Contoh 3.3

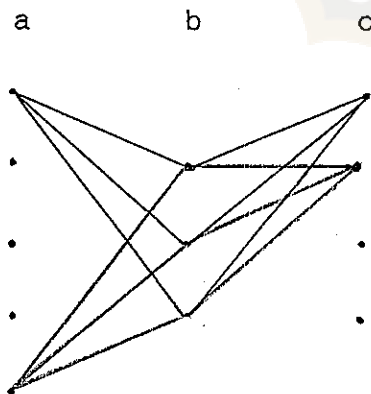


$$\begin{array}{ccc}
 b_1 & b_2 & b_3 & & c_1 & c_2 & c_3 & c_4 & & & c_1 & c_2 & c_3 & c_4 \\
 a_1 & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} & b_1 & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} & = & a_1 & \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \\
 a_2 & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} & b_2 & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} & & a_2 & \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \\
 a_3 & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} & b_3 & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} & & a_3 & \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \\
 a_4 & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} & & & & a_4 & \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \\
 a_5 & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} & & & & a_5 & \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 & 3 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

Gb. 3.20(iii)

Gambar diatas menunjukkan proses pembuatan dari graf bipartit lengkap menjadi graf 3 tahap lengkap sedangkan Gb. 3.20 (iii) adalah cara mencari jumlah lintasan saling asing yang mungkin dengan mengalikan matrik berbatasan graf bipartit lengkap.

Masing-masing pasang simpul memiliki 3 saluran saling asing.



$a_1$  dan  $c_1$  punya 3 lintasan saling asing

$a_5$  dan  $c_2$  punya 3 lintasan saling asing

Banyaknya lintasan ini bergantung pada banyaknya simpul antara

Gb. 3.21 Lintasan saling asing

### 3.2 Perbaikan Keadaan Model Jaringan Telepon

Yang dimaksud dengan perbaikan keadaan telepon adalah langkah yang diambil untuk menambah kenyamanan berkomunikasi walaupun pada jam-jam sibuk. Berikut ini akan dikenalkan konsep lintasan alternatif sebagai salah satu jalan dalam upaya perbaikan keadaan model jaringan telepon.

#### 3.2.1 Lintasan Alternatif

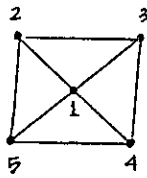
Dalam jaringan telepon yang masih sederhana disediakan lintasan tunggal untuk sebarang dua tempat yang ditunjuk, untuk jaringan yang modern yang lebih kompleks disediakan lintasan alternatif. Penyediaan lintasan alternatif ini dimaksudkan untuk menghindari blocking.

##### Definisi 23

Blocking adalah suatu keadaan, dimana dua pelanggan tidak bisa berhubungan karena tidak tersedianya jalur. Jadi tidak tersedianya lintasan yang bisa digunakan padahal sepasang pelanggan sama-sama tidak mengangkat telepon. Pendekatan graf dapat digunakan untuk mencari lintasan alternatif tersebut sehingga dapat dihindari terjadinya blocking.

Konsep lintasan alternatif bisa dijelaskan sebagai berikut :

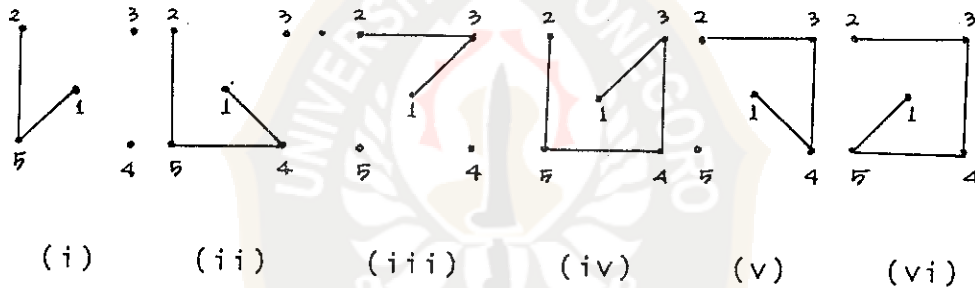
Misalkan suatu graf sederhana Gb.3.22 Akan dicari lintasan alternatif yang menghubungkan simpul 1 dan simpul 2



Lintasan yang ditunjuk adalah lintasan langsung dari 1 ke 2

Gb. 3.22

Akan dicari lintasan lain dengan memakai walk (Gb.3.23)



Gb. 3.23 Lintasan lain dari 1 ke 2

Gambar diatas menunjukkan ada 7 lintasan untuk mencapai 2 dari 1, tetapi untuk jaringan telepon modern nampaknya hal ini tidak lagi bisa dipakai, karena untuk sistem tombol satu simpul akan berisi lebih dari satu pelanggan sedangkan walkpun harus berjumlah sama .

Misal pada Gb. 3.23 (ii) dan (v) jumlah busur sudah sama, yaitu (1 4 5 2) dan (1 4 3 2), tetapi terlihat penggunaan satu busur yang sama, jadi misalkan pelanggan di 1 sudah berhubungan dengan pelanggan di 2 melalui jalur (1 4 5 2) maka pelanggan lain di 1 sudah tidak bisa lagi berhubungan dengan pelanggan lain di 2 walau-

pun memakai jalur (1 4 3 2) karena busur 14 sudah terisi. Jadi dapat disimpulkan pencarian lintasan alternatif melalui walk tidak menyajikan penghitungan yang tepat.

Untuk mencari lintasan alternatif yang saling asing digunakan konsep lain yaitu konsep keterhubungan dalam graf. Pada Bab II sudah disebut definisi tentang keterhubungan yaitu definisi 19 dan 20 Menger menyebut 2 teorema mengenai keterhubungan ini.

#### Teorema 1.

Graf lengkap bernilai keterhubungan  $n$  bila dan hanya bila tiap pasang simpulnya dihubungkan dengan  $n$  lintasan saling asing.

#### Bukti

a. Graf lengkap bernilai keterhubungan  $n$  maka tiap pasang simpulnya akan dihubungkan dengan  $n$  lintasan saling asing. Akan dibuktikan bila lintasan saling asing  $n$  maka nilai keterhubungan tidak mungkin  $\neq n$

Misal : tiap pasang simpul dihubungkan lintasan saling asing sebesar  $\neq n$

Berarti ada 2 kemungkinan :

- (i) lintasan saling asing  $< n$
- (ii) lintasan saling asing  $> n$



Untuk kasus (i) lintasan saling asing  $< n$   
Dari definisi 20 diusahakan agar membuat graf jadi tak terhubung atau trivial, untuk mencari minimumnya kita amati sepasang simpul dan semua lintasan saling asing tersebut. Karena graf lengkap lintasan saling asing tiap pasang simpul adalah sama yaitu  $< n$  maka nilai keterhubungan akan  $< n$  juga ## pengandaian salah. Yang benar nilai keterhubungan graf lengkap  $= n \implies$  tiap pasang simpul dihubungkan dengan  $n$  lintasan saling asing ## terbukti

Untuk kasus (ii) lintasan saling asing  $> n$   
Sesuai definisi 20 berarti harus dihilangkan semua lintasan saling asing pada salah sepasang simpul pada  $G$ , karena graf lengkap lintasan saling asing tiap pasang simpul sama yaitu  $> n$  bila nilai keterhubungan  $= n$  berarti masih ada lintasan yang menghubungkan sepasang simpul dalam  $G$ . Berarti masih terhubung ## pengandaian salah.

Yang benar nilai keterhubungan graf lengkap  $= n \implies$  lintasan saling asing  $= n$

Terbukti graf lengkap bernilai keterhubungan sebesar  $n \implies$  terdapat  $n$  lintasan saling asing untuk setiap pasang simpulnya.

b. Bila tiap pasang simpul graf lengkap<sup>g</sup> dihubungkan dengan  $n$  lintasan saling asing maka nilai keterhubungan juga sama dengan  $n$  akan dibuktikan bila nilai keterhubungan =  $n$  maka lintasan saling asing tiap pasang simpul tidak mungkin  $\neq n$ .

Misal : nilai keterhubungan  $\neq n$  berarti ada dua kemungkinan (i) Nilai keterhubungan  $< n$   
(ii) Nilai keterhubungan  $> n$

Kasus (i) nilai keterhubungan  $< n$

Dari definisi 19 dan 20 berarti graf akan tidak terhubung atau trivial bila  $< n$  busur dihilangkan. Padahal diketahui ada  $n$  lintasan saling asing, berarti masih terhubung ## pengandaian ditolak.

Yang benar lintasan saling asing tiap pasang simpul =  $n \implies$  keterhubungan =  $n$

Kasus (ii) nilai keterhubungan  $> n$

Dari definisi 20, graf akan tak terhubung atau trivial bila  $> n$  busur dihilangkan. Diketahui lintasan saling asing sebesar  $n \implies$  hanya dengan menghilangkan  $n$  busur saja maka graf akan jadi tak terhubung. Berarti definisi minimum tidak terpenuhi ## pengandaian salah.

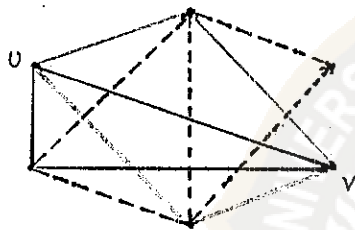
Yang benar lintasan saling asing tiap pasang simpul =  $n \implies$  nilai keterhubungan =  $n$

Theorema terbukti.

Jadi untuk graf lengkap dengan  $n$  simpul dengan lintasan saling asing sebesar  $(n-1)$  akan bernilai keterhubungan  $(n-1)$ .

Contoh 3.4

Diberikan Graf lengkap  $K_6$



Terlihat simpul  $u$  dan  $v$  dihubungkan 5 lintasan saling asing dan menurut Menger nilai keterhubungannya sebesar 5 juga dan akan menjadi trivial.

Gb. 3.24

Theorema 2

Bila Graf bipartit lengkap  $K_{r,s}$  dimana  $r$  = jumlah simpul pada himpunan simpul I dan  $s$  = jumlah simpul pada himpunan simpul II maka graf tersebut mempunyai keterhubungan sebesar  $\min \{r,s\}$

Bukti :

Untuk membuat graf bipartit lengkap menjadi tidak terhubung adalah dengan mengisolasi salah satu simpul.

Dari definisi 16 tentang graf bipartit lengkap dikatakan bahwa tiap simpul di  $r$  dihubungkan dengan tiap simpul di  $s$  dengan satu busur. Dapat diartikan tiap

simpul di  $r$  akan berderajat  $s$  dan tiap simpul di  $s$  berderajat  $r$

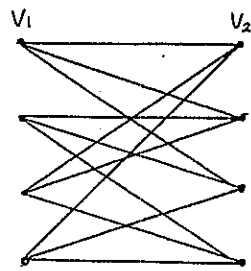
Sesuai definisi 20 nilai keterhubungan adalah minimum busur yang dihilangkan untuk membuat graf jadi tak terhubung.

Untuk mengisolasi salah satu simpul maka akan dipilih simpul dengan derajat  $\min(r,s)$

Terbukti untuk graf bipartit lengkap  $K_{r,s} \Rightarrow$  nilai keterhubungan sebesar  $\min(r,s)$ .

Perancangan graf bipartit lengkap disini merupakan perancangan suatu keadaan ideal. Pada kenyataannya sering kali terjadi sesuatu yang jelas sangat mengganggu keidealan tadi oleh karena persediaan alat yang terbatas seringkali membuat harus dipikirkan agar pengurangan jalur tidak begitu mengganggu kelancaran hubungan antara pelanggan. Pada akhirnya sebagai jalan keluar perlu dibuat rancangan graf bipartit yang tidak lengkap tetapi punya keterpolaan. Maksud keterpolaan/keteraturan ini hanya untuk mempermudah pengamatan saja.

### Contoh 3.5



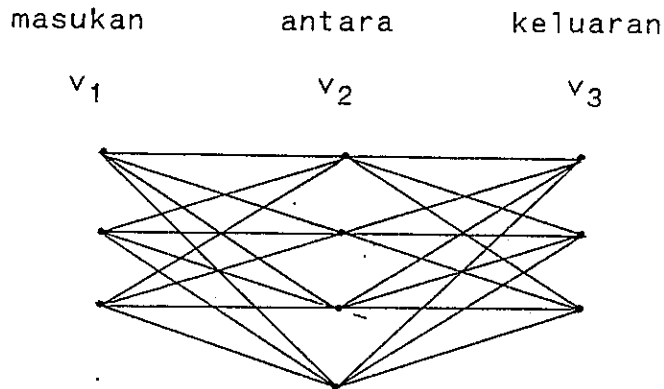
Gb. 3.25 Graf Bipartit tidak lengkap dengan keteraturan tiap simpulnya berderajat 3.

Pada Gb. 3.29 dapat dilihat tiap simpul di  $v_1$  hanya bisa berhubungan dengan 3 simpul di  $v_2$ . Keteraturan hubungan dalam penyediaan saluran dengan peralatan terbatas dapat diturunkan dari operasi memparalelkan (paralelling operation) yang akan dibahas lebih lanjut.

Sampai disini telah diketahui cara pencarian lintasan alternatif dengan metode keterhubungan baik dalam graf lengkap maupun dalam graf bipartit. Pada bagian selanjutnya akan dibahas pencarian lintasan alternatif pada graf tahap ganda untuk merancang jaringan telepon dengan kemungkinan bloking yang minimal.

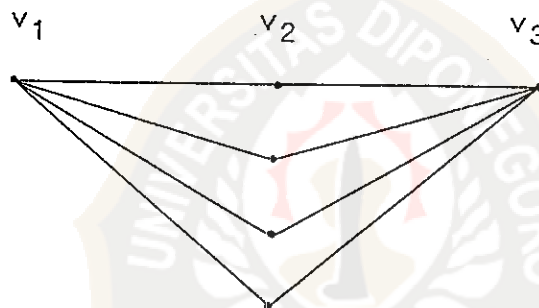
#### 3.2.2 Pencarian Lintasan Alternatif dalam Graf $t$ tahap.

Pada bagian ini digunakan konsep keterhubungan dalam graf  $t$  tahap. Untuk graf tahap paling kecil dulu, yaitu graf 3 tahap.



Gb.3.26

Kita ambil sepasang simpul di  $v_1$  (masukan) dan  $v_3$  (keluaran) akan terlihat seperti

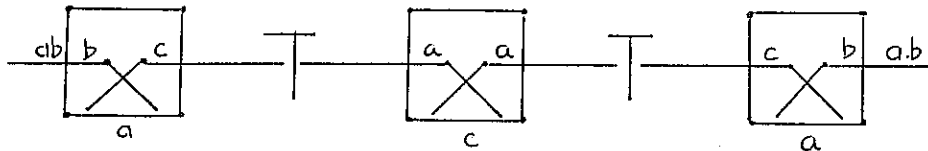


Gb. 3.27 Graf Saluran (chanel graph)

Pada Gb. 3.27 dapat terlihat dengan mudah sepasang simpul mempunyai 4 lintasan alternatif yang saling asing. Graf seperti Gb. 3.27 disebut graf saluran, dengan 4 lintasan alternatif saling asing berarti pula nilai keterhubungan graf Gb. 3.26 adalah 4 juga. Sedangkan graf saluran Gb. 3.26 sebanyak 9 buah.

Secara umum bisa dikatakan bila  $v_1$  mempunyai  $m_1$  simpul dan  $v_2$  mempunyai  $m_2$  simpul, banyaknya graf saluran adalah  $m_1 \cdot m_2$ .

Sekarang akan dihitung jumlah lintasan alternatif pada graf saluran, diketahui suatu konfigurasi seperti Gb. 3.28 sebagai konfigurasi dalam peralatan tombol.



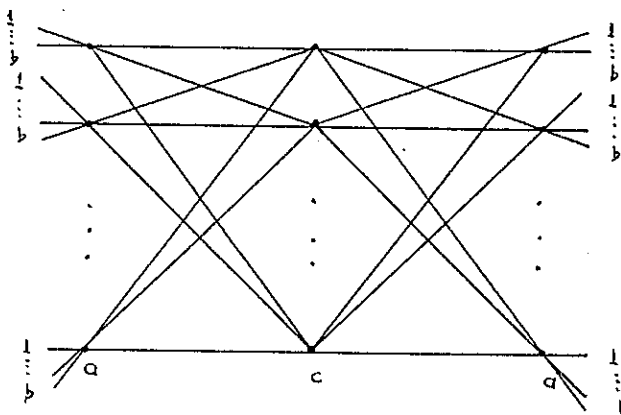
- a = Jumlah block
- b = Jumlah terminal tiap block
- c = block sentral antara

Gb. 3.28 Konfigurasi Tombol

Konfigurasi diatas menyatakan bahwa :  
 Graf 3 tahap lengkap dengan a simpul di  $v_1$  dan a simpul di  $v_3$ , masing-masing simpul di  $v_1$  punya b masukan dan b keluaran di  $v_3$

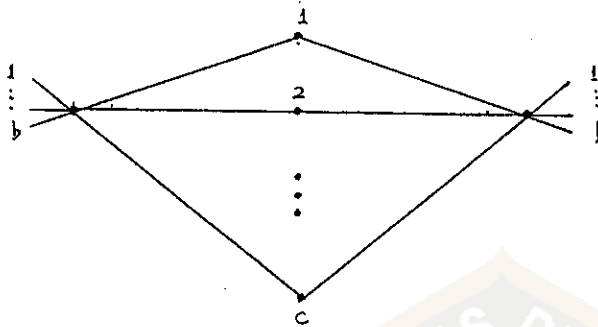
Konfigurasi Gb. 3.28 akan berubah menjadi konfigurasi

Gb. 3.29



Gb. 3.29 Konfigurasi Struktur

Konfigurasi Gb. 3.29 mempunyai graf saluran sebanyak  $a^2$  dengan nilai keterhubungan masing-masing sebesar  $c$  (dapat dilihat pada Gb. 3.30)



Gb. 3.30 Graf saluran dari Gb. 3.29

Ketika hubungan terjadi dari  $v_1$  ke  $v_3$  maka kemungkinan tersedianya lintasan alternatif bergantung pada nilai  $c$

Menurut Clos bila  $c$  cukup besar maka sangat besar kemungkinan tidak terjadi Blocking.

Besarnya  $c$  dapat diterangkan sebagai berikut :

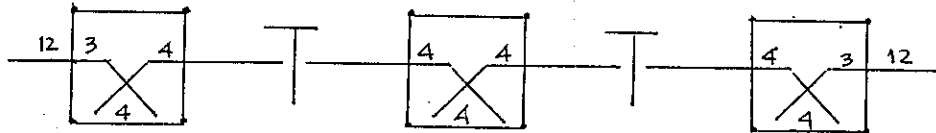
Misalkan lintasan yang dipakai  $(b-1)$  diluar P demikian juga ada  $(b-1)$  lintasan dipakai diluar Q. Agar tidak terjadi blocking harus ada lintasan sebanyak  $(b-1)+(b-1)$  atau  $2b-2$  Apabila ada pelanggan di P akan berhubungan dengan Q dibutuhkan minimal satu lintasan alternatif lain, sehingga  $c \geq 2b-2+1$

$$c \geq 2b-1$$

Untuk lebih jelasnya lihat contoh dibawah :

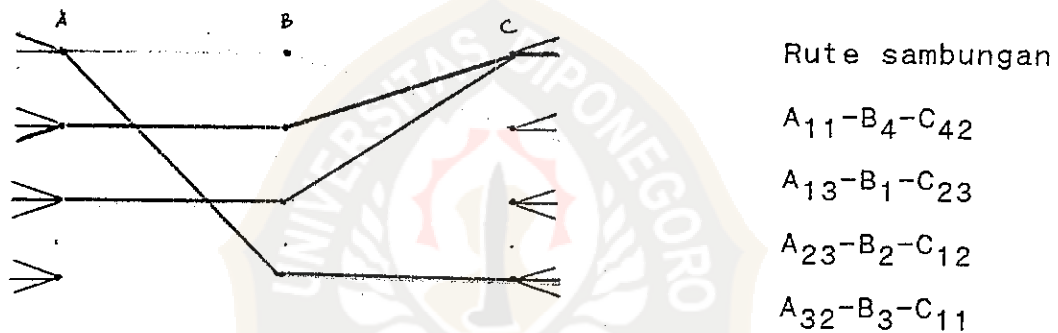


Contoh 3.6 Pandang konfigurasi sebagai berikut



Gb. 3.31 Konfigurasi graf 3 tahap lengkap.

Konfigurasi tombol diubah menjadi struktur jaringan seperti Gb. 3.32



Gb. 3.32

Pada Gb. 3.32 terlihat 2 pelanggan di  $A_1$ , (b-1) berhubungan dengan 2, (b-1) pelanggan di  $C_1$ . Ternyata salah satu pelanggan di  $A_1$  yaitu  $A_{12}$  tidak bisa berhubungan dengan  $C_1$  yaitu  $C_{13}$  Akan dilihat besarnya c

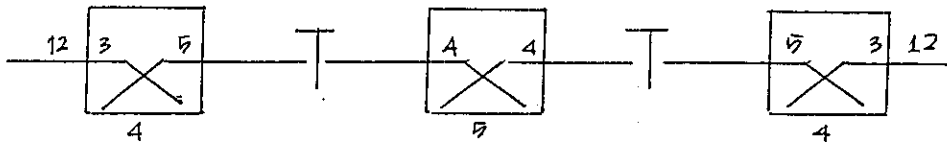
$$c = 4 \leq 2.3 - 1$$

$$4 \leq 6 - 1$$

$$4 \leq 5 \quad \text{terjadi blocking}$$

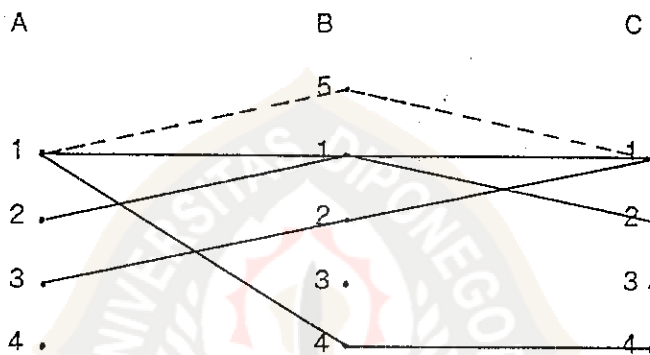
Nilai c seharusnya sama atau lebih dari 5. Agar tidak terjadi blocking harus ditambah lagi satu lintasan.

Caranya dengan menambah satu simpul antara. Maka konfigurasi yang tidak blocking adalah sebagai berikut.



Gb. 3.33 Konfigurasi tombol

Konfigurasi struktur jaringan menjadi



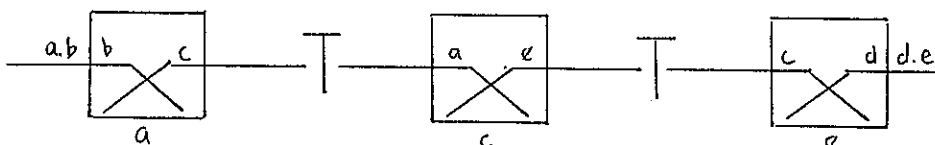
Gb. 3.34 Konfigurasi struktur

Jadi nilai keterhubungan (dalam graf saluran = c) dalam graf sangat menentukan blocking atau tidaknya hubungan telepon.

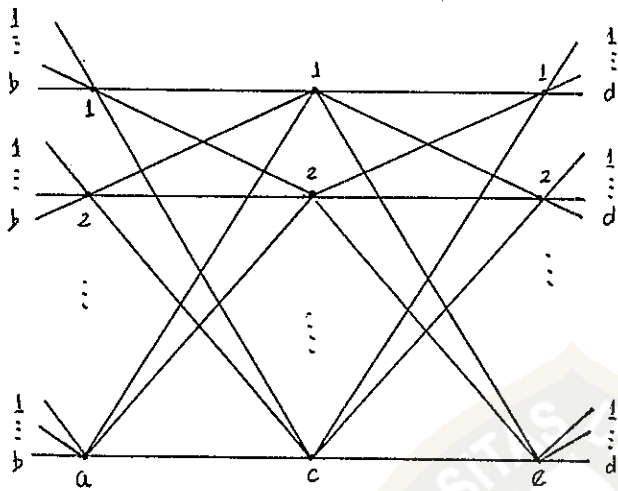
Tadi sudah kita lihat untuk jumlah masukan dan jumlah keluaran sama. Yang kemudian menjadi pertanyaan adalah bagaimana bila masukan dan keluaran tidak sama.

### Contoh 3.7

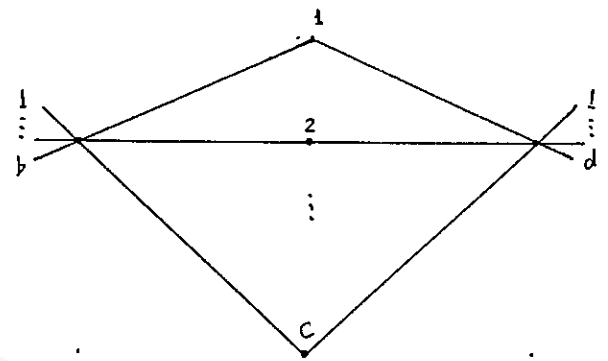
Ambil Konfigurasi



Gb. 3.35 Konfigurasi tombol



Gb. 3.36 Konfigurasi struktur



Gb. 3.37 Graf saluran

$$\begin{aligned}
 \text{Batas keterhubungan graf saluran} \quad c &\geq (b-1) + (d-1) + 1 \\
 c &\geq b + d - 2 + 1 \\
 c &\geq b + d - 1
 \end{aligned}$$

Batasan yang diberikan Clos ternyata sangat besar, ada juga batasan yang lebih kecil yaitu  $\max \{ b, d \}$ . Blocking yang terjadi diatasi dengan memindah rute sambungan telepon, Clos mungkin lemah karena boros dalam penggunaan peralatan, tetapi bisa dibayangkan betapa rumitnya memindah sambungan-sambungan yang masih dipakai.

### 3.2.3 Pembentukan Graf Tahap Ganda Dengan Banyak Lintasan

#### Alternatif diketahui

Cara ini sudah disinggung pada pembicaraan sebelumnya, tetapi pada bagian lain akan dijelaskan secara lebih terinci Operasi ini disebut operasi memparalelkan. Dikemukakan oleh Takagi. Pada prinsipnya operasi ini adalah membangun graf  $t$  tahap dari graf satuan  $t$  tahap dengan patokan nilai keterhubungan. Maksudnya kita dapat membangun graf  $t$  tahap dari graf satuan  $t$  tahap menurut besarnya nilai keterhubungan yang kita kehendaki.

#### Definisi 24

Operasi Paralel terdiri dari 3 macam operasi :

1. Paralel tertutup (Closed Paralel) dari  $i$  ke  $j$

Dilambangkan sebagai  $P(i, j : r : G)$

Diterjemahkan sebagai pada  $G$  berlaku operasi paralel tertutup dari  $i$  ke  $j$  dengan  $r$  salinan isomorfik.

Fungsi : Menentukan chanel graf, yaitu  $r =$  nilai keterhubungan chanel graf tersebut

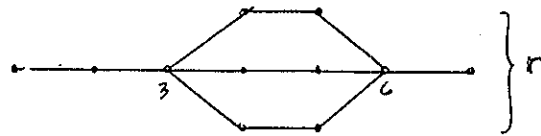
#### Contoh 3.8

Ambil graf satuan  $I_8$



Gb. 3.38 Graf Satuan  $I_8$

Dikenakan operasi paralel tertutup dari 3 ke 6 dengan salinan sebanyak 3 isomorfik



Gb. 3.39  $P(3, 6 : 3 : I_8)$

2. Paralel terbuka (open paralel) ke  $i$

Dilambangkan sebagai  $P(*, i : r : G)$

Diterjemahkan sebagai : pada graf  $G$  berlaku operasi paralel terbuka ke  $i$  dengan  $r$  salinan yang isomorfik

Fungsi : menentukan banyak simpul di inlet (masukan)

Contoh 3.9 dilakukan operasi paralel terbuka ke 3 dengan 3 salinan pada  $I_8$



Gb. 3.40  $P(*, 3 : 3 : I_8)$

Berarti pada graf satuan  $I_8$  berlaku operasi paralel terbuka ke 3 dengan 3 salinan yang isomorfik

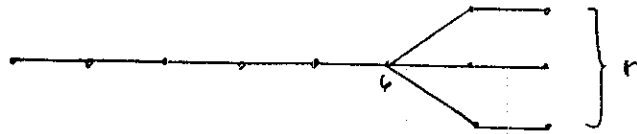
3. Paralel terbuka (open paralel) dari  $j$

Dilambangkan sebagai  $P(j, * : r : G)$

Diterjemahkan sebagai paralel terbuka dari  $j$  dengan  $r$  salinan isomorfik dalam  $G$

Fungsi : Menentukan jumlah simpul pada outlet

Contoh 3.10



Gb. 3.41  $P(6, *, 3 : I_8)$

Berarti pada graf satuan  $I_8$  berlaku operasi paralel terbuka dari 8 dengan 3 salinan yang isomorfik

Untuk membangun sebuah graf  $t$  tahap dari graf satuann  $t$  tahap biasanya diberlakukan ketiga operasi diatas secara bergantian

**Algoritma rekayasa dengan operasi Takagi**

Langkah 1 Gambar Graf satuan  $t$  tahap yang dikehendaki.

Langkah 2 Gambar Chanel graf dengan nilai keterhubungan yang dikehendaki.

Gunakan operasi paralel tertutup  $i=1 \quad j=t$   
dan  $r =$  nilai keterhubungan tadi.

Langkah 3 Tentukan jumlah simpul inlet ( $a$ ) dan jumlah simpul outlet ( $e$ ) dari banyak chanel graf yang dikehendaki, yaitu  $a \times e =$  jumlah chanel graf.

Langkah 4 Lakukan operasi paralel terbuka ke  $i$  dengan  $r = a$

Langkah 5 Lakukan operasi paralel terbuka dan  $j$  dengan  $r = e$

Pada langkah 4 dan 5  $i$  dan  $j$  dapat ditentukan sebarang karena tidak akan mengubah inlet atau outlet maupun nilai keterhubungannya.

Contoh 3.11

Akan dibuat graf dengan  $G$  graf saluran dengan tiap graf saluran mempunyai nilai keterhubungan sebesar 3 dari graf satuan 3 tahap

(i) Graf satuan 3 tahap  $I_3 = G_1$



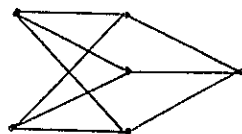
$$G_1 = I_3$$

(ii) Pada  $G_1$  dikenakan operasi paralel tertutup dari 1 ke 3 dengan  $r = 3$



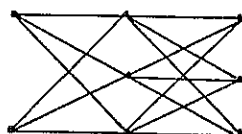
$$G_2 = P(1, 3 : 3 : I_3)$$

(iii) Pada  $G_2$  dikenakan operasi paralel terbuka dari 2 dengan  $r = 2$



$$G_3 = P(*, 2 : 2 : G_2)$$

(iv) Pada  $G_3$  dikenakan operasi paralel terbuka dari 2 dengan  $r = 3$



$$G_4 = P(2, * : 3 : G_3)$$

Pada  $G_4$  terlihat  $G$  graf saluran dengan nilai keterhubungan sebesar 3

Contoh 3.12

Akan dibentuk graf 4 tahap tak lengkap dengan 8 graf saluran dan bernilai keterhubungan 3

(i)   $G_1 = I_4$

(ii)   $G_2 = P(1, 4 : r : G_1)$

(iii)   $G_3 = P(*, 3 : 2 : G_2)$

(iv)   $G_4 = P(3, * : 2 : G_3)$

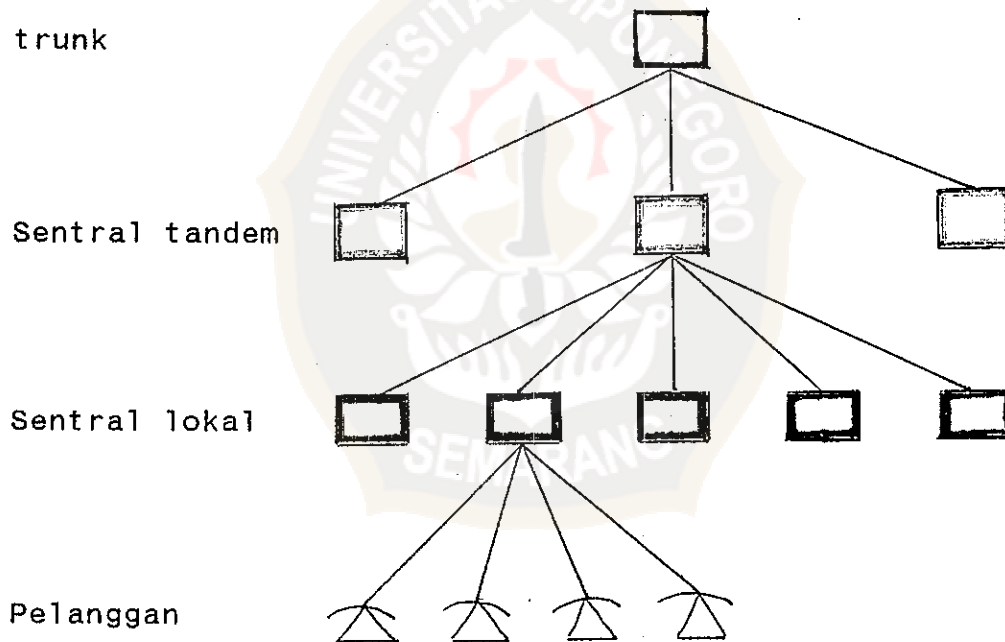
(v)   $G_5 = P(2, * : 2 : G_4)$

Gb. 3.43



### 3.3 Jaringan Telepon di Indonesia

Setelah membicarakan masalah jaringan telepon secara umum, sekarang dalam bagian ini akan dibicarakan mengenai struktur jaringan telepon di Indonesia. Untuk lebih menjaga agar tidak ada kesalah pahaman , istilah-istilah teknis akan digunakan apa adanya secara sederhana struktur jaringan telepon di Indonesia digambarkan sebagai Gb. 3.44



Dapat diterangkan bahwa yang langsung berhubungan dengan pelanggan adalah sentral lokal sedangkan pelanggan sentral tandem adalah sentral lokal dan pelanggan trunk adalah sentral tandem.

Dari sini bisa disimpulkan bahwa :

- fungsi sentral lokal adalah menghubungkan para pelanggan dari satu sentral saja.
- fungsi sentral tandem adalah menghubungkan pelanggan dari sentral lokal yang satu ke pelanggan dari sentral lokal lain.
- fungsi trunk adalah menghubungkan pelanggan dari sentral lokal dan sentral tandem yang satu ke pelanggan pada sentral lokal dari sentral tandem lain.

Pada keadaan dimana lalu lintas pembicaraan sangat sibuk sentral lokal bisa langsung dihubungkan kepada trunk dengan pertimbangan kecepatan pelayanan, tapi bisa saja dilakukan atas permintaan istimewa.

Ternyata apabila dilihat dari peralatannya ada dua macam jaringan telepon :

1. Hubungan antara pelanggan dan sentral lokal

Hubungan dilakukan dengan kabel sehingga dinamakan jaringan kabel.

2. Hubungan sentral dengan sentral

Hubungan dilakukan dengan serat optik, dinamakan jaringan transmisi.

Jaringan transmisi pun terbagi menjadi dua macam :

a. Jaringan Mesh.

Yaitu jaringan antara sentral setingkat berbentuk graf lengkap.

b. Jaringan Star.

Yaitu jaringan antara sentral yang tidak sederajat berbentuk graf star.

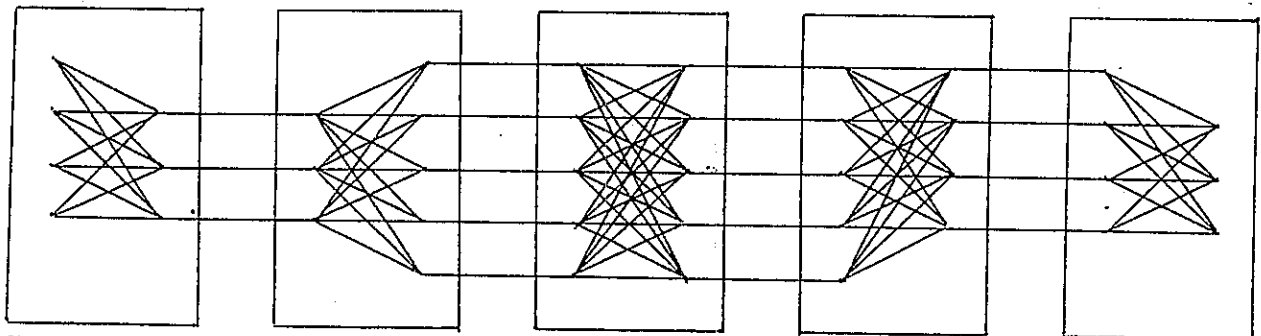
Tingkatan sentral tidak bisa diabaikan begitu saja walaupun cara kerja dan strukturnya sama tetapi tahapan atau tingkatannya akan mempermudah rute sambungan.

Tingkatan sentral telepon ini bergantung kepada kepadatan lalu lintas teleponnya. Misalkan dinegara maju sangat mungkin sekali tingkatan sentral telepon tidak hanya 3 (sentral lokal, tandem, trunk) seperti di Indonesia, tetapi lebih dari 3

Rute sambungan telepon bisa dijelaskan sebagai berikut

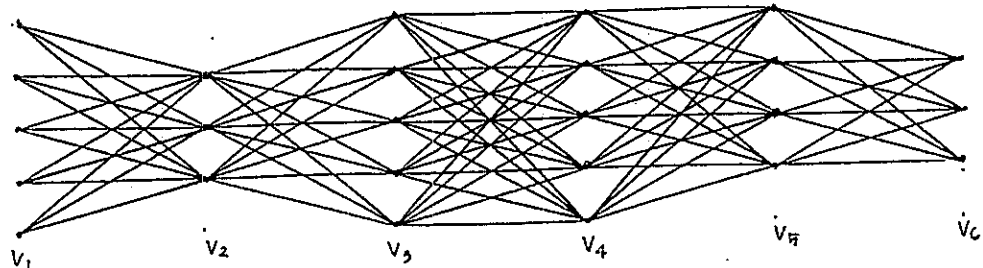
- Pelanggan diluar daerah lokal, penyambungan harus melalui sentral yang lebih tinggi.
- Semakin jauh jarak kedua pelanggan semakin banyak tingkatn sentral yang harus dilalui.

Hubungan interlokal semacam itu pada dasarnya merupakan graf tahap ganda.



Gb. 3.45

Jika disederhanakan akan diperoleh graf tahap ganda seperti pada Gb. 3.46



Gb. 3.46 Graf 6 tahap lengkap

Gambar diatas adalah gambar model struktur jaringan telepon dengan melalui 3 sentral (sentral lokal, tandem dan trunk). Dari gambar diatas bisa dilihat graf t tahap adalah model jaringan transmisi dan dapat dikatakan bahwa pada dasarnya perbaikan struktur jaringan tahap ganda adalah merupakan penambahan peralatan untuk menyediakan saluran telepon. Perlu diingat bahwa model diatas masih sangat sederhana bila dibandingkan dengan struktur yang sebenarnya.