

Perencanaan Jaringan *Backbone* Jawa EEFO (*Expansion and Extension Fiber Optik*) PT. Telkom

Oleh

Suharlin Sudarmadji

Jurusan Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani

Sistem komunikasi serat optik menjadi pilihan utama dalam penyediaan jaringan transport karena kemampuannya mentransmisikan informasi dalam kapasitas besar. Jaringan transport backbone Jawa PT.TELKOM yang menghubungkan sentral-sentral utama di pulau Jawa saat ini berbasis Synchronous Digital Hierarchy (SDH) dengan kapasitas transmisi STM-16 yang setara dengan 2,5 Gbps. Jaringan transport backbone eksisting PT TELKOM yang sudah ada tidak akan mampu lagi melayani permintaan trafik yang semakin besar selama lima tahun mendatang. Ada tiga cara untuk mengoptimalkan kapasitas transmisi jaringan transport EEFO yang sudah ada. Pertama dengan menggelar jaringan serat optik yang baru, kedua dengan meningkatkan level multipleks SDH dari STM-16 menjadi STM-64 dan cara ketiga dengan mengimplementasikan Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM). Dengan memperhatikan beberapa faktor antara lain faktor ekonomis, fleksibilitas dan kebutuhan kapasitas jangka panjang maka solusi dengan mengimplementasikan sistem DWDM merupakan solusi yang paling cocok antara lain tidak memerlukan penggelaran serat optik baru tetapi memanfaatkan fiber eksisting dan mengintegrasikan perangkat SDH yang sudah ada dengan perangkat DWDM, bersifat expandable dan bersifat terbuka terhadap protokol dan format sinyal.

Kata kunci : DWDM, jaringan backbone ,sistem komunikasi serat optik,SDH

1. Pendahuluan

Sistem komunikasi serat optik menjadi pilihan sebagai jaringan transport karena kemampuannya dalam menyalurkan informasi dalam kapasitas besar. Dengan menggunakan panjang gelombang pada range 1280 nm sampai 1650 nm, secara teknis serat optik *single mode* mampu menyediakan BW sebesar 53 THz. Jaringan backbone PT.Telkom yang berbasis SDH saat ini memiliki kapasitas STM-16 atau setara dengan 2,5 Gbps. Dengan meningkatnya kebutuhan trafik non-voice yang sangat pesat, jaringan backbone eksisting yang ada saat ini tidak akan mampu lagi melayani kebutuhan trafik pada tahun-tahun mendatang. Dengan demikian perlu diadakan perencanaan jaringan transport baru sehingga mampu menampung permintaan kebutuhan trafik tersebut. Ada beberapa alternatif teknologi untuk meningkatkan kapasitas jaringan dengan penekanan pada implementasi sistem DWDM. *Data demand forecast traffic* untuk tahun 2010 diperoleh dari PT. Telkom. Analisis implementasi sistem DWDM dilakukan dengan kajian teknis tanpa melakukan kajian ekonomis.

2. Konfigurasi Jaringan Backbone Eksisting

Jaringan backbone eksisting EEFO terdiri dari delapan node sentral yang terhubung secara ring SDH. Kedelapan node tersebut adalah Jakarta, Cirebon, Semarang, Surabaya, Madiun, Solo, Purwokerto dan Bandung. Di setiap node tersebut dipasang perangkat transmisi SLM-2000 yang memiliki kapasitas multipleks sebesar STM-16 dan berfungsi sebagai Add Drop Multiplexer (ADM).

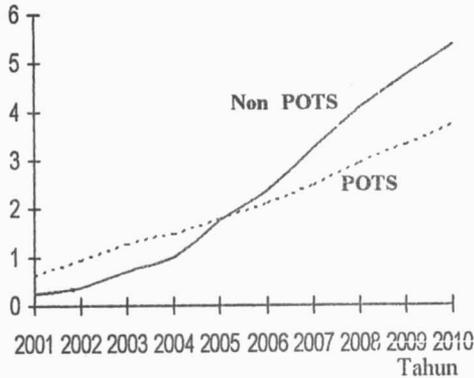
Jaringan backbone eksisting yang menggunakan media transmisi serat optik *single mode* jenis G652 ini dibagi menjadi dua jalur, yaitu jalur utara dan jalur selatan.

3. Perencanaan Jaringan Backbone EEFO

Kebutuhan kanal antar node sampai lima tahun mendatang berupa data ramalan

PT.Telkom. Untuk mendapatkan prediksi kebutuhan kanal layanan Non POTS dapat dilihat dari grafik trend pertumbuhan layanan POT vs Non POTS seperti diperlihatkan pada gambar berikut ini.

Kebutuhan kanal relative



Sumber : Data Monitor 2000

Gb. 3.1 Trend pertumbuhan layanan

PT. Telkom telah melakukan perhitungan *demand forecast traffic* POTS untuk lima tahun mendatang berdasarkan kapasitas jaringan eksisting, perkembangan teknologi telekomunikasi dan kecenderungan pemakaian teknologi baru.

Selain demand forecast yang telah diperhitungkan diatas , dalam mendesain sebuah sistem transport baru perlu memperhitungkan analisis sensitivitas untuk mengatasi kemungkinan terjadinya lonjakan trafik yang tidak terduga . Untuk perencanaan jaringan ini dipakai nilai 25%, sehingga trafik keseluruhan untuk tahun 2010 terlihat seperti pada tabel 3.1 .Pertumbuhan yang pesat tersebut karena semakin banyaknya pelanggan yang membutuhkan akses internet untuk layanan VOIP.

Tabel 3.1 Demand Forecast Trafik POT dan Non POTS 2010 ditambah analisis sensitivitas 25%

	JKT	CBN	SM	SB	MN	SLO	PWT	BD	Total
JKT	0	243	1152	9510	303	835	1528	712	14283
CBN		0	77	92	53	68	140	120	550
SM			0	560	108	74	123	128	993
SB				0	924	418	424	228	1994
MN					0	68	68	117	253
SLO						0	144	118	262
PWT							0	154	154
BD								0	0

Sumber : PT.Telkom

3.1 Peningkatan kapasitas kanal transmisi

Pada dasarnya ada tiga cara alternatif yang dapat dilakukan oleh *network provider* untuk meningkatkan kapasitas kanal transmisi, yaitu :

3.1.1. Penggelaran kabel serat optik baru

Dari demand forecast trafik POTS dan Non POTS ditambah analisis sensitivitas 25%, maka jumlah trafik untuk lima tahun mendatang sebesar 14283 E1. Untuk bisa menampung trafik tersebut , maka diperlukan kapasitas transmisi sebesar 15xSTM-16. Padahal jaringan eksisting mempunyai kapasitas 1xSTM-16, maka perlu ditambah 14xSTM-16. Jumlah core jaringan eksisting adalah 12 core, sehingga masih diperlukan tambahan 16 core baru. Peningkatan kapasitas kanal dengan melakukan penggelaran kabel baru merupakan solusi yang mahal dan tidak menguntungkan karena tidak memaksimalkan bandwidth yang disediakan serat optik single mode yang secara teoritis memiliki bandwidth sebesar 53 THz.

3.1.2 Penggunaan Perangkat STM-16

Meningkatkan kecepatan transmisi menjadi 10 Gbps (STM-16) untuk sistem yang telah memiliki kapasitas STM-16 merupakan salah satu alternatif untuk memenuhi peningkatan kapasitas. Data trafik untuk lima tahun mendatang menunjukkan bahwa kapasitas jaringan backbone minimal harus mampu menampung trafik sebesar 14283 E1 atau setara dengan 15xSTM-16. Jika perencanaan menggunakan perangkat STM-64 maka akan diperlukan 4 perangkat STM-16 dan tiga pair kabel serat optik. Selain itu masih diperlukan tambahan 14xSTM-16 baru karena jaringan backbone eksisting menggunakan 1xSTM-16. Setiap 4 buah STM-16 akan dimultiplex menjadi STM-64, baru kemudian sinyal elektrik masuk ke sumber optik untuk diubah menjadi sinyal optik sebelum dikoplingkan ke dalam serat optik. Sedangkan di penerima harus dipasang demultiplexer untuk memecah kembali sinyal STM-64 menjadi STM-16 sebelum masuk ke dalam detektor dan dirubah menjadi sinyal elektrik kembali. Dengan demikian jumlah perangkat yang diperlukan untuk seluruh jaringan backbone adalah $9 \times 2 \times 15 \times \text{STM-16} = 270$ terminal STM-16 dan $9 \times 2 \times 4 \times \text{STM-64} = 72$ terminal STM-64.

Tabel 3.2 Panjang Gelombang Transmisi

Kanal Transmisi	λ (nm)	Kanal Transmisi	λ (nm)
Kanal 1	1546.92	Kanal 9	1553.33
Kanal 2	1547.72	Kanal 10	1554.13
Kanal 3	1548.51	Kanal 11	1554.94
Kanal 4	1549.32	Kanal 12	1555.75
Kanal 5	1550.12	Kanal 13	1556.55
Kanal 6	1550.92	Kanal 14	1557.36
Kanal 7	1551.72	Kanal 16	1558.17
Kanal 8	1552.52	Kanal 17	1558.98

Sedangkan kabel serat optik yang diperlukan adalah 4 pair atau 8 core.

Perjalanan jarak tempuh sinyal maximum untuk pemancar dengan lebar spektral kecil dapat menggunakan persamaan : $B\sqrt{L|\beta_2|} < \frac{1}{4}$ (3.1)

dimana B adalah bit rate, L adalah panjang transmisi dan $\beta_2 = (\lambda^2/2\pi c)D$ dengan λ merupakan panjang gelombang operasi dan D adalah koefisien dispersi. Dengan memasukkan D untuk jenis serat optik G652 sebesar 18 ps/nm.km, B sebesar 10 Gbps, λ sebesar 1550 nm ke dalam persamaan diatas maka akan diperoleh jarak tempuh sinyal maximum L_{max} sebesar 27,22 km. Dengan demikian diperlukan penambahan repeater. Jumlah repeater total yang diperlukan untuk seluruh jaringan backbone adalah 248 repeater. Dua buah perangkat STM-16 digunakan sebagai cadangan untuk upgrade sistem apabila terjadi peningkatan trafik. Kelihatan bahwa perencanaan jaringan dengan menggunakan perangkat STM-64 membutuhkan repeater dan perangkat STM-16 dalam jumlah yang besar. Hal ini sangat mahal dan tidak menguntungkan selain itu juga manajemen jaringan menjadi sangat kompleks.

3.1.3 Implementasi Sistem DWDM

Beberapa parameter utama jaringan EEFO yang diperlukan untuk melakukan perhitungan yang diperlukan untuk perencanaan sistem adalah :

- Jarak total transmisi \pm 1841 km, dibagi menjadi dua jalur utama, yaitu jalur utara \pm 823 km dan jalur selatan \pm 1918 km
- Kapasitas kanal sebesar 14283 E-1
- Kanal yang digunakan sebanyak 16 kanal (kopler WDM 16 kanal)

- BER yang ingin dicapai sebesar 10^{-11}
- Panjang gelombang sistem 1550 nm Spacing panjang gelombang sesuai Rek. ITU-T G692 sebesar 100 GHz
- Panjang gelombang transmisi yang digunakan dalam perancangan seperti pada Tabel 3.2
- Serat optik yang digunakan Rekomendasi ITU-T G652
- Sumber cahaya adalah DFB Laser Dioda InGaAsP

- Optik Multiplexer/Demultiplexer
- Penguat optik EDFA
- Foto detektor : Avalance Photo Diodes

Dua analisis yang biasa digunakan untuk memastikan bahwa sistem yang diinginkan telah terpenuhi adalah *link power budget* untuk menentukan jarak tempuh maximum dan *rise-time budget* untuk menganalisis apakah kinerja sistem secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan.

a. Perhitungan Link Power Budget

Ada beberapa tahapan untuk melakukan Link Power Budget :

- **Perhitungan kopling daya masukan.** Sistem DWDM yang akan dirancang menggunakan 16 kanal, masing-masing sumber optik memiliki daya keluaran 10 mW, sehingga daya keluaran total adalah $P_T = 16 \times 10 \text{ mW} = 160 \text{ mW} = 22,04 \text{ dBm}$

- **Perhitungan daya minimum yang dapat diterima Receiver**

$$P_{rec} = \frac{1}{2} (N_p \cdot h \cdot v \cdot B) = -54,09 \text{ dBm}$$

Daya yang diterima Receiver sekitar -24,09 dBm atau 3,9 mW

- **Perhitungan rugi-rugi transmisi,** Apabila panjang kabel dalam satu haspel 3 km, maka *splice* jaringan backbone EEFO seluruhnya = 613 buah. Rugi konektor mencakup rugi di sisi pengirim dan penerima, masing-masing satu konektor. Sehingga rugi-rugi transmisi adalah

$$C = a_f L + 2 L_c + n_s \cdot l_{sp} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$= 0.25 \text{ dB/km} \times 1841 \text{ km} + 2 \times 0,5 \text{ dB} + 613 \times 0,1 \text{ dB} = 522,55 \text{ dB}$$

- **Perhitungan jarak transmisi sistem,** Tergantung pada daya keluaran serat optik, daya yang sampai ke penerima dan rugi-rugi sepanjang saluran transmisi-si.

$$P_R = P_T - (C_L + M) \dots\dots\dots (3.3)$$

Untuk mampu mencapai jarak transmisi yang diinginkan, maka perlu dipasang penguat serat

optik 7 buah untuk jalur utara dan 9 penguat serat optik untuk jalur selatan.

- Perhitungan daya keluaran setiap penguat optik

Penguat optik untuk jalur utara harus memiliki daya keluaran sebesar

$$P_{out} \geq 0,2861 \text{ mW} \text{ atau } P_{out} \geq 5,43 \text{ dBm}$$

Sedangkan untuk jalur selatan harus memiliki daya keluaran sebesar

$$P_{out} \geq 0,3678 \text{ mW} \text{ atau } P_{out} \geq -4,34 \text{ dBm}$$

Dari spesifikasi teknik yang digunakan memiliki daya keluaran sebesar 10-23 dBm, sehingga telah memenuhi syarat minimal

b. Perhitungan Rise Time Budget

Rise-time budget total dari sistem diperoleh dari persamaan :

$$T_{sis} : \sqrt{t_{rx}^2 + t_f^2 + t_{rx}^2} \dots\dots\dots(3.4)$$

t_{rx} = waktu bangkit sumber optik = 140

t_f = waktu bangkit komponen serat optik = 0,0276 ps

$$t_{sis} = \sqrt{[140^2 + 0,0276^2 + 140^2]} = 0,19799 \text{ ns}$$

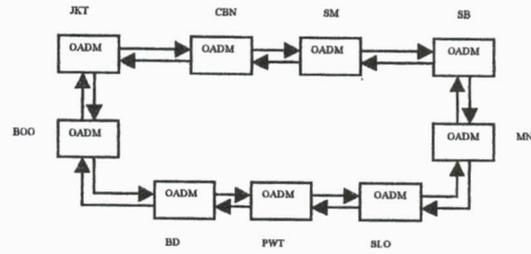
$$BW_{sistem} = 0,35/t_{sis} = 1,7678 \text{ GHz}$$

Dalam perencanaan ini digunakan sistem modulasi NRZ , sehingga kecepatan bit transmisi BR = 3,536 GHz

Dari hasil perhitungan Rise-time budget, BW sistem dan kecepatan transmisi diatas nampak bahwa kapasitas kanal yang diinginkan untuk masing-masing panjang gelombang 2,5 Gbps dapat terpenuhi.

3.1.4. Konfigurasi Jaringan backbone EEFO

Setelah melakukan perhitungan diatas, langkah selanjutnya adalah menentukan konfigurasi jaringan. Konfigurasi jaringan meliputi penentuan topologi jaringan, sistem proteksi yang akan digunakan dan penentuan komponen-komponen yang akan digunakan. Jaringan backbone EEFO untuk kapasitas trafik tahun 2010 didesain mengacu pada jaringan eksisting yang sudah ada. Topologi jaringan lama adalah topologi ring, dimana terdapat satu node tambahan yaitu node Bogor. Dengan demikian akan terjadi penghematan biaya karena tidak perlu penggelaran kabel baru. Topologi fisik jaringan terlihat pada gb.3.2 berikut ini.



Gb.3.2 Topologi fisik jaringan backbone EEFO

Dengan menggunakan pers. 3.1 Maka dapat dihitung jarak tempuh maximum akibat pengaruh dispersi sebesar 435,58 km. Untuk mengatasi pelebaran pulsa akibat pengaruh dispersi, maka diperlukan kompensator dispersi (DCM). Sehingga jalur utara membutuhkan 2 DCM sedang jalur selatan memerlukan 3 DCM. Tipe proteksi yang akan digunakan adalah Och-SP Ring yang mampu melakukan proteksi untuk masing-masing panjang gelombang operasi. Penempatan penguat optik sesuai dengan jarak hasil perhitungan anggaran daya, untuk jalur utara diperlukan 9 penguat dan untuk jalur selatan diperlukan 11 penguat optik. Dengan demikian penguat optik yang diperlukan oleh jaringan backbone EEFO adalah 20 buah. Jumlah tersebut jauh lebih sedikit dibandingkan dengan desain jaringan dengan menggunakan STM-64 sehingga lebih hemat biaya dan manajemen tidak begitu kompleks.

4. Kesimpulan.

Secara umum *network provider* dapat memenuhi kebutuhan kapasitas kanal transmisi dengan tiga cara :

- a. Penggelaran kabel serat optik baru, cara ini sangat mahal
- b. Perencanaan dengan menaikkan kapasitas jaringan dari STM-16 ke STM-64 akan membutuhkan repeater dan perangkat STM-16 dalam jumlah yang besar. Hal ini sangat mahal dan tidak menguntungkan. Selain itu manajemen jaringan menjadi lebih semakin kompleks.
- c. Dengan perhitungan *link power budget*, *rise-time budget* serta konfigurasi jaringan , maka perencanaan penambahan kapasitas jaringan dengan mengimplementasikan sistem DWDM memiliki kelebihan dibandingkan dengan kedua cara diatas, oleh karena bersifat *expandable* dan berorientasi ke masa depan

sebab sistem DWDM bersifat terbuka terhadap protokol dan format sinyal. Sistem DWDM menggunakan perangkat lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan perangkat STM-64.

Daftar Pustaka

- [1] Cisco System, Inc., *Fundamentals of DWDM Technology*, www.cisco.com
- [2] Cisco System, Inc., *Optical Technologies For Next Generation Metro DWDM Application*, www.cisco.com, 2003
- [3] G.E. Keiser. *Optical Fiber Communcations*, 4th edition, Mc. Graw Hill, New York, 1991
- [4] G.P Agrawal, *Fiber Optic Communication System*, 2nd edition, John Wiley & Sons, New York, 1992
- [5] ITU-T Draft Recommendation G652, *Characteristics of A Single-Mode Optical Fibre Cable*, Maret 1993.