

Teknologi WDM pada Serat Optik



Oleh :

Gilang Andika	0404030407
Hendra Cahya Mustafa	0404037061
Kamal Hamzah	0404037096
Toha Kusuma	040403715Y

**DEPARTEMEN ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK 2006**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

BAB I	PENDAHULUAN
BAB II	WDM
BAB III	DWDM
BAB IV	Operasional Teknis WDM
BAB V	CWDM
BAB VI	Aplikasi DWDM pada MAN
REFERENSI	

BAB I

PENDAHULUAN

Di dalam sistem telekomunikasi, keterbatasan utama yang sudah menjadi hal umum adalah spektrum dan *bandwidth*. Namun adanya keterbatasan tidak selalu berdampak buruk khususnya pada perkembangan di bidang telekomunikasi karena hal ini mendorong lahirnya teknologi-teknologi terbaru sebagai responnya.

Serat optik sebagai media transmisi berkecepatan tinggi untuk meningkatkan layanan yang baik kepada pelanggan berusaha terus dikembangkan kualitasnya. Salah satu yang dikembangkan adalah kapasitas transmisinya, yang saat ini telah berkembang sampai dengan *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM).

BAB II

TEKNOLOGI WDM

Sejarah Perkembangan WDM

Pada mulanya, teknologi WDM, yang merupakan cikal bakal lahirnya DWDM, berkembang dari keterbatasan yang ada pada sistem serat optik, dimana pertumbuhan trafik pada sejumlah jaringan *backbone* mengalami percepatan yang tinggi sehingga kapasitas jaringan tersebut dengan cepatnya terisi. Hal ini menjadi dasar pemikiran untuk memanfaatkan jaringan yang ada dibandingkan membangun jaringan baru.

Konsep ini pertama kali dipublikasikan pada tahun 1970, dan pada tahun 1978 sistem WDM telah terealisasi di laboratorium. Sistem WDM pertama hanya menggabungkan 2 sinyal. Pada perkembangan WDM, beberapa sistem telah sukses mengakomodasikan sejumlah panjang-gelombang dalam sehelai serat optik yang masing-masing berkapasitas 2,5 Gbps sampai 5 Gbps. Namun penggunaan WDM menimbulkan permasalahan baru, yaitu ke-nonlinieran serat optik dan efek dispersi yang semakin kehadirannya semakin *significant* yang menyebabkan terbatasnya jumlah panjang-gelombang 2-8 buah saja di kala itu.

Pada perkembangan selanjutnya, jumlah panjang-gelombang yang dapat diakomodasikan oleh sehelai serat optik bertambah mencapai puluhan buah dan kapasitas untuk masing-masing panjang gelombang pun meningkat pada kisaran 10 Gbps, kemampuan ini merujuk pada apa yang disebut DWDM.

Teknologi WDM pada dasarnya adalah teknologi transport untuk menyalurkan berbagai jenis trafik (data, suara, dan video) secara transparan, dengan menggunakan panjang gelombang(l) yang berbeda-beda dalam suatu fiber tunggal secara bersamaan. Implementasi WDM dapat diterapkan baik pada jaringan long haul (jarak jauh) maupun untuk aplikasi short haul (jarak dekat).

WDM populer karena memungkinkan untuk mengembangkan kapasitas jaringan tanpa menambah jumlah fiber. Dengan menggunakan WDM dan penguat,

they can accommodate several generations of technology development in their optical infrastructure without having to overhaul the backbone network. Kapasitas dari hubungan dapat dikembangkan hanya dengan meningkatkan multiplexers dan demultiplexers yang digunakan.

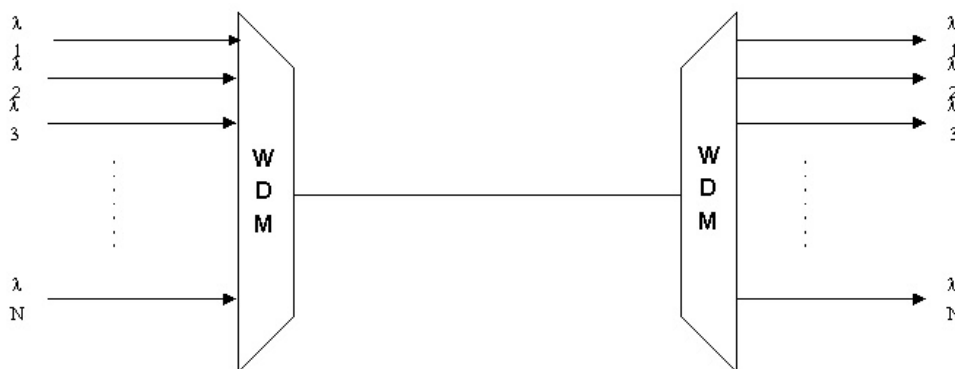
WDM sistem dibagi menjadi 2 segment, *dense* and *coarse* WDM. Sistem dengan lebih dari 8 panjang gelombang aktif per fibre dikenal sebagai **Dense WDM (DWDM)**, sedangkan untuk panjang gelombang aktif diklasifikasikan sebagai **Coarse WDM (CWDM)**. Teknologi CWDM dan DWDM didasarkan pada konsep yang sama yaitu menggunakan beberapa panjang gelombang cahaya pada sebuah serat optik, tetapi kedua teknologi tersebut berbeda pada spacing of the wavelengths, jumlah kanal, dan kemampuan untuk memperkuat sinyal pada medium optik.

BAB III

DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*)

Pengertian DWDM

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) merupakan suatu teknik transmisi yang memanfaatkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda sebagai kanal-kanal informasi, sehingga setelah dilakukan proses multiplexing seluruh panjang gelombang tersebut dapat ditransmisikan melalui sebuah serat optik.



Gambar Prinsip dasar system DWDM

Teknologi DWDM adalah teknologi dengan memanfaatkan sistem SDH (Synchronous Digital Hierarchy) yang sudah ada (solusi terintegrasi) dengan memultiplekskan sumber-sumber sinyal yang ada. Menurut definisi, teknologi DWDM dinyatakan sebagai suatu teknologi jaringan transport yang memiliki kemampuan untuk membawa sejumlah panjang gelombang (4, 8, 16, 32, dan seterusnya) dalam satu fiber tunggal. Artinya, apabila dalam satu fiber itu dipakai empat gelombang, maka kecepatan transmisinya menjadi 4×10 Gbs (kecepatan awal dengan menggunakan teknologi SDH).

Teknologi DWDM beroperasi dalam sinyal dan domain optik dan memberikan fleksibilitas yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan akan kapasitas transmisi yang besar dalam jaringan. Kemampuannya dalam hal ini diyakini banyak orang akan terus berkembang yang ditandai dengan semakin banyaknya jumlah panjang gelombang yang mampu untuk ditransmisikan dalam satu fiber.

Pada perkembangan selanjutnya, teknologi DWDM ini tidak saja dipergunakan pada jaringan utama (backbone), melainkan juga pada jaringan akses di kota-kota metropolitan di seluruh dunia, seperti halnya New York yang memiliki distrik bisnis yang terpusat. Alasan utama yang mendorong penggunaan DWDM pada jaringan akses ini tentu saja kemampuan sehelai serat optik yang sudah mampu mengakomodasikan puluhan bahkan ratusan panjang-gelombang. Sehingga, setiap perusahaan penyewa dapat memiliki 'jaringan' masing-masing.

Kemunculan teknologi DWDM tersebut dengan segera menjadi daya tarik sendiri bagi perusahaan-perusahaan penyedia jasa telekomunikasi (carriers). Hal ini dikarenakan teknologi DWDM memungkinkan carriers untuk memiliki sebuah jaringan tanpa perlu susah payah membangun sendiri infrastruktur jaringannya. Mereka cukup menyewa beberapa panjang-gelombang sesuai kebutuhan dengan daerah tujuan yang sama ataupun berbeda. Metode penyewaan panjang-gelombang ini pula yang saat ini banyak dilakukan oleh carriers, khususnya yang tergolong baru, di kawasan Eropa, di mana traffick telepon dan internet di kota-kota besar di kawasan tersebut menunjukkan pertumbuhan yang sangat tinggi.

Namun pada dasarnya, DWDM merupakan pemecahan dari masalah-masalah yang ditemukan pada WDM, dimana dari segi infrastruktur sendiri praktis hanya terjadi penambahan peralatan pemancar dan penerima saja untuk masing-masing panjang-gelombang yang dipergunakan. Inti perbaikan yang dimiliki oleh teknologi DWDM terletak pada jenis filter, serat optik dan penguat amplifier. Jenis filter yang umum dipergunakan di dalam sistem DWDM ini antara lain *Dichroic Interference Filters* (DIF), *Fiber Bragg Gratings* (FBG), *Array Waveguide Filters* (AWG) and *Hybrid Fused Cascaded Fiber* (FCF) dengan Mach-Zehnder (M-Z) *interferometers*. Komponen berikutnya adalah serat optik dengan dispersi yang rendah, dimana karakteristik demikian sangat diperlukan mengingat dispersi secara langsung berkaitan dengan kapasitas transmisi suatu sistem. Sementara penguat optik yang banyak dipergunakan untuk aplikasi demikian adalah EDFA dengan karakteristik *flat* untuk semua panjang-gelombang di dalam spektrum DWDM. Teknik lain yang telah sukses diujicobakan adalah dengan memperpendek jarak antar kanal, yang biasanya berkisar 1 nm menjadi 0,3 nm. Hal ini terutama berguna pada sistem yang spektrum penguatan dari penguat optiknya kurang merata.

Pemilihan DWDM

Secara umum ada beberapa alternatif cara yang dapat ditempuh untuk memenuhi kebutuhan kapasitas akibat perkembangan trafik yang sangat cepat, yaitu:

- Menambah fiber

Jika tidak ada core fiber yang tersisa, maka diperlukan upaya penanaman kabel yang berisi sejumlah core fiber, dengan memperhitungkan ketersediaan *duct* yang ada (terutama untuk kabel jenis conduit). Cara ini selain agak rumit juga relatif mahal.

- Memperbesar kecepatan transmisi

Penggantian perangkat/modul eksisting dengan sistem/kapasitas yang baru (Sistem SDH kapasitas STM-64) dengan kapasitas yang lebih besar. Cara ini menemui hambatan dengan keterbatasan kapasitas terbesar sistem SDH (STM-64).

- Mengimplementasikan WDM

Cara lain yang jauh lebih ekonomis dan berorientasi ke masa depan adalah dengan menerapkan sistem WDM. Sistem WDM ini memanfaatkan sistem SDH yang sudah ada (solusi terintegrasi) dengan memultiplekskan sumber-sumber sinyal yang ada, pada domain λ , pada komponen pasif WDM.

Dengan memperhatikan faktor ekonomis, fleksibilitas dan kebutuhan pemenuhan kapasitas jaringan jangka panjang, maka solusi untuk mengimplementasikan DWDM merupakan yang paling cocok, terutama jika dorongan pertumbuhan trafik dan proyeksi kebutuhan trafik masa depan terbukti sangat besar. Secara umum ada beberapa faktor yang menjadi landasan pemilihan teknologi DWDM ini, yaitu:

1. Menurunkan biaya instalasi awal, karena implementasi DWDM berarti kemungkinan besar tidak perlu menggelar fiber baru, cukup menggunakan fiber eksisting (sesuai ITU-T G.652 atau ITU-T G.655) dan mengintegrasikan perangkat SDH eksisting dengan perangkat DWDM

2. Dapat dipakai untuk memenuhi demand yang berkembang, dimana teknologi DWDM mampu untuk melakukan penambahan kapasitas dengan orde $n \times 2,5$ Gbps atau $n \times 10$ Gbps (n = bilangan bulat).

3. Dapat mengakomodasikan layanan baru (memungkinkan proses rekonfigurasi dan *transparency*). Hal ini dimungkinkan karena sifat dari operasi

teknologi DWDM yang terbuka terhadap protokol dan format sinyal (mengakomodasi format frame SDH).

Keunggulan DWDM

Secara umum keunggulan teknologi DWDM adalah sebagai berikut:

- Tepat untuk diimplementasikan pada jaringan telekomunikasi jarak jauh (long haul) baik untuk sistem point-to-point maupun ring topology.
- Lebih fleksibel untuk mengantisipasi pertumbuhan trafik yang tidak terprediksi.
- Transparan terhadap berbagai bit rate dan protokol jaringan
- Tepat untuk diterapkan pada daerah dengan perkembangan kebutuhan Bandwidth sangat cepat.

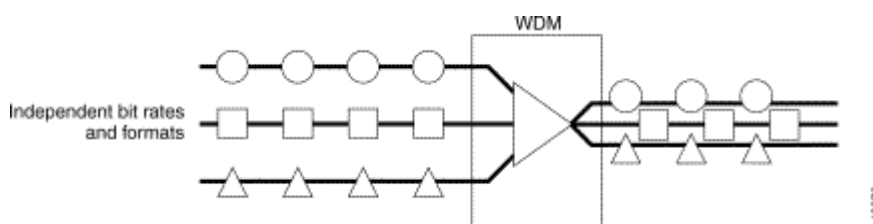
Namun dengan dukungan teknologi tingkat tinggi dan area implementasi utama pada jaringan long haul teknologi DWDM menjadi mahal, terutama jika diperuntukkan bagi implementasi di area metro. Area metro menjadi penting terutama karena dorongan pertumbuhan trafik data yang significant pada area ini.

BAB IV

Teknik Operasional DWDM

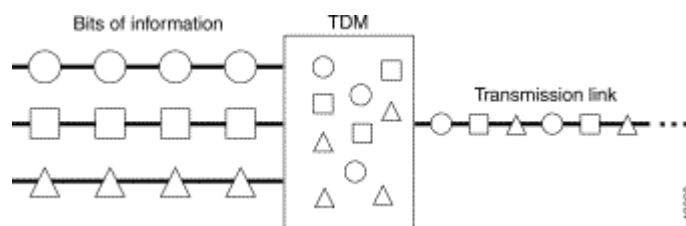
Pada dasarnya, teknologi WDM (awal adanya teknologi DWDM) memiliki prinsip kerja yang sama dengan media transmisi yang lain. Yaitu untuk mengirimkan informasi dari suatu tempat ke tempat yang lain. Namun, dalam teknologi ini pada suatu kabel atau serat optic dapat dilakukan pengiriman secara bersamaan banyak informasi melalui kanal yang berbeda. Setiap kanal ini dibedakan dengan menggunakan prinsip perbedaan panjang gelombang (wavelength) yang dikirimkan oleh sumber informasi. Sinyal informasi yang dikirimkan awalnya diubah menjadi panjang gelombang yang sesuai dengan panjang gelombang yang tersedia pada kabel serat optik kemudian dimultipleksikan pada satu fiber. Dengan teknologi DWDM ini, pada satu kable serat optik dapat tersedia beberapa panjang gelombang yang berbeda sebagai media transmisi yang biasa disebut dengan kanal.

Berikut ilustrasi pengiriman informasi pada WDM:



Sebagai perbandingan dengan DWDM, ilustrasi transmisi dengan TDM adalah

sbb:



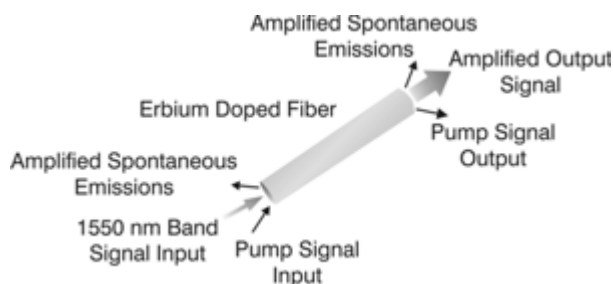
TDM menggunakan teknik pengiriman tetap pada satu channel dengan mengefisiensikan skala waktu untuk mengangkut berbagai macam informasi.

a. **Komponen penting pada DWDM**

Pada teknologi DWDM, terdapat beberapa komponen utama yang harus ada untuk mengoperasikan DWDM dan agar sesuai dengan standart channel ITU sehingga teknologi ini dapat diaplikasikan pada beberapa jaringan optic seperti SONET dan yang lainnya. Komponen-komponennya adalah sbb:

1. Transmitter yaitu komponen yang menjembatani antara sumber sinyal informasi dengan multiplexer pada system DWDM. Sinyal dari transmitter ini akan dimultipleks untuk dapat ditansmisikan.
2. Receiver yaitu komponen yang menerima sinyal informasi dari demultiplekser untuk dapat dipilah berdasarkan macam-macam informasi.
3. DWDM terminal multiplexer. Terminal mux sebenarnya terdiri dari transponder converting wavelength untuk setiap signal panjang gelombang tertentu yang akan dibawa. Transponder converting wavelength menerima sinyal input optic (sebagai contoh dari system SONET atau yang lainnya), mengubah sinyal tersebut menjadi sinyal optic dan mengirimkan kembali sinyal tersebut menggunakan pita laser 1550 nm. Terminal mux juga terdiri dari multiplexer optikal yang mengubah sinyal 550 nm dan menempatkannya pada suatu fiber SMF-28.
4. Intermediate optical terminal (amplifier). Komponen ini merupakan amplifler jarak jauh yang menguatkan sinyal dengan banyak panjang gelombang yang ditransfer sampai sejauh 140 km atau lebih. Diagnostik optikal dan telemetry dimasukkan di sekitar daerah amplifler ini untuk mendeteksi adanya kerusakan dan pelemahan pada fiber. Pada proses pengiriman sinyal informasi pasti terdapat atenuasi dan dispersi pada sinyal informasi yang dapat melemahkan sinyal. Oleh karena itu harus dikuatkan.

Erbium-doped Optical Fiber

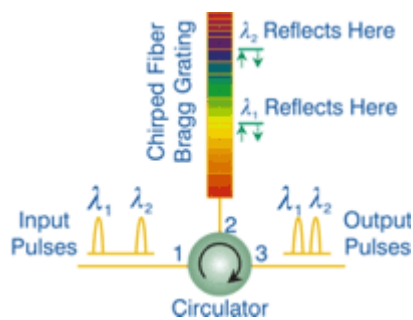


Sistem yang biasa dipakai pada fiber amplifier ini adalah system EDFA, namun karena bandwidth dari EDFA ini sangat kecil yaitu 30 nm (1530 nm-1560 nm), namun minimum attenuasi terletak pada 1500 nm sampai 1600 nm. Kemudian digunakan DBFA (Dual band fiber amplifier) dengan bandwidth 1528 nm to 1610 nm. Kedua jenis amplifier ini termasuk jenis EBFA (extended band filter amplifier) dengan penguatan yang tinggi, saturasi yang lambat dan noise yang rendah. Teknologi amplifier optic yang lain adalah system Raman Amplifier yang merupakan pengembangan dari system EDFA.

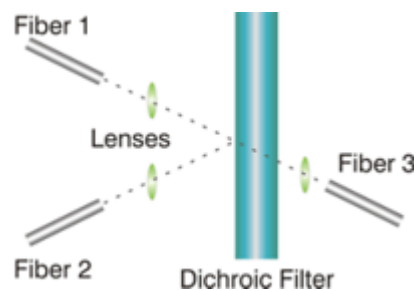
5. DWDM terminal demux. Terminal ini mengubah sinyal dengan banyak panjang gelombang menjadi sinyal dengan hanya 1 panjang gelombang dan mengeluarkannya ke dalam beberapa fiber yang berbeda untuk masing-masing client untuk dideteksi. Sebenarnya demultiplexing ini beritndak pasif, kecuali untuk beberapa telemetry seperti system yang dapat menerima sinyal 1550 nm. Pada transmisi jarak jauh dengan system client-layer seperti demultiplexi sinyal yan selalu dikirim ke O/E/O. Teknologi terkini dari demultiplekser ini yaitu terdapat couplers (penggabung dan pemisah power wavelength) berupa FIBER BRAGG GRATING dan dichroic filter untuk menghilangkan noise dan crosstalk.

Berikut gambar FBG dan Dichroic filter:

Bragg Grating



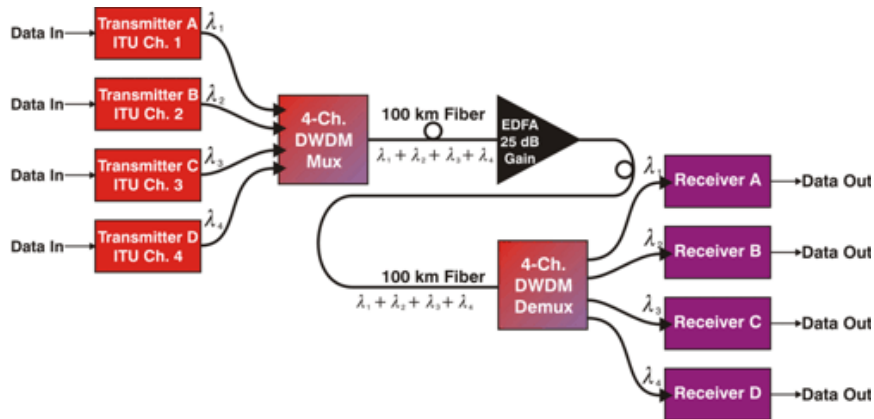
Dichronic Filter



6. Optikal supervisory channel. Ini merupakan tambahan panjang gelombang yang selalu ada di antara 1510 nm-1310 nm. OSC membawa informasi optik multi wavelength sama halnya dengan kondisi jarak jauh pada terminal optic atau daerah EDFA. Jadi OSC selalu ditempatkan pada daerah intermediate amplifier yang menerima informasi sebelum dikirimkan kembali.

Berikut ilustrasi tata letak komponen pada DWDM:

Figure 1- DWDM System Application

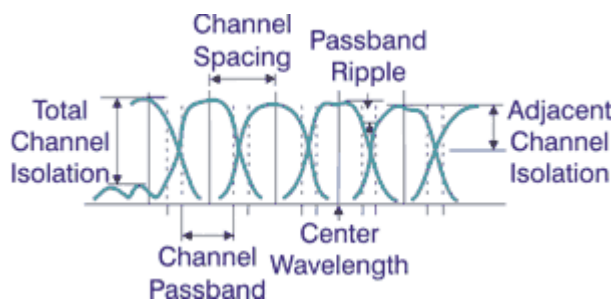


b. Channel Spacing

Channel spacing menentukan system performansi dari DWDM. Standart channel spacing dari ITU adalah 50 GHz sampai 100 GHz (100 GHz akhir-akhir ini sering digunakan). Spacing (sekat) ini membuat channel dapat dipakai dengan memperhatikan batasan-batasan fiber amplifier. Cahnnel spacing bergantung pada system komponen yang dipakai.

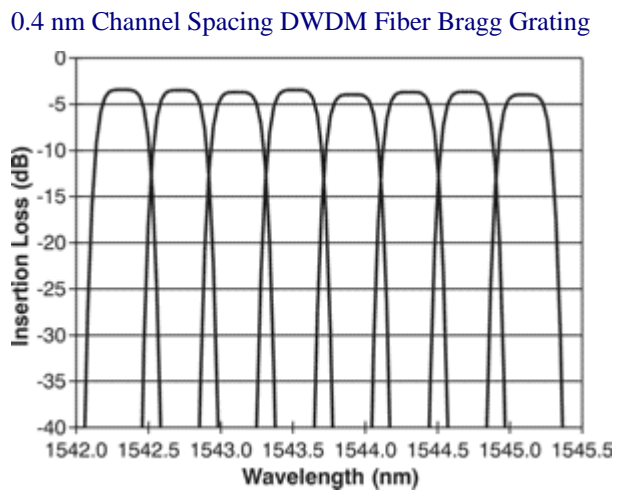
Channel spacing merupakan system frekuensi minimum yang memisahkan 2 sinyal yang dimultipleksikan. Atau bias disebut sebagai perbedaan panjang gelombang diantara 2 sinyal yang ditransmisikan. Amplifier optic dan kemampuan receiver untuk membedakan sinyal menjadi penentu dari spacing pada 2 gelomabag yang berdekatan.

Typical Optical Characteristics for DWDM Channels



Pada perkembangan selanjutnya, system DWDM berusaha untuk menambah channel yang sebanyak-banyaknya untuk memenuhi kebutuhan lalu lintas data informasi. Salah satunya adalah dengan memperkecil channel spacing tanpa adanya suatu interferensi dari pada sinyal pada satu fiber optic tersebut. Dengan demikian, hal ini sangat bergantung pada system komponen yang digunakan. Salah satu contohnya

adalah pada demultiplekser DWDM yang harus memenuhi beberapa kriteria di antaranya adalah bahwa demux harus stabil pada setiap waktu dan pada berbagai suhu, harus memiliki penguatan yang relatif besar pada suatu daerah frekuensi tertentu dan dapat tetap memisahkan sinyal informasi sehingga tidak terjadi interferensi antar sinyal. Sistem yang sebelumnya sudah dijelaskan yaitu FBG (Fiber Bragg Grating) mampu memberikan spacing channel tertentu seperti pada gambar berikut:



BAB V

CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*)

DWDM memang berimbas pada biaya. Dengan pertimbangan utama tingginya biaya dan diikuti oleh alasan kebutuhan variasi layanan dan kebutuhan jarak tempuh yang pendek (terkait pada kebutuhan sumber laser) membuat pengimplementasikan DWDM kurang reliable.

Solusi untuk permasalahan ini adalah konsep coarse wavelength division multiplexing (CDWM). Tujuan utama teknologi ini adalah menekan biaya investasi dan biaya operasi teknologi DWDM terutama untuk area metro. Untuk aplikasinya CWDM memiliki kemampuan yang sama dengan teknologi DWDM, dimana aplikasi yang dapat diterapkan adalah point-to-point, chain, ring dan mesh. Namun seperti halnya DWDM isu transparansi, interoperability dan manajemen jaringan optik tetap perlu menjadi perhatian.

Prinsip Coarse WDM

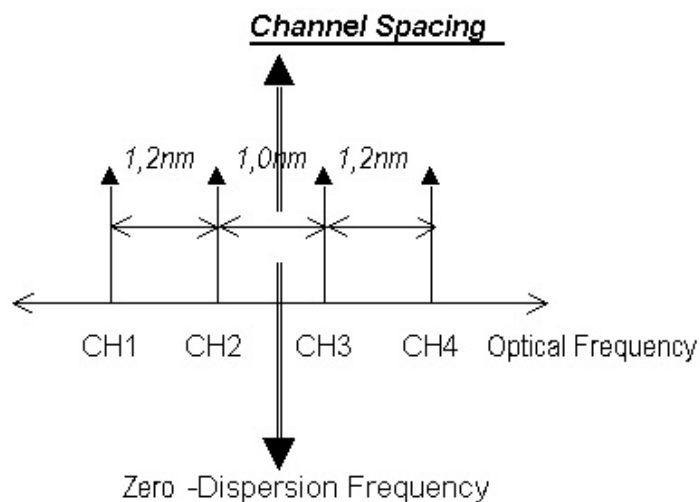
Prinsip kerja dasar dari CDWM adalah sama dengan prinsip kerja umum teknologi DWDM yaitu mentransmisikan kombinasi sejumlah panjang gelombang yang berbeda dengan menggunakan perangkat multiplex panjang gelombang optik dalam satu fiber (lihat gambar 1). Pada sisi penerima terjadi proses kebalikannya dimana panjang gelombang tersebut dikembalikan ke signal asalnya.

Perbedaan yang paling mendasar antara CWDM dan DWDM terletak pada channel spacing (parameter jarak antar kanal) dan area operasi panjang gelombangnya (band frekuensi). CWDM memanfaatkan channel spacing 20 nm yang lebih memberi ruang kepada sistem untuk toleran terhadap dispersi. Hal ini berkaitan langsung dengan teknologi perangkat multiplex (terutama laser dan filter) yang akan diimplementasikan dalam sistem, dimana untuk channel spacing yang semakin presisi (DWDM = 0,2 nm s/d 1,2 nm) Laser dan filter yang digunakan akan semakin mahal.

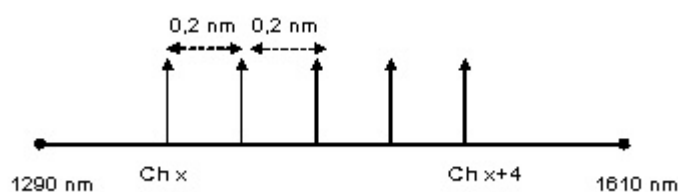
Perbandingan CWDM dan DWDM

No	Parameter	Coarse WDM	DWDM
1.	Channel Spacing	20 nm	0,2 nm s/d 1,2 nm
2.	Band Frekuensi	1290nm s/d 1610nm	1470nm s/d 1610nm
3.	Type Fiber Optimal	ITU-T G.652, G.653, G.655	ITU-T G.655
4.	Aplikasi	Point-to-point, chain, ring, mesh	Point-to-point, chain, ring, mesh
5.	Area implementasi optimal	Metro	Long Haul
6.	Size Perangkat	Smaller (Vs DWDM)	Bigger (Vs CWDM)
7.	OLA (Regenerator)	No	Yes
8.	Power Consumption	Lower (about 15%)	Higher
8.	Laser Device	Cheaper	Higher
10.	Filter	Lower (about 50%)	Higher

Jarak antar kanal merupakan jarak antara dua panjang gelombang yang dialokasikan sebagai referensi. Semakin sempit jarak antar kanal, maka akan semakin besar jumlah panjang gelombang yang dapat ditampung. Jarak antar kanal yang paling umum digunakan oleh para pemasok DWDM saat ini adalah: 0,2 nm s/d 1,2 nm, sedangkan untuk CWDM fixed 20 nm. Deskripsi jarak antar kanal adalah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.

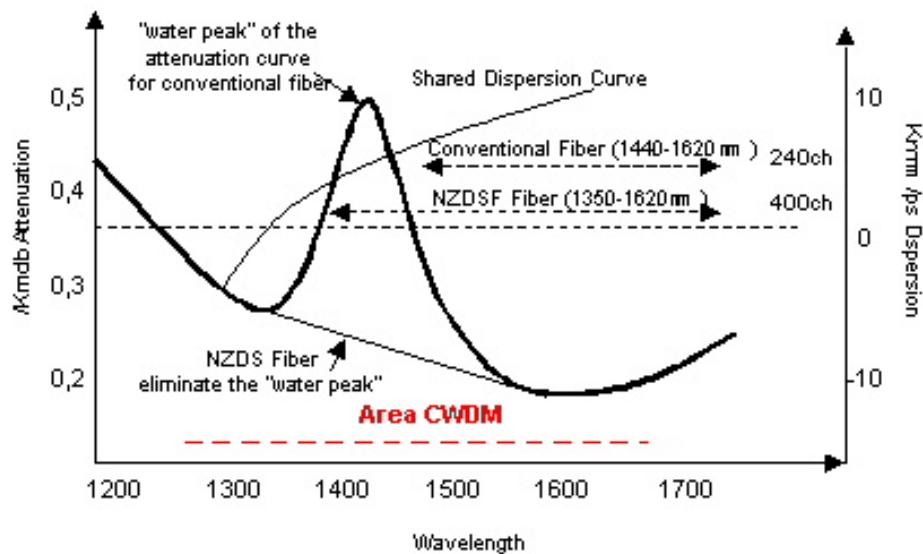


Gambar Jarak Antar Kanal (Channel Spacing) / DWDM



Gambar Jarak Antar Kanal (Channel Spacing) / CWDM

Dengan channel spacing yang tetap 0,2 nm, teknologi CWDM akan memiliki keterbatasan dalam hal jumlah panjang gelombang yang dapat dikonsumsi jika mengoptimalkan band frekuensi yang sama seperti DWDM (1470nm s/d 1610nm). Oleh karena itu dalam perkembangannya guna mendapatkan jumlah panjang gelombang yang lebih banyak, CWDM akan mengoptimalkan band frekuensi 1290nm s/d 1610nm (Kemampuan saat ini : 1470nm-1610nm). Jika diperhatikan gambar 4, jelas terlihat bahwa CWDM akan mengoptimalkan referensi gelombang 1310 nm dan band 1510 nm (DWDM mengoptimalkan 1510 nm).



Gambar 4. Spektrum optic

Dengan band frekuensi yang lebih lebar, walaupun channel spacing juga lebih lebar, diharapkan CWDM memiliki jumlah panjang gelombang yang kurang lebih bersaing dengan DWDM. Impact lain dari kemampuan CWDM ini adalah, karena mengoptimalkan dua band frekuensi CWDM dapat diimplementasikan untuk jenis fiber eksisting, seperti G.652 dan G.653 disamping fiber G.655 (DWDM optimal).

Untuk aplikasinya CWDM memiliki kemampuan yang sama dengan teknologi DWDM, dimana aplikasi yang dapat diterapkan adalah point-to-point, chain, ring dan mesh. Satu hal yang perlu digarisbawahi dari teknologi CWDM, seperti tujuan utamanya untuk menekan biaya implementasi DWDM di area metro, adalah lebih murah biaya hardware terutama komponen laser dan filter.

Pada DWDM dibutuhkan laser transmitter yang lebih stabil dan presisi daripada yang dibutuhkan pada CWDM. Artinya, DWDM menempati level teknologi yang lebih tinggi dari CWDM. Pada sistem DWDM laser yang diadopsi adalah sistem DFB yang menggunakan teknologi tinggi dengan toleransi panjang gelombang sekitar 0,1 nm (presisi dan sangat sempit) dan mengakibatkan temperatur tinggi sehingga membutuhkan sistem pendingin. Sedangkan pada sistem CWDM sekitar 2-3 nm, tanpa sistem pendingin dan membutuhkan konsumsi daya yang lebih kecil (hanya sekitar 15% dibanding DWDM). Demikian pula terjadi pada sistem filter di antara keduanya. Tentunya hal ini menimbulkan perbedaan biaya yang sangat signifikan.

Dengan pertimbangan seperti pada tabel 1 dan uraiannya maka dengan konsep CWDM: tingginya biaya menjadi bisa ditekan, kebutuhan variasi layanan di metro dengan kebutuhan bandwidth besar tetap bisa dipenuhi, dan kebutuhan area implementasi untuk metro bisa didapatkan. Namun seperti halnya DWDM isu transparansi, interoperability dan manajemen jaringan optik tetap perlu menjadi perhatian. Apalagi teknologi ini mengacu pada sumber frekuensi band tertentu dan channel spacing tertentu yang menjadi dasar penyaluran dan multiplex/demultiplex sinyal.

Teknologi CWDM menjadi solusi yang baik mengatasi kebutuhan bandwidth besar dengan biaya murah pada area metro. Hal ini dilandasi dengan penggunaan channel spacing 0,2 nm yang menyebabkan sistem tidak perlu membutuhkan laser dan filter dengan teknologi tinggi yang mahal. Namun seperti halnya DWDM isu transparansi, interoperability dan manajemen jaringan optik tetap perlu menjadi perhatian.

BAB VI

Aplikasi DWDM

Kemunculan teknologi DWDM tersebut dengan segera menjadi daya tarik sendiri bagi perusahaan-perusahaan penyedia jasa telekomunikasi (*carriers*). Hal ini dikarenakan teknologi DWDM memungkinkan *carriers* untuk memiliki sebuah jaringan tanpa perlu susah payah membangun sendiri infrastruktur jaringannya, cukup menyewa beberapa panjang-gelombang sesuai kebutuhan dengan daerah tujuan yang sama ataupun berbeda. Metoda penyewaan panjang-gelombang ini pula yang saat ini banyak dilakukan oleh *carriers*, khususnya yang tergolong baru, di kawasan Eropa, dimana trafik telepon dan internet di kota-kota besar di kawasan tersebut menunjukkan pertumbuhan yang sangat tinggi.

Keadaan ini memicu bermunculannya *carriers* baru yang dengan segera memiliki jaringan yang luas di benua tersebut dengan akses ke seluruh penjuru dunia, meski beberapa *carriers* yang tergolong mapan lebih memilih untuk membangun sendiri infrastrukturnya dengan alasan kemudahan dalam pengawasan, keamanan dll. Perbedaan strategi tersebut nantinya bakal mewarnai persaingan dalam penguasaan teknologi, manajemen jaringan dsb, meski tidak mesti terjadi perusahaan yang lebih memilih membangun sendiri infrastrukturnya (*digger*) akan menjadi lebih berkembang (*bigger*) dan perusahaan yang lebih memilih untuk menyewa panjang gelombang (*leaser*) menjadi pecundang (*loser*).

Sementara bagi produsen perangkat telekomunikasi sendiri, kemunculan teknologi ini seakan memberi angin segar bagi perusahaan baru untuk turut bermain di dalam bisnis bernilai milyaran dollar ini. Sebagai contoh adalah Ciena, yang menjadi pemain papan atas untuk produk DWDM.

REFERENSI

1. Saydam, Gauzali. 1997. Prinsip Dasar Teknologi Jaringan Telekomunikasi. Angkasa : Bandung.
 2. Sadiku, Matthew N. O. 2002. Optical and Wireless Communication. CRC Press : Florida
- www.howstuffworks.com
 - www.wikipedia.org
 - www.elektroindonesia.com
 - www.networkmegazine
 - www.fiber-optic.info
 - www.RisTISHOP.com
 - www.fiberoptix.com
 - www.ristek.go.id
 - www.iec.org
 - www.ieeexplore.com