

DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING **(*DWDM*)**

Andreas Ardian Febrianto

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik – UKSW

Jalan Diponegoro 52-60, Salatiga 50711

Email : andreas_ardian@yahoo.com

INTISARI

WDM (Wavelength Division Multiplexing) merupakan suatu teknik untuk memultiplekskan beberapa isyarat optik melalui sebuah serat optik dalam upaya untuk lebih mengoptimalkan pemanfaatan lebar pita yang disediakan oleh serat optik. Untuk komunikasi jarak jauh (lebih dari 80 km) digunakan sistem *Dense-WDM (DWDM)*. *DWDM* menempatkan panjang gelombang yang lebih rapat dibandingkan dengan *WDM*, sehingga kapasitas informasi yang dikirimkan dapat ditingkatkan.

Kata Kunci: serat optik, panjang gelombang, *dense wavelenght division multiplexing*

1. PENDAHULUAN

Saat ini komunikasi serat optik telah diyakini sebagai sarana komunikasi yang lebih digemari untuk isyarat-isyarat dengan laju lebih dari beberapa ratus megabit per detik pada jarak lebih dari beberapa ratus kilometer. Dibandingkan dengan transmisi menggunakan kabel elektrik, serat optik menawarkan suatu medium transmisi yang lebih menguntungkan. Hal ini dikarenakan hal-hal sebagai berikut.

1. Kerugian yang rendah pada lebar pita yang sangat tinggi.
2. Aras ketidakcocokkan transmisi yang rendah.
3. Kekebalan terhadap interferensi elektromagnetik.
4. Jangka waktu penggunaan lebih panjang (tahan lama).

Ada banyak cara yang berbeda untuk mengirim data melalui sebuah serat tunggal. Pertama, dengan menggunakan *Time Division Multiplexing (TDM)*, yaitu

sejumlah isyarat dengan tipe yang sama dimultipleks bersama-sama secara elektrik sebelum isyarat-isyarat itu ditempatkan pada sebuah panjang gelombang tunggal. Alternatif lain adalah dengan mengirimkan tiap isyarat optik pada sebuah panjang gelombang yang berbeda, yang disebut *Wavelength Division Multiplexing (WDM)*, yang dapat dianalogikan dengan pengiriman kanal-kanal radio yang berbeda pada frekuensi yang berbeda melalui udara.

DWDM merupakan perkembangan *WDM* dengan perbedaan sebagai berikut. *DWDM* menempatkan panjang gelombang yang lebih rapat dibandingkan dengan *WDM*, sehingga mempunyai kapasitas keseluruhan yang jauh lebih baik.

DWDM memuat banyak kanal optik. Dengan mengirimkan isyarat optik pada panjang gelombang yang berbeda, memungkinkan sebuah serat optik mengerjakan pengiriman banyak isyarat optik. Sehingga kapasitas informasi yang dikirimkan sangat besar. Komponen-komponen utama teknologi *DWDM* adalah sebagai berikut

§ Laser Optik (*transmitter*) dan Detektor Optik (*receiver*).

Laser optik digunakan untuk mengirimkan sebuah isyarat dan detektor yang sesuai digunakan untuk menerima isyarat pada panjang gelombang yang sama, yang dikirimkan dan tergabung pada satu *transceiver*. Jumlah informasi yang sebenarnya yang dikirimkan pada satu panjang gelombang ditentukan oleh *bit rate* laser itu. Laser *DWDM* mempunyai *bit rate* sampai 10 G bit/det.

§ Penguat Optik untuk penambahan jarak.

DWDM memerlukan penguat optik, yang disebut *EDFA* (*Erbium-Doped Fiber Amplifier*) karena digunakan pada jarak jauh, sekitar ratusan kilometer.

§ Tapis Optik untuk multipleks (*add*) dan demultipleks (*drop*).

Komponen utama yang terakhir adalah *OADM* (*Optical Add/Drop Multiplexer*), yang digunakan untuk menambah dan mengurangi panjang gelombang-panjang gelombang ke jaringan *WDM*.

DWDM mempunyai ciri yang penting, yakni kemampuan untuk menguatkan panjang gelombang sekaligus tanpa mengonversikannya terlebih dahulu ke dalam bentuk isyarat listrik dan kemampuan untuk membawa isyarat pada kecepatan dan tipe yang berbeda secara bersama-sama melalui satu serat (tidak bergantung pada *protocol* dan *bit rate*).

2. TEKNIK DENSE WAVELENGTH DIVISION MULIPEXING

DWDM merupakan pemecahan atas masalah-masalah yang ditemukan pada *WDM*. Dari segi infrastrukturnya terjadi penambahan peralatan pemancar dan penerima untuk masing-masing panjang gelombang yang digunakan. Inti perbaikan yang dimiliki oleh teknologi *DWDM* terletak pada jenis tapis, serat optik, dan penguat. Jenis tapis yang dipergunakan di dalam sistem *DWDM* yaitu *Fiber Bragg Gratings* (*FBG*). Komponen berikutnya adalah serat optik dengan dispersi yang rendah. Karakteristik demikian sangat diperlukan mengingat dispersi langsung berkaitan dengan kapasitas transmisi suatu sistem. Jenis serat

optik yang banyak dipakai untuk aplikasi *DWDM* diantaranya *LEAF* yang merupakan serat berkualitas terbaik. Sementara penguat optik yang dipergunakan untuk aplikasi demikian adalah *EDFA* (*Erbium Doped Fiber Amplifier*). Teknik lain yang digunakan adalah dengan mengurangi jarak antar kanal, pada *DWDM* jarak kanal sebesar 0,8nm. Hal ini berguna pada sistem dengan spektrum penguatan penguat optiknya yang kurang merata.

2.1. Perkembangan Teknologi *DWDM*

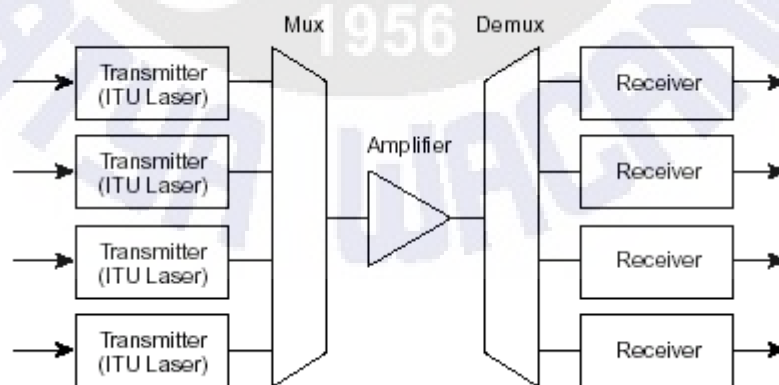
DWDM menambah kapasitas pengiriman informasi infrastruktur serat optik yang sudah ada sebelumnya (yaitu *WDM*), untuk menghilangkan biaya besar dibandingkan jika melakukan pemasangan kabel serat optik yang baru. *DWDM* adalah teknologi multipleksing beberapa isyarat dengan cara mengirimkan isyarat tersebut pada delapan atau lebih panjang gelombang yang berbeda pada serat yang sama. Kata “*dense*” pada *DWDM* menggambarkan bahwa sistem tersebut mempunyai jarak antar panjang gelombangnya lebih kecil daripada *WDM*. *DWDM* memberikan solusi yang lebih baik dalam penggunaan serat optik yang telah terpasang untuk memperoleh keefektifan lebar pita. Tabel berikut menunjukkan jenis-jenis *Wavelength Division Multiplexing*.

Tabel 1. Jenis-jenis *Wavelength Division Multiplexing*.

	<i>WDM</i>	<i>DWDM</i> (termasuk <i>ultra dense WDM</i>)
Jarak antar kanal	Sedang, laser 1310 nm digunakan bersama laser 1550 nm	Kecil, 1,6 nm (200GHz) atau kurang dari itu
Macam pita yang digunakan	O dan C	C dan L
Biaya tiap kanal	Rendah	Tinggi
Jumlah kanal yang dikirimkan	2	Ratusan kanal
Baik diterapkan di	<i>PON</i> (<i>Passive Optical Network</i>)	Jangkauan jauh

Sistem *DWDM* terdiri dari komponen-komponen berikut : *transmitter* optik panjang gelombang (laser), *multiplexer* (mux) dan *demultiplexer* (demux) optik, *receiver* optik. Komponen-komponen opsional *DWDM* yaitu *Optical Add/Drop Multiplexer (OADM)* dan penguat optik.

Gambar 1. menunjukkan konsep dasar sistem *DWDM* dengan sebuah penguat.



Gambar 1. Konsep Dasar Sistem *DWDM* dengan Penguat.

2.1.1. Transmitter Optik dan Transponder

Transmitter optik untuk sistem *DWDM* adalah laser-laser dengan resolusi tinggi dan ketepatan pita sempit. Laser-laser ini memungkinkan dekatnya jarak antar kanal, yang dapat menambah jumlah panjang gelombang yang dapat digunakan pada pita 1500 nm untuk meminimalkan efek ketidakcocokan isyarat (dispersi). *Transmitter* optik juga meminimalkan rugi-rugi daya sehingga transmisi jarak jauh dapat dilakukan. Laser-laser ini dapat menggunakan penguat optik yang memperkuat isyarat untuk penambahan jarak dan menghilangkan kebutuhan penguat elektronik untuk masing-masing isyarat optik. Kebanyakan sistem laser dirancang untuk frekuensi-frekuensi panjang gelombang yang mengikuti standar *ITU (International Telecommunication Union)*, sehingga mempermudah pengoperasian dan penyeleksian komponen.

Ada sebuah komponen lain pada beberapa sistem *DWDM*, yang dinamakan *transponder*. *Transponder* mengonversi isyarat optik pita lebar menjadi panjang gelombang tertentu menggunakan konversi *optical-to-electrical-to-optical (OEO)*. *Transponder* atau konverter panjang gelombang adalah peranti opsional yang menyediakan konversi sebuah panjang gelombang optik menjadi panjang gelombang dengan ketepatan pita sempit.

2.1.2. Penguat Optik

Penguat optik memperkuat isyarat optik untuk meminimalkan efek rugi-rugi daya dan pelemahan sebagai akibat pengiriman pulsa cahaya

melalui serat optik. Teknologi penguat optik memungkinkan munculnya teknologi *DWDM* dengan kecepatan tinggi dan volume transmisi tinggi. Tetapi untuk jarak yang lebih pendek pada jaringan-jaringan metropolitan dan regional, penguat optik tidak harus selalu diterapkan.

Sebelum munculnya penguat-penguat optik, tiap isyarat dibangkitkan kembali secara elektrik. Ketika pembangkitan kembali sebuah isyarat optik secara elektrik, isyarat tersebut harus dikonversi terlebih dahulu menjadi isyarat elektrik, diperkuat, dan kemudian baru dikonversi kembali menjadi isyarat optik sebelum ditransmisikan lagi. Pembangkitan kembali secara elektrik membutuhkan alat pembangkit kembali (*regenerator*) untuk tiap panjang gelombang pada masing-masing serat. Sedangkan penguat optik dapat memperkuat semua panjang gelombang optik tanpa merubah isyarat menjadi isyarat elektrik terlebih dahulu. Penguat optik yang dipakai adalah *Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)*. *EDFA* beroperasi pada jangkauan 1530 sampai 1560 nm.

2.1.3. Multiplexer dan Demultiplexer Optik

Multiplexer optik menggabungkan isyarat-isyarat terkirim dari panjang gelombang-panjang gelombang yang berbeda pada serat optik tunggal. Demultiplexer optik sebaliknya memisahkan gabungan isyarat-isyarat menjadi panjang gelombang-panjang gelombang bagiannya pada penerima akhir. Multiplexer dan demultiplexer yang dipakai yaitu *Thin Film Filter*. Multiplexer pada *DWDM* merupakan peranti-peranti pasif, yang artinya tidak membutuhkan masukan isyarat elektrik. Multiplexer-

multiplexer pasif ini berperilaku seperti prisma dengan ketepatan tinggi untuk memisahkan warna-warna individual pada sebuah isyarat *DWDM*.

2.1.4. Penerima Optik

Penerima optik mendeteksi isyarat-isyarat gelombang cahaya yang datang dan mengonversikannya menjadi isyarat untuk pemrosesan oleh peranti penerima. Penerima optik biasanya peranti-peranti pita lebar yang bisa mendeteksi cahaya melebihi jangkauan panjang gelombang yang relatif lebar. Kemampuan untuk mendeteksi jangkauan panjang gelombang yang lebar ini memungkinkan sebuah penerima tunggal menangkap beberapa panjang gelombang pada jangkauan 1300 sampai 1550 nm.

2.1.5. OADM

Optical Add/Drop Multiplexer (OADM) dapat diterapkan pada sistem *DWDM* atau jaringan, untuk menambah fleksibilitas pertumbuhan isyarat. *OADM* memungkinkan untuk menambah atau mengurangi jumlah kanal sebuah serat. *OADM* dipasang pada rentang serat panjang gelombang jamak, dan memungkinkan panjang gelombang tertentu di-*demultiplex* (di-*drop*) dan di-*remultiplex*(di-*add*) pada serat tersebut. Hal ini terjadi pada saat semua panjang gelombang dilewatkan. Sebagai hasilnya, panjang gelombang-panjang gelombang yang melalui tapis *OADM* hanya mengalami sedikit pelemahan isyarat.

2.2. Awal Munculnya WDM

Saat diperkenalkan pada awal sampai pertengahan 1990an, *WDM* dalam bentuk *DWDM* telah digunakan terutama pada jarak jangkauan jauh.

Penerapannya yang paling utama adalah untuk membantu penyedia layanan komunikasi jarak jauh yang berhubungan dengan habisnya serat antar kota.

Hal ini berubah pada akhir tahun 1990an bersamaan dengan kemampuan produk-produk *WDM* untuk membantu meringankan kemacetan pada area metro dan regional. Bagaimanapun juga, area metro mempunyai persyaratan yang sangat berbeda: jaraknya lebih pendek; memungkinkan pemakaian serat lebih banyak; memerlukan protokol lebih banyak seperti *Gigabit Ethernet* dan *Fibre Channel* sebagai pendukung; jumlah informasi lebih sedikit; dan biaya untuk lebar pita lebih sedikit. Dengan adanya karakteristik ini, para penyedia layanan komunikasi menginginkan adanya peranti transmisi yang sungguh berbeda dari paket yang sangat padat, ketepatan yang sangat luar biasa, teknologi *DWDM* dengan lebar pita yang tinggi sangat membantu untuk transmisi jarak jauh.

Sejak transmisi jarak jauh dipandang tidak lagi efektif untuk area metro, penyedia jasa komunikasi di daerah metro mencari suatu *DWDM* dalam bentuk yang lebih murah dan lebih longgar.

Untuk lebih mengurangi biaya produk metro, kompensator dispersi yang harganya mahal yang normalnya dipakai pada jaringan jarak jauh dapat dihilangkan berhubung hanya membutuhkan jarak yang pendek. Namun bagaimanapun juga, meskipun mahal *EDFA* tetap diperlukan. Penyederhanaan ini memunculkan istilah “Metro *DWDM*”. Namun meskipun ada penyederhanaan ini, Metro *DWDM* dipandang dari segi ekonomi masih terlalu mahal untuk jarak yang tidak sejauh pada *DWDM*.

Tabel 2. Perbandingan Teknologi WDM.

Parameter	Metro DWDM	DWDM Jarak Jauh
Kanal per Serat	32 – 80	80 – 160
Spektrum yang dipakai	Pita C,L	Pita C,L,S
Jarak antar kanal	0,8nm(100 GHz)	0,4nm(50 GHz)
Kapasitas Panjang Gelombang	10 Gbit/s	10-40 Gbit/s
Kapasitas Serat	100-1000 Gbit/s	> 1 Tbit/s
Tipe Laser	<i>Cooled DFB</i>	<i>Cooled DFB</i>
Teknologi Tapis	<i>Thin Film Filter, AWG, FBG</i>	<i>Thin Film Filter, AWG, FBG</i>
Jarak Transmisi	ratusan kilometer	ribuan kilometer
Harga	sedang	tinggi
Penguat Optik	<i>EDFA</i>	<i>EDFA, Raman</i>

DFB = Distributed Feed Back laser, AWG = Arrayed Waveguide Grating, FBG = Fiber Bragg Grating, EDFA = Erbium Doped Fiber Amplifier.

3. KESIMPULAN

DWDM merupakan *WDM* yang telah dikembangkan sehingga efektif digunakan untuk jarak transmisi yang lebih jauh (lebih dari 80 km) dengan jumlah panjang gelombang yang lebih banyak daripada *WDM* sehingga kapasitas transmisinya lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Etten, W. Van dan J. Van Der Plaats, *Fundamentals of Optical Fiber Communications*, Prentice Hall International (UK) Ltd, 1991.
2. Hecht, Jeff, *Understanding Lasers*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 1992.
3. Keiser, Gerd, *Optical Fiber Communications*, McGraw-Hill International Editions, 1987.
4. Palais, Joseph C., *Fiber Optic Communications*, Third Edition, Prentice Hall, 1992.
5. Senior, John M., *Optical Fiber Communications Principles and Practice*, Second Edition, Prentice Hall International Series, 1992.

