

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian mengenai analisis CWDM dan DWDM telah banyak dilakukan diantaranya yang dilakukan oleh Saba Al-Rubaye, Anwer Al-Dulaimi, Hamed Al-Raweshidy pada tahun 2009 melakukan pengembangan untuk jaringan *FTTX* yang dapat menyediakan *bandwidth* tinggi dengan tujuan agar kedepannya tidak terjadi kemacetan dalam jaringan fiber optik. Pengembangan dilakukan pada layer fiber optik agar kecepatan data dapat merata pada setiap jaringan dengan hanya membutuhkan biaya yang rendah [4].

Teknologi CWDM sebagai alternatif sistem *multiplexing* yang murah dan mudah dalam implementasinya memiliki kekurangan pada kapasitas jarak dimana CWDM tidak mampu diimplementasikan untuk jarak yang cukup jauh. Maka dari itu dilakukan penelitian oleh Sri Utami, Dodi Zulherman, Fauza Khair dengan menambahkan penguat optik yaitu *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA) kedalam jaringan CWDM agar data dapat sampai ke tujuan dengan baik. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil yang memenuhi kriteria perencanaan jaringan, sehingga penguatan dengan EDFA dapat memberikan performa transmisi jarak jauh pada teknologi CWDM [5].

Selanjutnya terdapat penelitian yang memadukan antara teknologi DWDM dengan teknologi CWDM yang dilakukan oleh S Robinson, S Jasmine dan R Pavithra. Dimana pada sistem jaringan optik nya memiliki 4 jalur transmisi menggunakan teknologi CWDM dan 8 jalur menggunakan teknologi DWDM. Hal ini dilakukan agar transmisi data bisa secepat dan sebanyak teknologi DWDM namun implementasi biaya yang dikeluarkan masih dapat ditekan, dimana jika *bandwidth* yang dibutuhkan sedikit dan hanya bersifat local pada suatu wilayah maka sistem CWDM yang bekerja, sedangkan jika jaringan berada pada puncak tertinggi sistem DWDM akan membantu sistem CWDM agar tidak terjadi penumpukan data [6].

Selain itu dilakukan juga penelitian mengenai kinerja penggunaan jaringan optik pada suatu jaringan internet dengan menggunakan perangkat lunak *cisco transport planner* untuk menentukan spesifikasi kabel fiber optik mana yang paling baik untuk dipergunakan dalam jaringan fiber optik berbasis teknologi DWDM oleh Adela Ika Anindita, Imam Santoso, Ajud Ajulian Zahra sehingga didapatkan kombinasi terbaik dalam perencanaan merancang kabel fiber optik berbasis teknologi DWDM [7].

Banyaknya penelitian mengenai jaringan optik dikarenakan jaringan tersebut memberikan kecepatan pengiriman akses data yang cepat dan stabil serta pengimplementasian jaringan yang dapat digunakan di berbagai bidang dan dapat di gabungkan dengan teknologi komunikasi lain. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Rifa Atul Izza Asyari yang merancang jaringan fiber optik untuk jaringan distribusi 4G-LTE di kabupaten Sleman yang berguna sebagai *backbone*. Dapat dilihat bahwa jaringan fiber optik tidak hanya dapat digunakan langsung sebagai media pengiriman data kepada pelanggan, namun dapat juga digunakan sebagai pendukung teknologi jaringan lain seperti 4G-LTE tersebut yang merupakan jaringan tanpa kabel [8].

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Sistem Komunikasi Serat Optik

Sistem komunikasi serat optik tersusun dari *transmitter*, *recevier*, dan *information channel*. Pada *Information channels* terbagi menjadi 2 yaitu *Unguided channel* dan *Guided channel*. Sistem *Unguided channel* adalah sistem dimana perangkat yang di pergunakan adalah antenna dengan sistem transmisinya memanfaatkan gelombang elektromagnetik, sedangkan sistem *Guided Channel* adalah sistem dimana perangkat yang dipergunakan adalah media fisik berupa kabel dengan sistem transmisinya memanfaatkan aliran listrik, Serta untuk sistem komunikasi *fiber optic* sendiri sedikit berbeda dengan sistem komunikasi pada umumnya, karena informasi yang dikirimkan dalam bentuk cahaya sehingga diperlukan proses perubahan informasi menjadi cahaya melalui media transmisi kawat konvensional.

Serat optik digunakan untuk media transmisi sinyal digital. Pemilihan serat optik memiliki pilihan antara *single-mode* atau *multi-mode* dan *step index* atau *graded index*. Pemilihan ini bergantung pada jenis sumber cahaya yang digunakan dan besarnya dispersi maksimum yang diizinkan. Untuk sumber cahaya *Light Emitting Diode* (LED), biasanya digunakan serat *multi-mode*, meskipun LED jenis *edge emitting* bisa digunakan dengan serat *single-mode* dengan laju sampai 560 Mbps sepanjang beberapa kilometer. Untuk *Laser dioda*, bisa digunakan *single-mode* atau *multimode*. Serat *single-mode* mampu menyediakan produk laju data-jarak yang sangat bagus (mampu mencapai 30 Gbps/km) [8].

Beberapa macam komponen *fiber optic*, yaitu :

a. *Optical Transmitter*

Optical Transmitter merupakan komponen pengirim yang akan memproses sinyal-sinyal analog atau digital menjadi sebuah bentuk sinyal cahaya dan akan di transmisikan melalui kabel fiber optik. Sumber cahaya yang biasanya digunakan adalah *Light Emitting Diode (LED)* atau *solid state laser diode*.

b. *Fiber Optic Cable*

Kabel fiber optik merupakan komponen utama dalam sistem ini. Kabel fiber optik biasanya terdiri dari satu atau lebih serat fiber yang bertugas menghantarkan sinyal cahaya hingga mencapai *optical receiver*.

c. *Optical Receiver*

Optical Receiver merupakan komponen yang bertugas sebagai penerima cahaya yang telah dikirimkan oleh *optical transmitter*. Setelah cahaya diterima, maka sinyal cahaya akan di *decode* menjadi sinyal-sinyal digital yang berisi informasi yang dikirimkan. *Optical receiver* biasanya berupa sensor cahaya seperti *photocell* atau *photodiode*.

d. *Optical Repeater*

Optical Repeater merupakan komponen penguat sinyal cahaya pada jaringan fiber optik, namun komponen tersebut tidak perlu dipergunakan dalam media fiber optik jika jarak jaringan cukup dekat. *Optical repeater* dibutuhkan jika jaringan kabel serat optik memiliki jarak yang jauh.

2.2.2 Fiber To The Building

FTTB merupakan jaringan fiber optik yang mengirimkan informasi berupa gelombang cahaya dari penyedia layanan telekomunikasi kepada *client* pada suatu daerah. Teknologi ini merupakan pengembangan teknologi sebelumnya yang menggunakan kabel tembaga dengan kecepatan yang terbatas digantikan dengan kabel serat optik yang mempunyai kecepatan serta kestabilitas tinggi sehingga dapat memungkinkan memberikan layanan berupa suara, data dan *video*. Komponen utama *FTTB* :

a. *Optical Line Terminal (OLT)*

Merupakan perangkat yang bersifat aktif, memiliki fungsi sebagai pengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik dengan kemampuan jarak pengiriman mencapai 20 Km. *OLT* tersebut terletak pada sisi *provider* penyedia layanan.

b. *Optical Distribution Cabinet (ODC)*

Merupakan perangkat yang bersifat pasif, memiliki fungsi sebagai tempat *splitter* dan sebagai tempat konversi dari kabel *feeder* (kabel fiber antara OLT dan ODC) kapasitas besar ke kabel distribusi (kabel fiber antara ODC dan ODP) kapasitas kecil. ODC tersebut terletak pada *outdoor* atau *indoor* ruangan.

c. *Optical Distribution Point (ODP)*

Merupakan perangkat yang bersifat pasif, memiliki fungsi sebagai tempat *splitter* dan sebagai tempat akhir dari kabel distribusi yang akan digantikan oleh kabel *drop* (kabel fiber antara *ODP* dan pelanggan). *ONP* tersebut terletak pada *outdoor* atau *indoor* ruangan.

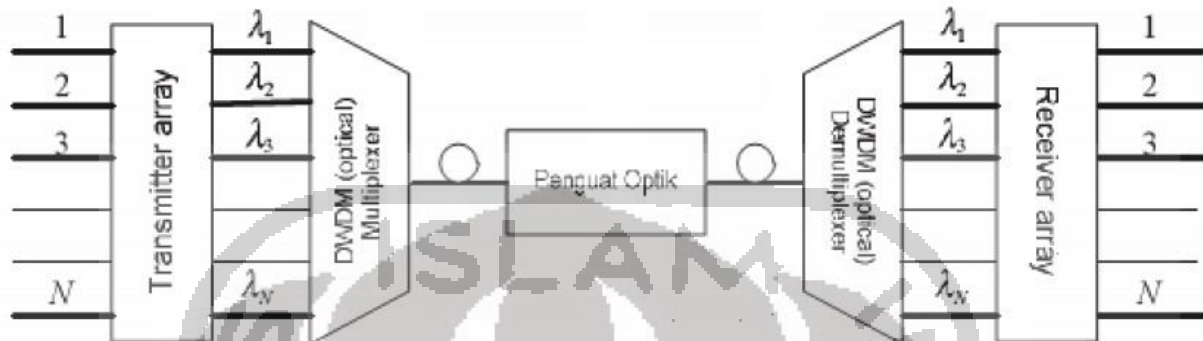
d. *Optical Unit Network (ONU)*

Merupakan perangkat yang bersifat aktif, memiliki fungsi sebagai pengubah sinyal cahaya menjadi sinyal elektrik kembali agar informasi yang di kirim dapat di terima oleh pelanggan berupa layanan suara, data dan video. *ONU* tersebut terletak pada sisi pelanggan.

2.2.3 CWDM dan DWDM

Dalam sistem jaringan komunikasi serat optik diperlukan teknologi dalam perancangan jaringan yang dapat memenuhi kebutuhan akan *bandwidth* yang terus meningkat. Untuk itu dipergunakan teknolog berupa *Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM)* dan *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)* yang mentransmisikan kombinasi sejumlah panjang gelombang yang berbeda dengan menggunakan perangkat *multiplex* panjang gelombang optik dalam satu fiber. Pada sisi penerima terjadi proses kebalikannya dimana panjang gelombang

tersebut dikembalikan ke signal asalnya [9]. Contoh proses transmisi *multiplexing* tersebut terdapat pada gambar 2.1 dimana lingkaran adalah data suara, persegi adalah data gambar dan segitiga adalah data *video*, dimana setelah dilakukan *multiplexing* maka masing-masing data akan di lewatkan pada masing-masing panjang gelombang yang terdapat pada fiber optik.



Gambar 2.1 Skema pengiriman informasi WDM [9]

Dasar dari sistem DWDM dan CWDM adalah *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) dimana kita dapat memperluas kapasitas jaringan tanpa menambah jumlah fiber sehingga dalam implementasinya tidak diperlukan infrastruktur baru sehingga dapat menurunkan biaya optimalisasi. Untuk ilustrasi komponen dapat dilihat pada gambar 2.5

Sedangkan komponen yang terdapat pada sistem DWDM maupun CWDM kurang lebih memiliki kesamaan yaitu :

a. *Transmitter*

Merupakan jembatan antara sumber informasi dengan *multiplexer* dimana informasi akan di *multiplex* agar dapat di transmisikan.

b. *Receiver*

Merupakan penerima sumber informasi yang berasal dari *demultiplexer* yang akan mengembalikan informasi seperti semula sehingga informasi dapat di sampaikan.

c. *DWDM/CWDM Terminal Multiplexer*

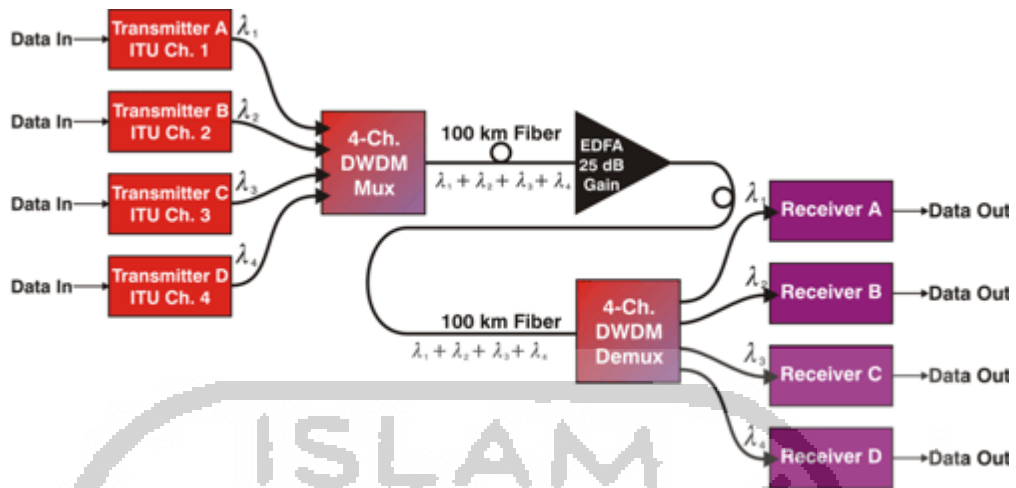
Merupakan tempat terjadinya *multiplexing* dimana setiap informasi akan di pisah sesuai dengan panjang gelombang saat melalui kabel serat optik.

d. *DWDM/CWDM Terminal Demultiplexer*

Merupakan tempat dimana informasi akan di satukan kembali seutuhnya.

e. *Intermediate Optical Terminal (amplifier)*

Merupakan perangkat tambahan jika jaringan fiber optik yang dilalui memiliki jarak yang jauh.



Gambar 2.2 Skema pengiriman informasi [9]

2.2.4 Mekanisme Penguatan Pada CWDM Dan DWDM

Jarak antar kanal yang digunakan oleh DWDM saat ini adalah 0,2 nm s/d 1,2 nm, sedangkan CWDM *fixed* 2 nm. Dengan *channel spacing* yang tetap 2 nm maka teknologi CWDM memiliki keterbatasan dalam hal jumlah panjang gelombang yang dapat dikonsumsi jika mengoptimalkan band frekuensi yang sama seperti DWDM (1470 nm s/d 1610 nm) [9].

Guna mendapatkan jumlah panjang gelombang yang lebih banyak, CWDM akan mengoptimalkan band frekuensi 1290 nm s/d 1610 nm (Kemampuan saat ini 1470 nm – 1610 nm). Namun jika melihat spektrum optik yang dihasilkan, CWDM optimal dalam referensi gelombang 1310 nm dan band 1510 nm (DWDM mengoptimalkan 1510 nm) [9].

Tabel 2.1 Perbandingan CWDM dengan DWDM[9]

NO	Parameter	CWDM	DWDM
1	Channel Spacing	20 nm	0,2 nm – 1,2 nm
2	Band Frekuensi	1290 nm - 1610 nm	1470 nm – 1610 nm
3	Tipe 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	Jarak Jauh
6	Besar Perangkat	Kecil	Besar
7	OLA (Regenerator)	Tidak	Ya
8	Konsumsi Daya	Rendah (sekitar 15%)	Tinggi
9	Laser Device	Lebih Murah	Mahal
10	Filter	Rendah (sekitar 50%)	Tinggi

Berdasarkan table 2.1 CWDM dan DWDM memiliki dasar teknologi yang sama, yaitu dapat diterapkan dalam bentuk topologi *point to point*, topologi *chain*, *topologi ring* dan topologi *mesh*. DWDM menggunakan *laser transmitter* yang stabil dan presisi daripada *laser* pada CWDM, yaitu dengan toleransi panjang gelombang sekitar 0,1 nm (presisi dan sangat sempit) dan membutuhkan pendingin karena panas yang di hasilkan. Sedangkan pada sistem CWDM sekitar 2-3 nm, tanpa sistem pendingin dan konsumsi daya yang lebih kecil (hanya sekitar 15% dibanding DWDM) [9].

2.2.5 Universitas Mulawarman

Universitas Mulawarman atau bisa di singkat Unmul, merupakan perguruan tinggi yang berada di kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur. Kampus utamanya terletak di Gunung Kelua, sedangkan kampus lainnya terdapat di Jalan Pahlawan, Jalan Banggeris dan Jalan Flores. Lebih jelas-nya dapat dilihat pada gambar 2.3

Universitas Mulawarman memiliki beberapa kampus utama, yaitu :

1. Kampus Gunung Kelua
2. Kampus Pahlawan
3. Kampus Banggeris
4. Kampus Flores



Gambar 2.3 Gedung Universitas Mulawarman

2.2.6 Perhitungan Power Budget

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan apakah suatu sistem optik dapat berjalan dengan baik atau tidak. *Power budget* memastikan *receiver* dapat menerima daya optik sinyal yang diperlukan untuk mendapatkan *bit error rate* (BER). Tujuan perhitungan *power budget* adalah untuk menentukan apakah parameter desain yang ingin di implementasikan dapat menghasilkan daya sinyal di penerima sesuai dengan tuntutan persyaratan performansi yang diinginkan. Rumusnya dapat dilihat pada persamaan 3.1 berikut :

$$P_r = P_t - (\alpha_c \times N_c) - (\alpha_f \times L_{link}) - (\alpha_s \times N_s) - M_s \quad (3.1)$$

Untuk mengetahui jarak maksimum transmisi serat optik tanpa penguat maka dapat di hitung dengan persamaan 3.2 berikut :

$$L_{sis} = \frac{P_t - P_r - (\alpha_c \times N_c) - (\alpha_s \times N_s) - M_s}{\alpha_f} \quad (3.2)$$

Keterangan :

- P_t adalah Daya transmit (dBm)
 P_r adalah Daya yang berhasil diterima (dBm)
 α_c adalah Redaman konektor (dB/buah)
 N_c adalah Jumlah konektor
 α_f adalah *Attenuasi* (dB/Km)
 L_{link} adalah Jarak total kabel optik (Km)
 α_s adalah Redaman sambungan (dB/Sambungan)
 N_s adalah Jumlah sambungan
 M_s adalah Margin sistem (dB)

2.2.7 Perhitungan Rise Time Budget

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Tujuan dari *Rise Time Budget* adalah untuk menganalisa apakah kinerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kebutuhan jaringan yang diinginkan tanpa terganggu oleh dispersi. Rumusnya dapat dilihat pada persamaan 3.3 dan 3.4 berikut :

$$t_f = D \times \alpha_\lambda \times L \quad (3.3)$$

$$t_{sys} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \quad (3.4)$$

Untuk mengetahui hubungan antara *bit rate* dengan *rise time budget* dapat menggunakan persamaan 3.5 dan 3.6 berikut :

$$t_{sys} \leq 0,7/BR \text{ untuk pengkodean dengan format NRZ} \quad (3.5)$$

$$t_{sys} \leq 0,35/BR \text{ untuk pengkodean dengan format RZ} \quad (3.6)$$

Dengan standar perangkat *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) atau nilai BR yang di pergunakan pada perancangan kali ini yaitu :

$$STM - 4 = 622 \text{ Mbps untuk teknologi CWDM}$$

$$STM - 64 = 10 \text{ Gbps untuk teknologi DWDM}$$

Keterangan :

- t_{sys} adalah *Rise Time* total sistem (ps)
- t_{tx} adalah *Rise Time* sumber optik (ps)
- t_{rx} adalah *Rise Time* detektor optik (ps)
- t_f adalah Dispersi total Serat (ps)
- D adalah Dispersi kromatik (ps/nm.km)
- L adalah Panjang *link* (Km)
- α_λ adalah Lebar spektral (nm)

2.3 Parameter Kebutuhan *Bandwidth*

2.3.1 Estimasi Kenaikan Pelanggan dan Estimasi Pemakaian *Bandwidth*

Estimasi menggunakan metode *regresi linier* dengan perhitungan *least square* yang menggunakan asumsi kurva yang paling benar merupakan kurva dengan minimum total kuadrat deviasi. Dengan aturan x sebagai variable bebas yaitu jumlah pelanggan pada tahun tertentu dan y sebagai variable terikat yaitu jumlah kebutuhan *bandwidth* pada tahun tertentu. Maka hubungan x dan y dinyatakan oleh [10] :

$$y = a + bx \quad (3.7)$$

Sedangkan perhitungan konstanta (a) dan parameter (b) yaitu :

$$a = \frac{\sum Y}{N} \text{ dan } b = \frac{\sum XY}{\sum X^2} \quad (3.8)$$