

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian oleh Arif Nur Hidayatz, Sukiswo, dan Ajub Ajulian Zahra (2019) yang berjudul “Simulasi dan Analisis Jaringan Metro *Ethernet* kota Bandung Tahun 2028 Menggunakan *Opnet* Modeler” ini membahas tentang analisis performansi link untuk mengetahui kualitas *link* seiring peningkatan trafik, pengukuran pada penelitian ini dengan parameter-parameter *round trip delay* (RTD). Topologi yang digunakan yaitu ring 1 *loop* berisi 8 *node*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa RTD terbesar terdapat pada *link* PWD-TOR dengan 2,614 ms dan untuk *link* lain berada dibawah 1 ms. *Jitter* terbesar dihasilkan oleh *link* PWD-TOR dengan 1,30 ms dan untuk *link* lain masih berada dibawah 1 ms. Hal ini *packet loss* seluruh link jaringan selama *traffic forecasting* masih sangat baik dengan nilai 0 [2].

Penelitian oleh Rizky Harsa Dian Akbar dan S. El Yumin (2018) yang berjudul “Estimasi Kerusakan Jaringan Fiber Optik Metro 1000 Menggunakan OTDR” ini membahas tentang kerugian yang terjadi apabila terdapat kerusakan jaringan pada Fiber Optik. Hal ini dapat menyebabkan rugi-rugi pada transmisi serat optik dapat diakibatkan oleh perbedaan garis tengah inti dan apertur numerik, rugi – rugi celah, rugi-rugi akibat pemantulan *Fresnel*, rugi – rugi akibat redaman (attenuasi) dan rugi – rugi akibat pembengkokan yang terjadi pada serat optik. Rugi-rugi yang sangat krusial adalah rugi-rugi akibat putusnya FO. Layanan telekomunikasi Metro-1000 menggunakan jaringan FO, mengalami kehilangan daya sehingga kinerja layanan pada pelanggan menjadi buruk. Hal ini dapat terjadi karena adanya kerusakan FO pada jaringan. Dari hasil analisa pengukuran terhadap kabel FO dengan OTDR diperoleh estimasi kerusakan kabel FO ada yang putus. Setelah diperbaiki dan disambung kembali diperoleh total *loss* yang dihasilkan 6,425 dB dan 6,652 dB < 8 dB yang disyaratkan. Untuk perhitungan *power link budget*, *the value of PR* > -4dBm sudah memenuhi nilai komponen dari provider XL Axiata [3].

Penelitian dari Puspa Kurniasari, Muhammad Ardiansyah pada tahun 2021 yang berjudul “Analisis Dan Perancangan Jaringan Akses Dengan Media Transmisi

Fiber Optic Single Mode Di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang” penelitian ini menggunakan perancangan jaringan dengan design FTTX, dimana perancangan dan pembagian jalur di simulasikan dengan menggunakan optisystem untuk dilakukan perhitungan *power link budget* dan *rise time budget*. Untuk perhitungan *power link budget* per segmen memperoleh nilai redaman rata-rata -10,595 dbm dengan jarak gedung 600 meter hingga 850 meter, untuk perhitungan *rise time budget* per segmen memperoleh nilai rata-rata 49,499 ps dengan jarak gedung 600 meter hingga 850 meter [4].

Penelitian dari Agus Sutrisno Dan Peby Wahyu Purnawan pada tahun 2020 yang berjudul “Perencanaan Jaringan Komunikasi Halte Transjakarta Koridor 13 Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON)” penelitian ini menggunakan perancangan jaringan dengan design FTTH, dimana perencanaan penelitian ini untuk pembagian jalur disimulasikan dengan menggunakan optisystem untuk dilakukan perhitungan *power link budget* dan *rise time budget*. Untuk perhitungan *power link budget* OLT ke ODC memperoleh 12,216 dbm, redaman ODC ke ODP memperoleh rata-rata 11,063 dbm, redaman ODP ke salah satu halte koridor 13 memperoleh redaman 11,588 dbm. Untuk *perhitungan rise time budget downlink* memperoleh 0,2917 ns dan untuk uplink memperoleh 0,5833 ns [5].

Penelitian dari Dewi Sartika pada tahun 2020 yang berjudul “Efisiensi Jaringan Backbone Serat Optic PT.INDOSAT Link Surabaya-Banyu Urip Dengan Menggunakan Metro Core Connect dan DWDM” pada penelitian ini menganalisis jaringan yang sudah ada hal tersebut ditujukan untuk mengetahui aggregate apa yang tepat untuk digunakan pada teknologi *Metro Core Connect*, sedangkan DWDM digunakan karena layak di implementasikan pada jalur FO tanpa penguat. Dimana penelitian ini menggunakan 2 jalur FO yang berbeda, hal tersebut ditujukan untuk proteksi, dengan konsep yang diterapkan transmisi 1678 MCC menggunakan jalur jakasusi (65.8 Km) dan 1626 LM menggunakan jalur JS upgrade (86,8 Km). dari perhitungan *rise time budget* 1678 MCC mendapatkan 28.977 ps dan 1626 LM mendapatkan 36.9626 ps [6].

Penelitian dari Puri Multiandhi, Erlan Husna Faradiba Dan Bayu Adi Nugroho pada tahun 2020 yang berjudul “analisa konfigurasi jaringan FTTH

dengan perangkat OLT mini untuk layanan indihome di PT.Telkom Akses Witel Semarang” pada penelitian ini menggunakan teknologi FTTH, dimana untuk konfigurasi FTTH yang dilakukan menggunakan standar untuk GPON yaitu menggunakan spliter 1:4 pada ODC dan menggunakan spliter 1:8 pada ODP. Dari hasil pengukuran mendapatkan total redaman sebesar 26.03 dB [7].

Penelitian dari Muhammad Famhi, Nasaruddin Dan Syahril pada tahun 2018 yang berjudul “Perancangan Dan Analisis Kinerja Jaringan Fiber Optic Menggunakan Teknologi GPON Pada Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya” penelitian ini menggunakan teknologi GPON pada penerapannya, dari perhitungan yang telah dilakukan kebutuhan *bandwith* pada 38 kantor dinas pemerintah adalah untuk telepon 23,1 Mbps, Ip kamera CCTV 921 Mbps, dan untuk Wifi 2.370 Mbps. Hasil perhitungan untuk *power link budget* mendapatkan -26,24 dbm untuk *upstream* sedangkan untuk *downstream* mendapatkan -23,74 dbm, perhitungan *rise time budget* memperoleh 0,25096 untuk *upstream* dan untuk *downstream* 0,42927 ns [8].

Penelitian dari Trivia Anggita, Liani Budi Rahman, Anshari Akbar, Muh Asnoer Laagu dan Catur Apriono pada tahun 2020 yang berjudul “Perancangan Dan Analisa Kinerja Fiber To The Building (FTTB) Untuk Mendukung Smart Building di Daerah Urban” penelitian ini menggunakan teknologi XGPON pada penerapannya, dari perhitungan yang telah dilakukan penelitian ini memperoleh nilai *power link budget* sebesar -27,24 dbm untuk *downstream* sedangkan untuk *upstream* memperoleh nilai sebesar -11,68 dbm, pada perhitungan *rise time budget* memperoleh nilai 0,049 ns [9].

Penelitian dari Agus Priyanto pada tahun 2019 yang berjudul “Analisis Redaman Pada Jaringan Fiber Optik Dengan Metode Link Power Budget Pada PT. Biznet” penelitian ini menjelaskan tentang Seiring dengan peningkatan dan pengembangan menggunakan serat optik sebagai media transmisi data, maka sering terjadi faktor hilangnya informasi yang di sebabkan oleh rugi redaman yang terjadi di sepanjang kabel serat optik sehingga mengakibatkan perubahan daya dari perangkat optik (Transmitter) hingga mencapai pada penerima optik (Received). Pada penelitian ini membahas tentang sebuah perhitungan, pengukuran dan analisis *power budget* untuk menilai suatu kelayakan jaringan telekomunikasi serat optik,

perhitungan pengukuran dan analisis power budget ini dilakukan di 2 lokasi pada area cakupan STO Sudirman [10].

Penelitian dari Nur Febriyanto, Nur Sulistyawati pada tahun 2018 yang berjudul “Penanganan Gangguan Pada Perangkat Metro Ethernet di PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk Area Network Solo, Jawa Tengah” penelitian ini menjelaskan tentang Ethernet awalnya adalah suatu teknologi yang digunakan untuk komunikasi data pada suatu jaringan komputer dalam wilayah yang terbatas, umumnya pada suatu perusahaan (LAN) tetapi , karena tingginya kebutuhan pelanggan dalam pengiriman data dan suara sehingga perusahaan telekomunikasi yaitu PT.Telekomunikasi indonesia,Tbk menggunakan suatu perangkat yang tidak hanya untuk cakupan wilayah yang terbatas. Sehingga, membutuhkan sesuatu alat untuk mendukung penggunaan sistem yang semakin berkembang dalam dunia telekomunikasi yaitu Metro Ethernet. Perangkat metro ethernet menggunakan suatu kabel serat optik yaitu jenis fast ethernet dan giga ethernet yang memiliki kecepatan hingga 1000 Mbit / second sehingga transmisi ke pelanggan sangat cepat. Selain itu, perangkat metro ethernet ini mempunyai kapasitas untuk menyimpan suatu data hingga 320Gb. Tetapi, PT.Telekomunikasi Indonesia,Tbk hanya menggunakan 2 jenis perangkat metro ethernet yaitu Tellabs 8830 dan Tellabs 8840. Besarnya kapasitas untuk tellabs 8830 adalah sebesar 80Gb dan tellabs 8840 sebesar 160Gb dan penggunaan masing-masing perangkat ini tergantung pada besarnya kebutuhan pelanggan pada suatu wilayah [11].

Penelitian dari Dwi Aryanta, Arsyad Ramadhan Darlis, Dimas Priyambodho pada tahun 2019 yang berjudul “Analisis Kinerja EIGRP dan OSPF pada Topologi Ring dan Mesh” penelitian ini menjelaskan tentang EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) dan OSPF (Open Shortest Path First) adalah routing protokol yang banyak digunakan pada suatu jaringan komputer. EIGRP hanya dapat digunakan pada perangkat Merk CISCO, sedangkan OSPF dapat digunakan pada semua merk jaringan. Pada penelitian ini dibandingkan delay dan rute dari kedua routing protokol yang diimplementasikan pada topologi Ring dan Mesh. Cisco Packet Tracer 5.3 digunakan untuk mensimulasikan kedua routing protokol ini. Skenario pertama adalah perancangan jaringan kemudian dilakukan pengujian waktu delay 100 kali dalam 5 kasus. Skenario kedua dilakukan pengujian trace

route untuk mengetahui jalur yang dilewati paket data lalu memutus link utama. Pada skenario kedua juga dilakukan perbandingan nilai metric dan cost hasil simulasi dengan perhitungan rumus. Skenario ketiga dilakukan pengujian waktu konvergensi untuk setiap routing protokol pada setiap topologi. Hasilnya EIGRP lebih cepat 386 μ s daripada OSPF untuk topologi Ring sedangkan OSPF lebih cepat 453 μ s daripada EIGRP untuk topologi Mesh. Hasil trace route menunjukkan rute yang dipilih oleh routing protokol yaitu nilai metric dan cost yang terkecil. Waktu konvergensi rata-rata topologi Ring pada EIGRP sebesar 12,75 detik dan 34,5 detik pada OSPF sedangkan topologi Mesh di EIGRP sebesar 13 detik dan 35,25 detik di OSPF [12].

Penelitian dari Amalia Rizqi Utami, Della Rahmayanti, Zafira Azyati pada tahun 2022 yang berjudul “Analisa Performansi Jaringan Telekomunikasi Fiber to the Home (FTTH) Menggunakan Metode Power Link Budget Pada Kluster Bhumi Nirwana Balikpapan Utara” penelitian ini menjelaskan tentang Saat ini teknologi yang dibutuhkan di era digitalisasi semakin meningkat pesat. Terutama, kebutuhan akan jaringan internet. Di masa pandemi ini, yang mengharuskan masyarakat melakukan aktivitasnya dari rumah atau dikenal dengan istilah Work From Home (WFH). Untuk mendukung suksesnya kegiatan WFH, diperlukan koneksi internet yang memadai. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja jaringan telekomunikasi Fiber to the Home (FTTH) di Cluster Bhumi Nirwana, Batu Ampar, Balikpapan Utara. Teknik analisis yang dipilih merancang simulasi menggunakan software OptiSystem dan perhitungan matematis menggunakan metode Power Link Budget. Setelah dilakukan sesi percobaan dan perhitungan matematis, dapat disimpulkan bahwa nilai Bit Error Rate (BER) yang diperoleh dikategorikan “Fair” berdasarkan indikator nilai BER yang tidak melebihi $10e-9$ yang merupakan nilai standar. Pada perhitungan matematis menggunakan metode Power Link Budget, pada sisi uplink dan downlink didapatkan nilai rata-rata redaman total dengan hasil “baik” yaitu kurang dari 28 dB dan telah memenuhi standar ITU-T G.984, nilai rata-rata sensitivitas daya maksimum rata-rata lebih besar dari -28 dBm dan nilai rata-rata power margin lebih dari 0 dB yang menunjukkan hasil dari kedua nilai tersebut telah memenuhi standar [13].

Penelitian dari Ericha Septya Dinata, Tita Haryanti, Tri Nopiani Damyanti pada tahun 2021 yang berjudul “Aplikasi pembelajaran perhitungan redaman dan disperse pada serat optic untuk menunjang praktikum online berbasis matlab” penelitian ini merancang dan merealisasikan sebuah aplikasi pembelajaran untuk praktikum daring mata kuliah Sistem Komunikasi Optik (SKO) pada materi *Power Link Budget* (PLB) dan dispersi serat optik. Aplikasi ini bernama *Optical Calculation of PLB and dispersion* (Opticaloldis). Tujuan dari perhitungan PLB yaitu menentukan nilai redaman untuk mengetahui anggaran daya yang diperlukan pada penerima (*receiver*) sehingga level daya tidak kurang dari sensitivitas minimum. Selain itu, tujuan dari perhitungan dispersi yang terjadi pada serat optik yaitu untuk mengetahui rugi-rugi yang terjadi selama proses perambatan agar tidak mengganggu kinerja serat optik. Pengujian parameter performansi aplikasi Opticaloldis pada penelitian ini menggunakan perhitungan nilai akurasi dan nilai *Mean Opinion Score* (MOS). Hasil dari perhitungan nilai akurasi terhadap fitur-fitur yang tersedia pada aplikasi Opticaloldis didapatkan nilai sebesar 99,99% dari 100%. Selain itu, perhitungan nilai MOS berdasarkan hasil dari 30 responden dan tujuh pertanyaan dalam kategori (i) manfaat, (ii) *user friendly*, dan (iii) mudah dipahami, didapatkan nilai MOS dari skala 5 sebesar 4,57, 4,56, dan 4,61, secara berturut-turut. Oleh karena itu, didapatkan rata-rata nilai MOS sebesar 4,58, yang artinya aplikasi Opticaloldis ini sangat bermanfaat dan dapat digunakan sebagai alat bantu praktikum daring mata kuliah SKO pada materi PLB dan dispersi serat optik [14].

Penelitian dari R. Ajeng Herty P, Arjuni Budi Pantjawati, Iwan Kustiawan pada tahun 2019 yang berjudul “Analisis Availability Sistem Penanganan Gangguan Jaringan Speedy di PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk” penelitian ini menjelaskan tentang Faktor availability adalah hal yang sangat penting dalam menentukan sejauh mana kinerja sebuah sistem dalam mengatasi gangguan. Pada penelitian ini akan dianalisis availability sistem penanganan gangguan pada jaringan speedy di PT. Telkom. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan menggunakan data sekunder. Analisis yang dilakukan meliputi waktu kegagalan dan waktu perbaikan. Waktu kegagalan dimodelkan sebagai NHPP (NonHomogeneous Poisson Process) dengan parameter yang diukur

adalah MTBF (Mean Time Between Failure), ekspektasi jumlah gangguan, dan keandalan. Waktu perbaikan dimodelkan dengan distribusi Weibull MLE (maximum likelihood estimator) dengan parameter yang diukur adalah MTTR (Mean Time To Repair). Penelitian dilakukan pada 4 lokasi gangguan yaitu gangguan pada sistem DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), jaringan lokal kabel tembaga (jarlokat), fiber optik dan transmisi. Hasil perhitungan statistik menunjukkan untuk satu tahun ke depan sistem transmisi diperkirakan mengalami gangguan yang paling sedikit dibandingkan sistem lainnya. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kinerja penanganan gangguan pada sistem transmisi adalah yang terbaik dengan nilai availability sebesar 99,98% [15].

Penelitian dari Mirza Rahmansyah pada tahun 2018 yang berjudul “Analisis Optikal Power budget dan Rise Time Budget Pada Jaringan Fiber To The Home Berbasis Passive Optical Network” penelitian ini menjelaskan tentang Jaringan Fiber to the Home (FTTH) merupakan solusi dari jaringan yang dapat mentransmisikan data ke rumah pelanggan dengan kapasitas yang besar. Untuk mengetahui performansi jaringan FTTH telah dilakukan analisis Optical Power Budget dan Rise-time Budget terhadap tiga pelanggan sebagai obyek pengukuran. Jaringan FTTH terdiri dari dua perangkat aktif yaitu Optical Line Termination dan Optical Network Termination serta beberapa perangkat pendukung pasif yang disebut Optical Distribution Network. Beberapa parameter yang dianalisis pada jaringan FTTH terkait dengan Optical Power Budget adalah alokasi loss yang digunakan ketika daya sumber yang ditransmisikan melewati fiber optik dan beberapa komponen pasif. Untuk parameter terkait dengan Rise-time Budget dibutuhkan nilai rise-time dari sistem secara keseluruhan untuk menentukan waktu respon sistem menuju sinyal masukan mulai dari 10-90%. Dari analisis yang telah dilakukan terkait dengan parameter Optical Power Budget didapatkan performansi yang bagus pada jaringan pelanggan 01 dan performansi yang tidak bagus pada jaringan pelanggan 02 dan pelanggan 03. Untuk parameter yang terkait Rise-time Budget didapatkan nilai risetime sistem sebesar 0,1 ns untuk masing-masing pelanggan sehingga dengan nilai rise-time sistem tersebut mampu mencapai kapasitas bandwidth sebesar 7 Gbps [16].

Penelitian dari Yosy Rahmawati, Nabila Mutiara Anjani pada tahun 2023 yang berjudul “Implementation of Link Failover on Metronet Network PT. Telkom Indonesia (Persero) Based on Ipv4 and OSPF” penelitian ini menjelaskan tentang Metro ethernet merupakan jaringan komunikasi data yang dimiliki oleh PT. Telkom Indonesia (Persero) melalui jalur pendistribusian, salah satunya yaitu Open Shortest Path First (OSPF). Seiring perkembangan teknologi, IPv4 digunakan sebagai protokol inti pengalamatan pada setiap perangkat jaringan yang berkomunikasi dan memiliki tanggung jawab mencari rute yang ditempuh paket untuk mencapai tujuan. Permasalahan yang terjadi pada jaringan komunikasi data tersebut, tidak adanya kestabilan konektivitas ketika terdapat link antar kota mengalami down, sehingga mengakibatkan beberapa link congestion pada jalur paket data. Untuk mengatasi permasalahan di atas, pada penelitian ini dilakukan analisis jaringan metro ethernet berbasis IPv4 melalui routing protocol OSPF menggunakan Graphical Network Simulator-3 (GNS-3). Penelitian ini mengimplementasikan sistem failover sebagai backup link apabila terjadi down link Jakarta-Bogor. Berdasarkan hasil simulasi dan pengujian, link failover menunjukkan status success dan berfungsi meminimalisir terputusnya koneksi jaringan. Hal ini karena penggunaan routing OSPF mampu mencari jalur alternatif ketika main link mengalami down, sehingga jalur akan dialihkan via backup link. Pengukuran QoS menggunakan single link didapat rata-rata throughput 195 Kbps, sedangkan dual link didapat rata-rata throughput 258 Kbps. Hal ini dikarenakan jarak router source ke destination yang dilalui single link lebih banyak dibandingkan dual link. Secara keseluruhan pengukuran menunjukkan dengan adanya backup link mampu meningkatkan stabilitas koneksi jaringan komunikasi data ketika mengalami down dan teruji sesuai standarisasi ETSI [17].

Penelitian dari Delima Saptun Susilawati Sinaga, Fitri Imansyah, F. Trias Ponitia W pada tahun 2020 yang berjudul “Implementasi Optisystem Pada Perancangan Akses Fiber To The Home Dengan Teknologi Gigabit Optical Network” penelitian ini menjelaskan tentang Serat optik sebagai media transmisi yang memenuhi kebutuhan internet dengan bandwidth yang besar. Jaringan FTTH (*Fiber To The Home*) dapat menghantarkan beragam informasi digital, seperti

suara, video, dan data secara lebih efektif. Sehingga dapat mendukung layanan *Triple Play* yang dipasarkan oleh PT. Telkom Indonesia. Menentukan kelayakkan dan performansi sistem perancangan FTTH (*Fiber To The Home*) di wilayah Perumahan Bali Agung 2 dan 3. Parameter uji tersebut adalah *Power Link Budget* dan *Rise Time Budget* untuk kelayakkan sistem dan BER (*Bit Error Ratio*) untuk performansi sistem yang digunakan menggunakan *software Optisystem*, *Optisystem* merupakan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi suatu jaringan fiber optik mulai dari sentral hingga ke *end user*. Dari hasil simulator jaringan FTTH menggunakan perangkat lunak sistem optik ditemukan bahwa nilai downlink pengguna terjauh adalah Prx: - 16.265 dBm, BER 2.05004 x dan Qfactor 15.4891. Sedangkan uplink Prx: -15.166 dBm, BER 8.1689 x dan Qfactor 19.0022. Hasil yang diperoleh layak karena mereka berada di atas standar jaringan FTTH minimum dengan teknologi GPON [18].

Dari beberapa hasil penelitian sebelumnya sebagai pembandingan dan bahan acuan. Perbedaan tugas akhir ini dengan penelitian tersebut adalah pada parameter yang digunakan, dan jarak yang digunakan pada saat perancangan sehingga mendapatkan hasil yang berbeda dan tetap pada standar ITU-T yang sudah ditetapkan.

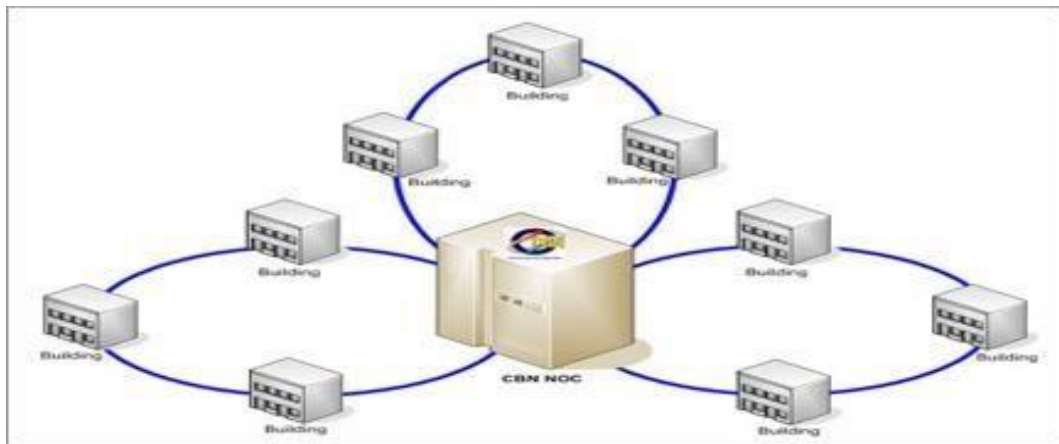
2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Metro *Ethernet*

Jaringan Metro Ethernet adalah suatu jaringan yang menggunakan teknologi Ethernet sebagai protokol inti untuk menghubungkan beberapa lokasi geografis yang berdekatan dalam suatu wilayah metropolitan. Jaringan Metro Ethernet ini biasanya dioperasikan oleh penyedia layanan (service provider) dan menyediakan layanan komunikasi data dengan kecepatan tinggi. Beberapa poin penting tentang Jaringan Metro Ethernet:

1. Definisi: Jaringan Metro Ethernet berfungsi sebagai jembatan (bridge) yang menghubungkan beberapa lokasi yang terpisah dalam wilayah metropolitan. Ini berarti dapat menghubungkan area kota, gedung, atau cabang perusahaan yang berlokasi dekat satu sama lain.
2. Layanan Ethernet: Jaringan Metro Ethernet menggunakan protokol Ethernet sebagai dasar untuk menyediakan layanan komunikasi data. Ethernet merupakan teknologi yang sangat umum digunakan dalam jaringan lokal (LAN) dan memberikan kecepatan tinggi untuk pengiriman data.
3. Layanan Komunikasi Data: Jaringan Metro Ethernet menyediakan berbagai layanan komunikasi data, termasuk layanan broadband, untuk memenuhi kebutuhan komunikasi data yang tinggi dan efisien.
4. Hubungan dengan LAN, WAN, dan Backbone Network: Jaringan Metro Ethernet bisa menghubungkan LAN dengan WAN atau jaringan tulang punggung (backbone network) yang dimiliki oleh penyedia layanan. Ini memungkinkan perusahaan atau organisasi untuk menghubungkan cabang-cabang mereka dengan jaringan pusat secara efisien.
5. Customer Equipment (CE) dan User Network Interface (UNI): Pada sisi pelanggan, perangkat jaringan yang digunakan disebut Customer Equipment (CE). Perangkat-perangkat ini terhubung ke jaringan Metro Ethernet melalui antarmuka yang disebut User Network Interface (UNI). UNI adalah titik demarkasi antara jaringan pelanggan dan jaringan penyedia layanan [14].

Jaringan Metro Ethernet telah menjadi pilihan populer bagi banyak perusahaan dan organisasi karena kemampuannya untuk menyediakan konektivitas cepat dan andal antara berbagai lokasi dalam wilayah metropolitan dengan biaya yang relatif rendah. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam berbagai operasi mereka yang memerlukan komunikasi data yang intensif dan cepat. Berikut gambar 2.1 skema jaringan Metro Ethernet.



Gambar 2. 1 Skema jaringan Metro Ethernet [15].

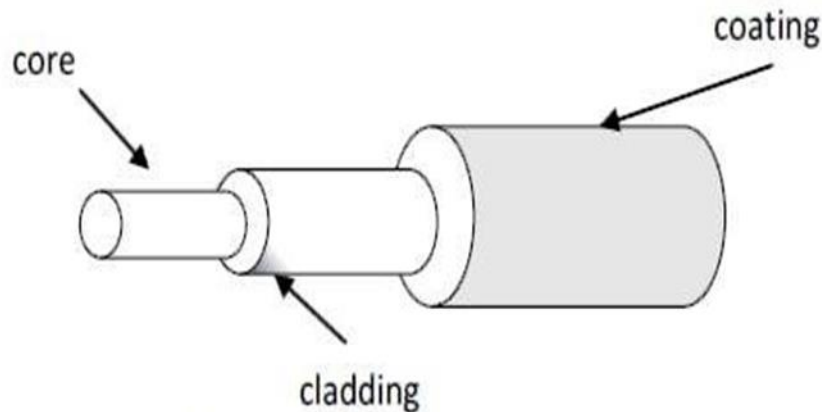
Untuk menunjang kebutuhan akan *Next Generation Network*, teknologi Metro Ethernet menawarkan banyak sekali keuntungan yang bisa diperoleh tidak hanya oleh pihak penyedia jasa, namun juga oleh para penggunanya diantaranya:

- A. Kemudahan, dalam dunia IT mungkin kita sudah familiar dengan namanya *ethernet*. Ethernet digunakan untuk keperluan LAN dan juga WAN yang sederhana. teknologi *Ethernet* sangat cocok untuk diterapkan dalam membuat jaringan Metro. Hampir semua perangkat komunikasi data, khususnya untuk keperluan LAN dan juga WAN yang sederhana pasti menggunakan *interface Ethernet*. Selain itu kegiatan *Operation, Administration, Maintenance*, dan *Provisioning* (OAM&P) dari teknologi ini juga sudah tidak asing lagi bagi para penyedia jasanya, seperti halnya melakukan OAM&P pada jaringan lokal saja. Nilai ekonomis yang tinggi, teknologi *Ethernet* terkenal akan nilai ekonomisnya

yang tinggi alias murah untuk diimplementasi, di- *maintenance*, dan dikembangkan [15].

2.2.2 Fiber Optik

Fiber optik merupakan jaringan yang dapat mentransmisi cahaya. Dibandingkan dengan jenis lainnya, ini relatif mahal. Namun, fiber optik memiliki jangkauan yang lebih jauh dari 550 meter sampai ratusan kilometer, tahan terhadap interferensi elektromagnetik dan dapat mengirim data pada kecepatan yang lebih tinggi dari jenis lainnya. Penggunaan fiber optik memang bukan tanpa alasan karena kabel fiber optik mampu memberikan layanan internet broadband tercepat secara bersamaan, dimana pengguna bisa mendapatkan layanan jaringan internet, telepon, bahkan video dalam waktu yang bersamaan dengan kecepatan hingga ratusan Mbps. Fiber optik berbeda dari jenis lainnya yang menggunakan tembaga karena tidak menghantarkan sinyal elektrik. Sebaliknya, untuk menggantikannya, sinyal yang menyatakan bit-bit data tersebut diubah menjadi cahaya [16]. Berikut gambar 2.2 struktur fiber optik.



Gambar 2. 2 Struktur Fiber Optik [16].

Struktur fiber optik terdiri dari tiga bagian, yaitu inti (*core*) yang terbuat dari bahan yang dielektrik/silika merupakan bagian paling utama karena bagian ini mentransmisikan informasi/cahaya dari ujung *core* ke ujung *core* satunya, bungkus (*cladding*) merupakan pelapis *core* atau juga dapat dikatakan sebagai cermin untuk memantulkan cahaya yang merambat dari pada *core* serat fiber dan jaket (*coating*)

merupakan pelindung *core* dan *cladding* dari tekanan fisik. Fiber optik terbuat dari kaca yang terdiri dari silika (SiO_2). Fiber optik dibuat dengan menggabungkan campuran logam, sulfida atau selenida.

Prinsip kerja fiber optik didasarkan pada hukum pembiasan dan pemantulan cahaya saat cahaya melewati batas dua media yang berbeda. Fiber optik memiliki ciri khas yang disebut indeks bias tinggi, yang mengakibatkan cahaya yang melewatinya mengalami pembiasan total internal ketika sudut datang cahaya melebihi batas kritis.

Penurunan daya dalam sistem transmisi disebabkan oleh rugi-rugi transmisi akibat variasi beban. Rugi-rugi transmisi ini menghasilkan penurunan daya cahaya dan penurunan *bandwidth* dari sistem, transmisi informasi yang dibawa, efisiensi dan kapasitas sistem secara keseluruhan salah satu rugi-rugi transmisi pada serat optik yaitu mikrobending.

Mikrobending adalah suatu keadaan kebel yang tidak sempurna yang diakibatkan oleh tekanan dari luar serat optik. Ketika ada tekanan pada serat optik akan menyebabkan kerusakan serat optik. Kerusakan ini disebabkan oleh pelemahan kulit luar (*coating*) [16].

2.2.3 Sistem Transmisi Fiber Optik

Sistem komunikasi serat optik secara umum terdiri dari sumber optik, pemancar sebagai sumber pengiriman informasi, detektor penerima informasi, dan media transmisi sebagai sarana untuk mengolah informasi yang akan disampaikan agar dapat dilewatkan melalui suatu media sehingga informasi tersebut dapat sampai dan diterima dengan baik dan benar ditujukan/penerima. Perangkat yang ada di penerima bertugas untuk menterjemahkan informasi kiriman tersebut dirubah kedignal listrik lalu dirubah keoptik/cahaya. Sinyal ini kemudian lewatkan melalui serat optik, yang setelah sampai di penerima nanti, cahaya tersebut dirubah kembali ke listrik dan akhirnya diterjemahkan menjadi sinyal informasi [17].

Adapun pada sistem transmisi fiber optik terdapat beberapa jenis rambatan yang diketahui, antara lain :

1. *Single Mode Step-Index*

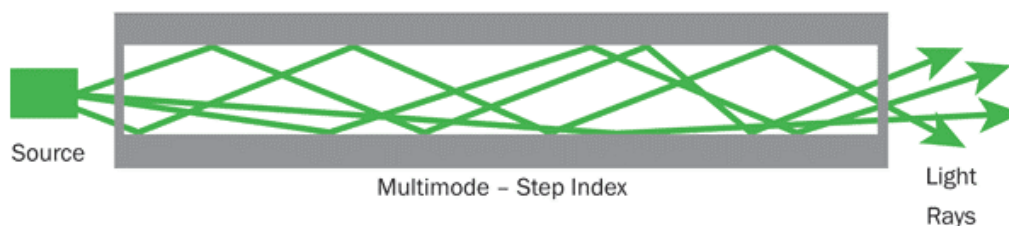
Rambatan jenis ini merambatkan cahaya secara lurus tanpa mengalami pemantulan pada serat fiber hingga ke ujung serat fiber satunya. Rambatan jenis ini banyak digunakan pada transmisi data yang menggunakan bit rate tinggi. Berikut gambar 2.3 *Single Mode Step-Index*.



Gambar 2. 3 *Single Mode Step-Index* [17].

2. *Multi Mode Step-Index*

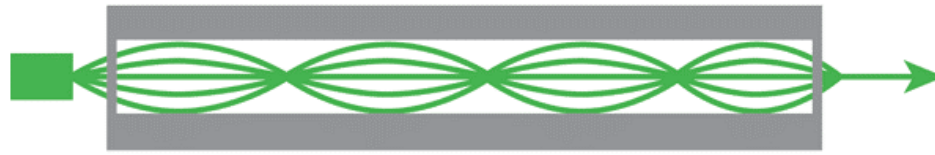
Rambatan jenis ini memanfaatkan jenis fiber *optic* yang mempunyai indeks bias yang konstan. Dengan ukuran *core* yang lebih besar dari pada ukuran diameter *cladding*. Namun hal tersebut memiliki dampak yang menyebabkan rugi-rugi dispersi waktu saat transmit besar. Berikut gambar 2.4 *multi mode step-index*.



Gambar 2. 4 *Multi Mode Step-Index* [17].

3. *Multi Mode Grade-Index*

Rambatan jenis ini menggunakan jenis kabel yang terdiri dari *core* dengan indeks berkurang sedikit demi sedikit dari pusat *core* sampai batas antara *core* dan *cladding*. Berikut gambar 2.5 *multi mode grade-index*.



Multimode - Graded Index

Gambar 2. 5 *Multi Mode Grade-Index* [17].

Pada rambatan jenis ini berkas cahaya dibelokkan sampai propagasi sejajar dengan sumbu serat [17].

2.2.4 Redaman Transmisi Fiber Optik

Redaman (*attenuation*) dalam sistem komunikasi fiber optik adalah penurunan daya optik saat sinyal cahaya melewati serat optik. Redaman ini disebabkan oleh beberapa faktor dan dapat diukur sebagai perbandingan antara daya optik output terhadap daya optik input dalam satuan desibel per kilometer (dB/km). Redaman pada sistem komunikasi fiber optik dapat berasal dari berbagai sumber, seperti redaman fiber optik itu sendiri, redaman pada sambungan (*splice*), dan redaman pada konektor. Menurut rekomendasi dari ITU-T, kaber fiber optik sebaiknya memiliki koefisien redaman sebesar 0,5 dB/km. namun, nilai koefisien redaman ini bukanlah suatu nilai yang bersifat mutlak, karena perlu mempertimbangkan berbagai faktor seperti proses pabrikan, desain komposisi fiber, dan desain kabel. Redaman pada kabel fiber optik seharusnya berada dalam rentang tersebut agar kinerja komunikasi optimal dapat tercapai [18].

Redaman fiber optik dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1 berikut ini :

$$\alpha_F = L \times l_f \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- α_F = redaman fiber optik
- l_f = redaman per kilometer (dBm)
- L = panjang fiber optik (km)

Redaman penyambungan fiber optik seperti pada persamaan 2.2 berikut ini :

$$\alpha_{ST} = \alpha_S \times Y \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- α_{ST} = redaman penyambungan (dB)
- α_S = redaman per penyambungan (dB)
- Y = jumlah penyambungan

Redaman pada konektor fiber optik seperti pada persamaan 2.3 berikut ini :

$$\alpha_{CT} = \alpha_C \times X \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- α_{CT} = redaman konektor (dB)
- α_C = redaman per konektor (dB)
- X = jumlah konektor

Redaman fiber optik dapat dilihat dari persamaan 2.4 berikut ini :

$$\alpha_{TOT} = \alpha_F + \alpha_{ST} + \alpha_{CT} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- α_F = redaman serat optik (dB)
- α_{TOT} = redaman total fiber optik (dB)
- α_{ST} = redaman sambungan (dB)
- α_{CT} = redaman konektor (dB)

2.2.5 Dispersi

Dispersi merupakan peristiwa penguraian cahaya akibat adanya perbedaan deviasi pada setiap panjang gelombang dan juga menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kualitas sinyal pada serat *optic*. Ideal nya dalam menghasilkan komunikasi yang lancar cahaya didalam serat tidak mengalami dispersi atau nol dispersi. Oleh karena itu dispersi nol sangat penting didalam menghasilkan sinyal tanpa

gangguan. Selain mengalami penguraian cahaya didalam serat optik juga akan mengalami pelemahan (attenuasi) atau redaman akibat medium dan perbedaan indeks bias serat optik [19].

Masalah yang dijelaskan terkait dengan kabel serat optik dan dampak dispersi pada kabel tersebut. Dispersi adalah fenomena di mana cahaya yang melewati medium seperti serat optik mengalami pemisahan atau penyebaran gelombang, menyebabkan pulsa cahaya merambat pada kecepatan yang berbeda dan menciptakan tumpukan pulsa yang dapat mengaburkan sinyal yang dikirimkan [20].

Ada tiga jenis dispersi utama yang terjadi dalam kabel serat optik:

1. Dispersi Material :

Dispersi material terjadi karena indeks refraksi prisma kaca bervariasi dengan panjang gelombang cahaya. Akibatnya, panjang gelombang yang berbeda akan merambat pada kecepatan yang berbeda di sepanjang serat optik dan tiba pada waktu yang berbeda. Hal ini menyebabkan hilangnya energi, yang disebut dispersi material. Jumlah dispersi bahan tergantung pada komposisi kimia dari kaca serat optik.

2. Dispersi *Waveguide* :

Dispersi *waveguide* terjadi karena profil indeks refraksi yang mempengaruhi hubungan antara propagasi cahaya dan panjang gelombang. Karena frekuensi cahaya terkait dengan panjang gelombang, kecepatan kelompok energi dalam serat optik bervariasi dengan frekuensi. Ini menghasilkan kerugian tambahan, yang disebut dispersi *waveguide*, dan timbul dari distribusi cahaya antara casing dan *cladding* serat optik.

3. Dispersi Kromatik :

Dispersi kromatik merupakan hasil kombinasi dari dispersi material dan dispersi *waveguide*. Kerugian ini terutama menyangkut lebar spektral pemancar dan pilihan panjang gelombang yang benar. Dispersi kromatik menjadi perhatian khusus ketika cahaya yang dipancarkan oleh sumber seperti LED merah mencakup *waveband* yang cukup lebar. Pemilihan panjang gelombang yang tepat dapat membantu mengurangi dampak dispersi kromatik [21].

Untuk mengatasi masalah dispersi, perlu adanya tingkat pulsa yang cukup lambat sehingga pulsa tidak tumpang tindih secara berdekatan dan detektor harus mampu membedakan antara setiap pulsa. Dalam kasus kabel serat optik, panjang gelombang optimal yang sangat menarik untuk operasi adalah sekitar 1300 nm. Pada panjang gelombang ini, efek dispersi material dan dispersi *waveguide* hampir membatalkan satu sama lain dengan dispersi kromatik. Hal ini mengurangi atenuasi dan memungkinkan peningkatan panjang jalur propagasi dalam serat optik hingga ratusan kilometer. Dengan meningkatkan dispersi *waveguide* untuk mengimbangi dispersi material, juga dimungkinkan untuk menggeser gelombang nol-dispersi ke kerugian 1550 nm. Ini memungkinkan penggunaan lebih efisien dari panjang gelombang tertentu dalam kabel serat optik. Berikut persamaan 2.5 dan 2.6 untuk menghitung dispersi menggunakan persamaan dan untuk dispersi total [22]. :

$$D\lambda = \frac{S_0}{4} \left(\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- $D\lambda$ = Dispersi
- S_0 = konstanta dispersi *slope* (0.092 ps/nm².km)
- λ = Panjang gelombang
- λ_0 = 1362,71 nm

$$Dt = D\lambda \times \sigma\Delta \times L \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- Dt = Dispersi total
- $D\lambda$ = disperse
- $\sigma\Delta$ = *Laser Spectral Width*
- L = jarak

2.2.6 Availability

Berdasarkan dokumen ISO 2382-14, 1997 *availability* dapat didefinisikan sebagai : Kemampuan sebuah alat untuk berada dalam kondisi siap pakai sesuai fungsi

yang diinginkan pada waktu tertentu atau kapanpun dalam interval waktu tertentu, diasumsikan bahwa sumber eksternalnya bila diperlukan, adalah tersedia. Secara garis besar *availability* merupakan nilai persentase jumlah waktu suatu jaringan mampu memberikan layanan dibandingkan dengan jumlah waktu yang diharapkan. Sedangkan rata-rata waktu suatu sistem atau jaringan dalam kondisi *down* atau tidak mampu memberikan layanan disebut *downtime*. Sedangkan *uptime* didefinisikan sebagai waktu rata-rata suatu sistem atau jaringan dalam keadaan operasional. Berikut persamaan 2.7 untuk menghitung nilai *Availability* [23].

$$\text{availability} = \frac{\text{uptime}}{\text{uptime} + \text{Downtime}} \times 100 \dots \dots \dots (2.7)$$

2.2.7 Gangguan Jaringan Metronet

Pada sistem komunikasi fiber optik Metronet, seperti halnya pada sistem komunikasi lainnya, terdapat beberapa jenis rugi atau gangguan yang dapat mempengaruhi proses transmisi data. Berikut adalah beberapa contoh rugi yang mungkin terjadi pada sistem komunikasi fiber optik Metronet:

1. Intermittent Loss (Rugi Intermiten): Rugi intermiten terjadi ketika ada gangguan sementara atau sesekali pada sinyal yang dikirim melalui serat optik. Ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti keausan atau kerusakan pada konektor, sambungan yang tidak stabil, atau gangguan fisik lainnya pada jalur transmisi. Rugi intermiten dapat menyebabkan gangguan pada layanan dan menyebabkan ketidakstabilan dalam transmisi data.
2. Hang-up (Penggantian Jaringan): Hang-up adalah situasi ketika koneksi atau jaringan berhenti berfungsi atau terputus secara tiba-tiba. Hal ini dapat terjadi karena kegagalan perangkat jaringan, masalah dalam infrastruktur serat optik, atau kesalahan dalam konfigurasi jaringan. Hang-up menyebabkan gangguan dalam komunikasi dan dapat mengakibatkan downtime yang tidak diinginkan.
3. Request Time Out: Request time out terjadi ketika suatu permintaan atau paket data tidak mendapatkan respons atau balasan dalam batas waktu tertentu. Ini dapat disebabkan oleh keterlambatan atau kerusakan pada jalur transmisi, kepadatan lalu

lintas yang tinggi, atau masalah pada perangkat jaringan. Request time out dapat menyebabkan data yang dikirimkan tidak sampai ke tujuan dengan tepat waktu, dan dapat mengganggu aplikasi atau layanan yang tergantung pada respon cepat.

Untuk mengatasi rugi-rugi ini, perusahaan atau penyedia layanan jaringan harus melakukan pemeliharaan rutin pada jaringan fiber optik mereka, termasuk memeriksa konektivitas, pembersihan dan inspeksi konektor, serta memastikan keselamatan fisik jalur serat optik. Selain itu, monitoring jaringan secara terus-menerus juga penting untuk mendeteksi masalah dengan cepat dan mengambil tindakan perbaikan secepat mungkin. Penggunaan perangkat dan komponen berkualitas tinggi juga dapat membantu mengurangi risiko rugi dan gangguan dalam jaringan fiber optik [24].

2.2.8 Topologi Ring

Didalam topologi ring semua *workstation* dan *server* dihubungkan sehingga terbentuk suatu pola lingkaran atau cincin. Tiap *workstation* ataupun server akan menerima dan melewatkan informasi dari satu komputer ke komputer lain, bila alamat-alamat yang dimaksud sesuai maka informasi diterima dan bila tidak informasi akan dilewatkan [25].

1. Karakteristik topologi ring
 - a. Node-node dihubungkan secara serial di sepanjang kabel, dengan bentuk jaringan seperti lingkaran.
 - b. Paket-paket data dapat mengalir dalam satu arah (ke-kiri atau ke-kanan) sehingga *collision* dapat dihindarkan.
 - c. Problem yang dihadapi sama dengan topologi bus, yaitu: jika salah satu node rusak maka seluruh node tidak bisa berkomunikasi dalam jaringan tersebut.
2. Keuntungan topologi ring
 - a. Data mengalir dalam satu arah sehingga terjadinya *collision* dapat dihindarkan.
 - b. Aliran data mengalir lebih cepat karena dapat melayani data dari kiri atau kanan dari server.

- c. Dapat melayani aliran lalulintas data yang padat, karena data dapat bergerak ke kiri atau ke kanan.
3. Kekurangan topologi ring
- a. Apabila ada satu komputer dalam ring yang gagal berfungsi, maka akan mempengaruhi keseluruhan jaringan.
 - b. Menambah atau mengurangi komputer akan mengacaukan jaringan.
 - c. Sulit untuk melakukan konfigurasi ulang [26].

2.2.9 Power Link Budget

Power link budget merupakan perhitungan yang sangat penting dalam perencanaan jaringan fiber optik untuk memastikan bahwa sinyal optik yang dikirimkan memiliki daya yang cukup agar dapat diterima dengan kualitas yang diinginkan oleh penerima di ujung lainnya. Dengan melakukan perhitungan *power link budget* yang tepat, perencanaan sistem fiber optik dapat dilakukan dengan baik untuk memastikan kualitas dan kinerja jaringan yang optimal dalam mentransmisikan data atau sinyal cahaya dalam jarak yang diinginkan. Dengan demikian dapat dihitung dengan persamaan 2.8 [27].

$$P_{rx} = P_{tx} - (\sum loss + M_s) \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

- P_{rx} = daya *receiver* (dBm)
- P_{tx} = daya *transmitter* (dBm)
- $\sum loss$ = jumlah *loss* disepanjang fiber optik (dB)
- M_s = safety margin (6-8 dB)

Berikut bentuk persamaan 2.9 untuk perhitungan margin daya adalah :

$$M = (P_{tx} - P) - \sum loss - M_s \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

P = sensitivitas daya maksimum

2.2.10 Rise time Budget

Rise Time Budget (RTB) merupakan metode yang digunakan untuk menentukan batasan dispersi atau redaman suatu link fiber optik. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisis apakah kinerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan apakah link tersebut mampu memenuhi kapasitas kanal yang di inginkan.

Degradasi total waktu transisi mengacu pada perubahan waktu transisi sinyal digital pada link NRZ dibandingkan dengan standar tertentu. Waktu transisi adalah waktu yang diperlukan untuk sinyal beralih dari satu tingkat logika ke tingkat logika lainnya, misalnya dari tingkat rendah ke tingkat tinggi atau sebaliknya .

Batasan degradasi total waktu transisi untuk link digital NRZ biasanya ditentukan sebagai kurang dari atau sama dengan 70 persen dari durasi satu periode bit NRZ. Jika degradasi waktu transisi tetap berada di bawah atau sama dengan 70 persen dari periode bit NRZ yang ditentukan, maka link fiber optik dianggap memenuhi persyaratan kinerja yang diinginkan dan dapat mendukung kapasitas kanal yang diharapkan [28].

Namun, jika degradasi melebihi batas ini, artinya waktu transisi sinyal menjadi terlalu lambat, yang dapat menyebabkan masalah dalam transmisi data, terutama dalam sistem dengan kecepatan tinggi. Dalam situasi ini, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab degradasi dan kemungkinan tindakan perbaikan atau penggantian link fiber optik dapat dipertimbangkan untuk memastikan kinerja yang optimal dalam jaringan. Upaya perbaikan dapat melibatkan penggunaan komponen fiber optik yang lebih baik, pengaturan sinyal yang lebih tepat, atau tindakan perbaikan lainnya untuk mengurangi degradasi waktu transisi [29]. Perhitungan *rise time* buudget menggunakan persamaan 2.10 dan 2.11 berikut :

$$T_r = \frac{0.7}{BR} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$t_{system}^2 = (t_{tx}^2 + Dt^2 + t_{rx}^2) \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

t_{system} = total *rise time budget* (ns)

T_r = degradasi total waktu transisi

BR	= bit rate
t_{tx}	= <i>rise time transmitter</i> (ns)
t_{rx}	= <i>rise time receiver</i> (ns)
Dt	= dispersi total

2.2.11. OptiSystem

OptiSystem adalah perangkat lunak simulasi serat optik berbasis pemodelan domain waktu yang dikembangkan oleh perusahaan Ciena Corporation. Perangkat lunak ini memungkinkan para insinyur dan perancang jaringan untuk merancang, menguji, dan menganalisis sistem komunikasi optik yang kompleks tanpa harus mengimplementasikan fisiknya secara nyata. Beberapa fitur utama OptiSystem mencakup:

1. Desain dan Simulasi Jaringan Fiber Optik: OptiSystem memungkinkan pengguna untuk merancang dan mensimulasikan jaringan fiber optik dari sentral hingga pengguna akhir. Ini membantu dalam memahami bagaimana jaringan akan berperilaku sebelum diimplementasikan secara fisik.
2. Analisis Loss dan Power Budget: Pengguna dapat melakukan perhitungan dan analisis terhadap redaman (loss) dan anggaran daya (power budget) pada sistem optik yang mereka rancang. Hal ini membantu memastikan kualitas sinyal yang optimal dalam jaringan.
3. Graphical User Interface (GUI): OptiSystem menyediakan GUI yang intuitif dan komprehensif, sehingga memudahkan pengguna untuk merancang, mengatur komponen jaringan, memodelkan komponen, dan menganalisis hasil simulasi dengan mudah.
4. Tampilan Grafik: Perangkat lunak ini memberikan tampilan grafik yang kaya, seperti grafik BER (Bit Error Rate), Q factor, dan eye diagram. Informasi ini membantu dalam menganalisis kinerja sistem dan keandalannya.
5. Efisiensi Biaya: Dengan menggunakan OptiSystem, para insinyur dapat merancang dan menguji sistem tanpa harus mengeluarkan biaya tinggi untuk implementasi fisik

yang nyata. Ini membantu dalam menghemat biaya pengembangan dan mempercepat waktu produksi.

6. Keakuratan Perhitungan: OptiSystem dirancang untuk memberikan tingkat keakuratan yang tinggi dalam perhitungan dan analisisnya. Namun, untuk memastikan akurasi yang lebih tinggi, perbandingan nilai data real dengan hasil simulasi melalui pengukuran fisik merupakan langkah yang baik.
7. Selain itu, OptiSystem juga mendukung simulasi komunikasi optik dalam berbagai skenario, seperti sistem transmisi serat optik tunggal (single-mode fiber), sistem serat optik multimode, sistem DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), dan banyak lagi [30].

