

BAB II

DASAR TEORI

2.1. KAJIAN PUSTAKA

Pada skripsi ini dilakukan analisis 2 jalur kabel serat optik yang akan diukur di *link* Bekasi sebagai Tx s/d *link* Jatinegara sebagai Rx yang berjarak 23,290 km sedangkan *link* Bekasi sebagai Tx s/d *link* Pondok Kelapa sebagai Rx berjarak 11,570 km dengan menggunakan alat ukur *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) EXFO FTB-200 dan akan dibandingkan dengan hasil perhitungan *Power Link Budget*. Penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan skripsi ini, serta buku literatur untuk dapat dijadikan sebagai bahan rujukan guna masukan dan ketepatan pelaksanaan skripsi ini, diuraikan sebagai berikut. Penelitian pertama melakukan pengukuran yang menggunakan *Optical Time Domain Reflectometer* AQ7275 dan membandingkan dengan hasil perhitungan standarisasi dengan menggunakan metode perhitungan redaman [1]. Sedangkan pada penelitian yang kedua melakukan pengukuran yang menggunakan OTDR EXFO FTB-200 dan menghitung rugi-rugi serat optik pada area STO Pemangkat – STO Tebas [9]

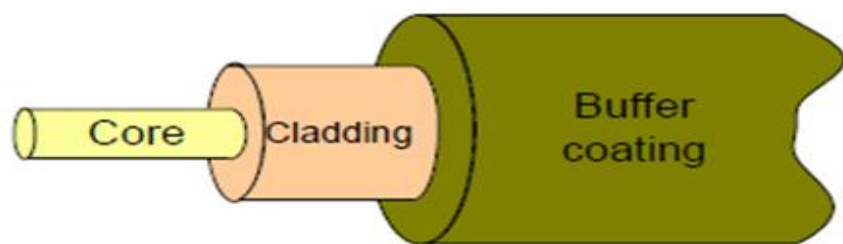
2.2 SERAT OPTIK

Fiber optik atau serat optik adalah sebuah bahan transparan yang sangat jernih, atau kabel yang terbuat dari bahan semacam ini, yang dapat digunakan untuk mentransmisikan gelombang cahaya atau dapat juga diartikan Serat optik adalah saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain dengan kecepatan tinggi dengan harga murah dibandingkan dengan kawat tembaga. Teknologi serat optik selalu berhadapan dengan masalah, yaitu bagaimana caranya agar lebih banyak informasi yang dapat dibawa, lebih cepat dan lebih jauh penyampaiannya dengan tingkat kesalahan yang sekecil-kecilnya. Informasi yang dibawa berupa sinyal digital, dengan menggunakan besaran kapasitas transmisi

diukur dalam 1 Gb km/s, yang artinya 1 milyar bit dapat disampaikan tiap detik melalui jarak 1 km[4].

2.3 2. STRUKTUR DASAR SERAT OPTIK

Serat optik merupakan suatu media yang dipergunakan untuk menyalurkan informasi baik suara, data, serta informasi lainnya menggunakan gelombang cahaya sebagai gelombang pembawa (carrier). Berikut ini adalah struktur umum serat optik[2] :



Structure of a fibre cable

Gambar 2.1 Struktur Dasar Serat Optik[2].

Dari gambar 2.1 diatas dapat dilihat struktur serat optik terdiri dari 3 bagian yaitu :

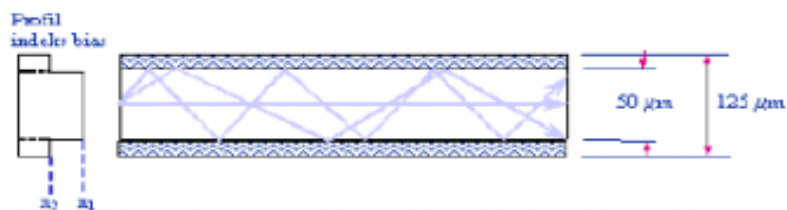
1. Core (inti), berfungsi sebagai media pemandu cahaya (guided medium) atau tempat perambatan cahaya dari satu titik ke titik yang lainnya. Terbuat dari bahan kaca dengan kualitas sangat tinggi. Memiliki diameter 8-50 μm dimana ukuran core akan mempengaruhi karakteristik serat optik[2].
2. Cladding (pelapis), berfungsi sebagai bidang batas pemantul agar cahaya optik yang dirambatkan dapat dipantulkan total lagi ke dalam core sehingga cahaya dapat dipandu sampai diujung lainnya. Terbuat dari bahan gelas dengan indeks bias lebih kecil dari core yang menyelubungi core. Hubungan indeks bias antara core dan cladding akan mempengaruhi perambatan cahaya pada core (mempengaruhi besarnya sudut kritis)[2].
3. Coating (jaket), terbuat dari bahan plastik. Berfungsi sebagai pelindung mekanis serat optik sehingga serat optik lebih tahan

terhadap gangguan eksternal. Juga untuk tempat kode warna dari tiap-tiap tube[2].

2.4 JENIS-JENIS SERAT OPTIK

2.4.1 *Multi Mode Step Indeks*

Fiber optik step index (multimode) dibuat dari core yang relatif besar, dengan diselimuti cladding. Corenya mempunyai diameter antara 50 sampai dengan 200 μm , dimana cladding sangat tipis. Core dan cladding mempunyai index bias yang berbeda. Serat tersebut mudah dibuat, oleh karena itu serat optik ini pertama kali di pasarkan. Keuntungan lain dari serat step index multimode adalah corenya yang tebal sehingga mudah dalam penyambungan ujung dua serat dan dalam segi biaya lebih efektif. Kerugian utama dari serat ini adalah terjadinya tiga tipe dispersi dan adanya rugi-rugi daya yang besar. Oleh karena itu, serat step index multimode digunakan untuk jarak yang pendek dengan bit rate yang relatif rendah. Kabel ini cocok untuk transmisi medium. Redaman dari serat step index multimode antara 2 sampai dengan 30 dB/Km, dan bandwidth antara 10 sampai dengan 100 Mhz. [4]:



Gambar 2.2 *Step Indeks Multi Mode Fiber*[4].

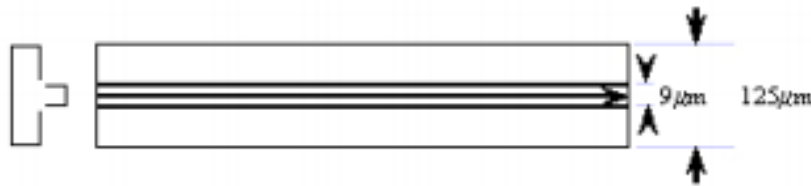
Dari gambar 2.2 diatas dapat dilihat bentuk dari *Step indeks multi mode fiber* itu sendiri yang memiliki core yang sangat tebal.

2.4.2 *Step Indeks Single Mode Fiber*

Segera setelah perkembangan kedua jenis tipe fiber tersebut di atas, kebutuhan akan bandwith lebih besar lagi. Dapat kita lihat bahwa semakin

rendah jumlah mode, semakin tinggi bandwithnya. Idealnya cahaya berpropagasi melalui hanya satu mode saja, yang paralel dengan sumber fiber. Panjang gelombang dari infra merah yang terletak antara 800 sampai 1600nm, yang berarti diameter core 0,8 sampai dengan 1,6 μ m.

Core mempunyai diameter antara 5 sampai dengan 10 μ m, dan cladding telah distandarisasi pada 125 μ m. Readaman step index singlemode adalah 0,2 sampai 0,4 dB/Km, dan dengan bandwidth 50 Ghz. [4].



Gambar 2.3 *Multi Mode Step Indeks* [4].

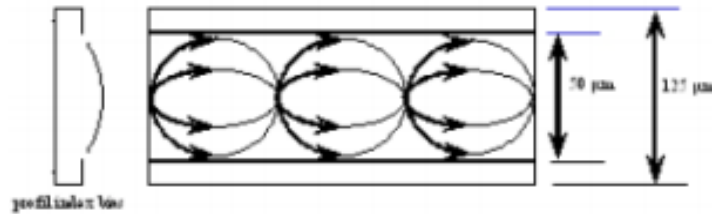
Pada gambar 2.3 diatas dapat kita lihat bahwa semakin rendah jumlah mode semakin tinggi bandwith nya.

2.4.3 *Grade Indeks Multi Mode Fiber.*

Kabel ini terdiri dari core yang mempunyai indeks bias berkurang sedikit demi sedikit secara step by step dari pusat core sampai batas antara core dengan cladding. Core tersebut terdiri dari lapisan-lapisan gelas, masing-masing lapisan mempunyai index bias yang berbeda. Umumnya diameter core 50 μ m dan untuk claddingnya 125 μ m. Berkas cahaya yang merambat melalui kabel ini dibelokkan sampai propagasi sejajar dengan sumbu serat. Di tempat titik pantul tersebut propagasi diarahkan kearah axis serat[4].

Propagasi gelombang cahaya melalui lapisan bagian luar berjalan lebih jauh dari pada berkas yang hanya melalui lapisan bagian dalam. Tetapi indeks bias dari lapisan luar adalah lebih kecil, berarti bahwa kecepatan propagasi cahaya bagian luar lebih cepat dari pada bagian dalam. Oleh karena itu, semua berkas cahaya (mode-mode) mengGambarkan pulsa-pulsa yang datang pada waktu yang bersamaan. Dengan cara ini dispersi multipath dapat diusahakan seminim mungkin. Fiber Graded Index Multimode

mempunyai redaman mulai dari 2 sampai dengan 10 dB/Km dan bandwidth 1Ghz. Meskipun mempunyai banyak 15 keuntungan, fiber ini sukar dalam pembuatannya dan harganya lebih mahal dar pada *step index multimode*. [4].



Gambar 2.4. *Grade Indeks Mode* [4].

Grade Indeks Multi Mode Fiber yaitu Kabel ini terdiri dari core yang mempunyai indeks bias berkurang sedikit demi sedikit secara step by step dari pusat core sampai batas antara core dengan cladding.

Ada empat macam tipe yang sering digunakan berdasarkan ITU-T (*International telekommunication Union–Telecommunication Standardization sector*) yang *Longitudinal Section Core Diameter input output Cladding* inti dahulu yang dikenal dengan CCITT yaitu :

- 1) G.652 - *Standar Single Mode Fiber*
- 2) G.653 -*Dispersion-shifted single mode fiber*
- 3) G.653 -*Characteristics of cut-off shifted mode fiber cable*
- 4) G.655 -*Dispersion-shifted non zero Dispersion fiber*

Type kabel serat Optik G 655 yang banyak dipergunakan oleh PT. Telkom Bekasi, Saat ini tipe kabel yang digunakan pada lintasan Bekasi-Jatinegara dan Bekasi-Pondok Kelapa menggunakan *Type* G 655 [4].

2.5 SISTEM RELAY SERAT OPTIK

Sistem relay serat optik terdiri dari transmitter (membuat dan menulis dalam sandi sinyal cahaya), serat optik (menghubungkan sinyal cahaya), regenerator optik(diperlukan untuk menaikkan sinyal jika serat digunakan pada jarak yang jauh) dan receiver optik (menerima dan menguraikan sandi sinyal cahaya)[3].

2.6.1 Transmitter

Transmitter berfungsi untuk menerima dan mengarahkan cahaya melalui peralatan optikal kemudian dirubah ke dalam rangkaian yang benar. Secara fisik transmitter mirip dengan serat optik dan biasanya mempunyai lensa untuk memfokuskan cahaya ke dalam serat. Pada dasarnya transmitter mengubah input sinyal listrik ke dalam modulasi cahaya untuk transmisi serat optik. Bergantung pada kealamian sinyal, hasil cahaya termodulasi mungkin akan berjalan on-off atau linier dengan intensitas bervariasi. Peralatan yang paling sering digunakan sebagai sumber cahaya transmitter adalah Light Emitting Diode (LED) dan Laser Diode (LD) [3].

2.6.2 Konektor

Konektor adalah peralatan mekanik yang ditempatkan di ujung akhir kabel serat optik, sumber cahaya, receiver, atau kerangka mesin. Pada transmitter menyediakan informasi cahaya penjurur (bearing light) dari kabel serat optik melalui konektor. Konektor harus mengarahkan dan mengumpulkan cahaya. Konektor juga harus dapat dipasang dan dilepas dengan mudah dari peralatan. Hal ini merupakan titik kunci. Konektor dapat dibongkar-pasang. Dengan fitur ini konektor menjadi berbeda dengan sambungan (splice).

Untuk memastikan didapatkannya rugi yang rendah, konektor harus menghilangkan efek-efek pergeseran sudut dan lateral dan juga menjaga bahwa kedua ujung fiber akan saling menutup dengan sempurna. Berbagai macam rancangan telah digunakan untuk membuat konektor-konektor semacam ini, dimana sebagian adalah lebih berhasil dari pada yang lain. Konektor optik merupakan salah satu perlengkapan kabel serat optik yang berfungsi sebagai penghubung serat. Konektor ini mirip dengan konektor listrik dalam hal fungsi dan tampilan luar tetapi konektor pada serat optik memiliki ketelitian yang lebih tinggi. Konektor menandai sebuah tempat dalam sambungan data serat optik setempat dimana daya sinyal dapat hilang dan BER atau keandalan dapat dipengaruhi oleh koneksi mekanik [3].

2.6.3 Receiver

Receiver berfungsi mengambil sinyal cahaya digital yang masuk, menguraikannya dan mengirim sinyal listrik ke komputer lain, TV atau telepon. Receiver menggunakan foto sel foto dioda untuk mendeteksi cahaya. Pada dasarnya receiver optik mengubah modulasi cahaya yang datang dari serat optik kembali ke bentuk asalnya. Karena jumlah cahaya pada serat optik sangat kecil, receiver optik biasanya menggunakan penguat internal yang tinggi. Oleh karena itu receiver optik dapat dengan mudah diisi kembali. Untuk alasan ini maka penting dilakukan untuk hanya menggunakan ukuran serat yang sesuai dengan sistem yang diberikan. Sebagai contoh, pasangan transmitter/receiver di desain untuk penggunaan single-mode fibers, tetapi digunakan dengan multi-mode fibers sehingga sejumlah besar cahaya pada keluaran serat akan memenuhi receiver dan kemudian menyebabkan beberapa distorsi sinyal keluaran (kelebihan sumber cahaya).[3]

Begitu juga jika pasangan transmitter/receiver yang di desain untuk multi-mode fibers digunakan pada single-mode fibers maka tidak cukup cahaya yang dapat mencapai receiver. Hasil keluaran terlalu banyak atau tidak ada sinyal sama sekali. ‘Ketidaksesuaian’ receiver baru dipertimbangkan jika ada cukup banyak kehilangan dalam serat dengan tambahan 5-10 dB pasangan cahaya ke dalam serat multi-mode hanya digunakan untuk memberikan kesempatan untuk mencapai operasi yang pantas. Meskipun begitu, ini merupakan kasus yang ekstrim dan tidak normal[3].

2.6 REDAMAN (*ATTENUATION*) SERAT OPTIK

Rugi-rugi transmisi merupakan suatu karakteristik bahan serat optik. Rugi-rugi ini dapat menghasilkan penurunan dari daya cahaya dan juga penurunan *bandwidth* dari sistem, kualitas transmisi dari informasi yang dibawa, efisiensi dan kapasitas sistem yang secara keseluruhan. Rugi-rugi pada saluran transmisi yang menggunakan serat optik berasal dari pemasangan komponen-komponen pendukung yang dibutuhkan dengan suatu jaringan seperti konektor, *splice* ataupun komponen lain yang

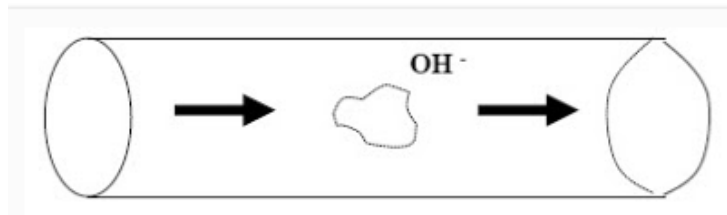
disambungan pada saluran transmisi. Satuan yang digunakan untuk rugi-rugi serat optik ialah dB(bandwidth)/km, rugi-rugi ini tergantung dari beberapa keadaan. Tetapi yang utama ialah rugi-rugi tersebut tergantung pada panjang gelombang dari cahaya yang digunakan menurut rekomendasi ITU-T G.655 mempunyai koefisien redaman 0,215 dB/km. Tapi besarnya koefisien ini bukan merupakan nilai yang mutlak, karena harus mempertimbangkan proses pabrikasi, desain & komposisi fiber, dan desain kabel[5].

Untuk itu terdapat *range* rugi-rugi yang masih diizinkan yaitu 0,215 untuk *range* redaman 1550. Selain itu, koefisien rugi-rugi mungkin juga dipengaruhi spektrum panjang gelombang yang diperoleh dari hasil pengukuran pada panjang gelombang yang berbeda. Rugi-rugi itu dapat terjadi karena adanya dua faktor yaitu faktor *intrinsik* dan faktor *ekstrinsik* [5].

2.6.1 Faktor Penyebab Rugi-Rugi *Interinsik* Dari Serat Optik

2.6.1.1 *Absorption* (penyerapan)

Peristiwa ini terjadi akibat ketidakmurnian bahan fiber optik yang digunakan. Bila cahaya menabrak sebuah partikel dari unsur yang tidak murni maka sebagian dari cahaya tersebut akan terserap. Rugi-rugi yang disebabkan karena adanya banyak kotoran-kotoran pada bahan gelas (terutama yang terbuat dari *glass* multi komponen). Kotoran-kotoran tersebut dapat berupa logam (besi, tembaga) atau air dalam bentuk ion-ion yang dapat menyerap sinar yang melaluinya akan berubah menjadi energi panas. Energi panas tersebut akan menyebabkan daya yang berkurang. Untuk memperkecil rugi-rugi akibat ion-ion kotoran karena adanya unsur-unsur logam dan lain-lain pada serat optik, maka kebersihan dan kemurnian bahan gelas sangat menentukan. Salah satu cara memperkecil kerugian tersebut adalah dengan teknik pengendapan uap kimia (*Chemical Vapour Deposition*), dimana dengan diendapkannya ion-ion kotoran tersebut, redaman dapat diperkecil, gambar dibawah ini menunjukkan rugi-rugi penyerapan pada serat optik [5].

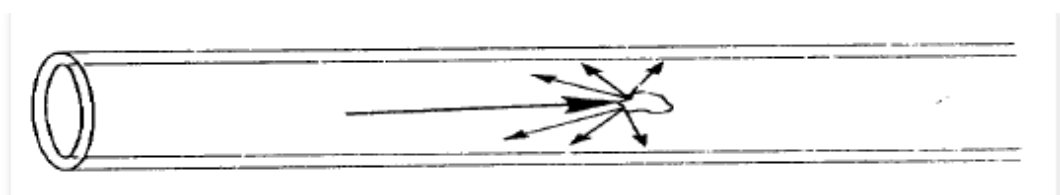


Gambar 2.5 Rugi – rugi Penyerapan [5].

Pada gambar diatas terlihat Bila cahaya menabrak sebuah partikel dari unsur yang tidak murni.

2.6.1.2 *Ryleigh Scattering Loss*

Terjadi akibat adanya berkas cahaya yang merambat dalam materi dipancarkan ke segala arah dikarenakan struktur materi yang tidak murni. Biasanya *scattering* ini terjadi pada lokasi tertentu saja di dalam bahan, dan ukuran daerah yang terkena pengaruh perubahan efek terpecahnya cahaya sangat kecil, yaitu kurang dari satu panjang gelombang cahaya. Peristiwa ini terjadi karena adanya berkas cahaya yang mengenai suatu materi dalam serat optik yang kemudian menghamburkan atau memancarkan berkas-berkas cahaya tersebut ke segala arah. Hal ini disebabkan ketidakhomogenan materi yang terdapat dalam serat optik tersebut yang mempunyai sifat menghamburkan suatu berkas cahaya [6].



Gambar 2.6 Rugi – rugi Hamburan [5].

Dapat dilihat bahwa adanya berkas cahaya yang merambat dalam materi dipancarkan ke segala arah dikarenakan struktur materi yang tidak murni

2.6.1.3 Rugi Pada *Core* Dan *Cladding*

Struktur serat optik terdiri dari 3 komponen yaitu *core*, *cladding* dan *coating*. Masing-masing bagian serat optik tersebut ini terbentuk dari berbagai macam material yang berbeda-beda. Meskipun inti maupun *cladding* mempunyai bahan penyusun dasar yang sama namun inti memiliki *indeks* bias yang lebih besar dari pada *cladding*, dengan adanya bahan adiptif yang ditambahkan dalam material penyusun inti. Akan tetapi secara alami, material-material penyusun inti maupun *cladding* memiliki dampak terhadap transmisi sinyal dalam serat optik. Mengingat bahan-bahan penyusun kedua bagian ini memiliki karakter tersendiri, maka baik *core* maupun *cladding* juga mempunyai komponen pelemahan sinyal. Kelemahan sinyal atau rugi-rugi pada *core* dan *cladding* adalah yang berbeda, hal ini disebabkan karena berbedanya bahan penyusun *core* dan *cladding* itu sendiri [5].

2.6.1.4 Pembengkokan (*Bending*)

Pada saat pemasangan serat optik pada suatu saluran transmisi ada beberapa kondisi yang akan mengubah keadaan fisik dari serat optik tersebut. Misalnya kondisi lapangan atau daerah yang berkelok-kelok dan mengharuskan kabel dipasang dengan pembelokan. Selain itu, tekanan secara fisik dari lingkungan ataupun kesalahan instalasi juga akan berpengaruh dalam mengubah kondisi fisik serat optik. Ada dua jenis menyebabkan rugi-rugi pembengkokan yaitu pembengkokan mikro (*mickrobending*) dan pembengkokan makro (*macrobending*). Keduanya ini timbul karena ada alasan yang berbeda, dan menimbulkan rugi-rugi dengan dua macam mekanisme yang berbeda pula [5].

a. *Macrobending*

Pembengkokan makro merupakan pembengkokan kabel optik dengan radius pembengkokan yang mempengaruhi banyaknya pelemahan inyal yang berpropagasi dalam inti, lekukan tajam pada sebuah kabel serat optik dapat menyebabkan timbulnya rugi daya

yang cukup serius, dan lebih jauh lagi kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis (pecahnya serat optik). Rugi daya yang disebabkan oleh melengkungnya sepotong pendek serat optik boleh jadi lebih besar dari rugi daya total yang timbul pada seluruh kabel serat optik sepanjang 1 km yang digelar secara normal[5].

b. *Microbending*

Pembengkokan mikro merupakan suatu pembengkokan mikroskopis dari inti *fiber* yang disebabkan oleh laju penyusutan (*contraction*) *thermal* yang sedikit berbeda antara bahan inti, bahan pelapis dan juga tekanan dari luar. Pembengkokan mikro juga dapat timbul bila *fiber* berulang kali digulung menjadi suatu serat kabel majemuk (*multi-fiber cable*), atau bila digulung pada kelok-kelok untuk memudahkan pengangkutannya. Semakin tajam belokan itu dibuat, semakin banyak pula ragam-ragam yang terlepas pada belokan[5].

2.7 ALAT UKUR SERAT OPTIK

Alat ukur serat optik yang digunakan dalam pengukuran serat optik pada lintasan Bekasi-Jatinegara dan Bekasi-Pondok Kelapa ialah OTDR *EXFO FTB-200*, pengukuran dengan OTDR ini dilakukan untuk mengetahui rugi-rugi serat optik, panjang serat optik, untuk mengetahui terjadinya bengkokan atau patahan, putusnya serat optik maupun nilai *loss* pada serat optik[6].

2.7.1 Prinsip Kerja *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR)

OTDR merupakan suatu alat ukur kabel serat optik yang mampu mendeteksi tempat terjadinya redaman (*loss*) pada saluran serat optik saat terjadi transmisi data. Pada instalasi kabel serat optik, OTDR dipakai untuk meyakinkan bahwa sambungan maupun konektor mempunyai redaman yang sesuai dengan yang diisyaratkan dalam spesifikasi, memeriksa kondisi kabel serat optik setelah dilaksanakan instalasi sehingga dapat diketahui apakah terdapat keretakan atau pelengkungan serat optik yang jari-jari kelengkungannya di luar persyaratan, dan untuk

meyakinkan bahwa redaman serat optik dari pemancar ke penerima tidak melebihi yang diisyaratkan dalam spesifikasi perencanaan atau ketentuan yang ada. Prinsip kerja OTDR berdasarkan atas prinsip hamburan balik dari sinyal yang menjalar dalam serat optik. OTDR juga dapat menganalisis jarak dan rugi – rugi (loss) yang muncul pada setiap titik, serta dapat menampilkan informasi pada layar tampilannya. Selain itu OTDR memungkinkan sebuah link diukur dari satu ujung saja. Pengukuran pada kabel serat optik dengan menggunakan OTDR biasa disebut power budget, dimana kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui nilai dari parameter suatu kabel dan atau perangkat akses fiber optik.

OTDR mengirim suatu sinyal keluaran melalui pulse generator yang berguna untuk menghasilkan pulsa persegi panjang. Setelah dari pulse generator diteruskan ke laser diode untuk mengubah sinyal listrik menjadi cahaya. Lalu menuju *directional Coupler*. *Directional Coupler* sendiri berfungsi sebagai pembagi arah dimana sinyal masukan melewati jalur yang telah diatur. Setelah hasil telah didapat, maka signal kembali ke OTDR melalui *directional coupler*, lalu menuju ke *Avalanche Phodiode*. *Avalanche Phodiode* berfungsi untuk mengubah sinyal cahaya menjadi listrik lalu menuju ke *Amplifier* untuk menguatkan sinyal, lalu menuju ke *converter* analog/digital. Setelah itu di OTDR akan muncul hasil pengukuran Fiber Optic[6].

2.7.2 Kegunaan Umum OTDR

Berdasarkan dari prinsip kerja OTDR yang dipaparkan diatas, maka dengan menggunakan alat tersebut dapat dilakukan serangkaian pengukuran sebagai berikut [2]:

a) Jarak (Km)

Titik lokasi dalam suatu lintasan, dari titik awal mulai hingga akhir atau di jarak berapa terjadi sambungan maupun patahan.

b) *Loss* (dB/km)

Loss masing-masing *splice* (sambungan) ataupun *loss* total dari titik awal hingga titik akhir dalam suatu lintasan.

c) *Attenuation* (Redaman)

Attenuasi dari suatu serat optik dalam suatu lintasan

d) *Refleksi* atau pemantulan

Besar *refleksi (return) loss* dari suatu *event* serta gangguan serat optik seperti patahan, lekukan, *splice* dan yang berkaitan dengan rugi-rugi serat optik[2].

2.7.3 Cara Kerja *Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)*

OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu serat optik pada domain waktu. *OTDR* dapat menganalisis setiap dari jarak akan insertion loss, reflection, dan loss yang muncul pada setiap titik, serta dapat menampilkan informasi pada layer tampilan.

Umumnya mekanisme kerja *OTDR* adalah sebagai berikut :

1. Sinyal-sinyal cahaya dimasukkan ke dalam serat optik.
2. Sebagian sinyal dipantulkan kembali dan diterima oleh penerima.
3. Sinyal balik yang diterima akan dinyatakan sebagai loss.
4. Waktu tempuh sinyal digunakan untuk menghitung jarak.

Berdasarkan mekanisme kerja di atas dapat ditentukan beberapa parameter yang dapat diukur pada *OTDR* salah satunya yaitu :

1. Jarak Dalam hal ini titik lokasi dalam suatu link, ujung link atau patahan.
2. Loss Loss untuk masing splice atau total loss dari ujung ke ujung dalam suatu link.
3. Atenuasi Atenuasi dari serat dalam suatu link.
4. Refleksi Besar refleksi (*return loss*) dari suatu event.

Beberapa fungsi yang dapat dilakukan oleh *OTDR* yaitu :

1. Mengukur Loss per satuan panjang. Loss pada saat instalasi serat optik mengasumsikan redaman serat optik tertentu dalam loss per satuan panjang. *OTDR* dapat mengukur redaman sebelum dan setelah instalasi sehingga dapat memeriksa adanya ketidaknormalan seperti bengkokan (*bend*) atau beban yang tidak diinginkan.

2. Mengevaluasi sambungan dan konektor Pada saat instalasi OTDR dapat memastikan apakah redaman sambungan dan konektor masih berada dalam batas yang diperbolehkan.
3. Fault Location Fault seperti letaknya serat optik atau sambungan dapat terjadi pada saat atau instalasi atau setelah instalasi, OTDR dapat menunjukkan lokasi faultnya atau ketidaknormalan tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan melihat jarak terjadinya end of fiber pada OTDR, jika kurang dari jarak sebenarnya maka pada jarak tersebut terjadi kebocoran/ kerekatan (asumsi set OTDR benar). End of fiber pada OTDR ditandai dengan adanya daya (dapat disesuaikan dengan menset) yang berfluktuasi. OTDR, pulse width, disperse, rise time merupakan domain waktu, sedangkan bandwidth, merupakan domain frekuensi[8].

2.7.4 Hal-Hal Yang Harus Diperhatikan Dalam Pengukuran.

Didalam penggunaan OTDR ada beberapa hal yang harus kita perhatikan untuk menghindari tingkat kesalahan dalam melakukan pengukuran, berikut hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengukuran menggunakan OTDR :

- a. Jangan melihat laser secara langsung karena berbahaya untuk mata.
- b. Konektor untuk menghubungkan OTDR ke OTB harus bersih untuk mendapatkan hasil yang optimal.
- c. Gunakan tegangan catuan yang diijinkan.
- d. Penanganan kabel konektor harus sesuai dengan *standart* yang telah diterapkan.
- e. Kondisi lingkungan alat harus bersih.
- f. Harus mengatur alat sesuai dengan jarak yang akan kita ukur untuk jarak alat yang diatur 1,5 lebih jauh dari jarak sebenarnya [2].

2.7.5 Langkah-Langkah Pengukuran OTDR EXFO FTB-200

Pengukuran redaman ini dilakukan dengan menggunakan OTDR jenis EXFO FTB-200 dengan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm. Adapun langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam pengukuran redaman adalah :

1. Menyalakan OTDR (Menekan switch power)

2. Menyetting parameter-parameter berikut ini :
 - a. Panjang Gelombang = 1550 nm
 - b. Index = 1.467700 dan 1.468330
 - c. Set Acquisition time = 10 sec
 - d. Pulse width = 100 ns, di sesuaikan dengan jarak.
 - e. Distance = 60 km, di sesuaikan dengan jarak kabel yang diukur
3. Menghubungkan terminal input dari OTDR ke OTB (core yang akan diukur / di gunakan) dengan menggunakan patch core.
4. Kemudian menekan tombol RUN untuk menembakan laser ke core yang akan diukur / di gunakan.
5. Maka akan tampil grafik di layar OTDR.
6. Pada grafik di OTDR akan diketahui keterangan-keterangan sebagai berikut:
 - a. Jarak kabel keseluruhan.
 - b. Losses pada setiap penyambungan
 - c. Kumulatif losses
 - d. Jarak Span antar titik sambungan.
 - e. Redaman attenuasi.
7. Untuk menyimpan file hasil pengukuran dengan menekan tombol MENU lalu pilih SAVE AS.

2.8 METODE *Link Power Budget*

Dalam sistem komunikasi serat optik ini, kita tidak akan lepas dari perhatian anggaran daya (*Power budget*) sistem komunikasi ini akan berjalan dengan baik dan lancar apabila tidak kekurangan anggaran daya (*power Budget*) dan anggaran waktu bangkit (*Rise Time Budget*). Sebelum kita membahas anggaran daya lebih lanjut, akan terlebih dahulu dipaparkan mengenai anggaran waktu bangkit atau *Rise Time Budget* (RTB). RTB bertujuan untuk menjamin agar sistem transmisi dapat menyediakan *bandwidth* (BW) yang mencukupi pada *bit rate* yang diinginkan. Metode *link power budget* adalah salah satu metode untuk melihat kelayakan kabel jaringan dalam mengimkan sinyal dari pengirim sampai ke penerima dan

dapat mengetahui seberapa besar redaman yang terjadi. Berikut Tabel 2.1 pedoman untuk pengukuran *power link budget* [9]:

Tabel 2.1

Pedoman Untuk Pengukuran *Power link Budget* Serat Optik

| Jenis-jenis rugi-rugi yang terjadi | Rugi-rugi α (dB) |
|------------------------------------|--|
| Rugi-rugi <i>intrinsik</i> | 0.215 dB/km (G.655) |
| Rugi-rugi konektor | 0.4-0.50 db |
| Rugi-rugi <i>splice</i> /sambungan | 0.20 dB/ <i>splice</i> |
| <i>Link</i> | BEKASI-JATINEGARA (23,290km) BEKASI-PONDOK KELAPA(11,570km) |
| Jumlah konektor | 2 |
| Jumlah sambungan | (8) (Bekasi-Jatinegara) (4) (Bekasi-Pondok Kelapa) |

Dengan menggunakan data-data diatas maka perhitungan total rugi-rugi untuk standarisasi rugi-rugi yang digunakan oleh PT. TELKOM dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini [1]:

$$P_t \text{ (total Redaman)} = (L \times \alpha) + (n_1 \times \alpha_1) + (n_2 \times \alpha_2)$$

Dimana :

L : Panjang kabel (km)

α : Rata-rata serat optik (dB/km)

n_1 : Jumlah sambungan

α_1 : Rugi-rugi akibat sambungan (dB)

n_2 : Jumlah konektor

α_2 : Rugi-rugi konektor (dB) [9].