

BAB II

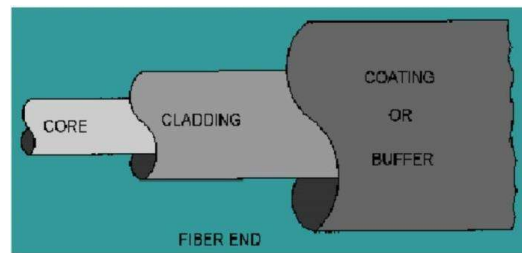
LANDASAN TEORI

2.1 Landasan Teori

Dalam Analisis *Power Budget* Jaringan Komunikasi *Fiber Optik*. pada PT. Telkom Indonesia Plasa Sentani Kelurahan Sentani Kota. konsep dasar di atas digunakan untuk pengukuran *loss* dan standarisasi serta menghitung daya margin sinyal, optik yang diterima dari oleh penerima dan memastikan bahwa daya sinyal tersebut cukup kuat untuk diterima dengan baik. Selain itu, analisis *Power Budget* juga dilakukan untuk meminimalkan gangguan pada sinyal dan meningkatkan kualitas layanan jaringan komunikasi *fiber optik*, dengan pengukuran *loss* pada ODP/port ke rumah pelanggan.

2.2 Fiber Optik

Fiber Optik adalah saluran transmisi atau sejenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus dan lebih kecil dari sehelai rambut, dan dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Sumber cahaya yang digunakan biasanya adalah laser atau LED. Kabel ini berdiameter lebih kurang 150 mikrometer. Cahaya yang ada di dalam serat optik tidak keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar dari pada indeks bias dari udara, karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit. Kecepatan transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi.



Gambar 2.1 Struktur Serat Optik

Sumber Gambar dari : Refrensih Muh. Armin

Secara Umum Struktur *Fiber Optik* Terdiri Dari 3 Bagian, Yaitu

1. Inti (*core*) Terbuat dari bahan silica (SiO_2) atau plastik dan merupakan tempat merambatnya cahaya. Diameternya berkisar antara 8 *micron* sampai 62,5 *micron*.
2. Selubung (*cladding*) Terbuat dari bahan yang sama dengan inti, tapi memiliki indeks bias yang lebih kecil agar cahaya tetap berada pada inti *fiber optic*.
3. Jaket (*coating*) Jaket berfungsi sebagai pelindung mekanis yang melindungi *fiber optic* dari kotoran, goresan, dan kerusakan lainnya.

2.3 Redaman Fiber Optik

Redaman serat optik merujuk pada hilangnya energi cahaya saat cahaya merambat melalui serat optik, Ini adalah fenomena alamiah yang disebabkan oleh berbagai faktor, dan pemahaman tentang redaman sangat penting dalam perancangan dan operasi jaringan serat optik. Materi ini dapat berupa impuritas seperti ion logam atau molekul air. Panjang

gelombang cahaya dan komposisi serat optik memengaruhi seberapa besar redaman absorpsi ini.

Redaman ini terjadi ketika cahaya mengalami perubahan arah karena refleksi di permukaan antarmuka antara inti serat optik dan lapisan pelindungnya. Redaman penyebaran dapat dikelompokkan menjadi dua jenis utama: redaman penyebaran Mie (yang terjadi karena variasi indeks bias) dan redaman penyebaran Rayleigh (yang terjadi karena ketidaksempurnaan dalam struktur serat). Untuk mengurangi redaman dalam serat optik, berbagai teknik perbaikan telah dikembangkan, termasuk penggunaan serat optik yang lebih murni, perancangan geometri serat yang lebih baik, dan penggunaan lapisan pelindung yang efisien. Selain itu, penggunaan perangkat seperti penguat serat optik (optical fiber amplifiers) juga digunakan untuk mengkompensasi redaman saat sinyal cahaya merambat melalui jaringan serat optik yang panjang. Pemahaman tentang redaman dan bagaimana mengatasinya adalah aspek penting dalam teknologi serat optik, yang memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan kecepatan tinggi dalam jaringan telekomunikasi modern. Dengan batas redaman pengguna pelanggan yang masih sangat bagus adalah dari 14s/d 22 dBm.

Redaman

persamaan perhitungan redaman daya (power budget) dalam serat optik adalah salah satu aspek penting dalam merancang sistem komunikasi serat optik yang dapat beroperasi dengan baik. Dalam

konteks ini, power budget adalah selisih antara daya sumber cahaya yang masuk ke serat optik dan daya yang diterima di penerima. Power budget ini harus mencakup semua kerugian dan redaman yang terjadi selama transmisi melalui serat optik. Berikut adalah rumus dasar perhitungan power budget:

$$\text{persamaan} \quad \text{redaman} \quad R = \text{Ps} - (A_s \times L) \quad (2.1)$$

PB (Power Budget) adalah selisih daya antara daya sumber cahaya dan redaman serat optik yang diinginkan, dinyatakan dalam desibel (dB).

Ps (Daya Sumber Cahaya) adalah daya cahaya yang keluar dari pemancar atau sumber cahaya, diukur dalam dBm (desibel miliwatt).

As (Redaman Serat Optik) adalah redaman yang terjadi selama transmisi melalui serat optik, diukur dalam dB/km (desibel per kilometer) dan dikalikan dengan panjang serat optik dalam kilometer (L).

Sebagai contoh, jika daya sumber cahaya (Ps) adalah -5 dBm dan redaman serat optik (As) adalah 0,2 dB/km dengan panjang serat optik (L) sejauh 10 km, maka perhitungan power budget akan sebagai berikut:

$$PB = -5 \text{ dBm} - (0,2 \text{ dB/km} \times 10 \text{ km}) = -5 \text{ dBm} - 2 \text{ dB} = -7 \text{ dB} \quad (2.2)$$

Dalam contoh ini, power budgetnya adalah -7 dB. Ini artinya, daya sumber cahaya harus memiliki kelebihan daya sebesar 7 dB di atas redaman serat optik agar sinyal dapat diterima dengan baik oleh penerima di ujung serat optik.

Penting untuk diingat bahwa dalam perencanaan sistem serat optik, Anda juga harus mempertimbangkan berbagai faktor lain seperti redaman hamburan Rayleigh, redaman absorpsi, dan redaman tambahan yang mungkin terjadi akibat konektor, splicer, atau sambungan lainnya dalam jaringan serat optik. Semua faktor ini harus dimasukkan dalam perhitungan power budget untuk memastikan kinerja yang diinginkan dalam sistem komunikasi serat optik.

2.4 Penguatan jaringan komunikasi fiber optik

Penguatan jaringan serat optik adalah proses peningkatan sinyal cahaya yang berjalan melalui serat optik agar dapat melakukan transmisi data dengan jarak yang lebih jauh atau lebih banyak perangkat penerima.

Prinsip Dasar Serat Optik Serat optik adalah kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mengirimkan sinyal cahaya sebagai media komunikasi. Cahaya ini dapat merambat dalam serat optik dengan sedikit kerugian. Serat optik memiliki beberapa sifat penting, seperti kemampuan untuk mentransmisikan sinyal dengan kecepatan tinggi, daya tahan terhadap gangguan elektromagnetik, dan minimnya kerugian sinyal saat berjalan dalam serat. Meskipun serat optik memiliki kerugian

sinyal yang rendah, tetapi seiring berjalannya jarak, sinyal cahaya dapat melemah. Ini bisa terjadi karena berbagai alasan, termasuk hambatan dalam serat dan dispersi.

Penguatan optik adalah proses yang digunakan untuk memperkuat sinyal cahaya yang melemah dalam serat optik. Penguatan ini biasanya dilakukan menggunakan perangkat khusus yang disebut amplifikasi optik. Amplifikasi optik dapat dicapai dengan menggunakan komponen seperti amplifikasi erbium-doped fiber (EDFA) atau amplifikasi raman. Komponen ini dapat memperkuat sinyal cahaya tanpa perlu mengubahnya menjadi sinyal listrik. EDFA adalah salah satu jenis amplifier optik yang paling umum digunakan dalam jaringan serat optik. Ini menggunakan serat optik yang mengandung unsur erbium yang diaktivasi oleh laser untuk memperkuat sinyal. Penguatan optik memungkinkan jaringan serat optik untuk mengatasi jarak transmisi yang lebih jauh tanpa kehilangan sinyal yang signifikan. Hal ini memungkinkan komunikasi yang lebih cepat dan andal dalam jaringan serat optik.

Perawatan dan Pemeliharaan penguatan fiber optik

Penguatan optik memerlukan perawatan dan pemeliharaan yang baik. Perangkat amplifier optik perlu dijaga dengan baik agar berfungsi optimal. Teknologi penguatan serat optik terus berkembang, dengan

perangkat yang semakin canggih dan efisien. Ini mendukung perkembangan jaringan serat optik yang lebih kuat dan luas. Penguatan jaringan serat optik sangat penting dalam menjaga kualitas transmisi data dalam jaringan tersebut. Dengan pemahaman yang baik tentang prinsip dasar dan teknologi penguatan optik, Anda dapat meningkatkan kinerja jaringan serat optik dan mengoptimalkan komunikasi data Anda. Penguatan jaringan serat optik mengacu pada proses peningkatan kekuatan sinyal optik saat sinyal bergerak melalui serat optik. Hal ini penting untuk memastikan bahwa sinyal tetap kuat dan dapat diandalkan saat bepergian jarak jauh melalui serat optik. Penguatan jaringan serat optik biasanya dilakukan dengan menggunakan perangkat yang disebut amplifikasi optik, seperti amplifier serat optik (optical fiber amplifier).

Rumus dasar untuk menghitung penguatan jaringan serat optik adalah:

$$\text{Penguatan (Gain)} = (\text{Daya keluaran} - \text{Daya masukan}) / \text{Daya masukan}$$

Di mana:

Penguatan (Gain) adalah perbedaan antara daya keluaran dan daya masukan dalam amplifier serat optik.

Daya keluaran adalah daya sinyal optik setelah melewati amplifier.

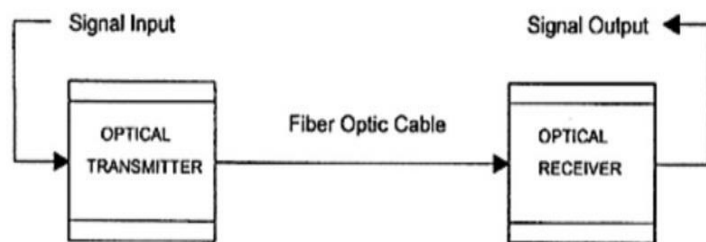
Daya masukan adalah daya sinyal optik sebelum melewati amplifier.

Namun, perhitungan penguatan serat optik yang lebih kompleks dapat melibatkan berbagai faktor, seperti panjang kabel, konektor jumlah

konektor dan jumlah spliser serat optik. Untuk perhitungan penguatan yang lebih spesifik, Anda harus mempertimbangkan parameter-parameter ini dan menggunakan rumus yang lebih rinci sesuai dengan konfigurasi jaringan serat optik. Redaman adalah penurunan kekuatan sinyal saat bergerak melalui serat optik. Amplifier digunakan untuk mengatasi redaman ini. Faktor-faktor seperti pemecahan serat optik, penggabungan serat, dan komponen jaringan lainnya dapat mengganggu sinyal dan memerlukan penguatan tambahan. Berbagai amplifier beroperasi pada panjang gelombang optik tertentu. Jika Anda menggunakan berbagai panjang gelombang dalam jaringan, kita perlu mempertimbangkan jenis amplifier yang sesuai. Jenis serat optik tertentu mungkin memerlukan amplifier khusus atau memiliki karakteristik penguatan yang berbeda.

2.5 Sistem transmisi fiber optik

Suatu transmisi serat optik terdiri dari tiga komponen utama yaitu perangkat pengirim (Tx), perangkat penerima (Rx), dan media transmisi.



Ketiga komponen ini mutlak dimiliki dalam suatu dasar transmisi serat optik.

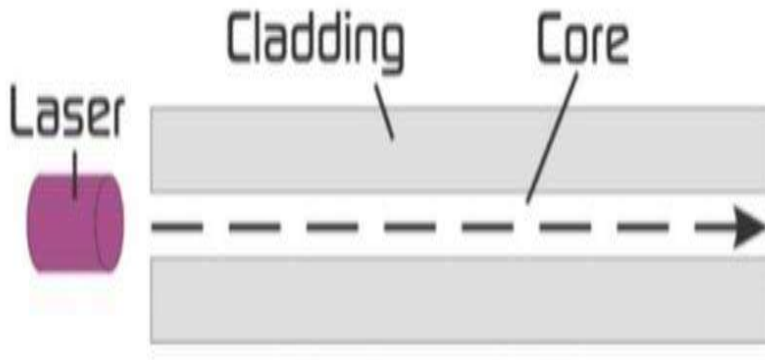
2.6 Jenis *Fiber Optik*

Berdasarkan jumlah mode yang dapat dilewatkan, serat optik dibagi menjadi 2 jenis secara umum yaitu:

- a. Serat optik jenis tunggal berarti hanya mampu

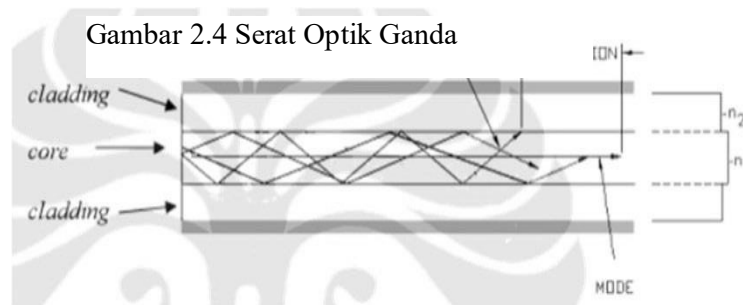
Sumber Gambar Dari: Refrensih Muh. Armin 2018

melewatkan satu mode saja. Hal ini disebabkan oleh ukuran intinya yang relatif kecil serta kecilnya nilai beda indeks (Δ) antara inti dan *cladding*. Ukuran diameter inti serat optik jenis tunggal berkisar antara 8-10 μm . Seperti pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Fiber Optik Tunggal

dengan hanya melewati satu *mode* saja berarti pada serat optik jenis tunggal ini tidak ditemukan dispersi modal seperti pada serat optik ganda. Hal ini berdampak positif terhadap penggunaan serat optik jenis tunggal karena juga berarti peningkatan *bandwidth*. Selain itu, baik dari segi *bandwidth* maupun jarak transmisi, serat optik jenis tunggal lebih unggul dibandingkan dengan serat optik jenis ganda, karena jarak transmisinya sangat jauh dan *bandwidth*nya juga besar. Serat optik jenis ganda tidak memiliki diameter inti 50-80 micron dan memiliki keunggulan di segi *bandwidth* karena ada banyak mode yang dilewatkan oleh suatu serat optik sehingga kemungkinan untuk terjadi dispersi juga semakin besar yang mengakibatkan terjadi pelebaran pulsa. Serat optik jenis ganda memiliki dua jenis yaitu *step index* dan *graded index*. Perbedaan keduanya terletak pada keseragaman indeks bias.



Sumber Gambar Dari : Refrensih Muh. Armin

2.7 Kekurangan cahaya fiber optik

Pelemahan (*Attenuation*) cahaya sangat penting diketahui terutama dalam merancang sistem telekomunikasi serat optik itu sendiri. Pelemahan cahaya dalam serat optik adalah adanya penurunan rata-rata daya optik pada kabel serat optik, biasanya diekspresikan dalam decibel (dB) tanpa tanda negatif. Berikut ini beberapa hal yang menyumbang kepada pelemahan cahaya pada serat optik:

1. Penyerapan (*Absorption*) Kehilangan cahaya yang disebabkan adanya kotoran dalam serat optik.
2. Penyebaran (*Scattering*).
3. Kehilangan radiasi (*radiative losses*).

Reabilitas dari serat optik dapat ditentukan dengan satuan BER (Bit error rate). Salah satu ujung serat optik diberi masukan data tertentu dan ujung yang lain mengolah data itu. Dengan intensitas laser yang rendah dan dengan panjang serat mencapai beberapa km, maka akan menghasilkan kesalahan. Jumlah kesalahan persatuan waktu tersebut

dinamakan BER. Dengan diketahuinya BER maka, Jumlah kesalahan pada serat optik yang sama dengan panjang yang berbeda dapat diperkirakan besarnya. Suatu sinyal optik yang ditransmisikan didalam serat optik tentu akan mendapat pengaruh dari berbagai aspek. Pengaruh tersebut akan mengakibatkan adanya pelemahan daya sinyal sebagai konsekuensi dari adanya daya yang hilang (*loss*) pada sinyal transmisi tersebut. Rugi-rugi daya ini dapat terjadi baik karena keadaan serat optik tersebut ataupun akibat perlakuan dari luar terhadap serat optik tersebut, terutama pada penyambungan. Rugi-rugi daya secara umum terdiri dari atenuasi kabel (α) dB/km, rugi- rugi akibat penyambungan seperti rugi konektor, maupun *splicer*.

Adapun hal-hal yang menyebabkan rugi-rugi daya terutama atenuasi adalah fenomena-fenomena seperti pembelokan, pembengkokan, absorpsi, maupun hamburan. Dengan adanya pelemahan daya ini tentunya akan merubah besar daya yang dikirim dengan data yang diterima. Untuk itu diperlukan perhitungan untuk menghitung besarnya rugi-rugi yang dapat terjadi dalam saluran agar sinyal masih dapat diterima dengan baik. Perhitungan link budget atau power budget menjadi salah satu pertimbangan penting dalam perencanaan jaringan serat optik. Tujuan dilakukannya perhitungan *power budget* adalah untuk menentukan apakah komponen dan parameter disain yang dipilih dapat menghasilkan daya sinyal di penerima sesuai dengan tuntutan persyaratan perfomansi yang diinginkan serta untuk melakukan proses evaluasi secara rutin.

Perhitungan *power budget* dilakukan berdasarkan keadaan jaringan seperti:

- 1 Daya minimum *transmitter* (PS) (dBm)
- 2 Sensitivitas minimum *receiver* (PR) (dBm)
- 3 Atenuasi (α) (dB/km)
- 4 Rugi-rugi penyambungan seperti rugi konektor ($Loss_{conn}$) dan *splice* ($Loss_{splice}$) (dB)
- 5 Margin saluran ($Loss_{margin}$)(dB)
- 6 Jarak sambungan (l) (km)

2.8 Rugi-Rugi Serat Optic

Ada beberapa komponen yang menjadi bahan pertimbangan dalam pengukuran redaman jaringan. Salah satunya adalah rugi-rugi transmisi serat optic (attenuation). Rugi-rugi transmisi ini adalah salah satu karakteristik yang penting dari Serat optik. Rugi-rugi ini menghasilkan penurunan dari daya cahaya dan juga penurunan bandwidth dari sistem, transmisi informasi yang dibawa, efisiensi, dan kapasitas sistem secara keseluruhan. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi serat optik tersebut ataupun karena gangguan ataupun tambahan pada jaringan serat optik tersebut. Selain itu, rugi-rugi pada suatu saluran transmisi yang mempergunakan serat optik juga didapat dari pemasangan komponen-komponen pendukung yang dibutuhkan dalam suatu jaringan seperti

konektor, splice, ataupun komponen lain yang disambungkan pada saluran transmisi. Rugi-rugi pada serat optik merupakan pelemahan power dari cahaya yang ditransmisikan mulai dari pemancar sampai jarak tertentu.

Misalkan pada suatu transmisi serat optik disalurkan cahaya dengan power $P(0)$ dari pemancar, maka pada jarak 1 km, sinyal tersebut akan mengalami degradasi atau penurunan power menjadi $P(1)$. Pelemahan sinyal atau rugi-rugi ini dinyatakan dengan satuan dB/km dan dilambangkan dengan α . Perumusannya secara sistematis dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$\alpha = \frac{1}{L} \log \left[\frac{P(0)}{P(L)} \right] \quad (\text{dB/km}) \dots \dots \dots (2.3)$$

2.8.1 Rugi-Rugi Absorpsi(Penyerapan)

Rugi-rugi ini analog dengan disipasi daya pada kabel tembaga, dimana serat optik menyerap cahaya dan mengubahnya menjadi panas. Untuk mengatasinya digunakan kaca yang benar-benar murni yang diperkirakan kemurniannya sampai 99,9999%. Namun rugi-rugi absorpsi antara 1 dan 1000 dB/km tetap saja lumayan besar. Ada tiga faktor yang turut menimbulkan rugi absorpsi pada serat optik yaitu absorpsi ultraviolet, absorpsi infra merah, dan absorpsi resonansi ion.

Absorpsi ultraviolet, disebabkan oleh elektron valensi dari bahan silika. Cahaya mengionisasi elektron valensi tersebut menjadi konduktor. Ionisasi tersebut sama saja dengan rugi cahaya total dan tentu saja menimbulkan rugi-rugi transmisi pada serat optik.

Absorpsi infra merah, adalah hasil dari penyerapan photon-photon cahaya oleh atom-atom molekul inti kaca. Ini menyebabkan photon bergetar secara acak dan menyebabkan panas. Absorpsi resonansi ion disebabkan oleh ion-ion OH⁻ pada bahan penyusunnya. Ion OH⁻ ini terdapat pada molekul air yang terperangkap pada kaca saat proses pembuatannya. Absorpsi ion juga dapat disebabkan oleh molekul tembaga dan klorinium.

Berikut adalah persamaan *loss-loss* diatas :

$$\alpha_{uv} = \dots \times 10^{-2} \dots e$$

.....(2.4)

λ

dengan,

α_{uv} = ultraviolet *loss* (dB/km)

x = mole fraction

α_{IR} = Infrared *loss* (dB/km)

λ = Panjang gelombang sinar pembawa

2.8.2 Rugi-Rugi Pada Inti Dan Cladding

Struktur serat optik terdiri dari 3 komponen yaitu inti, cladding, dan pembungkus. Masing-masing bagian serat optik ini terbentuk dari berbagai macam material yang berbeda. Meskipun inti maupun cladding memiliki bahan penyusun dasar yang sama, namun inti memiliki indeks bias yang lebih besar dari cladding dengan adanya bahan aditif 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 karakteristik tersendiri, maka baik inti maupun cladding juga memiliki komponen pelemahan sinyal. Pelemahan sinyal atau rugi-rugi pada inti dan cladding adalah berbeda, hal ini disebabkan karena berbedanya bahan penyusun inti dan cladding.

2.8.3 Rugi-Rugi Pada Konektor Dan Splicer

Suatu saluran transmisi serat optik pasti akan tersambung dengan komponen-komponen lainnya. Komponen tersebut antara lain adalah konektor antar serat optik, konektor serat optik dengan komponen lain seperti sumber cahaya, atau penerima. Konektor dalam sambungan serat optik bersifat tidak permanen sehingga dapat dibongkar apabila sudah tidak memenuhi kebutuhan. Splice pada dasarnya merupakan penyambung antar serat optik, namun sifat sambungan yang mempergunakan splice adalah permanen. Selain konektor dan splice juga ada komponen lain yang mungkin ditemui dalam sambungan serat optik,

yaitu repaired spllicer yang merupakan spllicer yang diperbaiki dari spllicer sebelumnya yang mengalami kerusakan atau gangguan lain.

Konektor dan spllicer keduanya memiliki kontribusi terhadap rugi rugi pada transmisi sinyal optik pada serat. Sinyal yang berpropagasi dan melalui komponen-kompnen ini akan mengalami penurunan daya. Pemilihan konektor yang tidak tepat dapat mengakibatkan pemakaian amplifier yang sangat banyak, hal inilah yang mengakibatkan biaya bertambah. Secara umum, rugi-rugi akibat penambahan konektor atau spllicer diantara dua buah serat optik disebut insertion loss.

Persamaan berikut ini :

$$\text{Loss} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan,

P_1 = daya keluaran tanpa konektor

P_2 = daya keluaran dengan menggunakan konektor

Selain insertion *loss* diatas, masih ada beberapa rugi-rugi lain yang disebabkan oleh penyambungan dua buah serat optik terutama pada dua buah serat optik dengan karakteristik yang berbeda. Rugi-rugi yang dapat terjadi dalam penyambungan tersebut diantaranya adalah: rugi-rugi akibat ketidaksinkronan NA, rugi-rugi akibat ketidak sinkronan ukuran inti/cladding. Ketidak sinkronan NA dapat menyebabkan pelemahan sinyal jika NA dari serat optik yang mentransmisikan sinyal lebih besar dari NA serat optik yang menerimanya ($NA_t > NA_r$). Secara

matematis rugi-rugi akibat ketidak-sinkronan NA ini dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan.

berikut ini :

$$Loss_{NA} = -10 \log_{10} \left(\frac{NAr}{NA_t} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

Ukuran inti dan cladding yang berbeda juga menyebabkan hilangnya sebagian daya dari sinyal yang ditransmisikan. Ketika ukuran inti serat optik yang mentransmisikan (diat) lebih besar dari diameter inti yang menerima (diar), maka terjadi rugi-rugi. Perumusannya dapat menggunakan Persamaan berikut ini :

$$Loss_{inti} = -10 \log_{10} \left(\frac{diar}{diat} \right)^2 \dots \dots \dots (2.7)$$

Faktor lainnya yang turut memberikan sumbangan rugi-rugi pada suatu transmisi serat optik adalah fresnel reflection. Fresnel reflection ini merupakan fenomena yang terjadi akibat penggunaan konektor dalam menyambung dua buah serat optik. Pada umumnya, saat instalasi, dua kabel yang dihubungkan oleh konektor tersebut tidak dihubungkan secara langsung namun diberi sedikit jarak. Jarak antar dua serat optik ini memberikan rongga udara diantaranya. Hal ini menyebabkan meskipun kedua serat optik memiliki indeks bias yang sama tetap akan ada daya yang dipantulkan kembali kearah kabel pengirim karena ada

beda indeks antara inti dari serat optik dengan udara. Dengan perbedaan indeks tersebut didapat suatu nilai faktor yang disebut faktor fresnel reflection,

dengan n_1 adalah indeks bias dari serat optik pengirim dan n adalah indeks bias serat optik penerima atau medium perantara. Nilai faktor ini menunjukkan banyaknya persen daya yang hilang karena dipantulkan kembali ke dalam inti. Besarnya daya yang hilang akibat fresnel reflection dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut ini.

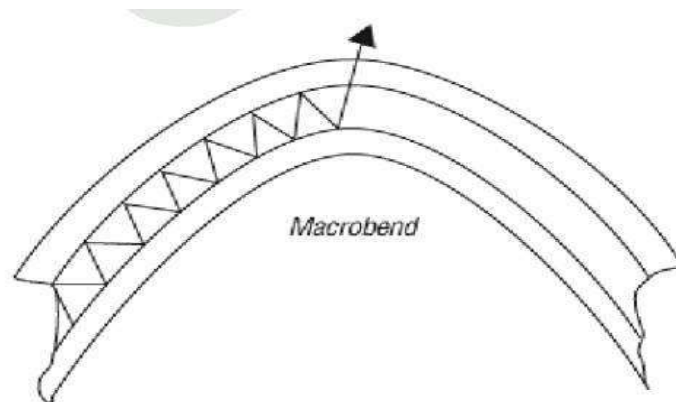
$$loss \quad (dB) = -10 \log (1-R) \dots \dots \dots (2.8)$$

2.9 Pembengkokan

Pada saat pemasangan serat optik pada suatu saluran transmisi akan ada beberapa kondisi yang akan mengubah keadaan fisik dari serat optik tersebut. Misalnya adalah kondisi lapangan/daerah yang berkelok-kelok dan mengharuskan kabel dipasang dengan pembelokan. Selain itu, tekanan secara fisik dari lingkungan maupun kesalahan instalasi juga akan berpengaruh dalam mengubah kondisi fisik serat optik. Perubahan fisik ini biasa disebut bending dan terdiri dari dua jenis sebagai berikut.

2.10 Pembengkokan Makro

Pembengkokan makro (lihat Gambar 2.5) adalah pembengkokan kabel optik dengan radius pembengkokan yang mempengaruhi banyaknya pelemahan sinyal yang berpropagasi dalam inti. Adanya pembengkokan dengan radius pembengkokan lebih besar dari radius inti serat optik mengakibatkan sebagian sinyal hilang terutama dalam pembekokan serat optik.



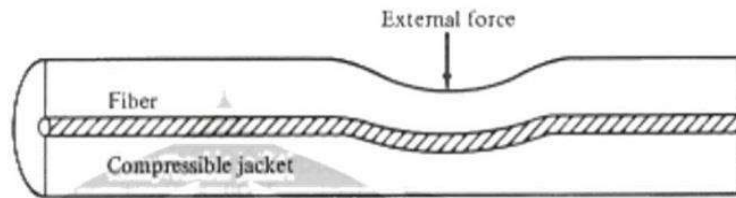
Gambar 2.5 Pembekokan Makro Pada Serat Optik

Sumber Gambar Dari: Refrensih Muh. Armin
2018

2.11 Pembengkokan Mikro

Pembengkokan mikro berasal dari keadaan kabel yang tidak sempurna akibat berbagai pengaruh dari luar kabel, seperti tekanan dari luar, ataupun ketidaksempurnaan bentuk inti didalam kabel optik tersebut. Adanya perubahan radius inti berakibat sama seperti :

Suml
2018

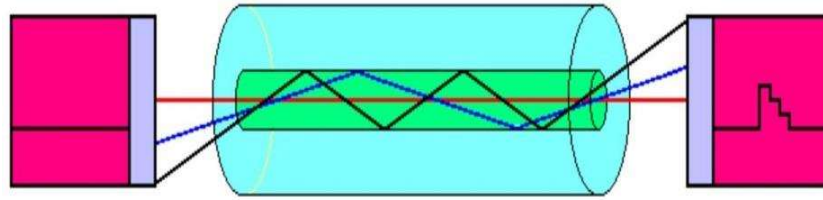


Gambar 2.6 Pembekokan Mikro Pada Serat Optik Dari Luar Kabel
Hanya pembengkokan mikro dimana sinyal yang berpropagasi

akan hilang pada saat berpropagasi. Pembengkokan mikro pada serat optik akibat tekanan dari luar kabel. Pembengkokan mikro yang diakibatkan oleh tekanan dari luar kabel diantisipasi dengan menggunakan pembungkus yang lebih kuat dan tidak sensitif terhadap pengaruh eksternal.

2.12 Cara Kerja Fiber Optik

Prinsip kerja serat optik berdasarkan hukum Snellius yaitu jika seberkas sinar masuk pada suatu ujung serat optik (media yang transparan) dengan sudut kritis dan sinar itu datang dari medium yang mempunyai indeks bias lebih kecil dari udara menuju inti fiber optik (kuartz murni) yang mempunyai indeks bias yang lebih besar maka seluruh sinar akan merambat sepanjang inti (core) serat optik menuju ujung yang satu. Disini cladding (lihat gambar 2.7) berguna untuk memantulkan kembali cahaya kembali ke core.



Sumber Gambar Dari: Refrensih Auzaiy, Rochmah N.S 2019

2.13 Power Budget

Power budget dalam komunikasi serat optik adalah daya yang tersedia dipengiriman (Ptx) pada komunikasi serat optik yang disesuaikan dan dialokasi dengan kerugian seperti rugi penyambung (*splice*), redaman serat, rugi konektor, rugi-rugi lainnya serta penguat (EDFA) untuk memastikan bahwa kekuatan daya sinyal (Prx) tersedia cukup pada penerima agar sistem tersebut layak.

Dalam suatu sistem komunikasi serat optik, kita tidak akan lepas dari perhatian anggaran daya (*power budget*). Sistem komunikasi optik berjalan 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. RTB berkaitan erat dengan *limitasi* atau batasan dispersi suatu sinyal yang dilewatkan pada serat optik, dan tentunya berpengaruh pada kapasitas kanal yang diinginkan dari sistem optik.

Anggaran daya merupakan suatu hal yang sangat menentukan apakah suatu sistem komunikasi optik bisa berjalan dengan baik atau tidak. Karena anggaran daya menjamin agar penerima dapat menerima daya optik sinyal yang diperlukan untuk mendapatkan bit error rate (BER) yang diinginkan. Perhitungan dan analisis *power budget* merupakan salah satu metode untuk mengetahui performansi suatu jaringan. Hal ini dikarenakan metode ini bisa digunakan untuk melihat kelayakan jaringan untuk mengirimkan sinyal dari pengirim sampai ke penerima atau dari *central office terminal* (COT) sampai ke remote terminal (RT). Tujuan dilakukannya perhitungan *power budget* adalah untuk menentukan apakah komponen dan parameter disain yang dipilih dapat menghasilkan daya sinyal di penerima sesuai dengan tuntutan persyaratan performansi yang diinginkan. Dengan standar jaringan yang ditetapkan pada PT. Telkom Indonesia Adalah sebagai berikut:

1. Standar loss standarisasi pengukuran 0,15
2. Margin sistem -38 dB
3. Redaman jaringan 14-22 dBm
4. Pengukuran redaman konektor 0,5 dB
5. Pengukuran redaman spllicer 0,1-0,25
6. Jarak/km $\left(\lambda \frac{1310}{0,35} \right) \text{ dan } (\lambda 1550/0,25)$

Desain suatu sistem dapat memenuhi persyaratan apabila *System Gain* (Gs) lebih besar atau sama dengan total rugi-rugi. Daya yang diterima lebih kecil dari daya saturasi yang dapat mengakibatkan *distorsi* di

penerima. Disain *link* transmisi optik ditentukan oleh *bit rate* informasi yang ditransmisikan, panjang *link* total dan BER yang diinginkan. *Bit rate* dan panjang *link* total menentukan karakteristik serat optik, tipe sumber optik (pengirim) dan tipe *detector* optik (penerima) yang dipergunakan. Dengan mengetahui ketiga komponen tersebut, *power budget* dapat dihitung sehingga dapat diperoleh jarak transmisi maksimum antara pengirim dan penerima. contoh *power budget* dengan panjang gelombang 1550 nm. nm Secara sederhana perumusannya dapat menggunakan Persamaan berikut ini $System\ Gain\ (Gs) = P_t - MRP$ dB.....(2.9)

Total rugi-rugi (loss) dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut ini :
 $Lo\ (Total\ rugi-rugi) = D.Lf + Nc.Lc + Ns.Ls + Lps$ dB.....(2.10)

Total rugi-rugi juga dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut ini :
 $Lo = P_t - MRP - M$ dB.....(2.11)

Sedangkan untuk menghitung Margin(M), Perumusannya dapat menggunakan Persamaan berikut ini :
 $M = (P_t - MRP) - Lo$ dBm
(2.12)

Sehingga dengan mempergunakan Persamaan 2.10 dan Persamaan 2.11 diperoleh jarak transmisi maksimum dari pengirim ke penerima

Perumusannya dapat menggunakan Persamaan berikut ini :

$$D = \frac{P_t - MRP - M_{NC} - L_C - N_S \cdot L_S - L_P}{L_f} \quad \text{km} \quad (2.13)$$

13)

Keterangan :

P_t : Daya sumber optik yang dikopel ke saluran (dBm)

MRP : Daya terima minimum yang diperlukan (dBm)

G_s : System Gain (dB)

R : redaman (dBm)

f : Redaman serat/km (dB/km)

L_c : Redaman konektor (dB)

L_s : Redaman splicer total (dB)

L_{ps} : Redaman passive splitter (dB)

L_o : Total rugi-rugi (dB)

D : Jarak antara repeater atau pengirim ke penerima (km)

N_c : Jumlah konektor (dBm)

N_s : Jumlah splicer (dBm)

M : Margin yaitu selisih antara G_s dan L_o (dBm)

PB : power budget

P_s : daya sumber cahaya

A_s : redaman serat optik

Tabel 2.1 Kriteria Parameter standar perhitungan margin

Perangkat SDH	Daya sumber optik yang dikopel ke saluran (dBm)	Sensitifitas penerima terburuk (dBm)	BER
SDT1 Optical interface	0	-38	$\geq 10^{-10}$

Tabel 2.1 Menunjukkan kriteria tersebut diatas adalah memuat data-data yang perlukan pada jaringan perhitungan margin daya untuk menentukan dimana setiap port yang menghitung nilai margin harus kurang dari -38 maka jaringan port tersebut masih aman untuk di gunakan sedangkan melebihi dari +38 maka wajib diperbaiki/maintenance ulang. Dengan daya yang di kopel dengan BER akan menambah daya angka untuk memastikan port tersebut baik.

Satuan Pengukuran *Power Budget*

Jika kita lihat persamaan diatas, tentunya kita harus tahu bahwa satuan diatas menggunakan decibel (dB). dB (decibel) merupakan satuan relatif yang menyatakan level daya atau tegangan yang dilogaritmakan.

Ada satuan *absolut* ada yang relatif. Untuk satuan *absolut* adalah:

dBm menyatakan level daya terhadap referensi daya 1 miliwatt.

$$\text{Daya (dBm)} = 10 \log P(\text{mwatt})/1 \text{ mwatt}$$

Level tegangan pada satuan ini umum digunakan pada komponen komponen sistem optik, misalnya sumber optik dan penerima optik.

dBW : menyatakan level daya terhadap referensi daya 1 watt. Daya
 $(\text{dBW}) = 10 \log P(\text{watt})/1 \text{ watt}$ satuan-satuan lainnya seperti : dBv, dBm, dBmc,

Hubungan antara satuan mutlak yang satu dengan yang lainnya

adalah: $0 \text{ dBm} = -30 \text{ dBW} = +90 \text{ dBm} = +92 \text{ dBmc} = 1 \text{ mwatt}$

Satuan tersebut diatas adalah satuan *absolut* yang memiliki tingkat tersendiri. Sementara itu ada satuan relatif yaitu dB dan Neper.

2.14 Jaringan Telekomunikasi Serat Optik

Jaringan serat optik merupakan suatu jaringan yang menjadikan serat optik sebagai media penghantarnya. Jaringan serat optik terdiri dari berbagai elemen transmisi serat optik sehingga dapat digunakan untuk aliran berbagai jenis informasi. Dalam jaringan serat optik terdapat berbagai pilihan topologi jaringan yaitu *active star*, *linear bus* dan *topologi ring*.

Topologi jaringan serat optik

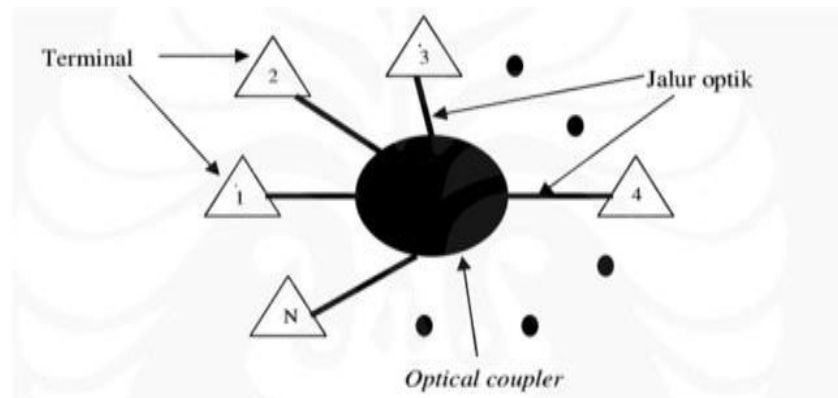
Jaringan serat optik memiliki berbagai macam topologi yang dapat disesuaikan dengan keadaan jaringan yang akan disambungkan, baik dari segi kebutuhan, geografis, bahkan biaya.

Topologi Bus

Seperti topologi bus pada jaringan komunikasi dengan media lain seperti *coaxial*, topologi bus pada jaringan serat optik terdiri dari beberapa *coupler* yang terhubung dalam suatu saluran *linear* dengan kabel serat optik sebagai medianya. Setiap *coupler* itu terhubung langsung dengan terminal-terminal yang membutuhkannya. *Coupler* pada topologi ini dapat berupa *coupler* aktif maupun pasif. Dibandingkan dengan jenis topologi lainnya, terutama topologi star, topologi ini memiliki nilai rugi-rugi daya yang paling besar.

O Topologi Star

Pada topologi star, setiap terminal pada jaringan terhubung pada suatu titik utama yang disebut sentral. Pada dasarnya sentral ini merupakan *coupler* yang bisa aktif maupun pasif. Pada *coupler* aktif, semua jalur routing pada jaringan dapat diatur oleh sentral. Sedangkan apabila yang digunakan adalah *coupler* pasif, maka dibutuhkan *power splitter* yang berfungsi untuk membagi sinyal optik yang masuk dan keluar dari setiap terminal yang terhubung.



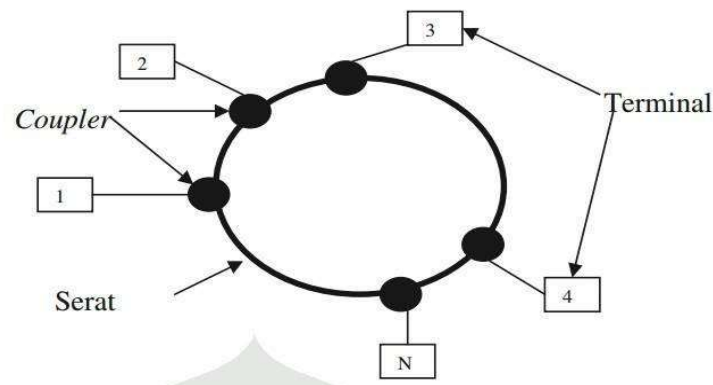
Gambar 2.8 Topologi Star Jaringan Serat Optik

Sumber Gambar Dari : Refrensih Muh. Armin

Topologi Ring

Topologi ring memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah tingkat kehandalan yang lebih baik dibandingkan dengan topologi lainnya. Dalam topologi ring, contoh ring SDH atau SONET, dapat

digunakan kabel dua arah sehingga keadaan jaringan lebih aman sehubungan dengan adanya saluran cadangan. Topologi ini juga dapat menghemat penggunaan serat optik yang aktif, namun dilain sisi jumlah serat optik yang dibutuhkan lebih banyak.



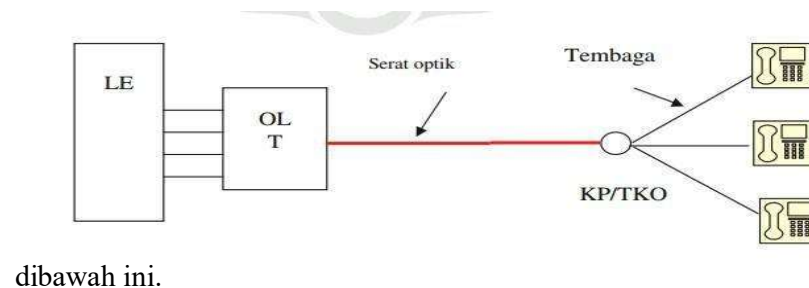
Gambar 2.9 Topologi Ring Jaringan Serat Optik

Sumber Gambar Dari : Muh. Armin

Didapatkan perwakilan ciri-ciri isyarat pemantulan balik bagi suatu serat optik melalui panjangnya dalam bentuk grafik. Sifat-sifat jaringan serat optik ditentukan dengan menganalisa amplitudo dan ciri-ciri temporari dalam bentuk gelombang cahaya penyebaran balik. OTDR memplot ciri-ciri ini dalam bentuk grafik pada hasil skrin paparannya, dimana untuk jarak ditunjukkan oleh sumbu-x dan sedangkan isyarat pemantulan balik ditunjukkan pada sumbu-y dalam unit dB. Selanjutnya informasi seperti pelemahan serat optik, kehilangan penceraai, kehilangan penyambung dan lokasi kecacatan dapat ditentukan dari hasil paparan ini.

2.15 FTTZ (Fiber To The Zone)

Pada modus aplikasi FTTZ (fiber to the zone), TKO terletak diluar bangunan didalam kabinet maupun manhole. Apabila dianalogikan dengan konfigurasi jaringan tembaga, maka keberadaan TKO pada modus ini berada pada posisi RK. Dari RK, pelanggan dihubungkan dengan kabel tembaga sekunder sampai ke KP dan disambung dengan kabel tembaga lagi sampai ke pelanggan-pelanggan. Pada umumnya, jarak sambungan tembaga pelanggan ke TKO adalah sebesar 3-5 km. Lihat Gambar 2.1



Sumber Gambar Dari : Muh. Armin 2018

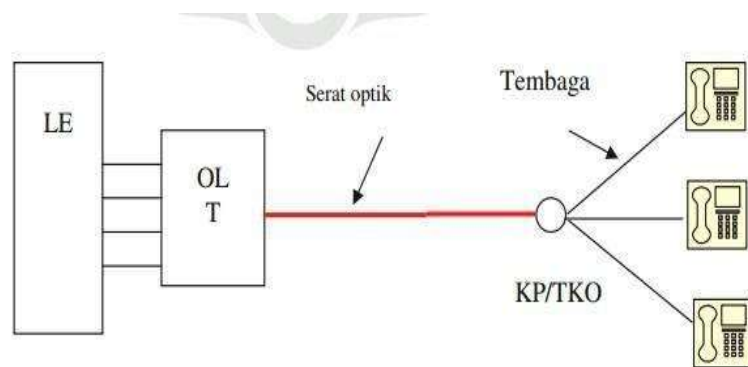
Modus ini cocok diterapkan pada kondisi area pelanggan yang berupa perumahan penduduk dengan tingkat jumlah pelanggan yang relatif sedikit.

Gambar 2.10 Modus Aplikasi Fttz Pada Jarkolaf

2.16 FTTC (Fiber To The Curb)

Konsep dari FTTC (*fiber to the curb*) adalah membawa akses fiber optik sampai ke suatu area perumahan yang ruang lingkungnya lebih kecil dibandingkan FTTZ. Peletakan TKO pada FTTC dapat dianalogikan seperti fungsi KP pada jaringan akses tembaga. TKO diletakkan pada suatu titik di area tersebut dan setiap terminal pelanggan pada area tersebut terhubung dengan TKO

menggunakan kabel tembaga sepanjang 200 sampai dengan 500 meter. Arsitektur modus aplikasi FTTC adalah seperti yang terlihat pada gambar 2.11 dibawah ini .



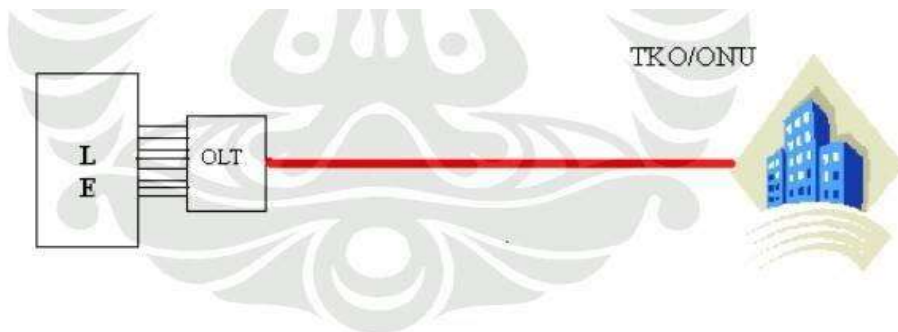
Gambar 2.11 Modus Aplikasi FTTC Pada Jarkolaz

Sumber Gambar Dari : Muh. Armin 2018

2.17 FTTB (Fiber To The Building)

FTTB (*fiber to the building*) merupakan suatu alternatif modus aplikasi yang disediakan JARLOKAF kepada gedung-gedung yang menginginkan koneksi ke jaringan akses menggunakan serat optik. Pada modus aplikasi FTTB, TKO diletakkan didalam bangunan atau dengan

kata lain perangkat optik seperti ONU terletak didalam bangunan tersebut. Pada umumnya FTTB dilaksanakan pada kondisi dimana suatu bangunan besar dan tinggi dengan jumlah satuan sambungan telepon (sst) yang cukup banyak tersambung didalamnya. Peletakan TKO atau ONU tersebut biasanya didalam ruangan gedung. Banyaknya titik yang merupakan TKO pada gedung tersebut dapat bervariasi tergantung dengan jumlah pelanggan, dan kebutuhan pelanggan yang berada pada gedung tersebut. TKO dapat berada di salah satu lantai atau beberapa lantai sekaligus, walaupun tentunya hal ini tidak efektif. Setiap terminal pelanggan didalam bangunan tersebut akan terhubung dengan TKO didalam gedung tersebut dengan menggunakan kabel tembaga indoor. Arsitektur modus aplikasi FTTB dapat dilihat pada gambar 2.12 dibawah ini.



Gambar 2.12 Arsitektur Aplikasi JARKOLAZ FTTB