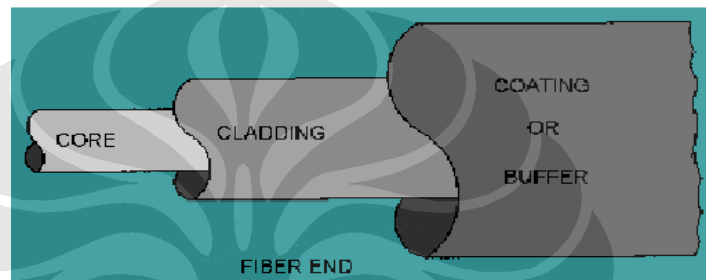


BAB II

SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

2.1 Serat Optik

Serat optik (lihat Gambar 2.1) adalah alat optik yang berguna untuk mentransmisikan informasi melalui media cahaya. Teknologi ini melakukan perubahan sinyal listrik kedalam sinyal cahaya yang kemudian disalurkan melalui serat optik dan selanjutnya di konversi kembali menjadi sinyal listrik pada bagian penerima.



Gambar 2.1 Struktur *fiber optic*[1]

Secara umum struktur serat 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*.

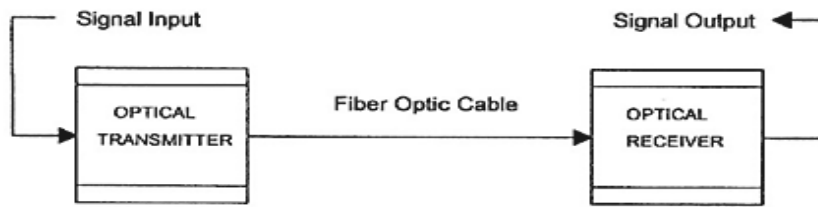
3. Jaket(*coating*)

Jaket berfungsi sebagai pelindung mekanis yang melindungi *fiber optic* dari kotoran, goresan, dan kerusakan lainnya.

2.1.1 Komponen Serat Optik

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

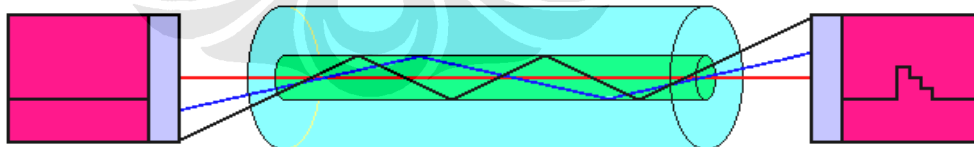
yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2. Ketiga komponen ini mutlak dimiliki dalam suatu dasar transmisi serat optik.



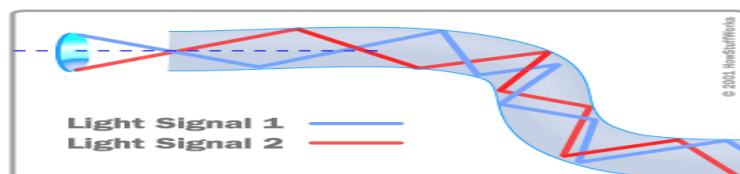
Gambar 2.2. Skema transmisi serat optik[2]

2.1.2 Cara Kerja Serat Optik

Penemuan serat optik sebagai media transmisi pada suatu sistem komunikasi didasarkan pada hukum Snellius untuk perambatan cahaya pada media transparan seperti pada kaca yang terbuat dari *kuartz* kualitas tinggi dan dibentuk dari dua lapisan utama yaitu lapisan inti dengan indeks bias n_1 dan dilapisi oleh *cladding* dengan indeks bias n_2 yang lebih kecil dari n_1 . Menurut hukum Snellius 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 2.3 dan Gambar 2.4) berguna untuk memantulkan kembali cahaya kembali ke *core*. [3]



Gambar 2.3 Perambatan cahaya pada serat optik yang lurus[4]



Gambar 2.4 Perambatan cahaya pada serat optik yang melengkung[2]

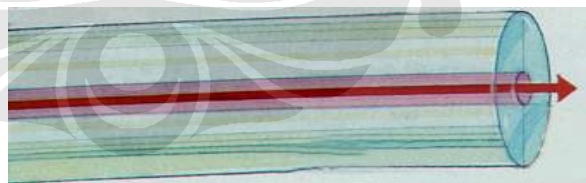
Cahaya pada serat optik merambat melalui *core* dengan secara terus-menerus memantul dari *cladding*, prinsip ini dikenal dengan *total internal reflection* yaitu ketika dua material yang mempunyai dua indeks bias yang berbeda dimana $n_1 > n_2$ maka *total internal reflection* akan terjadi apabila sudut datang (θ_i) pada material dengan indeks n_1 lebih besar dibanding sudut kritis (θ_c). *Cladding* tidak menyerap cahaya apapun dari *core*, gelombang cahaya dapat merambat pada jarak yang sangat jauh. Tapi bagaimanapun juga, beberapa sinyal cahaya menurun di dalam *fiber*, karena ketidakmurnian kaca. Besarnya penurunan sinyal bergantung pada kemurnian kaca dan panjang gelombang cahaya yang ditransmisikan (Contoh, 850 nm = 60 to 75 persen/km, 1300 nm = 50 to 60 persen/km, 1550 nm = lebih besar dari 50 persen/km).

2.1.3 Jenis Serat Optik

Secara umum terdapat dua jenis serat optik yaitu :

a. Serat optik *single mode*

Serat optik jenis ini (Lihat Gambar 2.5) memiliki diameter inti yang sangat kecil antara 8–10 *micron* sehingga cahaya hanya dapat merambat melalui satu *mode* saja[5], seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.5. Biasanya digunakan untuk transmisi jarak jauh dengan kecepatan tinggi dan memiliki *loss* yang lebih kecil dari pada *multimode fiber optic*.

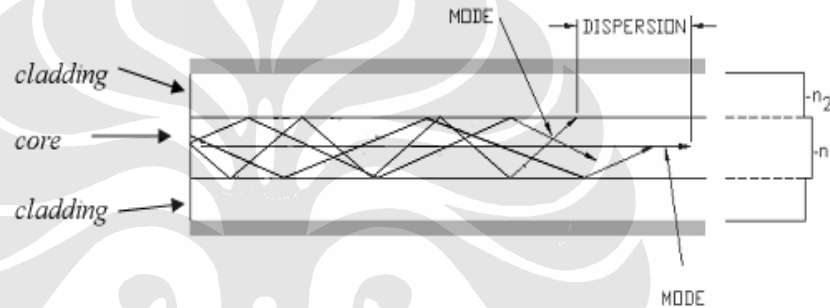


Gambar 2.5 *Fiber optic single mode*[6]

Serat optik *single-mode* memiliki bandwidth yang lebih besar dibandingkan dengan mode lainnya, dimana serat optik ini juga memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mentransmisikan *impuls* pada penerimanya.

b. Serat Optik *multimode*

Serat optik jenis ini (lihat Gambar 2.6) memiliki diameter inti 50–80 *micron* sehingga cahaya dapat merambat melalui beragam *mode* (lintasan/*path*). Pada saat sebuah pulsa cahaya melalui *fiber optic multimode*, daya pulsa didistribusikan hampir ke seluruh *mode* dimana setiap *mode* memiliki kecepatan yang berbeda, sehingga *mode* dengan kecepatan yang lebih tinggi akan sampai terlebih dahulu. Fenomena ini disebut *modal dispersion* dan mengakibatkan pulsa yang dikirim mengalami pelebaran. Serat optik jenis ini biasanya digunakan untuk transmisi jarak pendek dengan kecepatan rendah, karena memiliki *loss* yang besar.



Gambar 2.6 Serat optik *multimode*[7]

Serat optik *multimode* dapat dibagi 2 yaitu

- *Step index multimode*

Serat optik *step index multimode* (lihat Gambar 2.7) memiliki nilai indeks bias inti (n_1) yang seragam di seluruh bagian inti. Keseragaman ini mengakibatkan adanya selisih yang cukup besar antara indeks bias inti (n_1) dengan indeks bias *cladding* (n_2). Perbedaan indeks bias inilah yang disebut dengan beda indeks (Δ) dan secara sistematis dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.1).[8]

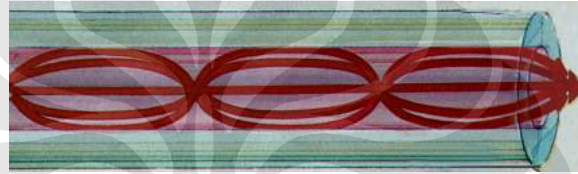
$$\Delta \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (2.1)$$



Gambar 2.7 Step Index Multimode[6]

- *Graded index multimode*

Jenis ini (lihat Gambar 2.8) memiliki inti dengan indeks bias yang berangsur-angsur mengecil ketika jaraknya semakin jauh dari sumbu inti dan akan membentuk *mode* parabola.



Gambar 2.8 Grand Index Multimode[6]

2.2 Rugi-rugi Serat optik

Ada beberapa komponen yang menjadi bahan pertimbangan dalam mendisain suatu jaringan. Salah satunya adalah rugi-rugi transmisi serat optik (*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 *bandwidht* 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

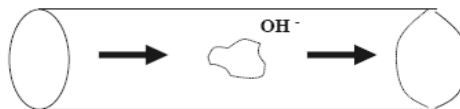
dB/km dan dilambangkan dengan α . Perumusannya secara sistematis dapat menggunakan Persamaan (2.2) berikut ini[8]

$$\alpha = \frac{10}{l} \log \left[\frac{P(0)}{P(l)} \right] \text{ (dB/km)} \quad (2.2)$$

2.2.1 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 (lihat Gambar 2.9), 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 besi, tembaga, dan khromium.



Gambar 2.9 Molekul-Molekul air yang terdapat dalam inti *glass*[8]

Berikut adalah perumusan *loss-loss* diatas menggunakan Persamaan 2.3 dan 2.4 berikut ini[8]

$$\alpha_{uv} = \frac{154.2x}{46.6x + 60} \times 10^{-2} e^{\left(\frac{4.63}{\lambda}\right)} \quad (2.3)$$

$$\alpha_{IR} = 7.81 \times 10^{11} \times e^{\left(\frac{-48.8}{\lambda}\right)} \quad (2.4)$$

dengan α_{uv} = ultraviolet loss (dB/km)

x = mole fraction

α_{IR} = Infrared loss (dB/km)

λ = Panjang gelombang sinar pembawa

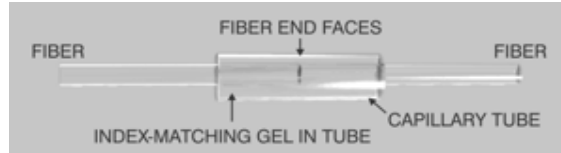
2.2.2 Rugi-rugi Pada Inti dan *Cladding*

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* itu sendiri.

2.2.3 Rugi-rugi Pada Konektor dan *Splice*

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* (lihat Gambar 2.10) 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 splice* yang merupakan *splice* yang diperbaiki dari *splice* sebelumnya yang mengalami kerusakan atau gangguan lain.



Gambar 2.10 *Splice* pada 2 buah *fiber optic*[9]

Konektor dan *splice* keduanya memiliki kontribusi terhadap rugi-rugi pada transmisi sinyal optik pada serat. Sinyal yang berpropagasi dan melalui komponen-komponen 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 *splice* diantara dua buah serat optik disebut *insertion loss*. Perumusannya dapat menggunakan Persamaan (2.5) berikut ini[8].

$$Loss = 10 \log_{10} (P_1/P_2) \quad (2.5)$$

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:

- a) rugi-rugi akibat ketidaksinkronan NA,
- b) rugi-rugi akibat ketidaksinkronan ukuran inti/*cladding*.

Ketidaksinkronan 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 ketidaksinkronan NA ini dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.6) berikut ini[8].

$$Loss_{NA} = -10 \log_{10} (NA_r/NA_t)^2 \quad (2.6)$$

Ukuran inti dan *cladding* yang berbeda juga menyebabkan hilangnya sebagian daya dari sinyal yang ditransmisikan. Ketika ukuran inti serat optik yang mentransmisikan (dia_t) lebih besar dari diameter inti yang menerima (dia_r), maka terjadi rugi-rugi. Perumusannya dapat menggunakan Persamaan (2.7) berikut ini[8]

$$Loss_{inti} = -10 \log_{10} (dia_r/dia_t)^2 \quad (2.7)$$

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 ke arah 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* (R). Perumusannya dapat menggunakan Persamaan (2.8) berikut ini[8].

$$R = \left(\frac{n_1 - n}{n_1 + n} \right)^2 \quad (2.8)$$

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 (2.9) berikut ini[8].

$$Loss \text{ (dB)} = -10 \log (1-R) \quad (2.9)$$

2.2.4 Hamburan

Rugi-rugi ini berasal dari variasi mikroskopik pada kepadatan material. Pada dasarnya, serat optik terbentuk dari beberapa molekul. Keberadaan molekul pada serat optik ini memiliki kepadatan molekul yang lebih padat pada suatu daerah dibanding dengan daerah lainnya. Adanya perbedaan ini menimbulkan variasi indeks bias pada serat optik dalam jarak tertentu yang relatif kecil dibandingkan dengan panjang gelombang. Variasi indeks bias ini menyebabkan hamburan Rayleigh dari cahaya tersebut. Hamburan Rayleigh ini berbanding terbalik dengan λ^4 sehingga nilai rugi-rugi hamburan akan berkurang seiring dengan penambahan panjang gelombang. Fungsi rugi-rugi hamburan secara matematis perumusannya dapat menggunakan Persamaan (2.10) berikut ini[8].

$$\alpha_{scat} = \frac{8\pi^3}{3\lambda^4} (n^2 - 1)^2 k_B T_f \beta_T \quad (2.10)$$

dengan : α_{scat} = rugi-rugi hamburan (dB/km)

k_B = konstanta Boltzmann

T_f = titik beku

β_T = *isothermal compressibility* dari material

n = indeks bias

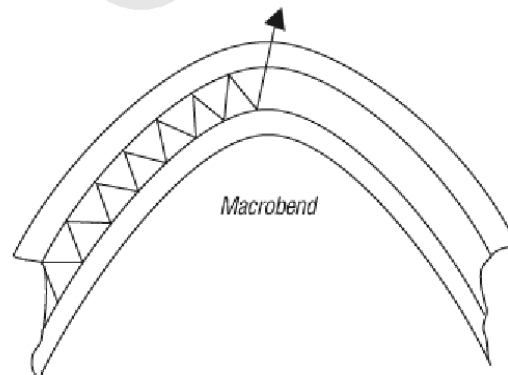
2.2.5 Pembengkokan

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 fisis 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.

a. Pembengkokan makro

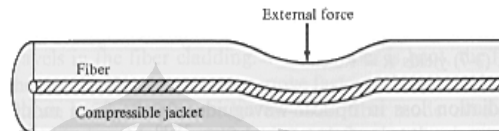
Pembengkokan makro (lihat Gambar 2.11) adalah pembengkokan kabel optik dengan radius pembengkokan yang mempengaruhi banyaknya pelemahan sinyal yang berpropagasi dalam inti. Adanya pembengkokan dengan radius pembengkokan lebih besar dari radius inti serat optik mengakibatkan sebagian sinyal hilang terutama dalam pembengkokan serat optik.



Gambar 2.11 Rugi-rugi pembengkokan makro[8]

b. Pembengkokan mikro

Pembengkokan mikro (lihat Gambar 2.12) 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 halnya pembengkokan mikro dimana sinyal yang berpropagasi akan hilang pada saat berpropagasi.

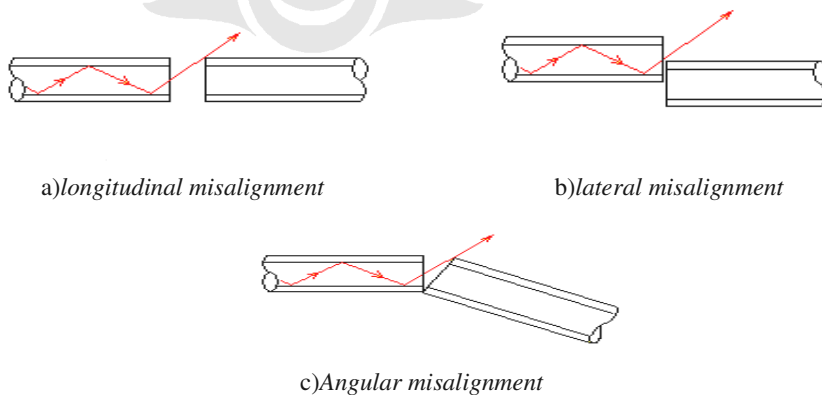


Gambar 2.12 Pembengkokan mikro pada serat optik akibat tekanan dari luar kabel[8]

Pembengkokan mikro yang diakibatkan oleh tekanan dari luar kabel diantisipasi dengan mempergunakan pembungkus yang lebih kuat dan tidak sensitif terhadap pengaruh eksternal.

2.2.6 Coupling losses

Pada kabel serat optik, *coupling losses* (lihat Gambar 2.13) dapat terjadi pada tiga tipe sambungan optik, yaitu: sambungan *light source-to-fiber*, sambungan *fiber-to-fiber*, dan sambungan *fiber-to-photodetector*. Rugi-rugi sambungan lebih sering disebabkan pada salah satu masalah-masalah penyambungan yang bisa terjadi pada saluran (*lateral misalignment*), *longitudinal misalignment*, dan (sudut) *angular misalignment*.



Gambar 2.13 Coupling Losses: a)longitudinal misalignment b)lateral misalignment c)Angular misalignment [8]

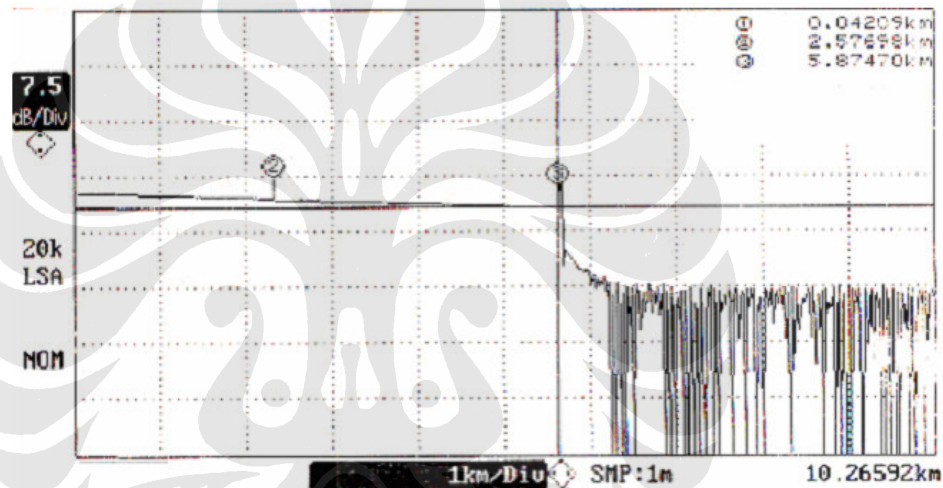
Kesemua jenis *misalignment* ini memiliki prinsip yang sama, yaitu inti dari serat optik pengirim dengan serat optik penerima tidak bertemu dengan keadaan yang sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh *misalignment* bukan karena perbedaan karakteristik serat optik, namun lebih mengacu kepada kesalahan mekanis yang sangat mungkin terjadi pada instalasi serat optik dalam suatu saluran transmisi. Masing-masing *misalignment* memiliki parameter yang berbeda-beda sehingga perhitungan rugi-rugi pada setiap *misalignment* juga berbeda-beda.

2.3 Analisis Power Budget

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.

Disain suatu sistem dapat memenuhi persyaratan apabila *System Gain* (G_s) 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. Lihat Gambar 2.14 contoh power budget dengan panjang gelombang 1550 nm.



Gambar 2.14 Contoh power budget dengan panjang gelombang 1300 nm

Secara sederhana perumusannya dapat menggunakan Persamaan (2.11) berikut ini[8].

$$\text{System Gain } (G_s) = P_t - \text{MRP} \text{ dB} \quad (2.11)$$

Total rugi-rugi (*loss*) dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.12) berikut ini[8].

$$L_o (\text{Total rugi-rugi}) = D.L_f + N_c.L_c + N_s.L_s + L_{ps} \text{ dB} \quad (2.12)$$

Total rugi-rugi juga dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.13) berikut ini[8].

$$L_o = P_t - \text{MRP} - M \text{ dB} \quad (2.13)$$

Sedangkan untuk menghitung *Margin*(M), Perumusannya dapat menggunakan Persamaan (2.14) berikut ini[8].

$$M = (P_t - \text{MRP}) - L_o \text{ dBm} \quad (2.14)$$

Sehingga dengan mempergunakan Persamaan 2.12 dan Persamaan 2.13 diperoleh jarak transmisi maksimum dari pengirim ke penerima, Perumusannya dapat menggunakan Persamaan (2.15) berikut ini[8].

$$D = \frac{P_t - MRP - M - N_c.L_c - N_s.L_s - L_{ps}}{L_f} \text{ km} \quad (2.15)$$

Keterangan :

- Pt : Daya sumber optik yang dikopel ke saluran (dBm)
- MRP : Daya terima minimum yang diperlukan (dBm)
- Gs : System Gain (dB)
- Lf : Redaman serat/km (dB/km)
- Lc : Redaman konektor (dB)
- Ls : Redaman Splice total (dB)
- Lps : Redaman passive splitter (dB)
- Lo : Total rugi-rugi (dB)
- D : Jarak antara repeater atau pengirim ke penerima (km)
- Nc : Jumlah konektor
- Ns : Jumlah splice
- M : Margin yaitu selisih antara Gs dan Lo (dBm)

2.3.1 Satuan Pengukuran *Power Budget*

Jika kita lihat persamaan diatas, tentunya kita harus tahu bahwa satuan-satuan diatas menggunakan *decibel* (dB) [5]. 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.
 $\text{Daya (dBw)} = 10 \log P(\text{watt})/1 \text{ watt}$
- 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 satuan tersebut diatas adalah satuan absolut yang memiliki tingkat tersendiri. Sementara itu ada satuan relatif yaitu dB dan Neper.

2.4. Jaringan Telekomunikasi Serat Optik

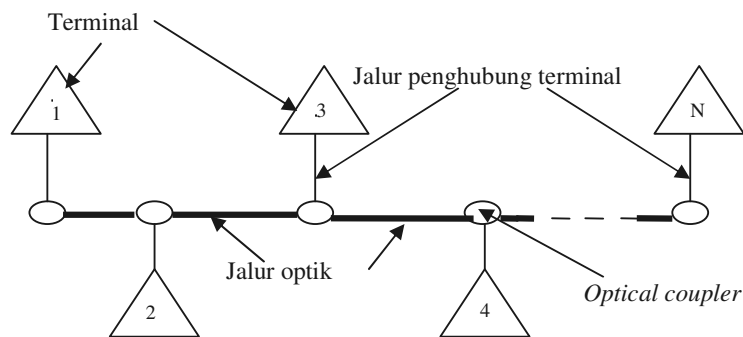
Jaringan serat optik merupakan suatu jaringan yang menjadikan serat optik sebagai media penghantarnya. Jaringan serat optik terdiri dari berbagai elemen transmisi serat optik sehingga dapat digunakan untuk aliran berbagai jenis informasi. Dalam jaringan serat optik terdapat berbagai pilihan topologi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

2.4.1. 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.

2.4.1.1. 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. Gambar topologi jaringan ini dapat terlihat pada gambar 2.15.

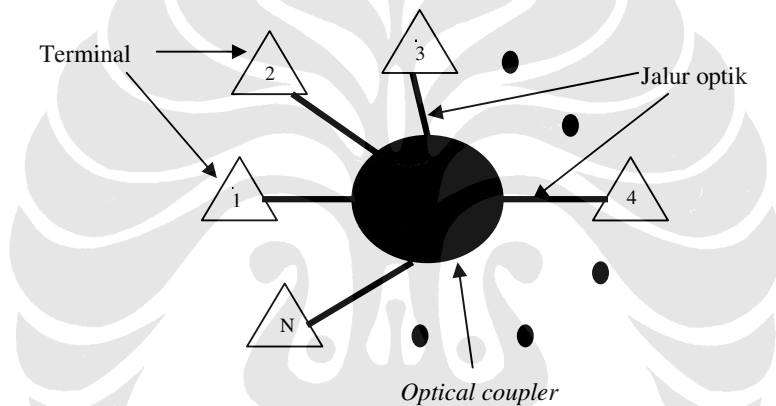


Gambar 2.15. Topologi bus jaringan serat optik[2]

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.

2.4.1.2. Topologi *star*

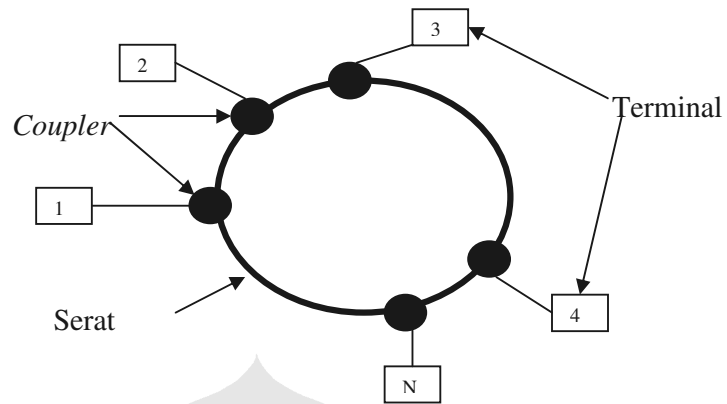
Pada topologi *star*, setiap terminal pada jaringan terhubung pada suatu titik utama yang disebut sentral. Pada dasarnya sentral ini merupakan *coupler* yang bisa aktif maupun pasif. Pada *coupler* aktif, semua jalur routing pada jaringan dapat diatur oleh sentral. Sedangkan apabila yang digunakan adalah *coupler* pasif, maka dibutuhkan *power splitter* yang berfungsi untuk membagi sinyal optik yang masuk dan keluar dari setiap terminal yang terhubung. Lihat Gambar 2.16



Gambar 2.16. Topologi *star* jaringan serat optik [2]

2.4.1.3. 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. Bentuk topologi *ring* ini dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.17. Topologi ring jaringan serat optik [2]

