

REVOLUSI DUNIA TELEKOMUNIKASI DENGAN SERAT OPTIK

Hasanah

Dosen Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik
Universitas Negeri Makassar

ABSTRAK

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 yang lebih murah daripada system kawat tembaga. Sistem serat optik dikatakan merevolusi dunia telekomunikasi, karena dibandingkan dengan sistem konvensional menggunakan kabel logam (tembaga) biasa, serat optik memiliki beberapa kelebihan, antara lain: 1) Redaman transmisi yang kecil, 2) Bidang frekuensi yang lebar, 3) Ukurannya kecil dan ringan, 4) Tidak ada interferensi, 5) Kelebihan lain. Adanya isolasi antara pengirim (*transmitter*) dan penerimanya (*receiver*), tidak ada *ground loop* serta tidak akan terjadi hubungan api pada saat kontak atau terputusnya serat optik. Dengan demikian sangat aman dipasang di tempat-tempat yang mudah terbakar. Seperti pada industri minyak, kimia, dan sebagainya. Teknologi serat optik, menggunakan cahaya untuk mengirimkan informasi (data). Cahaya yang membawa informasi dapat dipandu melalui serat optik berdasarkan fenomena fisika yang disebut *total internal reflection* (pemantulan sempurna). Secara tinjauan cahaya sebagai gelombang elektromagnetik, informasi dibawa sebagai kumpulan gelombang-gelombang elektro-magnetik terpandu yang disebut mode. Serat optik terbagi menjadi 2 tipe yaitu *single mode* dan *multi mode*. Secara umum system komunikasi serat optik terdiri dari : *transmitter*, serat optik sebagai saluran informasi dan *receiver*. Pada *transmitter* terdapat *modulator*, *carrier source* dan *channel coupler*, pada saluran informasi serat optik terdapat *repeater* dan sambungan sedangkan pada receiver terdapat *photo detector*, *amplifier* dan *data processing*. Sebagai sumber cahaya untuk sistem komunikasi serat optik digunakan LED atau *Laser Diode* (LD).

Kata Kunci : Serat optik, merevolusi, saluran informasi, transmitter, modulator, carrier source, channel coupler, LED, photo detector.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dan penerapan teknologi telekomunikasi di dunia yang berkembang dengan cepat, secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi perkembangan sistem telekomunikasi di Indonesia. Beroperasinya satelit telekomunikasi Palapa dan kemudian pemakaian SKSO (Sistem Komunikasi Serat Optik) di

Indonesia merupakan bukti bahwa Indonesia juga mengikuti dan mempergunakan teknologi ini di bidang telekomunikasi. Fiber optik adalah sebuah kaca murni yang panjang dan tipis serta berdiameter sebesar rambut manusia. Dan dalam penggunaannya beberapa fiber optik dijadikan satu dalam sebuah tempat yang dinamakan kabel optik dan digunakan untuk mengantarkan data digital yang

berupa sinar dalam jarak yang sangat jauh. Tidak disangkal lagi bahwa serat optik akan memberikan kemungkinan yang lebih baik bagi jaringan telekomunikasi. Serat optik adalah salah satu media transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas besar dengan keandalan yang tinggi. Berbeda dengan media transmisi lainnya, maka pada serat optik gelombang pembawanya tidak merupakan gelombang elektromagnet atau listrik, akan tetapi merupakan sinar/cahaya laser. Sistem telekomunikasi ini sebenarnya sudah diteliti sejak lama, tetapi karena banyaknya kesulitan atau hambatan yang timbul terutama di dalam usaha menghilangkan kotoran dalam pembuatan serat optik. Kotoran di dalam serat optik dapat mengakibatkan rugi-rugi transmisi dan dispersi yang tidak sempurna.

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.

Mengapa sistem serat optik dikatakan merevolusi dunia telekomunikasi ? ini karena dibandingkan dengan sistem konvensional menggunakan kabel logam (tembaga) biasa, serat optik memiliki beberapa kelebihan, antara lain: 1) Redaman transmisi yang kecil. Sistem telekomunikasi serat optik mempunyai redaman transmisi per km relatif kecil dibandingkan dengan transmisi lainnya, seperti kabel coaxial ataupun kabel PCM. Ini berarti serat optik sangat sesuai untuk dipergunakan pada telekomunikasi jarak jauh, sebab hanya membutuhkan repeater yang jumlahnya lebih sedikit; 2) Bidang frekuensi yang lebar. Secara teoritis serat optik dapat dipergunakan dengan kecepatan yang tinggi, hingga mencapai beberapa Gigabit/detik. Dengan demikian sistem ini dapat dipergunakan untuk membawa sinyal informasi dalam jumlah yang besar hanya dalam satu buah serat optik yang halus; 3) Ukurannya kecil dan ringan. Dengan demikian sangat memudahkan pengangkutan pemasangan di lokasi. Misalnya dapat dipasang dengan kabel lama, tanpa harus membuat lubang polongan yang baru; 4) Tidak ada interferensi. Hal ini disebabkan sistem

transmisi serat optik mempergunakan sinar/cahaya laser sebagai gelombang pembawanya. Sebagai akibatnya akan bebas dari cakup silang (*cross talk*) yang sering terjadi pada kabel biasa. Atau dengan perkataan lain kualitas transmisi atau telekomunikasi yang dihasilkan lebih baik dibandingkan transmisi dengan kabel. Dengan tidak terjadinya interferensi akan memungkinkan kabel serat optik dipasang pada jaringan tenaga listrik tegangan tinggi (*high voltage*) tanpa khawatir adanya gangguan yang disebabkan oleh tegangan tinggi; 5) Kelebihan lain. Adanya isolasi antara pengirim (*transmitter*) dan penerimanya (*receiver*), tidak ada *ground loop* serta tidak akan terjadi hubungan api pada saat kontak atau terputusnya serat optik. Dengan demikian sangat aman dipasang di tempat-tempat yang mudah terbakar. Seperti pada industri minyak, kimia, dan sebagainya (<mailto:elektron@hme.ee.itb.ac.id> /akses 18-12-09)

Pesatnya perkembangan arus informasi dan komputerisasi dapat diartikan sebagai berkembangnya permintaan terhadap komunikasi data. Di masa lalu, lalu lintas komunikasi data dilayani oleh kabel tembaga. Dan saat ini telah berkembang pesat teknologi serat optik sebagai alternatif penggantinya. Sejak penemuannya, serat optik menjadi

bagian yang sangat penting dalam komunikasi modern. Untuk beberapa tahun mendatang, serat optik akan menggantikan kabel tembaga sebagai standar komunikasi.

Mencermati beberapa kelebihan dari teknologi serat optik yang telah dijelaskan di atas, maka serat optik merupakan solusi cerdas dunia telekomunikasi untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain dengan kecepatan tinggi. Cahaya yang ada di dalam serat optik sulit keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit. Kecepatan transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi.

II. PEMBAHASAN

A. Sejarah Perkembangan Teknologi Serat Optik

Pada tahun 1880 Alexander Graham Bell menciptakan sebuah sistem komunikasi cahaya yang disebut *photo-phone* dengan menggunakan cahaya matahari yang dipantulkan dari sebuah cermin *suara-termodulasi* tipis untuk membawa percakapan, pada penerima cahaya matahari termodulasi mengenai sebuah foto-konduktif sel-selenium, yang merubahnya menjadi arus listrik, sebuah penerima telepon melengkapi sistem.

Photophone tidak pernah mencapai sukses komersial, walaupun sistem tersebut bekerja cukup baik. Penerobosan besar yang membawa pada teknologi komunikasi serat optik dengan kapasitas tinggi adalah penemuan Laser pada tahun 1960, namun pada tahun tersebut kunci utama di dalam sistem serat praktis belum ditemukan yaitu serat yang efisien. Baru pada tahun 1970 serat dengan loss yang rendah dikembangkan dan komunikasi serat optik menjadi praktis (Serat optik yang digunakan berbentuk silinder seperti kawat pada umumnya, terdiri dari inti serat (*core*) yang dibungkus oleh kulit (*cladding*) dan keduanya dilindungi oleh jaket pelindung (*buffer coating*)). Ini terjadi hanya 100 tahun setelah John Tyndall, seorang fisikawan Inggris, mendemonstrasikan kepada Royal Society bahwa cahaya dapat dipandu sepanjang kurva aliran air. Dipandunya cahaya oleh sebuah serat optik dan oleh aliran air adalah peristiwa dari fenomena yang sama yaitu *total internal reflection*.

Teknologi serat optik selalu berhadapan dengan masalah 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, digunakan besaran kapasitas transmisi diukur dalam 1

Gb.km/s yang artinya 1 milyar bit dapat disampaikan tiap detik melalui jarak 1 km.

Berikut adalah beberapa tahap sejarah perkembangan teknologi serat optik. (<http://www.howstuffworks.com>, akses 17-Desember 2009):

1. Generasi Pertama,

Dimulai tahun 1970, sistem masih sederhana dan menjadi dasar bagi sistem generasi berikutnya terdiri dari : 1) *Encoding* : Mengubah input (misal suara) menjadi sinyal listrik, 2) *Transmitter* : Mengubah sinyal listrik menjadi gelombang cahaya termodulasi, berupa LED dengan panjang gelombang 0,87 μm ; 3) Serat Silika : Sebagai pengantar gelombang cahaya, 4) *Repeater* : Sebagai penguat gelombang cahaya yang melemah di jalan, 5) *Receiver* : Mengubah gelombang cahaya termodulasi menjadi sinyal listrik, berupa foto-detektor, 6) *Decoding* : Mengubah sinyal listrik menjadi output (misal suara), 7) *Repeater* bekerja dengan merubah gelombang cahaya menjadi sinyal listrik, kemudian diperkuat secara elektronik dan diubah kembali menjadi gelombang cahaya.

2. Generasi Ke- Dua,

Generasi ke-dua dimulai tahun 1981, adalah perbaikan dari generasi ke-satu, antara lain: 1) Untuk mengurangi efek dispersi, ukuran inti serat diperkecil, 2) Indeks bias kulit dibuat sedekat-dekatnya

dengan indeks bias inti, 3) Menggunakan diode laser, panjang gelombang yang dipancarkan 1,3 μm , 4) Kapasitas transmisi menjadi 100 Gb.km/s.

3. *Generasi Ke- Tiga*

Generasi ke-tiga dimulai pada tahun 1982: 1) Penyempurnaan pembuatan serat silika, 2) Pembuatan chip diode laser berpanjang gelombang 1,55 μm , 3) Kemurniaan bahan silika ditingkatkan sehingga transparansinya dapat dibuat, 4) untuk panjang gelombang sekitar 1,2 μm sampai 1,6 μm , 5) Kapasitas transmisi menjadi beberapa ratus Gb.km/s.

4. *Generasi Ke- Empat* (mulai tahun 1984)

Dimulainya tahun 1984 dengan riset dan pengembangan sistem koheren, modulasinya bukan modulasi intensitas melainkan modulasi frekuensi, sehingga sinyal yang sudah lemah intensitasnya masih dapat dideteksi, maka jarak yang dapat ditempuh, juga kapasitas transmisinya, ikut membesar, dengan beberapa kriteria: 1) Pada tahun 1984 kapasitasnya sudah dapat menyamai kapasitas sistem deteksi langsung (modulasi intensitas), 2) Terhambat perkembangannya karena teknologi piranti sumber dan deteksi modulasi frekuensi masih jauh tertinggal.

5. *Generasi Ke- Lima*

Dimulai tahun 1989 dengan dikembangkan suatu penguat optik yang

menggantikan fungsi *repeater* pada generasi-generasi sebelumnya, Pada awal pengembangannya kapasitas transmisi hanya dicapai 400 Gb.km/s tetapi setahun kemudian kapasitas transmisinya sudah menembus 50.000 Gb.km/s.

6. *Generasi Ke- Enam*

Pada tahun 1988 Linn F. Mollenauer mempelopori sistem komunikasi optic *soliton*. *Soliton* adalah pulsa gelombang yang terdiri dari banyak komponen panjang gelombang yang berbeda hanya sedikit dan juga bervariasi dalam intensitasnya. Panjang *soliton* hanya 10-12 detik dan dapat dibagi menjadi beberapa komponen yang saling berdekatan, sehingga sinyal-sinyal yang berupa *soliton* merupakan informasi yang terdiri dari beberapa saluran sekaligus (*wavelength division multiplexing*). Eksperimen menunjukkan bahwa soliton minimal dapat membawa 5 saluran yang masing-masing membawa informasi dengan laju 5 Gb/s. Kapasitas transmisi yang telah diuji mencapai 35.000 Gb.km/s. Cara kerja sistem soliton ini adalah *efek Kerr*, yaitu sinar-sinar yang panjang gelombangnya sama akan merambat dengan laju yang berbeda di dalam suatu bahan jika intensitasnya melebihi suatu harga batas. Efek ini kemudian digunakan untuk menetralkan efek dispersi, sehingga soliton tidak melebar pada waktu sampai di

receiver. Hal ini sangat menguntungkan karena tingkat kesalahan yang ditimbulkannya amat kecil bahkan dapat diabaikan.

B. Keuntungan Sistem Serat Optik

Serat optik memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem konvensional menggunakan kabel logam (tembaga) biasa, antara lain:

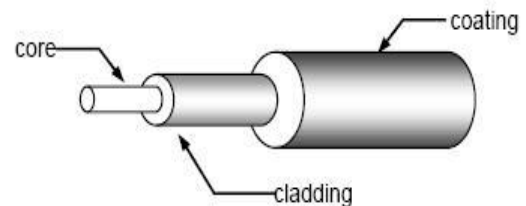
1. *Less expensive*. Beberapa mil kabel optik dapat dibuat lebih murah dari kabel tembaga dengan panjang yang sama.
2. *Thinner*. Serat optik dapat dibuat dengan diameter lebih kecil (ukuran diameter kulit dari serat sekitar 100 μm dan total diameter ditambah dengan jaket pelindung sekitar 1 – 2 mm) daripada kabel tembaga, dan juga karena serat optik membawa *light* (cahaya) maka tentunya memiliki *light weight* (berat yang ringan). Maka kabel serat optik mengambil tempat yang lebih kecil di dalam tanah.
3. *Higher carrying capacity* – Karena serat optik lebih tipis dari kabel tembaga maka kebanyakan serat optik dapat dibundel ke dalam sebuah kabel dengan diameter tertentu maka beberapa jalur telepon dapat berada pada kabel yang sama atau lebih banyak saluran televisi pada *TV cable* dapat melalui kabel.
- Serat optik juga memiliki *bandwidth* yang besar (1 dan 100 GHz, untuk *multimode* dan single-mode sepanjang 1 Km).
4. *Less signal degradation* – Sinyal yang *loss* pada serat optik lebih kecil (kurang dari 1 dB/km pada rentang panjang gelombang yang lebar) dibandingkan dengan kabel tembaga.
5. *Light signals* – Tidak seperti sinyal listrik pada kabel tembaga, sinyal cahaya dari satu serat optik tidak berinterferensi dengan sinyal cahaya pada serat optik yang lainnya di dalam kabel yang sama, juga tidak ada interferensi elektromagnetik. Ini berarti meningkatkan kualitas percakapan telepon atau penerimaan TV. Juga tidak ada.
6. *Low Power* – Karena sinyal pada serat optik mengalami *loss* yang rendah, *transmitter* dengan daya yang rendah dapat digunakan dibandingkan dengan sistem kabel tembaga yang membutuhkan tegangan listrik yang tinggi, hal ini jelas dapat mengurangi biaya yang dibutuhkan.
7. *Digital signals* – Serat optik secara ideal cocok untuk membawa informasi digital dimana berguna secara khusus pada jaringan komputer.

8. *Non-flammable* – Karena tidak ada arus listrik yang melalui serat optik, maka tidak ada resiko bahaya api.
9. *Flexible* – Karena serat optik sangat fleksibel dan dapat mengirim dan menerima cahaya, maka digunakan pada kebanyakan kamera digital fleksibel untuk tujuan : (a) Medical Imaging, pada *bronchoscopes, endoscopes, laparoscope, colonofiberscope* (dapat dimasukkan ke dalam tubuh manusia (misal usus) sehingga citranya dapat dilihat langsung dari luar tubuh), (b) Mechanical imaging, memeriksa pengelasan didalam pipa dan mesin, (c) Plumbing, memeriksa *sewer lines*.

C. Struktur Serat Optik dan Perambatan Cahaya pada Serat Optik

Serat optik terbuat dari bahan dielektrik berbentuk seperti kaca (*glass*). Di dalam serat inilah energi cahaya yang dibangkitkan oleh sumber cahaya disalurkan (*ditransmisikan*) sehingga dapat diterima di ujung unit penerima (*receiver*). Struktur Serat Optik pada umumnya terdiri dari 3 bagian yaitu: (a) Bagian yang paling utama dinamakan bagian inti (*core*), dimana gelombang cahaya yang dikirimkan akan merambat dan mempunyai indeks bias lebih besar dari lapisan kedua. Terbuat dari kaca (*glass*) yang berdiameter antara 2~125 mm, dalam hal ini tergantung

dari jenis serat optiknya; (b) Bagian yang kedua dinamakan lapisan selimut (*Cladding*), dimana bagian ini mengelilingi bagian inti dan mempunyai indeks bias lebih kecil dibandingkan dengan bagian inti. Terbuat dari kaca yang berdiameter antara 5 ~ 250 mm, juga tergantung dari jenis serat optiknya; (c) Bagian yang ketiga dinamakan lapisan jaket (*Coating*), dimana bagian ini merupakan pelindung lapisan inti dan selimut yang terbuat dari bahan plastik yang elastic. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.

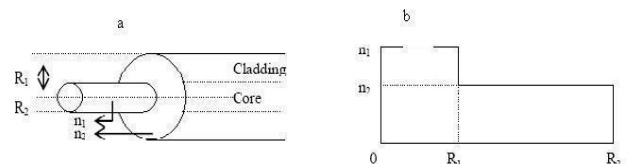


Gambar 1. Struktur dasar Serat Optik

1. Jenis – Jenis Kabel Serat Optik

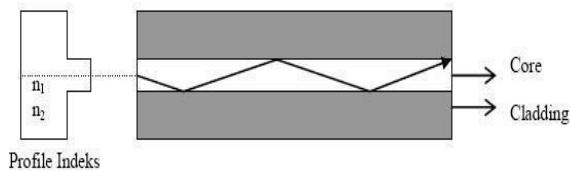
Menurut jenisnya, kabel serat optik dibedakan menjadi 3 macam :

a. Single Mode Fiber



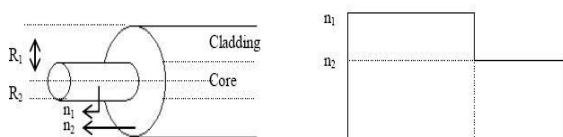
Pada single mode fiber, terlihat pada gambar bahwa index bias akan berubah dengan segera pada batas antara *core* dan *cladding* (*step index*). Bahannya terbuat dari silica glass baik untuk *cladding*

maupun *core*nya. Diameter *core* jauh lebih kecil ($10\ \mu\text{m}$) dibandingkan dengan diameter *cladding*, konstruksi demikian dibuat untuk mengurangi rugi-rugi transmisi akibat adanya *fading*. *Single mode fiber* sangat baik digunakan untuk menyalurkan informasi jarak jauh karena di samping rugi-rugi transmisi yang kecil juga mempunyai band frekuensi yang lebar. Misalnya untuk ukuran $10/125\ \mu\text{m}$, pada panjang gelombang cahaya $1300\ \text{nm}$, redaman maksimumnya $0,4 - 0,5\ \text{dB/km}$ dan lebar band frekuensi minimum untuk $1\ \text{km}$ sebesar $10\ \text{GHz}$. Perambatan cahaya dalam *single mode fiber* adalah sebagai berikut :



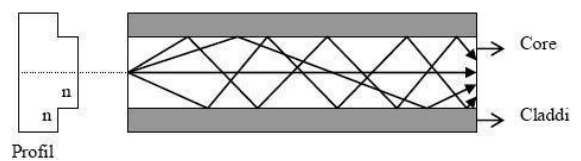
Single mode fiber dapat juga dibuat dengan index bias yang berubah secara perlahan-lahan (*graded index*).

b. Multimode Step Index Fiber

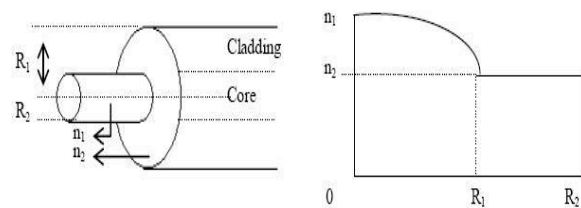


Serat optik ini pada dasarnya mempunyai diameter *core* yang besar ($50 - 400\ \mu\text{m}$) dibandingkan dengan diameter *cladding* ($125 - 500\ \mu\text{m}$). Sama halnya

dengan *single mode fiber*, pada serat optik ini terjadi perubahan index bias dengan segera (*step index*) pada batas antara *core* dan *cladding*. Diameter *core* yang besar ($50 - 400\ \mu\text{m}$) digunakan untuk menaikkan efisiensi *coupling* pada sumber cahaya yang tidak koheren seperti LED. Karakteristik penampilan serat optik ini sangat bergantung pada macam material/bahan yang digunakan. Berdasarkan hasil penelitian, penambahan prosentase bahan *silica* pada serat optik ini akan meningkatkan penampilan (*performance*). Tetapi jenis serat optik ini tidak populer karena meskipun kadar *silicanya* ditingkatkan, rugi-rugi dispersi sewaktu transmit tetap besar, sehingga hanya baik digunakan untuk menyalurkan data/informasi dengan kecepatan rendah dan jarak relatif dekat. Perambatan gelombang pada *multimode step index fiber* sebagai berikut :

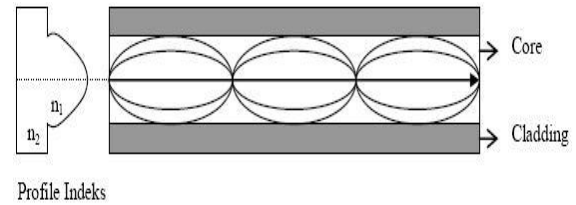


c. Multimode Graded index



Multimode graded index dibuat dengan menggunakan bahan multi *component glass* atau dapat juga dengan *silica glass*

baik untuk *core* maupun *cladding*nya. Pada serat optik tipe ini, indeks bias berubah secara perlahan-lahan (*graded index multimode*). Indeks bias inti berubah mengecil perlahan mulai dari pusat *core* sampai batas antara *core* dengan *cladding*. Makin mengecilnya indeks bias ini menyebabkan kecepatan rambat cahaya akan semakin tinggi dan akan berakibat dispersi waktu antara berbagai mode cahaya yang merambat akan berkurang dan pada akhirnya semua mode cahaya akan tiba pada waktu yang bersamaan di penerima (ujung serat optik). Diameter *core* jenis serat optik ini lebih kecil dibandingkan dengan diameter *core* jenis serat optik *Multimode Step Index*, yaitu 30 – 60 μm untuk *core* dan 100 – 150 μm untuk *cladding*nya. Biaya pembuatan jenis serat optik ini sangat tinggi bila dibandingkan dengan jenis *Single mode*. Rugi-rugi transmisi minimum adalah sebesar 0,70 dB/km pada panjang gelombang 1,18 μm dan lebar *band* frekwensi 150 MHz sampai dengan 2 GHz. Oleh karenanya jenis serat optik ini sangat ideal untuk menyalurkan informasi pada jarak menengah dengan menggunakan sumber cahaya LED maupun LASER, di samping juga penyambungannya yang relatif mudah. Perambatan gelombang cahaya pada jenis serat optik ini sebagai berikut :

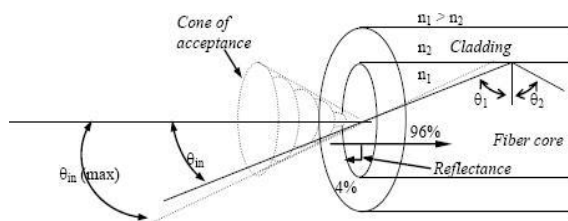


Saat ini ada empat macam tipe yang sering digunakan berdasarkan ITU-T (*International Telecommunication Union–Telecommunication Standardization sector*) yang dahulu dikenal dengan CCITT yaitu: (1) G.652 - Standar Single Mode Fiber, (2) G.653 – Dispersion-shifted single mode fiber, (3) G.653 – Characteristics of cut-off shifted mode fiber cable, (4) G.655 – Dispersion-shifted non zero Dispersion fiber. Tipe fiber G.652 adalah tipe fiber yang sering digunakan saat ini dan semua tipe dari tipe fiber yang ada sekarang ini menyesuaikan dengan tipe G.652. Saat ini tipe dari jenis fiber single mode ini dapat digunakan pada STM-1 (155 Mbit/s) untuk mencakup jarak lebih dari 1280 km tanpa menggunakan *repeater* (pengulang/penguat) dan pada STM 4 (622 Mbit/s) digunakan untuk jarak lebih dari 160 km dengan memakai *amplifier* fiber optik. Menurut ITU-T jarak yang dapat dicakup untuk STM 16 adalah sebesar 160 km, tetapi jarak tersebut hanya dapat dicapai dengan menggunakan post *amplifier* (penguat) optic dan *pre-amplifier* sedangkan untuk STM 64 jarak yang dapat dicakup adalah sebesar 40 – 80 km.

2. Karakteristik Serat Optik

a. Numerical Aperture (NA)

Numerical Aperture merupakan parameter yang merepresentasikan sudut penerimaan maksimum dimana berkas cahaya masih bisa diterima dan merambat didalam inti serat. Sudut penerimaan ini dapat beraneka macam tergantung kepada karakteristik indeks bias inti dan selubung serat optik.



Jika sudut datang berkas cahaya lebih besar dari NA atau sudut kritis maka berkas tidak akan dipantulkan kembali ke dalam serat melainkan akan menembus *cladding* dan akan keluar dari serat. Semakin besar NA maka semakin banyak jumlah cahaya yang diterima oleh serat. Akan tetapi sebanding dengan kenaikan NA menyebabkan lebar pita berkurang, dan rugi penyebaran serta penyerapan akan bertambah. Oleh karena itu, nilai NA besar hanya baik untuk aplikasi jarak-pendek dengan kecepatan rendah. Besarnya *Numerical Aperture* (NA) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$NA = \sin \theta_{maks} = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

n_1 = Indeks bias inti

n_2 = Indeks bias *cladding*

Δ = beda indeks bias relatif

b. Redaman.

Redaman/atenuasi serat optik merupakan karakteristik penting yang harus diperhatikan mengingat kaitannya dalam menentukan jarak pengulang (*repeater*), jenis pemancar dan penerima optik yang harus digunakan. Besarnya atenuasi atau rugi-rugi daya dinyatakan oleh persamaan berikut :

$$\alpha = \frac{10}{L} \log \left(\frac{P_{in}}{P_{out}} \right) \text{ dB/km}$$

L = Panjang serat optik (km)

P_{in} = Daya yang masuk ke dalam serat

P_{out} = Daya yang keluar dari serat

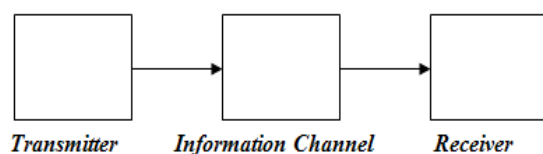
Redaman serat biasanya disebabkan oleh karena penyerapan/*absorpsi* energi sinyal oleh bahan, efek *cattering*/penghamburan dan pengaruh radiasi/pembengkokan. Semakin besar atenuasi berarti semakin sedikit cahaya yang dapat mencapai detektor dan dengan demikian semakin pendek kemungkinan jarak span antar pengulang.

c. Dispersi

Dispersi adalah pelebaran pulsa yang terjadi ketika sinyal merambat melalui sepanjang serat optik. Dispersi akan membatasi lebar pita (*bandwidth*) dari serat. Dispersi yang terjadi pada serat secara garis besar ada dua yaitu dispersi intermodal dan dispersi intramodal dikenal dengan nama lain *dispersi kromatik* disebabkan oleh *dispersi material* dan *dispersi waveguide*.

D. Dasar Sistem Komunikasi Serat Optik

Dasar sistem komunikasi terdiri dari sebuah *transmitter*, sebuah *receiving*, dan sebuah *information channel*. Pada *transmitter* informasi dihasilkan dan mengolahnya menjadi bentuk yang sesuai untuk di kirimkan sepanjang *information channel*, informasi ini berjalan dari *transmitter* ke *receiver* melalui *information channel* ini. *Information channels* dapat dibagi menjadi 2 kategori : *Unguided channel* dan *Guided channel*. Atmosphere adalah sebuah contoh *Unguided channel*, sistem yang menggunakan *atmospheric channel* adalah radio, televisi dan *microwave relay links*. *Guided channels* mencakup berbagai variasi struktur transmisi konduksi, seperti *two-wire line*, *coaxial cable*, *twisted-pair*. Lebih jelasnya, dapat digambar seperti gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Dasar sistem komunikasi

Sistem komunikasi serat optik secara umum, dimana beberapa fungsi dari setiap bagian adalah sebagai berikut :

1. *Message Origin*. *Message origin* bisa berupa besaran fisik non-listrik (suara atau gambar), sehingga diperlukan

transduser (sensor) yang merubah *message* dari bentuk non-listrik ke bentuk listrik. Contoh yang umum adalah *microphone* merubah gelombang suara menjadi arus listrik dan Video cameras (*CCD*) merubah gambar menjadi arus listrik;

2. *Modulator* dan *Carrier Source*. Memiliki 2 fungsi utama, pertama merubah *message* elektrik ke dalam bentuk yang sesuai, kedua menumpangkan sinyal ini pada gelombang yang dibangkitkan oleh *carrier source*. Format modulasi dapat dibedakan menjadi modulasi analog dan digital. Pada modulasi digital untuk menumpangkan sinyal data digital pada gelombang *carrier*, modulator cukup hanya meng-on kan atau meng-off kan *carrier source* sesuai dengan sinyal data-nya. *Carrier source* membangkitkan gelombang cahaya dimana padanya informasi ditransmisikan, yang umum digunakan *Laser Diode (LD)* atau *Light Emitting Diode (LED)*.

3. *Channel Coupler*. Untuk menyalurkan power gelombang cahaya yang telah termodulasi dari *carrier source* ke *information channel* (serat optik). Merupakan bagian penting dari desain sistem komunikasi serat optik sebab kemungkinan *loss* yang tinggi,

4. *Information Channel* (Serat Optik).

Karakteristik yang diinginkan dari serat optik adalah atenuasi yang rendah dan sudut *light-acceptance-cone* yang besar. *Amplifier* dibutuhkan pada sambungan yang sangat panjang (ratusan atau ribuan kilometer) agar didapatkan power yang cukup pada *receiver*. *Repeater* hanya dapat digunakan untuk sistem digital, dimana berfungsi merubah sinyal optik yang lemah ke bentuk listrik kemudian dikuatkan dan dikembalikan ke bentuk sinyal optik untuk transmisi berikutnya. Waktu perambatan cahaya di dalam serat optik bergantung pada frekuensi cahaya dan pada lintasan yang dilalui, sinyal cahaya yang merambat di dalam serat optik memiliki frekuensi berbeda-beda dalam rentang tertentu (lebar spektrum frekuensi) dan povernya terbagi-bagi sepanjang lintasan yang berbeda-beda, hal ini menyebabkan distorsi pada sinyal. Pada sistem digital distorsi ini berupa pelebaran (dispersi) pulsa digital yang merambat di dalam serat optik, pelebaran ini makin bertambah dengan bertambahnya jarak yang ditempuh dan pelebaran ini akan tumpang tindih dengan pulsa-pulsa yang lainnya, hal ini akan menyebabkan kesalahan pada deteksi sinyal. Adanya dispersi membatasi kecepatan informasi

(pada system digital kecepatan informasi disebut *data rate* diukur dalam satuan *bit per second (bps)* yang dapat dikirimkan. Pada fenomena *optical soliton*, efek dispersi ini diimbangi dengan efek nonlinier dari serat optik sehingga pulsa sinyal dapat merambat tanpa mengalami perubahan bentuk (tidak melebar).

5. *Detector* dan *Amplifier*. Digunakan foto-detektor (*photo-diode*, *photo transistor* dsb) yang berfungsi merubah sinyal optik yang diterima menjadi sinyal listrik.

6. *Signal Processor*. Untuk transmisi analog, sinyal prosesor terdiri dari penguatan dan filtering sinyal. Filteri power sinyal yang tidak diinginkan. Fluktuasi acak yang ada pada sinyal yang diterima disebut sebagai *noise*. Bagaimana pengaruh *noise* ini terhadap system komunikasi ditentukan oleh besaran *SNR (Signal to Noise Ratio)*, yaitu perbandingan daya sinyal dengan daya noise, biasanya dinyatakan dalam desi- Bell (dB), makin besar SNR maka makin baik kualitas sistem komunikasi tersebut terhadap gangguan noise. Untuk sistem digital, sinyal prosesor terdiri dari penguatan dan filtering sinyal serta rangkaian pengambil keputusan. Rangkaian pengambil keputusan ini memutuskan apakah

sebuah bilangan biner 0 atau 1 yang diterima selama slot waktu dari setiap individual bit. Karena adanya *noise* yang tak dapat dihilangkan maka selalu ada kemungkinan kesalahan dari proses pengambilan keputusan ini, dinyatakan dalam besaran *Bit Error Rate (BER)* yang nilai-nya harus kecil pada komunikasi. Jika data yang dikirim adalah analog (misalnya suara), namun ditransmisikan melalui serat optik secara digital (pada *transmitter* dibutuhkan *Analog to Digital Converter (ADC)* sebelum sinyal masuk *modulator*) maka dibutuhkan juga *Digital to Analog Converter (DAC)* pada sinyal prosesor, untuk merubah data digital menjadi analog, sebelum dikeluarkan ke output (misalnya *speaker*).

7. *Message Output*. Jika output yang dihasilkan di presentasikan langsung ke manusia, yang mendengar atau melihat informasi tersebut, maka output yang masih dalam bentuk sinyal listrik harus dirubah menjadi gelombang suara atau *visual image*. Transduser (*actuator*) untuk hal ini adalah *speaker* untuk *audio message* dan tabung sinar katoda (*CRT*) (atau yang lainnya seperti *LCD*, *OLED* dsb) untuk *visual image*. - Pada beberapa situasi misalnya pada sistem dimana komputer-komputer atau mesin-

mesin lainnya dihubungkan bersama-sama melalui sebuah sistem serat optik, maka output dalam bentuk sinyal listrik langsung dapat digunakan. Hal ini juga jika sistem serat optik hanya bagian dari jaringan yang lebih besar, seperti pada sebuah *fiber link* antara *telephone exchange* atau sebuah *fiber trunk line* membawa sejumlah program televisi, pada kasus ini prosesing mencakup distribusi dari sinyal listrik ke tujuan-tujuan tertentu yang diinginkan. Peralatan pada *message output* secara sederhana hanya berupa sebuah konektor elektrik dari prosesor sinyal ke sistem berikutnya.

III. PENUTUP

Teknologi serat optik menawarkan kecepatan data yang lebih besar sepanjang jarak yang lebih jauh dengan harga yang lebih rendah daripada system konvensional menggunakan kawat logam (tembaga). Struktur dasar dari sebuah serat optik yang terdiri dari 3 bagian : *core* (inti), *cladding* (kulit), dan *coating* (mantel) atau *buffer* (pelindung). Untuk menjelaskan bagaimana cahaya merambat sepanjang serat optik digunakan dua pendekatan/teori, yaitu pendekatan cahaya sebagai sinar (optik geometrik) dan cahaya sebagai gelombang elektro-magnetik (optik fisis)/teori mode. Pendekatan cahaya

sebagai sinar memberikan gambaran yang jelas bagaimana cahaya merambat sepanjang serat optik, namun kurang dalam memberikan penjelasan mengenai sifat lain lain dari cahaya seperti interferensi, dan sifat serat optik seperti absorpsi, atenuasi dan dispersi, oleh karena itu diperlukan pendekatan cahaya sebagai gelombang/ teori mode. Berdasarkan jumlah mode yang merambat maka serat optik terbagi menjadi dua tipe : *single-mode* dan *multi-mode*. Sistem serat optik memberikan dibandingkan dengan sistem konvensional menggunakan kabel logam (tembaga) memiliki keuntungan dalam hal *less expensive, thinner, higher carrying capacity, large-bandwidth, less signal degradation, light signals, low power, non-flammable, flexible*. Sistem komunikasi optik secara umum terdiri dari *Transmitter (Message origin, Modulator, Carrier Source dan Channel Coupler), Information Channel (Serat Optik) dan Receiver (Detector, Amplifier, Signal Processor dan Message Output)*.

DAFTAR PUSTAKA

- Gerd Keisser, (1996). *Optical Communication*. John M. Senior, Optical Fiber Communication, Prentice Hall.
- John M. Senior, (2000). *Optical Fiber Communication*, Prentice Hall.
- Joseph C. Palais, *Pengenalan Sistem Komunikasi Serat Optik*, <http://www.howstuffworks.com> / diambil tanggal 17-12-2009.
- Kadir, Abdul. (2005). *Pengenalan Teknologi Informasi*, Yogyakarta: Andi Offset.
- Kachima, Norio. (2000). *Optical Transmission for the Subscriber loop* ", 1 st edition, Artech House.
- <mailto://elektron@hme.ee.itb.ac.id>, Sistem Komunikasi Serat Optik, Elektro, Nomor 5, Tahun I, April 2000: HME-ITB.
- Sumanata Partama I Putu. (2009). *Perencanaan Link Optik Denpasar-Amilaputra untuk memenuhi kebutuhan Trafik di Daerah Bali Timur hingga tahun 2015*, IT Telkom