

SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK DATA SATELIT

Muh. Sulalman¹ Nur Ubay, Suhata

Pusat Teknologi Satelit

¹e-mail: sulaiman_itb@yahoo.com

RINGKASAN

Teknologi serat optik merupakan teknologi dengan kecepatan data yang mempunyai kapasitas lebih besar dan jarak yang lebih jauh dengan harga yang lebih rendah. Pada satelit, teknologi serat optik sangat bermanfaat untuk berbagai segi pengiriman data informasi, mulai dari lingkup lokal sampai telekomunikasi antar benua. Teknologi ini menggunakan cahaya untuk mengirimkan data. Cahaya yang membawa informasi data dapat dipandu melalui serat optik berdasarkan fenomena fisika yang disebut *total internal reflection*. Secara tinjauan cahaya sebagai gelombang elektromagnetik, informasi dibawa sebagai kumpulan gelombang-gelombang elektromagnetik terpandu yang disebut *mode*. Sistem telekomunikasi satelit merupakan sistem komunikasi radio dengan menggunakan satelit sebagai pengulang atau *repeater* dengan komponen utama adalah *space segment* (satelit) dan *ground segment*. Telekomunikasi dengan gelombang mikro harus memenuhi persyaratan *line of sight*, sehingga dalam jaringan gelombang mikro diperlukan stasiun-stasiun pengulang yang dipasang di tempat-tempat yang tinggi. Sinyal radio yang masuk dengan frekuensi sekitar 6 GHz diperkuat, lalu diturunkan frekuensinya ke sekitar 4 GHz, diperkuat lagi untuk kemudian dipancarkan kembali ke arah bumi.

1 PENDAHULUAN

Sistem komunikasi satelit merupakan suatu sistem komunikasi yang menghubungkan sumber dengan tujuan komunikasi yang menggunakan satelit sebagai medianya. Satelit merupakan wahana untuk bisa terbang mengelilingi bumi. Dalam wahana terbang ini ditempatkan beberapa muatan yang salah satunya adalah sistem komunikasi, atau perangkat lain seperti sensor penginderaan jauh. Teknologi serat optik selalu berhadapan dengan masalah bagaimana caranya agar informasi yang dibawa lebih banyak, lebih cepat dan lebih jauh penyampaiannya dengan tingkat kesalahan sekecil mungkin. 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. 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 Sistem Komunikasi Serat Optik (SKSO) di Indonesia merupakan bukti bahwa Indonesia juga mengikuti dan mempergunakan teknologi ini di bidang telekomunikasi (MPB & Pamungkas, 2014). 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 kehandalan yang tinggi. Berbeda dengan media transmisi lainnya, pada serat optik, gelombang pembawanya tidak berupa gelombang elektromagnetik atau listrik, 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 sendiri dibuat dari gelas silika dengan penampang berbentuk lingkaran atau bentuk-bentuk lainnya. Pembuatan serat optik dilakukan dengan cara menarik bahan gelas kental cair sehingga dapat diperoleh serabut/serat gelas dengan penampang tertentu. Proses ini dikerjakan dalam keadaan bahan gelas yang panas. Terpenting dalam pembuatan serat optik adalah menjaga agar perbandingan relatif antara bermacam lapisan tidak berubah sebagai akibat tarikan (Mitschke, 2010). Proses pembungkusan seperti pemberian bahan pelindung atau proses pembuatan satu ikat kabel yang terdiri atas beberapa buah hingga ratusan kabel pengerjaannya tidak berbeda dengan pembuatan kabel biasa.

Pada makalah ini, akan dibahas mengenai prinsip dasar komunikasi serat optik, dengan analisis kinerja terhadap informasi data satelit. Adapun tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan serat optik terhadap penyampaian informasi data satelit.

2 METODOLOGI

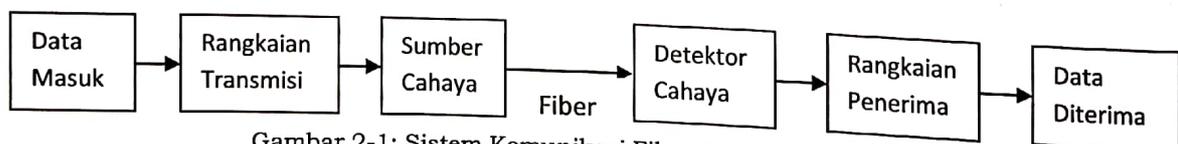
Makalah ini membahas mengenai sistem komunikasi serat optik, terutama pemanfaatannya bagi proses pengiriman data pada satelit. Adapun tinjauannya

dilakukan secara optik geometris dan fisis pada perambatan cahaya melalui serat optik dan dasar sistem komunikasi serat optik dengan menggunakan studi literatur terhadap buku-buku, majalah dan jurnal ilmiah.

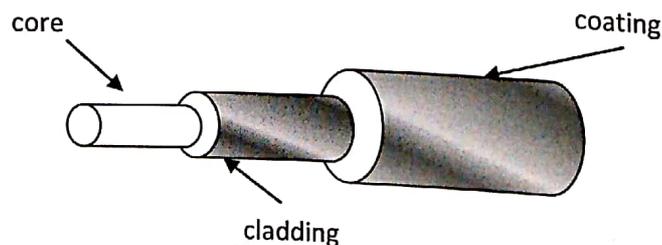
Secara umum sistem komunikasi fiber optik dapat di jelaskan pada Gambar 2-1.

Pada Gambar 2-1, data yang akan dikirimkan dapat berupa analog atau digital. Dalam sistem pengiriman data pada sistem fiber optik, maka data yang berasal dari elektrik akan diubah terlebih dahulu ke optik oleh sumber cahaya berupa LED, Laser Dioda (LD). Kemudian disambungkan dengan *splices* atau konektor dari fiber satu ke yang lain dan diterima oleh photodetektor bisa berupa PIN, *Avalanche Photodiode* (APD) yang akan mengubah dari optik ke elektrik selanjutnya akan diubah ke data semula.

Gambar 2-2 merupakan struktur dasar dari sebuah serat optik yang terdiri dari 3 bagian: *core* (inti), *cladding* (kulit), dan *coating* (mantel) atau *buffer* (pelindung). Inti batang silinder terbuat dari bahan dielektrik (bahan silika (SiO_2), biasanya diberi doping dengan germanium oksida (GeO_2) atau fosfor penta oksida (P_2O_5) untuk menaikkan indeks biasnya) yang tidak menghantarkan listrik, inti ini memiliki jari-jari a , besarnya sekitar 8-200 μm dan indeks bias n_1 , besarnya sekitar 1,5.



Gambar 2-1: Sistem Komunikasi Fiber Optik (Elion, 1978)



Gambar 2-2: Struktur Dasar Serat Optik

Inti diselubungi oleh lapisan material, disebut kulit, yang terbuat dari bahan dielektrik (silika tanpa atau sedikit *doping*). Kulit memiliki jari-jari sekitar 125 – 400 μm indeks bias-nya n_2 , besarnya sedikit lebih rendah dari n_1 . Apabila perbedaan indeks bias inti dan kulit dibuat drastis disebut serat optik *Step Indeks* (SI). Selisih antara indeks bias kulit dan inti disimbolkan dengan Δ :

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (2-1)$$

Sedangkan perbedaan indeks bias inti dan kulit dibuat secara perlahan-lahan disebut *Graded Indeks* (GI). Bagaimana turunnya indeks bias dari inti ke kulit ditentukan oleh indeks profile, α (Gambar 2-3).

Fiber optik memiliki 2 mode berdasarkan struktur fiber optik yaitu (Kumar, 2005):

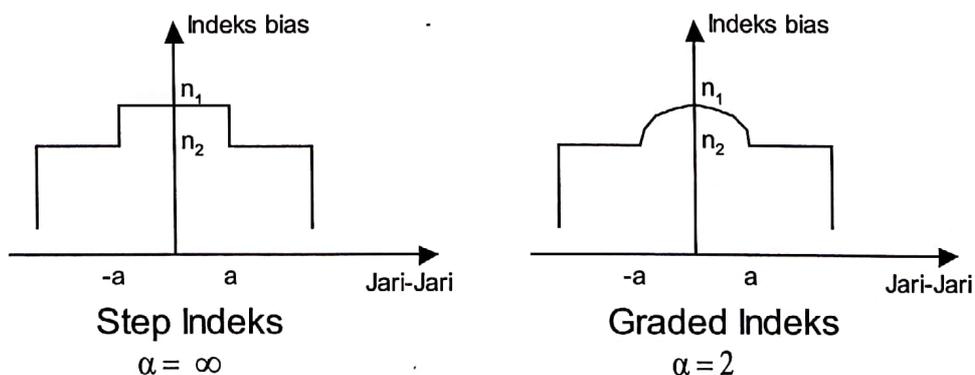
- *Single Mode* (moda tunggal) Step Indeks
Karakteristik fiber optik moda tunggal:
 - Rugi-ruginya kecil,
 - Kecepatan data tinggi dan attenuasinya rendah,
 - Biayanya mahal.

Ukuran inti serat optik mode tunggal sangat kecil, diameternya biasanya sekitar 8-10 μm. Serat optik dengan ukuran serat sekecil ini hanya akan mengijinkan fundamental atau mode orde terendah yang untuk merambat dengan panjang gelombang sekitar 1300 nm. Serat mode tunggal hanya merambatkan satu mode karena ukuran inti mendekati ukuran panjang

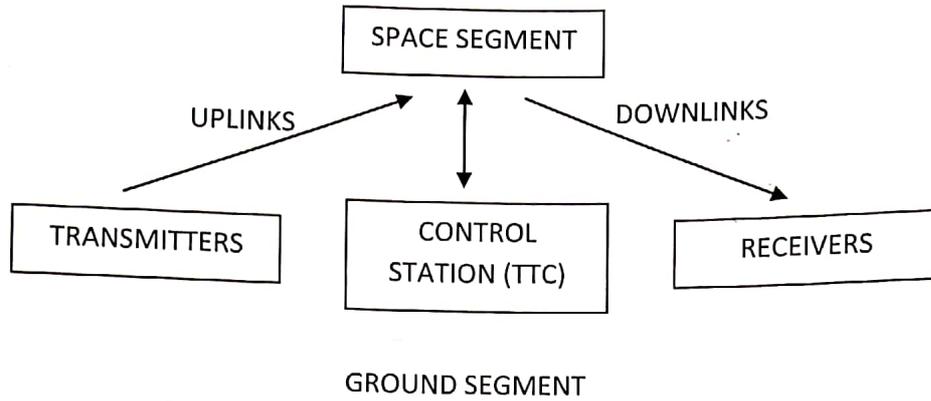
gelombang. Nilai *normalized frequency parameter* (V) menghubungkan ukuran inti dan propagasi mode. Pada mode tunggal, V lebih kecil atau sama dengan 2,405. Ketika V sama dengan 2,405, serat optik mode tunggal merambatkan fundamental mode pada inti serat, sedangkan orde-orde yang lebih tinggi akan hilang di kulit. Untuk V rendah (1,0), kebanyakan daya dirambatkan pada kulit, *power* yang ditransmisikan oleh kulit akan dengan mudah hilang pada lengkungan serat, maka nilai V dibuat sekitar 2,405. Serat optik mode tunggal memiliki sinyal hilang yang rendah dan kapasitas informasi yang lebih besar (*bandwidth*) daripada serat optik multi mode. Serat optik mode tunggal dapat mentransmisikan data yang lebih besar karena dispersi yang lebih rendah.

• *Multimode Step Index*

Serat optik multi mode dapat merambatkan lebih dari 100 mode. Jumlah mode yang merambat bergantung pada ukuran inti dan *Numerical Aperture* (NA). Jika ukuran inti dan NA bertambah maka jumlah mode bertambah. Ukuran inti dan NA biasanya sekitar 50 – 100 μm dan 0,20 – 0,229. Ukuran inti dan NA yang lebih besar memberikan beberapa keuntungan, seperti cahaya yang diumpankan ke serat optik multi mode menjadi lebih mudah, koneksi antara serat juga lebih mudah. Keuntungan lainnya adalah serat optik multi mode mengijinkan penggunaan *light-emitting diodes* (LEDs).



Gambar 2-3: Indeks Profile



Gambar 2-4: Sistem Komunikasi Satelit Secara Umum

LEDs lebih murah, lebih sederhana dan umumnya hidupnya lebih panjang sehingga LED lebih digunakan untuk banyak aplikasi. Namun serat optik multi mode juga memiliki kerugian. Dengan jumlah mode yang banyak, maka efek dispersi modal akan bertambah. Dispersi modal (*intermodal dispersion*) berarti mode-mode tiba diujung serat dengan waktu yang berbeda. Perbedaan waktu ini menyebabkan pulsa cahaya melebar. Dispersi modal akan memberikan efek pada *bandwidth* sistem menjadi lebih kecil (lebih sedikit membawa informasi.). Manufaktur serat optik mengatur diameter serat, NA dan profil indeks bias dari serat optik multi mode untuk memaksimalkan *bandwidth* sistem.

Secara umum sistem komunikasi satelit dapat dilihat pada Gambar 2-4.

Seperti terlihat pada Gambar 2-4, *link* komunikasi terdiri dari dua komponen utama yaitu sisi *uplink* (pemancar) dan komponen sisi *downlink* (penerimaan). Cara kerja transmisi data melalui satelit dengan memperhatikan komponen satelit yaitu satelit menerima sinyal dari satelit bumi (*uplink*) kemudian memperkuat sinyal, mengubah frekuensi dan mentransmisikan kembali data ke stasiun bumi penerima yang lain (*downlink*). Sistem komunikasi dengan menggunakan serat optik memiliki peran dalam mentransmisikan data melewati jarak yang paling jauh dengan kecepatan paling tinggi. Jangkauan kabel serat optik dapat mencapai 2000 meter.

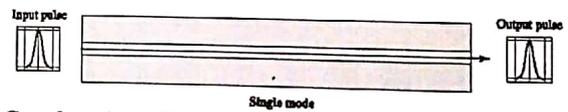
3 HASIL DAN ANALISIS

Hasil analisis dari sistem komunikasi serat optik terutama mengenai perbedaan dari mode yang digunakan yaitu:

- a. Untuk *Single Mode* (moda tunggal) Step Indek

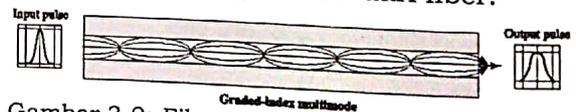
Tabel 3-1: PARAMETER FIBER OPTIK MODA TUNGGAL (Mitschke, 2010)

Fiber Type	Attenuation		Chromatic Dispersion	
	1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm
Conventional Dispersion shifted	0.35	0.25	0	17
WDM optimized	0.35	0.25	-15	0
			-12	3



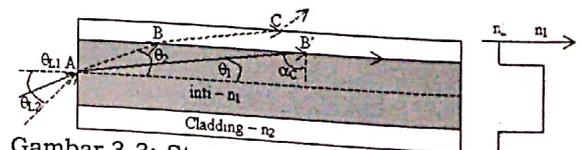
Gambar 3-1: Fiber moda tunggal (Mitschke, 2010)

Fiber optik yang mempunyai indeks bias sebagai fungsi koordinat radial R, dimana jumlah mode dari *graded* indeks (*parabolic*) fiber adalah setengah dari *step indeks* dari fiber:



Gambar 3-2: Fiber dengan *graded* indeks (Mitschke, 2010)

- b. Untuk *Multimode Step* indek



Gambar 3-3: Step indeks moda jamak (Mitschke, 2010)

Tabel 3-2: KARAKTERISTIK FIBER OPTIK MODA JAMAK (Mitschke, 2010)

Multimode Fiber	Core (μm)	Cladding (μm)	Numerical Aperture	Attenuation dB/km	Pulse Broadening
62.5/125 GI	62.5	125	0.27	0.7 dB/m @ 1300 nm	500 – 1200 MHz km
50/125 GI	50	125	0.21	0.5 dB/m @ 1300 nm	500 – 1500 MHz km
100/140 SI	100	140	0.2-0.3	5 dB/m @ 850 nm	20 MHz km (22 nm/km)
980/1000 SI plastic	980	1000	0.5	0.2 dB/m @ 660 nm	20 MHz km (110nm/km)

Ilustrasi step indeks multimode fiber seperti pada Gambar 3-3, total jumlah moda M_n naik seiring dengan naiknya *Numerical Aperture* (NA). Adapun keunggulan-keunggulan fiber optik

- Sinyal yang *loss* pada serat optik lebih kecil (kurang dari 1 dB/km pada rentang panjang gelombang yang lebar) dibandingkan dengan kabel tembaga (IGIC, 1994).
- 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.
- Serat optik secara ideal cocok untuk membawa informasi digital dimana berguna secara khusus pada jaringan komputer.
- 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.

Dengan keunggulan-keunggulan yang telah disebutkan di atas, maka sistem komunikasi data satelit menggunakan serat optik sangat tepat untuk menjangkau wilayah yang sulit dicapai oleh jaringan kabel maupun jaringan *wireless* konvensional.

4 PENUTUP

Teknologi serat optik memberikan kecepatan data yang lebih besar dan jarak yang lebih jauh dengan harga yang lebih rendah daripada sistem 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). Pendekatan cahaya sebagai sinar memberikan gambaran yang jelas bagaimana cahaya merambat sepanjang serat optik, namun kurang dalam memberikan penjelasan mengenai sifat 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 keuntungan jika dibandingkan dengan sistem konvensional menggunakan kabel logam (tembaga) antara lain *less expensive, thinner, higher carrying capacity, large-bandwidth, less signal degradation, light signals, low power, non-flammable, flexible*. Sistem serat optik dapat mempercepat dalam hal penyampaian informasi data, yang akan sangat bermanfaat untuk komunikasi data satelit.

DAFTAR RUJUKAN

- Elion, 1978. *Fiber Optics in Communications Systems*, CRC Press.

IGIC, 1994. *Fiber Optic Sensors*.
Information Gatekeepers Inc.
Kumar, M. S., 2005, *Fundamental of
Optical Fibre Communication*, PHI
Learning Pvt. Ltd.

Mitschke, F, 2010> *Fiber Optics: Physics
and Technology*, Springer Science
& Business Media.

MPB, I. & Pamungkas, W., 2014. *Sistem
Komunikasi Satelit*. Penerbit Andi.