

---

# **Bahan, Karakteristik dan Fabrikasi Fiber Optik:**

## **Pengantar<sup>\*\*)</sup>**

**Dr. Heru Kuswanto<sup>\*)</sup>**

### **A. Pendahuluan**

Persyaratan dasar untuk membuat fiber optik tampak sederhana. Persyaratan yang diperlukan adalah suatu bahan transparan yang dapat ditarik menjadi serat yang tipis dan kuat, masing-masing dengan struktur teras/selubung yang seragam sepanjang fiber. Tetapi untuk memenuhi persyaratan tersebut merupakan suatu tantangan.

Beberapa bahan padat transparan pada panjang gelombang optik, dan diantaranya seperti, garam, gula dan es, tetapi mereka gagal terhadap pengujian ketahanan. Bertahun-tahun, gelas dari bahan silica dan plastik membuktikan keunggulan sebagai bahan fiber, meskipun hanya silica yang berkemurnian tinggi yang cocok untuk fiber telekomunikasi bersusut rendah. Bahan ini paling transparan pada panjang gelombang antara 0.4 dan 2  $\mu\text{m}$ . Gelas silika merupakan bahan yang paling bersih pada daerah dekat-inframerah, yang merupakan jendela komunikasi pada 1.3 dan 1.5  $\mu\text{m}$ . Fiber plastik lebih transparan pada daerah visibel dan tidak dapat dipadukan dengan fiber gelas silika bersusut rendah. Transmisi untuk panjang gelombang di atas 2  $\mu\text{m}$  memerlukan bahan lain.

Membuat fiber yang tipis dan transparan merupakan problem yang lain. Pendekatan yang umum digunakan adalah memanaskan suatu ujung silinder, atau preform, dari bahan yang sesuai hingga meleleh, kemudian menariknya menjadi serabut tipis. Gelas merupakan bahan yang ideal karena lelehan kental gelas memadat dengan cepat menjadi fiber ketika diulur di udara. Beberapa plastik juga menunjukkan karakteristik yang serupa, tetapi beberapa bahan meleleh, dengan membentuk cairan encer, yang tidak mau membentuk serabut tipis meskipun didinginkan di bawah titik lelehnya.

---

*\*) Dosen pada Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, e-mail:*

*herukus61@yahoo.fr*

*\*\*\*) Disampaikan pada Seminar Nasional Fisika di FMIPA UNY, 9 Oktober 2004*

Pada makalah ini akan dibahas tentang fiber optik dari silika dan plastik. Dimulai dengan prinsip umum pemanduan cahaya. Fiber laser, fiber sensor dan fiber fotonik juga disinggung.

## B. Prinsip umum pemanduan

### 1. Pembiasan total

Pemanduan cahaya dalam fiber optik memanfaatkan prinsip pembiasan total yang dihasilkan pada pertemuan antara dua medium dengan indeks bias berbeda  $n_1$  dan  $n_2$  pada saat hukum pembiasan Snellius (Descartes) tidak dapat dipenuhi. Pada kasus indeks bias medium datangnya sinar cahaya  $n_1$  adalah lebih rendah dari bahan yang kedua, selalu terjadi pembiasan. Berdasarkan hukum Descartes, sudut datang  $i_1$  dan pembiasan  $i_2$  yang melewati pertemuan memenuhi persamaan berikut:

$$n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2) \quad (1)$$

Sebaliknya, apabila indeks medium pertama lebih besar dari pada medium yang kedua, hubungan sebelumnya tidak dapat dipenuhi pada saat sudut datang lebih besar dari suatu harga batas yang diberikan oleh:

$$i_{lim} = \text{arc sin}(n_2/n_1) \quad (2)$$

Pada kasus yang terakhir, cahaya tidak lagi dibiaskan tetapi dipantulkan pada medium pertama berdasarkan sudut pantul sama dengan sudut datang. Jika kedua medium betul-betul transparan dan jika permukaan pemisah adalah datar, daya pantulan yang dihasilkan tidak berkurang.

### 2. Struktur fiber optik

Suatu fiber optik mengandung suatu bagian pusat 'teras' (core) berindeks bias  $n_1$  yang berbentuk silindrik, dikelilingi oleh bagian kedua, 'jaket' (cladding) optik, dengan indeks bias  $n_2$  lebih kecil. Kedua daerah dasar untuk pemanduan ini dibentuk dari dua bahan organik yang berbeda tetapi transparan.

Diameter teras bervariasi tergantung pada jenis fiber, tetapi, kecuali kasus khusus, pada order milimeter. Untuk alasan ekonomi, ketebalan jaket jauh lebih

kecil, pada orde puluhan mikrometer. Permukaan pemisah teras/jaket dibuat seteratur mungkin.

Untuk menghindari benturan dari luar atau kerusakan permukaan ini pada saat pengangkutan dan penggunaan fiber optik, biasanya dibungkus dengan pengaman yang tidak berperan sama sekali pada pemanduan cahaya. Meskipun berbentuk silindrik, fiber optik cukup supel untuk dapat diinstalasi mengikuti keadaan yang dikehendaki. Namun demikian, jejari kelengkungan minimal harus diperhatikan .

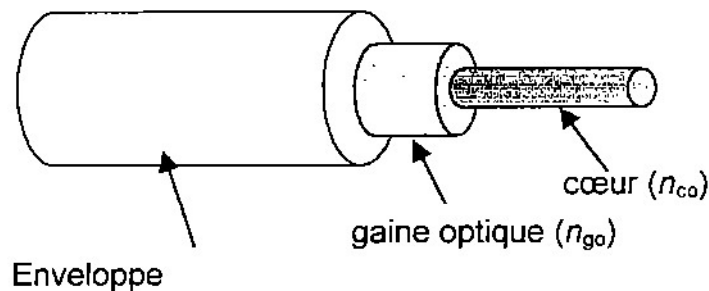


Figure1 : Structure d'une fibre optique

### 3. Injeksi dan ekstraksi cahaya

Cahaya yang dipandu tidak dibuat di dalam fiber tetapi berasal dari suatu sumber luar. Cahaya dipancarkan oleh pertama kali oleh medium perantara, seringnya udara, sebelum masuk ke dalam teras melalui penampang lintang yang dipandang datar sempurna, dimana dihasilkan juga suatu pembiasan. Penerapan hukum Descartes (1) pada masukan ini dan ketaksamaan (3) menunjukkan bahwa cahaya yang dipandu tanpa kebocoran hanya yang memiliki sudut datang  $\theta_0$  yang memenuhi ketaksamaan:

$$\theta_0 < \theta_{\max} \quad \text{dengan} \quad \theta_{\max} = \arcsin \left[ \frac{1}{n_0} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \right]$$

dengan  $n_0 = 1$  jika medium perantara adalah udara.

Besaran  $\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$  merupakan karakteristik fiber yang disebut "bilangan bukaan" (Numerical aperture, NA). Harganya cukup tinggi untuk kasus FOP yang dapat mencapai 0,6.

Jika potongan fiber dibatasi oleh dua bagian lurus dan jika indeks bias medium pada setiap ujungnya identik, setiap cahaya terpandu yang keluar dari fiber membuat sudut dengan sumbu  $\theta_s$  sama dengan sudut datang  $\theta_0$ .

## C. Fiber Optik Silika

### 1. Definisi gelas

Gelas, merupakan istilah familiar dengan banyak arti. Dari sudut pandang ilmu bahan, gelas merupakan suatu padatan nonkristaline, atau amorf, dengan atom-atomnya tersusun secara acak daripada dalam suatu kisi kristaline. Suatu gelas mirip suatu cairan dengan atom-atomnya membeku di tempatnya. Beberapa cairan tidak membentuk gelas, karena mereka terkristalisasi ketika didinginkan. Bahkan senyawa seperti silika ( $\text{SiO}_2$ ), yang siap untuk membentuk suatu gelas, mungkin terkristalisasi apabila didinginkan perlahan-lahan.

Bahan dasar umum gelas adalah silika, dengan tambahan beberapa bahan untuk memodifikasi karakteristiknya. Calcium oxyde ( $\text{CaO}$ ) dan sodium oxyde ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) menurunkan temperatur leleh untuk pembuatan gelas jendela. Gelas optik mengandung beberapa senyawa lain untuk memperbaiki keseragaman optik dan menaikkan indeks biasnya di atas nilai terendah untuk silika murni, yaitu 1.45 pada  $1.0 \mu\text{m}$ , hingga yang paling tinggi 1.8.

Fabrikasi gelas optik baku, tidak dapat menghindari tertinggalnya sisa ketakmurnian seperti tembaga dan besi, yang menyerap cahaya kasat mata. Serapan ini meningkatkan pelemahan (atenuasi) fiber yang terbuat dari gelas ini sekitar satu decibel per meter, yang dapat diterima untuk aplikasi non-komunikasi seperti pada medis, endoskop, tetapi tidak dapat digunakan untuk bidang komunikasi. Preform untuk fiber multimode indeks undak bersusut tinggi dapat dibuat secara sederhana dengan menyisipkan suatu batang gelas teras berindeks tinggi ke dalam suatu tabung gelas selubung yang berindeks lebih rendah dan melelehkan tabung tersebut sehingga mereka menyatu.

Fiber komunikasi dibuat dengan cara yang berbeda. Suatu proses yang disebut dengan *flame hydrolysis*, uap silicon tetrachloride ( $\text{SiCl}_4$ ) dibakar pada semburan oxy-hydrogen untuk menghasilkan silika yang sangat murni. Proses ini menghasilkan bahan yang sangat murni karena klorida yang dapat menimbulkan ketakmurnian menguap pada temperatur  $58^\circ\text{C}$  di atas titik uap  $\text{SiCl}_4$ , dengan demikian masih berbentuk cairan klorida. Proses ini juga mengurangi konsentrasi

ketakmurnian kritik yang menyerap cahaya pada 0.6 hingga 1.6  $\mu\text{m}$  - seperti besi, tembaga, cobalt, nickel, mangane dan chrom- sampai beberapa ppb (part per billion), suatu tingkat yang sulit dicapai pada fabrikasi gelas biasa. Seringkali, fiber yang terbuat dari gelas yang berkemurnian yang sangat tinggi ini disebut dengan fiber "silika" daripada fiber "gelas", hanya saja peristilahan ini kadang tidak konsisten.

## **2. Pendadah, Teras dan Selubung**

Beberapa pendadah (dopant) ditambahkan ke silika untuk menaikkan indeks bias gelas teras atau mengurangi indeks gelas selubung. Pendadah untuk teras yang paling umum digunakan adalah germanium. Bahan ini memiliki serapan yang sangat rendah, dan germania ( $\text{GeO}_2$ ), seperti silika, berbentuk suatu gelas. Pendadah untuk selubung yang paling umum digunakan adalah fluorine, salah satu dari sedikit bahan yang dapat digunakan untuk menurunkan indeks bias silika. Pendadahan teras atau selubung juga dapat membuat suatu fiber berindeks undak, dapat juga untuk suatu teras silika murni menggunakan selubung dari suatu plastik yang berindeks lebih rendah. Variasi yang lain adalah fiber teras tertekan (depressed-clad fiber) yaitu dengan mendadahkan fluorine pada bagian dalam selubung untuk mengurangi indeks biasanya, sehingga mengurangi tingkat pendadahan untuk teras.

Kebanyakan fiber komunikasi memiliki profil indeks bias yang kompleks. Pada fiber bermode ganda (multimode) berindek gradual sederhana, komposisi gelas berubah secara gradual dari teras ke selubung untuk memperoleh gradien indeks bias yang diinginkan. Fiber jenis bermode tunggal dispersi tergeser (single-mode dispersion-shifted) memiliki empat lapis- teras, selubung dalam- teras luar dan selubung luar- dan komposisi gelas kadang gradual dari satu lapisan ke lapisan yang lain.

## **3. Pembuatan Preform Silika**

Masalah krusial umum yang dihadapi pada pembuatan preform silika untuk fiber bersusut rendah adalah pembentukan "jelaga" leburan silika (fused-silica "soot") dengan mereaksikan  $\text{SiCl}_4$  (dan  $\text{GeCl}_4$  apabila digunakan sebagai suatu pendadah) dengan oxygen untuk menghasilkan suatu jelaga  $\text{SiO}_2$  yang sangat lembut (yang mengandung  $\text{GeO}_2$  jika silika terdadah). Pemanasan untuk

melelehkan jelaga, mengkondensasikannya ke dalam bentuk preform. Variasi yang pokok adalah dalam hal bagaimana menyimpan jelaga dan melelehkannya menjadi preform akhir.

Salah satu pendekatan adalah dengan menyimpan jelaga pada bagian dalam dinding suatu tabung leburan-silika. Tabung bertindak sebagai selubung terluar, tempat untuk menyimpan bahan lapisan selubung dalam dan teras. Menggerakkan daerah reaksi sepanjang tabung penyimpan jelaga. Beberapa variasi metode adalah : "inside vapour deposition", "modified chemical vapour deposition", dan "plasma chemical vapour deposition".

Secara umum, gelas bagian dalam disimpan sebagai suatu rangkaian lapisan-lapisan tipis. Ketika membuat fiber berindeks gradual, masukan gas pendadah dapat diubah perlahan-lahan untuk setiap tahapan penyimpanan, untuk memperoleh profil indeks bias yang diinginkan. Proses ini juga dapat menghasilkan teras fiber berindeks undak atau kompleks. Ketika tahap penyimpanan selesai, tahap pemanasan akhir meruntuhkan tabung ke dalam suatu preform.

Pendekatan lain yang penting adalah "outside vapour deposition", yang menyimpan jelaga pada bagian luar batang keramik yang berputar. Proses diawali dengan menyimpan gelas teras kemudian lapisan selubung. Oleh karena koefisien ekspansi panas bahan keramik berbeda dengan gelas, maka dia menggelincir keluar dengan mudah ketika pemanasan terakhir untuk membentuk preform. Teknik ini biasanya meninggalkan lubang pada pusat preform, tetapi akan lenyap ketika mengulurnya menjadi fiber.

Pendekatan utama yang ketiga adalah "vapor axial deposition", menyimpan jelaga gelas pada suatu batang silika murni. Batang bertindak sebagai suatu "persemaian" dengan jelaga yang tersimpan pada ujungnya menjadi teras sedangkan jelaga yang tersimpan mengelilinginya menjadi selubung. Tidak ada yang harus dilepaskan dari pusat, sehingga teknik ini tidak meninggalkan lubang pada pusat preform.

Preform selanjutnya diletakkan secara vertikal pada menara penarik, yang terdapat suatu tungku yang memanaskan bagian bawah. Gelas yang lunak ditarik dari bawah, memadat menjadi fiber ketika bersinggungan dengan udara. Pembuat memonitor diameter fiber, memberikan lapisan plastik pembungkus, dan menggulungnya pada suatu penggulung.

#### 4. Fiber Silika berteras besar

Fiber silika yang diperuntukkan menyalurkan laser berdaya besar dibuat dengan cara yang berbeda, yaitu dengan teras silika murni berukuran besar, untuk menghindari pemakaian pendadah), dan suatu lapisan tipis selubung. Salah satu jenisnya adalah fiber silika berselubung plastik, yang menggunakan selubung dari bahan plastik silikon yang lunak. Selubung silikone mudah dikelupas dari teras silika, yang memberikan masalah pada satu pemakaian, namun menguntungkan untuk pemakaian yang lain. Fiber silika dengan selubung gelas menggunakan selubung dari silika yang didadah. Fiber jenis ini dapat menampung daya laser yang paling tinggi. Fiber berselubung gelas dapat dibuat dengan profil indeks gradual, sedangkan fiber berselubung plastik biasanya memiliki profil indeks undak.

Fiber silika berteras besar memiliki tingkat pelemahan (atenuasi) yang lebih tinggi daripada fiber telekomunikasi, tetapi umumnya pelemahannya pada  $0.82 \mu\text{m}$  di bawah 20 dB/km. Pelemahan ini tergantung pada jenis selubung dan komposisi teras. Fiber yang mengandung tingkat OH rendah, lebih transparan pada daerah dekat-inframerah, tetapi yang mengandung tingkat OH yang tinggi, lebih transparan pada daerah ultraviolet. Fiber dengan teras lebih tebal dapat menampung daya laser yang lebih besar.

#### D. Fiber Plastik

Fiber optik plastik memiliki sifat ringan, murah, luwes, dan mudah ditangani. Tetapi, keunggulan ini sangat diperberat –terutama untuk komunikasi– oleh pelemahan yang jauh di atas dari fiber silika. Penelitian selama bertahun –tahun telah berhasil banyak mengurangi kesusutan. Fiber plastik yang tersedia di pasaran memiliki tingkat kesusutan 70 dB pada daerah kasat mata, tetapi harga ini bertambah menjadi 150 dB/km pada panjang gelombang 650 nm dari LED merah. Tingkat kesusutan yang tinggi ini membatasi pemakaiannya untuk komunikasi jarak dekat dan kemasan yang luwes untuk menyalurkan gambaran (image) dan penerangan.

Masalah lain yang penting adalah degradasi pada temperatur tinggi, yang membatasi pemakaiannya di bawah suhu  $85^\circ\text{C}$ . Sepintas, suhu ini di atas suhu kamar. Kompartement mesin mobil, sebagai contoh, dapat mencapai suhu yang lebih tinggi. Fiber plastik terbaru dapat mencapai suhu hingga  $125^\circ\text{C}$ , namun tingkat atenuasinya lebih tinggi.

Fiber plastik berindeks undak baku memiliki teras dengan bahan polymethyl metachrylate (PMMA) dan suatu selubung dari polymer berindeks lebih rendah, yang biasanya mengandung fluorine. Perbedaan indeks bias antara teras-selubung lebih besar daripada fiber gelas, sehingga memiliki bilangan bukaan yang lebih lebar. Diameter teras berkisar dari 85  $\mu\text{m}$  hingga lebih dari 3 mm.

Fiber dengan indek gradual dengan tingkat kesusutan di bawah 50 dB/km telah dibuat di laboratorium dengan tretment panas untuk mendifusikan bahan berindek tinggi suatu teras preform plastik fluor ke dalam bahan selubung berindeks lebih rendah. Selanjutnya, preform ditarik ke dalam bentuk fiber seperti pada fiber gelas.

Seluruh fiber plastik biasa merupakan fiber berindeks bias undak, yaitu bahwa indeks optik seragam pada setiap daerah.

### **1. Bahan yang digunakan untuk fabrikasi fiber**

Bahan yang digunakan untuk merealisasi fiber ini harus menjawab beberapa kriteria tertentu: (a) dia harus transparan, terutama untuk teras, pada daerah panjang gelombang dimana fiber digunakan, yaitu bahwa dimana sumber cahaya dan detektor cukup tersedia. Untuk alasan ini bahan yang diambil adalah polymer amorf dan (b) dia harus murah dan mudah untuk diproduksi secara industri

Seringkali bahan yang digunakan untuk jaket (indeks bias lebih kecil daripada teras), mungkin lebih kompleks untuk dibuat sehingga lebih mahal. Meskipun diperlukan lebih sedikit kuantitasnya daripada teras, karena alasan sangat tipisnya jaket optik dibandingkan diameter fiber. Bahan ini kurang terkenal daripada teras karena alasan rahasia perusahaan. Tabel 1 memberikan indeks bias dari beberapa plastik biasa tertentu.

### **2. Jenis-jenis dasar fiber plastik**

Suatu klasifikasi fiber optik plastik dapat dilakukan berdasarkan bahan dasar teras. Dalam fiber bening teras terbentuk dari bahan organik semurni mungkin. Fiber tertentu terbuat dari teras "doping", yaitu bahan tambahan, yang memiliki sifat aktif emisi cahaya terhadap tekanan partikel atau penyinaran cahaya, yang dimasukkan dalam jumlah kecil ke dalam bahan teras. Dapat dibedakan menjadi:



Tabel 1 Indeks bias bahan untuk fiber optik plastik

Bahan	indeks	Bahan	Indeks
Polymer fluor amorf	1,29-1,31	Poly (methacrylate methyl) PMMA	1,49
Polymer fluor semi krtistalin:		Polycarbonate PC	1,50-1,57
FEP	1,34	Alkohol polyvinyl	1,49-1,53
PTFE	1,35	Polyacronitril	1,52
PCTFE	1,42-1,43	Poly (methacrylimide methyl) PMMI	1,53-1,54
PVDF	1,42	Poly (clor vinyl) PVC	1,54-1,55
Poly (dimethyl siloxane)	1,43	Resin epoxy	1,55-1,60
Poly (trifluoroethyl methacrylate)	1,44	Polystyren PS	1,59
Poly (acetat vinyl)	1,47		
Poly (acrylat methyl)	1,47-1,48		

*a. Fiber dengan teras PMMA (poly methacrylat methyl)*

Bahan ini memiliki indeks bias lemah (1,49). Pilihan bahan jaket optik juga terbatas. Hal ini berkaitan dengan copolymer dari methacrylat, fluoro-alkole, fluoro vinylid, tetrafluorethylen (indeks mendekati 1,40). Fiber jenis ini sering dipakai.

*b. Fiber dengan teras PS (polystyren)*

Indeks dari bahan ini adalah 1.59. Jaket optik yang paling sering adalah PMMA (indeks 1.49) atau dari poly asetat vynil (indeks 1.47). Fiber PS dengan teras non-doping dapat digunakan serupa dengan fiber berteras PMMA. Tetapi sifat mekaniknya berbeda. Fiber PS dengan teras terdoping memberikan sifat lain yang sangat menarik sebagai sintilasi atau fluoresen

*c. Fiber dengan teras PC (polycarbonat)*

Fiber ini dikembangkan sangat khusus untuk ketahanan terhadap temperatur yang lebih baik. Tetapi fiber ini menghasilkan sifat optik yang kurang baik daripada yang sebelumnya.

*d. Fiber dengan teras terisi deuterium*

Dalam fiber yang disebut "terdeuterium" secara khusus dengan teras PMMA, penggantian bagian atom atom hydrogen dengan atom deuterium yang memungkinkan penggeseran jendela spectrum transparansi ke arah panjang gelombang yang lebih besar dan memperbaiki harga harga absolut dari fiber sebelumnya. Fiber ini sangat baik, meskipun tidak sukses dalam pemasaran. Salah satu alasan, di luar hal yang penting, serapan air yang mengakibatkan degradasi transparansi terutama pada daerah dekat IR. Stabilitas fiber terhadap waktu tidak terjamin lagi, PMMA sendiri juga memiliki sifat hysgroskopik.

### **3. Realisasi fiber plastik**

Fabrikasi fiber optik plastik melibatkan beberapa tahap tertentu yang dapat dikelompokkan ke dalam: pemurnian bahan, polymerisasi dan fibrasi. Tetapi teknik apa saja yang digunakan, kualitas fiber tergantung pada kondisi fabrikasi. Juga perhatian yang sangat perlu selalu diperhatikan untuk menghindari oksidasi atau kontaminasi oleh debu atau partikel asing sebelum dan selama masing-masing tahap yang berbeda.

*a. Pemurnian bahan*

Bahan komersial memerlukan fabrikasi teras, meskipun sederhana, yang tidak pernah cukup murni untuk menjamin transparansi yang diinginkan. Satu tahapan penting dalam fabrikasi fiber adalah pemurnian bahan dasar. Ini dilakukan melalui penyaringan kemudian distilasi di bawah hampa. Operasi yang terakhir ini juga perlu dilakukan suatu saat diperlukan untuk mencapai derajat kemurnian yang diharapkan. Tahap pemurnian ini juga dilakukan untuk bahan jaket optik dan produk suplementair yang diintroduksi dalam jumlah kecil ke dalam bahan untuk memulai dan mengontrol polymerisasi atau menghindari oksidasi. Foto 1-A memberikan contoh peralatan distilasi/filtrasi di bawah hampa.

*b. Polimerisasi bahan teras*

Bahan dasar adalah monomer, yaitu unsur organik yang hanya mengandung satu molekul. Melalui reaksi kimia yang memadai, memungkinkan terjadinya asosiasi sejumlah besar molekul ini mengikuti rantai makromolekuler. Rantai-rantai ini yang menentukan sifat khusus dari plastik. Kecepatan dan

efisiensi reaksi polimerisasi ini tergantung pada temperatur. Agar diperoleh efektivitas polimerisasi setinggi mungkin (mendekati 95 %) dan juga untuk menghindari pembentukan gelembung, temperatur harus diatur seteliti mungkin. Dalam hal PMMA, regulasi temperatur ini lebih penting daripada reaksi pembebasan panas.

### **E. Fiber untuk mid-inframerah**

Akibat dari penyusutan yang disebabkan oleh hamburan (scattering) menurun dengan perbandingan terbalik dari pangkat empat panjang gelombang ( $1/\lambda^4$ ), menarik para peneliti untuk mencari bahan fiber untuk daerah mid-inframerah. Serapan bahan silika meningkat dengan cepat pada panjang gelombang lebih besar dari 1.7  $\mu\text{m}$ , sehingga para peneliti bahan mencari bahan gelas nonoxide, dengan harapan dapat mencapai tingkat kesusutan di bawah 0.1 db/km. Mereka menghadapi masalah serius untuk memurnikan bahan yang transparan pada mid-inframerah dan ketika menariknya menjadi fiber. Fiber mid-inframerah menarik untuk memenuhi permintaan penggunaan khusus seperti instrumentasi inframerah atau penguat fiber (fiber amplifier).

### **F. Fiber Laser**

Pada dasarnya fiber ini sama dengan fiber silika pada umumnya. Core pada fiber ini didadah (doping) dengan Erbium atau unsur tanah jarang (rare earth) lain seperti Nd, dan Pr. Dengan memberikan pemompaan optik, akan mentransisikan elektron erbium, ke tingkat yang lebih tinggi. Pada keadaan yang tidak stabil ini menyebabkan elektron turun lagi dengan memancarkan energi. Energi yang dipancarkan tergantung pada energi pemompanya. Tiga energi pemompa yang penting adalah pada daerah panjang gelombang 800, 980 dan 1480 nm dengan menggunakan laser semikonduktor.

### **G. Fiber Sensor**

Sensor yang menggunakan kisi Bragg yang berada di dalam fiber (in-fiber Bragg grating, FBG) menjadi bahan kajian yang berkelanjutan dan cepat setelah penampilan pertamanya untuk pengukuran strain dan temperatur sepuluh tahun yang lalu. Alasan utamanya adalah karena sensor FBG memiliki keunggulan yang

meyakinkan dibandingkan penggunaan sensor fiber optik yang lain, termasuk potensinya untuk berharga rendah dan multiplexing panjang gelombang yang tunggal. Mekanisme transdusernya adalah modulasi panjang gelombang terpantulkan dari elemen sensor, sebagai contoh, sehingga menghindarkan kebingungan pengukuran fase seperti pada sensor interferometrik atau keperluan akan adanya acuan pada interferometrik lainnya. Sensor FBG nampaknya akan menjadi sesuatu yang ideal untuk merealisasikan 'fibre-optic smart structure' agar sejumlah kebutuhan dapat terpenuhi, seperti pemantauan kesehatan, pendeteksian dampak, pengontrol ukuran ketajaman dan damping getaran, melalui pengawasan informasi sensing pada saat itu juga, seperti, regangan, suhu dan getaran.

## **Daftar Pustaka**

- Chartier, G. 1997. **Manuel d'optique**. Paris:Hermes
- Desurvire, E. 1993. **Erbium Doped Fiber Amplifier**. New York: John Wiley & Sons
- Dodd, Z. A. 2002. **The Essential Guide to Telecommunications**, Yogyakarta: Andi Offset
- Joindot, J. and Joindot, M. 1996. **Les Télécommunications par fibres optiques**, Paris: Dunod
- Kuswanto, H. 2001. **Formation et Transformation des Défauts Ponctuels dans les fibres optiques germanosilicate: Influence du Traitement Thermique et de l'insolation UV**. Dissertation, Université Jean Monnet de Saint Etienne France
- Selvarajan A., Kar Subrat, Srinivas, T., 2002. **Optical Fiber Communication Principles and System**. Boston: Mc Graw Hill
- Kashap, Raman, 2001, **Fiber Bragg Grating**. London: Academic Press