

MAKALAH SEMINAR TUGAS AKHIR SIMULASI PERAMBATAN CAHAYA PADA SERAT OPTIK

Bayu Ananto (L2F 001 584)

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

ABSTRAK

Serat optik adalah salah satu media transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas besar dengan keandalan yang tinggi. Berlainan dengan media transmisi lainnya, maka pada serat optik gelombang pembawanya tidak merupakan gelombang elektromagnet atau listrik, akan tetapi merupakan sinar/cahaya laser

Pada serat optik gelombang cahayalah yang bertugas membawa sinyal informasi. Sinyal listrik ini dibawa oleh gelombang pembawa cahaya melalui serat optik dari pengirim menuju alat penerima yang terletak pada ujung lainnya dari serat. Modulasi gelombang cahaya ini dapat dilakukan dengan merubah sinyal listrik menjadi gelombang cahaya pada transmitter dan kemudian merubahnya kembali menjadi sinyal listrik pada penerima. Pada pengirim, sinyal listrik dapat dirubah kembali menjadi gelombang suara. Tugas untuk merubah sinyal listrik ke gelombang cahaya atau kebalikannya dapat dilakukan oleh komponen elektronik yang dikenal dengan nama komponen optoelectronic pada setiap ujung serat optik. Proses pengiriman sinyal pada serat optik menggunakan perambatan cahaya.

Dalam Tugas Akhir ini akan disimulasikan bagaimana perambatan cahaya yang terjadi dalam serat optik menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic 6. Apakah sesuai dengan hukum snell atau tidak dan apakah simulasi pemantulan pada komunikasi serat optic sesuai dengan teori atau tidak. Dan pada hasil percobaan terlihat bahwa simulasi ini memenuhi parameter hukum snell dan pemantulan pada komunikasi serat optik.

Kata kunci: Perambatan cahaya, serat optik

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dan Penerapan Teknologi telekomunikasi dunia yang berkembang dengan cepat, secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi perkembangan sistem telekomunikasi 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. 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. Berlainan dengan media transmisi lainnya, maka pada serat optik gelombang pembawanya tidak merupakan gelombang elektromagnet atau listrik, akan tetapi menggunakan sinar/cahaya laser

Perambatan cahaya pada serat optik inilah yang akan coba disimulasikan pada Tugas Akhir ini.

1.2 Pembatasan Masalah

Dalam tugas akhir ini pembahasan terbatas pada:

1. Pembuatan Simulasi Menggunakan Visual Basic 6.0
2. Simulasi perambatan cahaya pada serat optik.
3. Simulasi serat optik jenis *single mode* dan *multi mode*.
4. Simulasi yang dibuat tidak dipengaruhi oleh jarak.
5. Pembahasan hanya difokuskan pada perambatan cahaya pada serat optik dan jenis – jenis serat optik

1.3 Tujuan

Tujuan pembuatan Tugas Akhir ini adalah untuk membuat program simulasi mengenai perambatan cahaya pada masing-masing jenis serat optik yaitu masing-masing

serat optik single mode dan multi mode dengan menggunakan parameter-parameter yang ditentukan.

2. DASAR SERAT OPTIK

2.2 TEORI OPTIK

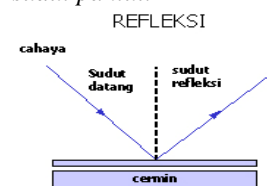
Untuk mengetahui sifat dari cahaya, ada tiga macam karakteristik dari cahaya, yaitu sebagai berikut :

- Cahaya berproyeksi lurus ke depan dalam suatu medium.
- Cahaya dapat dianggap sebagai transport elektromagnetik dari energi yang beroperasi seperti gelombang.
- Cahaya adalah transport dari energi yang terdiri dari photon.

2.2.1 Cahaya beroperasi lurus ke depan dalam medium.

Arah cahaya dapat diubah dengan menggunakan kaca. Kaca memantulkan cahaya yang datang. Sifat ini dirumuskan dalam bentuk hukum optik kedua :

- *Besarnya sudut datang sama dengan sudut pantul.*



Gambar 2.1 Refleksi Cahaya pada Cermin

Kecepatan cahaya di dalam medium tidak konstan tetapi tergantung pada zat dari medium. Berkas cahaya akan

semakin patah bila perbedaan kerapatan antara zat menjadi semakin besar. Factor ratio untuk kecepatan cahaya di dalam medium ditentukan oleh indeks bias dari medium. Indeks bias sama dengan kecepatan cahaya didalam ruang hampa (vakum) dibagi oleh kecepatan cahaya di dalam medium. Kecepatan cahaya di udara kira-kira $3 \cdot 10^8$ m/s dan di air kira-kira $2,3 \cdot 10^8$ m/s, sehingga di dapat indeks bias air 1,3.



Gambar 2.2 Refraksi Cahaya

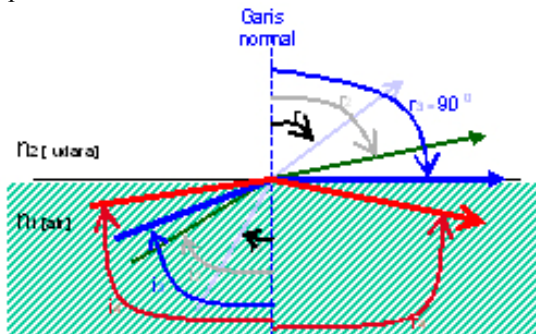
2.2.1.1 Hukum Snellius

W. Snellius merumuskan dalam suatu hukum yang dikenal dengan Hukum Snellius sebagai berikut :

Sinus dari sudut datang dibagi dengan sudut bias adalah konstan

$$n(i) \cdot \sin(i) = n(r) \cdot \sin(r) \quad (2.1)$$

Cahaya yang datang pada suatu medium, sebagian dari cahaya tersebut tidak dibiaskan tetapi dipantulkan (efek kaca). Hubungan antara bagian yang dibiaskan dengan dipantulkan tergantung dari indeks bias dan sudut datang dari berkas cahaya permukaan. Dengan menambah sudut datang kemungkinan dapat memantulkan secara total berkas cahaya, sehingga dinamakan sebagai *total internal reflection*. Hal ini merupakan peristiwa yang ideal untuk transportasi cahaya fiber optic.



Gambar 2.3 Hukum Snellius

Hubungan r_1 dengan r_2 dapat dinyatakan dengan hukum Snellius:

$$n_2 \sin r_1 = n_1 \sin r_2 \quad (2.2)$$

- Cahaya yang bergerak dari materi dengan indeks bias lebih besar (padat) ke materi dengan indeks bias lebih kecil (tipis) maka akan bergerak menjauhi sumbu tegak lurus (garis normal). Sudut datang lebih kecil daripada sudut bias.
- Cahaya yang bergerak dari materi dengan indeks bias lebih kecil (tipis) ke materi dengan indeks bias lebih besar (padat) maka akan bergerak mendekati sumbu

tegak lurus (garis normal). Sudut datang lebih besar daripada sudut bias.

- Sudut Kritis dapat dijelaskan sebagai sudut masuk diatas *total internal reflection* yang terjadi. Sudut kritis (θ_c) dirumuskan sebagai berikut

$$\theta_c = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right),$$

(2.3) Dimana : n_2 = indeks bias dari medium yang lebih tipis

n_1 = indeks bias dari medium

Persamaan ini adalah suatu penerapan sederhana dari Hukum Snell, dimana sudut bias adalah 90°

Dengan berdasar gambar-gambar di atas dapat ditarik kesimpulan yaitu :

- Di dalam medium dengan kecepatan cahaya v diberikan sebagai berikut :
$$v = c/n, \quad (2.4)$$

Dimana : n = indeks bias dari medium
 c = kecepatan cahaya di dalam bawah vacuum.

- Di dalam medium tersebut berkas berjalan
- Bila berkas cahaya melalui satu medium (n_1) ke medium (n_2) yang lain, dengan sudut tertentu (θ_1), berkas cahaya tersebut akan dibiaskan (θ_2) dan atau dipantulkan (θ_3).
Pembiasan : $n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$ (hukum Snellius)
Pemantulan : $\theta_1 = \theta_2$
- Jika kita menambah θ_1 di atas "sudut kritis", kita dapatkan pantulan total.

2.2.2 Cahaya sebagai transport elektromagnetik dari energi yang merambat seperti gelombang

Cahaya natural tidak memiliki warna, tetapi apabila cahaya putih biasa melalui prisma, akan diuraikan ke dalam warna-warna yang berbeda, yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu.

2.2.3 Cahaya adalah transport energi yang terdiri dari photon

Cahaya dijelaskan sebagai transport dari energi yang terdiri dari photon-photon. Photon diubah dalam partikel atau paket energi yang hanya ditentukan oleh warnanya.

Warna dari suatu gelombang cahaya ditentukan panjang gelombangnya. Sehingga dapat diperkirakan adanya hubungan yang kuat antara gelombang cahaya dengan photon-photon.

2.2.4 Pengaruh Dispersi

Kecepatan propagasi cahaya untuk semua warna tidak konstan. Sehingga pengaruh hal tersebut kita ketahui

dalam kehidupan sehari-hari adalah terjadinya “pelangi” atau pengaruh-pengaruh dispersi pada prisma.

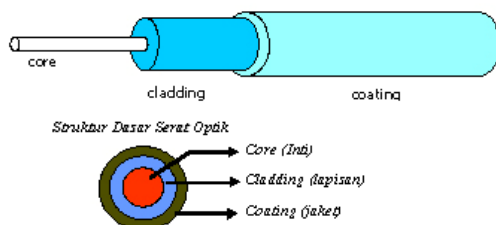
Pendapat umum mengatakan bahwa gelombang elektromagnetik berpropagasi di dalam kisi-kisi memberikan jawaban mengapa cahaya memerlukan waktu lama untuk berpropagasi di dalam gelas dari pada di dalam ruang hampa.

2.3 KABEL SERAT OPTIK

Komposisi kabel serat optic terdiri dari 3 elemen dasar, yaitu :

- Core
- Cladding
- Coating

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah :



Gambar 2.4 Gambar Kabel Serat Optik

2.3.1 Core atau Inti Kabel

Elemen pertama dari serat optik adalah merupakan konduktor yang sebenarnya disebut sebagai *core*. *Core* mempunyai diameter antara 5 μm sampai dengan 200 μm (1 μm sama dengan 0,000001 m). ketebalan dari *core* merupakan hal yang penting, karena menentukan karakteristik dari kabel. Core (inti) dari fiber optic dibuat dari material kristal kelas tinggi yang bebas air. Berfungsi untuk menentukan cahaya merambat dari satu ujung ke ujung lainnya.

2.3.2 Cladding (selimut)

Cladding dilapiskan pada *core*. *Cladding* ini juga terbuat dari gelas tetapi indeks biasnya berbeda dengan bias dari *core*. Hubungan antara kedua indeks bias refraksi tersebut dibuat kritis sehingga memungkinkan pemantulan total dari berkas cahaya yang merambat berada di atas sudut kritis sewaktu dilewatkan sepanjang serat optik. Berfungsi sebagai cermin, yakni memantulkan cahaya agar dapat merambat ke ujung lainnya.

2.3.3 Coating (pembungkus)

Sekeliling core dan cladding dibalut dengan “*plastic coating*” yang berfungsi untuk melindungi fiber optic dari tekanan luar dan memberikan warna sebagai pembeda antar fiber. Serat biasanya terletak bebas di dalam coating sekunder berbentuk tabung. Berfungsi sebagai pelindung mekanis sebagai pengkodean warna.

2.3.4 Prinsip kerja dari konduktivitas cahaya di dalam kabel optic

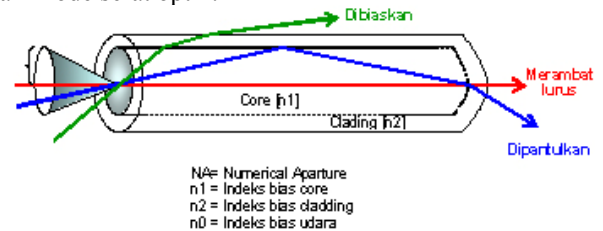
Sumber cahaya ditempatkan sebelum fiber optic, yang akan mengirim berkas cahaya ke segala arah. Berkas

cahaya 1 dalam kondisi propagasi ideal, karena berkas tersebut merambat sepanjang sumbu kabel. Hal tersebut memungkinkan berkas tersebut berpropagasi sepanjang kabel optic tanpa mengalami pembiasan atau pemantulan.

Berkas cahaya 2 dipantulkan secara total, karena sudut datang pada permukaan interface lebih besar dari pada sudut kritis. Berkas seperti cahaya 2 akan berpropagasi melalui fiber dengan memantul pada bagian atas dan bawah permukaan dari interface. (antara core dengan cladding).

Sudut datang dari berkas cahaya 3 lebih kecil dari kritis sehingga tidak dipantulkan (direfleksikan). Berkas cahaya ini akan dibiaskan dan menembus melalui permukaan yang dibentuk antara core dengan cladding. Berkas cahaya 3 akan diabsorb oleh coating dan tidak akan memberikan kontribusi energi di dalam kabel.

Untuk membawa sebanyak mungkin energi melalui serat, sangat penting membundel berkas cahaya pada sumber cahaya. Sebagian besar dari berkas cahaya yang dikirimkan akan seperti berkas cahaya 1 atau berkas cahaya 2 dan oleh karena itu sebagian energi akan dikirim ke lokasi lain. Cahaya dapat berpropagasi dengan jalan yang berbeda melalui serat atau fiber (seperti berkas cahaya 1, 2, 3). Perbedaan jalan tersebut dinamakan mode dari kabel serat optik. Ketebalan dari core menentukan jumlah dari mode serat optik.



Gambar 2.5 Konduktivitas cahaya

Rumus dari Numerical Aperture adalah :

$$NA = \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_0}}$$

Dimana :
 n_1 = Indeks Bias Core
 n_2 = Indeks Bias Cladding
 n_0 = Indeks Bias Udara (1)

2.4 SUMBER CAHAYA SERAT OPTIK

Sumber cahaya disebut sebagai komponen aktif dalam sistem komunikasi serat optik. Fungsinya mengubah arus listrik menjadi energi optik (cahaya) sehingga dapat dikopling ke serat optik. Selanjutnya sinyal optik yang dihasilkan sumber ini akan membawa informasi sampai ke receiver.

Laser Diode (LD) dan Light Emitting Diode (LED) merupakan sumber optik yang cocok untuk sistem serat optik. Kedua sumber ini mempunyai dimensi yang sesuai dengan diameter serat optik sehingga dapat mengemisikan cahaya dengan *spectral width* yang sempit pada panjang gelombang dimana redaman dan dispersi serat kecil, dan dapat memodulasi sinyal dengan *bandwidth* yang lebar dan menghasilkan daya optik *output* yang cukup besar.

Perbedaan dasar dari LED dan Laser diode adalah *output* dari LED tidak koheren sedangkan output Laser koheren. Pada sumber yang koheren, energi optik dihasilkan dari rongga optik resonan. Energi optik yang dilepaskan dari rongga ini bersifat monokromatik dan terarah, sehingga kopling cahaya ke serat menjadi baik dan *spectral width* yang sempit. LED tidak memiliki rongga resonan dan merupakan *Lambertian Source* (Memancarkan cahaya ke segala arah) yang menghasilkan *spectral width* yang lebar. Selain itu LED menghasilkan daya *output* yang lebih kecil dari Laser dan ini menyebabkan LED kurang cocok digunakan untuk transmisi jarak jauh. Karena sifat emisi sumber LED berpola lambertian maka untuk memberikan efisiensi kopling yang tinggi, LED lebih cocok digunakan serat multimode. LED dapat memodulasi *bandwidth* sinyal sampai 300MHz, sedangkan Laser mampu mencapai 2,5GHz. Dalam aplikasinya, LED banyak dipakai untuk komunikasi dengan jarak sedang (kurang dari 10 km) dan Laser untuk komunikasi jarak jauh (hingga 100 km).

2.5 JENIS SERAT OPTIK

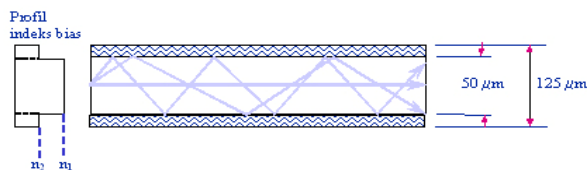
Sampai saat ini ada 3 jenis fiber yang digunakan pada umumnya yaitu :

- Step index, multimode
- Graded index, multimode
- Step index, singlemode

2.5.1 Step Index Multimode

Fiber optic step index (multimode) dibuat dari core yang relatif besar, dengan diselubungi cladding. Corenya mempunyai diameter antara 50 sampai dengan 200 μm , dimana cladding sangat tipis. Core dan cladding mempunyai index bias yang berbeda. Serat tersebut mudah dibuat, oleh karena itu serat optic ini pertama kali di pasaran. Keuntungan lain dari serat step index multimode adalah corenya yang tebal sehingga mudah dalam penyambungan ujung dua serat dan dalam segi biaya lebih efektif.

Kerugian utama dari serat ini adalah terjadinya tiga tipe dispersi dan adanya rugi-rugi daya yang besar. Oleh karena itu, serat step index multimode digunakan untuk jarak yang pendek dengan bit rate yang relative rendah. Kabel ini cocok untuk transmisi medium. Redaman dari serat step index multimode antara 2 sampai dengan 30 dB/Km, dan bandwidth antara 10 sampai dengan 100 Mhz.



- Indeks bias core konstan.
- Ukuran core besar (50 μm) dan dilapisi cladding yang sangat tipis.
- Penyambungan kabel lebih mudah karena memiliki core yang besar.
- terjadi dispersi.

Gambar 2.6 Step Index Multimode

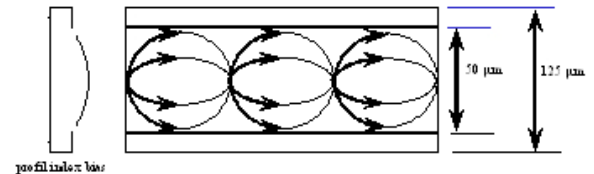
2.5.2 Graded index Multimode

Kabel ini terdiri dari core yang mempunyai indeks bias berkurang sedikit

demis sedikit secara step by step dari pusat core sampai batas antara core dengan cladding. Core tersebut terdiri dari lapisan-lapisan gelas, masing-masing lapisan mempunyai index bias yang berbeda. Umumnya diameter core 50 μm dan untuk claddingnya 125 μm . Berkas cahaya yang merambat melalui kabel ini dibelokkan sampai propagasi sejajar dengan sumbu serat. Di tempat titik pantul tersebut propagasi diarahkan ke arah axis serat.

Propagasi gelombang cahaya melalui lapisan bagian luar berjalan lebih jauh dari pada berkas yang hanya melalui lapisan bagian dalam. Tetapi indeks bias dari lapisan luar adalah lebih kecil, berarti bahwa kecepatan propagasi cahaya bagian luar lebih cepat dari pada bagian dalam. Oleh karena itu, semua berkas cahaya (mode-mode) menggambarkan pulsa-pulsa yang datang pada waktu yang bersamaan. Dengan cara ini dispersi multipath dapat diusahakan seminim mungkin.

Fiber Graded Index Multimode mempunyai redaman mulai dari 2 sampai dengan 10 dB/Km dan bandwidth 1GHz. Meskipun mempunyai banyak keuntungan, fiber ini sukar dalam pembuatannya dan harganya lebih mahal dari pada step index multimode.

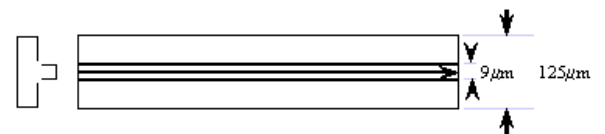


Gambar 2.7 Graded Index Multimode

2.5.3 Step Index Single Mode

Sejara setelah perkembangan kedua jenis tipe fiber tersebut di atas, kebutuhan akan bandwidth lebih besar lagi. Dapat kita lihat bahwa semakin rendah jumlah mode, semakin tinggi bandwidthnya. Idealnya cahaya berpropagasi melalui hanya satu mode saja, yang paralel dengan sumber fiber. Panjang gelombang dari infra merah yang terletak antara 800 sampai 1600nm, yang berarti diameter core 0,8 sampai dengan 1,6 μm .

Core mempunyai diameter antara 5 sampai dengan 10 μm , dan cladding telah distandarisasi pada 125 μm . Redaman step index singlemode adalah 0,2 sampai 0,4 dB/Km, dan dengan bandwidth 50 Ghz.



Gambar 2.8 Step index Single Mode

3. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

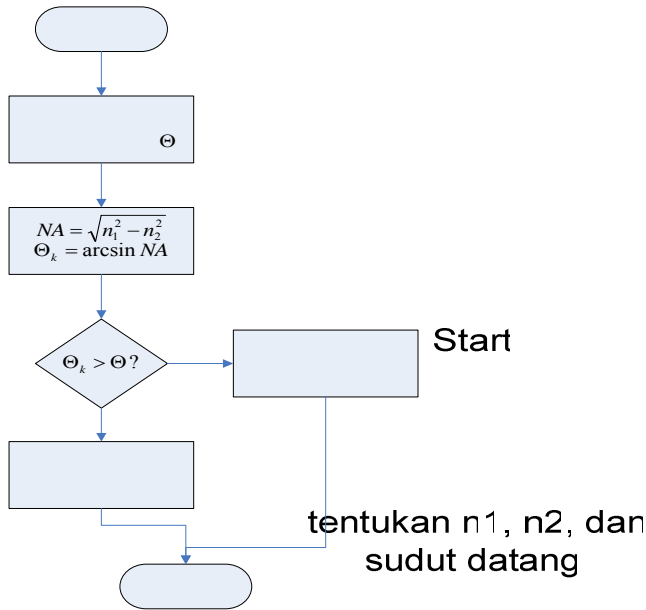
3.1 SIMULASI PEMANTULAN CAHAYA

Parameter yang akan digunakan dalam simulasi ini antara lain adalah indeks bias media pertama (n_1), indeks bias media kedua (n_2), apertur numerik (N_a), sudut datang (Θ), dan sudut kritis (Θ_k). Indeks bias media dan sudut datang akan ditentukan oleh user, apertur numerik didapat dari persamaan 1.1, sedangkan untuk sudut kritis diperoleh dari persamaan 1.2. Flowchart program simulasi perambatan cahaya ditunjukkan oleh Gambar 1.1.

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\Theta_k = \arcsin NA \dots\dots\dots (1.2)$$

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} NA \dots\dots\dots (1.3)$$



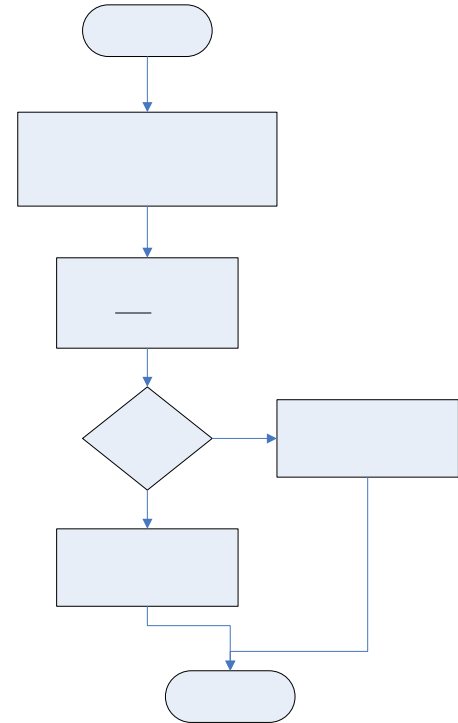
Gambar 1.2. Flowchart program simulasi perambatan cahaya.

Flowchart diatas dapat dijabarkan dalam algoritma program sebagai berikut:

- saat program dijalankan maka user diminta menentukan nilai n1,n2, dan besar sudut datang, nilai-nilai ini digunakan untuk menghitung nilai NA, dan nilai NA digunakan untuk menghitung nilai sudut kritis yang dihasilkan oleh 2 buah media dengan indeks bias n1 dan n2 tersebut.
- setelah ditentukan parameter yang diminta, maka program akan menghitung nilai NA dengan persamaan 1.1 dan persamaan 1.2 untuk menentukan besar sudut kritis yang dihasilkan oleh perbedaan n1 dan n2.
- Selanjutnya program akan menentukan aksi yang akan dilakukan oleh cahaya, apakah membias memantul sempurna atau membias sejajar sumbu utama. Apabila besar sudut datang lebih besar dari sudut kritis maka cahaya akan dibiaskan, sedangkan jika sudut datang lebih kecil dari sudut kritis maka cahaya akan dipantulkan sempurna dan jika besar sudut datang sama dengan sudut kritis akan dipantulkan sejajar sumbu utama.

3.2 SIMULASI PERAMBATAN CAHAYA PADA JARINGAN SERAT OPTIK

Parameter yang diperlukan adalah indeks bias inti (n1), indeks bias cladding (n2), apertur numerik (NA), panjang gelombang (λ), jari-jari inti serat (a), profil indeks (g), frekuensi normalisasi (V), dan mode serat. Parameter yang di tentukan oleh user adalah parameter n1, n2, λ , g, dan a, sedangkan parameter yang lain akan melalui proses perhitungan, parameter NA mengikuti persamaan 1.1, sedangkan parameter V menggunakan persamaan 1.3. Flowchart simulasi perambatan cahaya pada jaringan serat optik ditunjukkan oleh Gambar 1.2.



Gambar 1.3 Flowchart program simulasi perambatan cahaya pada serat Optik

Flowchart diatas dapat dijabarkan dalam algoritma program sebagai berikut:

- Setelah program dijalankan maka parameter yang harus ditentukan oleh user adalah profil indeks, jenis fiber, dan jenis cahaya. Jenis fiber akan menentukan juga besar NA dan besar diameter core yang merupakan karakteristik dari masing-masing fiber (data karakteristik pada lampiran).
- Program akan menghitung besar frekuensi normalisasi dengan persamaan 1.3 dan besar sudut kritis seperti pada persamaan 1.2 .
- Nilai V tergantung pada jenis fiber dan jenis serta panjang gelombang cahaya yang digunakan.
- Apabila nilai V berada pada $0 < V < 2.045$ maka mode yang terjadi adalah single mode, tetapi jika tidak, maka mode yang ditampilkan adalah Multimode.
- Profil indek yang ditampilkan disesuaikan dengan pilihan profil indeks yang ditentukan user.

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

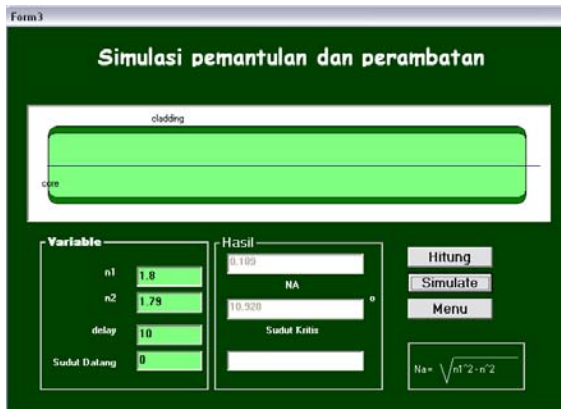
4.1 SIMULASI PEMANTULAN CAHAYA

Selesai
Tabel 4.1 Hasil pengujian simulasi pemantulan cahaya

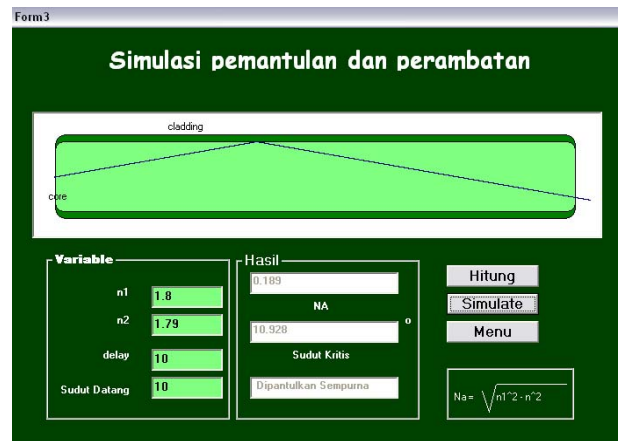
No	Sudut Kritis (o)	Sudut Datang (o)	Keterangan
1	10.928	0.000	Merambat lurus
2		5.000	Dipantulkan sempurna
3		10.000	Dipantulkan sempurna
4		10.928	Bias sejajar sumbu
5		15.000	Dibiaskan

6		30.000	Dibiaskan
7		45.000	Dibiaskan
8		60.000	Dibiaskan
9		90.000	Dibiaskan
10	24.930	0.000	Merambat lurus
11		5.000	Dipantulkan sempurna
12		10.000	Dipantulkan sempurna
13		15.000	Dipantulkan sempurna
14		24.930	Bias sejajar sumbu
15		24.931	Dibiaskan
16		30.000	Dibiaskan
17		45.000	Dibiaskan
18		60.000	Dibiaskan
19	90.000	Dibiaskan	
20	36.290	0.000	Merambat lurus
21		5.000	Dipantulkan sempurna
22		10.000	Dipantulkan sempurna
23		15.000	Dipantulkan sempurna
24		30.000	Dipantulkan sempurna
25		36.290	Bias sejajar sumbu
26		36.291	Dibiaskan
27		45.000	Dibiaskan
28		60.000	Dibiaskan
29	90.000	Dibiaskan	

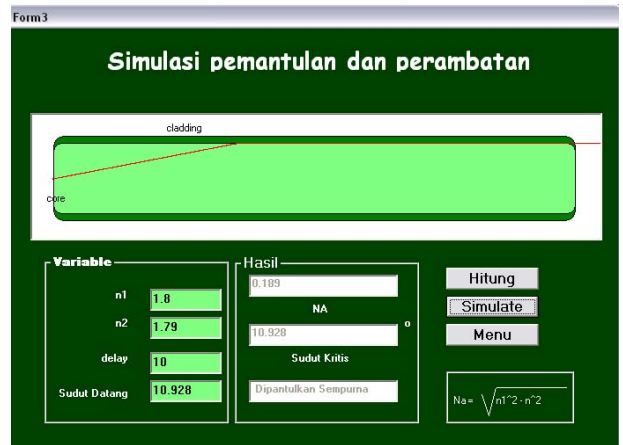
Pada Tabel 4.1 terdapat 4 kondisi cahaya, yaitu merambat lurus, dibiaskan, dipantulkan, dan dibiaskan sejajar sumbu utama. Merambat lurus terjadi apabila sudut datang bernilai 0, karena pada sudut 0 cahaya tidak terpengaruh oleh indeks bias bahan seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.1. Sudut datang yang lebih kecil dari sudut kritis, maka cahaya akan dibiaskan sempurna seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2. Sudut datang yang lebih besar dari sudut kritis maka cahaya akan dibiaskan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4, sedangkan untuk sudut kritis sama dengan sudut datang maka cahaya akan dibiaskan sejajar sumbu utama seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.3.



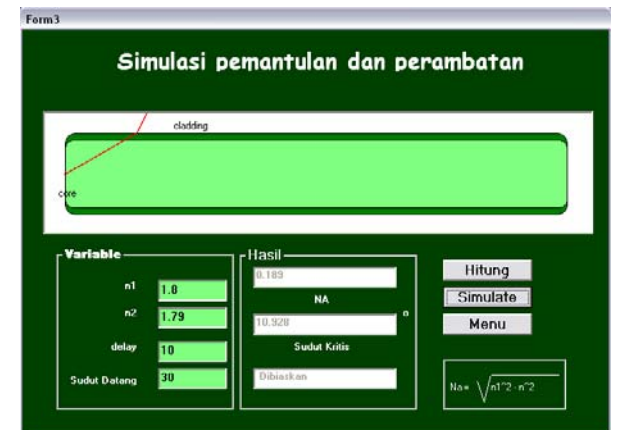
Gambar 4.1 Cahaya merambat lurus



Gambar 4.2 Cahaya dipantulkan sempurna.



Gambar 4.3 Cahaya dibiaskan sejajar sumbu utama.



Gambar 4.4 Cahaya dibiaskan.

Dari Gambar 4.2 terlihat bahwa cahaya dibiaskan pada saat sudut datang lebih besar dari sudut kritis. Pembiasan tersebut mengikuti hukum Snellius seperti pada persamaan 4.1.

$$n_1 \cdot \sin \Theta = n_2 \cdot \sin \Theta_k \dots\dots\dots(4.1)$$

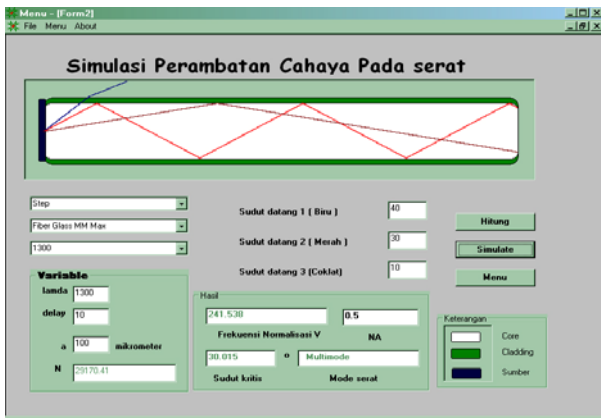
4.2 PENGUJIAN SIMULASI PERAMBATAN CAHAYA PADA JARINGAN SERAT OPTIK

4.2.1 SERAT STEP INDEKS

4.2.1.1 SERAT MULTIMODE STEP INDEKS

Pengujian multimode ditunjukkan pada Gambar

4.5.



Gambar 4.5 Step indeks multimode.

Pada pengujian ini jenis fiber optik dan jenis cahaya yang digunakan ditentukan oleh user. Nilai dari NA dan jari-jari inti mengikuti karakteristik tiap jenis fiber. Pada gambar hasil percobaan di subbab ini sinar terbagi menjadi beberapa cahaya, hal ini hanya sbegai sampling dari jumlah cahaya yang merambat sesungguhnya yaitu nilai N yang sudah dibahas pada BAB II. Contoh perhitungan dari nilai N adalah sebagai berikut:

- Jenis serat : Fiber glass
- Na : 0,5
- Diameter : 100 um
- Panjang gel : 1300 nm

Dengan data diatas didapat jumlah mode yang merambat pada serat adalah :

$$N = \frac{V^2}{2} \frac{g}{g + 2}$$

$$N = \frac{241,538^2}{2}$$

$$N = 29170,41$$

Pada step indeks nilai g adalah tak hingga, sehingga dapat diabaikan. Dari percobaan untuk semua jenis cahaya dan jenis fiber optik didapatkan hasil seperti ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4.2 Hasil pengujian simulasi Multimode Step Indeks

No	Jenis Fiber	Lamda(nm)	NA	a	V	Sudut kritis	N
1	Fiber Glas MM	1,500	0.50	100	209.33	30.01	21,910
		1,300			241.53		29,170
		850			369.41		68,232
		1,500			20.09		202
		1,300			23.18		268
		850			35.46		628
2	Plastic Clad	1,500	0.20	50	41.86	11.54	876
		1,300			48.30		1,166
		850			73.88		2,729
3	Plastic fiber	1,500	0.60	600	1,507.20	36.88	1,135,825
		1,300			1,739.07		1,512,194
		850			2,659.76		3,537,174
		1,500			209.33		14.48

		1,300		241.53		29,170
--	--	-------	--	--------	--	--------

Hasil percobaan diatas tidak dipengaruhi oleh jenis sumber cahaya, yang berpengaruh hanyalah panjang gelombang sumber cahaya. Pada hasil percobaan diatas terlihat perbedaan karakteristik yang terdapat pada masing-masing jenis fiber optik mengakibatkan perbedaan pula pada frekuensi normalisasi yang dihasilkan dan jumlah mode yang merambat pada serat optik.

4.2.2.2 SERAT SINGLE MODE STEP INDEKS

Serat single mode hanya melewati mode dasar LP01, frekuensi cut-off untuk LP11 terjadi pada $V_c=2,405$, sehingga untuk menghasilkan singlemode frekuensi normalisasi berharga $0 < V < 2,405$. untuk menyesuaikan kondisi ini, besar diameter inti bisa dibuat menjadi sangat kecil. Secara teoritis diameter inti bisa dibuat lebih besar dengan cara memperkecil perbedaan indeks bias inti-cladding, tetapi hal ini akan menyulitkan proses pembuatan serat dan tentu makin kecil NA akan menyulitkan kopling daya serat. Salah satu jenis fiber optik yang tersedia di pasaran untuk dapat bekerja pada siglemode adalah fiber glass dengan diameter 5um-10um Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian simulasi singlemode Step indeks

N o	Jenis Fiber	Lamda(n m)	NA	a	V	Sudut kritis	N
1	Fiber Glas SM	1,500	0.00	1	0.4	0.57	8.0
			1	0	1		0.1
					0.4		0.1
			1,300		8		0.2
					0.7		7
			850		3		2.1
			0.2	1	2.1		
		1,500		5	1	9	
					0.2	1	2.9
		1,300			4	1	1
					0.3	1	6.8
		850			6	0	0

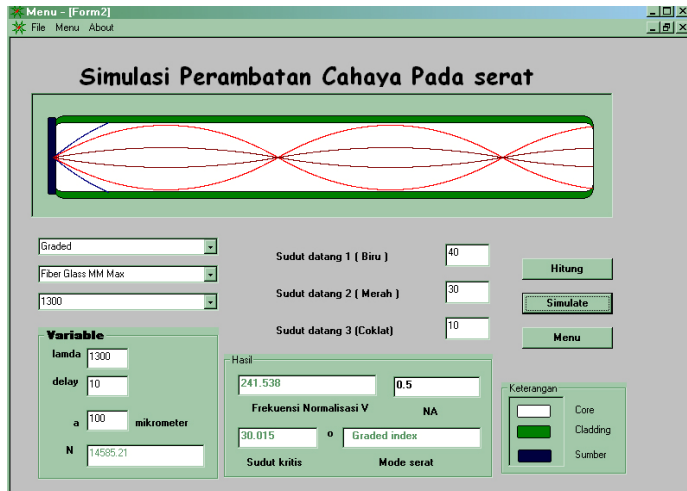


Gambar 4.6 Step indeks singlemode.

4.2.2 SERAT GRADED INDEKS

Disebabkan perubahan indeks yang kontinu dalam inti serat cahaya juga dibiaskan terus menerus

menyebabkan arah perambatan berubah, sehingga perambatan cahaya berbentuk sinusoidal. Cahaya merambat menjauhi sumbu mempunyai jarak tempuh yang lebih jauh dibandingkan dengan cahaya merambat pada sumbu serat, tetapi karena indeks bias makin kecil menjauhi sumbu, kecepatan rambat cahaya lebih tinggi dibandingkan dengan yang merambat pada sumbu. Cahaya merambat pada sumbu dan merambat menjauhi sumbu akan sampai pada waktu yang sama sehingga waktu delay dapat diminimumkan.



Gambar 4.7 Perambatan cahaya graded indeks

Tabel 4.4 Hasil pengujian simulasi Graded Indeks

N o	Jenis Fiber	Lamda(nm)	NA	a	V	Sudut kritis	N
1	Fiber Glas MM	1,500	0.500	10	209.33	30.01	10,955.10
				1	241.53		
				1	241.53		
		1,300	10	241.53	30.01	14,585.20	
			1	241.53			
			1	241.53			
2	Plastic Clad	1,500	0.250	10	41.86	11.54	438.20
				1	48.30		
				1	48.30		
		1,300	10	73.88	11.54	583.41	
			1	73.88			
			1	73.88			
3	Plastic fiber	1,500	0.600	6	1,507.20	36.88	567,912.00
				1	1,739.07		
				1	1,739.07		
		1,300	6	2,659.76	36.88	1,768,587.00	
			1	2,659.76			
			1	2,659.76			
4	Plastic fiber	1,500	0.250	2	209.33	14.48	10,955.10
				1	241.53		
				1	241.53		
		1,300	2	369.41	14.48	68,232.00	
			1	369.41			
			1	369.41			

Hasil percobaan diatas tidak banyak berbeda dengan percobaan multimode step indeks, perbedaan berada pada

jumlah mode yang merambat pada serat (N). Hal ini karena disebabkan oleh perbedaan profil indeks dan mempengaruhi nilai g. Graded inideks lebih menguntungkan dibanding step indeks, karena semua cahaya yang merambat pada serat diterima secara bersamaan pada penerima sehingga mengurangi faktor redaman.

5. PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada BAB IV maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada Simulasi perambatan cahaya yang menerapkan hukum Snell, simulasi telah sesuai dengan penerapan hukum Snell.
2. Apabila sudut datang lebih kecil dari sudut kritis maka cahaya dipantulkan sempurna
3. Apabila sudut datang sama dengan sudut kritis maka cahaya dibiaskan sejajar sumbu utama
4. Apabila sudut datang lebih besar dari sudut kritis maka cahaya dibiaskan sempurna
5. Pada simulasi perambatan cahaya pada serat optik, simulasi telah sesuai sesuai dengan teori fiber optik
6. Singlemode step indeks terjadi hanya jika nilai V berada pada range $0 < V < 2,405$
7. Stepindeks menghasilkan sinar lurus yang memiliki kecepatan rambat yang sama namun memiliki waktu berbeda untuk sampai pada titik penerima.
8. Graded indeks menghasilkan sinar parabolik yang memiliki kecepatan rambat yang berbeda namun memiliki waktu yang sama untuk sampai titik penerima.

5.2 SARAN

Program ini akan lebih baik lagi apabila dilengkapi dengan pembahasan rugi-rugi, repeater, perhitungan dispersi, redaman, radiasi, daya keluaran , sumber cahaya yang bervariasi dan pengaruhnya pada perhitungan daya keluaran fiber optik

DAFTAR PUSTAKA

1.,Modul Konsep Dasar Kabel Serat Optik,TELKOM Training Center,Bandung, 2005
2. Sukiswo, ST, *Buku Ajar Jaringan Telekomunikasi*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro ,Semarang, 2002
3. Shamir, Joseph, *Optical System And Processes*, Prentice Hall, New Delhi,2003
4. Franz J.H. & V.K. Jain, *Optical Communications Component And Systems*, Alpha Science Intl. Ltd, Harrow,2000
5. Keiser, Gerd, *Optical Fiber Communications 2nd Edition*,McGraw-Hill, 1991
6., www.cbn.net.id
7., <http://free.vlsm.org/v11/ref-ind-1/physical/teknologi-fiber-optik-1999.rtf>
8., <http://www.virtuallibrary.unmer.ac.id/>
9., www.howstuffworks.com
10., <http://www.kimianet.lipi.go.id/>
11., www.rp-photonics.com/fibers.html
12., http://id.wikipedia.org/wiki/Serat_optik
13., <http://www.elektroindonesia.com/elektro/el0400b.html>
14., <http://www.opto.lipi.go.id/utama.cgi?artikel&111975307&1>
15., <http://buphy.bu.edu/py106/notes/Refraction.html>

Biodata Mahasiswa



Bayu Ananto (L2F001584), lahir di Semarang, tanggal 1 Agustus 1983, menjalani pendidikan SD di SD Marsudirini Semarang tahun 1989-1995, pendidikan SLTP di SLTP Domenico Savio Semarang tahun 1995-1998, pendidikan SMU di SMUN 3 Semarang tahun 1998-2001. Saat ini penulis sedang menyelesaikan pendidikan Strata Satu Teknik di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Darjat, ST, MT
NIP. 132 231 135

Budi Setiyono, ST, MT
NIP. 132 283 184