TUGAS AKHIR

Analisa *Numerical Aperture* (NA) dan Modulasi Fiber Optik Menggunakan Frekuensi Modulasi (FM) Pada *Analog Link*

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Disusun oleh:

Nama : Toni Wijaya

No. Mhs : 02 524 076

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2011

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Analisa *Numerical Aperture* (NA) dan Modulasi Fiber Optik Menggunakan Frekuensi Modulasi (FM) Pada Analog *link*

TUGAS AKHIR

Disusun oleh :

Nama : Toni Wijaya

No. Mahasiswa : 02 524 076

Yogyakarta, Mei 2011

Pembimbing I	Pembimbing II
(Tito Yuwono, ST., M.Sc)	(Dwi Ana Ratna Wati, ST., M.Eng)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Analisa *Numerical Aperture* (NA) dan Modulasi Fiber Optik Menggunakan Frekuensi Modulasi (FM) Pada *Analog Link*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Toni Wijaya
NIM : 02 524 076

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Juni 2011

Tim Penguji :

(Tito Yuwono, ST., M.Sc)
KETUA

(Ir.Hj.Budi Astuti, M.T)
ANGGOTA I

(Dr.Eng.Hendra Setiawan, ST., M.T)
ANGGOTA II

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro
Universitas Islam Indonesia

Tito Yuwono, ST., M.Sc.

ABSTRAKSI

Fiber optik merupakan salah satu media transmisi dalam sistem komunikasi. Pada transmisi fiber optik cahaya digunakan untuk mengirimkan informasi. Pemilihan sumber cahaya dan panjang gelombang yang digunakan menentukan hasil transmisi fiber optik. Untuk mengetahui hasil transmisi fiber optik, maka dilakukan penelitian yang meliputi pengukuran *Numeric Aperture* (NA) dari cahaya tampak pada kabel fiber optik, Frekuesi Modulasi (FM) dan demodulasi pada fiber optik, serta *setting up digital link* fiber optik pada panjang gelombang (*wavelength*) 660 nm dan panjang gelombang (*wavelength*) 950 nm. Metode yang digunakan untuk melakukan penelitian *Numeric Aperture* (NA) adalah dengan melakukan pengamatan, pengukuran dan perhitungan *numeric aperture* dari sumber cahaya menggunakan *Light Emitting Diode* (LED) SFH 751 yang memberikan cahaya tampak pada kabel fiber optik yang merupakan media pengirim dari sistem transmisi fiber optik. Pada penelitian ini akan dikaji *Numeric Aperture* (NA) dan Modulasi Frekuensi (FM). Hasil penelitian menunjukan bahwa besarnya *Numeric Aperture* (NA) dipengaruhi oleh indek bias inti dan mantel dari kabel fiber optik. Pada Frekuensi Modulasi (FM) sinyal pembawa diubah-ubah sehingga besarnya sebanding dengan besarnya amplitudo sinyal pemodulasi, semakin besar amplitudo sinyal pemodulasi frekuensi akan semakin besar. Sedangkan pada *setting up digital link* fiber optik panjang gelombang 660 nm memiliki jumlah modus dan frekueansi lebih besar dari pada panjang gelombang 950 nm.

HALAMAN MOTTO

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."

(QS : Asy Syarh 5)

" Allah tidak akan membebani seseorang, kecuali sesuai dengan kesanggupannya. Ia mendapat pahala (dari kebaikan) yang dikerjakannya dan Ia mendapatkan siksa (dari kejahatan) yang dikerjakannya"

(QS Al Baqarah [2]:286)

Maka, apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh – sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap"

(QS Al Insyirah [94] : 7- 8)

"Allah pasti akan mengangkat orang yang beriman dan berilmu pengetahuan diantaramu beberapa tingkat lebih tinggi dan Allah tahu benar segala yang kamu lakukan."

(QS : Al Mujaadillah 11)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini dipersembahkan sebagai ungkapan terima kasih dengan tulus kepada mereka yang sangat berarti dalam hidupku:

Ayahanda dan Ibunda tercinta (terima kasih segalanya)
kakakku yang tercinta (terima kasih segalanya)
dan
Orang – orang yang sangat Aku sayangi...

KATA PENGANTAR



Assalamu' alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah segala puji dan syukur senantiasa dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya baik berupa kenikmatan maupun kesehatan lahir dan batin sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "**Analisa *Numerical Aperture* (NA) Dan Modulasi Fiber Optik Menggunakan Frekuensi Modulasi (FM) Pada Analog Link.**

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Ilmu, pengalaman, dorongan dan doa banyak diberikan kepada penulis selama masa kuliah dan selama proses penyelesaian tugas akhir ini. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih yang kepada :

1. Bapak Tito Yowono, ST., M.Sc, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia dan selaku Dosen Pembimbing I,
2. Ibu Dwi Ana Ratna Wati, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II
3. Ibu Ir.Hj.Budi Astuti, M.T dan Dr.Eng.Hendra Setiawan, ST,M.T selaku anggota Dosen penguji yang telah memberikan nilai.

4. Segenap dosen di lingkungan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas ilmu dan nilai yang diberikan.
5. Mas Anwar dan mbak Amaroh selaku Laboran Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak dan Ibu yang yang tidak pernah berhenti dan selalu memberikan do'a dan semangat, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Dyah Triutami, sosok wanita yang paling penulis sanjung dan kagumi, hati dan kasih sayangmu selalu membuat penulis semangat dan tegar.
8. Anggit Melyno Ibsan, ponakan yang telah meminjamkan laptop-nya selama ini untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Mas Jatmiko dan Mba Daryanti selaku bapak dan ibu Kost, yang telah memberikan tempat selama ini dari awal masuk kuliah sampai selesai kuliah, terima kasih.
10. Teman-teman seperjuangan, Handika, Taufik, Anton, Dani, dan seluruh teman-teman (yang tidak dapat disebutkan satu persatu) yang selalu bersama dalam canda dan duka serta selalu memberikan dukungan, terima kasih.
11. Teman – teman Kuliah Kerja Nyata (KKN) tematik pendidikan unit-46, Guruh, Ayu, Agung, Bikan, Rahmat, Rara, Dwindi yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
12. Semua pihak maupun instansi yang terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam menyusun Laporan Tugas Akhir ini, namun penulis menyadari bahwa penyusunan ini masih

belum sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran, kritik serta koreksi dari pembaca.

Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan bagi siapa saja yang membutuhkan.

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, April 2011

Toni Wijaya

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI iii
ABSTRAK iv
HALAMAN MOTTO v
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiv

BAB I PENDAHULUAN……1

1.1. Latar Belakang Masalah……..… 1
1.2. Rumusan Masalah……....2
1.3. Batasan Masalah……..... 2
1.4. Tujuan Penelitian……..... 3
1.5. Sistematika Penulisan…….. 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA……...5

2.1. Sejarah Perkembangan Fiber Optik…….….5
2.2. Serat Optik…….……...6
2.3. Jenis Fiber Optik……..……...……. 8
2.4. Perambatan Cahaya…….....11
2.5. *Numerical Aperture* (NA)……..…….14
2.6. Modus Fiber Optik……..……... 16
2.7. Modulasi Optik…….…..16

2.8. Frekuensi Modulasi (FM) dan Demodulasi……..……... 17

2.8.1. Pengertian Frekuensi Modulasi (FM)……..... 18

2.8.2. Indeks Modulasi FM…….…. 18

2.9. Sumber dan Detektor Cahaya…….....19

2.10. Transmisi Fiber Optik…….…21

2.11. Pengukuran Pada *Oscilloscope*…….. 22

BAB III PERANCANGAN SISTEM……...30

3.1. Modul Yang Digunakan…….… 23

3.2. Block Komponen ……..…. 24

3.3. *Numerical Aperture (NA)*……. 30

3.4. Frekuensi Modulasi (FM)……...31

3.5. *Setting* Fiber Optik *Digital Link*……. 32

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN ……. 33

4.1. *Numerical Aperture (NA)*…….. 34

4.2. Frekuensi Modulasi (FM) …….……..... 38

4.3. *Setting up* Fiber Optik *Digital Link* ……..…….. 45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN……..…... 49

5.1. Kesimpulan…….…… 52

5.2. Saran……...…… 53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Fiber Optik…….. 7

Gambar 2.2. Fiber Optik Modus Tunggal…… 9

Gambar 2.3. Fiber Optik *Step Indeks*……10

Gambar 2.4. Fiber Optik *Graded Indeks* …….. 11

Gambar 2.5. Perambatan Sinar…….. 12

Gambar 2.6. Pemantulan Internal Sempurna……. 13

Gambar 2.7. Ilustrasi *Numerical Aperture* (NA)…….. 14

Gambar 2.8. Frekuensi Modulasi (FM)……. 18

Gambar 3.1. Modul Kerja *Falcon Fiber Link-A Low Cost Fiber Optik Trainer Kit*……..... 23

Gambar 3.2. Blok Komponen *Falcon Fiber Link-A Low Cost Fiber Optik Trainer Kit*…….. 24

Gambar 3.3. *Function Generator* ……..25

Gambar 3.4. *FM Modulator*…….. 25

Gambar 3.5. *Analog Buffer*…… 26

Gambar 3.6. *Digital Buffer*…… 26

Gambar 3.7. *Driver*…….. 27

Gambar 3.8. *Transmitter*……... 28

Gambar 3.9. *Demodulator FM*…….. 29

Gambar 3.10. *Filter*……... 30

Gambar 3.11. *Transimpedance Amplifier*……..30

Gambar 3.12. *Setting Numerical Aperture* (NA)…….. 31

Gambar 3.13. *Block* Diagram Frekuensi Modulasi (FM)…….. 32

Gambar 3.14. *Block Diagram Setting up* Fiber Optik *Digital Link*…….. 33

Gambar 4.1. Pengukuran *Numeric Aperture (NA)*……34

Gambar 4.2. Sinyal Masukan Frekuensi Modulasi (FM)……. 38

Gambar 4.3. Sinyal keluaran *Analog Buffer*…….39

Gambar 4.4. Sinyal keluaran *Analog out*……..42

Gambar 4.5. Sinyal Keluaran *FM Demodulator* ……..43

Gambar 4.6. Sinyal Keluaran *Filter*……. 44

Gambar 4.7. Sinyal Masukan *Digital* Panjang Gelombang 660 nm dan 950 nm…….45

Gambar 4.8. Keluaran Sinyal *Digital* panjang gelombang 660 nm……. 46

Gambar 4.9. Keluaran Sinyal *Digital* panjang gelombang 950 nm……. 49

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Pengukuran *Numerical Aperture* (NA)……... 38

Tabel 4.2. Pengukuran frekuensi dan jumlah modus pada *setting up fiber optic digital link* panjang gelombang 660 nm dan 950 nm……. 51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan informasi dan komunikasi saat ini menjadi sesuatu yang sangat penting, media transmisi merupakan salah satu yang mendukung kebutuhan tersebut. Salah satu teknologi yang digunakan dalam sistem transmisi adalah teknologi fiber optik, Teknologi fiber optik dikembangkan sebagai upaya untuk terus meningkatkan kinerja sistem pengiriman data. Seiring dengan peningkatan dan pengembangan tersebut seringkali terjadi hilangnya informasi dari data yang dikirim atau di transmisikan.

Ada beberapa parameter yang terdapat pada fiber optik yang dapat kita ukur untuk mengetahui kinerja dari serat optik tersebut, salah satunya adalah *Numerical Aperture* (NA). Besarnya nilai dari *numeric aperture* ini ditentukan dari bagaimana cahaya yang merambat dan kabel fiber optik yang digunakan sebagai media penghubung dari sistem transmisi fiber optik. Untuk mentransmisikan data dan informasi diperlukan teknik modulasi, salah satu teknik modulasi didalam fiber optik adalah dengan Frekuensi Modulasi (FM), dengan mengetahui *Numeric Aperture* (NA) dan teknik modulasi dengan Frekuensi Modulasi (FM) dapat diketahui kinerja dari sebuah fiber optik agar dapat bekerja secara optimal dan mengetahui bagaimana mentransmisikan informasi dan data pada teknologi fiber optik agar menjadi lebih baik dalam pengiriman data tersebut. Dalam penelitian ini akan dijelaskan lebih mendalam mengenai *Numerical Aperture* (NA) dan teknik modulasi Frekuensi Modulasi (FM) serta

setting fiber optic digital link pada *wavelength* (panjang gelombang) 660 nm dan *wavelength* (panjang gelombang) 950 nm.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat di rumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara pengukuran *Numerical Aperture (NA)* pada *wavelength* (panjang gelombang) 660 nm pada sebuah transmisi fiber optik.
2. Analisa bagaimana sistem kerja dari teknik modulasi fiber optik menggunakan Frekuensi Modulasi (FM) dan demodusi pada *wavelength* (panjang gelombang) 660 nm.
3. Bagaimana melakukan pengaturan *digital link* fiber optik jenis *step indeks multimode* pada *wavelength* (panjang gelombang) 660 nm dan 950 nm.

1.3. Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari apa yang akan diteliti materi pembahasan dibatasi sebagai berikut :

1. Pengukuran dan analisa *Numerical Aperture* (NA) menggunakan plastik fiber optik *step indeks multimode* dengan ukuran diameter fiber optik sebesar 1000 *microns* dan optik sumber menggunakan LED SFH 756 nm.
2. Pengukuran dan analisa Frekuensi Modulasi (FM) dengan optik sumber menggunakan LED SFH 756V.
3. *Setting up fiber optic* menggunakan optik sumber LED SFH 756V dan LED SFH 450V.

4. Pengamatan tidak membahas pembuatan alat dan komponen didalam alat secara terinci tetapi analisa bagaimana sistem transmisi pada fiber optik.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa dan mengetahui bagaimana pengukuran *Numerical Aperture* (NA) dari fiber optik pada *wavelength* (panjang gelombang) 660 nm, dan mempelajari serta menganalisa Frekuensi Modulasi (FM) fiber optik pada *wavelength* (panjang gelombang) 660 nm, serta bagaimana *setting* fiber optik *digital link* panjang gelombang 660 nm dan 950 nm menggunakan LED dan *optical detektor* dengan PIN *Diode.*

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab, dengan masing-masing bab adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat teori-teori mengenai pengertian fiber optik, teori tentang cahaya, *Numeric Aperture* (NA), Frekuensi Modulasi (FM) serta teori perhitungan dan pengukuran yang berhubungan dengan penelitian. Pada bagian ini juga termuat dasar teori mengenai aplikasi dasar komponen atau piranti yang digunakan dalam sistem.

BAB III. PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan mengenai rangkaian yang digunakan pada sistem transmisi fiber optik, yang meliputi beberapa blok dari masing-masing rangkaian beserta penjelasan secara singkat fungsi dari masing-masing rangkaian teersebut. Selain itu juga memuat penjelasan disertai dengan gambar ilustrasi dari penelitian yang dilakukan.

BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menganalisa dan menjelaskan hasil dari penelitian dan pengukuran *Numeric Aperture* (NA) dan Frekuensi Modulasi (FM) serta perhitungan lainya yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB V. PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang didasari dari tinjauan pustaka, pengukuran, perhitungan dan spesifikasi alat yang digunakan dari hasil penelitian mengenai pengukuran *Numeric Aperture* (NA) dan sistem modulasi dengan Frekuensi Modulasi (FM) pada fiber optik. Selain itu juga berisi beberapa saran dari penulis sebagai tinjauan untuk penelitian-penelitian berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sejarah Perkembangan Fiber Optik

Penggunaan cahaya sebagai pembawa informasi sebenarnya sudah banyak digunakan sejak zaman dahulu, baru sekitar tahun 1930-an para ilmuwan Jerman mengawali eksperimen untuk mentransmisikan cahaya melalui bahan yang bernama serat optik. Percobaan ini juga masih tergolong cukup primitif karena hasil yang dicapai tidak bisa langsung dimanfaatkan, namun harus melalui perkembangan dan penyempurnaan lebih lanjut lagi. Perkembangan selanjutnya adalah ketika para ilmuawan Inggris pada tahun 1958 mengusulkan prototipe serat optik yang sampai sekarang dipakai yaitu yang terdiri atas gelas inti yang dibungkus oleh gelas lainnya. Sekitar awal tahun 1960-an perubahan fantastis terjadi di Asia yaitu ketika para ilmuwan Jepang berhasil membuat jenis serat optik yang mampu mentransmisikan gambar.

Di lain pihak para ilmuwan selain mencoba untuk memandu cahaya melewati gelas (serat optik) namun juga mencoba untuk ”menjinakkan” cahaya. Kerja keras itupun berhasil ketika sekitar 1959 laser ditemukan. Pada awalnya peralatan penghasil sinar laser masih serba besar dan merepotkan. Selain tidak efisien, baru dapat berfungsi pada suhu sangat rendah. Laser juga belum terpancar lurus. Pada kondisi cahaya sangat cerah pun, pancarannya gampang meliuk-liuk mengikuti kepadatan atmosfer. Pada saat itu, sebuah pancaran laser dalam jarak 1 km, bisa tiba di tujuan akhir pada banyak titik dengan simpangan jarak hingga hitungan meter.

Tahun 60-an ditemukan serat optik yang kemurniannya sangat tinggi, kurang dari 1 bagian dalam sejuta. Dalam bahasa sehari-hari artinya serat yang sangat bening dan tidak menghantar listrik ini sedemikian murninya, sehingga konon, seandainya air laut itu semurni serat optik, dengan pencahayaan cukup kita dapat menonton lalu-lalangnya penghuni dasar Samudera Pasifik.

Seperti halnya laser, serat optik pun harus melalui tahap-tahap pengembangan awal. Sebagaimana medium transmisi cahaya, sangat tidak efisien. Hingga tahun 1968 atau berselang dua tahun setelah serat optik pertama kali diramalkan akan menjadi pemandu cahaya, tingkat atenuasi (kehilangan)-nya masih 20 dB/km. Melalui pengembangan dalam teknologi material, serat optik mengalami pemurnian, dehidran dan lain-lain. Secara perlahan tapi pasti atenuasinya mencapai tingkat di bawah 1 dB/km.

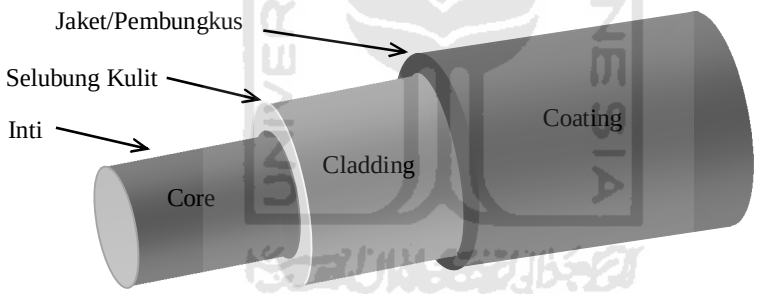
Tahun 80-an, bendera lomba industri serat optik benar-benar sudah berkibar. Nama-nama besar di dunia pengembangan serat optik bermunculan. Charles K. Kao diakui dunia sebagai salah seorang perintis utama. Dari Jepang muncul Yasuharu Suematsu. Raksasa-raksasa elektronik macam ITT atau STL jelas punya banyak sekali peranan dalam mendalami riset-riset serat optik.

2.2. Serat Optik

Fiber optik atau serat optik adalah saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. 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. Serat optik umumnya digunakan dalam sistem telekomunikasi serta dalam pencahayaan, sensor, dan optik pencitraan.

Serat optik terdiri dari 2 bagian, yaitu *cladding* dan *core*. *Cladding* adalah selubung dari *core*. *Cladding* mempunyai indek bias lebih rendah dari pada *core* akan memantulkan kembali cahaya yang mengarah keluar dari core kembali kedalam core lagi. Efisiensi dari serat optik ditentukan oleh kemurnian dari bahan penyusun gelas. Semakin murni bahan gelas, semakin sedikit cahaya yang diserap oleh serat optik. Dari gambar 2.1 Struktur fiber optik dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu:



Gambar 2.1 Struktur Fiber Optik

1. Inti *(core)*

   Inti terbuat dari bahan *silicon-dioksida* (Si02).

2. Selubung kulit *(cladding)*

   Selubung kulit terbuat dari bahan *silicon-dioksida* (Si02) dengan indeks bias lebih kecil dari inti sehingga hubungan indeks bias antara inti dan selubung kulit akan mempengaruhi perambatan cahaya pada inti.

3. Jaket/pembungkus *(coating)*

Sekeliling inti dan selubung kulit dibungkus dengan plastik yang berfungsi untuk melindungi serat optik dari kerusakan.

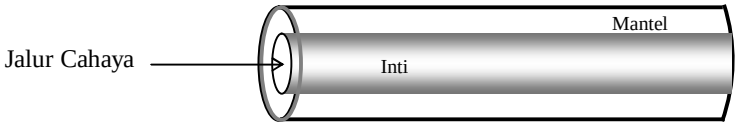
2.3. Jenis Fiber Optik

Berdasarkan modusnya fiber optik dibagi atas dua jenis, yaitu fiber optik modus tunggal *(single mode)* dan fiber optik modus jamak *(multi mode)*.

1. Fiber optik modus tunggal *(single mode)*

   Pada jenis fiber optik ini hanya terdapat satu modus saja dalam merambatkan cahaya. Cahaya dalam modus tunggal tidak terpantul dalam media fiber optik. Fiber optik modus tunggal diciptakan untuk mengatasi *intermodus dispersion* dimana adanya sejumlah modus (sinar) yang berlainan merambat secara bersamaan dengan kecepatan yang berbeda-beda. Pada umumnya jenis ini memiliki inti yang relatif kecil, yaitu sekitar 5µm hingga 10 µm. Dengan asumsi bahwa semakin kecil ukuran inti maka semakin sedikit modus yang merambat dalam fiber optik. Nilai *Numerical Aperture* (NA) juga dapat mengurangi jumlah modus yang merambat dalam fiber optik. Oleh karena hanya satu berkas cahaya maka fiber optik modus tunggal mempunyai kelebihan dibandingkan dengan modus jamak, yaitu tidak ada pengaruh indeks bias terhadap perjalanan cahaya atau pengaruh perbedaan waktu sampainya cahaya dari ujung satu sampai ke ujung yang lainnya (tidak terjadi dispersi), dapat membawa *bandwidth* yang lebih besar dengan kecepatan yang tinggi, jarak yang lebih jauh sehingga penggunaan *repeater* dapat dikurangi. Fiber optik modus tunggal juga memiliki kelemahan yaitu sulit

dalam pemasangan dan sambungan, biaya yang relatif lebih mahal. Fiber optik jenis ini biasanya digunakan dalam transmisi jarak jauh.



Gambar 2.2 Fiber Optik Modus Tunggal

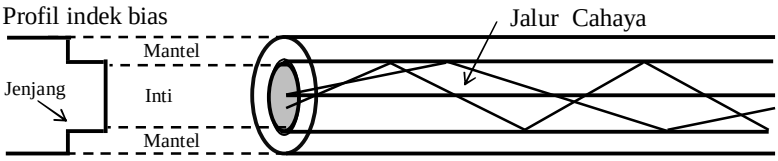
2. Fiber optik modus jamak *(multi mode)*

Sesuai dengan namanya fiber optik modus jamak memiliki banyak modus (cahaya) yang merambat dalam media fiber optiknya. Cahaya dalam modus ini mengalami pemantulan berkali-kali, sehingga nilai *intermodal dispersion* dalam modus ini menjadi relatif besar. Banyaknya modus yang merambat ditentukan oleh nilai *numeric aperture*, semakin besar nilai *numeric aperture* maka semakin banyak pula modus yang merambat. Fiber optik modus jamak umumnya digunakan dalam transmisi jarak menengah dan pendek. Berdasarkan arah perambatan cahayanya fiber optik modus jamak dibagi menjadi 2 bagian, yaitu *step indeks* dan *graded indeks.*

a. Step Indeks

Tipe fiber optik ini adalah tipe paling dasar dan paling banyak digunakan, dimana inti memiliki sebuah nilai indeks yang tetap. Konfigurasi ini menghasilkan profil indeks bias dengan bentuk jenjang satu langkah *(step)* dari bagian inti menuju bagian mantel *(cladding)*. Banyaknya modus yang merambat dalam fiber optik *step indeks* mengakibatkan sejumlah modus yang

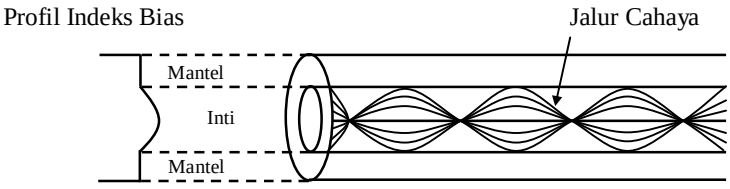
berlainan merambat secara bersamaan dengan kecepatan yang berbeda-beda. Hal ini mengakibatkan nilai *intermodus dispersion* menjadi besar.



Gambar 2.3 Fiber Optik *Step Indeks*

b. Graded Indeks

Graded indeks pada dasarnya diciptakan untuk mengurangi *intermodus dispersion* dalam *step indeks*, dimana dalam *graded indeks* kecepatan tiap modus yang merambat disamakan. Pada modus ini inti serat optik terbuat dari lapisan-lapisan diskrit dengan indeks bias yang berbeda-beda dan menurun secara berkala. Pada tiap-tiap perbatasan indeks bias akan berubah dan sinar akan mengalami sedikit pembiasan (pembengkokan) dari arah rambatan sebelumnya. Setiap kali sinar dibiaskan, sudut datangnya akan bertambah besar. Pada akhirnya, sinar akan mendekati permukaan inti dengan sudut datang yang melampaui sudut kritis, dan terjadilah pemantulan sempurna. Jumlah modus dalam *graded indeks* adalah setengah dari jumlah modus *step indeks*. Jadi sebuah fiber optik *step indeks* dapat mengakomodir jumlah modus dua kali lipat libih banyak dari pada fiber optik *graded indeks*, dan karenanya *step indeks* dapat menerima daya input dua kali lebih kuat dari sumber cahaya. Akan tetapi keunggulan fiber optik *graded indeks* adalah rendahnya tingkat dispersi jika dibandingkan fiber optik *step indeks*.



Gambar 2.4 *Graded Indeks*

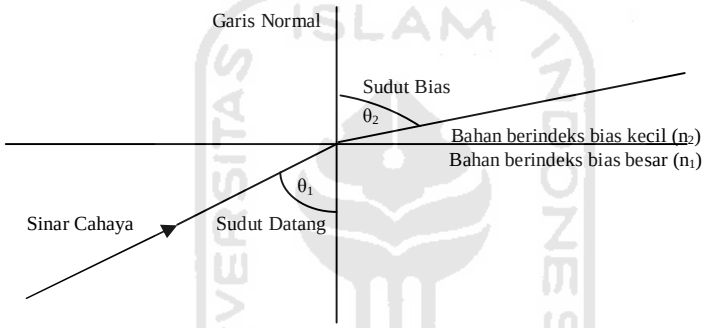
2.4. Perambatan Cahaya

Terdapat suatu pandangan yang keliru bahwa cahaya selalu merambat dengan kecepatan yang sama didalam segala situasi. Kecepatan rambat cahaya bergantung pada bahan dimana ia merambat. Didalam ruang hampa, cahaya merambat pada kecepatan maksimumnya yang mendekati 300 juta meter per detik, atau hampir delapan kali mengelilingi bumi dalam satu detik. Ketika cahaya merambat didalam suatu bahan yang jernih, kecepatannya akan turun sebesar suatu faktor yang ditentukan oleh karaktristik bahan yang dinamakan indeks bias. Sebagian besar yang digunakan untuk membuat fiber optik memiliki niai indeks bias sekitar 1,5. Sehingga dapat digunakan persamaan :

$$\frac{\text{Kecepatan cahaya diruang hampa}}{\text{Kecepatan cahaya didalam bahan}} = \text{indeks bias} \qquad (2.1)$$

Indeks bias sebenarnya merupakan nilai perbandingan antara kecepatan cahaya didalam ruang hampa terhadap kecepatan cahaya didalam bahan, maka indeks bias tidak memiliki satuan. Dengan indeks bias sebagai faktor pembagi dalam menentukan kecepatan cahaya didalam suatu bahan, hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah indek bias maka semakin tinggi kecepatan cahaya didalam suatu bahan.

Dalam sudut atau arah perambatan sinar cahaya diukur mengacu pada garis normal bidang perbatasan antara kedua bahan. Sudut yang dibentuk oleh arah sinar datang terhadap garis normal dan sudut yang dibentuk oleh arah sinar yang meninggalkan bidang perbatasan terhadap garis normal secara berturut-turut disebut sudut datang dan sudut bias sinar cahaya. Secara umum dapat dijabarkan bahwa sudut bias akan lebih besar dari sudut datang ketika cahaya merambat dari bahan yang berindeks bias besar ke bahan lainnya yang berindeks bias lebih kecil.



Gambar 2.5 Perambatan sinar

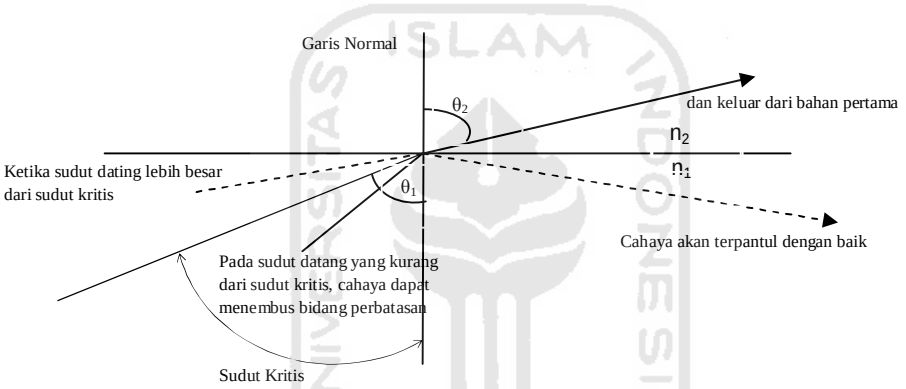
Hubungan antara indeks bias bahan dengan sudut sinar dapat dinyatakan dengan menggunakan Hukum *Snellius*:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \qquad (2.2)$$

Dimana n_1 dan n_2 merupakan nilai indeks bias dari bahan pertama dan kedua, sedangkan θ_1 dan θ_2 merupakan sudut datang dan sudut bias.

Jika sudut datang sinar didalam bahan pertama menuju garis normal terus diperbesar, akan tercapai suatu titik dimana sudut bias menjadi bernilai 90^0 dan sinar akan merambat sejajar dengan bidang perbatasan didalam bahan kedua. Sudut datang yang menyebabkan terjadinya hal ini disebut sebagai sudut kritis.

Dalam hal ini jika cahaya merambat dengan sudut datang kurang dari sudut kritis, maka cahaya akan dibiaskan keluar dari bahan pertama. Akan tetapi jika cahaya merambat menuju bidang perbatasan dengan sudut datang lebih besar dari sudut kritis, maka cahaya tersebut akan dipantulkan kembali (oleh bidang perbatasan) kedalam bahan pertama. Dalam kasus ini, bidang perbatasan hanya berperan sebagai sebuah bidang pantul. Efek seperti ini disebut sebagai pemantulan internal sempurna *(Total Internal Reflection / TIR).*



Gambar 2.6. Pemantulan Internal Sempurna

Hubungan ini dapat dinyatakan dengan persamaan Hukum *Snellius*:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \qquad (2.3)$$

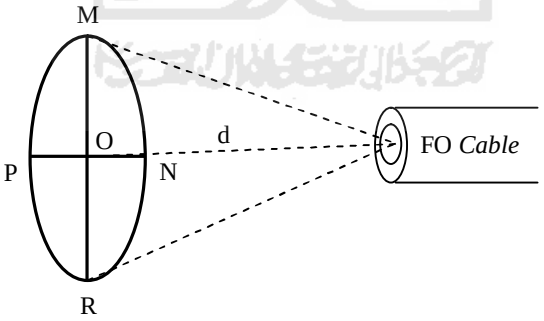
Karena nilai sin 90^0 adalah 1, maka dapat dinyatakan dengan θ_1 sebagai sudut kritis:

$$\theta_{kritis} = \arcsin [n_2 / n_1] \qquad (2.4)$$

n_1 dan n_2 merupakan nilai indeks bias dari bahan pertama dan kedua.

2.5. *Numerical Aperture* (NA)

Numerical Aperture (NA) merupakan parameter yang merepresentasikan sudut penerimaan maksimum, dimana berkas cahaya masih bisa diterima dan merambat didalam inti serat, atau dapat diartikan ukuran atau besarnya sinus sudut pancaran maksimum dari sumber optik yang merambat pada inti serat yang cahayanya masih dapat dipantulkan secara total, dimana nilai *Numeric Aperture* (NA) juga dipengaruhi oleh indeks bias *core* dan *cladding*. Sudut penerimaan ini dapat beraneka macam tergantung karakteristik indeks bias inti dan selubung serat optik. Untuk menentukan besarnya *Numeric Aperture* (NA) dapat diketahui dengan dua cara perhitungan, yaitu dengan pengukuran secara langsung dengan mengukur cahaya yang tampak dan pengukuran berdasarkan dari indek bias inti dan mantel fiber optik. Berikut Gambar 2.7 di ilustrasikan untuk perhitungan dengan pengukuran cahaya tampak fibeer optik.



Gambar 2.7 Ilustrasi *Numerical Aperture* (NA)

Berdasarkan cahaya yang tampak besarnya *Numerical Aperture* (NA) untuk fiber optik dengan diameter berukuran 1000 *microns* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut : (2.5)

$$NA = r / \sqrt{d^2 - r^2}$$

Dengan r adalah radius mean, untuk menentukan besarnya r dapat dihitung dengan rumus :

$$r = (MR + PN) / 4 \quad (2.6)$$

Dengan MR adalah diameter vertikal dari cahaya yans yang tampak, PN adalah diameter horizontal dari cahaya yang tampak, jarak antara ujung fiber optik dengan bidang cahaya yang tampak untuk pengukuran *Numerical Aperture* (NA) dengan fiber optik berdiameter 1000 *microns* adalah sebesar 10 mm. Untuk menentukan besarnya *Numeric Aperture* (NA) berdasarkan indek bias inti (n_1) dan indek bias mantel (n_2) dari fiber optik dapat dihitung dengan rumus sebagai beerikut :

$$NA = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \quad (2.7)$$

Kedua indek bias ini akan memberikan nilai *Numeric Aperture* (NA) yang pada giliranya menghasilkan sudut penerimaan, besarnya sudut penerimaan dapat diketahui dengan persamaan :

$$\text{Sudut Penerimaan} = \arcsin (NA) \quad (2.8)$$

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

2.6. Modus Fiber Optik

Pada dasarnya cahaya yang merambat dalam fiber optik adalah sekumpulan gelombang elektromagnetik (EM) yang menduduki selapis pita frekuensi tipis pada spektrum elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik memiliki komponen medan listrik dan medan magnet. Masing-masing komponen ini menbentuk pola-pola tertentu dalam fiber optik. Pola-pola ini disebut sebagai modus transmisi atau metode transmisi.

Sebuah fiber optik hanya dapat mengakomodir modus dalam jumlah yang terbatas. Hal ini dikarenakan tiap-tiap modus adalah sepasang pola medan listrik dan medan magnet yang memiliki ukuran fisis tertentu. Ukuran inti fiber optik menentukan seberapa banyak modus yang dapat dilewatkan didalamnya, semakin besar ukuran inti fiber optik semakin besar pula modus yang dapat merambat. Jumlah modus yang merambat dalam fiber optik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Jumlah modus} = \frac{[\text{garis tengah inti} * \text{NA} * (\pi/\lambda)]^2}{2} \tag{2.9}$$

Jumlah modus dalam fiber optik selalu bulat, pola-pola medan yang tidak utuh atau tidak lengkap tidak mungkin merambat dalam fiber optik.

2.7. Modulasi Optik

Modulasi adalah suatu proses penumpangan sinyal-sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa *(carrier)*, sehingga dapat ditransmisikan ke tujuan. Modulasi optik atau modulasi cahaya adalah teknik modulasi yang menggunakan

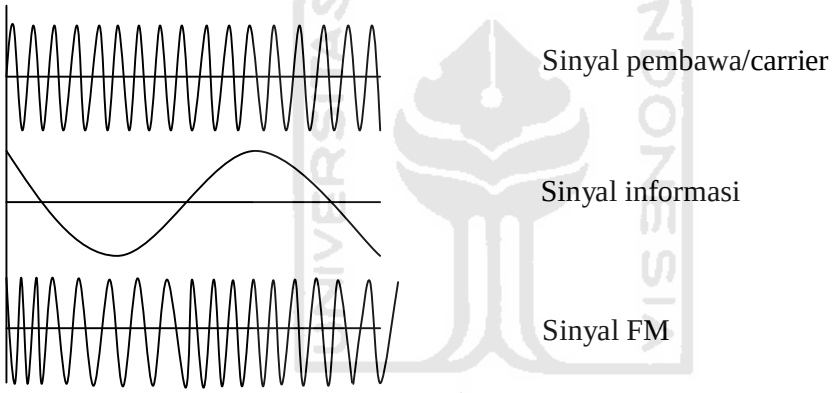
berkas cahaya berupa pulsa pulsa cahaya sebagai sinyal pembawa informasi. Berkas cahaya yang digunakan disini adalah berkas cahaya yang dihasilkan oleh suatu sumber cahaya (laser atau LED). Dibandingkan dengan modulasi konvensional, modulasi cahaya memiliki keunggulan dalam hal ketahanan terhadap derau yang sangat tinggi, karena sinyal tidak dipengaruhi medan elektromagnet. Di samping itu, sistem ini memungkinkan adanya bitrate hingga mencapai ratusan gigabit per detik. Dalam modulasi optik, sinyal dapat dimodulasi amplitudonya yang dikenal dengan modulasi intensitas *(Intensity Modulation)* berupa *Amplitudo Shift Keying* (ASK) / *On-Off Keying* (OOK). Selain itu, berkas cahaya dapat juga dimodulasi frekuensinya atau lebih tepat modulasi panjang gelombang *(Wavelength Modulation).* Dan yang ketiga adalah dimodulasi fasanya *(Phasa Modulation).*

2.8. Frekuensi Modulasi (FM) dan Demodulasi.

Pengertian modulasi secara umum dapat diartikan sebagai, teknik yang digunakan untuk menumpangkan sinyal informasi pada suatu gelombang pembawa, atau dapat diartikan, sinyal informasi dengan frekuensinya rendah yang ditumpangkan pada gelombang pembawa dengan frekuensi yang jauh lebih tinggi. Modulasi digunakan untuk mengatasi ketidaksesuaian karakter sinyal dengan media (kanal) yang digunakan. Sedangkan demodulasi adalah mengembalikan sinyal yang di modulasi kebentuk asalnya, dengan demikian demodulasi pada dasarnya merupakan kebalikan dari modulasi.

2.8.1. Pengertian Frekuensi Modulasi (FM)

Frekuensi modulasi adalah suatu metode untuk mengirimkan isyarat frekuensi rendah dengan cara memodulasi frekuensi gelombang pembawa berfrekuensi tinggi. Pada modulasi frekuensi sinyal informasi mengubah-ubah frekuensi gelombang pembawa, sedangkan amplitudanya konstan selama proses modulasi. Gambar 2.8 mengilustrasikan modulasi frekuensi sinyal pembawa sinusoidal dengan menggunakan sinyal pemodulasi yang juga berbentuk sinyal sinus.



Gambar 2.8 Frekuensi Modulasi (FM)

Besar perubahan frekuensi (*deviasi*), dari sinyal pembawa sebanding dengan amplitudo sesaat sinyal pemodulasi, sedangkan laju perubahan frekuensinya sama dengan frekuensi sinyal pemodulasi.

2.8.2 Indeks Modulasi FM

Seperti telah dibahas, pada modulasi frekuensi maka frekuensi sinyal pembawa diubah-ubah sehingga besarnya sebanding dengan dengan besarnya amplitudo sinyal pemodulasi. Semakin besar amplitudo sinyal pemodulasi, maka

semakin besar pula frekuensi sinyal termodulasi FM. Besar selisih antara frekuensi sinyal termodulasi FM pada suatu saat dengan frekuensi sinyal pembawa disebut deviasi frekuensi. Deviasi frekuensi maksimum didefinisikan sebagai selisih antara frekuensi sinyal termodulasi tertinggi dengan terendahnya.

Indeks modulasi FM (m_f) merupakan perbandingan antara deviasi frekuensi maksimum dengan frekuensi sinyal pemodulasi. Deviasi frekuensi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta F = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} \quad (2.10)$$

Dengan ΔF adalah *deviasi* frekuensi, F_{max} adalah frekuensi maksimum, dan F_{min} adalah frekuensi minimum. Sedangkan indek modulasi dapat ketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$mf = \frac{\Delta F}{f} \quad (2.11)$$

Dengan ΔF adalah *deviasi* frekuensi, *f* adalah frekuensi sinyal informasi. Besarnya indeks modulasi FM dapat dipilih sebesar mungkin sejauh tersedia *bandwidth* (lebar bidang) untuk keperluan transmisinya. Biasanya besarnya indeks modulasi ini akan dimaksimalkan dengan cara mengatur besarnya deviasi frekuensi maksimal yang diijinkan.

2.9. Sumber dan Detektor Cahaya

Pada umumnya sumber dan detektor cahaya merupakan piranti elektronik yang terbuat dari material-material semikonduktor yang sama dengan yang digunakan dalam transistor dan *integrated circuit* (IC).

a. Laser

Bentuk *diode* laser yang paling banyak digunakan adalah *diode* leser injeksi atau *injection laser diode* (ILD). Laser menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang tetap yang dapat berada didalam wilayah cahaya tampak, yaitu sekitar 635 nm. Cahaya tersebut memiliki bandwidth yang sangat sempit yang berfungsi untuk memperkecil nilai *intermodal dispersion* (dispersi kromatik). Laser yang digabungkan dengan *fast switching* dapat memungkinkan terjadinya transmisi data yang tinggi. Laser umumnya digunakan dalam transmisi fiber optik modus tunggal.

b. *Light Emitting Diode* (LED)

Light Emitting Diode (LED) merupakan sumber cahaya dalam fiber optik yang memberikan keluaran sinar dalam cahaya tampak dan inframerah. Dibandingkan dengan laser, LED memiliki daya keluaran yang lebih kecil, kecepatan *switching* yang lebih lambat, dan lebar spektrum *(bandwidth)* yang lebih besar yang mengakibatkan intermodal dispersion menjadi besar. LED dipergunakan secara luas untuk sistem-sistem pada transmisi jarak pendek dan menengah yang menggunakan serat kaca dan plastik karena lebih sederhana, murah, handal, dan tidak terlalu bergantung pada temperature. LED juga tidak dipengaruhi oleh energi cahaya datang dari refleksi *fresnel*.

c. Dioda PIN *(PIN Diode)*

Dioda PIN adalah peralatan yang paling populer untuk mengkonfersi cahaya yang diterima menjadi sinyal elektrik. Dioda PIN mengunakan material semikonduktor yang berupa germanium atau silikon. Material semikonduktor

murni adalah semikonduktor intrinsik yang merupakan makna huruf I pada nama tersebut. Penambahan impuritas dalam jumlah yang terkontrol kedalam semikonduktor berfungsi agar dioda tersebut berfungsi. Penambahan impuritas ini juga akan mengubah karakteristik diode PIN. Semikonduktor tersebut dikonversi dalam dua tipe, yaitu semikonduktor tipe P dan tipe N. Keduanya disusun disetiap sisi material I untuk mengapitnya. Dengan demikian susunannya menjadi P-I-N.

d. *Avalanche Photodiode* (APD)

Sinyal-sinyal keluaran yang lebih tinggi dapat dicapai dengan menggunakan *Avalanche Photodiode* (APD). Dioda ini menggunakan arus internal yang kecil untuk membangkitkan arus yang lebih besar. *Avalanche Photodiode* memiliki beberapa keuntungan berupa keluaran yang baik pada tingkatan cahaya rendah dan rentang dinamik yang lebar.

2.10. Transmisi Fiber Optik

Media transmisi fiber optik secara umum memiliki tiga komponen utama,

1. Transmitter.

Transmitter terbagi atas dua bagian utama, yaitu:

a. Rangkaian elektrik yang berfungsi mengkonfersi sinyal masukan menjadi sinyal digital, Selanjutnya sinyal tersebut ditumpangkan ke dalam sinyal gelombang optik yang termodulasi.

b. Sumber gelombang optik berupa sinar *laser diode* (LD) dan *Light Emitting Diode* (LED) yang pemakaiannya disesuaikan dengan sistem transmisi yang digunakan.

2. Media transmisi .

Media transmisi dalam hal ini menggunakan fiber optik

3. Receiver .

Receiver terbagi atas dua bagian utama, yaitu:

a. Detektor penerima yang berfungsi untuk mengkap cahaya yang berupa gelombang optik pembawa informasi, dapat berupa *PIN diode* atau *Avalance Photo Diode* (APD) pemilihan tergantung keperluan sistem tarnsmisinya.

b. Rangkaian elektrik berfungsi untuk mengkonversi cahaya pembawa informasi terhadap data yang dibawa dengan melakukan regenerasi sinyal digital.

2.11. Pengukuran Pada *Oscilloscope*

Oscilloscope adalah alat ukur elektronik, digunakan untuk melihat bentuk gelombang dari tegangan, harga-harga momen tegangan dalam bentuk sinus maupun bukan sinus. Selain itu *oscilloscope* digunakan untuk melakukan pengukuran secara langsung dengan melihat bentuk dari sinyal yang ditampilkan pada layar *oscilloscope.* Untuk menentukan beberapa pengukuran pada *oscilloscope* mengenai frekuensi, waktu, dan tegangan dapat menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

a. Menghitung Periode (T)

$$T = \text{Div} \times \text{Time/Div} \tag{2.12}$$

b. Menghitung Frekuensi

$$\text{Frekuensi} = \frac{1}{T} \tag{2.13}$$

c. Menghitung tegangan puncak ke puncak

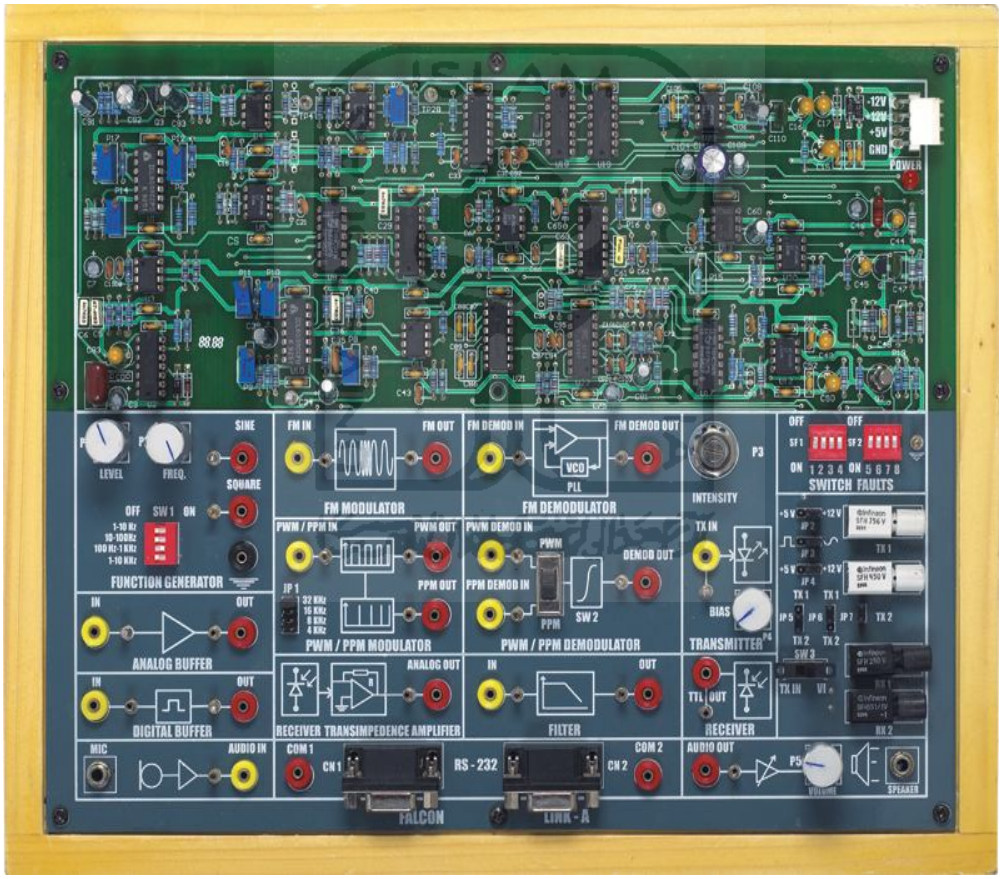
$$\text{Vpp} = \text{Div V} \times \text{Volt/Div} \tag{2.14}$$

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

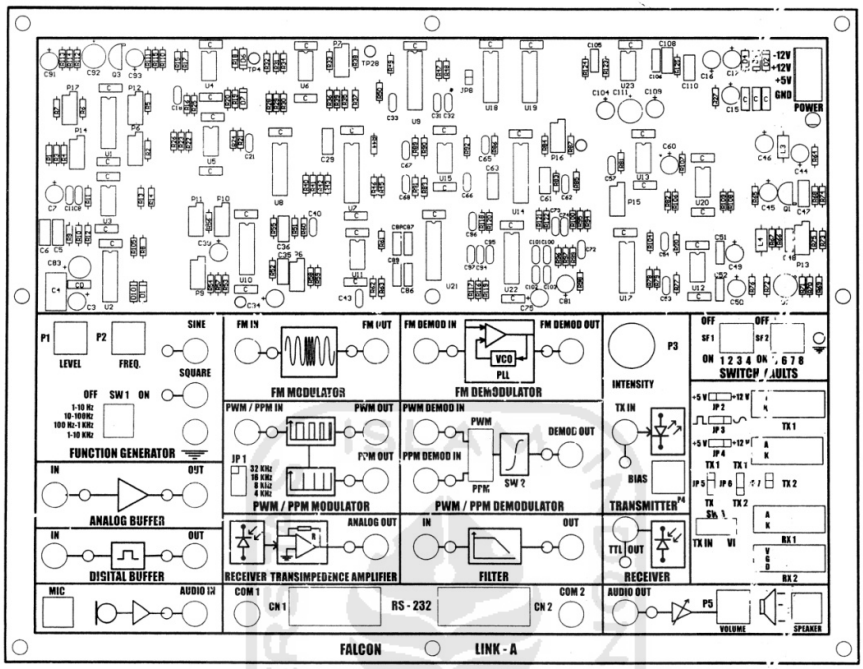
3.1. Modul Yang Digunakan

Rancangan sistem fiber optik *analog link* dalam percobaan menggunakan modul kerja *Falcon Fiber Link-A Low Cost Fiber Optic Trainer Kit.*



Gambar 3.1 Modul Kerja *Falcon Fiber Link-A Low Cost Fiber Optic Trainer Kit*

3.2. Blok Komponen



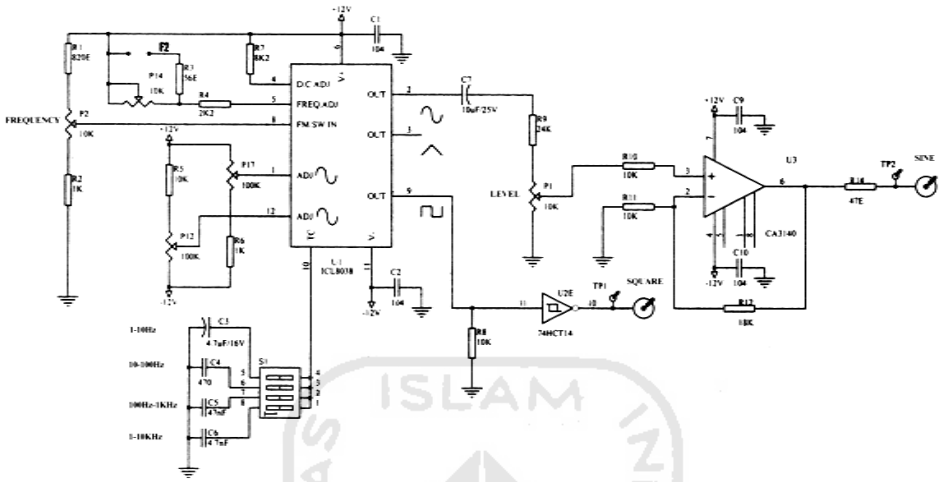
Gambar 3.2 Blok Komponen *Falcon Fiber Link-A Low Cost Fiber Optik Trainer Kit*

Komponen-komponen dalam modul *Falcon Fiber Link-A Low Cost Fiber Optik Trainer Kit:*

1. *Function Generator*

   Function Generator berfungsi menghasilkan gelombang sinus, dalam hal ini mengunakan IC ICL8038. ICL8038 generator mampu menghasilkan gelombang sinus dengan ketelitian yang tinggi. Pada *function generator* amplitude gelombang sinus dikendalikan oleh port P1 dan frekuensi gelombang sinus dikendalikan oleh port P2. Rentang frakuensi dapat dipilih

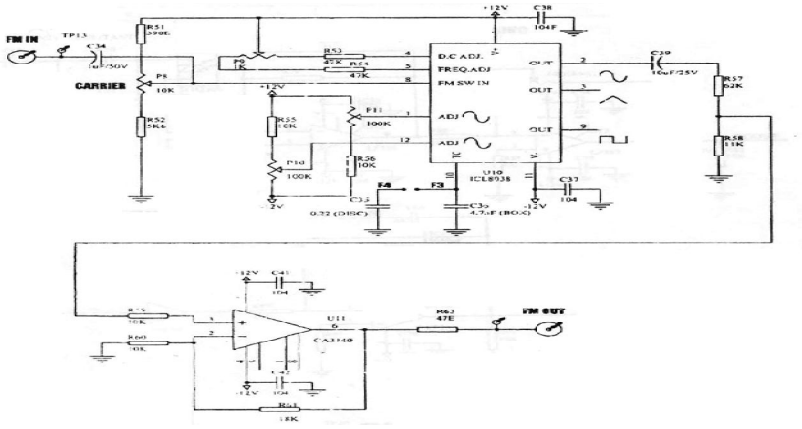
dengan menggunakan *Range Selector Switch* SW1. Variasi frekuensi antara 1Hz sampai 10kHz.



Gambar 3.3 *Function Generator*

2. *FM Modulator*

Frekuensi Modulasi (FM) dahasilkan dengan menggunakan rangkaian modulator, IC yang digunakan pada rangkaian modulator ini adalah IC ICL 8083.



Gambar 3.4 *Modulator* FM

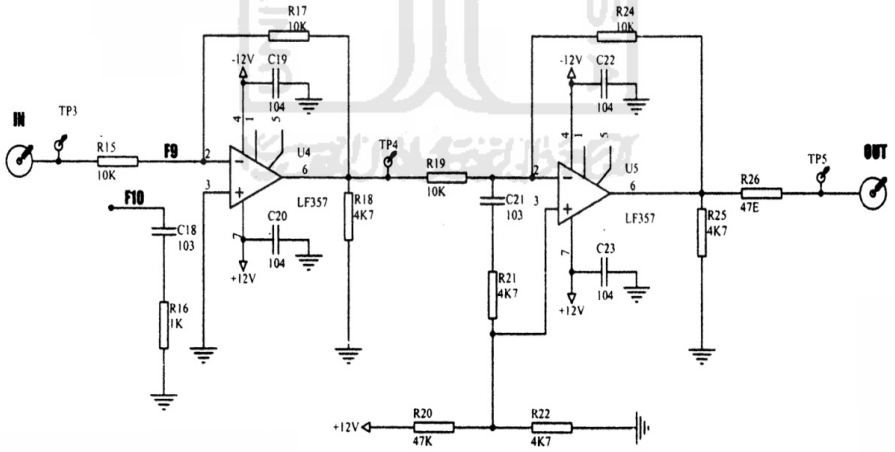
3. Transmitter

Secara umum *transmitter* berfungsi mengubah sinyal input berupa sinyal listrik menjadi energi cahaya, dalam hal ini informasi yang diubah harus sama dengan informasi yang dibawa oleh sinyal input. Kemudian informasi berupa energi cahaya ditransmisikan menggunakan fiber optik. *Transmitter* pada umumnya terbagi atas tiga bagian, yaitu:

a. Buffer

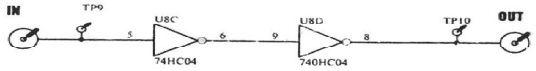
Berfungsi menyediakan sambungan listrik dan mengisolasi *transmitter* dengan sinyal informasi yang berupa sinyal listrik. Secara umum *buffer* digunakan sebagai penguat sinyal masukan yang dihasilkan oleh *function generator* untuk mendapatkan sinyal seperti bentuk aslinya.

IC LF357 digunakan dalam komponen *analog buffer*.



Gambar 3.5 *Analog Buffer*

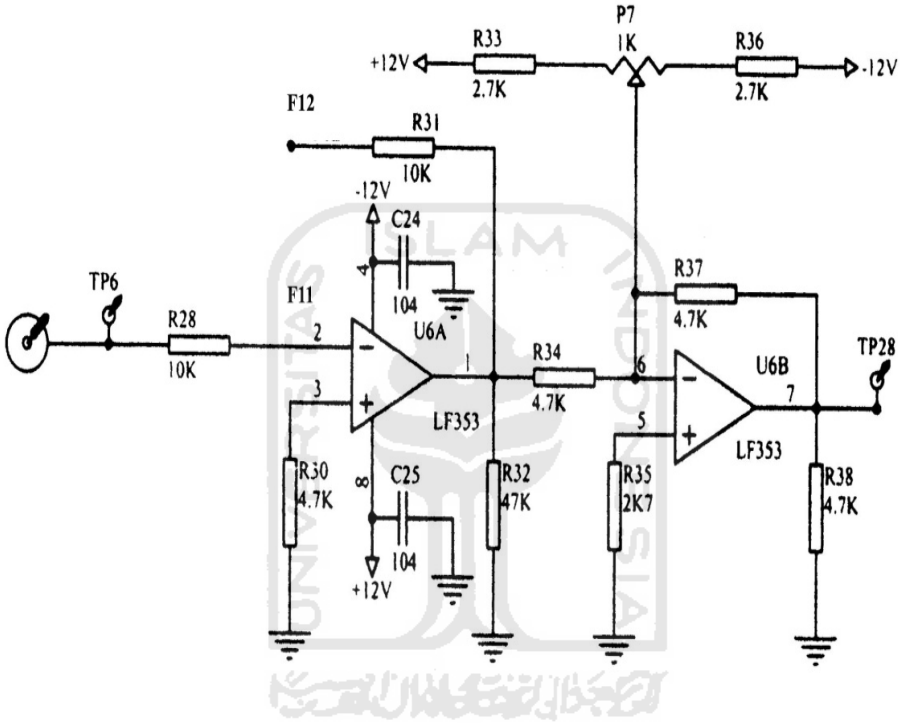
IC 74HC04 digunakan dalam komponen *digital buffer*.



Gambar 3.6 *Digital Buffer*

b. Driver

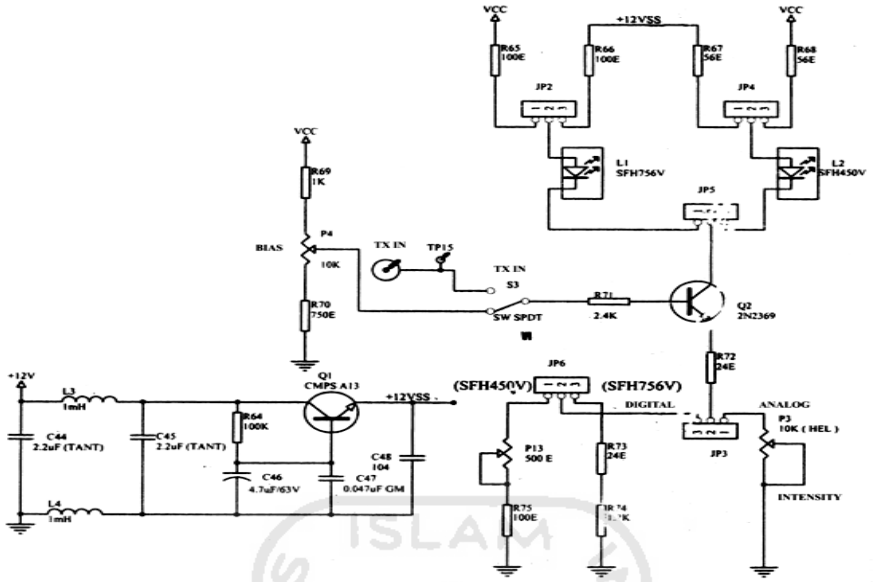
Berfungsi menyediakan daya listrik untuk sumber optik, dan menduplikasi pola data yang sama dengan sinyal *input* untuk kemudian diumpankan menuju sumber optik.



Gambar 3.7 *Driver*

c. Sumber Optik *(Optical Source)*

Berfungsi mengubah sinyal *input* berupa sinyal listrik menjadi energi cahaya dengan pola data yang sama. Sumber optik menggunakan *Light Emitting Diode* (LED) yang memberikan keluaran cahaya dalam spektrum cahaya tampak. Intensitas cahaya yang akan transmisikan mempengaruhi penerimaan sinyal informasi pada *receiver*.



Gambar 3.8 *Transmitter*

Variasi intensitas cahaya dikendalikan oleh port P3. LED yang digunakan dalam modul ini digabungkan dengan *driver transistor emitor common mode* untuk mengatur nilai indeks bias cahaya yang akan transmisikan. Variasi indeks bias dikendalikan port P4. *Light Emitting Diode* (LED) yang digunakan adalah Siemens Fiber Optik *Light Emitting Diode* (LED) SFH 450V untuk panjang gelombang 950nm dan Siemens Fiber Optik *Light Emitting Diode* (LED) SFH 756V untuk panjang gelombang 660nm. Seleksi pemilihan LED menggunakan *jumper* pada papan modul.

4. Kabel Fiber Optik

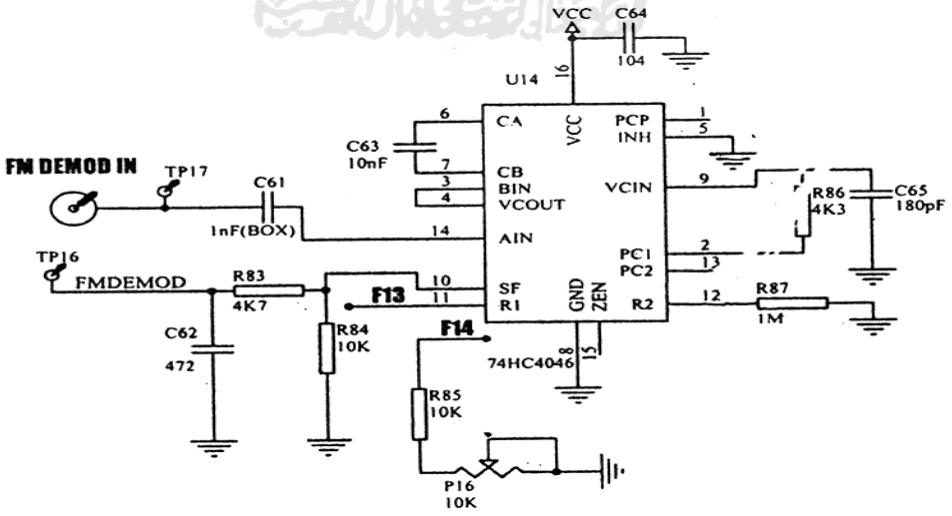
Berfungsi sebagai media transmisi yang menghubungkan antara sumber optik *(optical source)* dengan penerima optik *(optical detector).* Dalam kabel fiber optik ini berisi sinyal informasi untuk kemudian ditransmisikan. Kebel fiber optik yang digunakan adalah fiber optik plastik jenis *multimode step indeks.*

5. *Receiver*

Secara umum *receiver* berfungsi untuk menangkap dan mengubah sinyal yang transmisikan berupa sinyal cahaya menjadi sinyal listrik. sinyal tersebut akan diubah sesuai dengan aslinya. Penerima optik menggunakan diode PIN Siemens Fiber Optik Photo Detector SFH250V. *Diode PIN* umumnya biasnya terbalik, ketika cahaya optik jatuh pada diode arus akan mengalir sehingga *Diode PIN* berfungsi sebagai saklar tertutup, dan ketika tidak ada cahaya yang jatuh pada diode maka *Diode PIN* akan berfungsi sebagai saklar terbuka.

6. *FM Demodulator*

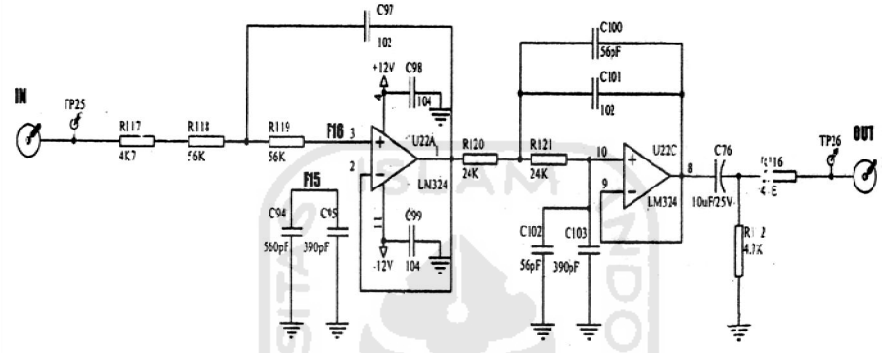
Rangkaian *FM demodulator* yang digunakann yaitu dengan menggunakan teknik Phase Lock Loop (PLL) dengan menggunakan IC 74HC4046. Secara umum fungsi dari *Demodulator FM* ini adalah mengembalikan sinyal hasil modulasi ke bentuk semula.



Gambar 3.9 *FM Demodulator*

7. Filter

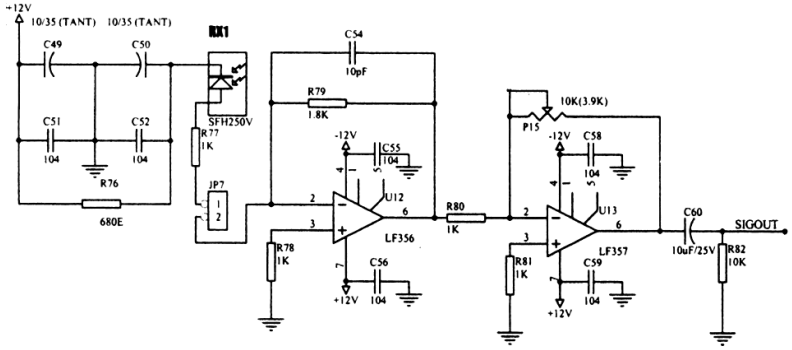
Pada rangkaian *Filter* menggunakan rangkaian R-C dengan IC LM324, filter disini berfungsi untuk meredam frekuensi yang tinggi, atau meneruskan sinyal frekuensi rendah. Dengan adanya filter ini maka *riple* atau riak akan hilang sehingga keluaran yang dihasilkan akan kembali seperti sinyal aslinya.



Gambar 3.10 *Filter*

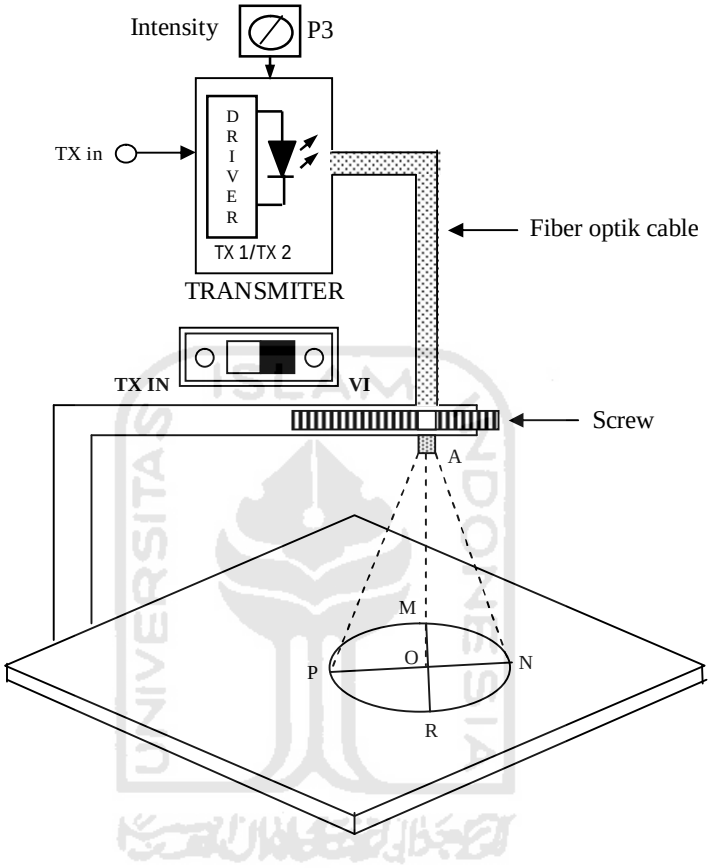
8. Transimpedance Amplifier

Diode PIN biasanya memiliki respon yang rendah, maka dibutuhkan penguat *transimpedance.* Penguat *transimpedance* berfungsi mengubah arus balik dari *Diode PIN*, kemudian arus ini diperkuat menjadi duplikasi sinyal listrik agar sesuai dengan sinyal informasi.



Gambar 3.11 *Transimpedance Amplifier*

3.3. *Numerical Aperture (NA)*

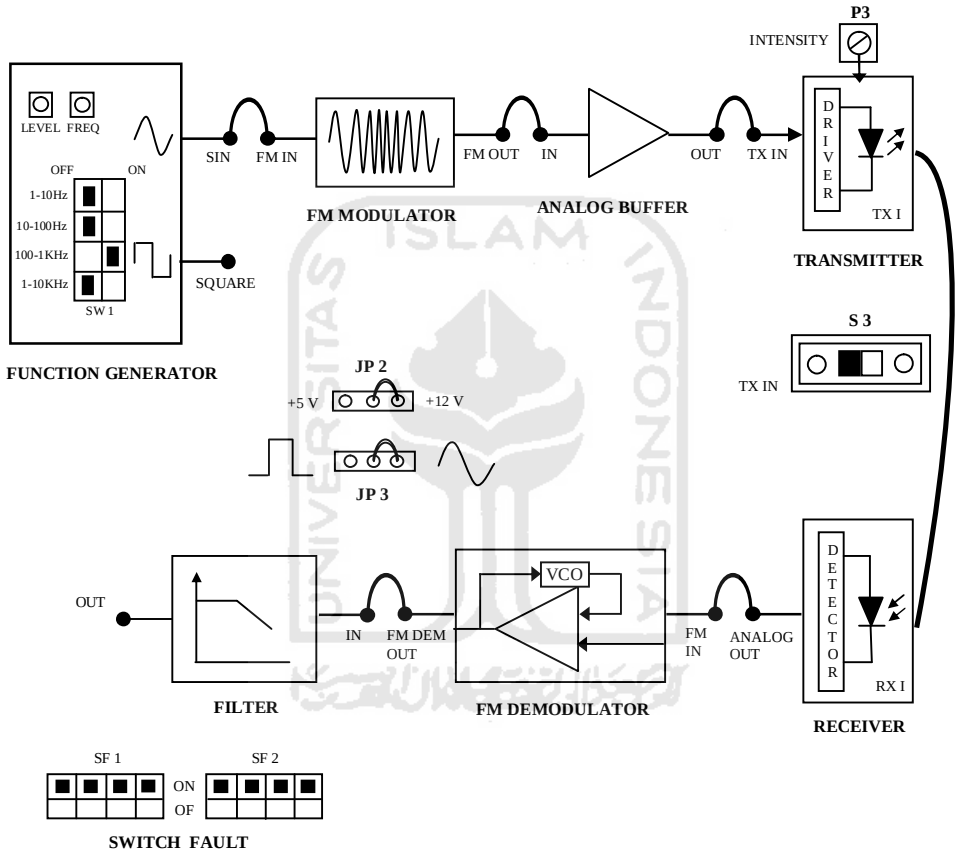


Gambar 3.12 *Setting Numerical Aperture* (NA).

Pada pengamatan ini akan dilakukan pengukuran cahaya dari Sumber optik menggunakan *Light Emitting Diode* (LED) SFH 756 untuk panjang gelombang 660nm, yang memberikan keluaran cahaya dalam spektrum cahaya tampak. Pengukuran yaitu mengukur besarnya diameter lingkaran vertikal dan horizontal dari sinar yang dikeluarkan dari ujung kabel fiber optik untuk mengetahui besarnya *Numeric Aperture* (NA). Metode pengukuran dengan memberikan variasi intensitas cahaya yang dikendalikan oleh *port* P3 dengan

memutar searah dengan arah jarum jam penuh, untuk variasi indeks bias cahaya dikendalikan oleh port P4 dengan memutar maksimal searah jarum jam penuh.

3.4. Frekunsi Modulasi (FM)

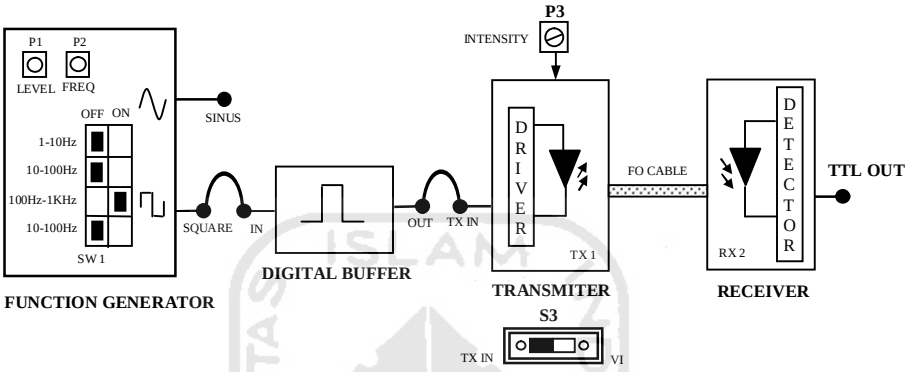


Gambar 3.13 Block Diagram Frekuensi Modulasi (FM)

Pada pengamatan ini dilakukan dengan mengamati beberapa sinyal keluaran dari masing-masing blok komponen, pengamatan untuk mengetahui besarnya *frequency deviation* (ΔF), *indeks modulation* (mf), dan mengetahui perubahan-perubahan yang terjadi dari setiap keluaran rangkaian yang digunakan.

3.5 *Setting Up* Fiber Optik *Digital Link*

Berikut gambar 3.14 merupakan gambar untuk *setting* fiber optik *digital link* dengan panjang delombang 660nm dan 950nm.



Gambar 3.14 *Block Diagram for Setting up Fiber Optic Digital Link*

Pada pengamatan *setting up fiber optic digital link* pengamatan dilakukan dengan menggunakan dua sumber optik yaitu dengan *Light Emitting Diode* (LED) SFH 450V untuk panjang gelombang 950nm dan *Siemens* Fiber Optik *Light Emitting Diode (LED)* SFH 756V untuk panjang gelombang 660nm. Sebagai penerima menggunakan *diode PIN Siemens Fiber Optic Photo Detector SFH* 250V, pengamatan untuk mengamati keluaran sinyal dari *TTL OUT*. Sumber sinyal masukan dari pengamatan ini adalah sinyal digital yang dibangkitkan dari *Function Generator*.

BAB IV

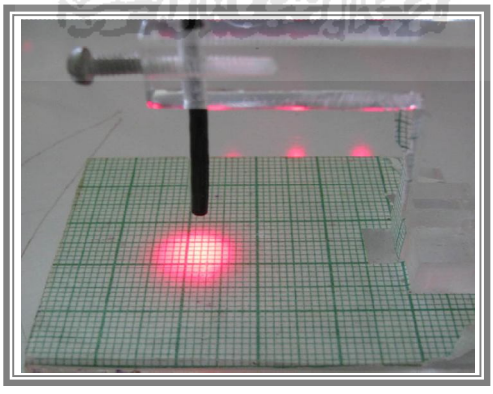
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan mnganalisa peralatan transmisi dan penerima komunikasi fiber optik, fiber optik yang digunakan adalah *fiber optic multimode* jenis *step indeks.* Pengamatan dan pengukuran meliputi:

1. Pengukuran *Numeric Aperture* (NA) pada *wavelength* 660 nm.
2. Frekuensi Modulasi (FM) pada *wavelength* 660 nm.
3. *Setting up* fiber optik *digital Link* pada *wavelength* 660 nm dan 950 nm.

4.1. Pengukuran *Numeric Aperture (NA)*

Pengamatan dilakukan dengan mengukur cahaya yang keluar dari ujung kabel fiber optik kemudian ditampilkan pada sebuah bidang kertas dengan jarak 10 mm dari ujung kabel optik, intensitas dan indeks bias cahaya yang dikendalikan oleh *port* P3 dan P4 diputar maksimal searah jarum jam.



Gambar 4.1 Pengukuran *Numeric Aperture (NA)*

Sumber cahaya menggunakan LED SFH 756 dengan maksimal panjang glombang 660 nm. Berdasarkan pengukuran cahaya yang tampak dengan menggunakan

kabel 1 meter, hasil pengukuran menunjukan besarnya diameter horizontal = 13 mm dan besarnya diameter *vertical* = 13 mm, dengan demikian besarnya *Numerical Aperture* (NA) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.5 yaitu sebagai berikut :

$$NA = r / \sqrt{d^2 + r^2}$$

Untuk menentukan besarnya r atau radius mean dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6, yaitu sebagai berikut:

$$r = (MR + PN) / 4$$

$$= (13 + 13) / 4$$

$$r = 6,5$$

$$NA = 6,5 / \sqrt{10^2 + 6,5^2}$$

$$= 6,5 / \sqrt{142,25}$$

$$= 0,52$$

Dengan demikian berdasarkan pengukuran cahaya yang tampak, besarnya *Numerical Aperture* (NA) adalah sebesar 0,52. Sehingga besarnya sudut penerimaan dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Sudut penerimaan} = \arcsin(NA)$$

$$= \arcsin(0,51)$$

$$= 31,33°$$

Dari spesifikasi fiber optik yang digunakan diketahui bahwa fiber optik yang digunakan memiliki besar indek bias inti (n_1) adalah sebesar 1,492 dan indek bias

mantel (n_2) adalah 1.406, maka dapat dihitung besarnya *Numeric Aperture* (NA) dengan persamaan 2.7, yaitu sebagai berikut :

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

$$= \sqrt{(1{,}492^2 - 1{,}406^2)}$$

$$= 0{,}48$$

Dari hasil pengukuran dengan menggunakan dua metode yang berbeda hasil pengukuran menunjukan bahwa besarnya *Numeric Aperture* (NA) tidak sama. Dari pengukuran secara langsung terhadap cahaya yang tampak besarnya *Numeric Aperture* (NA) lebih besar jika dibandingkan dengan pengukuran berdasarkan indek bias inti dan indek bias mantel, hal ini menunjukan bahwa sudut datang sinar yang menuju perbatasan mantel semakin besar sehingga besarnya *Numeric Aperture* (NA) akan semakin besar. Dari data yang ada besarnya sudut kritis dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.4, yaitu sebagai berikut :

$$\theta_{kritis} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

$$= \arcsin\left(\frac{1{,}406}{1{,}492}\right)$$

$$= 70{,}45°$$

Besarnya sudut kritis adalah sebesar 70,45°, nilai sudut kritis ini berpengaruh terhadap cahaya yang masuk kedalam serat optik, jika sudut kritis lebih besar dari sudut sinar datang yang masuk kedalam serat optik, maka sinar yang merambat menuju dinding (bidang perbatasan inti dan mantel) akan keluar dari bahan

pertama (inti) dan akan masuk kedalam bahan kedua (mantel). Pengaruh dari intensitas dan indek bias cahaya ini akan menentukan besarnya dari *Numeric Aperture* (NA), semakin besar intensitas cahaya maka besarnya sudut penerimaan akan semakin besar, begitu juga dengan jumlah modus akan semakin banyak. Untuk menghitung jumlah modus yang merambat dalam fiber optik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9, yaitu sebagai berikut :

$$\text{Jumlah modus} = \frac{[\text{garis tengah inti} * \text{NA} * \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)]^2}{2}$$

$$= \frac{\left[10^{-3} * 0{,}52 * \left(\frac{\pi}{660 * 10^{-9}}\right)\right]^2}{2}$$

$$= \frac{[\ 2475{,}19\ ]^2}{2}$$

$$= 3.063.282$$

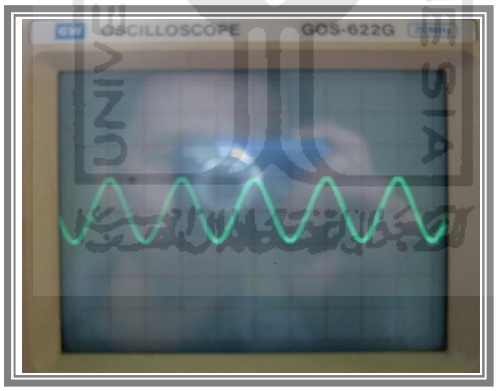
Sehingga diketahui jumlah modus fiber optik dengan memberikan intensitas cahaya maksimum yang merambat pada panjang gelombang 660 nm sebanyak 3.063.282 modus. Berdasarkan Pengukuran, perhitungan, dan spesifikasi alat yang digunakan, cahaya yang merambat kebidang perbatasan antara bahan pertama (inti) dan bahan kedua (mantel) mengalami pembisan ke bahan kedua (mantel) hal ini bisa dikatakan karena besarnya sudut penerimaan semakin besar atau nilai dari *Numeric Aperture* (NA) semakin besar terhadap pengukuran berdasarkan nilai indek bias inti dan mantel.

Tabel 4.1 Pengukuran *Numerical Aperture* (NA)

	Dihitung dengan Indek Bias	Dihitung dengan Cahaya Tamak
Numerical Aperture (NA)	0,48	0,52
Sudut Datang	71,28	69,64
Sudut Penerimaan	28,68	31,33
Sudut Kritis	70,45	70,45

4.2 Frekuensi Modulasi (FM) dan Demodulasi

Pada pengamatan Frekuensi Modulasi (FM) dan demodulasi pengamatan dilakukan pada setiap keluaran dari blok rangkaian.

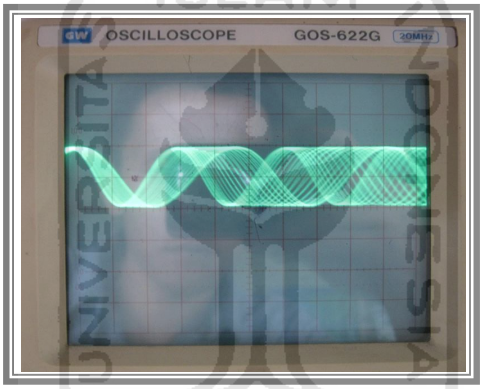


Gambar 4.2 Sinyal Masukan Frekuensi Modulasi (FM)

Input sinyal adalah gelombang sinus dengan frekuensi 1 KHz pada *level* tegangan 2Vp-p. Pengamatan dilakukan pada *output* atau keluaran dari rangkaian yang meliputi :

1. *Output Analog Buffeer.*

Bentuk sinyal *output analog buffer* berupa sinyal modulasi frekuensi. Tegangan antara sinyal masuk (*input*) dan keluar (*output*) tidak mengalami perubahan tegangan, sinyal *input* pada *analog buffer* ini merupakan sinyal yang keluar dari rangkaian FM *modulator* yang sebelumnya adalah sinyal *sinus* yang dibangkitkan oleh *function generator*. *FM modulator* pada rangkaian *transmitter* fiber optik digunakan sebagai sebagai alat yang menghasilkan sinyal FM.



Gambar 4.3 Sinyal Keluaran *Analog Buffer*

Gambar 4.2 adalah bentuk dari sinyal Frekuensi Modulasi (FM) yang dihasilkan dari rangkaian *FM Modulator*. Dengan mengamati keluaran sinyal dari *analog buffer* yang ditampilkan pada *oscilloscope* maka dapat dihitung besarnya *deviasi* frekuensi (ΔF) dengan menentukan besarnya frekuensi maksimum dan frekuensi minimum, besarnya *deviasi* frekuensi (Δf) dapat dihitung dengan persamaan 2.10, yaitu sebagai berikut :

$$\Delta F = \frac{Fmax - Fmin}{2}$$

Untuk menentukan frekuensi maksimum (F_{max}) dan frekuensi minimum (F_{min}) dapat dihitung dengan melihat bentuk gelombang keluaran sinyal yang tampil pada oscilloscope. Untuk menghitung besarnya frekuensi maksimum gelombang (F_{max}) digunakan persamaan 2.13, yaitu sebagai berikut :

$$F_{max} = \frac{1}{T}$$

Frekuensi maksimum terlihat pada gambar 4.2 yaitu gelombang yang paling atas, Time per Div dari alat sebesar = 20µs/div. maka dengan melihat gambar 4.2 besarnya periode (T) dapat dihitung dengan persamaan 2.12, yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Periode (T)} &= \text{Time/Div} \times \text{Div} \\ &= 20\mu s \times 3 \text{ Div} \\ &= 60\mu s \\ &= 60 \times 10^{-6} \text{ detik} \end{aligned}$$

Sehingga Frekuensi maksimum (F_{max}) gelombang dapat dihitung dengan persamaan 2.13, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{max} &= \frac{1}{T} \\ &= \frac{1}{60 \times 10^{-6}} \\ &= \frac{1 \times 10^{6}}{60} \\ &= 16666{,}66 \text{ Hz} \\ &= 16{,}66 \text{ KHz} \end{aligned}$$

Frekuensi minimum terlihat pada gambar 4.2 yaitu gelombang yang paling bawah, Time per Div dari alat sebesar = 20μs/div. Maka dengan melihat gambar 4.2 besarnya periode (T) dapat dihitung dengan persamaan 2.12, yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Periode (T)} &= \text{Time/Div} \times \text{Div} \\ &= 20\mu s \times 4{,}6 \text{ Div} \\ &= 92\mu s \\ &= 92 \times 10^{-6} \text{ detik} \end{aligned}$$

Maka frekuensi minimum (F_{min}) gelombang dapat dihitung dengan persamaan 2.13, yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{min} &= \frac{1}{T} \\ &= \frac{1}{92 \times 10^{-6}} \\ &= \frac{1 \times 10^{6}}{92} \\ &= 10869{,}56 \text{ Hz} \\ &= 10{,}86 \text{ KHz} \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga Deviasi Frekuensi } (\Delta F) = \frac{Fmax - Fmin}{2}$$

$$= \frac{16{,}66 - 10{,}86}{2}$$

$$= 2{,}9 \text{ KHz}$$

$$\text{Indeks Modulasi (mf)} = \frac{(\Delta F)}{(f)}$$

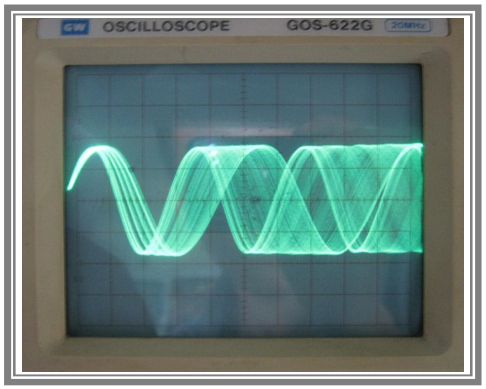
$$= \frac{2{,}9\ \text{KHz}}{1\ \text{KHz}}$$

$$= 2{,}9$$

Dengan demikian besarnya deviasi frekuensi (ΔF) dan Indeks modulasi (mf) dari Frekuensi Modulasi (FM) yang dibangkitkan oleh *FM modulator* pada fiber optic sebesar 2,9 KHz. Frekuensi dan periode waktu dari satu gelombang yang dikirim dan diterima pada transmisi fiber optic tidak mengalami perubahan, perubahan hanya terjadi pada level tegangan amplitudo.

2. *Analog Out.*

Sinyal dibangkitkan dengan *Light Emitting Diode* (LED) SFH 756 untuk panjang gelombang 660nm. *Optical detector* menggunakan PIN *Siemens* Fiber Optik *Photo Detector* SFH 250. Pada pengamatan keluaran *output* analog disini hanya membandingkan sinyal sebelum dan sesudah ditransmisikan dengan kabel fiber optik.



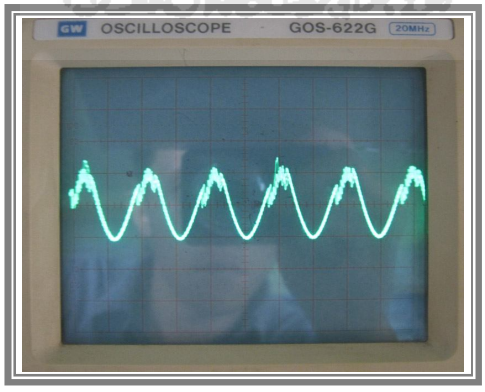
Gambar 4.4 Sinyal Keluaran *Analog Out*

Berdasarkan pengamatan, pengukuran, perhitungan dan spesifikasi peralatan yang digunakan *Frekuensi Modulasi (FM)* yang ditransmisikan dengan fiber optik panjang gelombang 660 nm, gelombang sinyal keluaranya sebagai berikut :

- Bentuk gelombang tidak mengalami perubahan.
- *Level* amplitudo sinyal berubah, *input* di TX 1 level tegangan amplitudo 2 Volt setelah ditransmisikan amplitudo sinyal pada penerima RX 1 menjadi 4,6 Volt.
- Periode gelombang dari frekuensi maksimal dan minimal yang masuk di *input* TX 1 sama dengan *output* pada *analog out.*

3. FM *Demodulator Out*

   Sinyal masukan *(input)* pada *FM demodulator* merupakan sinyal yang keluar dari *analog out* yaitu sinyal modulasi frekuensi. *Demodulator* disini digunakan untuk mengubah sinyal termodulasi kebentuk aslinya.



Gambar 4.5 Sinyal Keluaran *FM Demodulator*

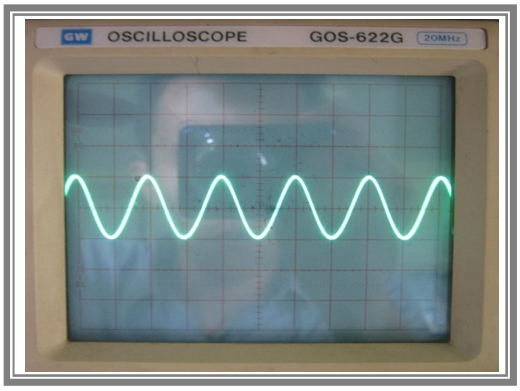
Keluaran *(output)* dari *FM demodulator* adalah gelombang sinus yang mirip dengan sinyal yang dibangkitkan dari *function generator* hanya saja sedikit mengalami perubahan bentuk. Berdasarkan pengamatan pada layar *oscilloscope*, keluaran (*output)* dari *FM demodulator* sebagai berikut :

- Bentuk gelombang dari output *FM demodulator* adalah gelombang sinus.
- *Level* amplitudo tegangan sebesar 2 Volt, atau sama dengan sinyal awal yang dibangkitkan dari *function generator*.
- Periode gelombang sama dengan periode sumber *input* dari *function generator*.

Melihat keluaran *(output)* sinyal dari *FM demodulator* maka FM demodulator disini berfungsi untuk mengembalikan sinyal informasi yang dikirim kebentuk aslinya atau proses yang berlawanan dengan modulasi, dimana sinyal informasi dikeluarkan lagi dari frekuensi *carrier* menjadi sinyal aslinya.

4. *Output Filter*

Sinyal modulasi frekuensi yang diterima pada receiver kemudian masuk pada rangkaian *FM demodulator* diteruskan kembali melalui rangkaian filter.



Gambar 4.6 Sinyal Keluaran *Filter*

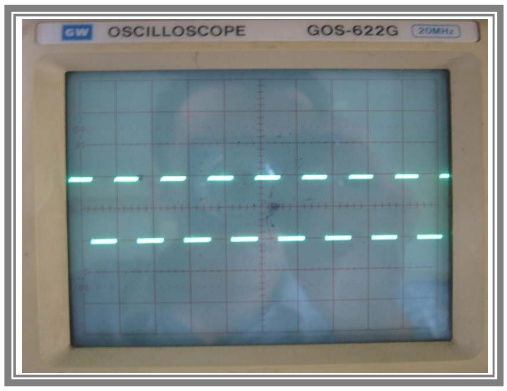
Berdasarkan pada pengamatan gelombang sinyal yang ditampilkan pada *oscilloscope* gelombang sinyal yang keluar dari *output* filter sebagai berikut :

- Bentuk keluaran sinyal adalah gelombang sinus dengan *level* tegangan amplitudo 2 Volt.
- Periode waktu satu gelombang penuh sama dengan sinyal sumber yang dibangkitkan dari *function generator*.
- Frekuensi gelombang sama dengan sinyal sumber sebesar 1KHz.

Dengan melihat sinyal input sebelum memasuki rangkaian filter dan membandingkan dengan sinyal keluaran yang ditampilkan pada *oscilloscope* maka fungsi dari filter disini adalah menyempurnakan gelombang sinyal keluaran sesuai dengan sinyal aslinya.

4.3. *Setting up* fiber optik *Digital link*

Pengamatan dilakukan untuk menganalisa sinyal keluaran dari fiber optik *digital link* pada panjang gelombang *(wavelength)* 660 nm dan 950 nm.

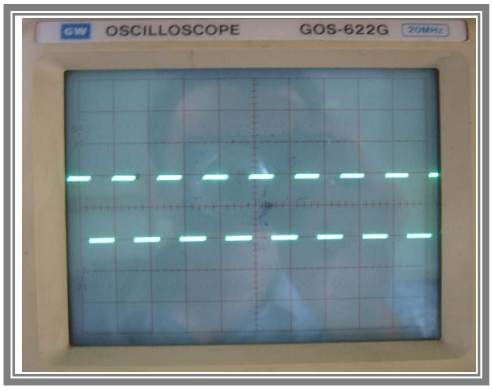


Gambar 4.7 *Input Signal Digital* Panjang Gelombang 660 nm dan 950 nm

Input signal yang dibangkitkan *function generator* berupa sinyal digital pada level tegangan $2V_{p-p}$ dan frekuensi 1 KHz. Sebelum ditransmisikan sinyal digital akan masuk kedalam rangkaian *analog buffer* yang kemudian masuk ke *input* dari TX. Untuk panjang gelombang 660 menggunakan LED SFH 756 dan panjang gelombang 950 menggunakan LED SFH 450.

4.3.1. *Setting up* fiber optik *Digital link* panjang gelombang 660 nm

Berikut gambar 4.8 adalah keluaran sinyal dari TTL OUT dengan menggunakan panjang gelombang *(wavelength)* 660 nm.



Gambar 4.8 Keluaran Sinyal *Digital* panjang gelombang 660 nm

Berdasarkan pengamatan, pengukuran, perhitungan dan spesifikasi peralatan yang digunakan sinyal keluaran panjang gelombang 660nm sebagai berikut :

a. *Level* amplitudo

   Berdasarkan pengukuran sinyal keluaran panjang gelombang 660nm memiliki amplitudo 2 volt dan frekuensi 1 KHz.

b. *Optical source*

   Optical source yang digunakan membangkitkan cahaya tampak sebagai sumber optik dengan panjang gelombang 660 nm.

c. *Optical detector*

   Optical detector yang digunakan mampu menerima panjang gelombang antara 600nm sampai 780nm.

d. Frekuensi pada *fiber optic digital link* dengan panjang gelombang 660 nm.

   Frekuensi fiber optik yang digunakan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Frekuensi} = \frac{V}{\lambda}$$

   Dengan V adalah kecepatan cahaya diruang hampa dan λ adalah panjang gelombang, jadi besarnya frekuensi :

$$\text{Frekuensi} = \frac{3 \times 10^{8}}{660 \times 10^{-9}}$$

$$= 4.54 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

   Dengan demikian diketahui bahwa frekuensi fiber optik yang digunakan sebesar 4.54×10^{14} Hz

e. Jumlah modus yang merambat

Untuk menentukan jumlah modus yang merambat dalam fiber optik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.9, yaitu sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Modus} = \frac{[\text{garis tengah inti} \times NA \times \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)]^2}{2}$$

Untuk menentukan *Numerical Aperture* (NA) menggunakan persamaan 2.7, yaitu sebagai berikut :

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

Dimana fiber optik yang digunakan memiliki indeks bias inti (n_1) sebesar 1.492 dan indeks bias mantel (n_2) sebesar 1.406 serta memiliki diameter inti sebesar 1000 micron. Sehingga *Numerical Aperture* (NA) dapat ditentukan.

$$NA = \sqrt{(1{,}492)^2 - (1{,}406)^2}$$

$$= \sqrt{2{,}22 - 1{,}97}$$

$$NA = 0{,}48$$

$$\text{Jumlah Modus} = \frac{[\text{garis tengah inti} \times NA \times \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)]^2}{2}$$

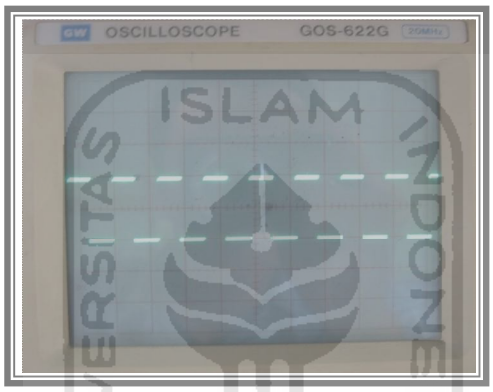
$$= \frac{[10^{-3} \times 0{,}48 \times \left(\frac{\pi}{660 \times 10^{-9}}\right)]^2}{2}$$

$$= 2610143$$

Sehingga diketahui bahwa jumlah modus pada fiber optik adalah sebanyak 26101443 modus.

4.3.2. *Setting up fiber optik Digital link* panjang gelombang 950 nm

Berikut gambar 4.8 adalah keluaran sinyal dari TTL OUT pada penerima (*receifer*) dengan menggunakan panjang gelombang *(wavelength)* 950 nm.



Gambar 4.9 Keluaran Sinyal *Digital* panjang gelombang 950 nm

Berdasarkan pengamatan, pengukuran, perhitungan dan spesifikasi peralatan yang digunakan sinyal keluaran panjang gelombang 950 nm memiliki keluaran sinyal sebagai berikut :

a. *Level* amplitudo

   Berdasarkan pengukuran sinyal keluaran panjang gelombang 950nm memiliki amplitudo 2 volt dan frekuensi 1 KHz.

b. *Optical source*

   Optical source yang digunakan membangkitkan cahaya sumber optik dengan panjang gelombang 950 nm.

c. *Optical detector*

Optical detector yang digunakan mampu menerima panjang gelombang antara 400 nm sampai 1100 nm.

d. Frekuensi pada *fiber optic digital link* dengan panjang gelombang 950nm.

Frekuensi fiber optik yang digunakan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Frekuensi} = \frac{V}{\lambda}$$

Dengan V adalah kecepatan cahaya diruang hampa dan λ adalah panjang gelombang, jadi besarnya frekuensi :

$$\text{Frekuensi} = \frac{3 \times 10^{8}}{950 \times 10^{-9}}$$

$$= 3.15 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

Dengan demikian diketahui bahwa frekuensi fiber optik yang digunakan sebesar 3.15×10^{14} Hz

e. Jumlah modus yang merambat

Untuk menentukan jumlah modus yang merambat dalam fiber optik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.9, sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Modus} = \frac{[\text{garis tengah inti} \times \text{NA} \times \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)]^2}{2}$$

Untuk menentukan *Numerical Aperture* (NA) menggunakan persamaan 2.7, yaitu sebagai berikut :

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

Dimana fiber optik yang digunakan memiliki indeks bias inti (n_1) sebesar 1.492 dan indeks bias mantel (n_2) sebesar 1.406 serta memiliki diameter inti sebesar 1000 micron. Sehingga *Numerical Aperture* (NA) dapat ditentukan.

$$NA = \sqrt{(1{,}492)^2 - (1{,}406)^2}$$

$$= \sqrt{(2{,}22 - 1{,}97)}$$

$$NA = 0{,}48$$

$$\text{Jumlah Modus} = \frac{[\text{garis tengah inti} \times NA \times (\frac{\pi}{\lambda})]^2}{2}$$

$$= \frac{[10^{-3} \times 0{,}48 \times (\frac{\pi}{950 \times 10^{-9}})]^2}{2}$$

$$= 1259809$$

Sehingga diketahui bahwa jumlah modus pada fiber optik adalah sebanyak 1259809 modus.

Tabel 4.2 Pengukuran frekuensi dan jumlah modus pada *setting up fiber optic digital link* panjang gelombang 660 nm dan 950 nm.

	Panjang Gelombang 660 nm	Panjang Gelombang 950 nm
Frekuensi	4.54×10^{14}	3.15×10^{14} Hz
Jumlah Modus	2610143	1259809

Dengan demikian diketahui bahwa jumlah modus dan frekuensi dari fiber optik dengan panjang gelombang 660 nm lebih banyak dari jumlah modus dan frekuensi fiber optik panjang gelombang 950 nm.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Apabila sudut datang sinar yang masuk kedalam kabel fiber optik dengan besarnya sudut datang diluar dari sudut penerimaan atau besarnya sudut lebih besar dari besarnya arcsin *Numeric Aperture* (NA), maka cahaya yang merambat didalam serat optik akan dibiaskan kebagian mantel dari fiber optik.

2. Besarnya *Numeric Aperture* (NA) dipengaruhi oleh nilai dari indek bias inti dan mantel, pembiasan cahaya yang merambat ke bahan ke-2 atau mantel dan besarnya sudut datang yang lebih kecil dari sudut kritis akan menyebabkan perubahan nilai dari *Numeric Aperture* (NA) menjadi semakin besar.

3. Pada Frekuensi Modulasi (FM) sinyal pembawa diubah-ubah sehingga besarnya sebanding dengan besarnya frekuensi sinyal pemodulasi. Besarnya Indek Modulasi (mf) sebanding dengan besarnya sinyal informasi atau sinyal pemodulasi.

4. Sistem modulasi fiber optik dengan menggunakan Frekuensi Modulasi (FM) tidak mengalami banyak gangguan–gangguan, sinyal input yang ditransmisikan sama dengan sinyal *output* yang diterima.

5. Jumlah modus dan frekuensi pada fiber optik *digital link* antara panjang gelombang *(wavelength)* 660 nm lebih banyak dibanding dengan jumlah modus dan frekuensi pada panjang gelombang *(wavelength)* 950 nm.

5.2 Saran

Karena pada penelitian ini dirasa penulis masih banyak kekurangannya, maka untuk pengembangan penelitian selanjutnya disarankan untuk memperhatikan hal berikut :

1. Pengukuran akan mendapatkan hasil yang lebih optimal bila peralatan yang digunakan memiliki ketelitian yang tinggi dan dilakukan secara berulang-ulang.

2. Pengukuran dan pengamatan dilakukan pada panjang gelombang yang lain, seperti panjang gelombang 850nm, 1300nm dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

Crisp, John., & Elliott, Barry., 2005. *Serat optik: sebuah pengantar*. Alih bahasa Soni Astranto., S.Si., Jakarta. Erlangga.

Covin P, Agrawal. 2007. *Nonlinier Fiber Optik (4th ed).* Academic Press. USA.

Deva Sani, Darmansyah. *EL – 670 Jaringan Komputer Model Analisis*. Available at www.pdf.com.

Eko Sulistio, Meiyanto. *Sistem penjamakan Pada Serat Optis*. AMIK KARTIKA YANI. Yogyakarta.

Falkon Modul. 2009. *Fiber link-A low cost fiber optik trainer kit.* India: Falcon India

Freddy P. Zen, Wahyu Hidayat, dan Ridwan Shiddiq. 2002. *Analisis Numerik Propagasi Soliton Dalam Serat Optik*. Theoretical High Energy Physics Laboratory,Physics Department, Institut Teknologi Bandung.

Palais, Joseph C. *Fiber Optic Communications*. Available at http://www.howstuffworks.com , http://www.tpub.com.

Wahyudi, H Mochamad, S.Kom. *Mengenal Teknologi Kabel Serat Optik (Fiber Optik)*. Bina Sarana Informatika. Available at http://www.bsi.ac.id