

TUGAS AKHIR

Analisis Karakteristik Modulasi Pada Media Fiber Optik Untuk Wavelength 660 nm Dan 950 nm

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



Disusun oleh:

Nama : Handika

No. Mhs : 02.524.001

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2011

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Analisis Karakteristik Modulasi Pada Media Fiber Optik Untuk

Wavelength 660 nm Dan 950 nm

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Handika

No.Mahasiswa : 02 524 001

Yogyakarta, April 2011

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Tito Yuwono, S.T., M.Sc)



(Wahyudi Budi Pramono, S.T., M.Eng)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

***Analisis Karakteristik Modulasi Pada Media Fiber Optik Untuk
Wavelength 660 nm Dan 950 nm***

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Handika

No.Mahasiswa : 02 524 001

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 26 April 2011

Tim Penguji

Tito Yuwono, S.T., M.Sc

Ketua

Dwi Ana Ratna Wati, S.T.,M.Eng

Anggota I

Medilla Kusriyanto, S.T.,M.Eng

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



(Tito Yuwono, S.T., M.Sc)

ABSTRAKSI

Fiber optik merupakan salah satu media transmisi dalam sistem komunikasi. Pada transmisi fiber optik cahaya (daya optis) digunakan untuk mengirimkan informasi. Pemilihan sumber cahaya dan panjang gelombang yang digunakan menentukan hasil transmisi fiber optik. Pada pengiriman suatu data informasi pada media serat optik digunakan suatu teknik modulasi yang bertujuan untuk menghantarkan data informasi pada tujuan (penerima). Untuk melihat dan mengetahui hasil transmisi fiber optik, pada sebuah *receiver* (penerima) maka dilakukan penelitian yang meliputi karakteristik modulasi dan demodulasi sinyal keluaran *digital link* pada panjang gelombang (*wavelength*) 660 nm dan 950 nm. Metode modulasi dan demodulasi yang digunakan adalah metode PWM (*Pulse Width Modulation*), yaitu dengan cara memodulasi lebar pulsa pada suatu gelombang, dan metode PPM (*Pulse Position Modulation*) adalah suatu cara modulasi dengan memodulasi suatu posisi dari sebuah pulsa. Untuk mengetahui karakteristik dari sebuah modulasi dan demodulasi maka akan dilakukan sebuah pengamatan, dan perhitungan pada sinyal keluaran dari hasil modulasi dan demodulasi dengan menghitung besarnya frekuensi dan *bandwidth*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada setiap modulasi dan demodulasi terdapat banyak hambatan saat proses modulasi dan demodulasi sehingga sinyal keluaran akan mengalami ketidakmurnian dari gelombang awal, hambatan tersebut dipengaruhi oleh *losses* dan dispersi pada *fiber optik*. *Bandwidth* dan frekuensi pada panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang 950 nm. pada sinyal keluaran dari hasil modulasi dan demodulasi akan dipengaruhi gangguan yang berupa *noise* (derau) sehingga pada demodulasi dibutuhkan perangkat tambahan berupa filter yang berfungsi sebagai penapis pada sebuah gelombang.

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)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah diri mereka sendiri”

(Q.S. Ar-Ra’d:11)

“Begadang Boleh saja kalau ada perlunya”

(bang rhoma irama)

“Banyakin kuliah kurangi kopi, game, dan tidur, Insya Allah Lulus dengan cepat”

(Handika)

HALAMAN PERSEMBAHAN



Kupesembahkan Tugas Akhir ini dengan tulus, ikhlas dan penuh kesyukuran kepada:

- & Allah SWT*
- & Nabi Muhammad SAW*
- & Bapak tersayang dan mamah tersayang (Hamdani dan Surtini), kakak ku dan adek-adek ku tersayang (Deni Haris, Hardiansyah, dan Humaedi "dede"), Seluruh keluarga besar ku yang telah memberikan dukungan, doa, kasih sayang serta pengorbanan untuk penulis*
- & teman-teman yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.*
- & almamater ku (walaupun hanya di pake pas kkn).*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Shalawat dan salam semoga tercurah pada junjungan Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, dan pengikutnya.

Dengan dilaksanakannya penelitian dalam bentuk Skripsi ini penulis dapat belajar banyak tentang fiber optik khususnya modulasi pada fiber optik. Melalui Skripsi ini pula penulis dapat menerapkan ilmu-ilmu elektronika yang didapat dibangku kuliah dengan kenyataan pada saat melakukan penelitian, sehingga memberikan pengalaman yang sangat berharga. Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada :

1. Allah SWT, atas nikmat iman, islam dan mukzizat yang diberikan kepada saya sehingga tugas akhir dapat selesai.
2. Junjungan kita Nabi Muhammad SAW, atas petunjuk dan ajarannya dimuka bumi ini.
3. Bapa Hamdani dan Mamah Surtini tercinta yang selalu sayang dan pengertian serta selalu memberikan doa dan dukungan moril. Terima kasih atas semua yang telah bapa dan mamah berikan. (I Luv U puoL, maaf lulus nya lama).

4. Kakak ku dan adik – adik ku tercinta Deni Haris, Hardiansyah dan Humaedi (dede) terima kasih atas doa dan dukungannya.
5. Bapak Prof. Dr. Drs. Edy Suandi Hamid,M.Ec, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia,
6. Bapak Gumbolo Hadi Susanto, Ir., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia,
7. Bapak Tito Yuwono, ST. Msc. Selaku ketua jurusan Teknik Elektro dan Dosen pembimbing I tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan dan dukungan moril dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
8. Bapak Wahyudi Budi Pramono, ST. M.eng. Selaku Dosen pembimbing II tugas akhir yang telah membantu memberikan ide dan informasi yang diperlukan untuk penyusunan tugas akhir ini.
9. Segenap dosen di lingkungan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas ilmu dan nilai yang diberikan,
10. Mas Anwar dan mbak Amaroh selaku Laboran Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia,
11. Syarifah Riawita, terima kasih banyak karena telah banyak membantu dan mendukung dalam penyelesaian studi ku. Terima kasih juga atas hari-hari indahny.
12. Teman - teman ku , Anton ” juragan ” Haryono, Toni Wijaya, Nicky, Wawan, Tyo Nugros, Dani ”dj”, Taufik ”Pak de”, Yk, Koenyit, Pikar, Didin, eni. Terima kasih atas semua dukungannya.
13. kontrakan 287 c, terima kasih atas tempat tinggal dan keceriaannya.

14. Keluarga mas Jat, terima kasih sudah memberikan tempat naungan dan teh manis nya.
15. D”Lopin, makasi atas dukungannya sob.
16. Teman-teman Elektro angkatan 2002 : dan semua rekan-rekan elektro UII pada umumnya yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.
17. All of U temen – temen ku yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
18. Ustadz jafar umar thalib, terima kasih atas ceramah dan tausyiah nya tadz.
19. Metallica, dream theatre, pas band, mr.big, joe satriani, bg iwan fals, vodoo, dkk. terima kasih telah menemani penulis sehari-hari.
20. A 2301 U ”babon”,kendaraan yg menyenangkan yang setia mengantar ku kemana saja.

Semoga Allah SWT memberikan balasan limpahan rahmat dan karunia serta kelapangan hati atas segala kebaikan yang mereka berikan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangannya, untuk itu sangat diharapkan saran dan kritik yang sekiranya dapat menambah pengetahuan serta lebih menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga apa yang telah penulis ketengahkan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wasalamu’alaikum Wr.Wb

Jogjakarta, April 2011

Handika

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
ABSTRAKSI	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Maksud Dan Tujuan Penelitian	6
1.5 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Sejarah Perkembangan Fiber Optik	8

2.2	Fiber Optik	9
2.2.1	Struktur Fiber Optik	10
2.2.2	Jenis Fiber Optik	11
2.3	Perambatan Cahaya	13
2.4	Pemilihan Frekuensi dan Panjang Gelombang Fiber Optik	17
2.5	Sumber dan Detektor Cahaya	19
2.6	Transmisi Pada Fiber Optik	21
2.7	Transmisi Sinyal	24
2.8	Modulasi	25
2.8.1	Modulasi pulsa	26
2.9	Demodulasi	29
2.10	Komparator	29
2.11	<i>Low Pass Filter</i>	30
2.11.1	<i>Active Low Pass Filter</i>	31
BAB III	PERANCANGAN SISTEM	32
3.1	Modul Yang Digunakan	32
3.2	Blok Komponen	33
1.	<i>Function Genertor</i>	33
2.	<i>Transmitter</i>	34
3.	<i>Pulse Width Modulation</i>	36
4.	<i>Pulse Position Modulation</i>	37

5. <i>Pulse Width Demodulation</i>	38
6. <i>Pulse Position Demodulation</i>	38
7. <i>Filter</i>	39
8. Kabel fiber optik	39
9. <i>Transimpedance Amplifier</i>	40
3.3 Modulasi PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) pada <i>wavelength</i> 660 nm dan 950 nm	40
3.4 Modulasi PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>) pada <i>wavelength</i> 660 nm dan 950 nm	41
3.5 Respon Filter	42
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Analisis karakteristik modulasi PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) Pada <i>Wavelength</i> 660 nm dan 950nm.	43
4.2 Analisis karakteristik Modulasi PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>) Pada <i>Wavelength</i> 660 nm dan 950nm.	61
4.3 Respon filter	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik pengurangan dan lebar jalur dari fiber. optik.....17



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur <i>fiber</i> optik	11
Gambar 2.2 Fiber optik <i>multimode</i>	13
Gambar 2.3 Fiber optik <i>single mode</i>	13
Gambar 2.4 Perambatan sinar	15
Gambar 2.5 Pemantulan internal sempurna	16
Gambar 2.6 Panjang gelombang pada <i>fiber</i> optik	20
Gambar 2.7 Gambar sinyal PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	29
Gambar 2.8 Gambar sinyal PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>)	30
Gambar 2.9 Blok untai komparator	31
Gambar 2.10 Rangkaian dasar dan respon dari low pass <i>filter</i>	32
Gambar 3.1 Modul Kerja <i>Falcon Fiber Link-A Low Cost Fiber Optik Trainer Kit</i>	34
Gambar 3.2 Blok Komponen <i>Falcon Fiber Link-A Low Cost Fiber Optik Trainer Kit</i>	35
Gambar 3.3 <i>Function Generator</i>	36
Gambar 3.4 <i>Digital Buffer</i>	37

Gambar 3.5 <i>Driver</i>	37
Gambar 3.6 <i>Transmitter</i>	38
Gambar 3.7 PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) Modulator	39
Gambar 3.8 PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>) Modulator	39
Gambar 3.9 <i>Pulse Width Demodulation</i>	40
Gambar 3.10 <i>Pulse Position Demodulation</i>	40
Gambar 3.11 <i>Filter</i>	41
Gambar 3.12 <i>Transimpedance Amplifier</i>	42
Gambar 3.13 Modulasi dan demodulasi PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	43
Gambar 3.14 Modulasi dan demodulasi PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	44
Gambar 4.1 <i>Carrier signal</i> (sinyal masukan)	46
Gambar 4.2 Bentuk gelombang <i>input</i> pada modulator	
PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) dengan <i>wavelength</i> 660nm	47
Gambar 4.3 Bentuk gelombang <i>output</i> pada modulator	
PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) dengan <i>wavelength</i> 660nm	48

Gambar 4.4 Bentuk gelombang <i>input</i> pada modulator	
PWM dengan <i>wavelength</i> 950nm	49
Gambar 4.5 Bentuk gelombang <i>output</i> pada modulator	
PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) dengan <i>wavelength</i> 950nm	49
Gambar 4.6 Bentuk gelombang <i>input</i> pada demodulator	
PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) dengan <i>wavelength</i> 660nm	58
Gambar 4.7 Bentuk gelombang <i>output</i> pada demodulator	
PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) dengan <i>wavelength</i> 660nm	59
Gambar 4.8 Bentuk gelombang <i>input</i> pada demodulator	
PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) dengan <i>wavelength</i> 950nm	59
Gambar 4.9 Bentuk gelombang <i>output</i> pada demodulator	
PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) dengan <i>wavelength</i> 950nm	60
Gambar 4.10 <i>Carrier signal</i> (sinyal masukkan)	65
Gambar 4.11 Bentuk gelombang <i>input</i> pada modulator	
PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>) <i>wavelength</i> 660nm	65

Gambar 4.12 Bentuk gelombang <i>output</i> pada modulator	
PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>) wavelength 660nm	66
Gambar 4.13 Bentuk gelombang <i>input</i> pada modulator	
PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>) wavelength 950nm	66
Gambar 4.14 Bentuk gelombang <i>output</i> pada modulator	
PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>) wavelength 950nm	67
Gambar 4.15 Bentuk gelombang <i>input</i> pada demodulator	
PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>) wavelength 660 nm	71
Gambar 4.16 Bentuk gelombang <i>output</i> pada demodulator	
PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>) wavelength 660 nm	71
Gambar 4.17 Bentuk gelombang <i>input</i> pada demodulator	
PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>) wavelength 950 nm	72
Gambar 4.18 Bentuk gelombang <i>output</i> pada demodulator	
PPM (<i>Pulse Position Modulation</i>) wavelength 950 nm	72
Gambar 4.19 Bentuk gelombang <i>input</i> pada <i>filter</i>	
dari demodulator PWM dengan wavelength 660 nm	78

Gambar 4.20 Bentuk gelombang <i>output filter</i>	
dari demodulator PWM dengan <i>wavelength</i> 660nm	79
Gambar 4.21 Bentuk gelombang <i>input filter</i>	
dari demodulator PWM dengan <i>wavelength</i> 950 nm	80
Gambar 4.22 Bentuk gelombang <i>output filter</i>	
dari demodulator PWM dengan <i>wavelength</i> 950nm	80
Gambar 4.23 Bentuk gelombang <i>input filter</i>	
dari demodulator PPM dengan <i>wavelength</i> 660 nm	82
Gambar 4.24 Bentuk gelombang <i>output filter</i>	
dari demodulator PPM dengan <i>wavelength</i> 660 nm	83
Gambar 4.25 Bentuk gelombang <i>input filter</i>	
dari demodulator PPM dengan <i>wavelength</i> 950 nm	83
Gambar 4.26 Bentuk gelombang <i>output filter</i>	
dari demodulator PPM dengan <i>wavelength</i> 950 nm	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Media transmisi berkembang dengan pesat dewasa ini. Hal ini sesuai dengan kemajuan teknologi dalam bidang transmisi data dunia yang sedang maju dengan pesat serta pengaruh era globalisasi dan arus informasi yang sangat diperlukan oleh masyarakat modern. Kemajuan perekonomian serta majunya teknologi media transmisi merupakan titik tolak dan potensi besar untuk dapat meningkatkan dan mewujudkan berbagai jenis pelayanan transmisi yang lebih canggih untuk komunikasi suara, video dan data.

Untuk mentransfer data dalam jumlah besar memerlukan keakuratan dan juga mampu menjaga kerahasiaan data tersebut. Keunggulan fiber optik sebagai media transmisi terutama mampu meningkatkan pelayanan sistem komunikasi data, seperti peningkatan jumlah kanal yang tersedia, kemampuan mentransfer data dengan kecepatan mega bit /second, tidak terganggu oleh gelombang elektromagnetik, petir atau cuaca. Selama ribuan tahun cahaya telah digunakan sebagai media dalam berkomunikasi. Sinar cahaya diketahui selalu merambat pada sebuah garis lurus, maka dianggap mustahil bahwa cahaya dapat merambat mengikuti jalur yang melengkung atau berbelok tanpa sudut.

Dewasa ini ada 3 jenis fiber optik yang populer berdasarkan pemanfaatannya yaitu:

- Fiber optik *multimode*
 1. *multimode step indeks*
 2. *multimode Graded*
- Fiber optik *single mode*

Suatu informasi yang dikirim baik berupa data, video, dan suara pada fiber optik adalah suatu gelombang yang dimodulasi. Pada modulasi pulsa, pembawa informasi berupa deretan pulsa-pulsa. Sinyal pembawa yang berupa pulsa-pulsa ini kemudian dimodulasi oleh sinyal informasi, sehingga parameternya berubah sesuai dengan besarnya amplitudo sinyal pemodulasi (sinyal informasi).

Ada beberapa metode modulasi pulsa untuk membawa suatu gelombang yang berisi informasi tersebut, yaitu :

1. PAM (*Pulse Amplitude Modulation*)

Pada PAM, amplitudo pulsa-pulsa pembawa dimodulasi oleh sinyal pemodulasi. Amplitudo pulsa-pulsa pembawa menjadi sebanding dengan amplitudo sinyal pemodulasi. Semakin besar amplitudo sinyal pemodulasi maka semakin besar pula amplitudo pulsa pembawa.

2. PCM (*Pulse Code Modulation*)

Pada modulasi PCM, sinyal informasi dicuplik dan juga dikuantisasi. Proses ini akan membuat sinyal menjadi lebih kebal terhadap derau. Setelah proses ini maka dilakukan proses penyandian (*coding*) menggunakan kode biner, sehingga terbentuk sinyal PCM. Sinyal ini dapat direpresentasikan dengan pulsa-pulsa yang menyatakan kode-kode biner untuk setiap hasil cuplikan.

Modulasi PCM dikembangkan menjadi beberapa jenis lagi, yaitu:

- a. DPCM (*Differensial PCM*)
- b. DM (*Delta Modulation*)
- c. *Adaptive Delta modulation*

3. PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pada modulasi PWM, lebar pulsa pembawa diubah-ubah sesuai dengan besarnya tegangan sinyal pemodulasi. Semakin besar tegangan sinyal pemodulasi (informasi) maka semakin lebar pula pulsa yang dihasilkan.

Modulasi PWM juga dikenal sebagai *Pulse Duration Modulation* (PDM).

4. PPM (*Pulse Position Modulation*)

Pulse Position Modulation merupakan bentuk modulasi pulsa yang mengubah-ubah posisi pulsa (dari posisi tak termodulasinya) sesuai dengan besarnya tegangan sinyal pemodulasi. Semakin besar tegangan sinyal pemodulasi (informasi) maka posisi pulsa PPM menjadi semakin jauh dari posisi pulsa tak-termodulasinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik dari modulasi dan demodulasi pada *carrier signal* (sinyal input) dan *received signal* (sinyal output) dengan menggunakan modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) pada *wavelength* 660nm dan 950 nm.
2. Bagaimana karakteristik dari modulasi dan demodulasi pada *carrier signal* (sinyal input) dan *received signal* (sinyal output) dengan menggunakan modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) pada *wavelength* 660 nm dan 950nm.
3. Bagaimana respon filter terhadap sinyal output (sinyal keluaran) dari modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) dan PPM (*Pulse Position Modulation*) dengan *wavelength* 660 nm dan 950 nm.

1.3 Batasan Masalah

Dengan adanya batasan masalah penulis dapat lebih menyederhanakan dan mengarahkan penelitian dan pembuatan sistem agar tidak menyimpang dari apa yang akan diteliti dan dikembangkan. Batasan-batasannya adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran dan analisa menggunakan plastik fiber optik jenis *multimode step index*.
2. Panjang fiber optik yang digunakan 1 m.
3. Optik sumber dan optik keluaran menggunakan *Light Emitting Diode* (LED) dan *Detector Photo Diode* (PIN Diode).

4. Informasi isyarat gelombang pembawa (*signal carrier*) dan isyarat gelombang *output* hanya dalam bentuk isyarat gelombang digital.
5. *Wavelength* (panjang gelombang) yang dibangkitkan dan ditransmisikan dalam fiber optik adalah 660nm dan 950nm.
6. Optik sumber untuk mengubah isyarat gelombang pembawa (*signal carrier*) menjadi isyarat gelombang cahaya menggunakan Siemens Fiber Optik *Light Emitting Diode* (LED) SFH756V dan Siemens Fiber Optik *Light Emitting Diode* (LED) SFH450V
7. Optik keluaran untuk mengubah isyarat gelombang cahaya menjadi isyarat gelombang keluaran menggunakan Siemens Fiber Optik *Photo Detector* SFH551V.
8. Dalam Tugas Akhir ini tidak membahas tentang mekanika pembuatan alat fiber optik digital link, tetapi hanya membahas tentang metode modulasi dan demodulasi pada fiber optik *digital link* yaitu analisa modulasi dan demodulasi gelombang dengan menggunakan metode modulasi gabungan (hybrid) berupa metode PWM (*Pulse Width Modulation*) serta modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) dan demodulasinya pada fiber optik *single mode* pada *Wavelength* (panjang gelombang) 660nm dan 950nm.

1.4 Maksud Dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari skripsi ini selain sebagai salah satu syarat untuk memenuhi kurikulum S-1 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia juga untuk:

1. Mengetahui lebih mendalam mengenai teori-teori modulasi, sistem modulasi pada fiber optik dan sekaligus dalam prakteknya.
2. Mempelajari, mengerti dan memahami fiber optik sebagai media penghantar serta prinsip kerja dalam aplikasinya.
3. Mengetahui prinsip kerja dari modul alat yang dianalisa sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsinya.
4. Untuk memanfaatkan dan mengembangkan apa yang didapat dari teori di bangku kuliah secara praktis berdasarkan inovasi teknologi yang ada serta landasan bekal dalam menghadapi dunia nyata.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan tugas akhir ini diberikan uraian bab demi bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasannya.

Pokok-pokok permasalahan dalam penulisan ini dibagi menjadi lima bab :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang masalah, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan dan Manfaat Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat teori-teori yang berhubungan dengan penelitian. Berisi dasar teori fiber optik, macam-macam modulasi, dan modulasi pada fiber optik.

BAB III : PERANCANGAN SISTEM

Bagian ini menjelaskan perancangan yang dilakukan, bagian-bagian yang terlihat dan penjelasan cara kerja masing-masing bagian.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil pengujian, perhitungan dan analisis dari modul alat yang dianalisa dibandingkan dengan dasar teori sistem atau sistem yang lain yang dapat dijadikan sebagai pembanding .

BAB V : PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan dan saran-saran dari proses analisa sistem modulasi pada suatu fiber optik, serta keterbatasan-keterbatasan yang ditemukan dan juga asumsi-asumsi yang dibuat selama melakukan tugas akhir.

Daftar Pustaka**Lampiran**

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 fiber 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 ilmuwan Inggris pada tahun 1958 mengusulkan *prototipe* fiber 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 fiber optik yang mampu mentransmisikan gambar.

Peralatan penghasil sinar laser masih serba besar dan merepotkan, selain tidak efisien peralatan tersebut 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. Sebuah pancaran laser dalam jarak 1 km, bisa tiba di tujuan akhir pada banyak titik dengan simpangan jarak hingga hitungan meter.

Sekitar tahun 60-an ditemukan fiber 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, Seperti halnya laser, fiber optik pun harus melalui tahap-tahap pengembangan awal. Sebagaimana medium transmisi cahaya, ia sangat tidak efisien. Hingga tahun 1968 atau berselang dua tahun setelah fiber optik pertama kali diramalkan akan menjadi pemandu cahaya, tingkat *attenuation* (kehilangan)-nya masih 20 dB/km. Melalui pengembangan dalam teknologi material, fiber optik mengalami pemurnian, dehidran dan lain-lain. Secara perlahan tapi pasti atenuasinya mencapai tingkat dibawah 1 dB/km. Tahun 80-an, industri fiber optik benar-benar sudah berkembang.

2.2 Fiber Optik

Fiber optik merupakan helaian optik murni yang sangat tipis (tebalnya setipis rambut manusia) dan dapat membawa data informasi digital untuk jarak jauh. Helaian tipis ini tersusun dalam bundelan yang dinamakan kabel fiber optik dan berfungsi mentransmisikan (mengirim) cahaya, hampir tanpa kerugian. Artinya, cahaya yang berhasil dikirim dari satu tempat ke tempat yang lain hanya mengalami kehilangan sinyal dalam jumlah yang sangat sedikit.

Fiber optik membentuk kabel yang sedemikian halus hingga ketebalan mencapai 1 mm untuk dua puluh (20) helai serat. Serat ini ringan dan kapasitas kanalnya sangat besar. Dalam kawat bergaris tengah 1 cm dapat disalurkan 10.000 kanal telepon.

Sinyal listrik dari *transmitter* (pengirim) digunakan untuk memodulasi berkas laser yang kemudian dikirimkan lewat kabel fiber (serat).

2.2.1 Struktur Fiber Optik

Struktur fiber optik dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu:

1. Inti (*core*)

Inti *terbuat* dari bahan berkualitas tinggi dan tidak mengalami korosi.

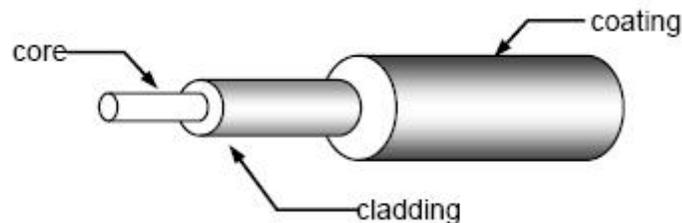
Inti memiliki diameter antara $5\mu\text{m}$ - $20\mu\text{m}$.

2. Selubung Kulit (*cladding*)

Selubung kulit *terbuat* dari bahan gelas 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 seperti goresan, kotoran dan lainnya.



Gambar 2.1 Struktur fiber optik

2.2.2 Jenis Fiber Optik

Fiber optik dibuat dalam dua jenis utama yang berbeda, yaitu :

1. Fiber optik *multimode*

Pada jenis serat optik ini penjalaran cahaya dari satu ujung ke ujung lainnya terjadi dengan melalui beberapa lintasan cahaya, karena itu disebut multimode. Sedangkan berdasarkan susunan index biasanya serat optik *multimode* memiliki dua profil yaitu *Graded index* dan *Step index*.

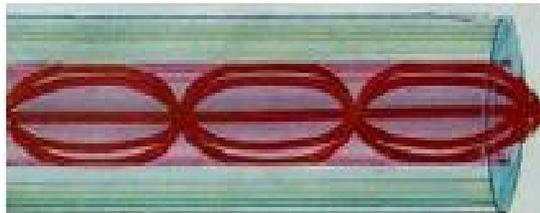
(a) *Multimode Graded index*

Pada serat *Graded index*, serat optik mempunyai index bias cahaya yang merupakan fungsi dari jarak terhadap sumbu/poros serat optik. Dengan demikian cahaya yang menjalar melalui beberapa lintasan pada akhirnya akan sampai pada ujung lainnya pada waktu yang bersamaan.

(b) *Multimode Step index*

Pada fiber optik *Step index* (mempunyai index bias cahaya sama) sinar yang menjalar pada sumbu akan sampai pada ujung lainnya dahulu (dispersi) Hal ini dapat terjadi karena lintasan yang melalui poros lebih pendek dibandingkan sinar yang mengalami pemantulan pada dinding fiber optik. Sebagai hasilnya terjadi pelebaran pulsa atau dengan kata lain mengurangi lebar bidang

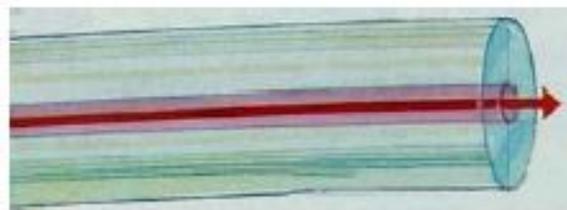
frekuensi. Oleh karena itu serat optik *Graded index* lebih banyak dipergunakan sebagai saluran transmisi serat optik *multimode*.



Gambar 2.2 Fiber optik *multimode*

2. Fiber optik *single mode*

Fiber optik *single mode* mempunyai diameter inti (*core*) yang sangat kecil, sehingga hanya satu berkas cahaya saja yang dapat melaluinya. Oleh karena hanya satu berkas cahaya maka tidak ada pengaruh index bias terhadap perjalanan cahaya atau pengaruh perbedaan waktu sampainya cahaya dari ujung satu sampai ke ujung yang lainnya (tidak terjadi dispersi). Dengan demikian serat optik singlemode sering dipergunakan pada sistem transmisi fiber optik jarak jauh atau luar kota (*long haul transmission system*).



Gambar 2.3 Fiber optik *single mode*

2.3. Perambatan Cahaya

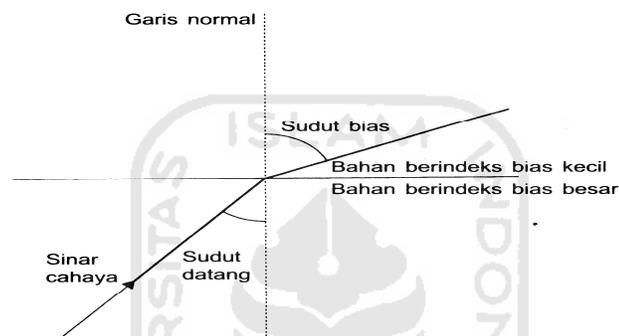
Terdapat suatu pandangan yang keliru bahwa cahaya selalu merambat dengan kecepatan yang sama didalam segala situasi. Kecepatan rambat cahaya bergantung pada bahan dimana ia merambat. Didalam ruang hampa, cahaya merambat pada kecepatan maksimumnya yang mendekati 300 juta meter per detik, atau hampir delapan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

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

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 indeks 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 2.4 Perambatan sinar

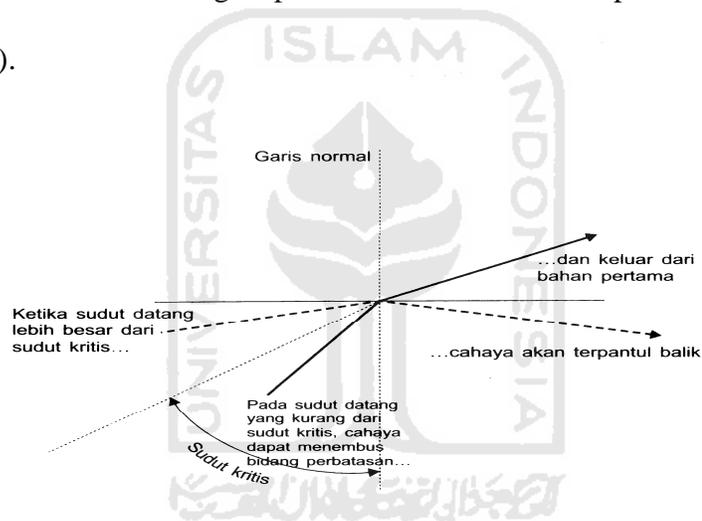
Hubungan antara indeks bias bahan dengan sudut sinar dapat dinyatakan dengan menggunakan Hukum Snellius:

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

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° 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 2.5 Pemantulan internal sempurna

Hubungan ini dapat dinyatakan dengan persamaan Hukum Snellius:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin 90^\circ \quad (2.3)$$

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

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

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

Tabel 2.1 Karakteristik pengurangan dan lebar jalur dari kabel fiber optik

Cara perambatan	Bahan	Profile index bias	λ (Mikron)	Ukuran (micron)	Penipisan (dB/Km)	Lebar jalur (Mhz/Km)
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Step index</i>	800	62.5/125	5.0	6
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Step index</i>	850	62.5/125	4.0	6
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Graded index</i>	850	62.5/125	3.3	200
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Graded index</i>	850	50/125	2.7	600
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Graded index</i>	1300	62.5/125	0.9	800
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Graded index</i>	1300	50/125	0.7	1500
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Graded index</i>	850	85/125	2.8	200
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Graded index</i>	1300	85/125	0.7	400
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Graded index</i>	1550	85/125	0.4	500
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Graded index</i>	850	100/140	3.5	300
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Graded index</i>	1300	100/140	1.5	500
<i>Multimode</i>	Kaca	<i>Graded index</i>	1550	100/140	0.9	500
<i>Multimode</i>	Plastik	<i>Step index</i>	650	485/500	240	5@680
<i>Multimode</i>	Plastik	<i>Step index</i>	650	735/750	230	5@680
<i>Multimode</i>	Plastik	<i>Step index</i>	650	980/1000	220	5@680
<i>Multimode</i>	PCS	<i>Step index</i>	790	200/350	10	20

<i>Singlemode</i>	Kaca	<i>Step index</i>	650	3.7/80 atau 125	10	600
<i>Singlemode</i>	Kaca	<i>Step index</i>	850	5/80 atau 125	2.3	1000
<i>Singlemode</i>	Kaca	<i>Step index</i>	1300	9.3/125	0.5	-
<i>Singlemode</i>	Kaca	<i>Step index</i>	1550	8.1/125	0.2	-

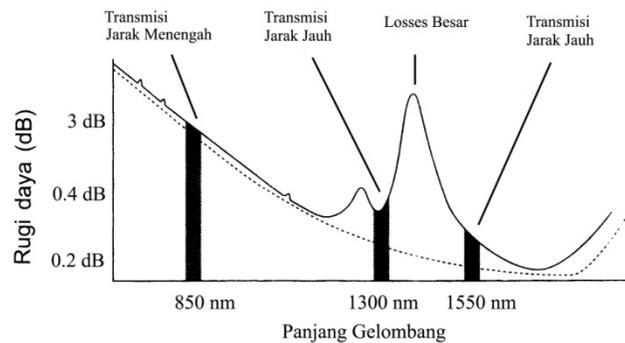
2.4. Pemilihan Frekuensi dan Panjang Gelombang Fiber Optik

Daya tarik utama fiber optik adalah kemungkinan melakukan transmisi dengan kecepatan yang jauh lebih tinggi. Solusi lama yang begitu diyakini keampuhannya untuk mendapatkan lebar *Bandwidth* yaitu dengan menggunakan frekuensi yang setinggi mungkin. Akan tetapi solusi ini mengakibatkan rugi daya yang besar setiap peningkatan nilai frekuensi. Kenaikan rugi-rugi daya akan naik faktor pangkat empat dari kenaikan frekuensi. Dengan kata lain jika kita meningkatkan nilai frekuensi sebesar dua kali lipat, maka rugi daya yang akan diderita oleh sinyal akan naik sebesar 24 atau 16 kalinya. Hal ini mengakibatkan jarak transmisi menjadi pendek.

Bandwidth yang tersedia dalam fiber optik pada dasarnya sudah sangat lebar, sehingga frekuensi yang digunakan relatif rendah, guna memperkecil rugi-rugi (losses) daya. Frekuensi rendah dapat dicapai dengan menggunakan warna merah dari cahaya tampak atau menggunakan spektrum inframerah untuk frekuensi yang lebih

rendah lagi. Cahaya inframerah meliputi kisaran panjang gelombang yang cukup lebar, oleh sebab itu banyak digunakan dalam transmisi fiber optik. Cahaya tampak biasanya digunakan hanya dalam transmisi jarak dekat dengan fiber optik dari bahan plastik atau untuk tujuan-tujuan pengujian dan pemeriksaan, dimana kebocoran pada kabel fiber optik dapat terdeteksi dengan mudah.

Penentuan panjang gelombang dalam transmisi fiber optik juga perlu diperhatikan untuk mengurangi rugi-rugi daya. Tidak semua panjang gelombang dalam transmisi fiber optik dapat digunakan. Misalnya pada panjang gelombang 1380nm, rugi-rugi daya terlalu besar hal ini disebabkan oleh molekul-molekul air dalam bahan kaca. Air dalam bentuk ion-ion hidroksil menyerap energi dari sinyal-sinyal yang ditransmisikan. Pada transmisi fiber optik biasanya menggunakan panjang gelombang 1300 dan 1550, dengan pertimbangan bahwa pada kedua panjang gelombang tersebut memiliki rugi-rugi daya yang relatif lebih kecil dari semua panjang gelombang yang ada, dan umumnya kedua panjang gelombang tersebut digunakan pada transmisi jarak jauh. Pada transmisi jarak dekat dan menengah biasanya menggunakan panjang gelombang yang lebih pendek misalnya 850nm. Rugi daya pada gelombang pendek lebih besar, tetapi pada gelombang pendek ini biaya lebih murah dan lebih mudah untuk dipasang dan dirawat.



Gambar 2.6 Panjang gelombang pada fiber optik

2.5. 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 dioda laser yang paling banyak digunakan adalah diode laser injeksi atau *injection laser diode* (ILD). Laser menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang tetap yang dapat berada didalam wilayah cahaya tampak, yaitu sekitar 635nm. 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*)

Diode PIN adalah peralatan yang paling populer untuk mengkonfersi cahaya yang diterima menjadi sinyal elektrik. Diode PIN menggunakan 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 diode 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. Namun demikian kerugiannya cenderung lebih besar dari manfaatnya, yaitu derau yang tinggi, biaya yang lebih mahal, tegangan operasi yang relatif tinggi dan rugi daya yang besar seiring naiknya temperatur.

2.6. Transmisi Pada Fiber Optik

Suatu data/informasi yang akan dikirim (*transmisi*) dan diterima (*receive*) melalui media fiber optik berupa cahaya. Cahaya dalam kabel fiber optik merambat melewati inti dengan pantulan (memantul dari dinding pembungkus) yang tetap. Prinsip ini disebut *total pantulan internal*. Karena pembungkus tidak menyerap cahaya dari inti maka cahaya dapat melintasi jarak yang sangat jauh. Walaupun begitu ada beberapa cahaya yang mengalami kerugian (*loss*) ketika merambat dalam fiber tersebut. Hal itu disebabkan karena pengotoran atau ketidak-murnian kaca.

Besarnya kerugian cahaya tergantung kemurnian kaca dan panjang gelombang cahaya yang ditransmisikan.

Media transmisi fiber optik secara umum terdapat tiga komponen utama, yaitu:

1. Transmitter.

Transmitter mengubah input sinyal listrik kedalam modulasi cahaya untuk transmisi pada fiber optik. Bergantung pada ke-alamian sinyal, hasil cahaya termodulasi mungkin berjalan *on-off* atau linier dengan intensitas bervariasi. Peralatan yang paling umum digunakan sebagai sumber cahaya *transmitter* adalah *Light Emitting Diode* (LED) dan *Laser Diode* (LD). LED dan LD beroperasi pada sinar infra merah spektrum elektromagnet. Pemilihan operasi panjang gelombang diperlukan agar cocok dengan kerugian panjang gelombang transmisi terpendek serat kaca dan jangkauan sensitivitas yang tinggi dari fotodioda. Seluruh kecepatan ditentukan oleh rangkaian dan kecepatan bawaan (*inheren*) LED atau LD.

Transmitter terbagi atas dua bagian utama, yaitu:

- a. Rangkaian elektrik yang berfungsi untuk 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 optik berfungsi mengambil sinyal cahaya digital yang masuk, menguraikannya dan mengirim sinyal listrik ke komputer lain, TV (Televisi) atau telepon, *receiver* menggunakan fotosel fotodioda untuk mendeteksi cahaya. Pada dasarnya *receiver* optik mengubah modulasi cahaya yang datang dari fiber optik kembali ke bentuk asalnya, detektor modulasi cahaya ini biasanya berupa sebuah diodefoto PIN yang lain atau tipe *avalanche* (bandangan), detektor ini dipuncakkan di konektor. Diodafoto biasanya mempunyai sensitivitas yang besar untuk mendeteksi area pada diameter beratur-ratus micron. Hal ini mengurangi kebutuhan akan tindakan pencegahan khusus pada pusat fiber dalam konektor penerima dan membuat penyetaraan sedikit lebih kritis dari *transmitter*. *Receiver* didesain bersama dengan *transmitter*, keduanya merupakan modul didalam kemasan yang sama. Jantung *receiver* adalah kemampuan merasakan keluaran cahaya kabel serat optik. Cahaya dideteksi dan kemudian diubah menjadi sinyal listrik. Proses keputusan demodulasi dibawa pada penghasilan sinyal listrik, sedang deteksi cahaya dibawa oleh fotodioda. Fotodioda mendeteksi cahaya dan mengubahnya kedalam arus listrik. Meskipun begitu, sinyal optik dari kabel fiber optik dan penghasilan sinyal listrik akan memiliki amplitude kecil. Konsekuensinya, rangkaian listrik foto diode harus diikuti satu atau lebih

tingkat penguatan. Semua aktifitas rangkaian listrik dalam *receiver* menghadirkan *noise* (derau).

Receiver terbagi atas dua bagian utama, yaitu:

- a. Detektor penerima yang berfungsi untuk menangkap cahaya yang berupa gelombang optik pembawa informasi, dapat berupa *PIN diode* atau *APD (Avalanche Photo Diode)* pemilihannya tergantung keperluan sistem transmisi.
- b. Rangkaian elektrik berfungsi untuk mengkonversi cahaya pembawa informasi terhadap data yang dibawa dengan melakukan regenerasi berupa sinyal digital.

2.7 Transmisi Sinyal

Transmisi sinyal pada fiber optik ada dua jenis, yaitu :

a) Transmisi sinyal analog

Sistem transmisi analog adalah yang mentransmisikan sinyal-sinyal analog— yaitu *time signal* yang berada pada nilai kontinu pada *interval* waktu yang terdefiniskan.

Sinyal informasi yang datang baik itu berupa pembicaraan (suara), musik, video (gambar) , dan sebagainya, digunakan untuk mengontrol keluaran daya dari LED (*Light Emitting Diode*) ataupun LD (*Laser Diode*). Keluaran cahayanya semirip mungkin merupakan replika yang sesungguhnya dari

variasi – variasi listrik pada masukan. Diujung akhir fiber, penerima mengkonversikan cahaya tersebut kembali ke sinyal listrik yang diharapkan sama dengan sinyal listrik aslinya.

b) Transmisi digital

Transmisi adalah proses pengangkutan informasi dari satu titik ke titik lain di dalam suatu jaringan, jarak antar titik bisa sangat jauh. Bisa ada banyak elemen jaringan yang terhubung, elemen-elemen tersebut dihubungkan oleh koneksi yang disediakan oleh sistem transmisi. Dalam sistem digital, sinyal informasi direpresentasikan sebagai urutan-urutan tingkatan *ON/OFF*.

2.8 Modulasi

Modulasi adalah suatu proses penumpangan sinyal-sinyal informasi kedalam sinyal pembawa (*carrier*), sehingga dapat ditransmisikan ke tujuan. Pada modulasi fiber optik, cahaya merupakan media penghantar bagi data informasi yang akan dikirim. 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 modulasi konvensional, modulasi cahaya memiliki keunggulan dalam hal ketahanan terhadap derau yang sangat tinggi karena sinyal tidak dipengaruhi medan elektromagnetik.

2.8.1 Modulasi pulsa

Modulasi pulsa adalah sebuah sistem analog, meskipun sampel-sampel (contoh) yang bernilai fariik dari sinyal analog yang kontinyu telah digunakan dalam proses modulasinya. Pada modulasi pulsa, pembawa informasi berupa deretan pulsa-pulsa. Pembawa yang berupa pulsa-pulsa ini kemudian dimodulasi oleh sinyal informasi sehingga parameternya berubah sesuai dengan besarnya amplitude sinyal pemodulasi (sinyal informasi).

Jenis-jenis modulasi pulsa antara lain :

1. PAM (*Pulse Amplitude Modulation*)

Dalam *pulse amplitude modulation* (PAM) amplitudo-amplitudo bervariasi sesuai dengan sinyal informasinya. Modulasi amplitudo pulsa dicapai dengan hanya dengan mengalikan sinyal *carrier* dengan sinyal informasi. Keluarannya merupakan rangkaian pulsa yang amplitudonya berbeda-beda sesuai dengan sinyal informasi. Secara sederhana dalam sistem *pulse amplitude modulation* (PAM) tidak semua sinyal ditransmisikan, tapi hanya sample/cuplikan sinyal yang diambil dalam interval waktu tertentu.

2. PCM (*Pulse Code Modulation*)

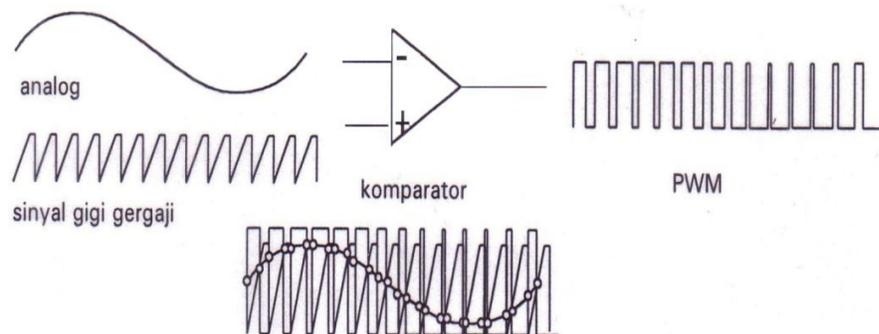
Pulse Code Modulation merupakan salah satu proses pengubahan sinyal analog menjadi sinyal pulsa digital. Dalam implementasinya beberapa sinyal

analog dapat dilakukan multipleksing, yaitu menggabungkan beberapa sinyal menjadi satu deretan sehingga dapat dikirimkan secara serentak.

3. PWM (*Pulse Width Modulation*)

Modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) ialah lebar pulsa pembawa diubah-ubah sesuai dengan besarnya tegangan sinyal pemodulasi. Semakin besar tegangan sinyal pemodulasi (informasi) maka semakin lebar pulsa-pulsa yang dihasilkan. Modulasi PWM juga dikenal sebagai *Pulse Duration Modulation* (PDM).

Jarak antar pulsa berubah-ubah sesuai dengan perubahan frekuensi sinyal pembawa. Teknik modulasi ini mengontrol variasi siklus dari gelombang persegi (dengan beberapa frekuensi dasar) sesuai dengan input sinyal modulasi. Variasi amplitudo pada sinyal modulasi mewakili saat posisi aktif pada variasi periode gelombang persegi. Oleh karena itu, cara ini disebut juga sebagai teknik pengkonversi dari V (tegangan) ke T (waktu).

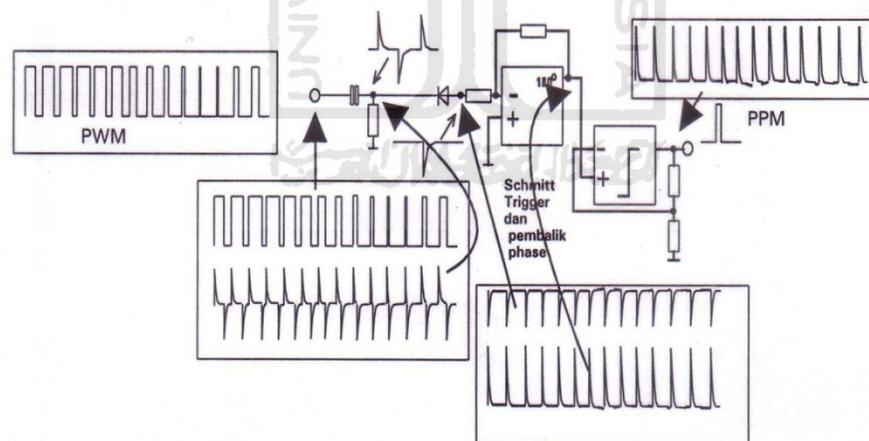


2.7 Gambar sinyal PWM

4. PPM (*Pulse Position Modulation*)

PPM (*Pulse Position Modulation*) merupakan bentuk modulasi pulsa yang mengubah-ubah posisi pulsa (dari posisi tak termodulasinya) sesuai dengan besarnya tegangan sinyal pemodulasi. Semakin besar tegangan sinyal pemodulasi (informasi) maka posisi pulsa PPM (*Pulse Position Modulation*) menjadi semakin jauh dari posisi pulsa tak termodulasinya.

Merubah skala waktu sesuai dengan variasi input sinyal modulasi amplitudo, sehingga lebar pulsa sinyal termodulasi sebagai masukan. Sehingga akhirnya akan didapatkan pulsa di output yang bergeser pada slot waktu.



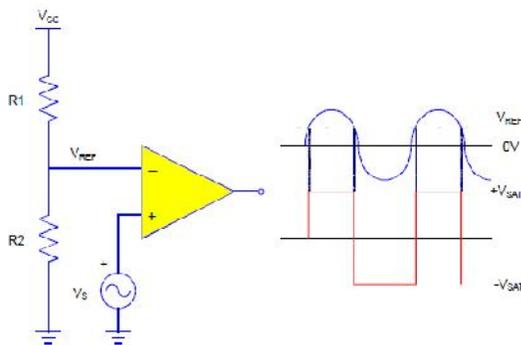
2.8 Gambar sinyal PPM

2.9 Demodulasi

Demodulasi ialah teknik rekonstruksi ulang sinyal yang termodulasi ke bentuk asal. Proses merupakan kebalikan daripada teknik modulasi. Pada demodulasi sinyal yang termodulasi akan diterima oleh sebuah penerima, yang disebut detektor. Detektor inilah yang kemudian bertugas untuk mendeteksi sinyal yang dikirimkan (termodulasi) untuk selanjutnya di demodulasi. Proses demodulasi yang dilakukan haruslah sama dengan modulasi yang digunakan, semisal jika sinyal termodulasi merupakan sinyal dengan teknik pulsa, maka demodulasi menggunakan demodulasi digital. Setelah proses demodulasi terlaksana, maka informasi yang ditumpangkan kedalam sinyal gelombang pembawa akan dapat diterima.

2.10 Komparator

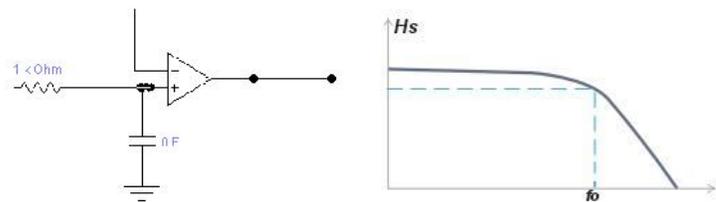
Salah satu aplikasi op-amp dengan memanfaatkan gain/penguatannya yang sangat besar adalah untuk mengetahui apakah suatu sinyal berada diatas atau dibawah suatu nilai tertentu. Dengan open loop gain sebesar 200000, input 65uV saja dapat menyebabkan output +13 V ketika dioperasikan dengan tegangan +15V. Op-amp yang digunakan untuk membandingkan sinyal pada kedua inputnya disebut dengan komparator. Untai dasar op-amp adalah sebagai berikut.



Gambar 2.9 Blok untai komparator

2.11 Low Pass Filter

Filter dapat dibuat juga dengan rangkaian RLC. Rangkaian RLC yang kompleks mampu membuat respon yang datar. Rangkaian ini biasanya dipakai dalam rangkaian komunikasi frekuensi tinggi. Untuk frekuensi yang rendah, sebagai contoh audio, ukuran induktor akan menjadi sangat besar sekali. Untuk mengatasi masalah ini maka digunakan *filter* aktif dengan menggunakan op-amp. Op-amp dapat digunakan untuk membuat semua jenis *filter* tersebut tanpa menggunakan induktor. Terdapat berbagai macam desain *filter* yang dapat dibuat dengan menggunakan operasional amplifier (op amp). Desain yang paling umum digunakan adalah *filter Sallen and Key* atau biasa disebut dengan VCVS (*voltage-controlled voltage source*). Dengan *filter* dasar ini dapat dibuat tiga jenis *filter* (*Butterworth, Chebyshev dan Bessel*) dengan hanya mengganti nilai komponen resistor dan kapasitornya.



Gambar 2.10 Rangkaian dasar dan respon dari *low pass filter*

2.11.1 Active Low Pass Filter

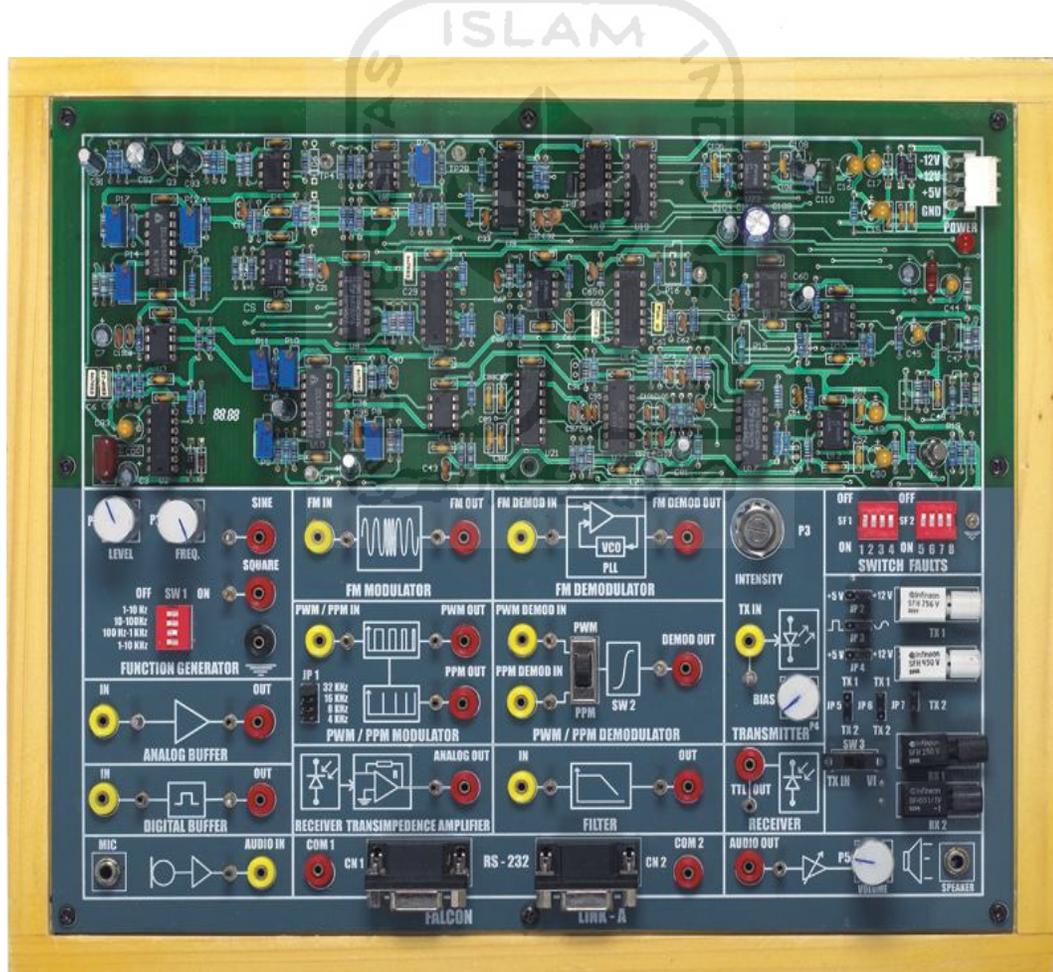
aktif. *Low pass filter* adalah sebuah rangkaian yang tegangan keluarannya tetap dari dc naik sampai ke suatu frekuensi *cutoff* (f_c), bersama naiknya frekuensi maka tegangan keluarannya diperlemah. Jangkauan frekuensi yang diloloskan dikenal sebagai *pass band*, jangkauan frekuensi yang diperlemah disebut sebagai *stop band*. Kemiringan yang terjadi pada suatu *low pass filter* terjadi karena meningkatnya frekuensi terhadap f_c . Namun karena *filter* biasanya tidak efisien, maka pada kurva tanggapannya cenderung terjadi peluruhan atau pelonjakan diikuti peluruhan kembali. kemiringan -20 dB/decade berarti bahwa bila frekuensi meningkat sepuluh kali f_c , tegangan keluaran akan berkurang 20 dB, *filter* yang baik ialah semakin besar rugi – rugi dB/decade , maka akan semakin terjal kemiringannya sebab nilai nya mencerminkan batas penyumbatan *filter* yang lebih tajam.

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

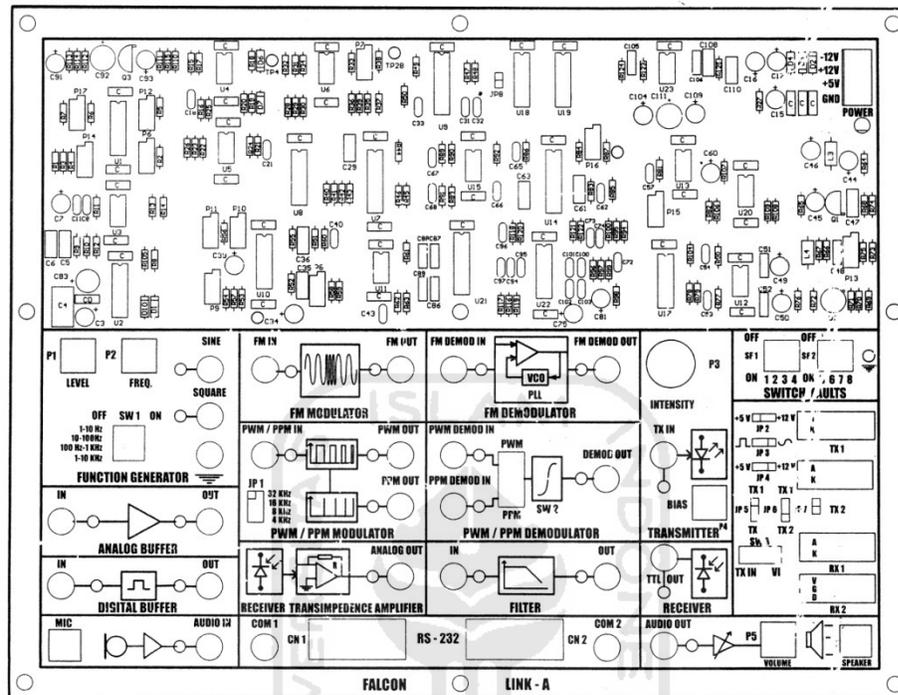
3.1. Modul Yang Digunakan

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



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

3.2. Blok Komponen



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

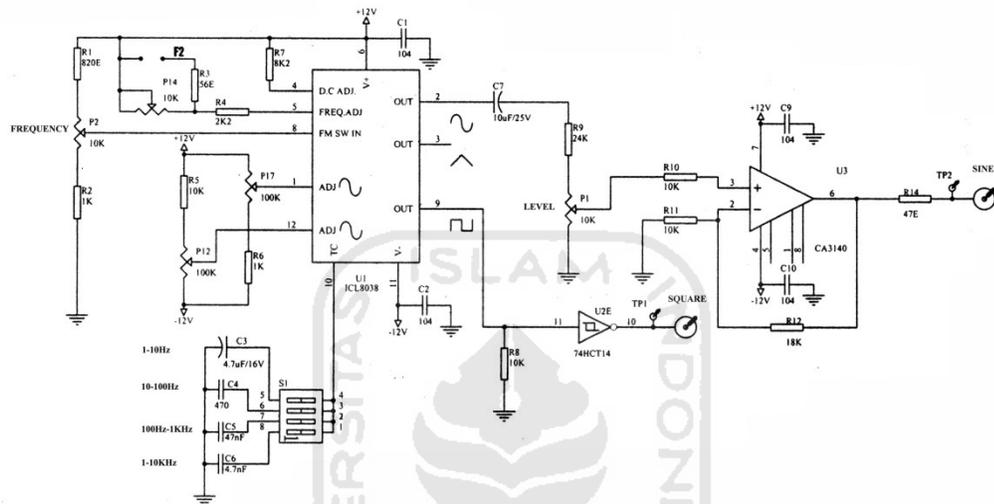
Trainer Kit

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 menggunakan 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*

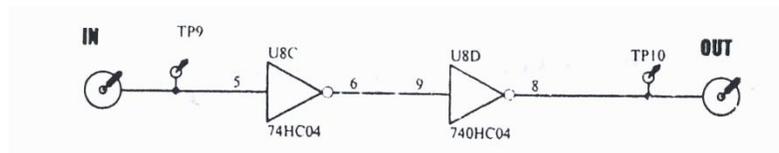
2. *Transmitter*

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

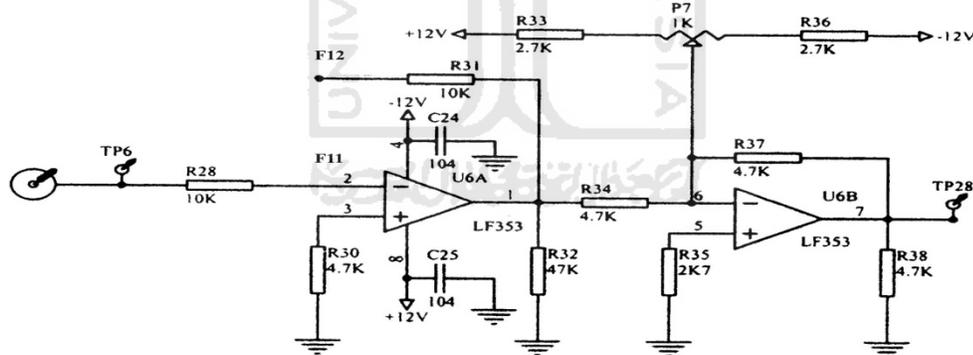
sebagai penguat sinyal masukan yang dihasilkan oleh *function generator* untuk mendapatkan sinyal seperti bentuk aslinya. IC 74HC04 digunakan dalam komponen *digital buffer* ini.



Gambar 3.4 *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.

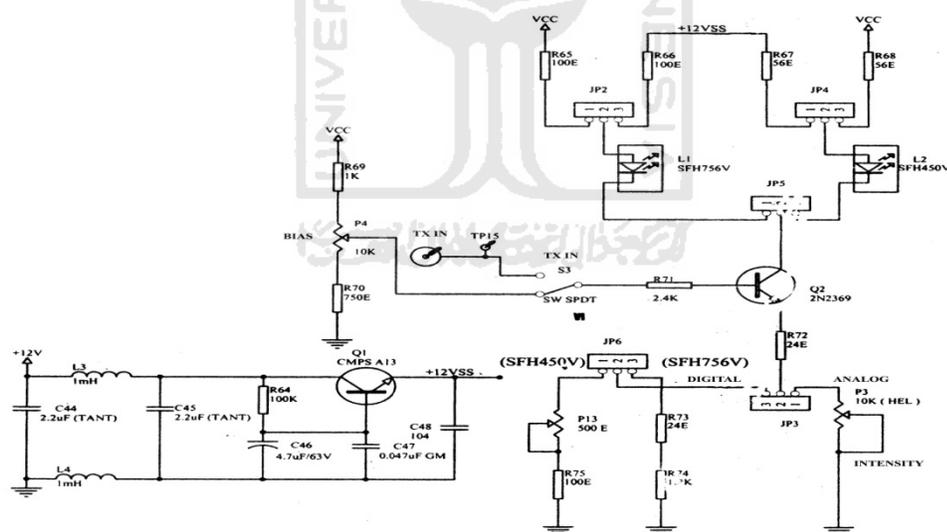


Gambar 3.5 *Driver*

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*. 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 551V 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.



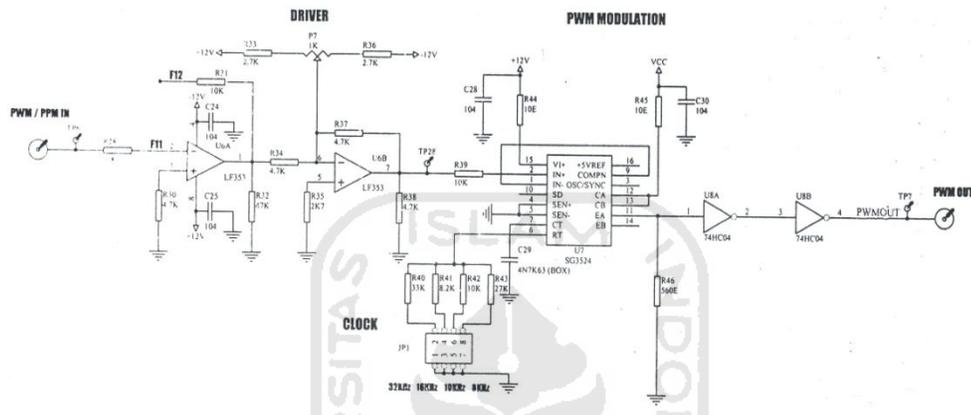
Gambar 3.6 *Transmitter*

3. *Pulse width modulation* (PWM)

Berfungsi untuk mengubah modulasi dari sinyal analog menjadi pulsa-pulsa.

Pada modulasi *Pulse width modulation* (PWM) ini mengontrol dari variasi pada

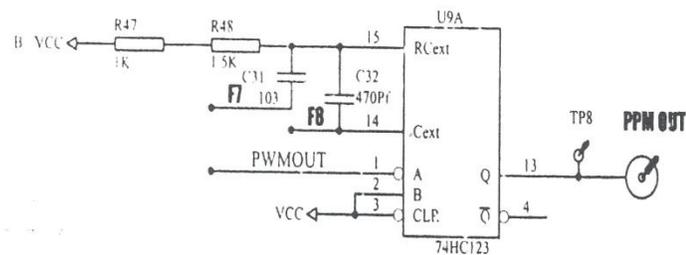
duty cycle dari gelombang kotak tersebut yang mengacu pada sinyal pemodulasi. Pada blok PWM ini menggunakan IC LF353, IC SG 3524, dan sebagai keluarannya menggunakan IC 74HC04. Pada IC SG 3524 berfungsi untuk meregulasi modulasi PWM ini, sehingga frekuensi akan menjadi lebih sempurna.



Gambar 3.7 PWM Modulator

4. Pulse position modulation (PPM)

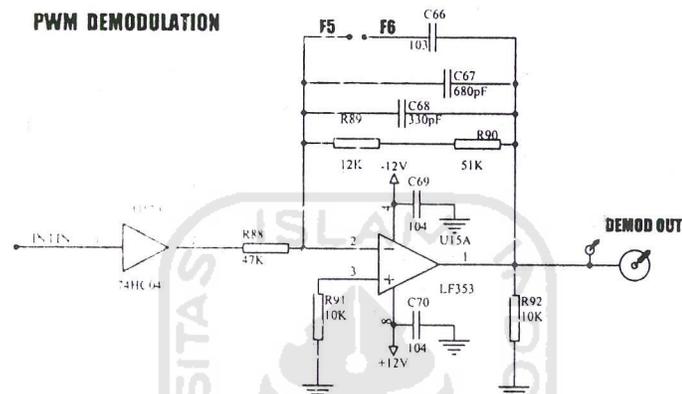
Pulse position modulation berfungsi untuk mengubah pulsa TTL pada skala waktu yang mengacu pada variasi modulasi sinyal amplitudo. Blok rangkaian PPM ini menggunakan IC CMOS 74HC123, berfungsi sebagai *monostable multivibrator*.



Gambar 3.8 PPM Modulator

5. Pulse Width Demodulation

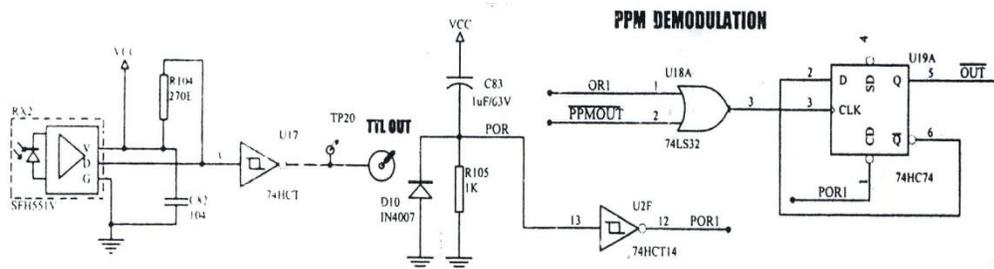
Berfungsi untuk mengubah sinyal informasi yang telah dimodulasi kembali menjadi sinyal aslinya. Pada rangkaian ini menggunakan IC LF353, yang mana IC ini berfungsi sebagai integrator.



Gambar 3.9 Pulse Width Demodulation

6. Pulse Position Demodulation

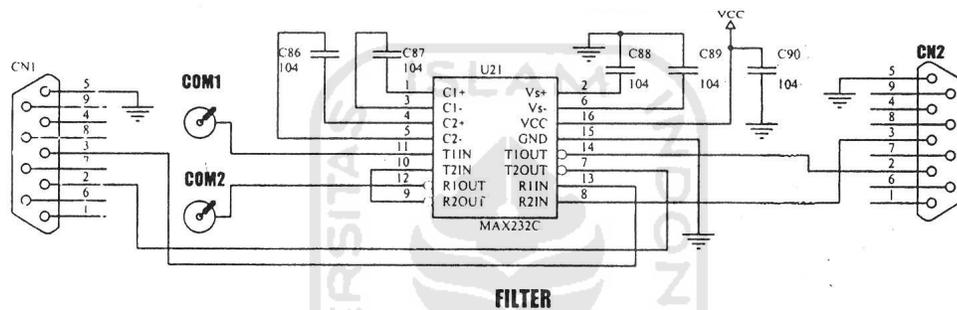
Berfungsi untuk mengubah sinyal informasi yang telah dimodulasi kembali menjadi sinyal aslinya. Pada rangkaian ini menggunakan IC 74LS32 dan IC 74HC74.



Gambar 3.10 Pulse Position Demodulation

7. Filter

Berfungsi menyempurnakan sinyal informasi yang telah dimodulasi menjadi sinyal murni. Rangkaian *filter* ini menggunakan rangkaian *Low pass filter* yang memakai IC LM324. Pada *filter* ini noise yang terbawa oleh sinyal informasi akan dihilangkan, sehingga sinyal informasi yang dibawa kembali menjadi sinyal murni pada saat akan dikirim, maka sinyal *input* akan sama dengan sinyal *output*.



Gambar 3.11 Filter

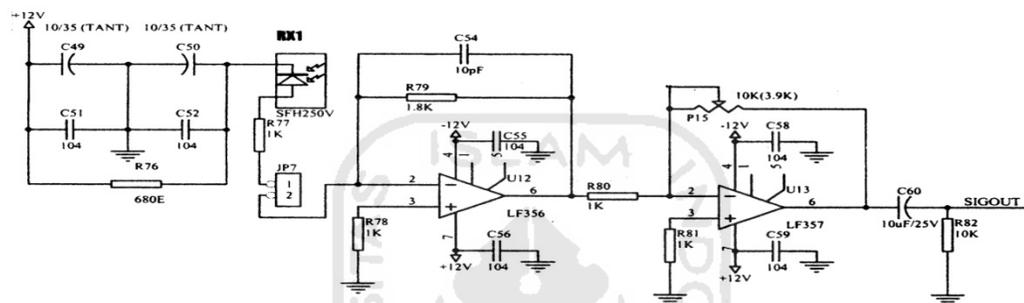
8. Kabel Fiber Optik

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. Kabel fiber optik yang digunakan adalah fiber optik plastik jenis *multimode step indeks*.

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.

9. Transimpedance Amplifier

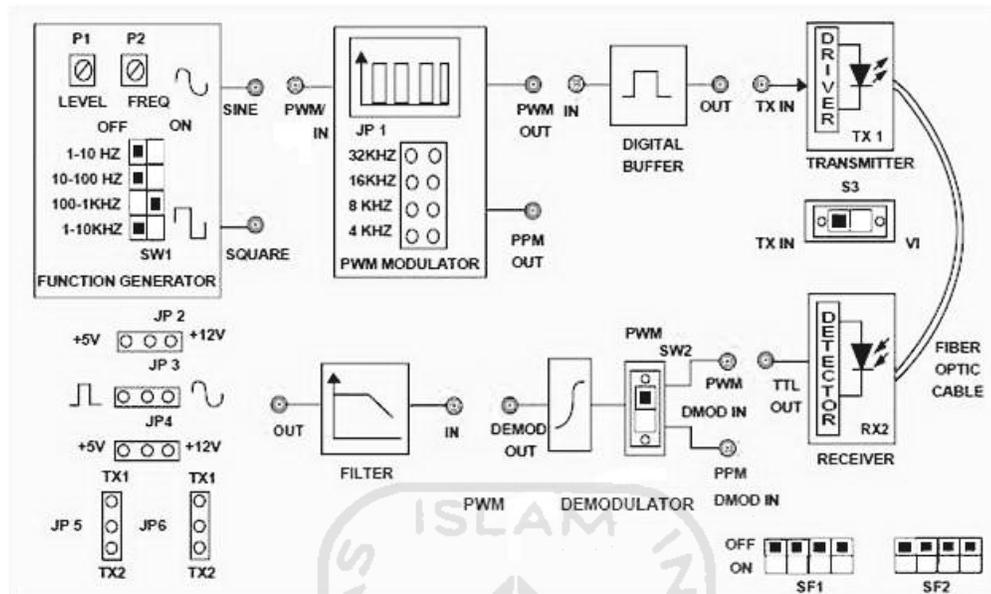
Diode PIN biasanya memiliki respons yang rendah, maka dibutuhkan penguat *transimpedance*. Penguat *transimpedance* berfungsi mengubah arus balik dari *Diode PIN*, kemudian arus ini diperkuat menjadi duplikasi sinyal listrik agar sesuai dengan sinyal informasi.



Gambar 3.12 Transimpedance Amplifier

3.3 Modulasi PWM (*Pulse width modulation*) Pada Wavelength 660nm dan 950nm.

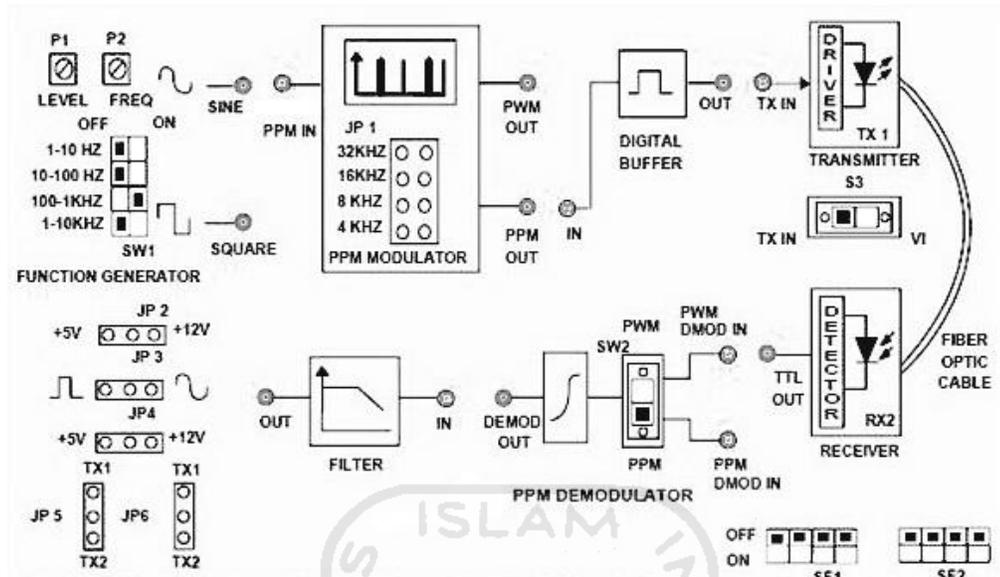
Pengamatan pada modulasi dan demodulasi PWM (*Pulse width modulation*) ini berisi tentang pengamatan pada gelombang masukan (*input*) dan gelombang keluaran (*output*) pada perangkat modulator dan demodulator terhadap *carrier signal* (sinyal *input*) pada *wavelength* 660 nm dan 950 nm.



Gambar 3.13 modulasi dan demodulasi PWM (*Pulse width modulation*)

3.4 Modulasi PPM (*Pulse position modulation*) Pada Wavelength 660nm dan 950nm.

Pengamatan pada modulasi dan demodulasi PPM (*Pulse position modulation*) ini berisi tentang pengamatan pada gelombang masukan (*input*) dan gelombang keluaran (*output*) pada perangkat modulator dan demodulator terhadap *carrier signal* (sinyal *input*) pada *wavelength* 660 nm dan 950 nm.



Gambar 3.14 modulasi dan demodulasi PPM (*Pulse Position Modulation*)

3.5 Respon Filter

Pengamatan pada *filter* ini berisi tentang pengamatan pada gelombang *input* (masuk) dan *output* keluaran pada demodulasi PWM (*Pulse width modulation*) dan PPM (*Pulse position modulation*).serta menganalisis fungsi dari sebuah *filter* pada modul yang digunakan.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini pengamatan dan pengukuran dilakukan untuk mendapatkan informasi *digital fiber optik multimode jenis step indeks*. Pengamatan dan pengukuran meliputi :

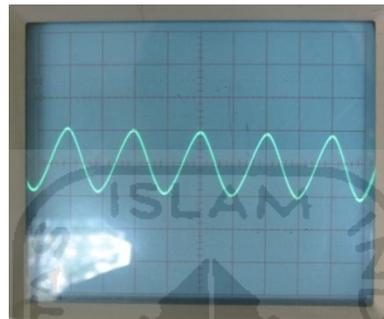
1. Analisis karakteristik modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) pada *wavelength* 660nm dan 950 nm.
2. Analisis karakteristik modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) pada *wavelength* 660 nm dan 950nm.
3. Respon *filter*.

4.1 Analisis Karakteristik Modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) Pada *Wavelength* 660 nm dan 950nm.

Pengamatan ini berisi tentang analisa karakteristik sinyal keluaran dari modulasi dan demodulasi pada *carrier signal* (sinyal *input*) dan *received signal* (sinyal *output*) dengan menggunakan metode modulasi dan demodulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk *wavelength* 660 nm dan 950 nm.

Gelombang yang diberikan pada gelombang *input* berupa gelombang sinus, yang dibangkitkan oleh *function generator*. Gelombang ini memiliki frekuensi sebesar 1

KHz dengan level 2 Vp-p. Gelombang sinus ini mewakili sebuah data yang akan dikirim melalui media *fiber* optik. Pada gambar 4.1 adalah bentuk *signal carrier* (sinyal masukan) yang dibangkitkan oleh *function generator* sebesar 1 KHz dengan level 2 Vp-p.



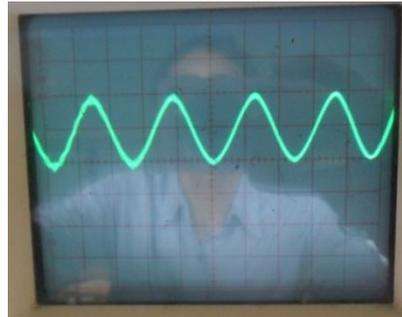
Gambar 4.1 *Carrier signal* (sinyal masukan)

Carrier signal (sinyal masukan) ini mewakili suatu data yang akan dikirim dan kemudian dimodulasi dengan menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*). Pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) sinyal yang didapat berupa sinyal sinus. Modulator pwm akan mengkonversi sinyal yang diterima dari *function generator*, hal ini dikarenakan sinyal yang dibangkitkan oleh *function generator* berupa sinyal sinus (*analog*). Teknik modulasi dari PWM ini adalah suatu teknik modulasi yang mengontrol variasi pada *duty cycle* dari sebuah gelombang kotak.

1. Karakteristik pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*).

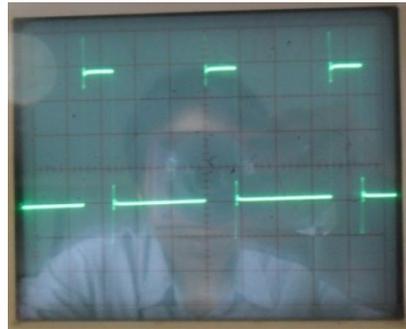
- a) Bentuk gelombang *input* pada modulator PWM dengan *wavelength* 660nm :
 Pada gelombang *input* dari modulator PWM (*Pulse Width Modulation*) dibangkitkan oleh *function generator* yang memiliki besar frekuensi sebesar

1 KHz. Frekuensi ini mewakili dari sebuah data yang akan dikirim. Bentuk gelombang yang dibangkitkan berupa gelombang sinus.



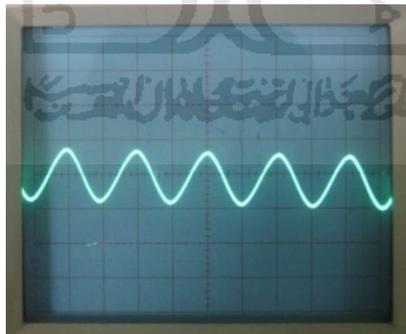
Gambar 4.2 Bentuk gelombang *input* pada modulator PWM dengan *wavelength* 660nm

- b) Bentuk gelombang *output* pada modulator PWM dengan *wavelength* 660nm
- Modulator PWM (*Pulse Width Modulation*) berfungsi untuk mengubah suatu gelombang masukan (*input*) yang berupa gelombang sinus menjadi gelombang kotak. Besarnya lebar pada gelombang kotak tersebut mewakili suatu frekuensi dari gelombang informasi yang dikirim. Perubahan dari suatu gelombang dari sinus menjadi kotak dimodulasi oleh IC LF353 dan IC SG 3524 pada *input* dari modulator. Pada *output* dari modulator tersebut menggunakan IC 74HC04. Pada IC SG3524 berfungsi untuk meregulasi gelombang yang dimodulasi, sehingga gelombang menjadi lebih sempurna.



Gambar 4.3 Bentuk gelombang *output* pada modulator PWM dengan *wavelength* 660nm

- c) Bentuk gelombang *input* pada modulator PWM dengan *wavelength* 950nm :
 Bentuk gelombang masukan (*input*) pada *wavelength* 950 nm lebih kecil dibandingkan dengan gelombang pada *wavelength* 660 nm. Besarnya gelombang akan mempengaruhi dari besarnya *bandwidth* pada media *fiber* optik tersebut.



Gambar 4.4 Bentuk gelombang *input* pada modulator PWM dengan *wavelength* 950nm

- d) Bentuk gelombang *output* pada modulator PWM dengan *wavelength* 950nm:

Gelombang pada *wavelength* 950 memiliki besar hampir sama dengan gelombang pada *wavelength* 660 nm, tetapi *noise* yang dihasilkan pada *wavelength* 950 nm lebih besar dibandingkan dengan *wavelength* 660 nm.



Gambar 4.5 Bentuk gelombang *output* pada modulator PWM dengan *wavelength* 950nm

Berdasarkan pengamatan, pengukuran, perhitungan, dan spesifikasi dari peralatan yang digunakan maka sinyal keluaran dari modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) pada *wavelength* 660 nm adalah sebagai berikut :

1. Level amplitudo pada modulator. PWM (*Pulse Width Modulation*)

Berdasarkan pengukuran sinyal keluaran pada modulator PWM (*Pulse Width Modulation*) pada panjang gelombang 660nm memiliki amplitudo 2 volt dan frekuensi 1 KHz.

2. *Optical source*

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

3. *Optical detector*

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

4. Bentuk gelombang

Bentuk gelombang masukan berupa gelombang sinus dan gelombang yang dihasilkan oleh modulator pada keluarannya adalah berupa gelombang kotak (*square*).

5. Frekuensi pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*)

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

$$\text{Frekuensi} = \frac{V}{\lambda} \quad (4.1)$$

dimana V merupakan kecepatan cahaya didalam ruang hampa dan λ merupakan panjang gelombang yang digunakan.

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi} &= \frac{3 * 10^8}{660 * 10^{-9}} \\ &= 4.55 * 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

Sehingga diketahui *fiber* optik yang digunakan memiliki memiliki frekuensi sebesar $4.55 * 10^{14}$ Hz.

6. *Bandwidth* sistem pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*)

Berdasarkan spesifikasi dari peralatan yang digunakan bandwidth sistem dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Bandwidth} = \frac{0.35}{t_{r \text{ sys}}} \quad (4.2)$$

dimana $t_{r \text{ sys}}$ merupakan waktu naik (*rise time*) dari sistem yang digunakan. Untuk menentukan $t_{r \text{ sys}}$ menggunakan persamaan berikut:

$$t_{r \text{ sys}} = \sqrt{(t_{r \text{ TX}})^2 + (t_{r \text{ RX}})^2 + (t_{r \text{ fiber}})^2} \quad (4.3)$$

dimana $t_{r \text{ TX}}$ merupakan waktu naik *optical source*, $t_{r \text{ RX}}$ merupakan waktu naik *optical detector*, dan $t_{r \text{ fiber}}$ merupakan waktu naik dari kabel *fiber* optik.

Waktu naik dari *fiber* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$t_{r \text{ fiber}} = \frac{0.35}{\text{bandwidth fiber}} \quad (4.4)$$

Dari spesifikasi peralatan yang digunakan diperoleh informasi bahwa *bandwidth* kabel *fiber* sebesar 500 KHz * Km, waktu naik *optical source* sebesar 0.1 μ s dan waktu naik *optical detector* sebesar 100 ns. Berdasarkan informasi tersebut dapat ditentukan:

$$\begin{aligned} t_{r \text{ fiber}} &= \frac{0,35}{500 * 10^6} \\ &= 7 * 10^{-10} \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{r \text{ sys}} &= \sqrt{(0,1 * 10^{-6})^2 + (100 * 10^{-9})^2 + (7 * 10^{-10})^2} \\ &= \sqrt{2 * 10^{-14}} \end{aligned}$$

$$= 1,4 * 10^{-7} \text{detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Bandwidth sistem} &= \frac{0,35}{1,4 * 10^{-7}} \\ &= 2,5 * 10^6 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Sehingga diketahui sistem pada panjang gelombang 660nm memiliki *bandwidth* sebesar 2,5 MHz.

7. Dispersi

Berdasarkan spesifikasi peralatan yang digunakan maka besarnya dispersi dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_s = \frac{n_1(n_1 - n_2)L}{(n_1 - C)} \quad (4.5)$$

dimana n_1 adalah index refraksi pada *core* (inti) dari sebuah kabel *fiber* optik , n_2 adalah indeks refraksi *cladding* (selubung kulit) pada kabel *fiber* optik, C adalah sebuah *velocity* cahaya yang memiliki nilai sebesar $3 * 10^8$ m/s, dan L adalah panjang gelombang dari *fiber* optik.

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{1,492 (1,492 - 1,406) * 660 * 10^{-9}}{1,406 - 3 * 10^8} \\ &= \frac{0,128312 * 660 * 10^{-9}}{1,59 * 10^8} \\ &= 5,3 * 10^{-18} \text{detik} \end{aligned}$$

sehingga besarnya dispersi yang dihasilkan adalah sebesar $5,3 * 10^{-18}$ detik

Berdasarkan pengamatan, pengukuran, perhitungan, dan spesifikasi dari peralatan yang digunakan maka sinyal keluaran dari modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) pada *wavelength* 950 nm adalah sebagai berikut :

1. Level amplitudo pada modulator. PWM (*Pulse Width Modulation*)

Berdasarkan pengukuran sinyal keluaran pada modulator PWM (*Pulse Width Modulation*) pada panjang gelombang 950nm memiliki amplitudo 1,8 volt dan frekuensi 1 KHz.

2. *Optical source*

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

3. *Optical detector*

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

4. Bentuk gelombang

Bentuk gelombang masukan berupa gelombang sinus dan gelombang yang dihasilkan oleh modulator pada keluarannya adalah berupa gelombang kotak (*square*).

5. Frekuensi pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*)

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

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

dimana V merupakan kecepatan cahaya didalam ruang hampa dan λ merupakan panjang gelombang yang digunakan.

$$\begin{aligned}\text{Frekuensi} &= \frac{3 * 10^8}{950 * 10^{-9}} \\ &= 3.16 * 10^{14} \text{ Hz}\end{aligned}$$

Sehingga diketahui *fiber* optik yang digunakan memiliki frekuensi sebesar $3,16 * 10^{14}$ Hz.

6. *Bandwidth* sistem pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*)

Berdasarkan spesifikasi dari peralatan yang digunakan *bandwidth* sistem dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Bandwidth} = \frac{0.35}{t_{r \text{ sys}}}$$

dimana $t_{r \text{ sys}}$ merupakan waktu naik (*rise time*) dari sistem yang digunakan. Untuk menentukan $t_{r \text{ sys}}$ menggunakan persamaan berikut:

$$t_{r \text{ sys}} = \sqrt{(t_{r \text{ TX}})^2 + (t_{r \text{ RX}})^2 + (t_{r \text{ fiber}})^2}$$

dimana $t_{r \text{ TX}}$ merupakan waktu naik *optical source*, $t_{r \text{ RX}}$ merupakan waktu naik *optical detector*, dan $t_{r \text{ fiber}}$ merupakan waktu naik dari kabel *fiber* optik. Waktu naik dari *fiber* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$t_{r \text{ fiber}} = \frac{0.35}{\text{bandwidth fiber}}$$

Dari spesifikasi peralatan yang digunakan diperoleh informasi bahwa *bandwidth* kabel *fiber* sebesar $500 \text{ KHz} * \text{Km}$, waktu naik *optical source* sebesar $1 \mu\text{s}$ dan

waktu naik *optical detector* sebesar 100 ns. Berdasarkan informasi tersebut dapat ditentukan:

$$t_{r \text{ fiber}} = \frac{0,35}{500 * 10^6}$$

$$= 7 * 10^{-10} \text{ detik}$$

$$t_{r \text{ sys}} = \sqrt{(1 * 10^{-6})^2 + (100 * 10^{-9})^2 + (7 * 10^{-10})^2}$$

$$= \sqrt{1,01 * 10^{-14}}$$

$$= 1 * 10^{-7} \text{ detik}$$

$$\text{Bandwidth sistem} = \frac{0,35}{1 * 10^{-6}}$$

$$= 0,35 * 10^6 \text{ Hz}$$

Sehingga diketahui sistem pada panjang gelombang 950nm memiliki *bandwidth* sebesar 0.35 MHz.

7. Dispersi

Berdasarkan spesifikasi peralatan yang digunakan maka besarnya dispersi dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_s = \frac{n_1(n_1 - n_2)L}{(n_1 - C)}$$

dimana n_1 adalah index refraksi pada *core* (inti) dari sebuah kabel *fiber* optik , n_2 adalah indeks refraksi *cladding* (selubung kulit) pada kabel *fiber* optik, C adalah sebuah *velocity* cahaya yang memiliki nilai sebesar $3 \cdot 10^8$ m/s, dan L adalah panjang gelombang dari *fiber* optik.

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{1,492 (1,492 - 1,406) * 950 * 10^{-9}}{1,406 - 3 * 10^8} \\ &= \frac{0,128312 * 950 * 10^{-9}}{1,59 * 10^8} \\ &= 7,66 * 10^{-18} \text{detik} \end{aligned}$$

sehingga besarnya dispersi yang dihasilkan adalah sebesar $7,66 * 10^{-18}$ detik.

Secara umum perbedaan antara sinyal keluaran pada panjang gelombang 660 nm dengan panjang gelombang 950 nm pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) disebabkan karena :

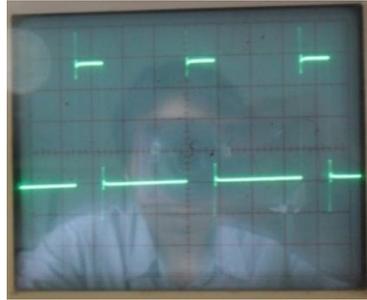
- Bentuk gelombang pada panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang 950, hal ini disebabkan karena amplitudo pada panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan pada panjang gelombang 950 nm
- Pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) antara *wavelength* 660 nm dan 950 nm terdapat perbedaan antara bentuk gelombang yang dihasilkan pada keluarannya, hal ini disebabkan karena pada panjang gelombang 660 nm memiliki frekuensi lebih besar dibanding pada panjang gelombang 950 nm.

- Bandwidth pada panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang 950 nm, Perbedaan ini menyebabkan lebar pita frekuensi yang dapat dimanfaatkan pada panjang gelombang 660nm lebih besar daripada pada panjang gelombang 950nm.
- Pada panjang gelombang 660 nm nilai dispersi lebih kecil dibandingkan dengan panjang gelombang 950 nm, hal ini disebabkan karena pengaruh dari panjang gelombang. Jika nilai dari panjang gelombang semakin besar maka nilai dispersinya pun akan semakin besar. Besarnya nilai dispersi pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) ini akan mengakibatkan lebar dari suatu pulsa akan semakin besar, jika nilai disperse besar maka pulsa akan semakin lebar. Untuk membuat nilai dispersi ini kecil maka dengan mengurangi dari nilai frekuensi, karena jika nilai dispersi ini semakin besar maka waktu delay pada *fiber* optik akan semakin tumpang tindih.

2. Karakteristik pada demodulasi PWM (*Pulse Width Modulation*).

1. Bentuk gelombang *input* pada demodulator PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan *wavelength* 660nm :

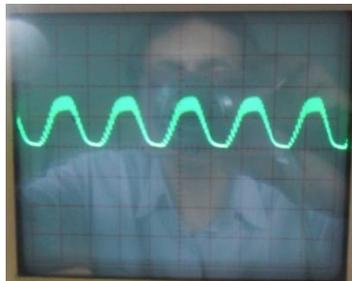
Bentuk gelombang *input* dari sebuah demodulator berbentuk gelombang kotak, yang merepresentasikan suatu sinyal data yang dikirim.



Gambar 4.6 Bentuk gelombang *input* pada demodulator PWM dengan *wavelength* 660nm

2. Bentuk gelombang *output* pada demodulator PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan *wavelength* 660nm :

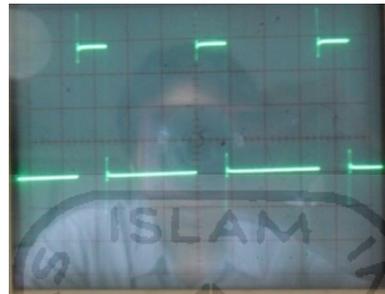
Bentuk gelombang keluaran dari sebuah demodulator adalah sebuah gelombang sinus, karena demodulator berfungsi untuk merubah gelombang *input* menjadi gelombang aslinya, yang dirubah pada rangkaian demodulator dengan menggunakan IC LF353. Pada gelombang keluaran dari demodulator ini masih terdapat beberapa *noise* yang mempengaruhi dari suatu data yang akan dikirim. Sehingga bentuk gelombang keluaran pada demodulator tidak murni berbentuk gelombang sinus.



Gambar 4.7 Bentuk gelombang *output* pada demodulator PWM dengan *wavelength* 660nm

3. Bentuk gelombang *input* pada demodulator PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan *wavelength* 950nm:

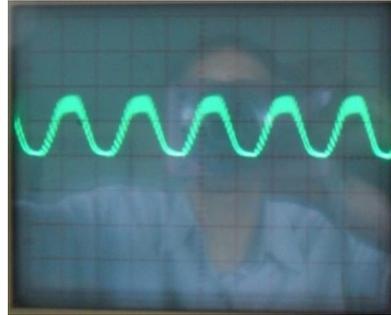
Bentuk gelombang *input* pada demodulator ini berbentuk sebuah gelombang kotak.



Gambar 4.8 Bentuk gelombang *input* pada demodulator PWM dengan *wavelength* 950nm

4. Bentuk gelombang *output* pada demodulator PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan *wavelength* 950nm :

Pada gelombang keluaran (*output*) dari suatu demodulator adalah berupa gelombang asli yang belum dimodulasi, atau dalam hal ini adalah berbentuk sebuah gelombang sinus. Kemurnian dari gelombang *output* ini masih terdapat *noise*, sehingga bentuk gelombang yang dihasilkan pada *output* (keluaran) tidak semurni gelombang aslinya.



Gambar 4.9 Bentuk gelombang *output* pada demodulator PWM dengan *wavelength* 950nm

Berdasarkan pengamatan, pengukuran, dan spesifikasi dari peralatan yang digunakan maka karakteristik sinyal keluaran dari demodulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) pada *wavelength* 660 nm adalah sebagai berikut :

1. Bentuk gelombang

Bentuk gelombang masukan (*input*) pada demodulasi berupa gelombang kotak (*square*), dengan gelombang keluaran (*output*) berupa gelombang sinus.

2. *Level amplitude*

Besarnya level amplitudo pada panjang gelombang 660 nm sebesar 2 V pada frekuensi sebesar 1 KHz.

3. *Frekuensi* pada demodulasi PWM (*Pulse Width Modulation*)

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

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

dimana V merupakan kecepatan cahaya didalam ruang hampa dan λ merupakan panjang gelombang yang digunakan.

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi} &= \frac{3 * 10^8}{660 * 10^{-9}} \\ &= 4.55 * 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

Sehingga diketahui *fiber* optik yang digunakan memiliki memiliki frekuensi sebesar $4.55 * 10^{14}$ Hz.

4. *output power* (daya keluaran)

Pada panjang gelombang 660 nm memiliki *output power* (daya keluaran) sebesar 200 μ W.

Berdasarkan pengamatan, pengukuran, perhitungan, dan spesifikasi dari peralatan yang digunakan maka sinyal keluaran dari demodulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) pada *wavelength* 950 nm adalah sebagai berikut :

1. Bentuk gelombang

Bentuk gelombang masukan (*input*) pada demodulasi berupa gelombang kotak (*square*), dengan gelombang keuaran (*output*) berupa gelombang sinus.

2. *Level amplitude*

Besarnya level amplitudo pada panjang gelombang 950 nm sebesar 1,8 V pada frekuensi sebesar 1 KHz.

3. Frekuensi pada demodulasi PWM (*Pulse Width Modulation*)

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

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

dimana V merupakan kecepatan cahaya didalam ruang hampa dan λ merupakan panjang gelombang yang digunakan.

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi} &= \frac{3 * 10^8}{950 * 10^{-9}} \\ &= 3.16 * 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

Sehingga diketahui *fiber* optik yang digunakan memiliki memiliki frekuensi sebesar $3,16 * 10^{14}$ Hz.

4. *output power* (daya keluaran)

Pada panjang gelombang 950 nm memiliki *output power* (daya keluaran) sebesar 90 μ W.

Secara umum perbedaan antara sinyal keluaran pada panjang gelombang 660 nm dengan panjang gelombang 950 nm pada demodulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) disebabkan karena :

- Bentuk gelombang keluaran (*output*) pada panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan dengan bentuk gelombang keluaran (*output*) pada panjang gelombang 950 nm

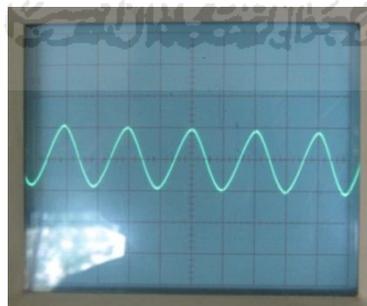
- *Level amplitude* pada panjang gelombang 660 nm lebih besar dibanding dengan panjang gelombang 950 nm. *Level amplitude* mempengaruhi dari besarnya hasil gelombang keluaran pada suatu panjang gelombang.
- Pada panjang gelombang 660 nm memiliki nilai frekuensi yang lebih besar dari pada panjang gelombang 950 nm. Besarnya nilai frekuensi ini akan berpengaruh terhadap *bandwidth* dari suatu panjang gelombang, jika semakin besar frekuensi yang diberikan maka *bandwidth* yang dihasilkan akan semakin kecil.
- daya keluaran (*output power*) pada panjang gelombang 660 nm memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang 950 nm, hal ini disebabkan karena *level amplitude* pada panjang gelombang 660 nm lebih besar. Daya keluaran (*output power*) dipengaruhi oleh besarnya level suatu amplitudo pada sebuah panjang gelombang.

4.2 Analisis Karakteristik Modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) Pada *Wavelength* 660 nm dan 950 nm.

Pengamatan ini berisi tentang analisa karakteristik sinyal keluaran dari modulasi dan demodulasi pada *carrier signal* (sinyal *input*) dan *received signal* (sinyal *output*) dengan menggunakan metode modulasi dan demodulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) untuk *wavelength* 660 nm dan 950 nm. Gelombang yang diberikan pada gelombang *input* berupa gelombang sinus yang dibangkitkan oleh *function generator*, gelombang ini memiliki besar 1 KHz dengan level 2 Vp-p. Gelombang sinus ini

mewakili sebuah data yang akan dikirim melalui media *fiber optik*. Pada gambar adalah bentuk *signal carrier* (sinyal masukan) yang dibangkitkan oleh *function generator* sebesar 1 KHz dengan level 2 Vp-p, dengan frekuensi sampling sebesar 32 KHz.

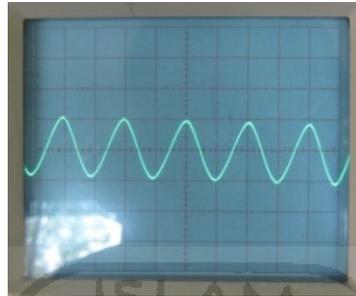
Carrier signal (sinyal masukan) ini mewakili suatu data yang akan dikirim dan kemudian dimodulasi dengan menggunakan metode PPM (*Pulse Position Modulation*), data yang dikirim harus sama dengan data yang diterima pada *output*-nya (keluaran-nya). Pada modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) sinyal yang didapat berupa sinyal kotak. Modulator PPM akan mengkonversi sinyal yang diterima dari *function generator*, hal ini dikarenakan sinyal yang dibangkitkan oleh *function generator* berupa sinyal sinus (analog). Teknik modulasi dari PPM ini adalah suatu teknik modulasi yang merubah skala waktu sesuai dengan variasi *input* sinyal modulasi *amplitude*.



Gambar 4.10 *Carrier signal* (sinyal masukan)

1. Karakteristik pada modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*).
 - Bentuk gelombang *input* modulator PPM pada *wavelength* 660 nm ∴

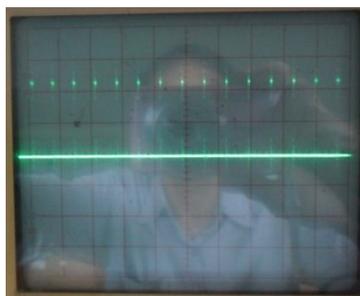
Bentuk gelombang pada masukan (*input*) dari sebuah modulator PPM (*Pulse Position Modulation*) adalah berupa gelombang sinus, yang kemudian dimodulasi oleh suatu modulator PPM (*Pulse Position Modulation*).



Gambar 4.11 Bentuk gelombang *input* pada modulator PPM *wavelength* 660nm

- Bentuk gelombang *output* modulator PPM pada *wavelength* 660 nm.

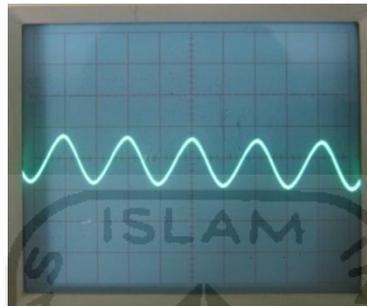
Bentuk gelombang pada keluaran (*output*) dari modulator PPM (*Pulse Position Modulation*) adalah berupa gelombang yang berupa sebuah posisi pada puncak dari suatu gelombang. Yang diambil dan ditampilkan hanya posisi pada puncak tertinggi, yang merepresentasikan dari sebuah amplitudo. Pada rangkaian modulator ini menggunakan IC CMOS 74HC123.



Gambar 4.12 Bentuk gelombang *output* pada modulator PPM *wavelength* 660nm

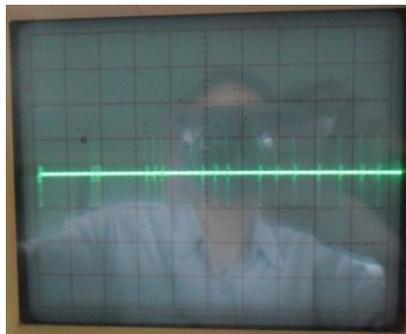
- Bentuk gelombang *input* modulator PPM pada *wavelength* 950 nm.

Gelombang *input* pada *wavelength* 950 nm lebih kecil dibandingkan dengan besarnya gelombang *input* pada *wavelength* 660 nm. Gelombang ini mewakili dari sebuah data yang akan dikirim. Gelombang masukan (*input*) ini berupa gelombang sinus.



Gambar 4.13 Bentuk gelombang *input* pada modulator PPM *wavelength* 950nm

- Bentuk gelombang *output* modulator PPM pada *wavelength* 950 nm:
 Pada gelombang keluaran (*output*) dengan *wavelength* 950 nm ini memiliki bentuk gelombang yang tinggi dari posisi gelombangnya semakin pendek jika dibandingkan dengan tinggi posisi gelombang pada *wavelength* 660 nm. Karena besarnya amplitudo mempengaruhi dari suatu posisi gelombang pada modulasi PPM (Pulse Position Modulation) ini.



Gambar 4.14 Bentuk gelombang *output* pada modulator PPM *wavelength* 950nm

Berdasarkan pengamatan, pengukuran, perhitungan, dan spesifikasi dari peralatan yang digunakan maka sinyal keluaran dari modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) pada *wavelength* 660 nm adalah sebagai berikut :

1. Level amplitudo pada modulator. PPM (*Pulse Position Modulation*)

Berdasarkan pengukuran sinyal keluaran pada modulator PPM (*Pulse Position Modulation*) pada panjang gelombang 660nm memiliki amplitudo 2 volt dan frekuensi 1 KHz.

2. Bentuk gelombang

Bentuk gelombang modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) pada panjang gelombang 660 nm memiliki puncak posisi pulsa sebesar 2 volt

3. *Optical source*

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

4. *Optical detector*

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

5. Frekuensi pada modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*)

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

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

dimana V merupakan kecepatan cahaya didalam ruang hampa dan λ merupakan panjang gelombang yang digunakan.

$$\begin{aligned}\text{Frekuensi} &= \frac{3 * 10^8}{660 * 10^{-9}} \\ &= 4.55 * 10^{14} \text{ Hz}\end{aligned}$$

Sehingga diketahui *fiber* optik yang digunakan memiliki memiliki frekuensi sebesar $4.55 * 10^{14}$ Hz.

Berdasarkan pengamatan, pengukuran, perhitungan, dan spesifikasi dari peralatan yang digunakan maka sinyal keluaran dari modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) pada *wavelength* 950 nm adalah sebagai berikut :

- Level amplitudo pada modulator. PPM (*Pulse Position Modulation*)

Berdasarkan pengukuran sinyal keluaran pada modulator PPM (*Pulse Position Modulation*) pada panjang gelombang 950 nm memiliki amplitudo 1,8 volt dan frekuensi 1 KHz.

- Bentuk gelombang

Bentuk gelombang modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) pada panjang gelombang 950 nm memiliki puncak posisi pulsa sebesar 1,4 volt

- *Optical source*

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

- *Optical detector*

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

- Frekuensi pada modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*)

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

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

dimana V merupakan kecepatan cahaya didalam ruang hampa dan λ merupakan panjang gelombang yang digunakan.

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi} &= \frac{3 * 10^8}{950 * 10^{-9}} \\ &= 3.16 * 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

Sehingga diketahui *fiber* optik yang digunakan memiliki memiliki frekuensi sebesar $3,16 * 10^{14}$ Hz.

Secara umum perbedaan antara sinyal keluaran pada panjang gelombang 660 nm dengan panjang gelombang 950 nm pada demodulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) disebabkan karena :

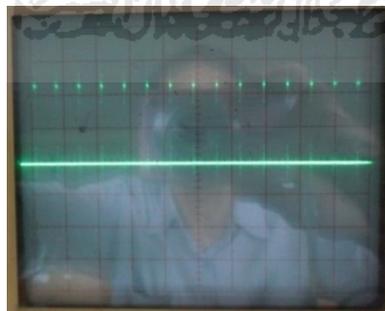
- *Level amplitude* pada panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan pada panjang gelombang 950 nm, hal ini disebabkan karena panjang gelombang yang

berbeda. Jika semakin besar panjang gelombang pada suatu *Optical source* maka *level amplitude* pun akan semakin kecil.

- Pada panjang gelombang 660 nm memiliki puncak posisi pulsa yang lebih tinggi dibandingkan dengan puncak posisi pada panjang gelombang 950 nm. Hal ini disebabkan karena tegangan yang dihasilkan oleh panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan panjang gelombang 950 nm.
- frekuensi pada panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang 950. Besarnya frekuensi akan mempengaruhi bandwidth dari suatu sistem pada penghantaran data informasi.

2. Karakteristik pada demodulasi PPM

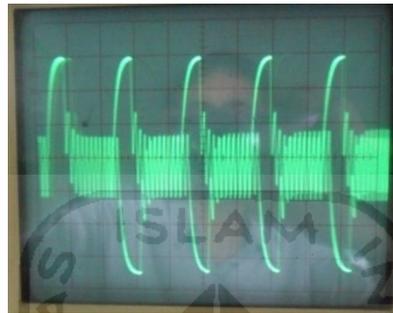
- Bentuk gelombang *input* pada demodulator PPM dengan *wavelength* 660nm:
Pada demodulator PPM ini bentuk gelombang berupa gelombang yang telah dimodulasi posisi puncak dari suatu gelombangnya.



Gambar 4.15 Bentuk gelombang *input* pada demodulator PPM *wavelength* 660 nm

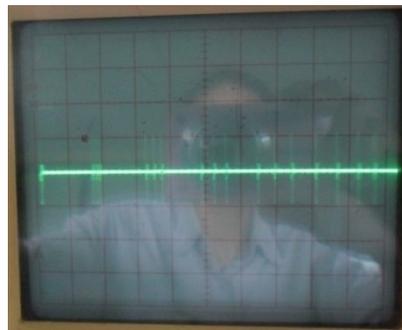
- Bentuk gelombang *output* pada demodulator PPM dengan *wavelength* 660nm:

Bentuk gelombang keluaran dari demodulator PPM berbentuk sinyal sinus yang masih tercampur dengan *noise* (derau). *noise* ini dihasilkan karena adanya perubahan dari suatu gelombang, yang mengakibatkan ketidak sempurnaan dari suatu gelombang yang dirubah.



Gambar 4.16 Bentuk gelombang *output* pada demodulator PPM *wavelength* 660 nm

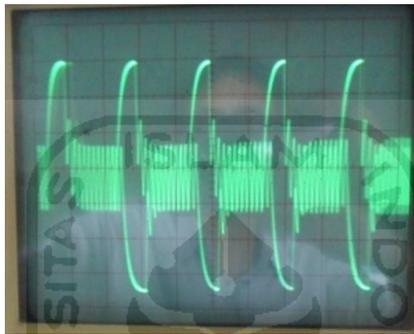
- Bentuk gelombang *input* pada demodulator PPM dengan *wavelength* 950nm:
Bentuk gelombang masukkan (*input*) pada demodulator PPM (*Pulse Position Demodulation*) berupa gelombang yang telah dimodulasi puncak dari gelombang tersebut. Tinggi dari suatu puncak posisi gelombang dipengaruhi oleh amplitudo yang diberikan pada suatu gelombang tersebut.



Gambar 4.17 Bentuk gelombang *input* pada demodulator PPM *wavelength* 950 nm

- Bentuk gelombang *output* pada *wavelength* 950 nm :

Hasil dari demodulasi pada gelombang keluaran (*output*) terdapat beberapa *noise* yang mengganggu sinyal keluaran, sehingga kemurnian dari sinyal masukan terganggu. Perubahan bentuk gelombang ini dipengaruhi oleh rangkaian demodulator yang menggunakan IC IC 74HC74.



Gambar 4.18 Bentuk gelombang *output* pada demodulator PPM *wavelength* 950 nm

Berdasarkan pengamatan, pengukuran, dan spesifikasi dari peralatan yang digunakan maka karakteristik sinyal keluaran dari demodulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) pada *wavelength* 660 nm adalah sebagai berikut :

1. Bentuk gelombang

Bentuk gelombang masukan (*input*) pada demodulasi berupa gelombang kotak (*square*), dengan gelombang keluaran (*output*) berupa gelombang sinus.

2. *Level amplitude*

Besarnya level amplitudo pada panjang gelombang 660 nm sebesar 2 V pada frekuensi sebesar 1 KHz.

3. *Frekuensi pada demodulasi PPM (Pulse Position Modulation)*

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

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

dimana V merupakan kecepatan cahaya didalam ruang hampa dan λ merupakan panjang gelombang yang digunakan.

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi} &= \frac{3 * 10^8}{660 * 10^{-9}} \\ &= 4.55 * 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

Sehingga diketahui *fiber* optik yang digunakan memiliki memiliki frekuensi sebesar $4.55 * 10^{14}$ Hz.

4. *output power* (daya keluaran)

Pada panjang gelombang 660 nm memiliki *output power* (daya keluaran) sebesar 200 μ W.

5. *Losses* (rugi daya)

Dari pengamatan dan pengukuran diatas maka besarnya losses dapat diketahui dengan melihat dari sinyal keluaran. Besarnya *losses* yang dihasilkan akibat dari suatu proses penghantaran pada media *fiber* optik dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\alpha = [10 / L] * \log [V] \quad (4.6)$$

dimana L adalah panjang dari suatu kabel *fiber optic* (m) dan V adalah *amplitude* sinyal keluaran dan α adalah losses (rugi-daya) dari *fiber optic* per kilo meter (dB/Km).

$$V = 2 \text{ V}$$

$$L = 1 \text{ M}$$

$$\alpha = [10 / L] * \log [V]$$

$$\alpha = [10 / 1] * \log [2]$$

$$\alpha = 10 * \log 2$$

$$\alpha = 3 \text{ dB/Km}$$

Besarnya *losses* (rugi daya) pada demodulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) dengan panjang gelombang 660 nm adalah sebesar 3 dB/Km.

Berdasarkan pengamatan, pengukuran, dan spesifikasi dari peralatan yang digunakan maka karakteristik sinyal keluaran dari demodulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) pada *wavelength* 950 nm adalah sebagai berikut :

1. Bentuk gelombang

Bentuk gelombang masukan (*input*) pada demodulasi berupa gelombang kotak (*square*), dengan gelombang keuaran (*output*) berupa gelombang sinus.

2. *Level amplitude*

Besarnya level amplitudo pada panjang gelombang 950 nm sebesar 1,8 V pada frekuensi sebesar 1 KHz.

3. *Frekuensi* pada demodulasi PPM (*Pulse Position Modulation*)

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

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

dimana V merupakan kecepatan cahaya didalam ruang hampa dan λ merupakan panjang gelombang yang digunakan.

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi} &= \frac{3 * 10^8}{950 * 10^{-9}} \\ &= 3.16 * 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

Sehingga diketahui *fiber* optik yang digunakan memiliki memiliki frekuensi sebesar $3,16 * 10^{14}$ Hz.

4. *output power* (daya keluaran)

Pada panjang gelombang 950 nm memiliki *output power* (daya keluaran) sebesar 90 μ W.

5. *Losses* (rugi daya)

Dari pengamatan dan pengukuran diatas maka besarnya losses dapat diketahui dengan melihat dari sinyal keluaran. Besarnya *losses* yang dihasilkan akibat dari suatu proses penghantaran pada media *fiber* optik dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\alpha = [10 / L] * \log [V]$$

dimana L adalah panjang dari suatu kabel *fiber* optik (m) dan V adalah *amplitude* sinyal keluaran dan α adalah *losses* (rugi-daya) dari *fiber* optik per kilo meter (dB/Km).

$$V = 1,8 \text{ V}$$

$$L = 1 \text{ M}$$

$$\alpha = [10 / L] * \log [V]$$

$$\alpha = [10 / 1] * \log [1,8]$$

$$\alpha = 10 * \log 1,8$$

$$\alpha = 2,5 \text{ dB/Km}$$

Besarnya *losses* (rugi daya) pada demodulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) dengan panjang gelombang 950 nm adalah sebesar 2,5 dB/Km.

Secara umum perbedaan antara sinyal keluaran pada panjang gelombang 660 nm dengan panjang gelombang 950 nm pada demodulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) disebabkan karena :

- Bentuk gelombang sinyal keluaran pada *wavelength* 660 nm lebih besar dibandingkan dengan bentuk gelombang keluaran pada *wavelength* 950, hal ini disebabkan karena level *amplitude* pada panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang 950 nm.
- Daya keluaran dari panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan dengan daya keluaran pada panjang gelombang 950 nm.
- frekuensi pada panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang 950 nm.

- *Losses* (rugi daya) pada panjang gelombang 660 nm lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang 950 nm, hal ini disebabkan karena level *amplitude* yang dihasilkan pada panjang gelombang 660 nm lebih besar. *Losses* (rugi daya) ini dapat mempengaruhi dari kemurnian suatu data informasi yang dikirim.

4.3 Respon *Filter*

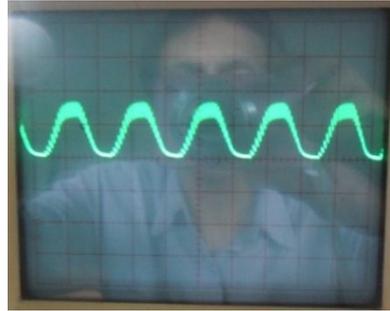
1. Respon *Filter* Terhadap PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pada *filter* gelombang yang diterima dari demodulator PWM (*Pulse Width Modulation*) masih terdapat beberapa *noise* yang mengganggu dari kemurnian sinyal yang dikirim, didalam rangkaian *filter* ini akan membuang *noise* yang terdapat dalam sinyal *carrier* (sinyal masukkan) tersebut. Bentuk gelombang akan menjadi sama seperti gelombang awal (yang dikirim). Rangkain pada gambar dibawah ini dapat dilihat bentuk gelombang yang diterima dari demodulator dan bentuk gelombang setelah melalui *filter*:

1. Bentuk gelombang *input* dan *output filter* yang diterima dari demodulator PWM pada *wavelength* 660nm :

- *Input* (masukkan)

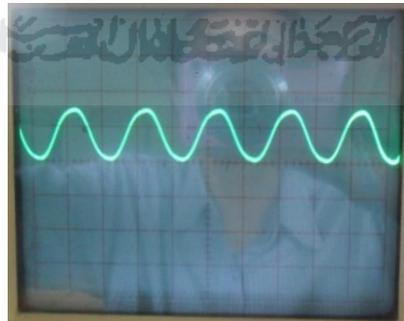
Bentuk gelombang *input* pada *filter* masih terdapat *noise* yang mengganggu dari kemurnian suatu sinyal. Hal ini disebabkan karena perubahan gelombang yang terjadi pada sebuah demodulator. Bentuk gelombang ini berupa gelombang sinus.



Gambar 4.19 Bentuk gelombang *input* pada *filter* dari demodulator PWM dengan *wavelength* 660 nm

- *Output* (keluaran)

Pada *filter*, *noise* yang terdapat dari suatu gelombang akan dibuang dengan cara menapis dari suatu gelombang masukkan (*input*) pada *filter* tersebut, pada rangkaian ini menggunakan rangkaian *low pass filter*. Sehingga gelombang yang dikirim akan sama dengan gelombang yang diterima.

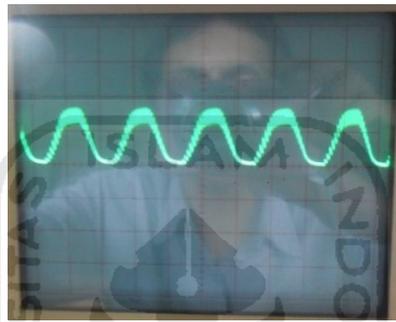


Gambar 4.20 Bentuk gelombang *output filter* dari demodulator PWM dengan *wavelength* 660 nm

2. Bentuk gelombang *input* dan *output filter* yang diterima dari demodulator PWM pada *wavelength* 950nm.

- *Input* (masukkan)

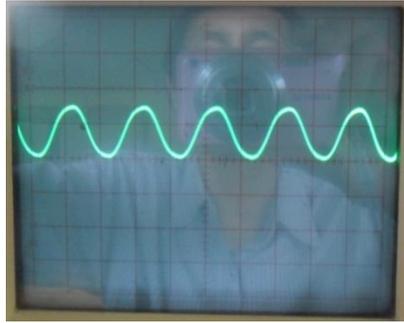
Pada gelombang masukkan (*input*) *filter* pada *wavelength* 950 nm memiliki bentuk gelombang yang lebih kecil dibandingkan dengan *wavelength* 660 nm. Kemurnian dari gelombang masukkan (*input*) –nya masih terdapat beberapa *noise* (derau).



Gambar 4.21 Bentuk gelombang *input filter* dari demodulator PWM dengan *wavelength* 950 nm

- *Output* (keluaran)

Respon dari suatu *filter* dapat dilihat dari gambar gelombang 4.22 dibawah, *noise* yang terdapat pada gelombang masukkan (*input*) dari *filter* ditapis, sehingga gelombang keluaran (*output*) dapat kembali murni seperti gelombang awal pada saat akan dikirim atau pada saat dibangkitkan oleh sebuah function generator.



Gambar 4.22 Bentuk gelombang *output filter* dari demodulator PWM dengan
wavelength 950 nm

Dari hasil pengamatan diatas dengan melihat hasil dari gelombang keluaran maka demodulasi pada metode PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan *wavelength 660 nm* dan *950 nm* dipengaruhi oleh :

- Demodulasi PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pada gelombang masukan pada demodulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) dipengaruhi oleh *noise* (derau) yang dihasilkan pada saat proses demodulasi. Fungsi dari sebuah *filter* adalah untuk menapis dari sebuah gelombang masukan (*input*) yang tercampur oleh *noise* (derau) yang dibawa oleh sebuah gelombang informasi. *Filter* yang digunakan pada modul *falcon digital link* ini adalah sebuah *filter* yang berjenis *active low pass*, sehingga gelombang yang diatas batas ambang toleransi dari *filter* ini akan dilewatkan. Maka hasil gelombang keluaran dari *filter* akan menjadi sebuah gelombang awal yang dikirim.

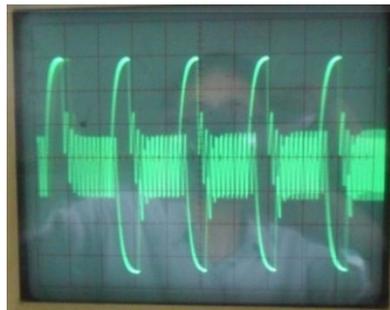
2. Respon *Filter* Terhadap PPM (*Pulse Position Modulation*)

Pada *filter* gelombang yang diterima dari demodulator PPM (*Pulse Position Modulation*) masih terdapat beberapa *noise* yang mengganggu dari kemurnian sinyal yang dikirim, didalam rangkaian *filter* ini akan membuang *noise* yang terdapat dalam sinyal carrier (sinyal masukan) tersebut. Bentuk gelombang akan menjadi sama seperti gelombang awal (yang dikirim). Rangkain pada gambar dibawah ini dapat dilihat bentuk gelombang yang diterima dari demodulator dan bentuk gelombang setelah melalui *filter*:

1. Bentuk gelombang *input* dan *output filter* yang diterima dari demodulator PPM pada *wavelength* 660nm:

- *Input* (masukkan)

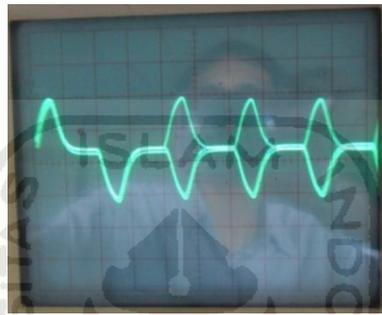
Pada gelombang masukan (*input*) dari sebuah demodulator PPM (*Pulse position Modulation*) masih banyak terdapat derau (*noise*) yang mengakibatkan dari kemurnian dari sebuah data yang akan dikirim.



Gambar 4.23 Bentuk gelombang *input filter* dari demodulator PPM dengan *wavelength* 660 nm

- *Output* (keluaran)

Derau (*noise*) yang timbul pada gelombang masukan (*input*) dihilangkan oleh suatu penapis (*filter*) yang berjenis *low pass filter*. Gelombang yang dilewatkan hanya suatu yang memenuhi dari kriteria yang diberikan pada *filter* tersebut, sehingga *noise* (derau) dapat dilewatkan.

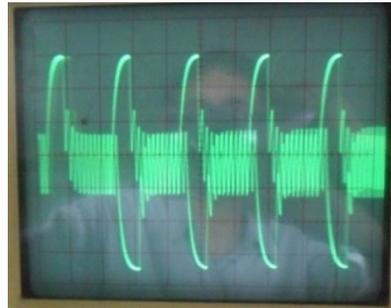


Gambar 4.24 Bentuk gelombang *output filter* dari demodulator PPM dengan *wavelength* 660 nm

2. Bentuk gelombang *input* dan *output filter* yang diterima dari demodulator PPM pada *wavelength* 950nm

- *Input* (masukkan)

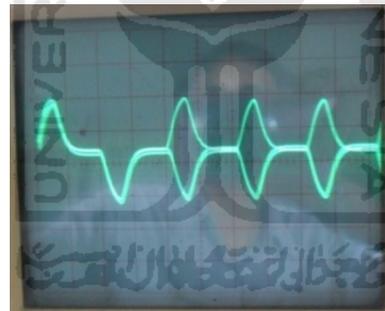
Gelombang masukan (*input*) pada *wavelength* 950 nm lebih kecil dibandingkan gelombang *input* pada *wavelength* 660 nm.



Gambar 4.25 Bentuk gelombang *input filter* dari demodulator PPM dengan
wavelength 950 nm

- *Output* (keluaran)

Bentuk gelombang keluaran (*output*) pada *wavelength 950 nm* berbentuk sebuah gelombang sinus.



Gambar 4.26 Bentuk gelombang *output filter* dari demodulator PPM dengan
wavelength 950 nm

Dari hasil pengamatan diatas dengan melihat hasil dari gelombang keluaran maka demodulasi pada metode PWM (*Pulse Width Modulation*) dan PPM (*Pulse Position Modulation*) dengan *wavelength 660 nm* dan *950 nm* dipengaruhi oleh :

- Demodulasi PPM (*Pulse Position Modulation*)

Pada gelombang keluaran dari *filter* ini terdapat 2 buah gelombang sinus, hal ini disebabkan karena pembangkitan suatu modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) terjadi karena dibangkitkan dari suatu modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*), sehingga gelombang keluaran pada *filter* terdapat 2 buah gelombang yang mewakili dari salah satu modulasi. *Noise* yang terdapat pada gelombang masukan dari *filter* ditapis sehingga bentuk pada gelombang keluaran dari *filter* adalah sebuah gelombang sinus murni.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Lebar gelombang pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) dipengaruhi oleh frekuensi dari suatu gelombang, sehingga jika frekuensi yang dikirim semakin besar maka gelombang pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) akan semakin lebar.
2. Besarnya tegangan amplitudo pada modulasi PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk *wavelength* 950 nm lebih kecil dibandingkan besarnya tegangan amplitudo pada *wavelength* 660 nm, sehingga hal ini akan mempengaruhi dari gelombang yang dihasilkan.
3. Tinggi dari modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) dipengaruhi oleh Level yang terdapat pada modul, level ini mewakili amplitudo suatu data.
4. Besarnya tegangan amplitudo pada modulasi PPM (*Pulse Position Modulation*) untuk *wavelength* 950 nm lebih kecil dibandingkan besarnya tegangan amplitudo pada *wavelength* 660 nm, sehingga hal ini akan mempengaruhi dari gelombang yang dihasilkan.

5. Pada saat pengiriman data menggunakan media fiber optik terdapat *gain* yang dapat mengganggu dari kemurnian data yang akan diterima, sehingga perangkat *filter* sangat dibutuhkan agar dapat menghilangkan *gain* yang mengganggu data yang akan diterima.
6. Pada filter gelombang pada *wavelength* 950nm memiliki bentuk yang lebih kecil dibandingkan dengan *wavelength* 660 nm disebabkan karena besarnya frekuensi yang dihasilkan.
7. Frekuensi pada *wavelength* 660 nm lebih besar dibanding dengan *wavelength* 950 nm.
8. *Bandwidth* pada *wavelength* 660 nm lebih kecil dibanding dengan *wavelength* 950. Hal ini disebabkan karena frekuensi pada *wavelength* 660 nm lebih besar dibanding pada *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. Alat ukur yang digunakan harus lebih presisi, agar hasil yang didapat lebih akurat.

2. Panjang gelombang tidak hanya terpaku pada panjang gelombang 660 nm dan 950 nm, sekiranya mungkin dapat dilakukan analisa dan pengamatan pada panjang gelombang yang lain semisal 1500 nm, 850 nm, dan yang lainnya.
3. Modulasi pada fiber optik tidak terpatok hanya pada dua sistem modulasi saja. Ada beberapa modulasi lain seperti, PCM (*Pulse Code Modulation*), *Delta Modulation*, dan sebagainya.



DAFTAR PUSTAKA

- Crisp, John, dan Elliot, Berry, 2006. *Serat Optik : Sebuah Penghantar*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- DC Green. 2007. *Komunikasi Data*, Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Falkon Modul. 2009. *Fiber link-A low cost fiber optik trainer kit, Experiment no 7, dan no 8.*
- Keiser, Gerd. 1983. *Optical Fiber Communications* McGraw Hill Book Company.
- Modulasi Optik, Available at <http://www.ittelkom.ac.id>.
- Nugraha, Andi Rahman, 2006. *Serat optik*. Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Serat optik, Available at <http://www.ittelkom.ac.id>.
- Utomo, Taufik Prio, 2010. *Teknik Modulasi Digital*. Laporan kerja praktek, Tidak Diterbitkan. Yogyakarta : Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia.
- Utomo, Taufik Prio, 2011. *Analisa Losses dan Karakteristik Isyarat Analog Fiber Optik Step Indeks Multi Mode Pada Wavelength 660nm dan Wavelength 950nm*. Tugas Akhir, Tidak Diterbitkan. Yogyakarta : Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia.