

JURNAL

TEKNOLOGI DAN MANAJEMEN PENGELOLAAN LABORATORIUM



Jurnal
Teknologi Dan Manajemen Pengelolaan Laboratorium
(Temapela)

Aprinal Adila Asril, Afrizal Yuhanef , Hadria Octavia, Nasrul Nawil	Perancangan Pemancar Dan Penerima Modulasi Digital FSK Berbasis Serat Optik Menggunakan Metode Splising Dan Adapter Untuk Modul Praktikum Optik	Hal 75 - 81
--	---	----------------

PERANCANGAN PEMANCAR DAN PENERIMA MODULASI DIGITAL FSK BERBASIS SERAT OPTIK MENGGUNAKAN METODE SPLISING DAN ADAPTER UNTUK MODUL PRAKTIKUM OPTIK

Aprinal Adila Asril^{1*)}, Afrizal Yuhane²⁾, Hadria Octavia³⁾, Nasrul Nawi⁴⁾

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang

*email: aprinal69@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang modul praktikum serta dapat mengetahui efek transmisi pengiriman data dari pemancar sampai ke penerima modulasi digital FSK menggunakan kabel optic tanpa sambungan dan pakai sambungan kabel fiber optik menggunakan fusion splicer dan adapter pada media transmisi serat optik. Penelitian ini dilakukan dengan metode perancangan dan eksperimen sehingga akan menghasilkan sebuah modul praktikum. Modul yang dirancang ini terdiri dari bagian pemancar dan bagian penerima dengan menggunakan sistem modulasi digital. Hasil rancangan modul ini akan dilakukan pengujian, pengukuran, dan analisis pengiriman informasi dengan modulasi digital FSK dan efek redaman dari informasi yang diterima akibat dari penyambungan serat optik pada sistem transmisi. Hasil yang didapatkan bahwa sinyal informasi yang dikirimkan menggunakan modulasi digital FSK dengan media transmisi optik persis sama dari sinyal yang dikirimkan sampai ke penerima tanpa mengalami redaman, jika dibandingkan dengan menggunakan media kabel tembaga. Modul yang dirancang akan menjadi salah satu modul praktikum untuk menunjang mata kuliah system komunikasi serat optik di Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Padang.

Keyword: Kabel Optik, Sensor optic, pemancar dan penerima

Abstract

This study aims to design a practicum module and be able to know the effect of data transmission transmission from the transmitter to the FSK digital modulation receiver using optical cable without connection and use fiber optic cable connection using fusion splicer and adapters on optical fiber transmission media. This research was conducted with the design and experimental methods so that it will produce a practicum module. Where this module is designed consists of the transmitter and receiver parts using a Digital modulation system. The results of this module design will be tested, measured, and analyzed in the delivery of information using FSK digital modulation and the damping effect of information received due to the connection of optical fibers to the transmission system. The results obtained that the information signal sent using FSK digital modulation with optical transmission media is exactly the same from the signal sent to the receiver without experiencing attenuation, when compared to using copper cable media. The module that is designed will be one of the Practicum modules to support the eyes of the optical fiber communication system in the State Polytechnic Telecommunications Engineering Study Program.

Keyword: Optical cable, optical sensor, transmitter and receiver

I. PENDAHULUAN

Komunikasi merupakan sarana manusia untuk berinteraksi dan berhubungan dengan manusia lainnya. Jika komunikasi efektif, maka arus informasi akan berjalan lancar dan memudahkan dalam segala hal. Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, jarak tidak menjadi masalah lagi dalam melakukan komunikasi, karena telah berkembang peralatan elektronik yang tak terbatas ruang dan waktu, seperti internet, telepon, televisi, radio, dan lain sebagainya. Untuk menjangkau jarak yang jauh dalam sistem komunikasi dibutuhkan media transmisi agar dapat menerima data. Pada pesawat telepon, media transmisi yang digunakan untuk menghubungkan telepon adalah kabel. Setiap peralatan elektronika memiliki media transmisi yang berbeda-beda dalam pengiriman datanya. Media transmisi adalah media yang menghubungkan antara pengirim (pemancar) dan penerima informasi (data).

Kejelasan, ketajaman, dan kecepatan yang tinggi dalam melakukan komunikasi menjadi hal yang sangat penting. Pada 30 tahun terakhir, telah dikembangkan sebuah teknologi serat optik yang menawarkan kecepatan data yang lebih besar sepanjang jarak yang lebih jauh dengan harga yang relatif lebih rendah dibanding sistem kawat tembaga. Serat optik menggunakan cahaya untuk mengirimkan informasi (data).

Sistem komunikasi dengan menggunakan serat optik dikenal dengan istilah sistem komunikasi optik. Perbedaan sistem komunikasi optik dengan sistem komunikasi biasa terletak pada proses pengiriman sinyalnya. Pada sistem komunikasi biasa, sinyal informasi/data diubah ke sinyal listrik, lalu dilewatkan melalui kabel tembaga. Setelah sampai di tujuan, sinyal tersebut lalu diubah kembali menjadi informasi yang sama seperti yang dikirimkan.

Pada system komunikasi optik, sinyal informasi diubah ke sinyal listrik lalu diubah lagi ke optik/cahaya. Sinyal ini kemudian dilewatkan melalui serat optik, setelah sampai di penerima, cahaya tersebut diubah kembali ke listrik dan akhirnya diterjemahkan menjadi sinyal informasi (R. Wartapane, N. A. Safitri, and F. S. Kanan, 2016).

Perbedaan sistem komunikasi optik dengan sistem komunikasi biasa terletak pada proses pengiriman sinyalnya. Pada sistem komunikasi biasa, sinyal informasi/data diubah ke sinyal listrik, lalu dilewatkan melalui kabel tembaga. Setelah sampai di tujuan, sinyal tersebut lalu diubah kembali menjadi informasi yang sama seperti yang dikirimkan. Pada sistem komunikasi optik, sinyal informasi diubah ke sinyal listrik lalu diubah lagi ke optik/cahaya. Sinyal ini kemudian dilewatkan melalui serat optik, setelah sampai di penerima, cahaya tersebut diubah kembali ke listrik dan akhirnya diterjemahkan menjadi sinyal informasi. Beberapa keuntungan dari sistem komunikasi optik adalah, dapat menjangkau sampai puluhan bahkan ratusan kilometer, tahan terhadap interferensi gelombang elektromagnetik, kapasitas transmisinya sangat besar, kualitasnya lebih bagus dari sistem komunikasi lainnya. Karena itu, penggunaan serat optik sebagai media transmisi merupakan salah satu penunjang kehandalan sistem. Salah satu keunggulan serat optik adalah memiliki rugi- rugi yang sangat rendah (efisiensi yang tinggi) dibandingkan dengan media transmisi lain(R. Wartapane, N. A. Safitri, and F. S. Kanan, 2016)

1.1.Tujuan penelitian

Adapun tujuan penelitian dapat mengetahui efek transmisi pengiriman data dari pemancar sampai ke penerima modulasi digital FSK menggunakan kabel optic tanpa sambungan dan pakai sambungan kabel fiber optik menggunakan fusion splicer dan adapter pada media transmisi serat optik

1.2.Manfaat penelitian

Adapun manfaat penelitian sebagai berikut:

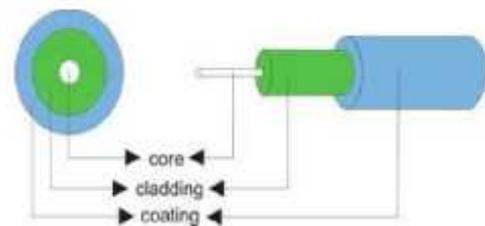
1. Terciptanya suatu modul praktikum yang berbasis media kabel optik di laboratorium serat optik di Politeknik Negeri Padang.
2. Mempermudah dalam praktik pembelajaran fiber optik bagi Mahasiswa dan Dosen di Laboratorium serat optik Politeknik Negeri Padang.

Modul ini diharapkan dapat menunjang mata kuliah sistem komunikasi serat (SKSO) pada Program Studi Teknik Telekomunikasi PNP.

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1.Jenis-Jenis Serat Optik

Serat optik adalah alat suatu media komunikasi yang berguna untuk mentransmisikan informasi melalui media cahaya. Teknologi ini melakukan perubahan sinyal listrik kedalam sinyal cahaya yang kemudian disalurkan melalui serat optik dan selanjutnya di konversi kembali menjadi sinyal listrik pada bagian penerima.



Gambar 1. Struktur Fiber Optik

Secara umum struktur serat optik terdiri dari 3 bagian, yaitu :

1. Inti (Core) Core atau inti serat, merupakan bagian paling utama dari serat optik, karena pada bagian ini informasi yang berupa pulsa cahaya ditransmisikan.
2. Bungkus (Cladding) Cladding merupakan pelapis core, dan mempunyai bahan dasar yang sama dengan core tetapi mempunyai indeks bias yang lebih kecil daripada core.
3. Jaket (Coating) Coating berfungsi sebagai pelindung core dan cladding dari tekanan fisik.

(Fazar Guntara Praja , Dwi Aryanta, Lita Lidyawati, 2013)

1.3.2.Komponen Sistem Komunikasi Serat Optik

Pada dasarnya kinerja suatu sistem komunikasi serat optik, dapat ditinjau dari 4 (empat) komponen, yaitu perangkat dan sumber pengirim, perangkat dan detektor penerima, serat optik dan konektor optik.

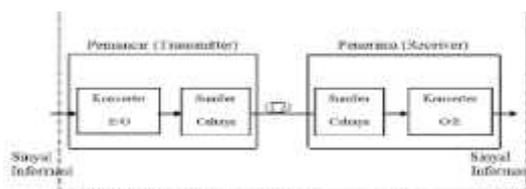
1. Sumber Pengirim

Sumber pengirim merupakan komponen dalam system komunikasi serat optik yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi sinyal cahaya. Terdapat 2 (dua) tipe sumber pengirim optik yang digunakan untuk mengirim cahaya informasi melalui serat optik, yaitu light emitting diode (LED) dan laser diode (LD). LED biasanya dipakai pada serat optik multimode, karena memiliki spektrum cahaya yang lebar, sedangkan LD yang memiliki spektrum cahaya yang lebih

sempit biasanya digunakan untuk komunikasi menggunakan serat optik single mode.

2. Detektor Penerima

Detektor optik berfungsi sebagai penerima dalam system komunikasi optik. Sebuah detektor optik atau *photodetector* adalah kebalikan dari apa yang dikerjakan oleh bagian pengirim, yaitu sumber optik. Detektor optik dapat menghasilkan gelombang sesuai aslinya dengan meminimalisasi *loses* yang timbul selama perambatan sehingga dapat menghasilkan sinyal elektrik yang maksimum dengan daya optik yang kecil. Terdapat 2 (dua) tipe detector optik, yaitu PIN (*positive-intrinsic negative*) dan APD (*avalanched photo diode*). Untuk komunikasi jarak pendek lebih efisien jika menggunakan ditektor PIN diode, karena PIN baik digunakan untuk bit rate rendah dan sensitivitasnya tinggi untuk LED. Sumber cahaya LD terlihat memiliki daya lebih besar, stabil, konstan pada bit rate berapapun, sedangkan sumber cahaya LED mempunyai daya pancar yang lebih kecil dan pada bit rate 100 Mbps dayanya mulai menurun. Dioda PIN kurang sensitif dibandingkan dengan APD, tetapi desainnya memungkinkan untuk diintegrasikan dengan suatu penguat FET. Dengan begitu, suatu modul terpadu yang mempunyai fleksibilitas penggunaan yang tinggi dapat diperoleh. APD memerlukan penggunaan suatu konverter (dengan range tegangan kerja dari 25~80V) dan lebih sesuai untuk digunakan pada sistem jarak jauh.



Gambar 2. Ilustrasi Detektor Penerima

3. Konektor Serat Optik

Konektor optik merupakan salah satu perlengkapan kabel serat optik yang berfungsi sebagai kabel serat optik sebagai penghubung serat. Konektor ini mirip dengan konektor listrik dalam hal fungsi dan tampilan luar tetapi konektor pada serat optik memiliki ketelitian yang lebih tinggi. Konektor diperlukan apa bila sewaktu-waktu serat akan dilepas saat diperlukan suatu penggantian transmitter atau receiver maupun untuk melakukan suatu kegiatan perawatan maupun pengukuran. Syarat-syarat konektor yang baik adalah:



Gambar 3. Jenis Konektor Serat Optik

4. Kabel Serat Optik

Serat optik adalah sebuah kaca murni yang panjang dan tipis serta berdiameter sangat kecil (mikron). Serat optik menggunakan prinsip pemantulan sempurna dengan membuat kedua indeks bias dari *core* dan *cladding* berbeda, sehingga cahaya (informasi) dapat memantul dan merambat di dalamnya. Struktur bagian serat optik terdiri dari *core*, *cladding* dan *coating*.



Gambar 4. Struktur bagian Serat Optik

Prinsip kerja dari serat optic ini adalah sinyal awal/source yang berbentuk sinyal listrik ini pada transmitter diubah oleh transducer elektrooptik (Dioda/Laser Dioda) menjadi gelombang cahaya yang kemudian ditransmisikan melalui kabel serat optik menuju penerima/*receiver* yang terletak pada ujung lainnya dari serat optik, pada penerima sinyal optik ini diubah oleh *transducer Optoelektronik (Photo Dioda/Avalanche Photo Dioda)* menjadi sinyal elektrik kembali. Dalam perjalanan sinyal optic dari transmitter menuju *receiver* akan terjadi redaman cahaya di sepanjang kabel optik, sambungan-sambungan kabel dan konektor-konektor di perangkatnya, oleh karena itu jika jarak transmisinya jauh maka diperlukan sebuah atau beberapa repeater yang berfungsi untuk memperkuat gelombang cahaya yang telah mengalami redaman sepanjang perjalanannya.

1.4.Pemancar dan Penerima

1.4.1. Pemancar

Dalam sistem komunikasi, ada bagian yang berfungsi mengubah informasi menjadi bentuk yang sesuai (gelombang elektromagnet dengan panjang tertentu) agar dapat dipancarkan dan kemudian menggabungkan sinyal yang dihasilkan dalam media pemancaran, antara lain kabel kawat, atau udara.

Pemancar berfungsi sebagai alat pembangkit geteran (sinyal input) elektrik berupa frekuensi tinggi, dengan kata lain sinyal yang berfrekuensi tertentu diubah menjadi frekuensi yang lain dengan bantuan sinyal pembawa. Untuk sampainya sinyal informasi (sinyal input) dari pemancar ke penerima, sebelumnya telah terjadi suatu peristiwa yang dikenal modulasi. Modulasi ini terjadi di bagian pengirim, yaitu proses penumpangan sinyal-sinyal informasi pada sinyal gelombang pembawa. Dan perlu diingat adalah frekuensi gelombang pembawa(carrier) lebih tinggi dari frekuensi gelombang informasi, sehingga gelombang pembawa tersebut mampu memikul beban modulasi dalam perambatannya. (R. Wartapane, N. A. Safitri, and F. S. Kanan, 2016).

Modulasi

Modulasi adalah proses menumpangkan sinyal informasi kepada sinyal pembawa, biasanya berupa gelombang sinus berfrekuensi tinggi. Terdapat tiga parameter kunci pada suatu gelombang sinusoidal yaitu amplitudo, fase, dan frekuensi. Ketiga parameter tersebut dapat dimodifikasi sesuai dengan sinyal informasi untuk membentuk sinyal yang termodulasi.

1.4.2.Penerima

Penerima berfungsi sebagai alat pembangkit geteran (sinyal output) elektrik berupa frekuensi tinggi, dengan kata lain sinyal yang berfrekuensi tertentu diubah menjadi frekuensi yang lain dengan bantuan sinyal pembawa. Untuk sampainya sinyal informasi (sinyal output) dari pemancar ke penerima, sebelumnya telah terjadi suatu peristiwa yang dikenal modulasi. Modulasi ini terjadi di bagian pengirim, yaitu proses penumpangan sinyal-sinyal informasi pada sinyal gelombang pembawa. Dan perlu diingat adalah frekuensi gelombang pembawa (carrier) lebih tinggi dari frekuensi gelombang informasi, sehingga gelombang pembawa tersebut mampu memikul beban modulasi dalam perambatannya (Usman,Uke Kurniawan , 2008)

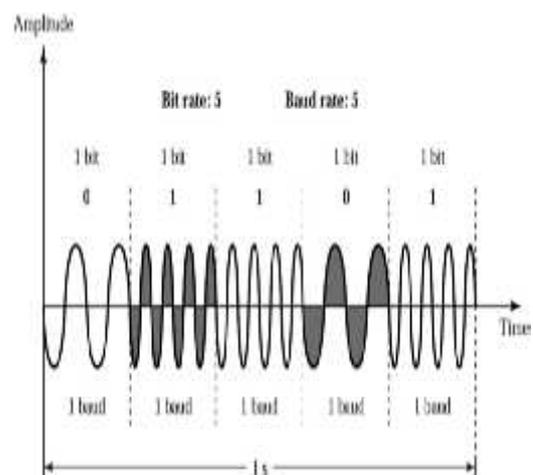
Demodulasi

Demodulasi adalah kebalikan dari modulasi yang berarti pemisahan sinyal informasi dari sinyal carrier (pembawa). Proses demodulasi sendiri memerlukan alat-alat yang tidak linier atau berubah-ubah. Peng-switch-an (penggantian) linier karena rangkaian tak linier yang dipergunakan pada dasarnya sama dengan detail-detail operasi detektor itu sendiri. (Usman,Uke Kurniawan , 2008)

1.5. Frequency Shift Keying (FSK)

Frequency Shift Keying (FSK) atau pengiriman sinyal melalui penggeseran frekuensi. Metode ini merupakan suatu bentuk modulasi yang memungkinkan gelombang modulasi menggeser frekuensi output gelombang pembawa. Dalam proses modulasi ini besarnya frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. Dalam proses ini gelombang pembawa digeser ke atas dan ke bawah untuk memperoleh bit 1 dan bit 0. Kondisi ini masing-masing disebut *space* dan *mark*. (Usman,Uke Kurniawan , 2008)

Modulasi digital Frequency Shift Keying (FSK) menyatakan data biner digital 0 dan 1 ke dalam dua buah level frekuensi sinyal analog yang berbeda. Karena setiap bit juga dinyatakan dengan sebuah sinyal analog, maka besarnya baud rate modulasi digital FSK juga sama dengan bit ratenya. Bentuk gelombang sinyal FSK terhadap data biner yang dimodulasikan ditunjukkan pada gambar 10 .



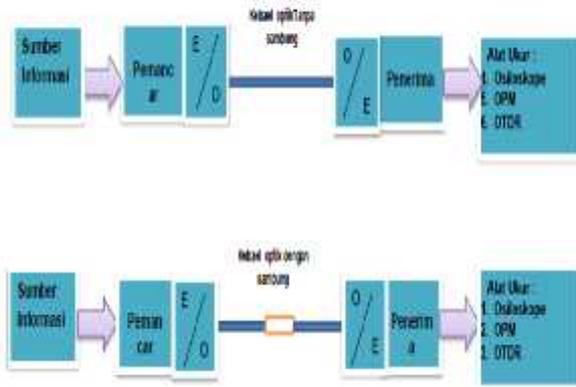
Gambar 5. Bentuk dari sinyal FSK

II. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan dan Pembuatan Alat

Proses pembuatan modul (Alat), dimana, blok diagram , rangkaian pemancar dan penerima modulasi dgital FSK, rangkaian sensor optik, rangkaian detektor optik dan hasil pembuatan modul untuk pengujian transmisi data (sinyal Informasi) dengan media kabel optik .

2.1.1 Blok diagram sistem



Gambar 6. Blok diagram pengukuran transmisi data media kabel optik

Sumber informasi : Sinyal informasi (sinyal data berbentuk sinyal digital) yang akan dikirimkan melalui perangkat pemancar.

Pemancar adalah tempat proses modulasi antara sinyal informasi dengan pembawa yang akan menghasilkan sinyal modulasi digital FSK.

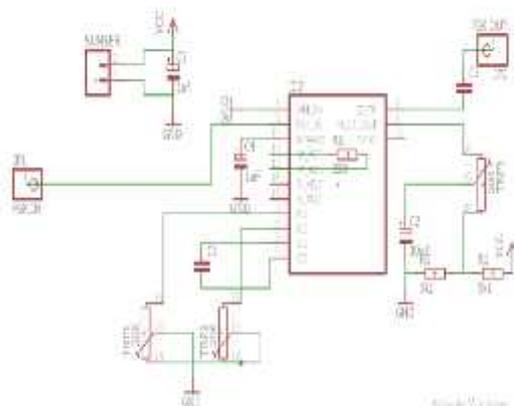
Konverter E/O proses perubahan sinyal listrik menjadi sinyal cahaya

Kabel optik media transmisi sinyal listrik yang telah dirubah menjadi sinyal cahaya.

Konverter O/E konverter yang merubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik yang digunakan dalam proses pemisahan sinyal informasi dari pembawa pada rangkaian penerima .

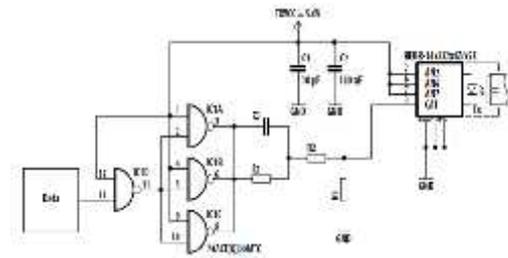
Osiloscope, ODTR dan OPM merupakan peralatan yang digunakan untuk mengamati sinyal pada masing-masing blok, dan untuk mengukur daya yang diterima .

2.1.2. Rangkaian Pemancar FSK



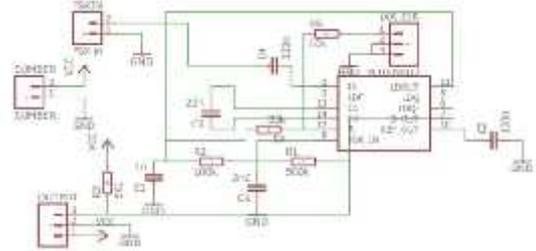
Gambar 7. Skematik rangkaian Modulator FSK

2.1.3. Rangkaian Sensor optik Pemancar FSK



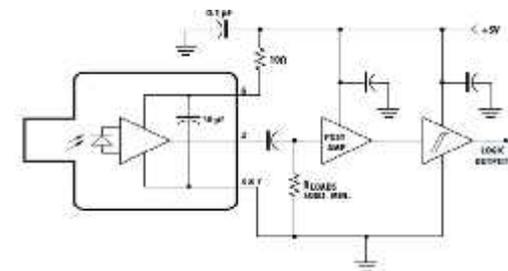
Gambar 8 . Rangkaian sensor optik Modulator FSK

2.1.4. Rangkaian Penerima FSK



Gambar 9..Skematik rangkaian Demodulator FSK

2.1.4. Rangkaian Detektor optik Penerima FSK



Gambar 10. Rangkaian detektor optik Penerima FSK

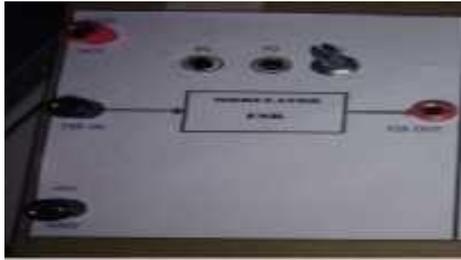
III.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian dan Pengukuran Alat

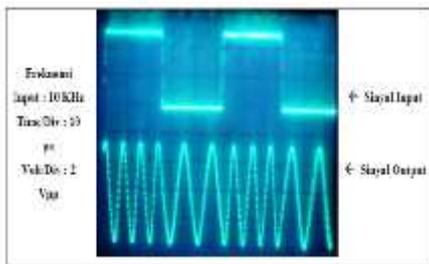
Pengujian merupakan tahap akhir dalam merancang sistem pengukuran redaman transmisi kabel optik single mode jenis pigtail. Dengan melakukan pengujian ini melakukan pengukuran untuk dapat mengetahui apakah hasil di rancang dapat bekerja dengan baik sesuai dengan apa yang diharapkan. Kemudian hasil dari pengujian alat tersebut dapat dijadikan sebagai data yang nantinya akan dianalisa. Adapun alat-alat pendukung untuk melakukan pengujian adalah sebagai berikut

1. Power Supply
2. Fuction Generator
3. Osiloskop
4. Multimeter
5. Kabel BNC to Crocodile
6. Kabel BNC to banana
7. OPM

3.2. Pengujian Modul Pemancar



(a)



(b)

. **Gambar 11. a.** Modul Modulator (Pemancar) FSK
b. Hasil Pengujian sinyal input dan Output (Pemancar) FSK

3.3. Pengujian pada Media Transmisi Fiber Optik

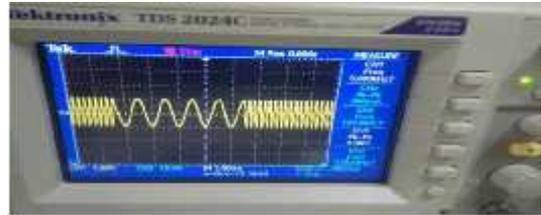


Gambar 12. Sensor optik Bagian pemancar

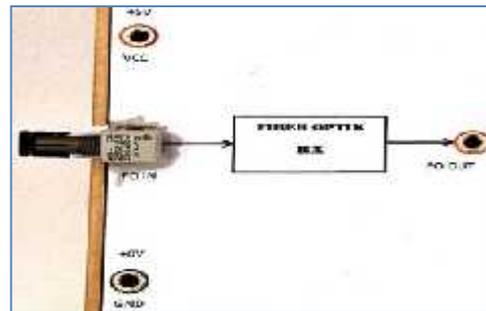


Gambar 13. Sinyal Keluaran dari Sensor optik Bagian pemancar

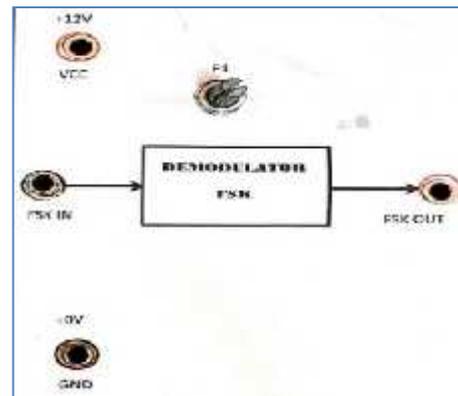
3.5. Pengujian Detektor optik dan rangkaian Penerima



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 14.a. Sinyal Input penerima FSK

- b. Modul Detektor optik di penerima
- c. Modul rangkaian penerima FSK
- d. Hasil Sinyal di output penerima FSK

3.6. Pembahasan

Dari hasil pengujian bahwa dari sinyal input (sinyal informasi) yang berikah berbentuk sinyal digital yang mempunyai data 1 dan 0 dapat dilihat pada gambar 11, dan sinyal output sinyal termodulasi FSK dari rangkaian pemancar , dari sinyal termodulasi dapat dilihat pada saat bit 1 maka frekuensi akan lebih besar dari sinyal pembawa dapat dilihat perioda pada bit 1 lebih kecil dari pada kondisi bit 0 , sinyal output dari pemancar seperti gambar gambar 11 akan dimasukkan ke input rangkaian sensor ini akan terjadi proses perubahan sinyal listrik menjadi sinyal cahaya seperti dapat dilihat pada gambar 13, maka sinyal cahaya keluaran dari rangkaian sensor akan ditransmisi melalui media kabel optik dan output dari kabel optik menjadi sinyal input pada rangkaian sensor dibagian penerima yang akan merubah sinyal cahaya menjadi listrik seperti pada gambar 14.b dimana sinyal yang dihasilkan persis sama dengan sinyal keluaran dari output sensor optik dan tidak ada redaman kabel optik, ini sesuai dengan konsep bahwa kabel optik mempunyai redaman yang sangat kecil jika dibandingkan dengan menggunakan media transmisi kabel tembaga. Sinyal keluaran dari sensor penerima menjadi input pada rangkaian penerima modulasi digital FSK, pada rangkaian ini terjadi pemisahan sinyal informasi dari sinyal pembawa sehingga sinyal output dari rangkaian penerima sama dengan sinyal yang dikirimkan dari rangkaian pemancar dapat dilihat pada gambar 14.d

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pengambilan data dan dari hasil pembahasan dari rangkaian pemancar dan sensor optik sampai ke rangkaian penerima dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Bahwa sinyal informasi yang dikirimkan menggunakan modulasi digital FSK dengan media transmisi optik persis sama dari sinyal yang dikirimkan sampai ke penerima
2. Hasil yang didapatkan dengan menggunakan media transmisi kabel optik tanpa mengalami redaman,

jika dibandingkan dengan menggunakan media kabel tembaga

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak Politeknik Negeri Padang, karena penelitian telah didanai oleh dana DIPA tahun 2019 dengan no kontrak Nomor : 366/PL9.1.4/PT.01.02/2019

Daftar Pustaka

R. Wartapane, N. A. Safitri, and F. S. Kanan, "Perancangan Pemancar Dan Penerima Sistem Penyambungan (Splicing) Serat Optik Untuk Modul Praktikum Saluran Transmisi," no. November, pp. 168–176, 2016.

Fazar Guntara Praja , Dwi Aryanta, Lita Lidyawati, Analisis Perhitungan dan Pengukuran Transmisi Jaringan Serat Optik Telkom Regional Jawa Tengah, Jurnal Reka Elkomika | Iteas | Vol.1 | No.1 2337-439X Januari 2013

Antonius Hendro Noviyanto, pengujian sensor cahaya phototransistor dan photodiode pada pemantau denyut jantung dengan metode photoplethysmograph refleksi, Jurnal SIMETRIS, Vol. 10 No. 1 April 2019

Iwan Handoyo Putro, Model Transmisi Digital Optik Isyarat Analog Dengan Modulasi Delta, Jurnal Teknik Elektro Vol. 3, No. 2, September 2003: 107 – 111 Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro,

Devara Ega Fausta, Rizki Kusuma, Penggunaan Fiber Optik sebagai Salah Satu Modern Materials dalam Bidang Telekomunikasi, Indonesian Journal of Applied Physics Vol.3 (2013) No.1 (Transmisi Data)

Usman,Uke Kurniawan , 2008. Pengantar ilmu telekomunikasi. Bandung: Informatika Bandung

ISSN 2621-0878

