

PERANCANGAN SIMULATOR MODULASI DAN DEMODULASI BPSK DAN QPSK MENGGUNAKAN LABVIEW

DESIGN OF MODULATION AND DEMODULATION SIMULATOR FOR BPSK AND QPSK USING LABVIEW

Yayan Fauzhi Nur Rosid¹, Yuyun Siti Rohmah, ST., MT², Afief Dias Pambudi, ST., MT³

^{1,2,3}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹fauzhiy@yahoo.co.id, ²ysr@telkomuniveristy.co.id, ³afb@telkomuniveristy.co.id

Abstrak

Berkembangnya sistem komunikasi, khususnya di bidang modulasi dan demodulasi digital. Modulasi merupakan proses perubahan suatu gelombang periodik sehingga menjadikan suatu sinyal mampu membawa informasi. Dengan proses modulasi, suatu informasi (biasanya berfrekuensi rendah) bisa dimasukkan kedalam suatu gelombang pembawa, biasanya berupa gelombang sinus berfrekuensi tinggi. Teknik modulasi terdiri dari beberapa macam modulasi, yaitu modulasi analog dan modulasi digital. Dalam modulasi digital, sinyal informasi yang berbentuk digital ditransmisikan dengan cara menumpangkan pada gelombang pembawa dalam bentuk sinusoidal. Ada beberapa jenis teknik modulasi digital seperti *amplitude Shift Keying (ASK)*, *frekuensi shift keying (FSK)*, dan *phase shift keying (PSK)*. Karena kurangnya pemahaman tentang proses modulasi dan demodulasi BPSK dan QPSK, maka dibuat sebuah simulator modulasi dan demodulasi BPSK dan QPSK

Dalam proyek akhir ini dibuat simulator modulasi dan demodulasi digital yang dibuat adalah BPSK, dan QPSK dengan menggunakan *software* LabVIEW. Pengerjaan simulasi ini bertujuan untuk mendeskripsikan bagaimana karakteristik bentuk gelombang dari tiap blok modulator dan blok demodulator. Sehingga para mahasiswa dapat benar-benar jelas memahami dan mengerti gambaran proses kerja dari pengiriman dan penerimaan teknik modulasi dan demodulasi digital BPSK dan QPSK. Penelitian ini membuat program pada tiap-tiap blok modulator dan demodulator pada setiap teknik modulasi dan demodulasi digital BPSK dan QPSK. Pengujian sampai sebatas keakuratan program pada masing-masing blok. Pengujian dikatakan berhasil apabila binary input sesuai dengan binary output dan apabila terkena noise AWGN mengalami perubahan bentuk sinyal pada deviasi AWGN sebesar 0.01 sampai 1.

Kata kunci: Modulasi, Demodulasi, LabVIEW, BPSK, QPSK

Abstract

The development of communication systems, especially in the field of digital modulation and demodulation. Modulation is the process of changing a periodic waveform that makes a signal capable of carrying information. With the modulation process, some information (typically low-frequency) can be inserted into a carrier wave, usually in the form of high-frequency sine wave. Modulation technique consists of several kinds of modulation, the analog modulation and digital modulation. In digital modulation, signal information is transmitted in digital form by means of laying on a carrier in the form of a sinusoidal wave. There are several types of digital modulation techniques such as amplitude shift keying (ASK), frequency shift keying (FSK), and phase shift keying (PSK). Because lack of understanding of the process of modulation and demodulation BPSK and QPSK, then created a simulator modulation and demodulation BPSK and QPSK

In this final project simulator modulation and demodulation digitally created is BPSK and QPSK using LabVIEW software. The execution of this simulation aims to describe how the characteristics of the waveform of each block modulator and demodulator block. So that the students can truly understand and appreciate clear picture of the work process of sending and receiving digital modulation and demodulation techniques BPSK and QPSK

This study makes the program on each block of modulator and demodulator on each technique BPSK modulation and digital demodulation and QPSK. The accuracy of testing to the extent of the program on each block. The test is successful when the binary input according to the binary output affected by noise AWGN and when changing the shape of the signal at AWGN deviation of 0.01 to 1.

Keywords: Modulation, Demodulation, LabVIEW, BPSK, QPSK

I. Pendahuluan

Modulasi merupakan proses penumpangan frekuensi sinyal info dengan frekuensi sinyal *carrier*. Sedangkan demodulasi adalah proses pemisahan frekuensi sinyal info dengan frekuensi sinyal *carrier* dengan alat yang disebut demodulator. Pada transmisi sinyal informasi digital modulator merupakan pengubah informasi menjadi suatu gelombang (sinyal) analog. Tujuan digunakan modulator adalah untuk mempermudah pengiriman informasi. Sistem modulasi digital memiliki 3 teknik modulasi yang paling mendasar yaitu: modulasi digital dengan mengubah amplitudo sinyal pembawa disebut ASK (*Amplitudo Shift Keying*), modulasi digital dengan mengubah frekuensi sinyal pembawa yaitu FSK (*Frekuensi Shift Keying*), dan modulasi digital dengan mengubah fasa sinyal pembawa yang disebut dengan PSK (*Phase Shift Keying*).

Dari ketiga teknik modulasi, yang akan dibahas adalah tentang PSK. Jenis PSK yang paling sederhana yaitu BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) dan salah satu variannya yaitu QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*). Karena sulitnya menganalisa perbedaan dari masing-masing teknik modulasi digital, untuk itu diperlukan suatu simulink sinyal digital yang dapat mendiskripsikan proses kerja teknik modulasi dan demodulasi digital secara lebih jelas dan terarah. Sehingga para mahasiswa dapat benar-benar jelas memahami gambaran proses kerja dari pengiriman dan penerimaan teknik modulasi dan demodulasi digital BPSK dan QPSK.

Pada perancangan simulator ini menggunakan bahasa pemrograman LabVIEW agar dapat menampilkan grafik hasil proses pengiriman dan penerimaan dari kedua teknik modulasi dan demodulasi tersebut. Hasil dari perancangan ini diharapkan dapat membantu mempermudah pengajaran dalam sistem komunikasi.

II. Dasar Teori

2.1 LabVIEW

LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) adalah sebuah perangkat lunak (*software*) yang dapat dihubungkan dengan perangkat keras (*hardware*) yang terhubung dengan PC (*Personal Computer*) dimana user ketika berinteraksi dengan komputer sama dengan menjalankan instrumen elektronik. LabVIEW merupakan sebuah pengembangan aplikasi

program yang berbeda dengan bahasa pemrograman lainnya seperti Assembler, C, C++, dll. LabVIEW dalam merancang sebuah program menggunakan bahasa pemrograman grafik seperti halnya flowchart yang disebut dengan *block diagram*, yang mengurangi atau menghilangkan cukup banyak sintaks. Hal ini sangat berbeda dengan pemrograman yang lain dimana membutuhkan banyak perintah atau sintaks untuk membuat sebuah program. Selain itu bahasa pemrograman lainnya juga dapat dimasukkan ke dalam LabVIEW yang dapat disinkronisasi oleh LabVIEW itu sendiri.

Program LabVIEW disebut juga Virtual Instrumentation (VI) karena tampilan dan cara pengoperasian program yang dihasilkan mirip dengan instrumen sungguhnya. LabVIEW mempunyai daftar perpustakaan (*library*) contoh program aplikasi seperti data akuisisi, GPIB (*General Purpose Interface Bus*) dan kontrol instrumen serial, analisis data, presentasi data, dan penyimpanan data. Selain mempunyai *library*, LabVIEW juga mempunyai berbagai macam contoh yang terdapat di LabVIEW itu sendiri misalnya konversi temperatur, menghitung volume suatu bangun, membuat database, dll. Dalam menjalankan program dapat juga user melihat aliran data yang terjadi ketika program sedang berjalan yang dapat dilihat pada bagian *block diagram*.

2.2 Modulasi dan Demodulasi

Modulasi adalah suatu proses dimana parameter dari suatu gelombang divariasikan secara proposional terhadap gelombang lain. Parameter yang diubah tergantung pada besarnya modulasi yang diberikan. Proses modulasi membutuhkan dua buah sinyal pemodulasi yang berupa sinyal informasi dan sinyal pembawa (*carrier*) dimana sinyal informasi tersebut ditumpangkan oleh sinyal *carrier*.

Maka secara garis besar dapat diasumsikan bahwa modulasi merupakan suatu proses dimana gelombang sinyal termodulasi ditransmisikan dari *transmitter* ke *receiver*. Pada sisi *receiver* sinyal modulasi yang diterima dikonversikan kembali ke bentuk asalnya, proses ini disebut dengan demodulasi. Rangkaian yang digunakan untuk proses modulasi disebut dengan modulator, sedangkan rangkaian yang digunakan untuk proses demodulasi disebut demodulator.

Modulasi terbagi menjadi dua bagian yaitu modulasi sinyal analog dan modulasi sinyal digital.

2.3 Binary Phase Shift Keying (BPSK)

Pada umumnya pentransmisi sebuah sinyal pembawa informasi (*carrier*) yang melewati sebuah kanal komunikasi *bandpass* mengharuskan perpindahan frekuensi sinyal pembawa tersebut kesuatu rentang tertentu yang lebih sesuai untuk proses transmisi. Perpindahan frekuensi ini dapat diwujudkan melalui proses modulasi.

Modulasi merupakan suatu proses penumpangan sinyal informasi pada sinyal pembawa ataupun suatu proses perubahan beberapa karakteristik tertentu dari sebuah sinyal pembawa, sesuai dengan karakteristik sinyal pemodulasi. Yang dimaksud dengan sinyal pemodulasi adalah sinyal informasi yang akan dibawa, sedangkan hasil dari modulasi (yaitu sinyal pembawa yang telah berubah karakteristiknya) disebut sebagai sinyal termodulasi.

Pada dasarnya ada dua jenis modulasi, yaitu modulasi analog dan modulasi digital. Teknik modulasi digital dengan gelombang pembawa analog akan lebih meningkatkan kualitas *Signal to Noise Ratio* (SNR) jika dibandingkan dengan modulasi analog. Proses modulasi digital pada dasarnya hanya mengganti-ganti keadaan amplitudo, frekuensi atau fasa dari gelombang pembawa diantara dua nilai diskrit yang telah, yang masing-masing merepresentasikan salah satu dari dua simbol biner 0 dan 1.

Salah satu contoh dari teknik modulasi digital adalah *Binary Phase Shift Keying* (BPSK). Nama lain dari BPSK adalah *Phase Reversal Keying* (PRK) atau *biphase modulation*.

2.4 Quaternary Phase Shift Keying (QPSK)

Quadrature phase shift keying (QPSK)

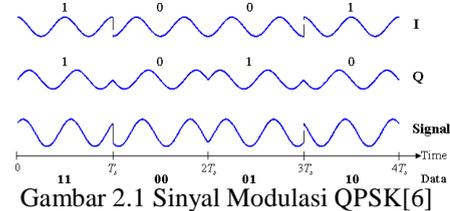
lebih sering digunakan untuk menggandakan data *rate* dibandingkan dengan sistem BPSK, dengan tetap menjaga *bandwidth* yang sama dari sinyal dan untuk menjaga tingkat data BPSK namun mengurangi separuh *bandwidth* yang dibutuhkan. Modulasi QPSK juga dapat mentransmisikan dua

kali tingkat data dalam *bandwidth* yang diberikan dibandingkan dengan BPSK pada BER yang sama.

Pada QPSK digunakan penyandian dengan 2 bit sehingga $n=2$ dan terdapat $M=4$ sandi yang berbeda, yaitu 00, 01, 10, 11. Dengan demikian ada empat sandi yang harus dinyatakan dengan empat fase yang berbeda. Setiap kali level atau tingkat PSK meningkat (2-PSK, 4-PSK atau QPSK, 8-PSK

dan seterusnya) maka efisiensi lebar bidang secara teoritis (*theoretical bandwidth efficiency*) meningkat.

Pada QPSK, data dikelompokkan menjadi dua bit sekaligus, setiap kelompok 2 bit data memiliki perbedaan fasa sebesar 90° . Dengan demikian bit ratenya lebih cepat dua kali dibandingkan dengan BPSK. Contoh modulasi sinyal dapat dilihat pada gambar 2.18 dibawah ini.



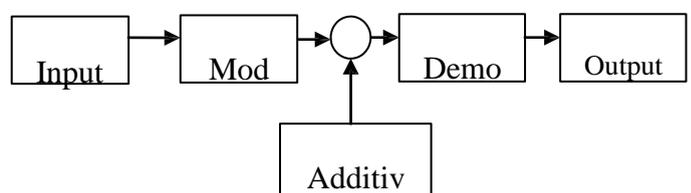
2.5 Noise AWGN (Additive White Gaussian Noise)

Pada sistem komunikasi, umumnya digunakan kanal gelombang kontinyu. Kanal ini merupakan kanal analog yang melewatkan sinyal-sinyal kontinyus(t) yang dihasilkan oleh sumber. Pada kanal kontinyu, sinyal yang ditransmisikan mendapatkan beberapa gangguan yang disebabkan oleh karakteristik kanal yang tidak linear. Kanal juga memberikan redaman yang melemahkan amplitudo sinyal. Selain itu, adanya *noise* juga menimbulkan kerusakan pada sinyal. Semua pengaruh tersebut mengakibatkan munculnya perbedaan antara sinyal yang dikirim dan yang diterima, sehingga cenderung menimbulkan kesalahan dalam transmisi data.

III. Perancangan Sistem

3.1 Perancangan Sistem Secara Umum

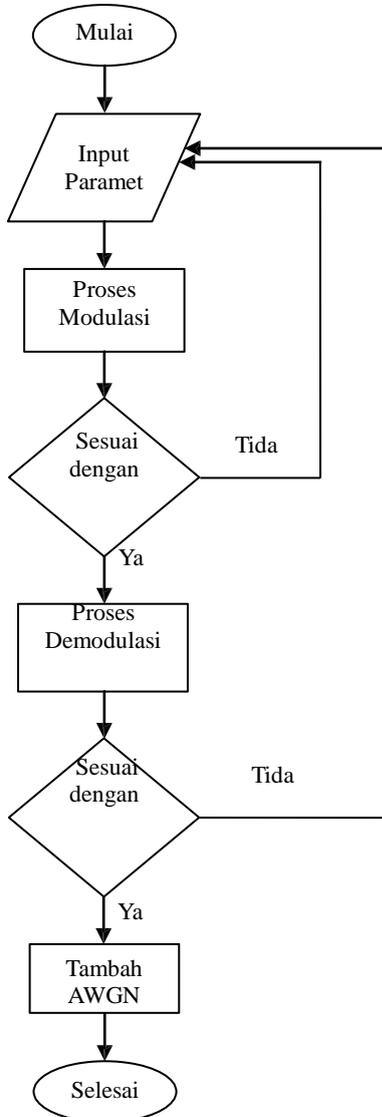
Gambar tahapan umum sistem yang dibangun pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Perencanaan Pembuatan Sistem Pada penelitian ini dilakukan pembuatan simulator modulasi dan demodulasi BPSK dan QPSK yang dilengkapi dengan penambahan kanal AWGN.

3.2 Pemrosesan Sinyal

Pemrosesan sinyal menggambarkan proses inialisasi awal (penginputan biner), proses modulasi digital dan proses penambahan noise AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) sebagai simulasi kanal transmisi sinyal. Setiap sinyal hasil modulasi digital akan ditambahkan *noise* AWGN. Pemrosesan sinyal ditunjukkan Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Pemrosesan Sinyal

IV. KELUARAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sistem

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian dan analisis dari simulator yang telah dirancang. Pengujian dan analisis simulator dalam hal ini meliputi proses modulasi dan demodulasi yang terganggu oleh *noise* AWGN. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian hasil dan

kehandalan sistem yang sudah dibuat

4.2 Pengujian Modulasi dan Demodulasi BPSK Dengan Noise AWGN

Pengujian ini dilakukan pada sistem modulasi dan demodulasi yang sudah dirancang pada bab 3.

Tujuan :

Untuk mengetahui perubahan bentuk sinyal setelah ditambakkannya noise AWGN

Alat Uji :

1. PC
2. Labview 2013

Cara Pengujian :

User memberikan parameter seperti *Sample, Amplitude Carrier, Sampel Frekuensi, Frekuensi Carrier, Binary Input, dan Deviasi AWGN* yang nantinya sistem akan menampilkan berupa grafik sinyal.

4.2.1 Pengujian Masukan Noise Rendah

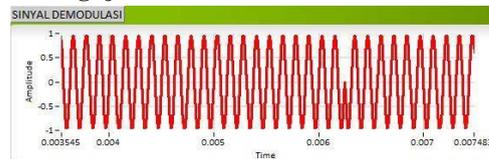
Tabel 4.1 Nilai Parameter Modulasi BPSK Yang Dimasukan Dengan Noise Rendah

Parameter	Nilai parameter
Amplitude Carrier	1.00
Frekuensi Carrier	700 Hz
Binary Input	10
Deviasi AWGN	0

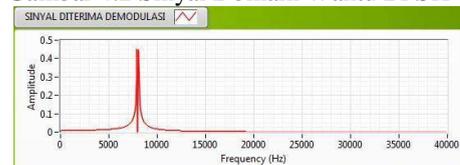


Gambar 4.1 Binary Input

Hasil Pengujian :



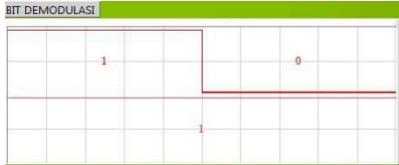
Gambar 4.2 Sinyal Domain Waktu BPSK



Gambar 4.3 Sinyal Domain Frekuensi BPSK



Gambar 4.4 Diagram Konstelasi BPSK



Gambar 4.5 Binary Output

Pada hasil pengujian yang ditampilkan pada gambar 4.5 menunjukkan bentuk *binary output* sesuai dengan dengan *binary input*. Itu terjadi karena adanya gangguan dari *noise* yang rendah maka tidak mempengaruhi perubahan bentuknya sehingga *binary output* sesuai dengan dengan *binary input*.

4.2.2 Pengujian Masukan Noise Sedang

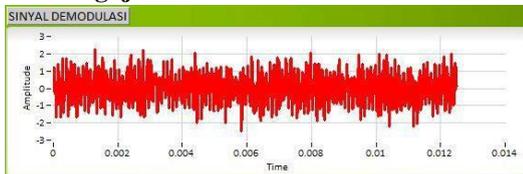
Tabel 4.2 Nilai Parameter Modulasi BPSK Yang Dimasukan Dengan Noise Sedang

Parameter	Nilai parameter
Amplitude <i>Carrier</i>	1.00
Frekuensi <i>Carrier</i>	700 Hz
<i>Binary Input</i>	10
<i>Deviiasi AWGN</i>	0.5

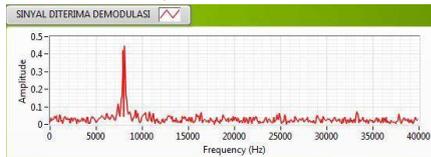


Gambar 4.6 Binary Input

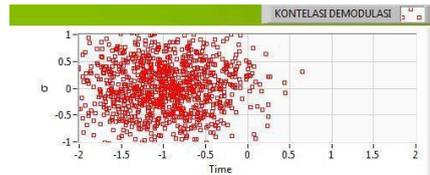
Hasil Pengujian :



Gambar 4.7 Sinyal Domain Waktu BPSK



Gambar 4.8 Sinyal Domain Frekuensi BPSK



Gambar 4.9 Diagram Konstelasi BPSK



Gambar 4.10 Binary Output

Pada hasil pengujian yang ditampilkan pada gambar 4.6 menunjukkan bentuk *binary output* tidak sesuai dengan dengan *binary input*. Itu terjadi karena adanya gangguan dari *noise* yang sedang mempengaruhi perubahan bentuknya sehingga *binary output* tidak sesuai dengan dengan *binary input*.

1.4.4 Pengujian Masukan Noise Tinggi

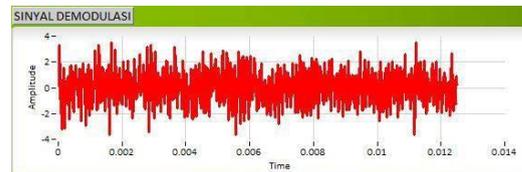
Tabel 4.3 Nilai Parameter Modulasi BPSK Yang Dimasukan Dengan Noise Tinggi

Parameter	Nilai parameter
Amplitude <i>Carrier</i>	1.00
Frekuensi <i>Carrier</i>	700 Hz
<i>Binary Input</i>	10
<i>Deviiasi AWGN</i>	1

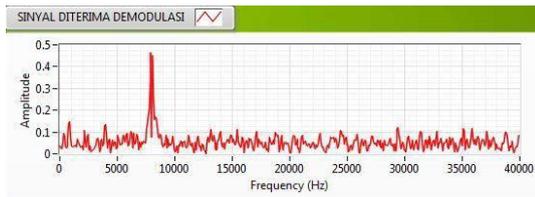


Gambar 4.11 Binary Input

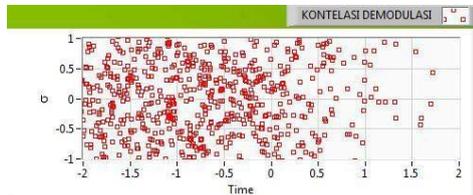
Hasil Pengujian :



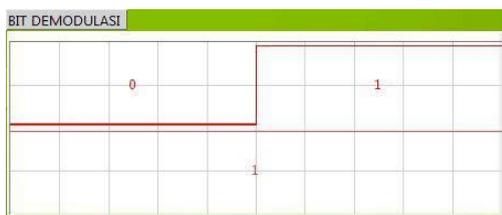
Gambar 4.12 Sinyal Domain Waktu BPSK



Gambar 4.13 Sinyal Domain Frekuensi BPSK



Gambar 4.14 Diagram Konstelasi BPSK



Gambar 4.15 Binary Output

Pada hasil pengujian yang ditampilkan pada gambar 4.5 menunjukkan bentuk *binary output* tidak sesuai dengan dengan *binary input*. Itu terjadi karena adanya gangguan dari *noise* yang tinggi mempengaruhi perubahan bentuknya sehingga *binary output* tidak sesuai dengan dengan *binary input*.

4.3 Pengujian Modulasi dan Demodulasi QPSK Dengan Noise AWGN

Pengujian ini dilakukan pada sistem modulasi dan demodulasi yang sudah dirancang pada bab 3.

Tujuan :

Untuk mengetahui perubahan bentuk sinyal setelah ditambahkan noise AWGN

Alat Uji :

- 3. PC
- 4. Labview 2013

Cara Pengujian :

User memberikan parameter seperti M-PSK, *Message Symbols*, *Symbol Rate*, *Samples per Symbol*, E_b/N_0 , dB dan *Binary Input* yang nantinya sistem akan menampilkan berupa grafik sinyal.

4.3.1 Pengujian Masukan Noise Rendah

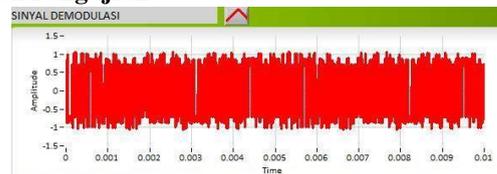
Tabel 4.4 Nilai Parameter Modulasi QPSK Yang Dimasukan Dengan Noise Rendah

Parameter	Nilai parameter
M-PSK	4
<i>Message Symbols</i>	1000
<i>Symbol Rate</i>	100.00 k
<i>Samples per Symbol</i>	8
E_b/N_0 , dB	80
<i>Binary Input</i>	1010110101111110

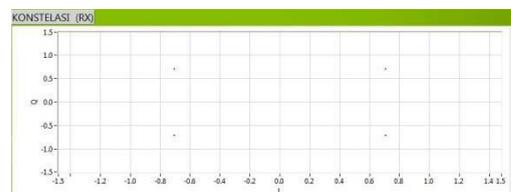


Gambar 4.16 Binary Input

Hasil Pengujian :



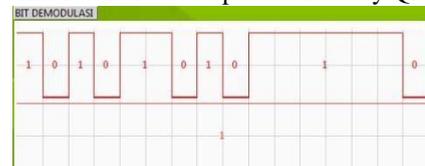
Gambar 4.17 Sinyal Domain Waktu QPSK



Gambar 4.18 Diagram Konstelasi QPSK



Gambar 4.19 Power Spectral Density QPSK



Gambar 4.20 Binary Output

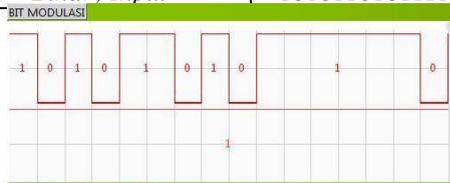
Pada hasil pengujian yang ditampilkan pada gambar 4.14 menunjukkan bentuk *binary output* sesuai dengan dengan *binary input*. Itu terjadi karena adanya gangguan dari *noise* yang rendah tidak mempengaruhi perubahan bentuknya sehingga *binary output* sesuai dengan dengan

binary input.

4.3.2 Pengujian Masukan Noise Sedang

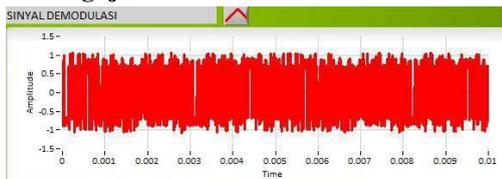
Tabel 4.5 Nilai Parameter Modulasi QPSK Yang Dimasukan Dengan Noise Sedang

Parameter	Nilai parameter
M-PSK	4
Message Symbols	1000
Symbol Rate	100.00 k
Samples per Symbol	8
Eb/N0, dB	40
Binary Input	1010110101111110

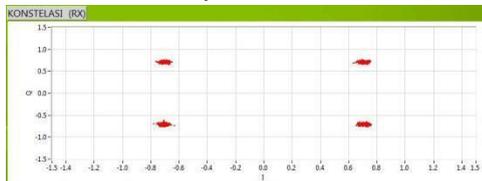


Gambar 4.21 Binary Input

Hasil Pengujian :



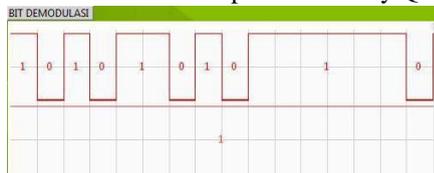
Gambar 4.22 Sinyal Domain Waktu QPSK



Gambar 4.23 Diagram Konstelasi QPSK



Gambar 4.24 Power Spectral Density QPSK



Gambar 4.25 Binary Output

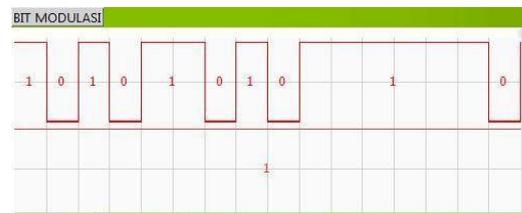
Pada hasil pengujian yang ditampilkan pada gambar 4.19 menunjukkan bentuk *binary output* sesuai dengan dengan *binary input*. Itu terjadi karena adanya gangguan dari *noise* yang sedang tidak mempengaruhi perubahan bentuknya

sehingga *binary output* sesuai dengan dengan *binary input*.

4.3.3 Pengujian Masukan Noise Tinggi

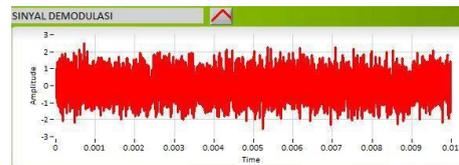
Tabel 4.6 Nilai Parameter Modulasi QPSK Yang Dimasukan Dengan Noise Tinggi

Parameter	Nilai parameter
M-PSK	4
Message Symbols	1000
Symbol Rate	100.00 k
Samples per Symbol	8
Eb/N0, dB	0
Binary Input	1010110101111110

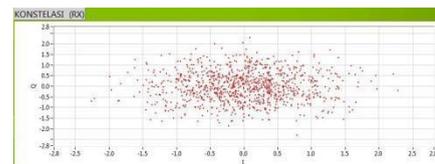


Gambar 4.26 Binary Input

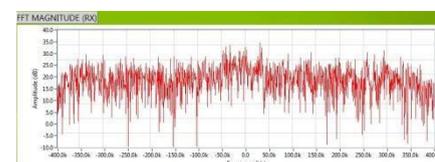
Hasil Pengujian :



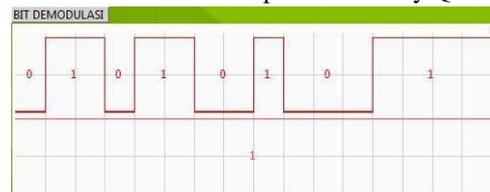
Gambar 4.27 Sinyal Domain Waktu QPSK



Gambar 4.28 Diagram Konstelasi QPSK



Gambar 4.29 Power Spectral Density QPSK



Gambar 4.30 Binary Output

Pada hasil pengujian yang ditampilkan pada gambar 4.24 menunjukkan bentuk *binary*

output tidak sesuai dengan dengan *binary input*. Itu terjadi karena adanya gangguan dari *noise* yang tinggi mempengaruhi perubahan bentuknya sehingga *binary output* tidak sesuai dengan dengan *binary input*.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis terhadap pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa :

- 1 Sistem simulator sinyal BPSK dan QPSK dapat dikontrol dengan memasukan parameter yang sudah tersedia pada aplikasi tersebut.
- 2 Dalam simulator BPSK bit diinput secara manual dan di QPSK bit diinput secara random.
- 3 Pada sistem simulator sinyal BPSK batasan bit yang dimasukkan lebih dari 2 bit maka akan terjadi eror.
- 4 Pada saat *deviasi AWGN* sebesar 0 maka hasil bentuk *binary output* sesuai dengan dengan *binary input* sedangkan pada saat *deviasi AWGN* sebesar 0.001,0,5 dan 1 maka hasil bentuk *binary output* tidak sesuai dengan dengan *binary input*.
- 5 Pada saat E_b/N_0 sebesar 80 maka hasil bentuk *binary output* sesuai dengan dengan *binary input* sedangkan pada saat E_b/N_0 sebesar 0 maka hasil bentuk *binary output* tidak sesuai dengan dengan *binary input*.
- 6 Aplikasi stand alone ini hanya bisa dijalankan di operating system 64-bit karena dalam melakukan stand alone menggunakan labview operating system 64-bit.
- 7 *Software* ini sangat cocok diterapkan sebagai media pembelajaran dalam memahami sinyal digital.

5.2 Saran

Untuk pengembangan dalam merancang dan mengimplementasikan perangkat ini selanjutnya ada baiknya mempertimbangkan beberapa saran di bawah ini agar didapat hasil yang maksimal :

1. Agar *simulator* yang dibuat khusus pada PC/laptop dapat dikembangkan pada aplikasi lain yang memiliki spesifikasi yang bagus seperti. Contohnya pada ponsel dengan sistem operasi Microsoft, dan IOS.

2. Agar *simulator* ini bisa dijalankan secara portable sehingga dapat digunakan tanpa harus masuk kedalam *software* LabVIEW.
3. Dapat direalisasikan sebagai media pembelajaran dalam mata kuliah sistem komunikasi khususnya dalam memahami sinyal digital.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Yunanto hermaputra, "Analisa pengiriman dan penerimaan informasi menggunakan teknik pengkodean linear block Code berbasis perangkat lunak" PENS-ITS, 2009.

[2] Indah Susilawati, " Simulasi pembangkitan sinyal BPSK dan QPSK", Teknik Elektro Universitas Mercu Buana, Yogyakarta, 2009.

[3] Bhaskaran Raman, *Wireless Network: Principles and practice (CS698T)*. Diakses 1 Maret 2015 dari Departement of Computer Science and Engineering, Indian Institute of Technology, Kanpur.
http://www.cse.iitk.ac.in/users/cs698t/Lecture_note/s/lec6/lec06.html

[4] Michal Horevaj, *Vektorovy generator*. Diakses 1 Maret 2015 dari Elektorevue, Elektrotechnic Magazine, Czech Republic.
<http://www.elektorevue.cz/clanky/020334/index.html>

[5] Barry L. Dorr, *Enhance your signal processing toolbox with complex notation*. Diakses 1 Maret 2015 dari Embedded Computing Design.
<http://www.embedded-computing.com/articles/id/?209>

[6] Wikipedia, Phase-shift Keying. Diakses 1 Maret 2015 dari Answer.com Technology.
<http://www.answer.com/topic/phase-shift-keying>

[7] Wells, Lisa.K. *The LabVIEW Student Edition User's Guide*. NewJersey: Prentice Hall.1994.

[8] Dondon, Philippe, dkk., "Design of a low cost BPSK modulator/demodulator for a practical teaching of digital modulation techniques", Einseirb, Paris, 2008.

[9] Lena Miranti Siahaan, dkk., "Rancang Bangun Modulator BPSK untuk Komunikasi Citra pada ITS-Sat", Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2013.

[10] David Anderson, dkk., "Digital Emission Spectrum Model", Department of Commerce, America, 1993.