

Makalah Seminar Tugas Akhir

PENENTUAN TIPE MODULASI DIGITAL MENGGUNAKAN TRANSFORMASI *WAVELET* DENGAN PENDEKATAN STATISTIK

Deka Meiwindra¹⁾, Imam Santoso, ST, MT²⁾; Ajub Ajulian Zahra, ST, MT²⁾
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstract

Nowadays, in the telecommunication world, the uses of wireless technology which most used is digital modulation technique. The technique which usually used are Phase Shift Keying (PSK), Frequency Shift Keying (FSK) and Quadrature Amplitude Modulation (QAM). Each of them has a characteristic and advantages. There is an effort to know every types of signal modulation, required a subsystem which able to classify the modulation types that used.

In this final project, will be designed and tested a program which has a function to determine the types of digital signal modulation, they are BPSK, QPSK, FSK and QAM-16. The program of determination of digital signal modulation in this final project is made with MATLAB. The method are wavelet algorithms, they are Continuous Wavelet Transform and Discrete Wavelet Transform. The reference to determine the type of signal modulation is the variance from the wavelet transform. The testing will be done in the condition that the signal parameters is constant and also with variation of the signal parameters, they are SNR, bit data and amplitude of modulation signal. In addition, the sinus and cosines signals are used as strange signal.

The results show that in ideal condition, the program is able to classify all the type of modulation signals better. The success ratio has reach 99% at SNR 10 dB. To get success ratio 100% for all signal, required minimal SNR 15 dB and to classify the unknown signals required minimal 11 dB to reach 100% success ratio. The testing with the change of the data bit, required minimal 32 bit to reach the success ratio above 90% for all the modulation types. The testing with the change of the amplitude of modulation signals, is obtained that the program was fail to classify BPSK, QPSK and FSK at the altering of the amplitude of modulation signals beside of 0.9 to 1.2. While the QAM-16 signal still can be classified well.

Keywords: modulation, PSK, FSK, QAM, wavelet, SNR

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan teknologi belakangan ini, menentukan modulasi sinyal komunikasi adalah sebuah subsistem yang sedang berkembang untuk berbagai aplikasi komunikasi nirkabel secara khusus. Misalnya, dalam bidang militer dan keamanan, sistem ini berfungsi untuk mengenali sinyal – sinyal asing yang diterima oleh antena komunikasi. Dalam komunikasi komersil, sistem ini digunakan sebagai sebuah subsistem yang mendukung fitur dari berbagai peralatan sistem komunikasi canggih, sebagai contohnya adalah *Wimax*

Dalam aplikasi *Wimax*, penentuan tipe modulasi berperan sebagai subsistem yang mendukung fitur modulasi adaptif dari *Wimax*. Dalam modulasi adaptif, pemancar sinyal (*transmitter*) dapat mengirimkan jenis modulasi sinyal yang berbeda – beda (orde modulasi yang berbeda) sesuai dengan kebutuhan dan jarak dari penerima (*receiver*) saat itu.

Untuk mengenali perbedaan modulasi sinyal komunikasi yang saat itu sedang ditransmisikan adalah tugas dari sistem klasifikasi tersebut. Dalam penelitian akan dibahas tentang metode yang digunakan untuk melakukan penentuan modulasi sinyal komunikasi,

yaitu dengan transformasi *wavelet*. Transformasi *wavelet* digunakan untuk mengetahui ciri khusus dari masing-masing sinyal yang diterima. Sedangkan penentuan tipe modulasi sinyal berdasarkan nilai variansi dari masing-masing sinyal hasil transformasi *wavelet* sebelumnya.

1.2 Tujuan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah untuk membuat program simulasi yang dapat mengklasifikasikan sinyal-sinyal modulasi digital dengan variasi parameter sinyal berdasarkan besaran statistik berupa nilai variansi yang diperoleh dari hasil transformasi *wavelet*.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan atau analisis tidak melebar dan terarah, maka permasalahan dibatasi pada :

1. Program dirancang untuk menentukan tipe sinyal modulasi digital, yaitu BPSK, QPSK, FSK, dan QAM – 16.
2. Pembangkitan sinyal masukan dilakukan dengan parameter – parameter sinyal yang telah ditentukan.

1) Mahasiswa Teknik Elektro UNDIP

2) Dosen Teknik Elektro UNDIP

3. Simulasi dilakukan dengan variasi nilai parameter sinyal yaitu SNR, jumlah bit data dan amplitude sinyal modulasi.
4. Ukuran kinerja simulasi berupa persentase keberhasilan dan grafik persentase keberhasilan terhadap variasi parameter yang dirubah.
5. Tipe kanal yang digunakan adalah kanal AWGN.
6. Transformasi *wavelet* digunakan untuk mengetahui ciri khusus dari sinyal modulasi digital.
7. Penentuan tipe modulasi dari program menggunakan besaran nilai variansi.

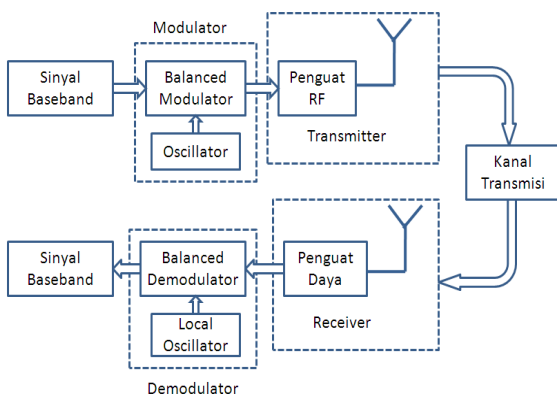
II.DASAR TEORI

2.1 Sistem Komunikasi

Suatu sistem komunikasi bertujuan untuk mengirimkan sinyal yang membawa informasi dari pengirim/pemancar ke penerima melalui sebuah kanal komunikasi. Sinyal yang membawa informasi disebut sinyal *baseband*. Bentuk sinyal *baseband* memiliki frekuensi dan bentuk yang berbeda tergantung dari jenis informasi yang dibawa.

Ukuran keberhasilan sistem komunikasi terlihat dari apakah sistem penerima dapat memperoleh kembali sinyal *baseband* yang telah dikirim oleh sistem pemancar. Pada sistem komunikasi pada umumnya, diantara pemancar dan penerima terdapat sebuah medium yang disebut kanal. Di sini terdapat banyak sinyal-sinyal asing (derau), redaman dan pantulan yang dapat mengganggu sinyal yang dikirim, sehingga sistem penerima terganggu dalam mendapatkan sinyal *baseband* yang asli.

Proses dasar pengiriman sinyal *baseband* dari pemancar ke penerima ditunjukkan pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Blok Diagram sistem komunikasi sederhana

2.2 Modulasi Digital^[9]

Sebelum ditransmisikan, sinyal dapat dimodulasi oleh gelombang pembawa (*carrier*) dengan frekuensi tertentu. Proses modulasi didefinisikan sebagai sebuah proses dimana beberapa karakteristik dari *carrier* divariasikan tergantung pada sinyal *baseband*. Sinyal *carrier* umumnya adalah sinusoidal.

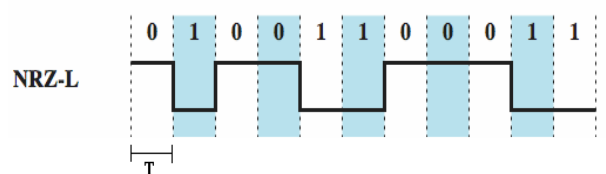
Ada berbagai jenis teknik modulasi digital yang digunakan untuk mengirimkan data. Namun, yang sering digunakan adalah *Phase Shift Keying* (PSK), *Frequency Shift Keying* (FSK) dan *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM). Setiap modulasi memiliki karakteristik dan keuntungan masing-masing.

Dengan modulasi digital, informasi yang dikirimkan umumnya berbentuk data digital yang dapat dinyatakan dalam deretan angka 1 dan 0. Biasanya data ini direpresentasikan sebagai simbol berbentuk pulsa. Aturan bentuk simbol-simbol yang merepresentasikan data tertentu disebut juga koding. Jenis koding yang dipakai dalam pembuatan tugas akhir ini digunakan koding NRZ-L.

2.2.1 Nonreturn to Zero Level (NRZ-L)

Koding NRZ-L mewakili dua nilai tegangan, $-V$ dan $+V$. Secara umum bit 0 menyatakan tegangan yang lebih tinggi dan bit 1 menyatakan tegangan lebih rendah. Level sinyal akan konstan pada salah satu tegangan untuk durasi bit dengan interval T .

Sebagai contoh, deretan data 01001100011 menggunakan sistem koding NRZ-L, maka sinyal *baseband*-nya ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Sinyal Data dengan Koding NRZ-L

2.2.2 Binary Phase Shift Keying (BPSK)

Dalam *binary phase shift keying* (BPSK), dua keluaran fasa yang mungkin akan keluar dan membawa informasi ("*binary*" dimaksudkan disini "2"). Satu fasa keluaran (0° misalnya) mewakili satu logika 1 dan yang lainnya (misalnya 180°) logika 0. Sesuai dengan perubahan keadaan sinyal masukan digital, fasa pada keluaran *carrier* bergeser diantara dua sudut yang keduanya terpisah 180° .

2.2.3 Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

QPSK adalah teknik pengkodean *M-ary* dimana $M=4$ (karenanya dinamakan "*quaternary*" yang berarti "4"). *M-ary* adalah suatu bentuk turunan dari kata "*binary*". Dalam QPSK ada empat fasa keluaran yang berbeda. Karena masukan digital ke modulator QPSK adalah sinyal biner (dasar 2), maka untuk menghasilkan empat kondisi masukan yang berbeda harus dipakai bit masukan lebih dari satu bit tunggal. Dengan menggunakan 2 bit, ada empat kondisi yang mungkin yaitu 00, 01, 10 dan 11.

2.2.4 Frequency Shift Keying (FSK)

Modulasi ini menggunakan 2 buah sinyal *carrier* yang beramplitude sama tetapi berbeda frekuensinya, untuk mengirim 1 bit data dalam 1 buah simbol, yang disebut *Binary Frequency Shift Keying* (BFSK). Bit 0 dikirim dengan sinyal *carrier* berfrekuensi 1, sedangkan bit 1 dikirim dengan sinyal *carrier* lainnya. Pada umumnya, sinyal FSK dapat direpresentasikan pada persamaan 1 dan 2 berikut ini.

$$S_1(t) = A \cos(2\pi f_{c_1} t) \dots\dots\dots(1)$$

untuk simbol 1

$$S_0(t) = A \cos(2\pi f_{c_2} t) \dots\dots\dots(2)$$

untuk simbol 0

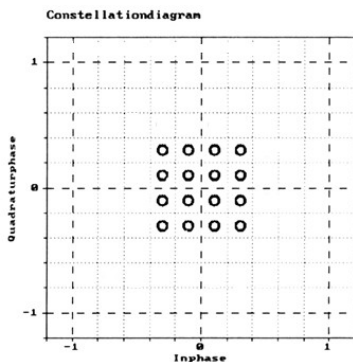
dimana,

- $S_1(t)$ = sinyal keluaran FSK untuk bit 1
- $S_0(t)$ = sinyal keluaran FSK untuk bit 0
- A = amplitude sinyal
- f_{c_1} = frekuensi *carrier* 1
- f_{c_2} = frekuensi *carrier* 2

2.2.5 Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

Dalam modulasi QAM, amplitude dari 2 sinyal yang memiliki beda fase 90° satu dengan lainnya dirubah untuk merepresentasikan sinyal data. Modulasi amplitude untuk 2 sinyal *carrier* dapat dianggap sebagai modulasi amplitude dan modulasi fase pada *carrier* tunggal. Pada modulasi QAM, titik-titik konstelasi (*constellation points*) dibuat dalam bentuk kotak dengan jarak vertikal dan horizontal yang sama.

Modulasi 16 QAM merupakan modulasi yang menggunakan inputan 4 bit dengan 16 kondisi logika, yaitu 0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111. Diagram konstelasi sinyal QAM-16 ditunjukkan pada gambar 3 di bawah ini.

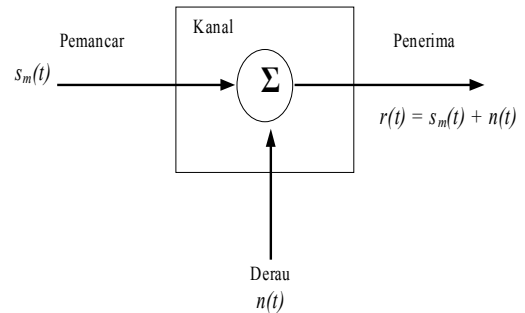


Gambar 3. Diagram konstelasi QAM-16

2.3 Kanal Additive White Gaussian Noise (AWGN)

Kanal transmisi merupakan kanal yang digunakan untuk mengirimkan data atau informasi. Dalam kanal transmisi pada tugas akhir ini digunakan kanal derau AWGN. *Additive white Gaussian noise* (AWGN)

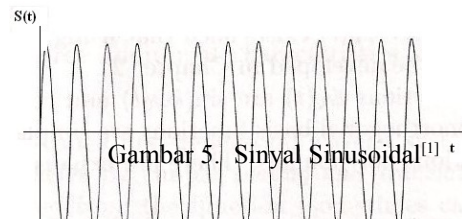
merupakan tipe derau yang diberikan untuk menguji kemampuan sistem. AWGN mempunyai kerapatan spektral yang datar (*flat spectral density*) pada ranah frekuensi yang lebar. Terdistribusi Gaussian adalah pola kemunculan noise yang dianggap terdistribusi Gaussian dengan nilai rata-rata (*mean*) adalah nol^[13]. Model kanal AWGN dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pemodelan kanal AWGN

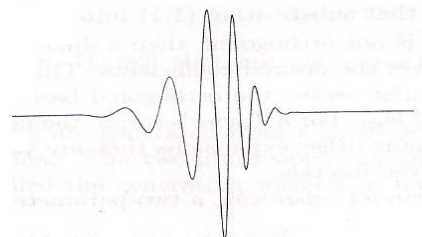
2.4 Transformasi Wavelet^[1]

Transformasi *wavelet* mulai diperkenalkan pada tahun 1980-an oleh Morlet dan Grossman sebagai fungsi matematis untuk merepresentasikan data atau fungsi sebagai alternatif transformasi-transformasi matematika yang lahir sebelumnya untuk menangani masalah resolusi. Sebuah *wavelet* merupakan gelombang singkat (*small wave*) yang energinya terkonsentrasi pada suatu selang waktu untuk memberikan kemampuan analisis transien, ketidakstasioneran, atau fenomena berubah terhadap waktu (*time varying*). Karakteristik dari *wavelet* antara lain adalah beresolusi singkat, translasi (pergeseran), dan dilatasi (skala). Transformasi *wavelet* memiliki kemampuan untuk menganalisis suatu sinyal dalam domain waktu dan domain frekuensi secara simultan. Contoh sinyal hasil transformasi *wavelet* dari sinyal sinusoidal ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Sinyal Sinusoidal^[1] t

Sedangkan sinyal hasil transformasi *wavelet* (*Daubechies*) dari sinyal sinusoidal ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Sinyal hasil Transformasi *Wavelet*^[1]

2.4.1 **Continuous Wavelet Transform (CWT)**^[1]

Merupakan transformasi *wavelet* kontinu yang digunakan untuk menganalisis sinyal non stasionary, dengan sifat statistiknya berubah sepanjang waktu. *Wavelet* mampu melakukan analisis lokal dengan window sekecil mungkin terhadap suatu sinyal. CWT didefinisikan sebagai jumlah sinyal yang dikalikan dari fungsi *wavelet* yang diskala (*scaling*) dan digeser (*shifting*) pada keseluruhan waktu. Faktor *scale* (skala) menyimpan informasi tentang frekuensi dan *shift* (posisi) menyimpan informasi mengenai waktu. Transformasi *wavelet* kontinu (CWT) dari fungsi sinyal kontinu akan menghasilkan koefisien *wavelet* dan dapat dirumuskan pada persamaan 3.

$$C(a,b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int f(\tau) \psi \left(\frac{\tau - b}{a} \right) dt \dots\dots\dots(3)$$

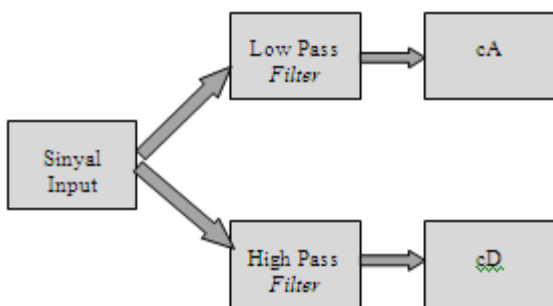
Dimana, ψ = *wavelet* induk
 a = skala
 b = translasi

Dengan b merupakan penggeser fungsi sepanjang $f(t)$ dan a adalah penskala waktu dari fungsi ψ . Jika a lebih besar dari 1, fungsi *wavelet* ψ akan menjadi terenggang sepanjang sumbu waktu dan jika a kurang dari satu (namun masih bernilai positif), maka fungsi *wavelet* ψ akan termampatkan. Normalisasi $1/\sqrt{|a|}$ digunakan untuk memastikan bahwa energinya sama untuk semua nilai a .

2.4.2 **Discrete Wavelet Transform (DWT)**^[1]

Merupakan transformasi *wavelet* diskrit yang berguna untuk menganalisa sinyal dengan cara dekomposisi sinyal atas frekuensi tinggi dan frekuensi rendah melalui *filter highpass* (HPF) dan *lowpass* (LPF).

Gambaran dari proses transformasi *wavelet* diskrit (DWT) dengan level 1 ditunjukkan pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Dekomposisi DWT Level 1

Proses dekomposisi dari suatu sinyal dengan *Discrete Wavelet Transform* level 1 dinyatakan dengan persamaan 4.

$$f(t) = \sum_{j,k} a_{j,k} 2^{j/2} \psi \left(2^j t - k \right) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana,

- $f(t)$ = suatu sinyal
- $a_{j,k}$ = koefisien DWT
- ψ = *wavelet* induk
- j = parameter skala / level
- k = parameter ruang / waktu

Untuk dekomposisi multilevel, komponen aproksimasi keluaran dari LPF didekomposisi ulang hingga level tertentu. Tujuannya supaya didapatkan informasi lebih teliti tentang detail suatu sinyal dan aproksimasi bentuk sinyal yang lebih halus. Dekomposisi multilevel dimanfaatkan untuk memisahkan derau dari sinyal.

2.5 **Variansi**^[2]

Sebagai dasar dari penentuan tipe modulasi digital pada tugas akhir ini digunakan sebuah besaran statistik yaitu nilai variansi dari sinyal hasil pengolahan. Nilai variansi adalah pangkat dua dari standar deviasi. Standar deviasi sendiri adalah suatu nilai yang menunjukkan tingkat variasi suatu kelompok data (Usman, 2006). Pada tugas akhir ini, nilai variansi digunakan untuk mengenali ciri khusus dari masing-masing tipe modulasi digital yang digunakan. Nilai variansi dihitung berdasarkan variasi nilai amplitude dari sinyal yang dihasilkan oleh transformasi *wavelet* pada subsistem pemrosesan sinyal. Amplitude dari sinyal *wavelet* merupakan kumpulan koefisien dari transformasi *wavelet*. Nilai variansi dapat dirumuskan pada persamaan 5 berikut ini.

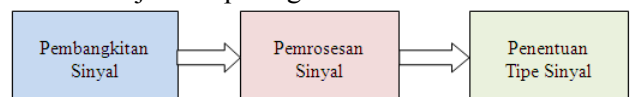
$$\sigma = Sd^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots(6)$

- Dimana, σ = variansi
- Sd = standar deviasi
- n = jumlah data (sampel)
- x_i = amplitude sinyal (suku data)
- \bar{x} = rata-rata (*mean*)

III. PERANCANGAN SIMULASI

Dalam perancangan sistem akan dibuat beberapa tahapan, tahapan kerja sistem dimulai dari pembangkitan sinyal, pemrosesan sinyal dan diakhiri dengan penentuan tipe modulasi sinyal. Blok diagram sistem ditunjukkan pada gambar 8.



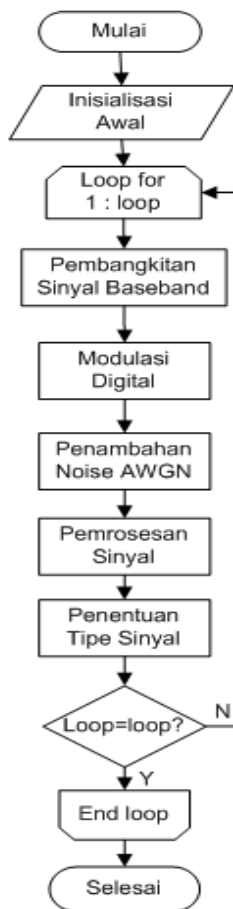
Gambar 8. Blok diagram sistem

Pada proses pembangkitan sinyal dilakukan penentuan parameter-parameter sinyal, yang akan digunakan dalam melakukan pembangkitan sinyal. Parameter-parameter sinyal yang digunakan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter sinyal masukan

No.	Parameter sinyal masukan	Keterangan
1	Frekuensi <i>sampling</i> sinyal (fs)	130 KHz
2	Jumlah bit data yang dibangkitkan (nd)	120 bit
3	<i>Bit rate</i> data (br)	13 kbps
4	Pembangkitan data	Acak
5	Waktu total pembangkitan sinyal (t) = nd/br	$9,23 \times 10^{-3}$ s
6	Total sampel = fs x t	1200 sampel
7	Frekuensi <i>Carrier</i> 1 (fc1) untuk semua sinyal	900 MHz
8	Frekuensi <i>Carrier</i> 2 (fc2) untuk FSK	2 x fc1

Diagram alir dari simulasi program dari penentuan tipe modulasi sinyal digital ditunjukkan pada gambar 9.

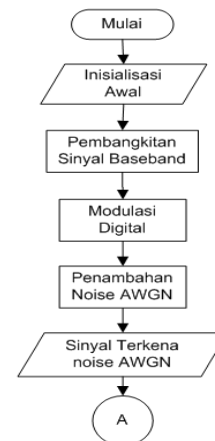


Gambar 9. Diagram alir dari program penentuan tipe modulasi sinyal digital

Pada gambar 9. proses modulasi digital terhadap sinyal *baseband* menggunakan empat jenis modulasi digital, yaitu BPSK, QPSK, FSK dan QAM-16. Proses modulasi dilakukan secara berurutan hingga proses penentuan tipe sinyal. Setiap satu proses modulasi digital selesai dilakukan, maka akan langsung ditentukan pula tipe modulasinya dan dilakukan sebanyak n loop percobaan. Kemudian akan dilanjutkan dengan modulasi digital berikutnya sebanyak n loop percobaan pula. Begitu seterusnya hingga keempat jenis modulasi selesai digunakan.

3.1 Pembangkitan Sinyal

Menggambarkan proses pembangkitan sinyal *baseband* digital, modulasi digital, kemudian penambahan *noise* sebagai simulasi kanal transmisi sinyal. Pembangkitan sinyal ditunjukkan gambar 10.



Gambar 10. Diagram alir dari pembangkitan sinyal

3.1.1 Pembangkitan Sinyal *Baseband* Digital

Pembangkitan sinyal *baseband* digital dilakukan secara acak dengan coding NRZ-L yang berisi 120 bit data. Oleh karena dibangkitkan secara acak, maka setiap sinyal memiliki deretan bit data yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Sinyal ini dibangkitkan dengan *bit rate* yang sama, yakni 13 kbps, sehingga total waktu pembangkitan sinyal *baseband* adalah $9,23 \times 10^{-3}$ sekon.

3.1.2 Modulasi BPSK

Proses modulasi BPSK dilakukan dengan mengalikan per elemen sinyal *baseband* NRZ-L dengan sinyal sinusoidal. Sebagai sinyal *carrier* digunakan sinyal sinus dengan frekuensi 900 MHz. Data 1 dan data 0 akan memiliki beda fasa sebesar 180°, sehingga menghasilkan sinyal BPSK.

3.1.3 Modulasi QPSK

Proses modulasi QPSK dilakukan dengan menggunakan fungsi `qpskmod` (program 3 – 9). Fungsi `qpskmod` menghasilkan keluaran data yang termulasi dengan modulasi QPSK. Fungsi `qpskmod` mentransformasi sinyal *baseband* NRZ-L sehingga bisa

dikalikan dengan sinyal *carrier*. Hasilnya diperoleh sinyal QPSK yang memiliki perbedaan fasa sebesar 90° untuk 4 buah simbol yang berbeda.

3.1.4 Modulasi FSK

Proses modulasi BPSK dilakukan dengan menggunakan fungsi logika biasa, dimana setiap elemen sinyal data NRZ-L digunakan untuk menentukan frekuensi yang digunakan saat itu. Jika data = 0, digunakan frekuensi *carrier* 1 dengan frekuensi 900 MHz. Sedangkan Jika data = 1, digunakan frekuensi *carrier* 2 dengan frekuensi $2 \times f_{c1} = 1800$ MHz. Sehingga dihasilkan 2 sinyal berbeda *carrier* yang disebut sinyal FSK.

3.1.5 Modulasi QAM - 16

Modulasi QAM yang digunakan untuk simulasi ini adalah QAM - 16. Modulasi QAM dilakukan dengan menggunakan fungsi *qammod* (Program 3-23). Fungsi *qammod* akan mentransformasi sinyal *baseband* NRZ-L sehingga bisa dikalikan dengan sinyal *carrier*. Hasil keluaran berupa 16 jenis simbol, dengan 4 bit deretan data untuk masing-masing simbol.

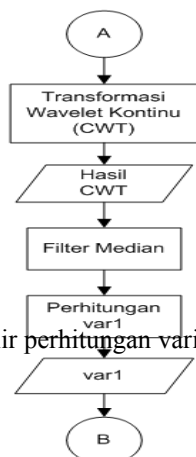
3.1.6 Penambahan Noise AWGN

Sebagai simulasi kanal transmisi, digunakan jenis *noise* AWGN (*Additive White Gaussian Noise*). Setiap sinyal hasil modulasi digital akan ditambahkan *noise* AWGN. Kanal AWGN mempunyai kerapatan spektral yang datar (*flat spectral density*) pada ranah frekuensi yang lebar, dimana informasi diberi gangguan berupa penambahan linear dari *white noise* dengan kerapatan spektrum yang konstan dan terdistribusi *Gaussian*.

3.2 Pemrosesan Sinyal

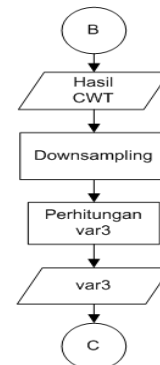
Pemrosesan sinyal terdiri dari tiga urutan proses. Pada tugas akhir ini, bahwa kombinasi yang baik dalam membandingkan ciri khusus dengan menggunakan transformasi *wavelet* dari suatu sinyal digital, untuk transformasi *wavelet* kontinu adalah dengan level ke-14 dan transformasi *wavelet* diskrit dengan level ke-6.

Pada proses pertama ini dilakukan perhitungan variansi 1, yaitu dengan transformasi *wavelet* kontinu (CWT) level ke-14, lalu melewati filter median dan melakukan perhitungan nilai variansi. Gambaran perhitungan variansi 1 ditunjukkan gambar 11.



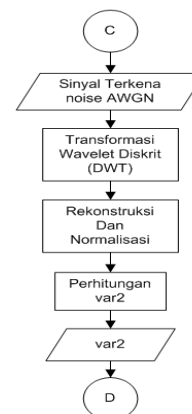
Gambar 11. Diagram alir perhitungan variansi 1

Proses pada urutan kedua adalah perhitungan variansi 3, yaitu dengan melakukan *downsampling* hasil dari CWT kemudian melakukan perhitungan nilai variansi 3. Proses perhitungan variansi 3 ditunjukkan gambar 12.



Gambar 12. Diagram alir perhitungan variansi 3

Urutan ketiga adalah perhitungan variansi 2, yaitu dengan melakukan transformasi *wavelet* diskrit (DWT) terhadap sinyal yang diterima. Setelah itu melakukan rekonstruksi dan normalisasi, kemudian melakukan perhitungan variansi 2. Proses perhitungan variansi 2 ditunjukkan gambar 13.



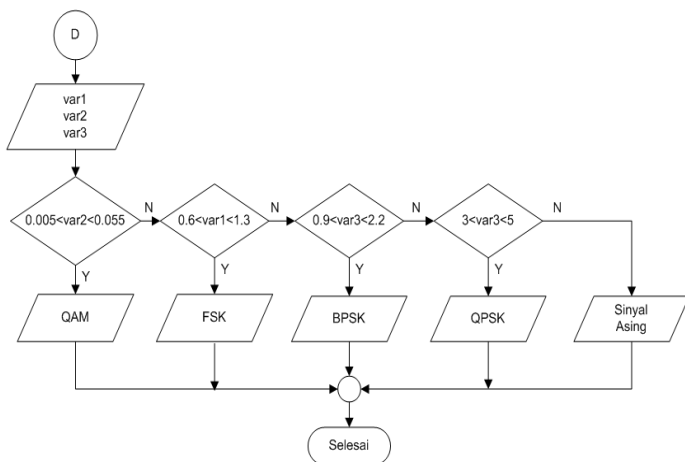
Gambar 13. Diagram alir perhitungan variansi 2

3.3 Penentuan Tipe Modulasi Sinyal

Pada bagian ini sinyal yang telah diproses tadi akan ditentukan jenis modulasinya dengan sebuah program keputusan. Untuk menentukan jenis modulasi sinyal masukan digunakan pendekatan dari nilai variansi yang diperoleh dari pemrosesan sinyal. Nilai variansi yang diperoleh untuk masing-masing sinyal akan dibandingkan dengan nilai SNR (berkisar antara 1-25 dB).

Penentuan jenis modulasi dilakukan dengan menentukan nilai batas (*threshold*) pemisah antara jenis sinyal satu dengan lainnya. Dengan demikian jenis sinyal modulasi yang digunakan akan bisa diketahui. Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, yakni dengan melakukan percobaan sebanyak 100 kali perulangan (loop), digunakan pendekatan nilai batas variansi yang mengacu pada nilai SNR di atas 10 dB.

Diagram alir (*flowchart*) program keputusan ditunjukkan pada gambar 14 di bawah ini.



Gambar 14. Diagram alir program keputusan

Diagram alir pada gambar 14 di atas, terdapat beberapa tahapan dalam menentukan tipe modulasi sinyal. Tahap pertama memisahkan jenis modulasi amplitude dengan jenis modulasi lain. Parameter yang digunakan adalah nilai variansi 2. Hasilnya tipe modulasi sinyal QAM dapat dipisahkan dari sinyal lainnya.

Tahap kedua adalah memisahkan jenis modulasi frekuensi dengan jenis modulasi fase. Parameter yang digunakan adalah nilai variansi 1. Hasilnya tipe modulasi sinyal FSK dapat terpisahkan.

Tahap ketiga adalah memisahkan jenis modulasi fase berdasarkan level modulasinya. Parameter yang digunakan adalah nilai variansi 3. Hasilnya tipe modulasi sinyal berorde rendah yakni BPSK terpisahkan dari modulasi sinyal QPSK.

Tahap terakhir adalah memisahkan sinyal QPSK dengan sinyal asing yang kemungkinan ditangkap oleh penerima dan masuk dalam sistem. Dengan menggunakan parameter nilai variansi 3, hasilnya sinyal QPSK dapat dipisahkan dengan sinyal asing.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Evaluasi kinerja program penentuan tipe modulasi ini dilakukan dengan cara melakukan beberapa pengujian dengan beberapa parameter keberhasilan.

4.1. Pengujian dengan Parameter Tetap

Pada pengujian dengan parameter tetap menggunakan parameter yang sama dengan parameter sinyal yang digunakan dalam pembuatan program sebelumnya. Sehingga dapat diketahui kemampuan program bekerja pada keadaan ideal. Parameter keberhasilan diukur berdasarkan persentase keberhasilan tipe modulasi dikenali dengan benar. Parameter yang digunakan pada pengujian program dengan parameter dasar ditunjukkan pada tabel 1 sebelumnya. Pengujian dilakukan sebanyak 1000 loop

percobaan pada nilai SNR di bawah 10 dB dan di atas 10 dB. Hasil dari pengujian pada SNR 4 dB ditunjukkan tabel 2.

Tabel 2. Keberhasilan klasifikasi pada SNR 4 dB

Sinyal Dikirim	Sinyal Diterima					Persentase Keberhasilan (%)
	BPSK	QPSK	FSK	QAM	Asing	
BPSK	600	0	0	392	8	60
QPSK	0	887	0	113	0	88.7
FSK	116	0	467	417	0	46.7
QAM	0	0	0	999	1	99.9

Dari tabel 2. terlihat bahwa dari percobaan yang dilakukan sebanyak seribu kali, dengan mengirimkan keempat sinyal dengan tipe modulasi yang berbeda, diperoleh hasil yang kurang baik. Persentase keberhasilan program untuk mengenali sinyal BPSK dan FSK masih rendah, yakni untuk BPSK sebesar 60 % dan FSK sebesar 46.7 %.

Hasil dari pengujian pada SNR 8 dB ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Keberhasilan klasifikasi pada SNR 8 dB

Sinyal Dikirim	Sinyal Diterima					Persentase Keberhasilan (%)
	BPSK	QPSK	FSK	QAM	Asing	
BPSK	958	0	0	42	0	95.8
QPSK	0	999	0	1	0	99.9
FSK	6	0	952	42	0	95.2
QAM	0	0	0	1000	0	100

Pada tabel 3. dengan kondisi SNR 8 dB diperoleh hasil yang sudah baik, yakni keberhasilan mengenali sinyal BPSK sebesar 95.8% dan FSK sebesar 95.2%. sedangkan tingkat keberhasilan untuk QPSK mencapai 99%, QAM sudah 100%.

Hasil dari pengujian pada SNR 10 dB ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Keberhasilan klasifikasi pada SNR 10 dB

Sinyal Dikirim	Sinyal Diterima					Persentase Keberhasilan (%)
	BPSK	QPSK	FSK	QAM	Asing	
BPSK	999	0	0	1	0	99.9
QPSK	0	1000	0	0	0	100
FSK	1	0	997	2	0	99.7
QAM	0	0	0	1000	0	100

Pada tabel 4. dengan SNR 10 dB, terlihat bahwa persentase keberhasilan program mengklasifikasi sinyal sudah baik. Tingkat keberhasilan klasifikasi sinyal QPSK dan QAM mampu mencapai 100%,

sedangkan klasifikasi sinyal BPSK dan FSK sudah mencapai 99%.

Hasil dari pengujian pada SNR 15 dB ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Keberhasilan klasifikasi pada SNR 15 dB

Sinyal Dikirim	Sinyal Diterima					Persentase Keberhasilan (%)
	BPSK	QPSK	FSK	QAM	Asing	
BPSK	1000	0	0	0	0	100
QPSK	0	1000	0	0	0	100
FSK	0	0	1000	0	0	100
QAM	0	0	0	1000	0	100

Pada tabel 5. dengan SNR 15 dB, terlihat bahwa persentase keberhasilan program mengklasifikasi sinyal sudah sangat baik. Tingkat keberhasilannya mencapai 100% untuk semua jenis sinyal modulasi digital.

4.2 Pengujian dengan Masukan Sinyal Asing

Pengujian dengan masukan sinyal asing dilakukan dengan memasukan sinyal uji selain keempat sinyal modulasi digital yang digunakan, Sinyal yang digunakan sebagai sinyal uji adalah sinyal sinus dan cosinus. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja program terhadap sinyal asing yang kemungkinan tertangkap oleh penerima. Parameter sinyal yang digunakan sama dengan parameter di tabel 1. Hasil Pengujian pada SNR 4 dB ditunjukkan tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Keberhasilan klasifikasi sinyal asing pada SNR 4 dB

Sinyal Dikirim	Sinyal Diterima					Persentase Keberhasilan (%)
	BPSK	QPSK	FSK	QAM	Asing	
Sinus	0	88	0	420	492	49.2
Cosinus	0	114	0	417	469	46.9

Dari tabel 6. terlihat bahwa dari percobaan yang dilakukan sebanyak seribu kali, dengan mengirimkan sinyal uji yakni, sinyal sinus dan sinyal cosinus, diperoleh hasil yang kurang baik. Pada kondisi SNR 4 dB, tingkat keberhasilan program dalam mengklasifikasi adanya sinyal asing hanya bisa mencapai nilai 49.2%.

Hasil Pengujian pada SNR 8 dB ditunjukkan tabel 7. berikut ini.

Tabel 7. Keberhasilan klasifikasi sinyal asing pada SNR 8 dB

Sinyal Dikirim	Sinyal Diterima					Persentase Keberhasilan (%)
	BPSK	QPSK	FSK	QAM	Asing	
Sinus	0	0	0	33	967	96.7
Cosinus	0	0	0	48	952	95.2

Pada tabel 7. dengan kondisi SNR 8 dB, keberhasilan program dalam mengklasifikasi sinyal asing sudah cukup baik. Tingkat keberhasilan program mengklasifikasi sinyal sinus bisa mencapai nilai 96.7 %, sedangkan untuk sinyal cosinus mencapai 95.2 %.

Hasil Pengujian pada SNR 10 dB ditunjukkan tabel 8. berikut ini.

Tabel 8. Keberhasilan klasifikasi sinyal asing pada SNR 10 dB

Sinyal Dikirim	Sinyal Diterima					Persentase Keberhasilan (%)
	BPSK	QPSK	FSK	QAM	Asing	
Sinus	0	0	0	0	1000	100
Cosinus	0	0	0	4	996	99.6

Pada tabel 8. pada nilai SNR 10 dB, tingkat keberhasilan sudah baik karena bisa mencapai nilai 100 % untuk klasifikasi sinyal sinus, sedangkan sinyal sinus mencapai tingkat keberhasilan sebesar 99.6 %.

Hasil Pengujian pada SNR 11 dB ditunjukkan tabel 9. berikut ini.

Tabel 9. Keberhasilan klasifikasi sinyal asing pada SNR 11 dB

Sinyal Dikirim	Sinyal Diterima					Persentase Keberhasilan (%)
	BPSK	QPSK	FSK	QAM	Asing	
Sinus	0	0	0	0	1000	100
Cosinus	0	0	0	0	1000	100

Pada tabel 9. pada nilai SNR 11 dB, tingkat keberhasilan program sudah sangat baik karena sudah mencapai 100%, baik untuk klasifikasi sinyal sinus maupun untuk sinyal cosinus.

4.3 Pengujian dengan Variasi Parameter Sinyal Masukan

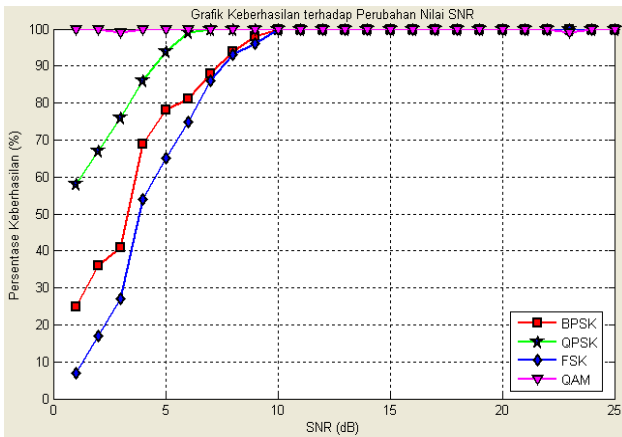
Pada tahap ini, pengujian dilakukan dengan melakukan perubahan nilai parameter sinyal masukan yang berbeda dari nilai awalnya.

4.3.1 Percobaan dengan Perubahan Nilai SNR Sinyal Masukan

Pada kondisi ideal, semua parameter sinyal masukan sudah ditentukan dan nilai SNR di tentukan berada di atas 10 dB. Hasil percobaan yang diperoleh menunjukkan hasil yang baik, dimana persentase klasifikasi sinyal masukan bisa mencapai 100 %.

Namun pada kenyataan sesungguhnya nilai SNR tidak selamanya tetap. Oleh karena itu perlu untuk diketahui sejauh mana program yang telah dibuat bekerja pada kondisi SNR yang berbeda-beda. Sehingga dapat diketahui pengaruh perubahan nilai SNR sinyal masukan terhadap persentase keberhasilan program melakukan klasifikasi dari sinyal yang diterima.

Percobaan ini dilakukan untuk masing-masing sinyal modulasi dengan nilai SNR berkisar antara 1 sampai 25 dB, serta dengan interval 1 dB untuk antar titik. Pada tiap titik, masing-masing dilakukan 100 kali loop percobaan. Parameter sinyal masukan yang lain dibuat sama dengan percobaan parameter tetap. Hasil percobaan berupa grafik persentase keberhasilan klasifikasi sinyal terhadap SNR sinyal masukan, ditunjukkan pada gambar 15 berikut ini.



Gambar 15. Grafik Persentase keberhasilan klasifikasi sinyal masukan dengan perubahan SNR

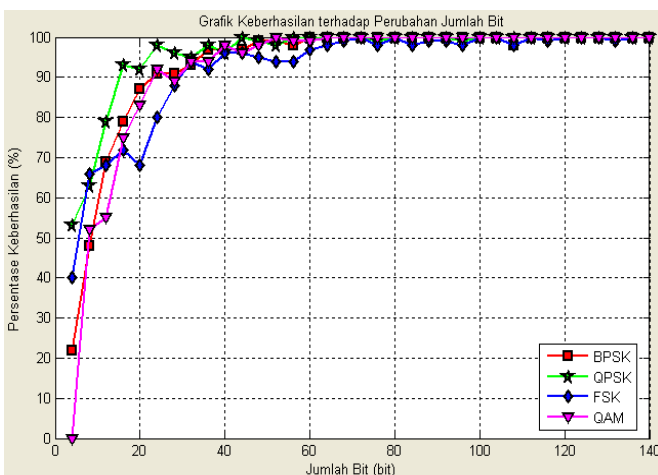
Pada gambar 15 terlihat bahwa klasifikasi sinyal modulasi untuk keempat sinyal mencapai 90% ke atas pada kondisi SNR 8 dB dan mencapai keberhasilan 100% pada minimal SNR 10 dB. Bertambahnya nilai SNR akan meningkatkan keberhasilan klasifikasi sinyal digital.

Dari keempat sinyal yang diklasifikasi, yang paling baik adalah klasifikasi sinyal QAM. keberhasilan klasifikasi sinyal QAM tidak terpengaruh dan masih tinggi, yakni berkisar 99-100%.

4.3.2 Percobaan dengan Perubahan Jumlah Bit Data Sinyal Masukan

Pada keadaan ideal, jumlah bit data yang diproses sebanyak 120 bit. Pengurangan jumlah bit data akan mempengaruhi persentase keberhasilan dari klasifikasi sinyal modulasi digital.

Percobaan dilakukan dilakukan dari 4 bit sampai dengan 140 bit, dengan interval 4 bit antar titik. Hal ini karena pada sinyal QAM-16, 1 simbol mewakili 4 bit data. Percobaan dilakukan sebanyak 100 kali untuk masing-masing titik. Hasil percobaan dapat dilihat pada gambar 16 berikut ini.



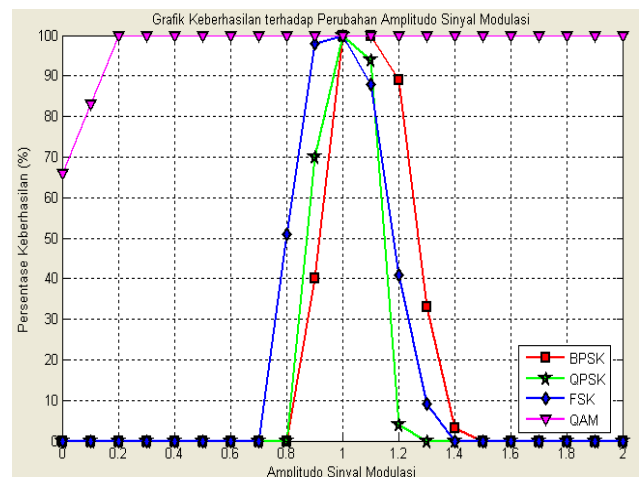
Gambar 16. Grafik Persentase keberhasilan klasifikasi sinyal masukan dengan perubahan Jumlah bit

Pada gambar 16. terlihat bahwa klasifikasi sinyal modulasi digital untuk keempat sinyal mencapai 90% ke atas membutuhkan minimal 32 bit. Dari keempat klasifikasi sinyal modulasi digital pada perubahan jumlah bit, diperoleh bahwa klasifikasi sinyal QPSK merupakan klasifikasi sinyal yang paling baik. Hal ini karena sinyal QPSK membutuhkan bit data yang paling sedikit, yakni 24 bit untuk dapat diklasifikasi dengan benar dengan keberhasilan tertinggi dari keempat sinyal modulasi.

4.3.3 Percobaan dengan Perubahan Amplitude Sinyal Modulasi

Pada percobaan ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh perubahan amplitude sinyal modulasi terhadap persentase keberhasilan klasifikasi sinyal. Percobaan dengan perubahan amplitude sinyal modulasi dilakukan untuk mengetahui jenis sinyal mana yang paling rentan untuk tidak terklasifikasi terhadap adanya perubahan amplitude sinyal modulasi. Selain itu juga untuk mengetahui kemampuan klasifikasi program terhadap adanya perubahan kuat lemahnya sinyal modulasi yang diterima.

Percobaan ini dilakukan dengan melakukan variasi amplitude sinyal modulasi untuk masing-masing jenis sinyal modulasi dari 0.1 sampai 2. Dengan interval 0.1 antar titik. Percobaan dilakukan sebanyak 100 kali loop untuk masing-masing titik. Parameter sinyal lainnya sama dengan parameter awal yang digunakan pada kondisi ideal. Untuk grafik persentase keberhasilan pada pengujian dengan perubahan amplitude sinyal modulasi ditunjukkan pada gambar 17 berikut ini.



Gambar 17. Grafik Persentase keberhasilan klasifikasi sinyal masukan dengan perubahan amplitude

Pada gambar 17. terlihat bahwa tingkat keberhasilan klasifikasi sinyal pada perubahan amplitude sinyal modulasi untuk sinyal BPSK, QPSK dan FSK memiliki kesamaan hasil. Ketiga sinyal masih dapat diklasifikasi pada nilai kisaran amplitude yang hampir sama dengan amplitude aslinya, yakni antara 0.9

sampai 1.2. Sedangkan untuk nilai amplitude selainya, ketiga sinyal tersebut mengalami kegagalan klasifikasi. Hasil klasifikasi yang baik untuk ketiga sinyal tersebut adalah pada nilai amplitude aslinya yakni 1. Dari keempat klasifikasi sinyal modulasi digital pada perubahan amplitude sinyal modulasi, diperoleh bahwa sinyal QAM-16 merupakan sinyal yang paling baik diklasifikasikan.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari simulasi dan analisis permasalahan dalam tugas akhir ini adalah :

1. Program penentuan tipe modulasi sinyal digital dapat bekerja dengan baik dan dapat mencapai tingkat keberhasilan klasifikasi sebesar 99% untuk semua jenis sinyal pada SNR minimal 10 dB serta mampu mencapai keberhasilan 100% dengan SNR minimal 15 dB.
2. Klasifikasi program terhadap adanya sinyal asing (sinus dan cosinus) berhasil dilakukan dengan baik dengan tingkat keberhasilan 100% pada nilai SNR minimal 11 dB.
3. Pada pengujian perubahan SNR, tingkat keberhasilan klasifikasi di atas 90% untuk semua jenis sinyal terjadi pada SNR minimal 8 dB. Untuk mencapai keberhasilan 100 %, sinyal BPSK menggunakan SNR minimal 10 dB, sinyal QPSK minimal 7 dB, sinyal FSK minimal 9 dB, sedangkan sinyal QAM-16 hanya memerlukan minimal 1 dB.
4. Pada pengujian perubahan jumlah bit data dibutuhkan minimal 32 bit untuk mencapai tingkat keberhasilan di atas 90% pada semua jenis modulasi digital. Untuk mencapai keberhasilan 100 %, sinyal BPSK membutuhkan minimal 60 bit, sinyal QPSK minimal 44 bit, sinyal FSK minimal 72 bit dan sinyal QAM-16 minimal 52 bit.
5. Pada pengujian perubahan amplitude sinyal modulasi, program berhasil mengklasifikasi sinyal BPSK pada amplitude antara 0.9 sampai 1.4, sedangkan amplitude selainya, program mengalami kegagalan klasifikasi.
6. Sinyal QPSK dapat diklasifikasi pada amplitude antara 0.9 sampai 1.2, sedangkan amplitude selainya, program mengalami kegagalan klasifikasi.
7. Sinyal FSK dapat diklasifikasi pada amplitude antara 0.8 sampai 1.3, sedangkan amplitude selainya, program mengalami kegagalan klasifikasi.

8. Sinyal QAM-16 pada perubahan amplitude sinyal modulasi masih dapat diklasifikasi dengan baik dengan keberhasilan di atas 80% pada amplitude 0.1, sedangkan untuk mencapai keberhasilan 100 %, dibutuhkan amplitude minimal sebesar 0.2.
9. Pada pengujian dengan parameter tetap maupun dengan variasi parameter sinyal diperoleh hasil bahwa dari keempat sinyal modulasi yang digunakan, sinyal jenis modulasi QAM-16 merupakan sinyal yang paling mudah diklasifikasikan oleh program.

5.2 Saran

Beberapa saran yang terutama bisa menjadi masukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Melakukan pengujian pada kanal *multipath rayleigh fading*.
2. Melakukan pengembangan dengan menggunakan teknik modulasi adaptif.
3. Melakukan pengembangan dengan menggunakan tipe *wavelet* yang lain seperti *Daubechies*, *Symlets*, *Mexican Hat*, dan *Meyer*.
4. Melakukan pengembangan dengan menggunakan sinyal modulasi digital dengan orde yang lebih tinggi seperti QAM-64, QAM-256, 16-PSK dan 64-PSK.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Burrus, C. Sidney, Gopinath, Ramesh A dan Guo, Haitao. *Intoduction to Wavelets and Wavelet Transforms*. Prentice Hall, New Jersey. 1998
- [2]. Fadhila, Wike S, *Pengaruh Modulasi M-PSK pada Unjuk Kerja Sistem Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*, Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Undip, 2009.
- [3]. Freeman, Roger L, “*Telecommunication Transmission Handbook*”, 4rd Edition, John Wiley & Son, New Jersey, 1991.
- [4]. Harada, Hiroshi dan R. Prasad, *Simulation and Software Radio for Mobile Communication*, Boston, Artech 2008.
- [5]. Krismawan, I Made Putra. *Denoising Pada Sinyal Bicara Menggunakan Wavelet Packet Transform Dan Teager Energy Operator*. IT Telkom, Desember 2009.
- [6]. Nainggolan, Junnus Maurits, *Transformasi Wavelet Diskrit*, PDF Files, Desember 2009.

- [7]. Rappaport, Theodore S., *Wireless Communications*, Prentice Hall, 1996.
- [8]. Sastraminata, Keefvin. *Klasifikasi Tipe Modulasi Sinyal Komunikasi Menggunakan Transformasi Wavelet*. Tugas Akhir S1, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, ITB, Juni 2007
- [9]. Sklar, Bernard, *Digital Communications Fundamentals and Applications*, Prentice Hall, 1988.
- [10]. Stallings, William, *Komunikasi dan Jaringan Nirkabel*, Erlangga, Jakarta, 2007.
- [11]. Supranto, *Statistik Teori dan Aplikasi*, Erlangga, Jakarta, 1989.
- [12]. Usman, Husaini dan Purnomo Setiady A, *Pengantar Statistika*, Bumi Aksara, Jakarta, 2006.
- [13]. Wisnu O.P.S, *Simulasi Transmisi Sinyal Digital pada Kanal AWGN dan Rayleigh Fading*, PDF files, April 2009.

Mengetahui dan mengesahkan :

Dosen Pembimbing I

Imam Santoso, ST, MT
NIP . 19701203 199702 1 001

Dosen Pembimbing II

Ajub Ajulian Zahra, ST, MT
NIP . 19710719 199802 2 001



DEKA MEIWINDRA
(L2F005526)

Dilahirkan di Kudus, 6 Mei 1987. Menempuh pendidikan dasar di MI Muhammadiyah Jatikulon lulus tahun 1999 dan melanjutkan ke SLTPN 1 Kudus sampai tahun 2002 kemudian dilanjutkan lagi di SMAN 1 Kudus, lulus tahun 2005. Dari tahun 2005 sampai saat ini masih menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi.