

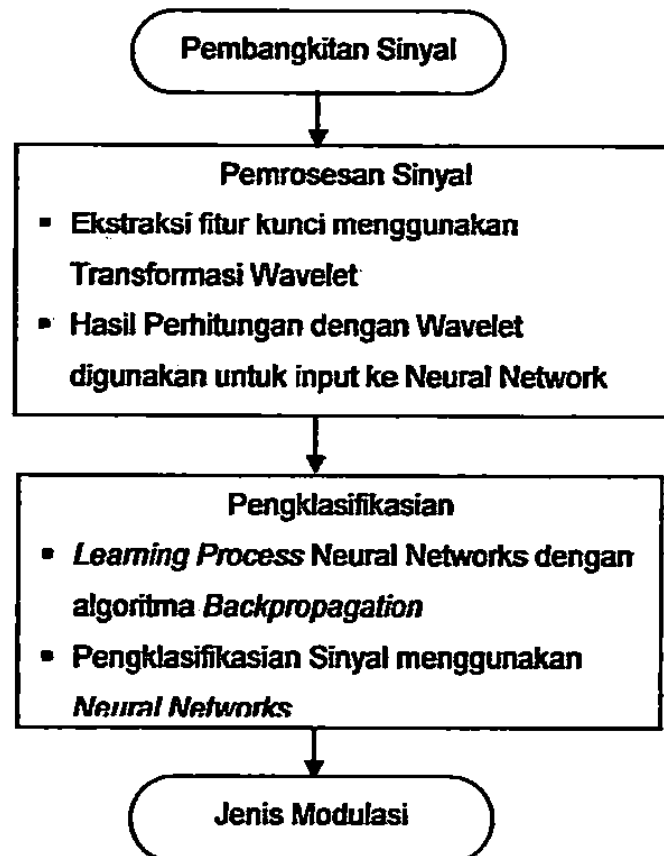
BAB III

PERANCANGAN DAN PENGUJIAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan proses desain dan perancangan sistem klasifikasi modulasi mulai pembangkitan sinyal hingga membuat program pengklasifikasian dan pengujiannya dengan SNR 1 dB sampai dengan 25 dB.

3.1 Perancangan Sistem

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan langkah kerja sistem yang akan dibuat. Tahapan kerjanya dijelaskan dalam bentuk algoritma sistem pengklasifikasian modulasi di bawah ini:

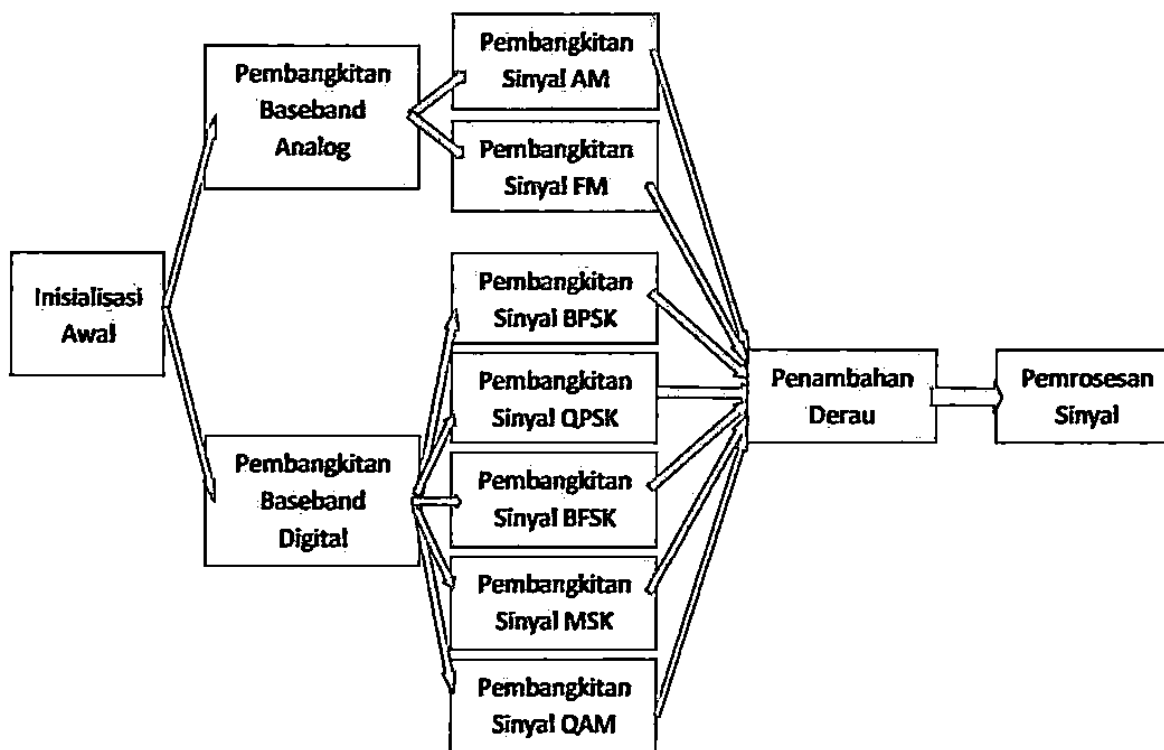


Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Sistem Pengklasifikasian Modulasi

dalam melakukan proses desain pengklasifikasian modulasi mendefinisikan spesifikasi sistem secara terperinci. Spesifikasi mencakup penjabaran perilaku sistem secara spesifik.

3.1.1 Pembangkitan Sinyal

Blok diagram pembangkitan sinyal dapat dibagi-bagi menjadi beberapa subsistem spesifik yang dapat memperjelas hal-hal yang dikerjakan. Subsistem itu dapat dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Gambar subsistem Pembangkitan Sinyal

3.1.1.1 Inisialisasi Awal

Inisialisasi ini diperlukan untuk menentukan parameter-parameter yang akan digunakan dalam seluruh sistem, terutama dalam pembangkitan sinyal. Parameter-parameter sinyal yang dibangkitkan adalah sebagai berikut:

- Jumlah bit data yang ditransmisikan (n_d) = 40 bit
- *Bit rate* data (br) = 20 kbps
- Data dibangkitkan secara *random* (acak)
- Frekuensi sinyal analog = 50, 100, 500, 1000, 5000 Hz
- Waktu total sinyal yang dibangkitkan = $n_d/br = 2 \cdot 10^{-3}$ s
- Total sampel = $f_s \times t = 1000$ sampel
- Frekuensi *carrier* 1 (fc_1) = 50 kHz (disamakan untuk semua jenis sinyal)
- Frekuensi *carrier* 2 (fc_2) = $2 \times fc_1$ (untuk sinyal BFSK membutuhkan dua sinyal *carrier*)

3.1.1.2 Pembangkitan sinyal *baseband* analog

Dalam subsistem dibangkitkan sinyal *baseband* analog, yang diusahakan mendekati sinyal *audio* (suara). Sinyal *baseband* adalah hasil penjumlahan beberapa sinyal sinusoidal yang memiliki frekuensi antara 20 – 20000 Hz (frekuensi suara). Secara spesifik sinyal ini adalah penjumlahan 5 buah sinyal sinusoidal dengan frekuensi 50, 100, 500, 1000, dan 5000 Hz.

Pembangkitan sinyal AM

Pembangkitan sinyal AM dilakukan dengan menggunakan fungsi MATLAB: 'modulate' terhadap sinyal *baseband* analog, sehingga dihasilkan sinyal AM yang secara spesifik adalah AM *double side band, suppressed carrier*. Sebagai sinyal *carrier*, digunakan sinyal sinusoidal dengan frekuensi 50 kHz.

Pembangkitan sinyal FM

Pembangkitan sinyal FM dilakukan dengan menggunakan fungsi MATLAB: 'modulate' terhadap sinyal *baseband* analog, sehingga dihasilkan

sinyal FM. Frekuensi *carrier* sinyal menggunakan frekuensi yang sama dengan AM, yaitu 50 kHz.

3.1.1.3 Pembangkitan sinyal *baseband* digital

Dalam subsistem dibangkitkan secara acak sinyal digital dengan koding NRZ-L yang berisi 40 bit. Sinyal *baseband* ini dibangkitkan dengan *bit rate* yang sama, yaitu 20 kbps, sehingga secara total, waktu sinyal adalah $2 \cdot 10^{-3}$ s (detik).

Pembangkitan sinyal BPSK

Pembangkitan sinyal BPSK dilakukan dengan mengalikan per elemen sinyal *baseband* NRZ-L dengan sinyal sinusoidal *carrier* ($\text{data} \cdot \text{carrier}$). Dengan demikian data 1 dan data 0 akan memiliki beda fasa sebesar 180° . Sebagai sinyal *carrier*, digunakan sinyal sinusoidal dengan frekuensi 50 kHz.

Pembangkitan sinyal QPSK

Pembangkitan sinyal QPSK dilakukan dengan menggunakan fungsi qpskmod yang mentransformasikan terlebih dahulu sinyal *baseband* NRZ-L sehingga dapat dikalikan dengan sinyal *carrier*. Hasilnya didapatkan sinyal QPSK, yang memiliki perbedaan fasa sebesar 90° masing-masing untuk 4 buah simbol yang berbeda.

Pembangkitan sinyal BFSK

Pembangkitan sinyal BFSK dilakukan dengan menggunakan fungsi logika biasa dimana setiap elemen dari sinyal data NRZ-L akan digunakan untuk menentukan frekuensi yang digunakan saat itu. Jika data = 1, digunakan frekuensi *carrier* 1 dengan frekuensi 50 kHz sebagai sinyal BFSK, jika data = 0, digunakan frekuensi *carrier* 2 dengan frekuensi $2 \times f_{c1}$ yaitu 100 kHz sebagai sinyal BFSK

Pembangkitan sinyal MSK

Pembangkitan sinyal MSK dapat dilakukan melalui pendekatan berbasis QPSK dan berbasis FSK. Pada penelitian ini dilakukan melalui pendekatan berbasis FSK. Sinyal MSK dianggap sinyal FSK dengan transisi fasa kontinu, karena fasa *locus* terdistribusi secara halus dan kontinu.

Fungsi bobot biasanya $\cos(\pi t/2T_b)$ untuk data I_{ch} dan $\sin(\pi t/2T_b)$ untuk data Q_{ch} . Hal ini menunjukkan bahwa simulasi membangkitkan sinyal MSK dan sinyal MSK ini tidak pernah melewati sinyal aslinya (berbentuk seperti sinyal aslinya). Oleh karena itu, frekuensi tiruan ke (*channel*) saluran lain dikurangi.

Pembangkitan sinyal QAM

Sinyal QAM yang digunakan adalah QAM-16, pembangkitan sinyal QAM ini dilakukan dengan menggunakan fungsi *qammod* yang terlebih dahulu ditransformasi sehingga dapat dikalikan dengan sinyal *carrier*. Hasilnya (masing-masing 90°) untuk menghasilkan 16 jenis simbol untuk masing-masing 4 bit deretan data.

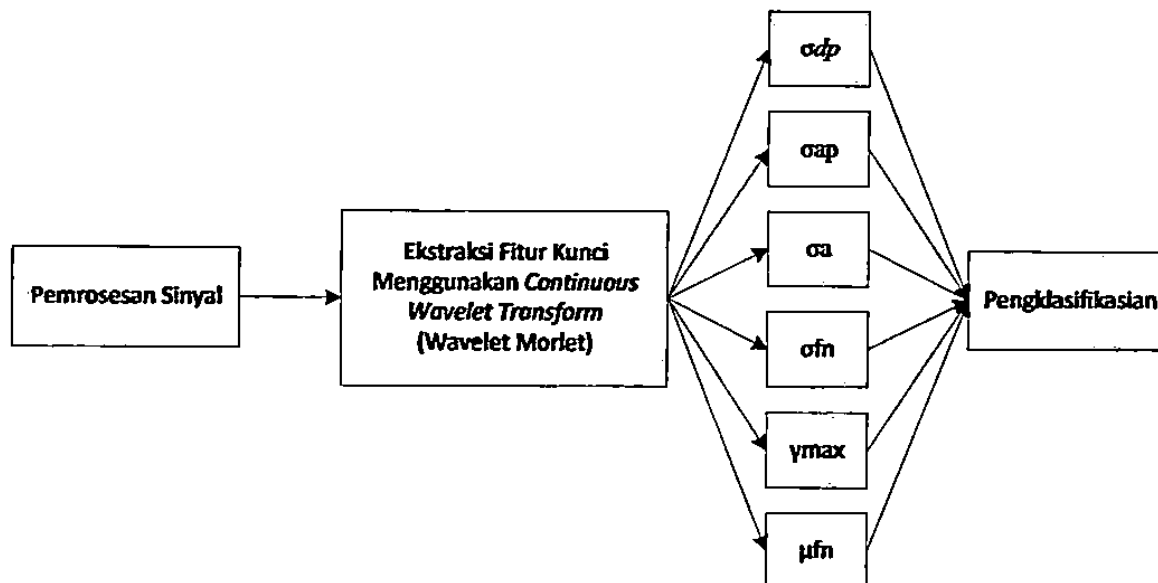
3.1.1.4 Penambahan Derau

Dalam penelitian ini keadaan kanal diharapkan sesuai dengan kondisi nyata. Untuk mensimulasikan kanal pada transmisi sinyal, maka setiap sinyal yang telah dibangkitkan akan ditambahkan derau. Jenis derau yang digunakan adalah derau

(AWGN (Additive White Gaussian Noise)) Untuk menambahkan derau digunakan

3.1.2 Pemrosesan Sinyal

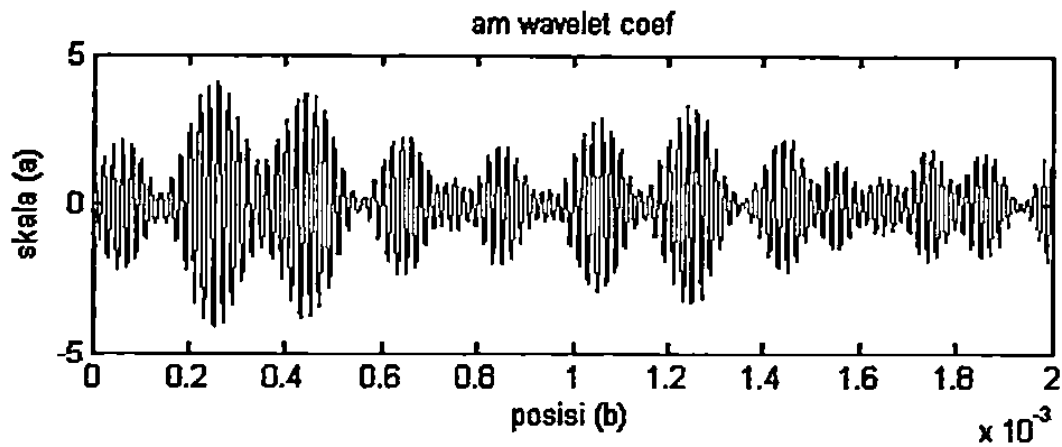
Blok diagram pemrosesan sinyal dapat dijabarkan menjadi subsistem spesifik yang memperjelas hal-hal yang dikerjakan, sebagai berikut:



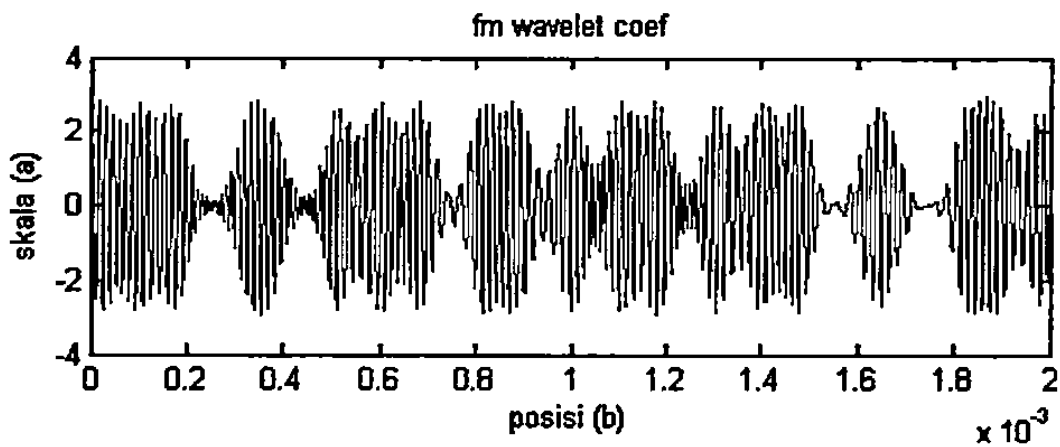
Gambar 3.3 Gambar subsistem Pemrosesan Sinyal

3.1.2.1 *Continuous Wavelet Transform* Menggunakan Wavelet Morlet dengan Skala 6

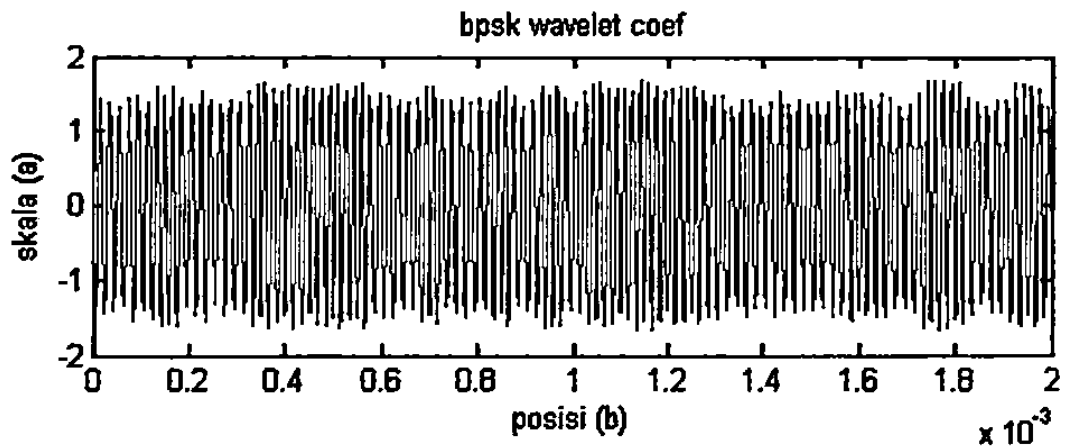
Pada subsistem ini dilakukan *Continuous Wavelet Transform* (transformasi wavelet kontinu) menggunakan Wavelet Morlet dengan skala=6 sehingga melalui transformasi ini sinyal masing-masing jenis modulasi ini akan mengalami perubahan dan masing-masing memiliki sifat khusus. Untuk masing-masing sinyal dapat digambarkan hasil CWT adalah sebagai berikut:



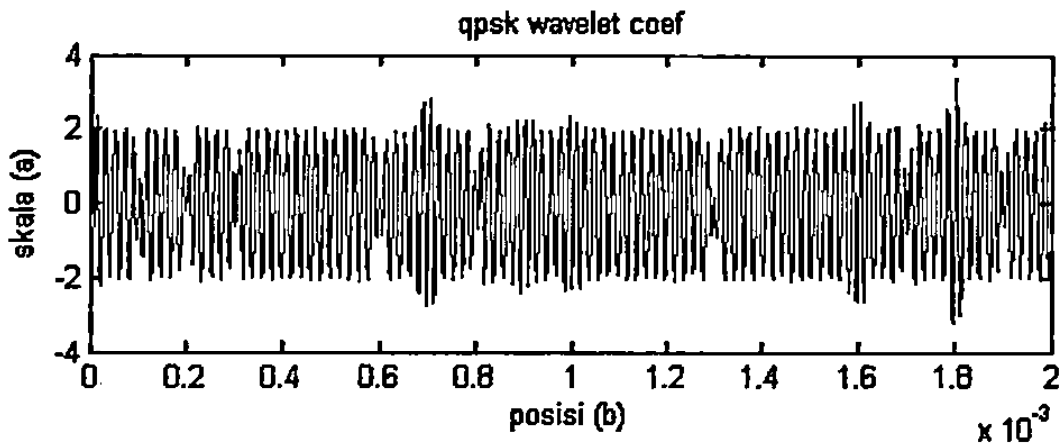
Gambar 3.4 Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal AM



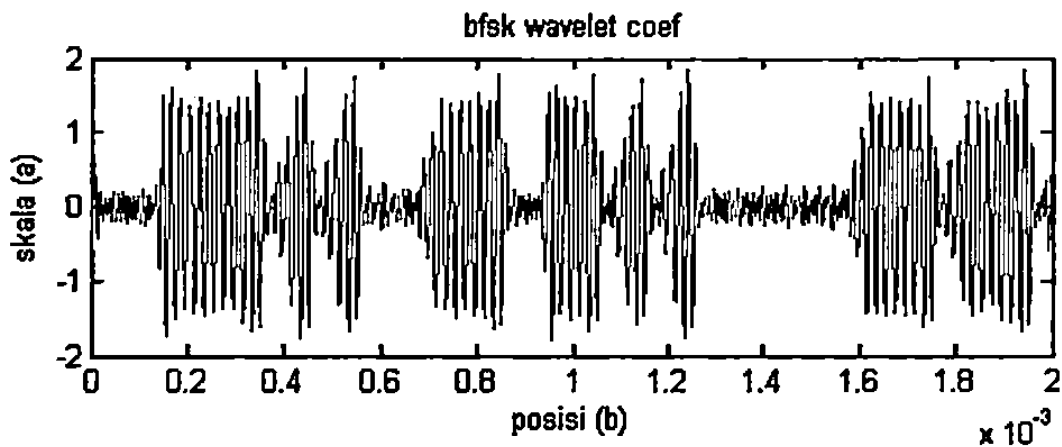
Gambar 3.5 Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal FM



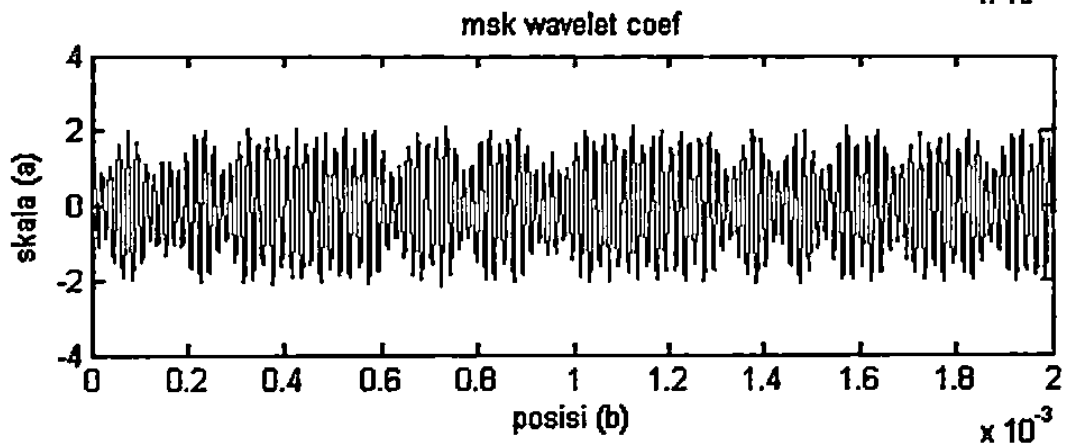
Gambar 3.6 Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal BPSK



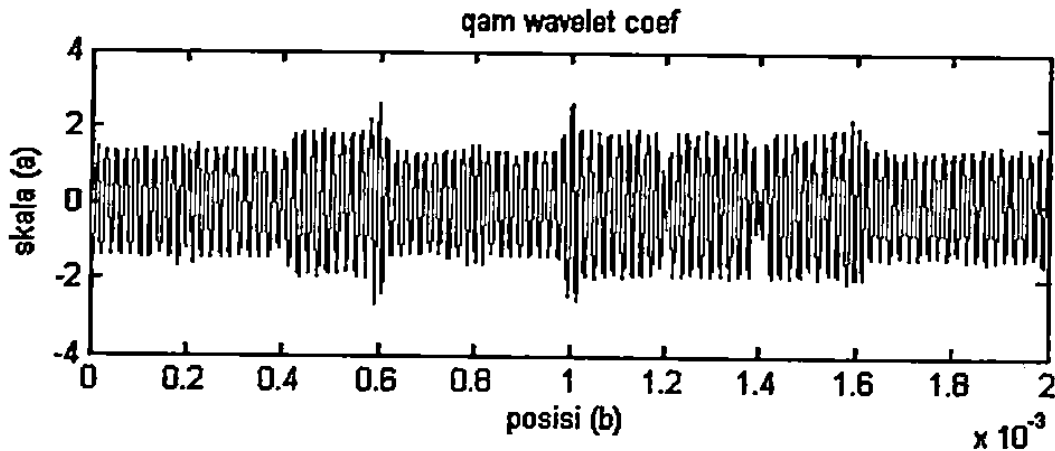
Gambar 3.7 Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal QPSK



Gambar 3.8 Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal BFSK



Gambar 3.9 Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal MSK



Gambar 3.10 Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal QAM

3.1.2.2 Ekstraksi Fitur Kunci menggunakan Transformasi Wavelet

Ada enam fitur kunci yang digunakan pada pendekatan klasifikasi tipe modulasi sinyal komunikasi berbasis Wavelet dan *Neural Networks*. Fitur-fitur kunci yang digunakan pada pengklasifikasian tipe modulasi adalah :

1. Kerapatan spektral daya (*power spectral density*) maksimum dari amplitudo sesaat ternormalisasi sinyal diterima (γ_{max})

Fitur ini digunakan untuk membedakan modulasi frekuensi dan sudut (FM, , BPSK, BFSK, dan MSK) dengan modulasi amplitudo dan kombinasi (AM, QPSK, dan QAM). Fitur ini juga sering digunakan untuk membedakan sinyal yang mempunyai *envelope* konstan dengan yang tidak memiliki *envelope* konstan.

2. Simpangan baku nilai absolut komponen non linear fasa sesaat ternormalisasi, yang diukur pada sinyal diterima (σ_{ap})

Fitur ini digunakan untuk membedakan sinyal yang mempunyai informasi fasa absolut dengan sinyal yang tidak mempunyai informasi fasa absolut.

Pada modulasi analog, fitur ini memiliki basis untuk FM dan modulasi

konstan untuk AM. Sedangkan pada modulasi digital, BPSK mempunyai nilai fitur lebih kecil dari yang lainnya (QPSK, BFSK, MSK, dan QAM)

3. Simpangan baku nilai langsung komponen non linear fasa sesaat ternormalisasi, yang diukur pada sinyal diterima (σ_{dp})

Fitur ini digunakan untuk membedakan sinyal yang mempunyai informasi fasa sesaat dengan sinyal yang tidak mempunyai informasi fasa sesaat. Modulasi AM tidak mempunyai informasi fasa sesaat sedangkan BPSK, QPSK, MSK dan QAM mempunyai informasi fasa sesaat. Modulasi FSK memiliki fasa sesaat yang cenderung konstan.

4. Simpangan baku amplitudo sesaat ternormalisasi (σ_a)

Modulasi AM mempunyai nilai simpangan yang lebih besar daripada modulasi FM pada modulasi analog. Pada modulasi digital QAM mempunyai nilai simpangan yang lebih besar dari yang lainnya (BPSK, QPSK, BFSK, dan MSK).

5. Simpangan baku frekuensi sesaat ternormalisasi (σ_{fn})

Modulasi FM dan QPSK mempunyai nilai simpangan lebih besar dibandingkan yang lainnya (AM, BPSK, BFSK, MSK, dan QAM).

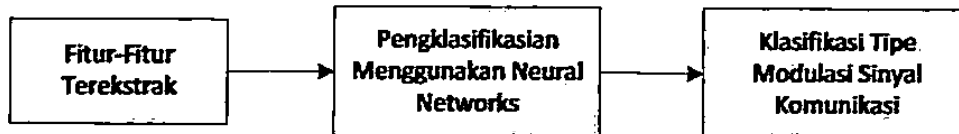
6. Kurtosis frekuensi sesaat ternormalisasi (μ^f_{42})

Fitur ini digunakan untuk membedakan modulasi BFSK dengan modulasi MSK.

Selanjutnya keenam fitur kunci digunakan untuk masukan pada subsistem

3.1.3 Pengklasifikasian Tipe Modulasi Sinyal

Blok diagram pengklasifikasian dapat dijabarkan menjadi subsistem spesifik yang memperjelas hal-hal yang dikerjakan, sebagai berikut:

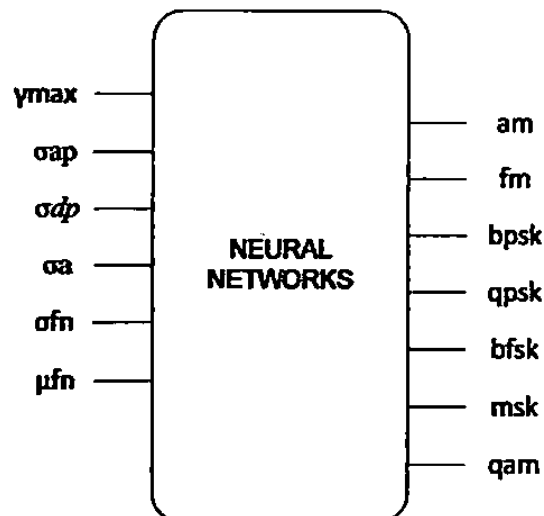


Gambar 3.11 Subsistem Pengklasifikasian

Pengklasifikasian Tipe Modulasi Menggunakan *Neural Networks*

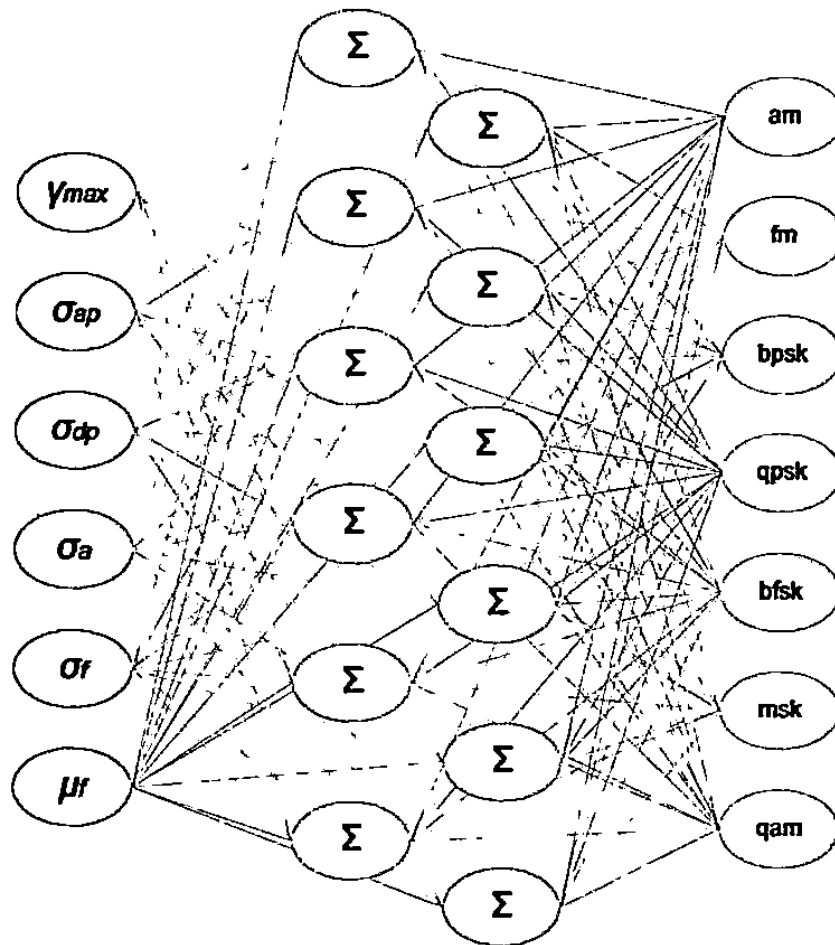
Pada proses ini dilakukan pembuatan *Neural Networks* untuk mengklasifikasikan modulasi berdasarkan fitur-fitur kunci yang telah diekstrak dari proses sebelumnya dengan menggunakan Matlab version 7.0.

Neural Networks dibangun dengan arsitektur *feedforward* satu jaringan, terdiri dari satu *layer* masukan, satu *layer* tersembunyi, dan satu *layer* keluaran dengan algoritma yang digunakan adalah algoritma *backpropagation*. Berikut adalah blok fungsional algoritma *backpropagation Neural Networks*:



Gambar 3.12 Blok Fungsional Algoritma *Backpropagation Neural Networks*

Selanjutnya diperlihatkan arsitektur jaringan *feedforward Neural Networks*:



Gambar 3.13 Arsitektur Jaringan Neural Networks

Pada proses pembentukan *Neural Networks* ditentukan laju pembelajaran adalah 0,01 dan nilai fungsi kinerja tujuan sebesar 0,001. Terdapat juga grafik prediksi yang menunjukkan seberapa dekat nilai prediksi untuk setiap contoh keluaran dengan nilai kebenaran serta ditunjukkan pula nilai setiap kolom.

3.2 Pengujian Sistem

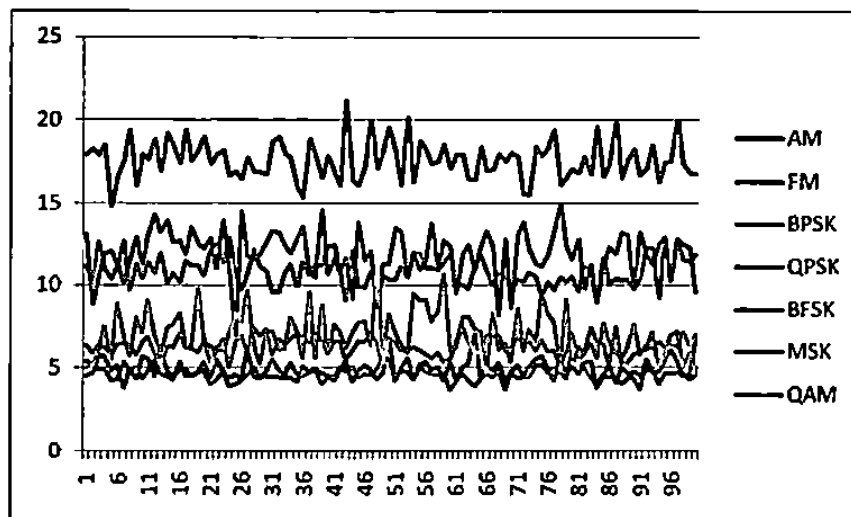
Pengujian sistem dilakukan dengan menguji dua subsistem yaitu subsistem ekstraksi fitur-fitur kunci dengan transformasi wavelet kontinu dan subsistem penklasifikasi tipe modulasi sinyal dengan *neural networks*.

3.2.1 Ekstraksi Fitur Kunci dengan Transformasi Wavelet Kontinu

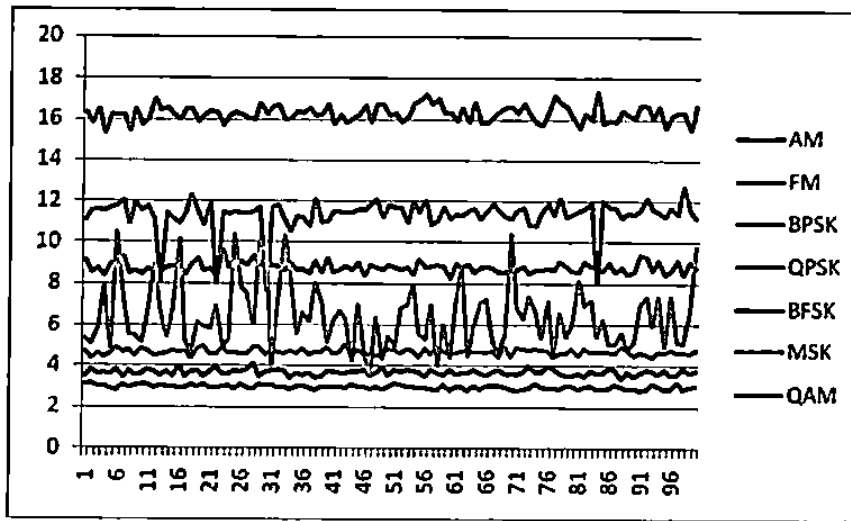
Pertama dilakukan pengujian terhadap pengestrakan fitur pada tiap tipe modulasi pada SNR 1 dB sampai dengan 25 dB, dengan 100 kali percobaan. Hasil pengestrakan fitur kunci ini kemudian diamati dan dianalisis sehingga dapat diketahui fungsinya, yaitu:

1. Kerapatan spektral daya maksimum dari amplitudo sesaat ternormalisasi sinyal diterima (γ_{max})

Nilai γ_{max} yang didapat direpresentasikan ke dalam bentuk grafik untuk lebih mudah dalam melakukan pengamatan. Grafik yang diberikan adalah grafik pada pengujian SNR 12 dB dan 24 dB, yang dirasa sudah cukup representatif untuk menunjukkan perbedaan nilai-nilai γ_{max} sinyal masukan.



Gambar 3.14 Grafik nilai γ_{max} sinyal masukan pada SNR 12 dB



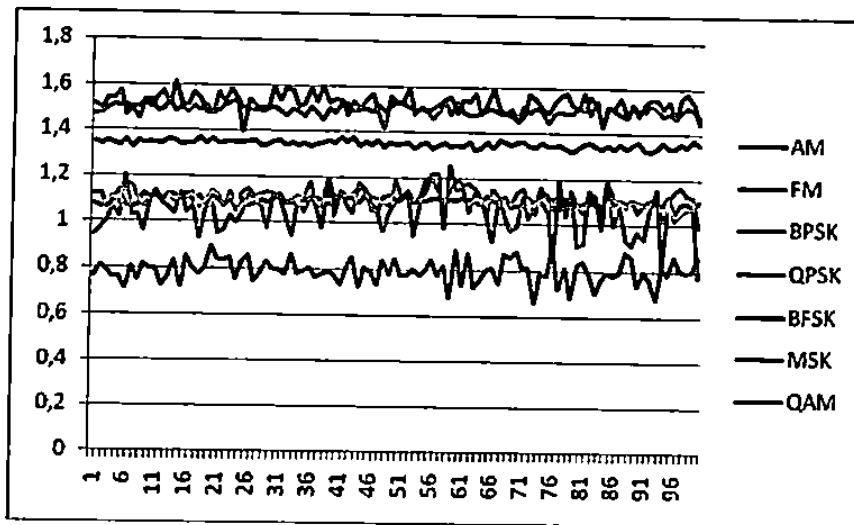
Gambar 3.15 Grafik nilai γ_{max} sinyal masukan pada SNR 24 dB

Untuk modulasi analog, dari gambar dapat dilihat bahwa γ_{max} bernilai kecil untuk FM dan cukup besar untuk AM. Hal ini menunjukkan nilai γ_{max} dapat digunakan untuk membedakan sinyal modulasi yang mempunyai envelope konstan (FM) dengan sinyal modulasi yang tidak mempunyai envelope konstan (AM). Pada modulasi digital, nilai γ_{max} untuk QPSK paling besar, kemudian QAM, sedangkan BPSK, BFSK, dan MSK nilai kerapatan γ_{max} -nya hampir sama, sehingga tidak dapat dibedakan secara signifikan.

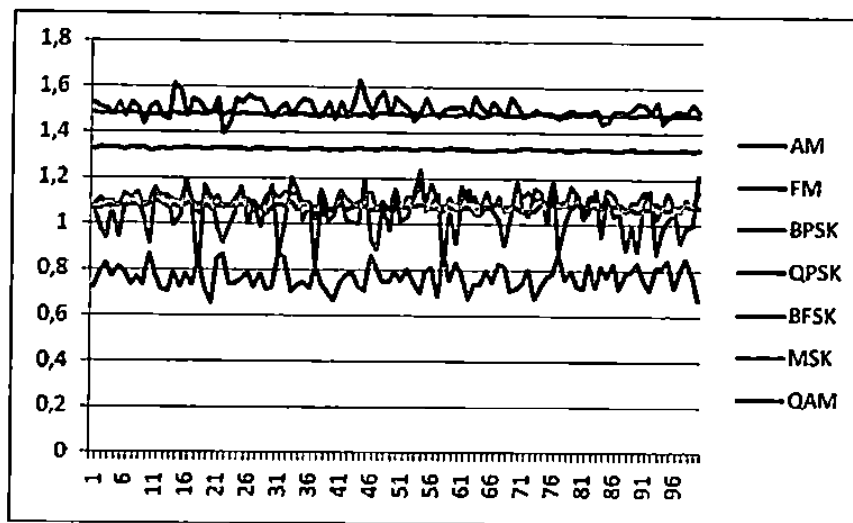
2. Simpangan baku nilai absolut komponen non linear fasa sesaat ternormalisasi, yang diukur pada sinyal diterima (σ_{ap})

Nilai simpangan baku yang didapat direpresentasikan dengan grafik yang

diwakili oleh rangkuman pada SNR 12 dB dan 24 dB



Gambar 3.16 Grafik nilai σ_{ap} sinyal masukan pada SNR 12 dB

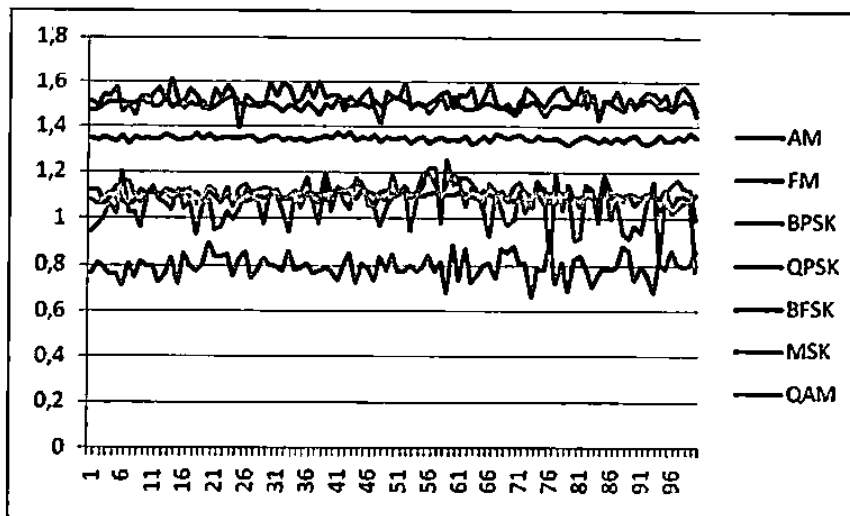


Gambar 3.17 Grafik nilai σ_{ap} sinyal masukan pada SNR 24 dB

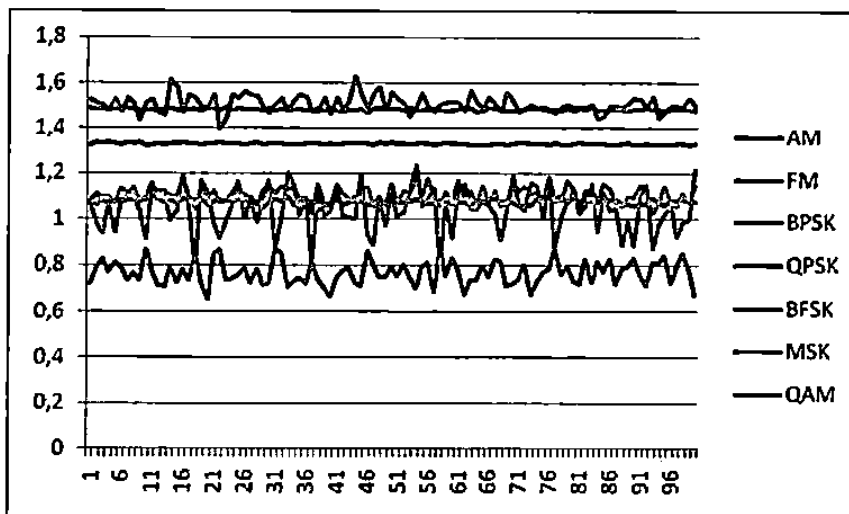
Untuk modulasi analog, dari gambar dapat dilihat bahwa simpangan baku bernilai besar untuk FM dan cukup kecil untuk AM. Hal ini dapat digunakan untuk membedakan sinyal modulasi yang mempunyai informasi fasa absolut (FM) dengan yang tidak mempunyai informasi fasa absolut (AM). Pada modulasi digital, simpangan baku bernilai kecil untuk BPSK, sedangkan yang lainnya BPSK, MSK dan QAM mempunyai nilai lebih...

3. Simpangan baku nilai langsung komponen non linear fasa sesaat ternormalisasi, yang diukur pada sinyal diterima (σ_{dp})

Nilai simpangan baku yang didapat direpresentasikan dengan grafik yang diwakili oleh pengujian pada SNR 12 dB dan 24 dB.



Gambar 3.18 Grafik nilai σ_{dp} sinyal masukan pada SNR 12 dB



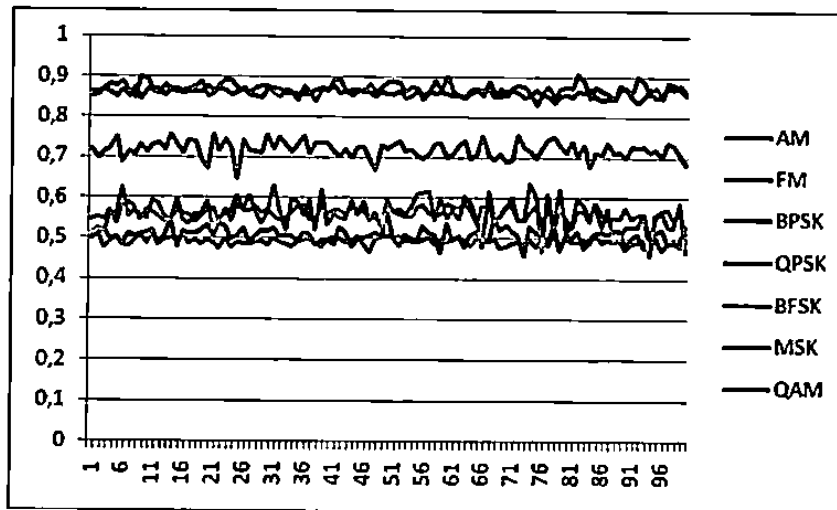
Gambar 3.19 Grafik nilai σ_{dp} sinyal masukan pada SNR 24 dB

Untuk modulasi analog, dari gambar dapat dilihat modulasi AM tidak mempunyai informasi fasa sesaat (atau bernilai kecil), sedangkan FM mempunyai informasi fasa sesaat. Pada modulasi digital BPSK, QPSK, MSK, dan QAM

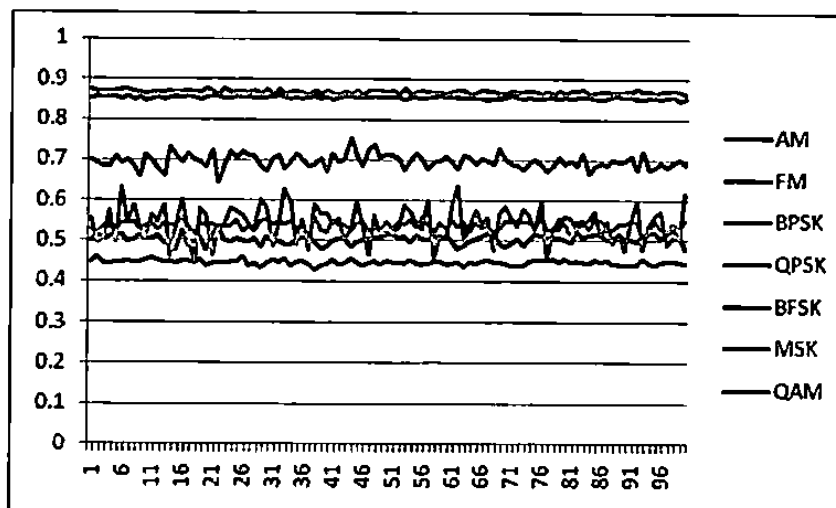
mempunyai informasi fasa sesaat, sedangkan modulasi BFSK memiliki fasa sesaat yang cenderung konstan.

4. Simpangan baku amplitudo sesaat ternormalisasi (σ_a)

Nilai simpangan baku yang didapat direpresentasikan dengan grafik yang diwakili oleh pengujian pada SNR 12 dB dan 24 dB.



Gambar 3.20 Grafik nilai σ_a sinyal masukan pada SNR 12 dB



Gambar 3.21 Grafik nilai simpangan σ_a sinyal masukan pada SNR 24 dB

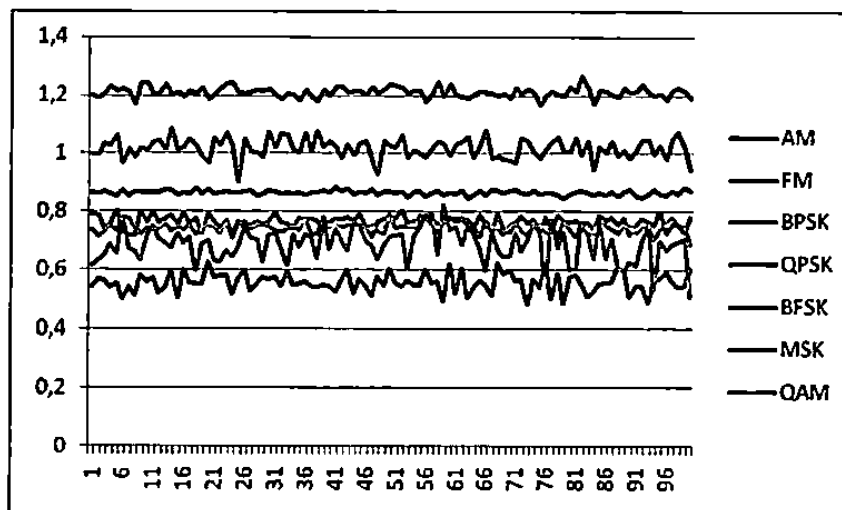
Untuk modulasi analog, dari gambar dapat dilihat modulasi AM

mempunyai nilai simpangan lebih besar daripada modulasi FM. Pada modulasi

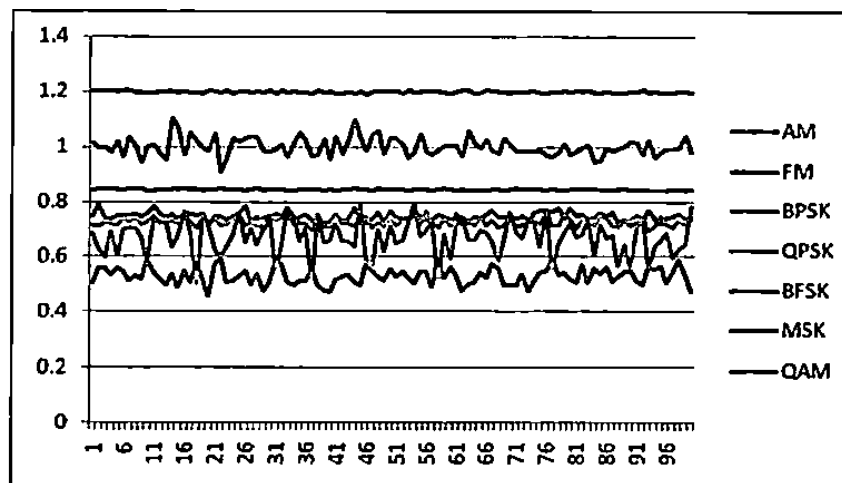
dijital, QPSK dan QAM mempunyai nilai simpangan lebih besar dari yang lainnya (BPSK, BFSK, dan MSK).

5. Simpangan baku frekuensi sesaat ternormalisasi (σ_{fn})

Nilai simpangan baku yang didapat direpresentasikan dengan grafik yang diwakili oleh pengujian pada SNR 12 dB dan 24 dB.



Gambar 3.22 Grafik nilai simpangan σ_{fn} sinyal masukan pada SNR 12 dB



Gambar 3.23 Grafik nilai simpangan σ_{fn} sinyal masukan pada SNR 24 dB

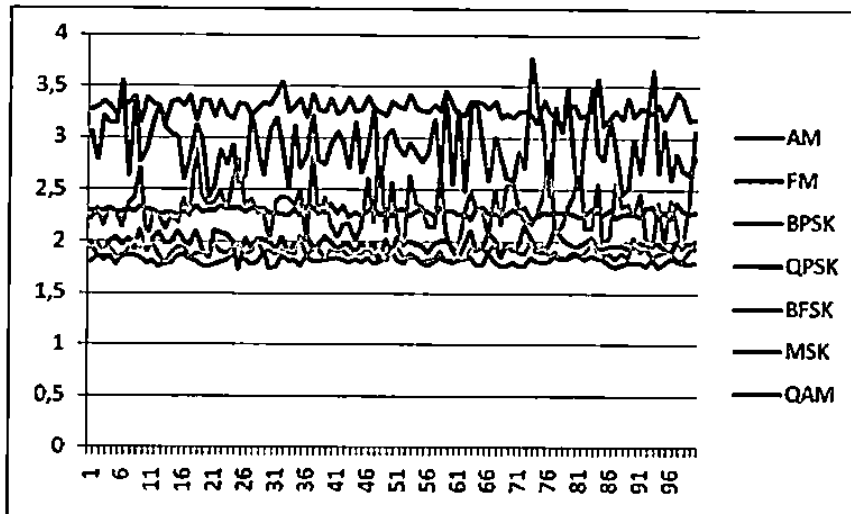
Untuk modulasi analog, dari gambar dapat dilihat modulasi FM mempunyai

nilai simpangan lebih besar dari modulasi AM. Pada modulasi digital, modulasi

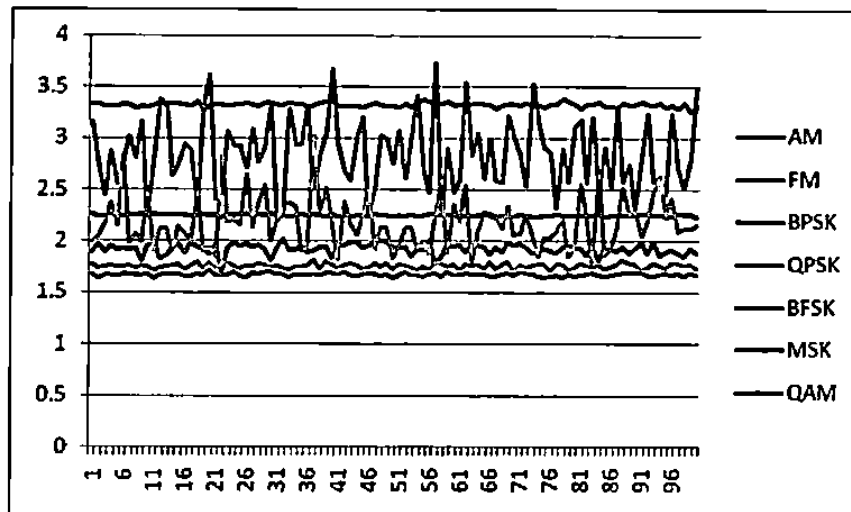
QPSK mempunyai nilai simpangan lebih besar dibandingkan lainnya (BPSK, BFSK, MSK, dan QAM).

6. Kurtosis frekuensi sesaat ternormalisasi (μ^f_{42})

Nilai kurtosis frekuensi yang didapat direpresentasikan dengan grafik yang diwakili oleh pengujian pada SNR 12 dB dan 24 dB.



Gambar 3.24 Grafik μ^f_{42} sinyal masukan pada SNR 12 dB

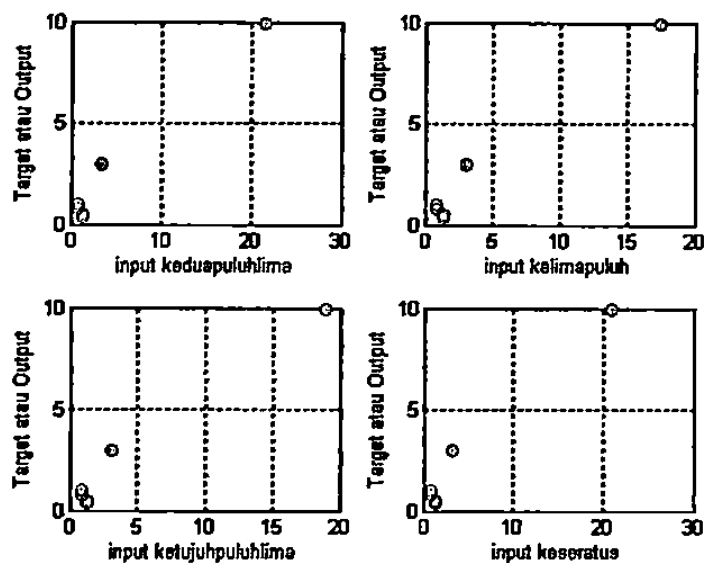


Gambar 3.25 Grafik μ^f_{42} sinyal masukan pada SNR 24 dB

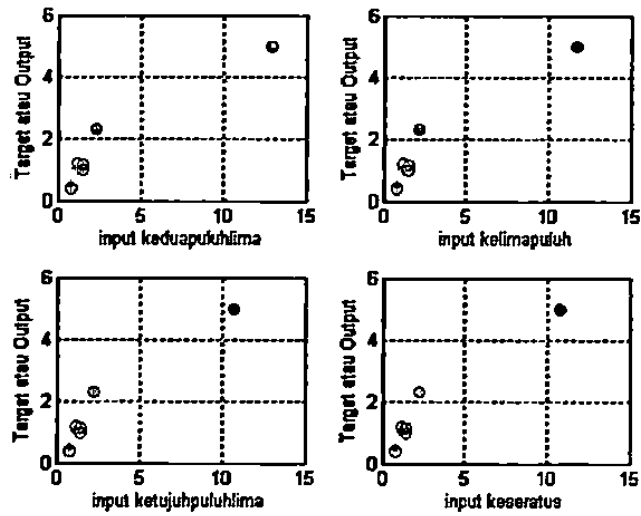
Fitur ini digunakan untuk membedakan modulasi BFSK dengan modulasi MSK dan modulasi QAM dengan QPSK. Dari gambar dapat dilihat modulasi BFSK mempunyai nilai kurtosis lebih besar daripada modulasi MSK, dan modulasi QAM mempunyai nilai kurtosis lebih besar daripada modulasi QPSK.

3.2.2 Pengklasifikasian Tipe Modulasi Sinyal dengan Neural Networks

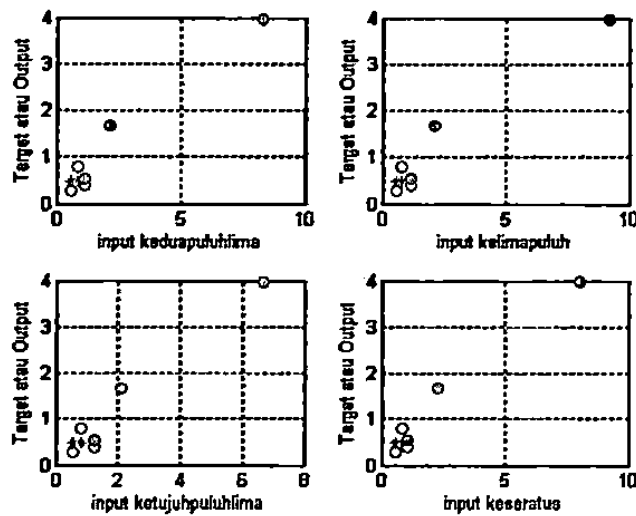
Selanjutnya dilakukan pengujian subsistem *Neural Networks* dengan masukan sistem adalah fitur-fitur yang didapat pada 3.2.1 untuk mendapatkan klasifikasi sinyal masukan. Pengujian dilakukan pada SNR 1 dB sampai dengan 25 dB persis sama dengan pengujian pada subsistem ekstraksi fitur. Hasil pengklasifikasiannya ditunjukkan pada grafik berikut:



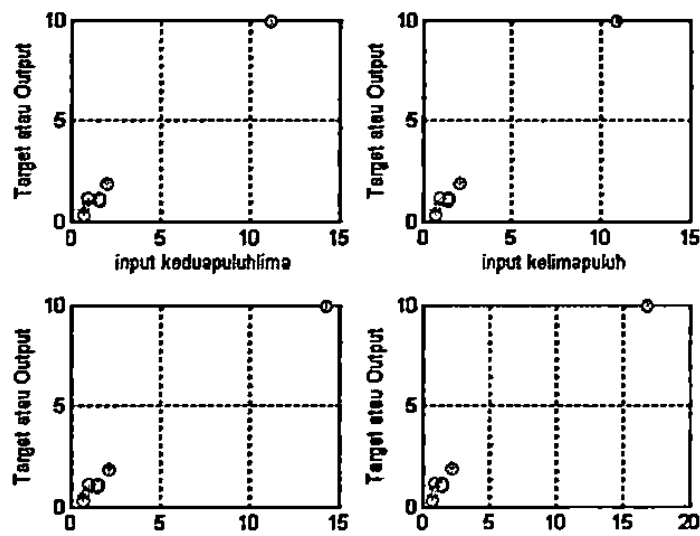
Gambar 3.26 Grafik Pengklasifikasian Sinyal AM pada 7 dB



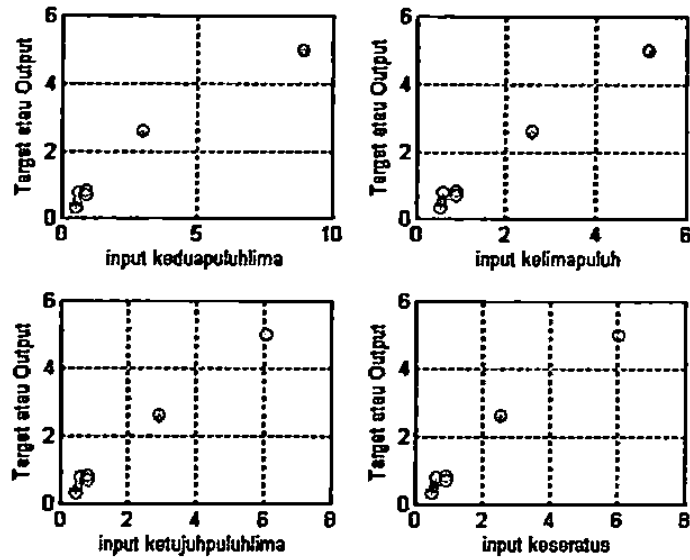
Gambar 3.27 Grafik Pengklasifikasian Sinyal FM pada 7 dB



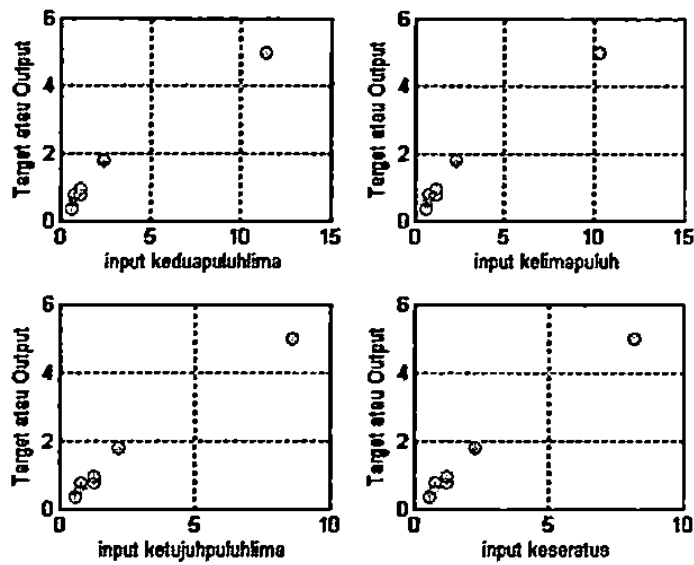
Gambar 3.28 Grafik Pengklasifikasian Sinyal BPSK pada 5 dB



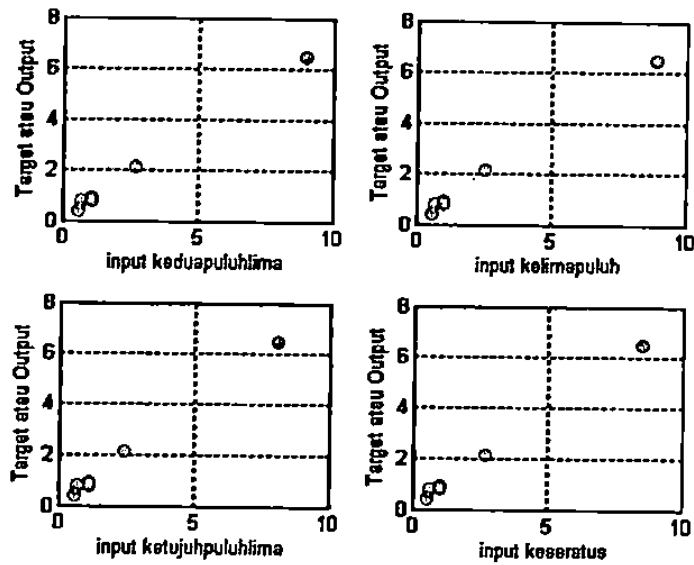
Gambar 3.29 Grafik Pengklasifikasian Sinyal QPSK pada 6 dB



Gambar 3.30 Grafik Pengklasifikasian Sinyal BFSK pada 6 dB



Gambar 3.31 Grafik Pengklasifikasian Sinyal MSK pada 4 dB



Gambar 3.32 Grafik Pengklasifikasian Sinyal QAM pada SNR 6 dB

Setelah melihat gambar di atas dapat dikatakan bahwa sistem berjalan dengan baik dan menghasilkan klasifikasi yang tepat sesuai dengan tipe modulasi sinyal dengan SNR 6 dB.