

**TUGAS AKHIR**

**KLASIFIKASI TIPE MODULASI SINYAL KOMUNIKASI  
MENGUNAKAN TRANSFORMASI WAVELET DAN NEURAL  
NETWORKS**

Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh

Gelar Sarjana S-1 Program Studi Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun Oleh :**

**PAMUNGKAS JUTTA PRAHARA**

**20050120041**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**HALAMAN PENGESAHAN I**

**TUGAS AKHIR**

**KLASIFIKASI TIPE MODULASI SINYAL KOMUNIKASI  
MENGUNAKAN TRANSFORMASI WAVELET DAN NEURAL  
NETWORKS**

**Disusun Oleh :**

**PAMUNGKAS JUTTA PRAHARA**

**NIM : 20050120041**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

Dosen Pembimbing I



Dosen Pembimbing II



**HALAMAN PENGESAHAN II**

**TUGAS AKHIR  
KLASIFIKASI TIPE MODULASI SINYAL KOMUNIKASI  
MENGUNAKAN TRANSFORMASI WAVELET DAN NEURAL  
NETWORKS**

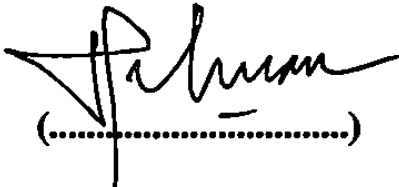
Skripsi ini telah dipertahankan dan disahkan di depan dewan penguji

Pada tanggal : 27 April 2011

**Dewan Penguji :**

**Helman Muhammad, S.T., M.T.**

Dosen Pembimbing Utama/Penguji-I

  
(.....)

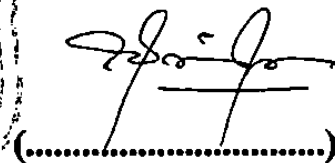
**Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.**

Dosen Pembimbing Muda/Penguji II

  
(.....)

**Anna Nur Nazilah Chamim, S.T.**

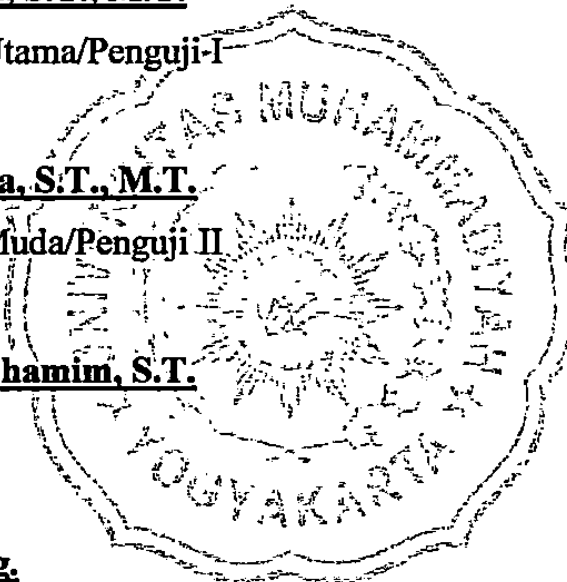
Dosen Penguji III

  
(.....)

**Iswanto, S.T., M.Eng.**

Dosen Penguji IV

  
(.....)



Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Elektro

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Pamungkas Jutta Prahara

NIM : 20050120041

Jurusan : Teknik Elektro

dengan ini menyatakan bahwa :

Semua yang saya tulis dalam naskah skripsi ini merupakan hasil karya tulis saya sendiri dan bukan menjiplak hasil karya orang lain kecuali dasar teori yang saya cuplik dari buku-buku dan artikel yang tercantum pada daftar pustaka sebagai referensi saya dalam melengkapi karya tulis ini. Apabila di kemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka saya siap menerima sanksi dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sesuai dengan peraturan yang berlaku.

## ABSTRAK

### KLASIFIKASI TIPE MODULASI SINYAL KOMUNIKASI MENGUNAKAN TRANSFORMASI WAVELET DAN *NEURAL NETWORKS*

Dalam dunia telekomunikasi saat ini, teknologi komunikasi nirkabel telah berkembang dengan cepat dan kompleks. Untuk diterapkan di dunia, di masa depan, komunikasi nirkabel membutuhkan *data rate* tinggi dengan kualitas dan kehandalan tinggi. Beberapa aplikasi digunakan untuk kepentingan publik seperti konfirmasi sinyal, identifikasi interferensi, dan manajemen spektrum. Pada aplikasi ini dibutuhkan pengidentifikasi dan pengklasifikasi sinyal. Klasifikasi tipe modulasi sinyal komunikasi dikembangkan untuk meningkatkan kinerja komunikasi nirkabel mendatang.

Pada penelitian tugas akhir ini, dilakukan perancangan dan pengujian program klasifikasi tipe modulasi untuk sinyal analog dan digital. Metode Transformasi Wavelet Kontinu Wavelet Morlet dan *Neural Networks Backpropagation* digunakan untuk pengklasifikasian. AM, FM, BPSK, QPSK, BFSK, MSK, dan QAM adalah sinyal yang diklasifikasi. Pengklasifikasian sinyal terdiri dari dua subsistem: (1) pembangkitan sinyal masukan yang ingin diklasifikasi (2) pengekstrakan fitur kunci dengan metode Transformasi Wavelet (3) klasifikasi modulasi dengan *Neural Networks*. Sebagai fitur kunci telah dipilih nilai maksimum kerapatan spektral daya amplitudo ternormalisasi, simpangan baku nilai absolut fasa sesaat, simpangan baku nilai langsung fasa sesaat, simpangan baku nilai absolut amplitudo sesaat, simpangan baku nilai absolut frekuensi sesaat, dan kurtosis frekuensi sesaat ternormalisasi yang mengacu pada identifikasi dengan *Neural Networks*. Klasifikasi modulasi menggunakan satu jaringan dengan satu *layer* tersembunyi.

Pengujian yang dilakukan pada program secara umum menyatakan bahwa program dapat mengklasifikasikan tipe modulasi dengan efektif (laju keberhasilan di atas 95%) pada SNR sinyal masukan minimal 7 dB, jumlah pencuplikan lebih dari  $10^{-3}$  s atau 20 bit data dan frekuensi *carrier* sinyal masukan 50 kHz.

**Keywords:** kehandalan, modulasi, kinerja, Wavelet Morlet, *backpropagation*, AM, FM, BPSK, QPSK, BFSK, MSK, QAM, fitur kunci, kerapatan spektral daya, simpangan baku nilai langsung fasa sesaat, simpangan baku nilai absolut amplitudo sesaat, simpangan baku nilai absolut frekuensi sesaat ternormalisasi, kurtosis frekuensi sesaat ternormalisasi, identifikasi, jaringan tersembunyi, klasifikasi, SNR, frekuensi *carrier*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena hanya dengan rahmat dan ridha-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Klasifikasi Tipe Modulasi Sinyal Komunikasi Menggunakan Transformasi Wavelet dan *Neural Networks*” dengan baik. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai penuntun umat manusia di muka bumi ini, karena hanya dengan tuntunannya penulis dapat menjalani setiap langkah dalam kehidupan dengan lebih bijak dan penuh kesabaran.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan S1 pada Keahlian Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Pengerjaan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, dorongan, dan masukan berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Helman Muhammad, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, perhatian, dukungan, dan kritik yang bermanfaat.
2. Bapak Ramadoni Syahputra, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir atas bimbingan, dan kemudahan yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Ir. Tony K. Hariadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas kemudahan dan kerjasamanya.
4. Ibu Anna Nur Nazilah Chamim, S.T. selaku dosen penguji III atas pertanyaan, saran dan kritik yang bermanfaat
5. Bapak Iswanto, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji IV.
6. Bapak Rahmat Adiprasetya, S.T. atas fasilitas lab jarkom dan duetnya.
7. Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengajaran kepada penulis.
8. Bapak Sri Atmaja P.J.N.N. Rosyidi, Ph.D. atas bimbingan kilat dalam

9. Bapak Slamet Riyadi, S.T., M.Eng.Sc. atas ide dan brainstorming sehingga menghasilkan ide penggabungan metode klasifikasi.
10. Alm. Bapak, Mamah, Mbak Ma, Dewa, dan Qosim serta seluruh keluarga yang selalu memberi dukungan dan motivasi, dan mendoakan penulis.
11. Bapak Ir. Bledug K. Prasaja, M.T. atas latihan presentasi selama ini, penulis menjadi terbiasa untuk berbicara lebih sistematis.
12. PUSPER UMY beserta jajarannya atas dukungan, fasilitas, dan permakluman untuk penulis.
13. Saktiani I. Mayang atas waktu dan printernya (kita dikira pacaran, padahal kan tidak melebihi batas ya, hanya belajar).
14. Teman-teman untuk setiap teriakan semangat dan motivasi berjuang dalam melalui susah dan senang bersama.
15. Seluruh staf dan karyawan Tata Usaha yang telah banyak membantu administrasi akademik penulis.
16. Serta teman-teman dan pihak-pihak lain yang penulis tidak bisa sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi ilmu yang disampaikan maupun teknik penulisan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Harapan penulis semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan ilmu dan manfaat bagi dunia telekomunikasi pada umumnya serta para pembaca pada khususnya.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN I</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN II</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xvii

## BAB I

<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Tujuan</b> .....	3
<b>1.3 Perumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>1.5 Metodologi Penelitian</b> .....	5
<b>1.6 Sistematika Penulisan</b> .....	6



## **BAB II**

<b>STUDI AWAL</b> .....	7
<b>2.1 Karya yang Berkaitan</b> .....	7
2.1.1 Klasifikasi Tipe Modulasi Sinyal Komunikasi Menggunakan Transformasi Wavelet .....	7
2.1.2 Klasifikasi Sinyal Modulasi dengan Metode Statistik dan Neural Networks.....	9
<b>2.2 Dasar Dasar Teoritis</b> .....	10
2.2.1 Sistem Komunikasi .....	10
2.2.2 Modulasi .....	11
2.2.3 Modulasi Analog .....	11
2.2.3.1 <i>Amplitude Modulation (AM)</i> .....	11
2.2.3.2 <i>Frequency Modulation (FM)</i> .....	13
2.2.4 Modulasi Dijital .....	15
2.2.4.1 Modulasi <i>Phase Shift Keying (PSK)</i> .....	17
2.2.4.2 Modulasi <i>Frequency Shift Keying (FSK)</i> .....	21
2.2.4.3 <i>Quadrature Amplitude Modulation (QAM)</i> .....	23
2.2.5 Derau dalam Kanal Transmisi .....	25
2.2.6 Teori Klasifikasi .....	26
2.2.7 Transformasi Wavelet .....	27
2.2.7.1 <i>Continuous Wavelet Transform (CWT)</i> .....	28
2.2.7.2 Wavelet Morlet .....	29
2.2.7.3 Mengatur Frekuensi Sentral: Resolusi Frekuensi .....	31

2.2.8 Fasa Sesaat, Amplitudo Sesaat dan Frekuensi Sesaat .....	33
2.2.9 Ekstraksi Fitur-Fitur Kunci yang akan Digunakan dalam Klasifikasi Tipe Sinyal Modulasi .....	34
2.2.10 <i>Neural Networks</i> .....	38
2.2.11 <i>Backpropagation</i> .....	41
<b>2.3 Spesifikasi Garis-garis Besar Produk yang Direncanakan .....</b>	<b>43</b>
2.3.1 Gambaran umum .....	43
2.3.2 Spesifikasi Fungsional .....	44
2.3.3 Spesifikasi Teknis .....	44

### **BAB III**

## **PERANCANGAN DAN PENGUJIAN SISTEM .....**

<b>3.1 Perancangan Sistem .....</b>	<b>46</b>
3.1.1 Pembangkitan Sinyal .....	47
3.1.1.1 Inisialisasi Awal .....	48
3.1.1.2 Pembangkitan sinyal <i>baseband</i> analog .....	48
3.1.1.3 Pembangkitan sinyal <i>baseband</i> digital .....	49
3.1.1.4 Penambahan Derau .....	50
3.1.2 Pemrosesan Sinyal .....	51
3.1.2.1 <i>Continuous Wavelet Transform</i> Menggunakan Wavelet Morlet dengan Skala 6.....	51
3.1.2.2 Ekstraksi Fitur Kunci menggunakan Transformasi Wavelet .....	54

<b>3.2 Pengujian Sistem .....</b>	<b>57</b>
2.1.3 Ekstraksi Fitur Kunci dengan Transformasi Wavelet Kontinu .....	58
2.1.4 Pengklasifikasian Tipe Modulasi Sinyal dengan Neural Networks .....	65

## **BAB IV**

<b>ANALISIS DATA .....</b>	<b>69</b>
<b>4.1 Penentuan nilai ambang (<i>threshold</i>) dan Evaluasi Kinerja .....</b>	<b>69</b>
<b>4.2 Penentuan Nilai Ambang (<i>Threshold</i>).....</b>	<b>70</b>
<b>4.3 Evaluasi Kinerja.....</b>	<b>71</b>
<b>4.4 Keraguan yang Terjadi .....</b>	<b>74</b>

## **BAB V**

<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>77</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>77</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>78</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Modulasi AM .....	13
<b>Gambar 2.2</b>	Modulasi FM .....	15
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Perancangan Sistem Pengklasifikasian Modulasi .....	47
<b>Gambar 3.2</b>	Gambar subsistem Pembangkitan Sinyal .....	47
<b>Gambar 3.3</b>	Gambar subsistem Pemrosesan Sinyal .....	51
<b>Gambar 3.4</b>	Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal AM .....	52
<b>Gambar 3.5</b>	Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal FM .....	52
<b>Gambar 3.6</b>	Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal BPSK .....	52
<b>Gambar 3.7</b>	Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal QPSK .....	53
<b>Gambar 3.8</b>	Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal BFSK .....	53
<b>Gambar 3.9</b>	Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal MSK .....	53
<b>Gambar 3.10</b>	Koefisien CWT Wavelet Morlet Sinyal QAM .....	54
<b>Gambar 3.11</b>	Subsistem Pengklasifikasian .....	56
<b>Gambar 3.12</b>	Blok Fungsional algoritma <i>backpropagation Neural Networks</i> .....	56
<b>Gambar 3.13</b>	Arsitektur Jaringan <i>Neural Networks</i> .....	57
<b>Gambar 3.14</b>	Grafik nilai $\gamma_{\max}$ sinyal masukan pada SNR 12 dB .....	58
<b>Gambar 3.15</b>	Grafik nilai $\gamma_{\max}$ sinyal masukan pada SNR 24 dB .....	59
<b>Gambar 3.16</b>	Grafik nilai $\sigma_{ap}$ sinyal masukan pada SNR 12 dB .....	60
<b>Gambar 3.17</b>	Grafik nilai $\sigma_{ap}$ sinyal masukan pada SNR 24 dB .....	60

<b>Gambar 3.18</b>	Grafik nilai $\sigma_{dp}$ sinyal masukan pada SNR 12 dB .....	61
<b>Gambar 3.19</b>	Grafik nilai $\sigma_{dp}$ sinyal masukan pada SNR 24 dB .....	61
<b>Gambar 3.20</b>	Grafik nilai $\sigma_a$ sinyal masukan pada SNR 12 dB .....	62
<b>Gambar 3.21</b>	Grafik nilai $\sigma_a$ sinyal masukan pada SNR 24 dB .....	62
<b>Gambar 3.22</b>	Grafik nilai $\sigma_{fn}$ sinyal masukan pada SNR 12 dB .....	63
<b>Gambar 3.23</b>	Grafik nilai $\sigma_{fn}$ sinyal masukan pada SNR 24 dB .....	63
<b>Gambar 3.24</b>	Grafik $\mu^f_{42}$ sinyal masukan pada SNR 12 dB .....	64
<b>Gambar 3.25</b>	Grafik $\mu^f_{42}$ sinyal masukan pada SNR 24 dB .....	64
<b>Gambar 3.26</b>	Grafik Pengklasifikasian Sinyal AM pada 7 dB .....	65
<b>Gambar 3.27</b>	Grafik Pengklasifikasian Sinyal FM pada 7 dB .....	66
<b>Gambar 3.28</b>	Grafik Pengklasifikasian Sinyal BPSK pada 5 dB .....	66
<b>Gambar 3.29</b>	Grafik Pengklasifikasian Sinyal QPSK pada 6 dB .....	67
<b>Gambar 3.30</b>	Grafik Pengklasifikasian Sinyal BFSK pada 6 dB .....	67
<b>Gambar 3.31</b>	Grafik Pengklasifikasian Sinyal MSK pada 4 dB .....	67
<b>Gambar 3.32</b>	Grafik Pengklasifikasian Sinyal QAM pada SNR 6 dB .....	68

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b>	Jangkauan Nilai Ambang Fitur Kunci untuk Langkah Kedua	69
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil dari langkah pertama algoritma pengklasifikasian tipe modulasi .....	70
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil dari langkah kedua algoritma pengklasifikasian tipe modulasi .....	70
<b>Tabel 4.4</b>	Nilai Ambang Fitur Kunci Proses Ekstraksi dengan Transformasi Wavelet Kontinu .....	71
<b>Tabel 4.5</b>	Kinerja <i>Neural Networks</i> pada SNR 6 dB .....	72
<b>Tabel 4.6</b>	Kinerja <i>Neural Networks</i> pada SNR 7 dB .....	72
<b>Tabel 4.7</b>	Kinerja <i>Neural Networks</i> pada SNR 12 dB .....	73
<b>Tabel 4.8</b>	Kinerja <i>Neural Networks</i> pada SNR 24 dB .....	73

## DAFTAR SINGKATAN

AM	<i>Amplitude Modulation</i>
AWGN	<i>Addition White Gaussian Noise</i>
BFSK	<i>Binary Frequency Shift Keying</i>
BPSK	<i>Binary Phase Shift Keying</i>
CWT	<i>Continuous Wavelet Transform</i>
FM	<i>Frequency Modulation</i>
FSK	<i>Frequency Shift Keying</i>
MATLAB	<i>Matrix Laboratory</i>
MSK	<i>Minimum Shift Keying</i>
NRZ	<i>Non Return to Zero</i>
PSK	<i>Phase Shift Keying</i>
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i>
WLAN	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>