EKSTRAKSI CIRI STATISTIK ORDE TINGGI PADA SISTEM REKOGNISI SINYAL MODULASI DIGITAL MENGGUNAKAN ALGORITMA JARINGAN SYARAF TIRUAN LVQ

Yuliati Athiah[1], Heroe Wijanto[2], Joko Haryatno [3]

[1]Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak
Software Defined Radio (SDR) menghadirkan teknologi komunikasi radio generasi berikutnya yang sangat berperan penting dalam menjawab kebutuhan teknologi wireless masa depan. Penerima yang digunakan pada sistem SDR harus mampu memilih skema modulasi yang tepat untuk bermacam-macam sinyal dengan skema modulasi yang tidak diketahui, sehingga proses rekognisi skema modulasi merupakan salah satu fungsi awal yang harus ada pada SDR. Algoritma rekognisi skema modulasi yang digunakan pada penelitian ini merupakan penggabungan antara metode statistik pada bagian ekstraksi ciri dan metode jaringan syaraf tiruan LVQ pada bagian classifier dan keputusan.
Hasil penelitian menunjukkan kinerja kombinasi 8, yaitu kombinasi parameter aa , da 2 , dp 2 , dan da 2 , menghasilkan akurasi hasil rekognisi terbaik (walaupun tidak untuk modulasi 64QAM). Berdasarkan SNR receiver WiMAX IEEE 802.16e, modulasi QPSK dan 64QAM memberikan kinerja yang meningkat pada kenaikan nilai SNR. Dan berdasarkan accuracy rate ≥ 90 %, modulasi QPSK memiliki akurasi hasil rekognisi 93% pada saat 16 dB (kondisi 32 hidden neuron) dan 90 % pada saat 13 dB (kondisi 64 hidden neuron), modulasi 16QAM memiliki akurasi hasil rekognisi 92 % pada saat 25 dB (kondisi 32 hidden neuron) dan 96 % pada saat 27 dB (kondisi 64 hidden neuron), serta modulasi 64QAM memiliki akurasi hasil rekognisi 99 % pada saat 5 dB (kondisi 32 hidden neuron) dan 90 % pada saat 4 dB (kondisi 64 hidden neuron). Modulasi 16QAM dianggap tidak memenuhi syarat akurasi hasil rekognisi karena dapat dikenali benar ≥ 90 % pada nilai SNR yang besar.

Kata Kunci : Rekognisi Skema Modulasi, Software Defined Radio, SNR receiver WiMAX IEEE 802.16e, Metode Statistik, Jaringan Syaraf Tiruan LVQ.

Abstract
Software Defined Radio (SDR) provides radio communication technology which is very important to adequate need of next generation of wireless technology.
Modulation scheme recognition is one of SDR early important function, because receiver used for this kind of system should be able to select a correct demodulation scheme for various signals with unknown modulation scheme. Modulation scheme recognition algorithm that used in this research is a combination between statistic method on features extraction part and the LVQ Neural Network on classifier and decision part.
The research results show that the combination of statistic feature aa, da2, dp2, and da2 have best performance on recognition accuracy (not for 16QAM modulation). Based on SNR receiver WiMAX IEEE 802.16e, QPSK and 64QAM modulation give the increasing result in increasing SNR value. And based on accuracy rate ≥ 90 %, QPSK modulation has recognition result 93% when 16 dB (32 hidden neuron) and 90 % when 13 dB (64 hidden neuron), 16QAM modulation has recognition result 92 % when 25 dB (32 hidden neuron) and 96 % when 27 dB (64 hidden neuron), and 64QAM modulation has recognition result 99 % when 5 dB (32 hidden neuron) and 90 % when 4 dB (64 hidden neuron). 16QAM modulation is assumed not qualified in recognition result because it can be recognize true ≥ 90 % in big SNR value.

Keywords : Modulation Scheme Recognition, Software Defined Radio, SNR receiver WiMAX IEEE 802.16e, Statistical Method, LVQ Neural Network.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem komunikasi *wireless* pada masa yang akan datang diharapkan dapat memiliki kemampuan untuk menghasilkan transmisi yang handal dengan kualitas dan *data rate* yang tinggi untuk aplikasi dalam berbagai kondisi serta kemampuan beradaptasi dengan berbagai standar, sehingga dapat mundukung perbedaan frekuensi, tipe modulasi, dan *bandwidth.*

Kebutuhan akan teknologi *wireless* pada masa yang akan datang dapat dijawab dengan kehadiran *Software Defined Radio (SDR)*. SDR merupakan teknologi yang dapat direkonfigurasi sesuai kebutuhan dengan lebih menerapkan fungsi-fungsi yang ada dalam software dibanding pendekatan hardware secara tradisional, sehingga dapat menawarkan solusi potensial untuk interoperabilitas, jaringan yang fleksibel dan dinamis, serta pengurangan biaya operasi.

Pada umumnya suatu penerima mempunyai *integrated circuit* untuk menjalankan proses demodulasi sinyal-sinyal tertentu yang telah dimodulasi. Perubahan pada skema modulasi akan menyebabkan perubahan *integrated circuit* pada penerima. Jika skema modulasi yang digunakan berbeda-beda, maka dibutuhkan jumlah circuit yang lebih banyak agar dapat dimodulasikan dengan baik. Metode ini sangat tidak efektif karena menghabiskan biaya yang sangat mahal dan ukuran perangkat yang besar. SDR membuat *integrated circuit* pada penerima tidak perlu dirubah, tetapi cukup dengan ditambahkan pendeteksi skema modulasi, karena nantinya penerima yang digunakan pada sistem ini harus mampu memilih skema demodulasi yang tepat untuk bermacam-macam sinyal dengan skema modulasi yang tidak diketahui.

Di dalam pendeteksi skema modulasi pada SDR terdapat proses *pattern recognition*, yang terdiri dari proses *measurement*, *feature extraction*, *classifier*, dan *decision part*. Penelitian ini akan difokuskan pada *pattern recognition* dengan metode pengklasifikasian skema modulasi menggunakan kombinasi *higher order of statistic* (HOS), yaitu standar deviasi, variansi, skewness, dan kurtosis pada bagian ekstraksi ciri, dan metode jaringan syaraf tiruan LVQ pada bagian *classifier* dan *decision part*. Metode ini nantinya diharapkan mampu mengklasifikasikan skema modulasi yang digunakan pada standar WiMAX IEEE 802.16e, yaitu sinyal QPSK, 16QAM, dan 64QAM.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Meneliti dan memodelkan sistem pengklasifikasian skema modulasi yang digunakan pada *Software Defined Radio.*
2. Melakukan *feature selection* setelah dilakukan proses *measurement* dan perhitungan terhadap *higher order of statistic* (HOS), dan kemudian melakukan *feature combination* agar diperoleh kombinasi yang dapat memberikan kinerja terbaik.
3. Memodelkan Jaringan Syaraf Tiruan LVQ sebagai *classifier* dan *decision part*.
4. Menguji dan menganalisa performansi yang dihasilkan oleh sistem dilihat dari kenaikan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR).

1.3 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana penerima dapat mengenali modulasi yang digunakan pada pengirim tanpa ada informasi tentangnya.
2. Bagaimana memodelkan sistem pengklasifikasian skema modulasi yang digunakan.
3. Bagaimana mengetahui karakter dari tiap modulasi yang digunakan.
4. Bagaimana ciri masing-masing sinyal termodulasi berdasarkan *higher order of statistic* (HOS).
5. Bagaimana melakukan *feature selection* terhadap *higher order of statistic* (HOS) yang digunakan.
6. Bagaimana menentukan *feature combination* yang tepat agar diperoleh kinerja terbaik.
7. Bagaimana memodelkan Jaringan Syaraf Tiruan LVQ pada *classifier* dan *decision part.*

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Sinyal termodulasi dibangkitkan sendiri.
2. Tidak membahas bagian *preprocessing* dari *receiver* seperti *filtering*, equalisasi, *down-converter*, dan *sampling*.
3. Hanya membahas metode pengklasifikasian tiap modulasi.
4. Modulasi yang diuji adalah modulasi digital yaitu QPSK, 16QAM, dan 64QAM.
5. Asumsi frekuensi *carrier* diketahui.

6. Noise yang digunakan adalah *Additive White Gaussian Noise* (AWGN).
7. Perancangan algoritma pengklasifikasian skema modulasi dengan menggunakan metode *higher order of statistic* (HOS), yaitu standar deviasi, variansi, skewness, dan kurtosis pada bagian ekstraksi ciri, serta metode jaringan syaraf tiruan LVQ pada *classifier* dan *decision part*.
8. Simulasi program menggunakan software Matlab R2007a.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah :

1. Study Literatur
   a. Mempelajari berbagai referensi tentang SDR, karakteristik modulasi digital, prinsip kanal AWGN, serta metode pengklasifikasian modulasi yaitu metode statistik dan metode jaringan syaraf tiruan LVQ.
   b. Diskusi dan bimbingan.
2. Pemodelan Blok Diagram dan Perancangan Algoritma
   Merancang algoritma pendeteksian skema modulasi dan memodelkan persamaan-persamaan matematis ke dalam bentuk blok-blok diagram untuk memudahkan penentuan titik pengujian.
3. Simulasi dan Training
   a. Membuat pemodelan dan simulasi sistem.
   b. Melakukan perhitungan terhadap *higher order of statistic* (HOS), kemudian melakukan *feature selection* (menggunakan pengamatan visual berdasarkan kinerja klasifikasi masing-masing *feature*), dan melakukan *feature combination* terhadap ciri-ciri terpilih.
4. Analisa Hasil Simulasi dan Kemampuan Klasifikasi
   Menganalisa hasil simulasi sistem dan menguji kemampuan *classifier* dalam membedakan skema modulasi pada kenaikan nilai SNR.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun dalam beberapa bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang penelitian, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, metode penelitian, serta sistematika penulisan yang memuat susunan penulisan Tugas Akhir ini.

BAB II : DASAR TEORI

Bab ini membahas uraian secara umum tentang teori *Software Defined Radio* (SDR), modulasi sinyal digital yaitu QPSK, 16QAM, dan 64QAM, kanal AWGN, serta klasifikasi skema modulasi yaitu metode statistik dan metode jaringan syaraf tiruan LVQ.

BAB III : PERANCANGAN SISTEM DAN SIMULASI

Berisi pemodelan dari sistem dan perancangan algoritma deteksi skema modulasi.

BAB IV : ANALISA HASIL SIMULASI

Berisi analisa mengenai pemodelan sistem dan hasil klasifikasi skema modulasi berdasarkan kombinasi parameter yang digunakan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Memberikan kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran pengembangan penelitian ke depan.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada bab sebelumnya, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter statistik terpilih yang digunakan untuk proses klasifikasi ada 5 yaitu Max(gamma), STD Absolut Amplituda, VAR Direct Amplituda, VAR Direct Phasa, dan Kurtosis Direct Amplituda .
2. Kombinasi parameter sangat mempengaruhi kinerja algoritma rekognisi skema modulasi.
3. Kombinasi 1, yaitu parameter γ_{max} dan $\sigma^2{}_{da}$, menghasilkan akurasi hasil rekognisi paling buruk untuk seluruh skema modulasi. Berdasarkan SNR *receiver* WiMAX IEEE 802.16e, modulasi QPSK ± 71%, modulasi 16QAM ± 36%, dan modulasi 64QAM 43%. Sedangkan berdasarkan accuracy rate ≥ 90%, tiap skema modulasi tidak dapat mencapai akurasi hasil rekognisi 90%.
4. Kombinasi parameter 8, yaitu parameter σ_{aa}, $\sigma^2{}_{da}$, $\sigma^2{}_{dp}$, dan γ_{2da}, menghasilkan akurasi hasil rekognisi terbaik, walaupun tidak untuk modulasi 16QAM. Berdasarkan SNR *receiver* WiMAX IEEE 802.16e, modulasi QPSK dan 64QAM memberikan kinerja yang meningkat pada kenaikan nilai SNR. Dan berdasarkan accuracy rate ≥ 90%, modulasi QPSK memiliki akurasi hasil rekognisi 93% pada saat 16 dB (pada kondisi 32 hidden neuron) dan 90% pada saat 13 dB (pada kondisi 64 hidden neuron), modulasi 16QAM memiliki akurasi hasil rekognisi 92% pada saat 25 dB (pada kondisi 32 hidden neuron) dan 96% pada saat 27 dB (pada kondisi 64 hidden neuron), dan modulasi 64QAM memiliki akurasi hasil rekognisi 99% pada saat 5 dB (pada kondisi 32 hidden neuron) dan 90% pada saat 4 dB (pada kondisi 64 hidden neuron). Modulasi 16QAM dianggap tidak memenuhi syarat akurasi hasil rekognisi karena dapat direkognisi benar ≥ 90 % pada nilai SNR yang besar.
5. Berdasarkan SNR *receiver* WiMAX IEEE 802.16e, penambahan hidden neuron pada setiap skema modulasi dapat menyebabkan akurasi hasil rekognisi meningkat, menurun, dan konstan. Pada modulasi QPSK, penambahan hidden neuron menyebabkan akurasi hasil rekognisi meningkat (pada kombinasi 1, 5, 9, dan 10) dan

menurun (pada kombinasi 2, 3, 4, 6, 7, dan 8). Pada modulasi 16 QAM, penambahan hidden neuron menyebabkan akurasi hasil rekognisi menurun (pada kombinasi 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10) dan konstan (pada kombinasi 1). Pada modulasi 64 QAM, penambahan hidden neuron menyebabkan akurasi hasil rekognisi menurun (pada kombinasi 1) dan konstan (pada kombinasi 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10).

6. Berdasarkan accuracy rate ≥ 90%, penambahan hidden neuron pada setiap skema modulasi menyebabkan akurasi hasil rekognisi meningkat, menurun, dan dapat direkognisi pada nilai SNR yang lebih kecil. Pada modulasi QPSK, penambahan hidden neuron menyebabkan akurasi hasil rekognisi meningkat (pada kombinasi 3, 5, 9, dan 10) dan dapat direkognisi pada nilai SNR yang lebih kecil (pada kombinasi 2, 4, 6, 7, dan 8). Pada modulasi 16 QAM, penambahan hidden neuron menyebabkan akurasi hasil rekognisi meningkat (pada kombinasi 2, 6, 7, dan 8) dan menurun (pada kombinasi 3 dan 4). Pada modulasi 64 QAM, penambahan hidden neuron menyebabkan akurasi hasil rekognisi menurun (pada kombinasi 5, 9, dan 10) dan dapat direkognisi pada nilai SNR yang lebih kecil (pada kombinasi 2, 3, 4, 6, 7, dan 8).
7. Banyaknya jumlah kombinasi belum tentu menaikkan akurasi hasil rekognisi.

5.2 Saran

Tugas Akhir ini diharapakan dapat memberikan ide dan masukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Beberapa hal yang dapat disarankan untuk pengembangannya adalah :

1. Adanya peningkatan orde statistik yang digunakan pada ekstraksi ciri.
2. Pemilihan kombinasi yang lebih tepat agar dapat menghasilkan kinerja akurasi hasil deteksi yang baik berdasarkan SNR *receiver* WiMAX IEEE 802.16e dan SNR minimum deteksi tiap skema modulasi untuk seluruh skema modulasi yang digunakan.
3. Pengaplikasian algoritma lebih lanjut dengan menggunakan perangkat pemrograman digital seperti *Digital Signal Processors* (DSPs) atau *Field Programmable Gate Arrays* (FPGAs).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Burns, P. 2003. *Software Defined Radio for 3G.* London : Artech House,Inc.

[2] Habibah, Umu. 2005. *Pembangunan Alat Ajar Mata Kuliah Sistem Komunikasi Bagian ASK, FSK, BPSK, dan QPSK*. Bandung : Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi.

[3] Jonathan, G. 2004. *Diktat Kuliah Rekayasa Transmisi Radio*. Bandung : Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.

[4] K. Ochi, Michel. *Applied Probability & Statistic Processes, In Engineering and Physical Science*. United States of America : Wiley Interscience.

[5] Le, Bin, Rondeau, Thomas W., dkk. *Modulation Identification Using Neural Networks for Cognitive Radios*. National Science Foundation Under Awards 9983463, DGE-9987586, CNS-0519959.

[6] *Modul Praktikum Elektronika Komunikasi*. Bandung : Laboratorium Elektronika Komunikasi Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.

[7] Nikhil, S Bathia. 2004. *A Physical Layer Implementation of Reconfigurable Radio*, Master of Science Thesis, Bradley Department of Electrical and Computer Engineering Blacksburg, Virginia.

[8] Rappaport , Theodore S. 2002. *Wireless Communications.* Prentice Hall.

[9] Tou ,Julius T., dan R.C. Gonzales. 1974. *Pattern Recognition Principles.* London: Addison-Wesley

[10] Wijanto, Heroe. *Materi Kuliah Sistem Komunikasi, Spektral Tersebar*. Bandung : Laboratorium Sistem Komunikasi Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi.

[11] Wong, M. L. D., dan A. K. Nandi. 2001. *Automatic Digital Modulation Recognition Using Spektral and Statistical Features with Multi-Layer Perceptrons*. International Symposium on Signal Processing and its Applications (ISSPA). Kuala Lumpur.

[12] Haykin, Simon. 1989. *Analog & Digital Communication*. New York: John Wiley & Sons.

[13] Widodo, Thomas Sri. 2005. *Sistem Neuro Fuzzy Untuk Pengolahan Informasi, Pemodelan Dan Kendali*. Yogyakarta: Graha Ilmu