

ANALISIS DETEKSI SKEMA MODULASI DIGITAL SINGLE CARRIER DAN MULTI CARRIER PADA KANAL FADING DAN AWGN

Dickie Zulfickar Hervianto¹
(zulfickarhervianto@gmail.com)

Dr. Ir. Heroe Wijanto, MT.²
(heroewijanto@gmail.com)

Afief Dias Pambudi, ST. MT.³
(afiefdiaspambudi@gmail.com)

Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

ABSTRAK

Pada penelitian ini, dilakukan simulasi dan analisis deteksi skema modulasi digital single carrier dan multi carrier. Metode multi carrier yang akan dianalisa adalah OFDM. Tujuan utamanya adalah dapat membedakan sinyal termodulasi single carrier dan multi carrier, dan dapat mendeteksi skema modulasi di masing-masing single carrier dan multi carrier. Pada simulasi, skema modulasi yang akan dideteksi adalah QPSK, 16QAM, dan 64QAM di mana sebelumnya sinyal akan melewati kanal fading terdistribusi Rayleigh dan AWGN. Metode yang digunakan pada ekstraksi ciri adalah metode spektrum dan statistik. Sedangkan pada proses klasifikasi digunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST-BP).

Simulasi dilakukan dengan menggunakan tujuh ciri sebagai neuron masukan dan enam tipe sinyal sebagai enam neuron keluaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan nilai learning rate, jumlah neuron, dan jumlah lapisan tersembunyi dapat mempengaruhi performansi JST-BP dalam aspek persentase akurasi. Pada fading Rayleigh dengan kecepatan 120 km/jam, sistem JST-BP menghasilkan persentase akurasi pengujian sebesar > 90% ketika kondisi SNR > 8 dB.

Kata Kunci : Automatic Modulation Recognition (AMR), OFDM, Rayleigh Fading, Jaringan Syaraf Tiruan

ABSTRACT

For this study, simulating and analyzing are performed for detection of single carrier and multi carrier digital modulation schemes. Multi carrier which being observed is OFDM. The main goal achieved if system can differentiates single carrier and multi carrier and its modulation schemes. In this simulation, modulation schemes being detected are QPSK, 16 QAM and 64QAM where the signals passed through rayleigh distributed fading channel and AWGN before. The feature extraction methods which is implemented are spectrum frequency domain and statistic time domain, while for classification is artificial neural network (ANN).

The simulation is done using seven features as seven input neurons and six types of signal as six output/target neurons. Investigation has shown learning rate magnitude, numbers of hidden neuron and numbers of hidden layer influenced the performance of ANN. On Rayleigh fading channel with 120 kmph velocity, ANN-BP has 90% of accuracy over SNR>8 dB.

Keywords: Automatic Modulation Recognition (AMR), OFDM, Rayleigh Fading, Artificial Neural Network

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Automatic Modulation Recognition (AMR) merupakan cara untuk mengenali sinyal modulasi yang digunakan sebelum sinyal diproses ke perangkat demodulator adaptif. Dalam AMR terdapat ekstrak ciri yang berfungsi mendapatkan karakteristik dari tiap-tiap modulasi yang digunakan. Setelah proses ekstraksi ciri kemudian akan diteruskan melalui proses pada bagian keputusan untuk mendeteksi skema modulasi yang digunakan. Beberapa ekstraksi ciri yang digunakan adalah metode cyclostationary^{[2][7]}, metode statistik^{[1][3]} dan metode analisis spektrum^{[1][4]}. Pada penelitian-penelitian sebelumnya, berbagai macam algoritma pendeteksi skema modulasi hanya mengidentifikasi modulasi single carrier atau multi carrier saja dan

masih menggunakan pemodelan kanal AWGN (Additive White Gaussian Noise)^{[1][3][4]}. Sayangnya, asumsi-asumsi ini tidak akan lagi sesuai untuk diimplementasikan mengingat tuntutan akan kualitas dan kapasitas sinyal informasi.

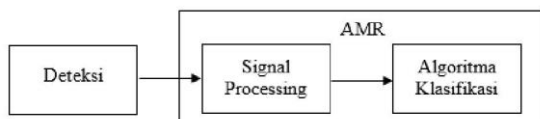
Pada tugas akhir ini, dilakukan simulasi dan analisis pendeteksi skema modulasi digital single carrier dan OFDM untuk model kanal multipath fading dan AWGN. Metode yang digunakan untuk ekstraksi ciri adalah analisis spektrum daya dan analisis statistik. Sedangkan untuk bagian klasifikasi atau keputusan (decision part) akan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan. Jenis sinyal multi carrier yang diobservasi adalah OFDM. Sedangkan sinyal termodulasi digital single carrier dan OFDM yang akan dideteksi adalah SC QPSK, SC 16QAM, SC 64QAM, OFDM QPSK, OFDM 16QAM dan OFDM 64QAM.

BAB II. DASAR TEORI

2.1 Automatic Modulation Recognition (AMR)

AMR merupakan salah satu dari penerapan SDR dimana berfungsi untuk mendeteksi skema modulasi dari sinyal yang datang agar kemudian sinyal dapat didemodulasi sesuai dengan skema modulasinya. Kompleksitas AMR bergantung kepada beberapa faktor seperti kondisi kanal, informasi sinyal terima (bandwidth, frekuensi carrier, waktu simbol), waktu proses (real time atau non real time) dll.

Sistem AMR ini, dapat kita bagi ke dalam dua blok atau sesi yang berbeda, yaitu blok signal processing dan blok sesi klasifikasi algoritma. Blok signal processing ini mencakup tentang estimasi power sinyal, SNR, waktu kedatangan (time arrival), frekuensi carrier, dsb. Kemudian pada blok algoritma klasifikasi, blok ini menyesuaikan dengan akurasi dari signal processing sebelumnya. Tergantung juga kepada kompleksitas dari sistem AMR. Sistem pendeteksi pada AMR secara umum, dilakukan setelah blok IF, dengan mengkonversi sinyal ke dalam bentuk digital. Sistem tersebut dikatakan baik apabila throughput yang tinggi dan BER yang rendah untuk tiap sinyal yang diproses.



Gambar 1. Block diagram AMR^[1]

2.2 Backpropagation Jaringan Syaraf Tiruan^[6]

Backpropagation memiliki beberapa unit yang ada dalam satu atau dua lebih lapisan tersembunyi. Gambar 2 adalah arsitektur backpropagation dengan n buah

masukkan (ditambah sebuah bias), sebuah layer tersembunyi yang terdiri dari p unit (ditambah sebuah bias) serta m unit masukan. v_{ji} merupakan bobot garis dari unit masukan x_i ke unit lapisan tersembunyi z_j (v_{j0}

merupakan bobot garis yang menghubungkan bias di unit masukan ke unit lapisan tersembunyi z_j). W_{kj} merupakan bobot dari unit lapisan tersembunyi z_j ke unit keluaran y_k (w_{k0} merupakan bobot dari bias di lapisan tersembunyi ke unit keluaran z_k).

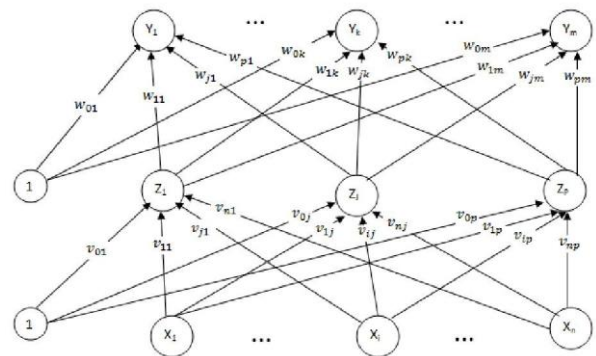
Backpropagation memiliki variasi parameter, yaitu momentum. Penambahan parameter momentum dimaksudkan untuk menghindari perubahan bobot yang moncolok akibat adanya data yang sangat berbeda

dengan yang lain. Apabila beberapa data terakhir yang diberikan ke jaringan memiliki pola serupa maka perubahan bobot dilakukan secara cepat. Namun apabila data terakhir yang dimasukkan ke dalam jaringan maka

perubahan bobot dilakukan secara lambat.

2.3 Ekstraksi Ciri^{[1][4]}

termulasi digital yang telah diperoleh selubung kompleksnya.



Gambar 2. Arsitektur jaringan syaraf tiruan dengan metode backpropagation^[6]

Dalam mendapatkan nilai karakteristik atau ciri dari sinyal termulasi, terdapat salah satu pendekatan yang akan dipakai yaitu pendekatan dari sisi statistik sinyal tersebut (statistical feature).

1. Mean

Mean yaitu nilai rata-rata dari beberapa data. Nilai mean ini dapat diperoleh dari jumlah seluruh data dibagi dengan banyaknya data.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (1)$$

Di mana:

$\bar{x}$: rata-rata dari N buah sampel

2. Standar Deviasi

Merupakan akar dari mean kuadrat simpangan. Persamaan standar deviasi direpresentasikan

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (2)$$

Di mana:

s : standar deviasi dari N sampel

3. Skewness

Skewness adalah derajat kesimetrisan dari suatu distribusi nilai. Jika kurva frekuensi suatu distribusi memiliki ekor yang lebih memanjang ke kanan (ditinjau dari meannya) maka dikatakan condong kanan (positif) dan jika sebaliknya, maka condong kiri (negatif). Secara perhitungan, skewness adalah momen ketiga terhadap mean.

$$S = \frac{1}{N^3} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3 \quad (3)$$

Di mana:

Ekstraksi ciri merupakan suatu proses mendapatkan karakteristik/ciri dari sinyal. Sinyal yang akan diproses untuk mendapatkan cirinya ini, merupakan sinyal

σ : standar deviasi dari N sampel

4. Kurtosis/ Koefisien Kurtosis

Kurtosis adalah derajat keruncingan suatu distribusi nilai (biasanya diukur relatif terhadap distribusi normal). Kurva yang lebih runcing dari distribusi normal dinamakan leptokurtik, yang lebih datar disebut mesokurtik. Kurtosis dihitung dari momen keempat

terhadap mean amplituda domain waktu dan dari koefisien amplituda domain frekuensi.

$$K = \frac{1}{N^4} \sum_{i=1}^N (x_i)^4 \quad (4)$$

5. Distribusi Energi Parameter P

Merupakan rasio dari energi side lobe terhadap total energi sinyal domain frekuensi

$$P = \frac{\sum_{j=1}^J x(j)^2}{\sum_{i=1}^I p(i)^2} \quad (5)$$

Di mana:

$p(j)$: amplituda j sampel dari side lobe sinyal domain frekuensi

$x(i)$: amplituda dari sinyal domain frekuensi pada i sampel

Sedangkan side lobe $p(j)$ bisa didefinisikan dari

$$p(j) < 1/8 * \max\{x(i)\}.$$

6. Spektrum Daya Parameter R

Merupakan nilai dimana menghitung besar maksimum daya terhadap rata-rata daya seluruhnya

$$R = \frac{\max(x(i))}{N} \quad (6)$$

BAB III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai model perancangan simulasi yang merepresentasikan sistem deteksi skema modulasi digital. Sub sistem yang digunakan dalam perancangan ini terbagi atas tiga blok utama. Secara berurut, blok pertama dimulai dari blok pengirim, terdiri atas dua macam pengirim yakni pengirim modulasi single carrier dan pengirim modulasi OFDM dimana masing-masing modulasi menggunakan tiga buah mapper (QPSK, 16QAM dan 64QAM). Kemudian blok utama kedua adalah blok kanal transmisi, terdiri atas kanal multipath Rayleigh fading dan AWGN. Dan blok utama terakhir, blok penerima, terbagi atas pre-processing, ekstraksi ciri dan klasifikasi.

3.2 Spesifikasi Pengirim

Dalam mengirimkan sinyal informasi bit digital pada blok pengirim, simulasi ini membangkitkan data bit '0' dan '1' secara Galois pseudo-random, dalam artian keluaran bit dibangkitkan secara periodik, dengan

kHz. Total durasi sampel keluaran dari pengirim single carrier adalah sejumlah 32768 sampel.

Untuk pengirim OFDM, yang membedakan dari blok pengirim single carrier adalah setelah diproses oleh mapper QPSK, 16-QAM dan 64-QAM, keluaran simbol IQ akan diteruskan ke dalam bagan modulasi OFDM, dimana prosesnya meliputi empat proses yaitu proses serial to parallel, IFFT, parallel to serial dan penambahan cyclic prefix. Setelah itu diproses ke dalam

upconverter dengan frekuensi carrier 40 kHz. Untuk proses cyclic prefix, durasi total adalah sebesar $512 \times 16 = 8192$ sampel. Sehingga durasi total keluaran dari pengirim OFDM adalah sebesar $32768 + 8192 = 40960$

sampel.

3.2 Spesifikasi Kanal

Keluaran pemancar berupa sinyal termulasi kemudian dipengaruhi oleh kanal transmisi. Sinyal

tersebut, akan mengalami respon kanal multipath fading terdistribusi Rayleigh dan noise AWGN. Kanal fading mengacu pada model kanal rekomendasi ITU-R M.1225 Vehicular Test Environment Channel A dengan asumsi kecepatan user 120 km/jam^[5].

Kondisi kanal untuk masing-masing jenis pengirim, OFDM dan single carrier, diberlakukan pembedaan.

sampel/symbol = 16 dan panjang bit = $2048 \times \log(M)$. Dimana M mengacu pada nilai orde modulasi/mapper M-QAM atau M-PSK. Sebelum melewati kanal, sinyal yang masih berupa baseband IQ akan terlebih dahulu diproses oleh upconverter dengan frekuensi carrier = 40

Pengirim single carrier mengalami frequency selective fading, sedangkan OFDM mengalami flat fading, sehingga durasi sampel kanal harus lebih kecil daripada durasi cyclic prefix. Dalam simulasi ini, total durasi sampel kanal (max delay spread) adalah 2510 ns, dengan periode sampling sebesar 1/3 sampel/ns, sehingga total durasi menjadi 7530 sampel. Kondisi ini dinyatakan flat fading, dikarenakan durasi cyclic prefix OFDM adalah 8192 sampel, di mana lebih besar daripada durasi kanal (max delay spread).

3.3 Pelatihan Jaringan

Metode yang digunakan pada klasifikasi adalah backpropagation jaringan syaraf tiruan (JST-BP). Untuk mengevaluasi kinerja JST-BP, maka diperlukan langkah pengujian dengan menggunakan data latih dan data uji. Data latih dan data uji diperoleh dari hasil simulasi LabView 2011 dan memiliki output berupa tujuh nilai ciri dari masing-masing enam sinyal berbeda yang diobservasi untuk digunakan sebagai masukan tujuh masukan neuron JST-BP.

Pada penelitian ini, dilakukan percobaan-percobaan dengan menggunakan batasan sebagai berikut:

- a. Arsitektur JST-BP minimal menggunakan tiga buah lapisan yaitu lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran
- b. Jumlah neuron masukan adalah tujuh neuron, sesuai dengan jumlah ciri yang diperoleh dari suatu sinyal
- c. Jumlah neuron keluaran adalah enam neuron, di mana mengkodekan enam jenis tipe modulasi yang diobservasi, yaitu OFDM-QPSK, OFDM-16QAM,

OFDM-64QAM, SC-QPSK, SC-16QAM, dan SC-64QAM.

Beberapa aspek pada sistem pelatihan jaringan dalam penelitian ini, diantaranya:

- MSE yang ditargetkan bernilai 10-5
- Jumlah epoch yang diimplementasikan sebesar 1000
- Maksimum jumlah neuron pada tiap lapisan tersembunyi adalah 100 neuron
- Lapisan tersembunyi sistem yang dianalisis bernilai

maksimal 3 lapisan

- Sistem JST menggunakan parameter momentum dan learning rate
- Learning rate dianalisis dalam rentang 0,05 - 0,5 dengan skala kenaikan sebesar 0,05
- Besar momentum adalah konstan dan bernilai 0,9

Sebelum masukan diproses oleh sistem pelatihan jaringan, terlebih dahulu dinormalisasikan dalam rentang -1 sampai 1. Normalisasi bertujuan agar nilai yang masuk ke sistem tidak berpengaruh oleh besarnya magnitude. Persentase komposisi data latih adalah 80% dari 200 sampel dan tiap sinyal diobservasi dalam rentang pengamatan SNR 0 dB sampai dengan 30 dB.

3.4 Pengujian Jaringan

Sistem JST-BP yang telah dilatih dan dioptimasi di mana masukan diperoleh dari kumpulan data ciri dari 61 kondisi SNR (0 s.d. 30 dB), disimpan arsitekturnya untuk kemudian diuji pada masing-masing kondisi SNR menggunakan data masukan yang berbeda.

Data uji berjumlah 100 sampel untuk tiap tipe sinyal. Sehingga total data uji per kondisi SNR nya adalah = $100 \times 6 = 600$ data uji. Masukkan pengujian

arsitektur JST-BP menggunakan vektor masukan dengan dimensi 7×610 , sedangkan vektor target menggunakan vektor dengan dimensi 6×610 .

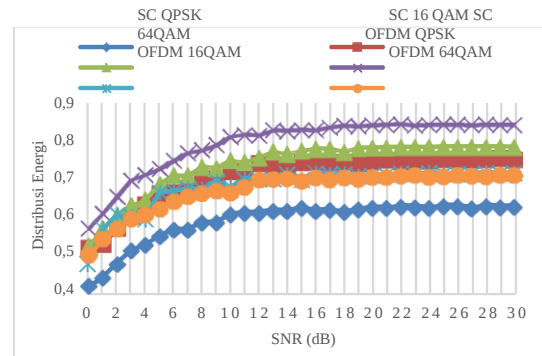
BAB IV ANALISIS SISTEM

4.1 Ciri Spektrum

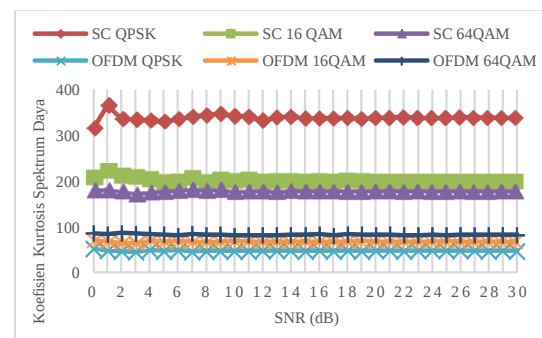
Nilai ekstraksi ciri yang diperoleh dari sinyal domain frekuensi pada kanal fading 120 km/jam dapat dilihat pada gambar 3 s.d 5. Ciri statistik ini diperoleh dari keenam sinyal (OFDM-QPSK, OFDM-16QAM, OFDM-64QAM, SC-QPSK, SC-16QAM, dan SC-

64QAM) dalam domain frekuensi, dengan memproses rata-rata nilai amplituda masing-masing dari 100 kali iterasi untuk dihitung nilai distribusi energi, spektrum daya parameter R dan koefisien kurtosis. Proses perhitungan ini dilakukan berulang dari kondisi SNR 0 dB sampai dengan 30 dB, dengan interval kenaikan sebesar 0,5 dB. Nilai ekstraksi ciri yang diperoleh dari sinyal domain frekuensi pada kanal fading 120 km/jam dapat dilihat pada gambar 3 s.d. gambar 5.

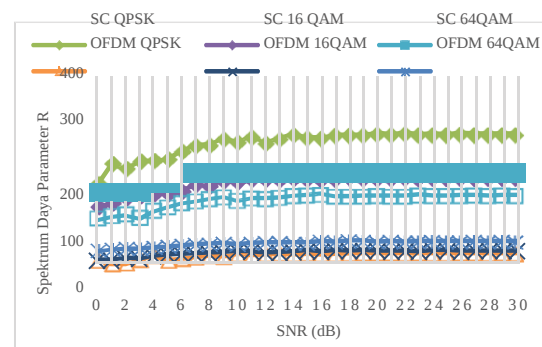
sangat sulit dibedakan berdasarkan nilai masing-masing distribusi energi dan relatif tidak stabil pada kondisi SNR kurang dari 16 dB, hal ini diakibatkan karena pengaruh kondisi kanal fading yang mengakibatkan sinyal berfluktuasi secara acak gaussian/normal dan mengganggu kualitas sinyal asli.



Gambar 3. Grafik ekstraksi ciri spektrum distribusi energi pada kanal fading 120 km/jam



Gambar 4. Grafik ekstraksi ciri koefisien kurtosis spektrum daya pada kanal fading 120 km/jam



Nilai distribusi energi parameter P yang didapat dari hasil ekstraksi ciri dalam kondisi kanal fading 120 km/jam dapat dilihat pada gambar 3. Dari gambar tersebut, secara keseluruhan keenam tipe modulasi

Gambar 5. Grafik ekstraksi ciri spektrum daya parameter R pada kanal fading 120 km/jam

Dari gambar 4, nilai ciri koefisien kurtosis masing-masing keenam tipe modulasi cenderung relatif lebih mudah untuk dibedakan melalui pengamatan secara langsung dalam rentang SNR 0 s.d. 30 dB walaupun untuk ketiga tipe modulasi OFDM, nilai ciri hampir saling berdekatan dan berhimpitan.

Untuk ciri ketiga dari spektrum sinyal, yaitu spektrum daya parameter R, grafik nilai ekstraksi ciri dapat dilihat pada gambar 5. Keenam tipe modulasi masih dapat dengan mudah untuk dibedakan melalui

pengamatan secara langsung pada ciri ini dalam kondisi fading 120 km/jam dan dalam rentang SNR 0 s.d. 30 dB.

4.2 Ciri Statistik

Ciri statistik ini diperoleh dari keenam sinyal (OFDM-QPSK, OFDM-16QAM, OFDM-64QAM, SC-QPSK, SC-16QAM, dan SC-64QAM) dalam domain waktu, dengan memproses rata-rata nilai amplituda masing-masing dari 100 kali iterasi untuk dihitung nilai mean, standar deviasi, skewness, dan kurtosis. Proses perhitungan ini dilakukan berulang dari kondisi SNR 0 dB sampai dengan 30 dB, dengan interval kenaikan sebesar 0,5 dB. Nilai ekstraksi ciri yang diperoleh dari statistik sinyal domain waktu pada kanal fading 120 km/jam dapat dilihat pada gambar 6 s.d. gambar 9.

Nilai mean yang didapat dari hasil ekstraksi ciri dapat dilihat pada gambar 6. Dari gambar tersebut, nilai mean untuk keenam tipe modulasi sangat fluktuatif dan sulit untuk dibedakan melalui pengamatan secara langsung. Untuk grafik ciri kedua dari statistik sinyal, yaitu standar deviasi, pada gambar 7, nilai ciri untuk ketiga tipe modulasi OFDM masih sulit dibedakan karena masih terpengaruh proses IFFT sehingga nilainya relatif sangat kecil jika dibandingkan dengan ketiga tipe modulasi SC. Serupa dengan ciri mean, pada ciri standar deviasi ini grafik ketiga tipe modulasi SC sangat fluktuatif dan sulit untuk dibedakan melalui pengamatan secara langsung.

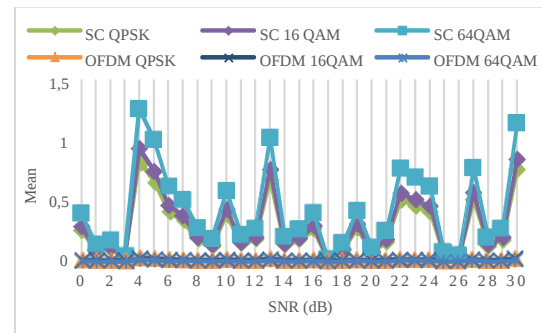
Pada gambar 8, terlihat nilai ciri statistik skewness untuk tipe modulasi SC 16QAM dan SC QPSK sulit dibedakan melalui pengamatan secara langsung pada SNR 0 s.d. 30 dB karena nilai memiliki nilai yang sangat berdekatan. Hal serupa terjadi pula pada tipe modulasi SC 16QAM dan SC QPSK di mana nilai keduanya saling berhimpit. Sedangkan dari gambar 9 di mana merepresentasikan grafik nilai kurtosis pada sinyal domain waktu, dapat diamati bahwa grafik hampir menyerupai nilai skewness di mana tipe modulasi SC 16QAM dan SC QPSK masih sulit dibedakan melalui pengamatan secara langsung pada SNR 0 s.d. 30 dB karena nilai memiliki nilai yang sangat berhimpitan. Namun untuk ketiga tipe modulasi OFDM, dapat dibedakan melalui pengamatan secara langsung.

4.3 Analisis Parameter JST pada kanal fading

Dalam melatih jaringan JST-BP, parameter yang menentukan performansi jaringan adalah kombinasi dari nilai learning rate, jumlah neuron per lapisan tersembunyi dan juga jumlah lapisan tersembunyi yang digunakan. Dalam subbab 4.3 dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menentukan inialisasi learning rate yang tepat dalam rentang 0,05-0,5 dengan menggunakan jumlah neuron tersembunyi yang sama pada lapisan tersembunyi pertama. Learning rate yang digunakan adalah learning rate yang menghasilkan akurasi pelatihan tertinggi.

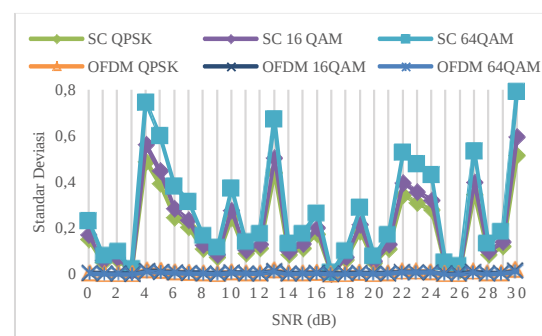
- Menentukan jumlah neuron tersembunyi pada tiap masing-masing lapisan tersembunyi dengan menganalisis jumlah neuron tersembunyi dimulai dengan menggunakan lapisan tersembunyi pertama, kemudian lapisan tersembunyi kedua lalu lapisan tersembunyi ketiga.
- Menguji arsitektur JST-BP di tiap kondisi SNR pada rentang 0 s.d. 30 dB.



Gambar 6. Grafik ekstraksi ciri statistik mean pada kanal fading 120 km/jam

Dalam menganalisis nilai optimal learning rate, JST-BP menggunakan lapisan tersembunyi pertama dengan jumlah neuron tersembunyi sebanyak 20 neuron, nilai momentum sebesar 0,9 dan 1000 epoch. Target performansi adalah akurasi 100% dan setiap percobaan nilai learning rate dari 0,05- 0,5 akan dihitung waktu, MSE, dan persentase akurasi pelatihan.

Berdasarkan hasil simulasi, sistem meraih nilai learning rate paling optimal pada nilai 0,25, vektor neuron tersembunyi dari lapisan 1 s.d. 3 adalah [40 80 80], dengan akurasi rata-rata pelatihan sebesar 98,25%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mengklasifikasikan 35959 sinyal dengan benar, sementara 641 sinyal tidak sesuai diklasifikasikan.

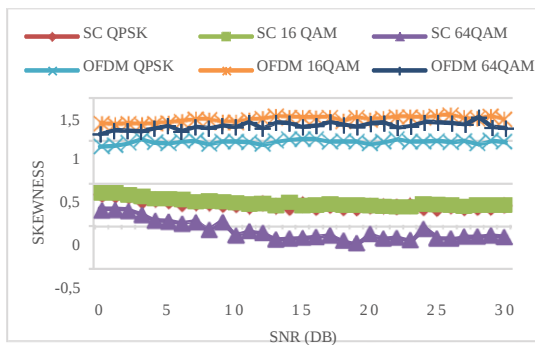


Gambar 7. Grafik ekstraksi ciri statistik standar deviasi pada kanal fading 120 km/jam

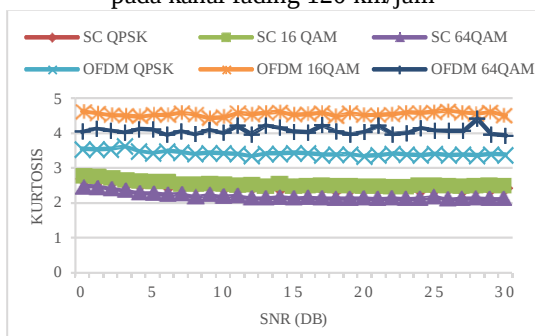
4.4 Analisis Pengujian JST-BP

Setelah didapat arsitektur optimal, maka JST-BP diuji untuk tiap kondisi SNR dalam rentang 0 s.d. 30 dB. Gambar 10 menunjukkan grafik performansi pengujian, di mana menunjukkan bahwa JST akan mengklasifikasi masing-masing sinyal lebih dari 90% pada kondisi SNR lebih dari 8 dB. Pada grafik juga

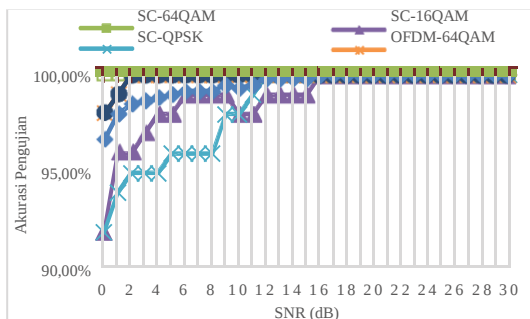
dapat dilihat bahwa sinyal SC-QPSK paling sulit untuk dikenali.



Gambar 8. Grafik ekstraksi ciri statistik skewness pada kanal fading 120 km/jam



Gambar 9. Grafik ekstraksi ciri statistik kurtosis pada kanal fading 120 km/jam



Gambar 10 Grafik Pengujian Arsitektur JST-BP pada Kanal Fading 120 km/jam

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan percobaan yang didapatkan pada pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil pengujian, jaringan syaraf tiruan dengan metode backpropagation yang digunakan untuk mengklasifikasi sinyal berdasarkan tipe modulasi pada kanal fading cukup memberikan hasil yang baik.
2. Mengubah parameter learning rate untuk mendapatkan proses latih yang stabil, menambahkan jumlah neuron tersembunyi agar tidak terlalu sedikit

(underfitting) dan terlalu banyak (overfitting), dan jumlah lapisan tersembunyi mempengaruhi performansi sistem jaringan syaraf tiruan.

3. Untuk kanal fading, sistem JST-BP mempunyai akurasi pengujian sebesar 90% pada saat kondisi SNR lebih dari 8 dB.

4. Konfigurasi neuron tersembunyi pada tiga lapisan jaringan syaraf tiruan untuk kanal fading [40 80 80].

5.2 Saran

Beberapa masukan dan ide untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Mengaplikasikan sistem lebih lanjut lagi ke dalam perangkat pemrograman seperti FPGA atau BeagleBoard.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwi Pramono, Aditya. 2013. Pendeteksi Tipe Modulasi Digital Menggunakan Algoritma Genetika Dan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Rekognisi Modulasi Otomatis. Tugas Akhir Jurusan Teknik Telekomunikasi IT Telkom: Tidak diterbitkan
- [2] Like, Eric, D. Chakravarthy, Vasu, Ratazzi, Paul dan Wu, Zhiqiang. 2009. Signal Classification in Fading Channels Using Cyclic Spectral Analysis. EURASIP Journal on Wireless Communication and Networking: Volume 2009
- [3] Saputri, Desti Madya. 2012. Klasifikasi Tipe Modulasi Menggunakan Deteksi Selubung Kompleks Dan Parameter Statistik. Tesis Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Telkom: Tidak diterbitkan
- [4] Z. Yanrui, T. Bian, M. Ruiqi, S. Yongjun, A. Jinkun, Y. Kechu, R. Yuxin. 2010. An OFDM Modulation Recognition Algorithm Based on Spectrum Analysis. ICSP2010 Proceedings: IEEE
- [5] Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies, Recommendation ITU-R M.1225, 1997
- [6] Siang, Jong Jek. 2005. Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan Matlab. Penerbit Andi, Yogyakarta
- [7] Dobre, Octavia. 2009. Cyclostationarity-Based Modulation Classification of Linear Digital Modulations in Flat Fading Channels. Springer