



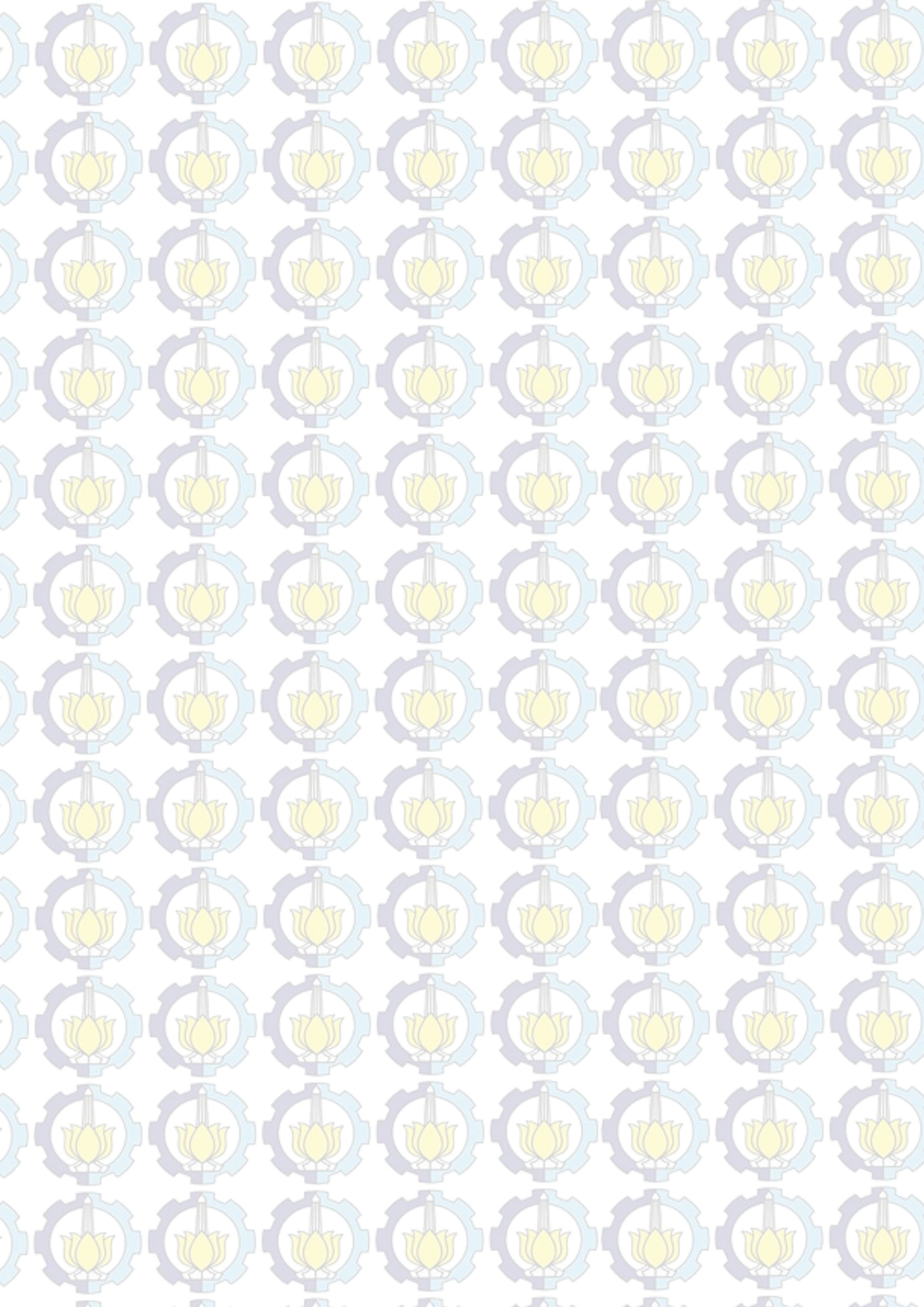
TESIS - TE142599

ANALISIS PERFORMANSI MODULASI ADAPTIF PADA SISTEM KOMUNIKASI VANET

AISYAH NOVFITRI
07111550032003

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Titiek Suryani, M.T.
Dr. Ir. Suwadi, M.T.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI MULTIMEDIA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018





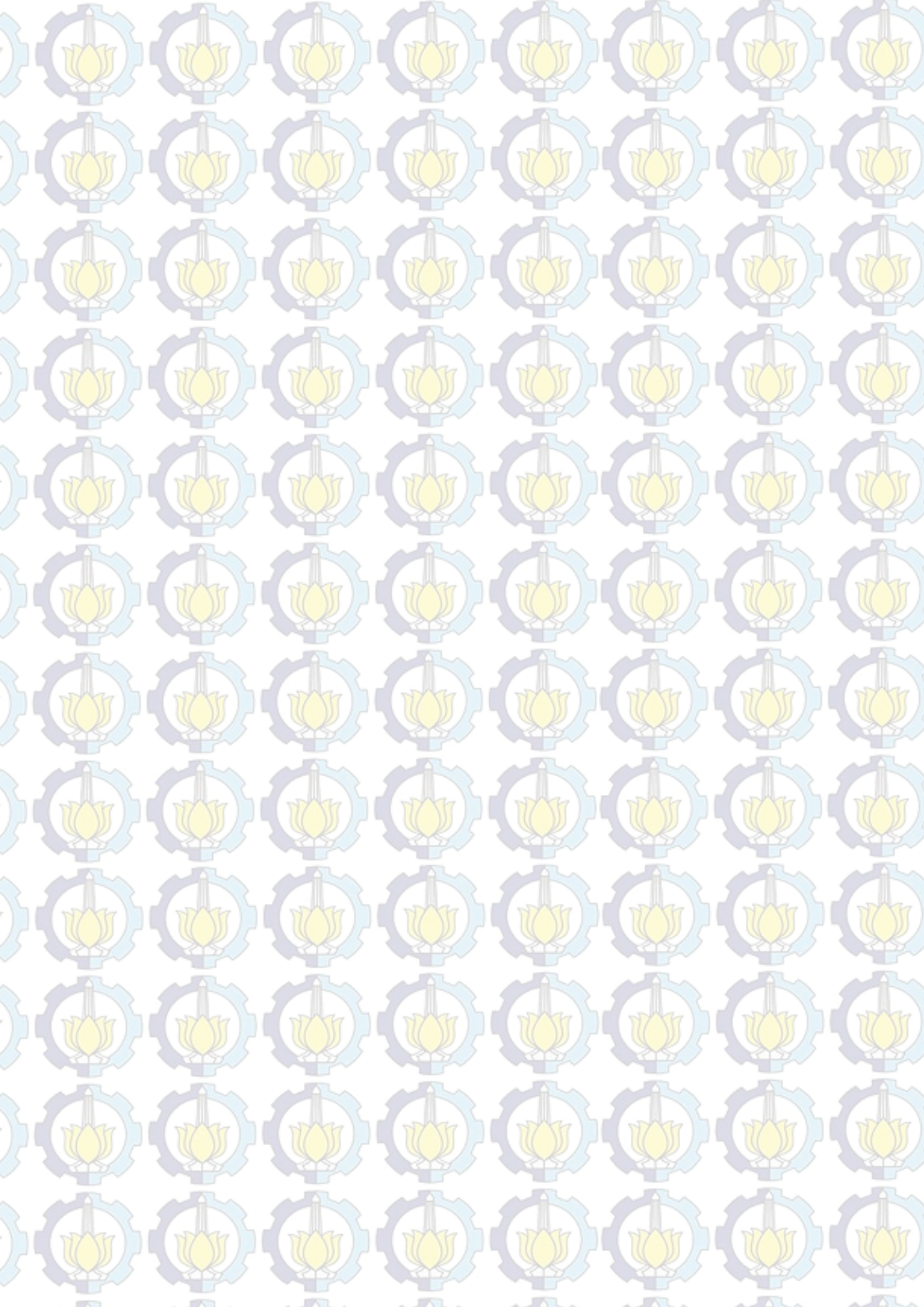
TESIS - TE142599

ANALISIS PERFORMANSI MODULASI ADAPTIF PADA SISTEM KOMUNIKASI VANET

AISYAH NOVFITRI
07111550032003

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Titiek Suryani, M.T.
Dr. Ir. Suwadi, M.T.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI MULTIMEDIA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

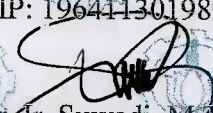
Aisyah Novfitri
NRP. 07111550032003

Tanggal Ujian : 6 Juli 2018
Periode Wisuda : September 2018

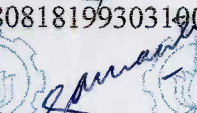
Disetujui oleh:


1. Dr. Ir. Titiek Suryani, M.T.
NIP: 196411301989032001

(Pembimbing I)


2. Dr. Ir. Suwadi, M.T.
NIP: 196808181993031002

(Pembimbing II)


3. Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.
NIP. 197011111993031002

(Penguji)


4. Dr. Ir. Endroyono, D.E.A.
NIP. 196504041991021001


(Penguji)


5. Dr. Ir. Puji Handayani, M.T.
NIP. 196605101992032002

(Penguji)

Dekan Fakultas Teknologi Elektro


Dr. Tri Anief Sardjono, S.T., M.T.
NIP. 197002121995121001



Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul **“ANALISIS PERFORMANSI MODULASI ADAPTIF PADA SISTEM KOMUNIKASI VANET”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018



Aisyah Novfitri
NRP. 07111550032003

Halaman ini sengaja dikosongkan

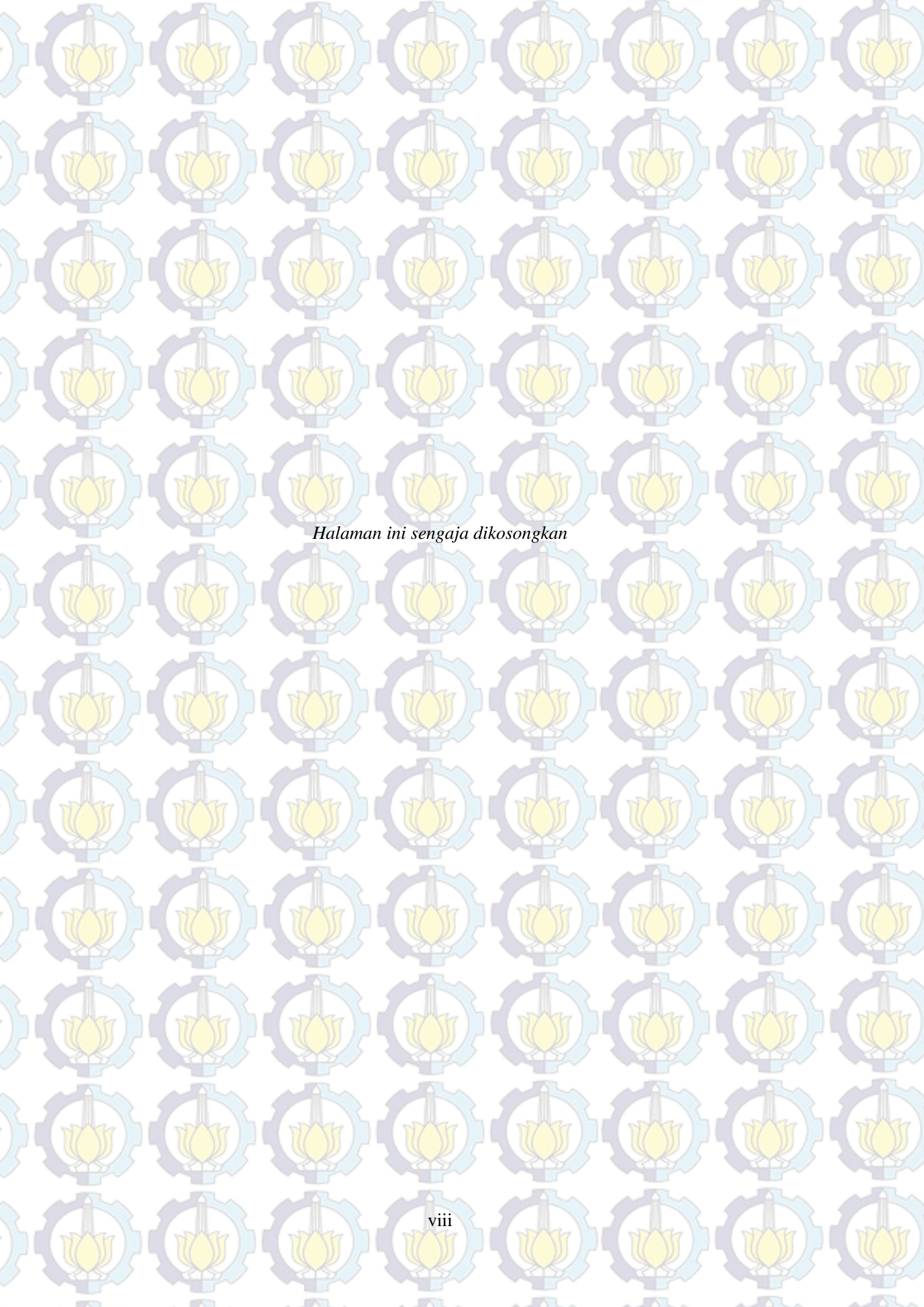
ANALISIS PERFORMANSI MODULASI ADAPTIF PADA SISTEM KOMUNIKASI VANET

Nama mahasiswa : Aisyah Novfitri
NRP : 07111550032003
Pembimbing : Dr. Ir. Titiek Suryani, M. T.
Dr. Ir. Suwadi, M.T.

ABSTRAK

Komunikasi (*vehicle-to-vehicle*) V2V dan (*vehicle-to-Infrastructure*) V2I merupakan bagian dari teknologi VANET dengan *physical layer* menggunakan OFDM sesuai standart IEEE.802.11p. Beberapa faktor yang mempengaruhi performansi komunikasi V2V adalah gangguan pada sekitar lingkungan *vehicle* dan frekuensi Doppler karena perubahan kecepatan, sehingga dapat menurunkan performansi nilai BER dan kapasitas sistem. Pada penelitian ini telah dilakukan analisis kinerja dari modulasi adaptif pada kanal V2V dengan adanya gangguan Doppler untuk meningkatkan nilai BER dan Kapasitas Kanal. Parameter modulasi adaptif sebagai penelitian ini adalah berdasarkan gain kanal yang terpengaruh oleh frekuensi Doppler yang berbeda-beda. Efek dari adanya gangguan frekuensi Doppler pada sistem komunikasi V2V memberikan nilai gain kanal yang fluktuatif, sehingga daya sinyal yang diterima akan mengalami kondisi yang berbeda-beda. Parameter modulasi adaptif untuk menggunakan modulasi BPSK, QPSK, dan 16 QAM ditentukan berdasarkan pengelompokkan nilai gain kanal yang berbeda-beda akibat frekuensi Doppler. Pengelompokkan nilai gain kanal berdasarkan nilai *threshold* yang telah ditentukan terlebih dahulu. Simulasi sistem pada penelitian ini, menggunakan tiga skema *threshold* modulasi adaptif sebagai unjuk kerja sistem yang dibandingkan dengan kinerja sistem menggunakan modulasi non-adaptif. Analisis berdasarkan hasil simulasi kinerja modulasi adaptif pada sistem V2V menunjukkan ketiga *threshold* modulasi adaptif dapat mempertahankan nilai BER sebesar 10^{-3} dengan SNR lebih rendah dibandingkan modulasi non-adaptif. Pada frekuensi Doppler normalisasi terbesar 0.01, *threshold* adaptif (0.25 dan 0.5) membutuhkan SNR 26 dB agar dapat mencapai BER 10^{-3} dan kapasitas kanal mengalami peningkatan mencapai hingga 190% dibandingkan dengan kapasitas kanal modulasi non-adaptif yaitu modulasi BPSK. Analisis kinerja modulasi adaptif berdasarkan parameter alokasi gain kanal memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perfromansi modulasi non-adaptif pada sisi kebutuhan SNR untuk mencapai BER 10^{-3} dan kapasitas kanal.

Kata kunci: V2V, Frekuensi Doppler, Threshold, Modulasi Adaptif



Halaman ini sengaja dikosongkan

PERFORMANCE ANALYSIS OF ADAPTIVE MODULATION IN VANET COMMUNICATION SYSTEM

By : Aisyah Novfitri
Student Identity Number : 07111550032003
Supervisor(s) : 1. Dr. Ir. Titiek Suryani, M. T.
2. Dr. Ir. Suwadi, M.T.

ABSTRACT

V2V (vehicle-to-vehicle) and V2I (vehicle-to-Infrastructure) are part of VANET technology with physical layer using OFDM according to IEEE.802.11p standard. Several factors that influence V2V communication performance are disturbances in the vicinity of the vehicle environment and Doppler frequency due to changes in speed, so that it can reduce the performance of BER values and system capacity. In this study, performance analysis of adaptive modulation on V2V channels has been carried out in the presence of Doppler interference to increase BER value and channel capacity. The adaptive modulation parameters as this study are based on channel gain that is affected by different Doppler frequencies. The effect of Doppler frequency interference on V2V communication system gives fluctuating channel gain value, so that received signal power will experience different conditions. The adaptive modulation parameters for using BPSK, QPSK, and 16 QAM modulations are determined by grouping different channel gain values due to Doppler frequency. Grouping channel gain values based on predetermined threshold values. The system simulation in this study, using three adaptive modulation threshold schemes as system performance compared to system performance using non-adaptive modulation. Analyzes based on simulation results of adaptive modulation performance on V2V systems show that three adaptive modulation thresholds can maintain a BER value of 10^{-3} with lower SNR than non-adaptive modulation. At the largest normalized Doppler frequency 0.01, adaptive threshold (0.25 and 0.5) requires SNR 26 dB to reach BER 10^{-3} and channel capacity increased up to 190% compared to non-adaptive modulation channel capacity (BPSK modulation). Analysis of adaptive modulation performance based on channel gain allocation parameters gives better results compared to non-adaptive modulation performance on the SNR needs side to achieve BER 10^{-3} and channel capacity.

Key words: V2V, Doppler Frequency, Threshold, Adaptive Modulation

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan atas seizin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku tesis ini. Tak lupa pula penulis sampaikan salam serta shalawat kepada Nabi kita Muhammad SAW sebagai junjungan kita semua. Hingga saat ini penulis dapat menyelesaikan buku tesis ini yang berjudul “Analisis Performansi Modulasi Adaptif pada Sistem Komunikasi VANET”.

Tesis ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan studi Strata-2 di jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama pengerjaan, penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua yang selalu memberikan doa-doa terbaik, dukungan, motivasi, serta nasihat yang memicu penulis untuk menyelesaikan tesis ini.
2. Suami tersayang M. Afham Azri yang selalu mendukung dan memotivasi.
3. Ibu Dr. Ir. Titiek Suryani, MT. dan bapak Dr. Ir. Suwadi, MT. selaku dosen pembimbing, yang selalu sabar dan ikhlas membimbing dan memotivasi penulis.
4. Bapak Dr. Ir. Endroyono DEA selaku dosen wali dan dosen-dosen S-2 TMM semuanya.
5. Tim VANET, Bapak Wahyu Pamungkas, Rizkha Ajeng dan mas Ardi yang selalu bekerjasama dalam tim.
6. Rekan-rekan mahasiswa S2 TMM angkatan genap 2015 yang selalu mendukung dan menguatkan satu sama lain selama perkuliahan serta teman-teman S2 yang lainnya.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun bagi pembacanya.

Surabaya, Juli 2018

Aisyah Novfitri




Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Kontribusi	4
1.6 Metodologi Penelitian	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 VANET	7
2.1.1 Standarisasi VANET	8
2.1.2 Klasifikasi Model Kanal pada VANET	10
2.2 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)	11
2.2.1 Modulator dan Demodulator OFDM	11
2.3 <i>Cyclic Prefix</i>	14
2.4 Kanal Nirkabel	14
2.4.1 <i>Additive White Gaussian Noise (AWGN)</i>	15
2.4.2 <i>Kanal Rayleigh</i>	15
2.5 <i>Mobile to Mobile Rayleigh Fading Channel</i>	16
2.6 Modulasi <i>Bandpass</i>	18
2.6.1 BPSK	19

2.6.2	QPSK.....	19
2.6.3	16-QAM.....	20
2.7	Modulasi Adaptif.....	20
2.8	<i>Bit Error Probability (Pb)</i>	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1	Alur Penelitian.....	25
3.2	Pemodelan Sistem.....	26
3.3	Pembangkitan Sistem.....	28
3.3.1	Membangkitkan Bit Informasi.....	28
3.3.2	Modulasi <i>Bandpass</i>	29
3.3.3	Serial to Parallel.....	29
3.3.4	Proses IFFT.....	30
3.3.5	Penambahan <i>Cyclic Prefix (CP)</i>	30
3.3.6	Parallel to Serial (P/S).....	31
3.3.7	Pemodelan Kanal <i>Wireless</i>	31
3.3.8	Skema Modulasi Adaptif.....	35
3.3.9	Perkalian Sinyal pada Kanal <i>Wireless</i>	38
3.3.10	Proses Pelepasan CP.....	38
3.3.11	Proses FFT.....	38
3.3.12	Demodulasi <i>Bandpass</i>	39
3.4	Verifikasi Simulasi Sistem Pada Kanal AWGN dan <i>Rayleigh</i>	39
3.4.1	Kanal AWGN.....	40
3.4.2	Kanal <i>Rayleigh Fading</i>	40
3.5	PSD.....	43
3.6	Skenario Pengujian.....	43
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		45
4.1	Pengaruh Frekuensi Doppler pada Kanal Terhadap Sistem.....	45
4.1.1	Spektrum Power Spectral Density (PSD).....	45
4.1.2	Pengaruh Frekuensi Doppler Terhadap Sistem pada Kanal AWGN.....	46
4.1.3	Pengaruh frekuensi Doppler terhadap Konstelasi Sinyal pada Kanal <i>Rayleigh</i>	48
4.2	Hasil dan Analisis Kinerja Modulasi Adaptif pada Kanal V2V.....	51


4.2.1	Kinerja Modulasi Adaptif pada Doppler 0.001	52
4.2.2	Kinerja Modulasi Adaptif pada Doppler 0.005	53
4.2.3	Kinerja Modulasi Adaptif pada Doppler 0.01	54
4.3	Perbandingan Hasil Kinerja Modulasi non-adaptif dengan Modulasi Adaptif	56
4.3.1	Performansi BER pada Modulasi Adaptif dengan Modulasi Non-Adaptif	57
4.3.2	Kapasitas Data Transmisi	60
BAB 5 PENUTUP		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN		68



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Teknologi VANET	7
Gambar 2.2 Alokasi Kanal DSRC	9
Gambar 2.3 Klasifikasi Pemodelan Kanal pada VANET	10
Gambar 2.4 Spektrum Frekuensi OFDM	11
Gambar 2.5 Modulator dan Demodulator OFDM Konvensional	12
Gambar 2.6 Modulator OFDM	13
Gambar 2.7 Periode Simbol OFDM dengan Penambahan Periode CP	14
Gambar 2.8 Lingkungan Scatterer pada Kanal V2V NLOS	17
Gambar 2.9 Diagram Konstelasi Sinyal BPSK.....	19
Gambar 2.10 Diagram Konstelasi Sinyal QPSK.....	20
Gambar 2.11 Diagram Konstelasi Sinyal pada 16-QAM.....	20
Gambar 2.12 Skema Modulasi Adaptif.....	21
Gambar 3.1 Diagram <i>Fishbone</i> Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Model Kanal V2V dengan NLOS	27
Gambar 3.3 Diagram Blok Simulasi Sistem Komunikasi V2V	28
Gambar 3.4 Sinyal Keluaran IFFT.....	30
Gambar 3.5 Simulator <i>Vehicle-to-vehicle Scatterering Environment</i>	32
Gambar 3.6 Respon Gain Kanal pada Domain Waktu	34
Gambar 3.7 Sampel Gain Kanal terhadap 60 Simbol OFDM.....	35
Gambar 3.8 CDF pada Gain kanal dengan Doppler 0.01	37
Gambar 3.9 Verifikasi BER Secara Simulasi dan Teori pada Kanal AWGN....	40
Gambar 3.10 Verifikasi BER Secara Simulasi dan Teori pada Kanal <i>Rayleigh</i>	41
Gambar 3.11 Verifikasi BER Secara Simulasi dan Teori pada Kanal <i>Rayleigh</i>	42
Gambar 3.12 Verifikasi BER Secara Simulasi dan Teori pada Kanal <i>Rayleigh</i>	42
Gambar 4.1 Perbandingan <i>Power Spectral Density</i> (PSD) OFDM tanpa dan dengan Efek Doppler	46
Gambar 4.2 Konstelasi Sinyal BPSK pada Doppler 0.001 dengan SNR 15 dB ...	47
Gambar 4.3 Konstelasi Sinyal QPSK pada Doppler 0.001 dengan SNR 15 dB ...	47
Gambar 4.4 Konstelasi Sinyal 16 QAM pada Doppler 0.001 dengan SNR 15 dB	48
Gambar 4.5 Konstelasi Sinyal pada Doppler 0.001 dengan SNR 30 dB	49
Gambar 4.6 Konstelasi Sinyal pada Doppler 0.01 dengan SNR 30 dB	50
Gambar 4.7 Konstelasi Sinyal pada Doppler 0.01 dengan SNR 45 dB	51
Gambar 4.8 Performansi Modulasi Adaptif dengan Doppler 0.001	53
Gambar 4.9 Performansi Modulasi Adaptif dengan Doppler 0.005	54
Gambar 4.10 Performansi Modulasi Adaptif dengan Doppler 0.01	55
Gambar 4.11 BER Fungsi SNR Modulasi Non-adaptif pada Doppler 0.01	57
Gambar 4.12 BER Fungsi SNR Modulasi Adaptif dan BPSK pada Doppler 0.001	58
Gambar 4.13 BER Fungsi SNR Modulasi Adaptif dan Non-adaptif pada Doppler 0.005	59



Gambar 4.14 BER Fungsi SNR Modulasi Adaptif dan Non-adaptif pada Doppler 0.01.....	59
Gambar 4.15 Perbandingan Kapasitas Bit pada <i>Threshold</i> Adaptif 1.....	61
Gambar 4.16 Pebandingan Kapasitas Bit pada <i>Threshold</i> Adaptif 2.....	61
Gambar 4.17 Pebandingan Kapasitas Bit pada <i>Threshold</i> Adaptif 3.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Dasar Parameter OFDM <i>Physical Layer</i> pada IEEE 802.11p dan IEEE 802.11a	8
Tabel 2.2 Skema Modulasi OFDM IEEE 802.11p	8
Tabel 3.1 Parameter Simulasi Sistem dengan Kecepatan dan Frekuensi	34
Tabel 3.2 Parameter <i>threshold</i> Modulasi Adaptif pada Simulasi	37
Tabel 4.1 Persentase Data Simbol tiap Modulasi Terhadap <i>Threshold</i> Adaptif ...	52
Tabel 4.2 Persentase Data Simbol tiap Modulasi Terhadap <i>Threshold</i> Adaptif ...	54
Tabel 4.3 kapasitas Data Simbol tiap Modulasi Terhadap <i>Threshold</i> Adaptif	55
Tabel 4.4 Jumlah Bit Yang Benar Pada Penerima	61



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsep menggunakan komunikasi radio untuk berkomunikasi antar kendaraan telah dikembangkan sejak tahun 1925 dengan terciptanya sistem peringatan berbasis radio untuk meningkatkan keamanan dalam menggunakan kendaraan [1]. Hingga saat ini pengembangan kualitas komunikasi antar kendaraan terus diperhatikan dan dibentuklah sebuah standarisasi komunikasi *wireless* dalam lingkungan kendaraan atau standart *Wireless Access for Vehicular Environment* (WAVE) untuk mendukung komunikasi *vehicle-to-vehicle* (V2V) dan *vehicle-to-infrastructure* (V2I) yang bekerja pada frekuensi 5.9 GHz sebagai dasar dari sistem transportasi cerdas atau *Inteleget Transport System* (ITS) [2]. Standart WAVE terdiri dari dua standarisasi yaitu standart IEEE 1609 dan IEEE 802.11p, dimana IEEE.1609 berkaitan dengan standarisasi pada layer atas dan IEEE 802.11p menjelaskan mengenai segala pengoperasian pada layer *Medium Access Control* (MAC) dan lapisan fisik (PHY layer), dimana teknologi yang digunakan pada PHY layer untuk komunikasi VANET adalah teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) [3].

Vehicular ad-hoc Network (VANET) merupakan teknologi yang dibangun untuk memfasilitasi komuikasi V2V agar didapatkan performansi sebuah komunikasi yang antar keduanya dengan baik. Hingga saat ini, VANET memiliki kendala pada sisi performansi *wireless* yaitu ketika dua kendaraan atau lebih saling berkomunikasi dengan laju yang semakin tinggi, karena jika kedua kendaraan saling bergerak menjauhi atau mendekati mengakibatkan terjadinya pergeseran frekuensi Doppler atau Doppler Shift (DS) dan memberikan dampak sinyal yang ditransmisikan tidak diterima dengan sempurna oleh penerima. Sayangnya simbol data OFDM sebagai *waveform* teknologi VANET, sangat sensitif terhadap pergeseran frekuensi Doppler [4]. Pergeseran frekuensi Doppler dapat memepengaruhi frekuensi *carrier*, frekuensi *subcarrier* dan durasi simbol

pada sistem OFDM sehingga mengakibatkan performansi data yang diterima menurun [5].

Penelitian mengenai efek pergeseran frekuensi Doppler pada kanal IEEE 802.11p mengevaluasi, bahwa performansi jaringan komunikasi antar kendaraan dapat bekerja dengan rentang nilai pergeseran frekuensi Doppler adalah 0-1500Hz [6]. Hingga telah disimpulkan dari beberapa peneliti mengenai teknik-teknik atau model kompensasi Efek Doppler sebagai tantangan untuk mengurangi masalah pada VANET. Kompensasi Efek Doppler dapat mengacu pada skema dalam tiga domain, yaitu domain waktu, domain frekuensi dan domain ruang [7]. Kompensasi pergeseran frekuensi Doppler pada domain frekuensi salah satunya adalah dengan skema modulasi *bandpass* dan pengkodean pada *baseband* yang digunakan.

Al Barazi *et al*, telah menganalisis kompensasi efek Doppler pada VANET dengan memberikan usulan skema modulasi adaptif dengan variasi kode kanal pada modulasi *baseband* yang bervariasi [8]. Modulasi adaptif pada komunikasi kanal *wireless*, dapat memberikan kecepatan data yang ditransmisikan secara maksimum dengan daya yang efisien. Pada teknik modulasi adaptif, penentuan parameter dapat berdasarkan variasi kanal seperti daya transmisi, level modulasi, coding rate, dan level SNR [9]. Penelitian mengenai performansi teknik modulasi adaptif pada *Intelligent Transport System (ITS)* memberikan kesimpulan bahwa teknik modulasi adaptif dan coding memberikan BER yang lebih kecil [10]. Penelitian mengenai pengalokasian modulasi adaptif berdasarkan CSI dari *multiuser* pada sistem radio OFDMA telah dilakukan. Hasil simulasi menunjukkan performansi pengalokasian daya untuk modulasi adaptif memberikan peningkatan kapasitas bit tiap *subcarrier* [9]. Teknik *power allocation* juga disimulasikan pada *WLAN-based OFDM* sebagai teknik modulasi adaptif oleh Husmann *et al* [11], hasil penelitian tersebut menunjukkan kinerja yang baik untuk beberapa jumlah simbol yang kecil. Skema transmisi adaptif pada V2V dengan estimasi 3 kondisi kanal telah dilakukan [12], dari hasil penelitian tersebut, disimpulkan hanya menggunakan kecepatan yang rendah, sehingga memberikan saran perlu adanya variasi kondisi V2V dengan kecepatan lebih tinggi untuk menguji kinerja modulasi adaptif.

Pada penelitian ini, akan menganalisis teknik modulasi adaptif dengan menggunakan parameter kondisi kanal yang dipengaruhi oleh Doppler sebagai dan kemudian akan ditentukan nilai *threshold* untuk modulasi adaptif pada komunikasi V2V. kondisi kanal fading yang akan disimulasikan mengacu pada kondisi *mobile-to-mobile Rayleigh fading* pada komunikasi V2V sebagai simulasi yang mengacu pada kondisi real karena pengaruh objek pada lingkungan kendaran dan perbedaan sudut pantul.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan mengenai simulasi kinerja OFDM pada komunikasi V2V yang lebih efisien dengan menggunakan teknik modulasi adaptif, dimana adaptif ditentukan berdasarkan parameter kondisi kanal yang dipengaruhi oleh efek Doppler, maka tahapan yang menjadi rumusan masalah adalah :

1. Bagaimana pengaruh frekuensi Doppler terhadap sistem Komunikasi V2V.
2. Bagaimana kinerja modulasi adaptif dengan melihat nilai gain kanal yang dipengaruhi oleh frekuensi Doppler sebagai parameter modulasi adaptif
3. Perbandingan kinerja modulasi adaptif dengan modulasi non adaptif pada sistem komunikasi V2V berdasarkan performansi Nilai BER dan kapasitas kanal.

1.3 Tujuan

Dari rumusan masalah yang telah dirumuskan, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah

1. Mendapatkan pengaruh frekuensi Doppler terhadap nilai gain kanal pada sistem komunikasi V2V
2. Mendapatkan nilai performansi sistem komunikasi V2V dengan menggunakan modulasi adaptif berdasarkan parameter gain kanal
3. Mendapatkan nilai performansi komunikasi V2V dengan menggunakan modulasi adaptif dan tanpa modulasi adaptif

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan yang diselesaikan pada penelitian tesis ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut :

1. Simulasi sistem VANET fokus pada komunikasi *vehicle-to-vehicle* (V2V)
2. OFDM yang di bangkitkan dengan 10.000 simbol OFDM dengan 64 *subcarrier* dan Nifft sebesar 64.
3. Kondisi kanal yang digunakan adalah V2V yang mengacu pada *mobile-to-mobile Rayleigh fading*
4. Jumlah *scatterer* kanal pada pengirim dan penerima adalah 8
5. Frekuensi Doppler ternormalisasi yang digunakan adalah 0.001, 0.005, dan 0.01
6. Modulasi *bandpass* yang digunakan adalah BPSK, QPSK dan 16-QAM
7. Performansi simulasi berdasarkan perbandingan BER fungsi SNR dan kapasitas kanal
8. Simulasi sistem menggunakan MATLAB R2013a

1.5 Kontribusi

Hasil dari penelitian ini, akan memberikan kontribusi pada sisi keilmuan dalam mengembangkan penelitian dibidang teknologi VANET khususnya pada komunikasi V2V serta memberikan kontribusi dalam meningkatkan kinerja nilai BER dengan nilai SNR yang lebih efisien dan peningkatan kapasitas sistem ketika menggunakan teknik modulasi adaptif yang diakibatkan oleh efek Doppler.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian Tesis yang dilakukan dijabarkan secara detail sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi dari literatur-literatur, seperti jurnal, *white paper*, buku, dan literatur lainnya. Informasi yang diperoleh digunakan untuk memecahkan masalah yang telah dirumuskan dalam Tesis ini. Adapun beberapa literatur yang dipelajari adalah yang berkaitan dengan

VANET dan standarisasinya, skema transmisi VANET menggunakan *waveform* OFDM, kanal V2V, mengenai frekuensi dopplet dan efeknya, mengenai modulasi *baseband* seperti BPSK, QPSK, dan 16-QAM. Selain itu berbagai konsep mengenai modulasi adaptif dari penelitian-penelitian sebelumnya.

2. Konsep dan Simulasi Sistem

Tahap kedua yang dilakukan pada penelitian Tesis ini adalah mendesain dan membangkitkan sistem komunikasi V2V dengan *waveform* OFDM kemudian menguji kinerja sistem pada kondisi nilai frekuensi Doppler yang berbeda, dan kemudian mendesain dan mensimulasikan modulasi adaptif untuk menganalisis bagaimana kinerja modulasi adaptif terhadap sistem komunikasi V2V dengan Doppler yang berbeda. Sistem yang dibangkitkan disimulasikan pada *software* Matlab R2013a.

3. Analisis Perbandingan Hasil dan Pembuatan Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian sistem pada kanal, tahap penelitian selanjutnya adalah melakukan analisis perbandingan hasil dan pembuatan kesimpulan. Analisis perbandingan hasil yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan parameter perbandingan yang ditentukan, yaitu *Bit Error Rate* (BER) terhadap nilai *signal-to-noise ratio* (SNR), kapasitas sistem dan pengaruh frekuensi Doppler yang diberikan pada sistem. Dari beberapa analisis perbandingan yang dilakukan, akan didapatkan kesimpulan dan masukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

4. Penyusunan Laporan Tesis

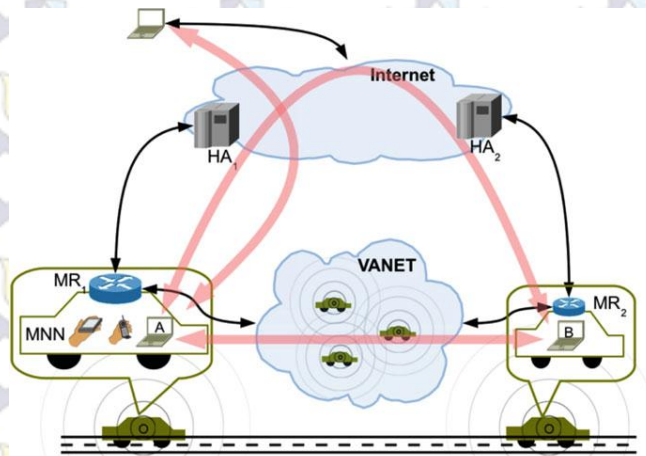
Di tahap ini akhir ini akan dilakukan penyusunan laporan dari hasil penelitian yang diperoleh dengan mengikuti format penulisan Tesis yang diberikan.



Halanan ini sengaja dikosongkan

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 VANET



Gambar 2.1 Teknologi VANET [1]

Vehicular Ad hoc Network (VANET) teknologi komunikasi data untuk kendaraan bergerak dengan kecepatan tinggi. teknologi ini berbasis *wireless*. Teknologi VANET mempunyai kesamaan dengan MANET (*Mobile Ad hoc Network*), yaitu pada proses komunikasi data, perangkat memerlukan *routing* yang tepat. Tujuan dasar VANET adalah untuk mendukung komunikasi antar kendaraan sehingga dapat digunakan sebagai sistem informasi trafik lalu lintas yang cerdas. Komunikasi VANET dapat dilakukan secara langsung antar kendaraan *vehicle to vehicle* (V2V) atau *vehicle to infrastructure* (V2I) untuk saling berkomunikasi. Maka dari itu, VANET dapat dikatakan sebagai salah satu bentuk dari perkembangan teknologi jaringan nirkabel.

Sebagai bentuk jaringan nirkabel yang berbasis “*adhoc*”, maka VANET dibentuk juga berdasarkan standarisasi yang telah diatur dan diakui secara Internasional. Baik dari *physical layer*, *data link layer*, *security*, hingga pada aplikasinya. Standarisasi dari VANET mengacu pada IEEE 802.11p pada *physical layer*, IEEE P.1609 pada *MAC layer*, serta ISO, ITU, dan ETSI. VANET sendiri merupakan bagian dari Organisasi *Intelegrated Transport System* (ITS) [1].

2.1.1 Standarisasi VANET

IEEE 802.11p menggunakan sistem OFDM sebagai lapisan fisik dari teknologi VANET dan bekerja di 5,9 GHz serta terdiri dari 7 saluran yang masing-masing memiliki bandwidth 10 MHz. Parameter OFDM ini berlaku untuk *Vehicle Network* (VN) yang dapat dilihat pada Tabel 2.1. IEEE 802.11p hampir sama dengan *waveform* pada *Digital Video Broadcasting* (DVB), *Wi-Fi*, *WiMax*, *Long Term Evolution* (LTE), dan *xDSL* (ADSL, VDSL) yaitu IEEE 802.11a, yang membedakan dengan VANET adalah frekuensi *carrier*, *bandwith* dan spesifik penggunaan. Untuk lebih jelas melihat perbedaan dari kedua standart ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 [1].

Tabel 2.1 Dasar Parameter OFDM *Physical Layer* pada IEEE 802.11p dan IEEE 802.11a

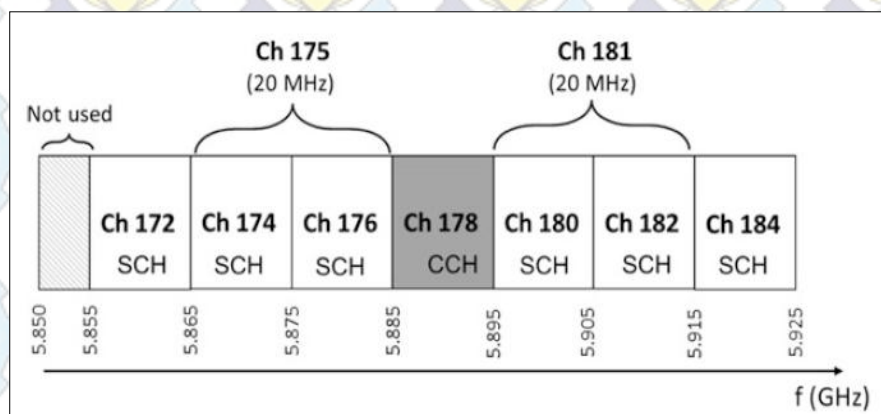
Parameter	IEEE 802.11p	IEEE 802.11a
Frequency band	5.85–5.95 GHz	5.15–5.35 GHz; 5.725–5.835 GHz
Data rate	Max 27 Mb/s	Max 54Mb/s
Channel bandwidth	10MHz	20MHz
Number of channels	7	12
OFDM signal duration	8 μ s	4 μ s
Guard time	1.6 μ s	0.8 μ s
FFT period	6.4 μ s	3.2 μ s
Preamble duration	32 μ s	16 μ s

Tabel 2.2 Skema Modulasi OFDM IEEE 802.11p

Modulasi	Coded Bit Rate (Mbps)	Coding Rate	Data Rate (Mbps)	Data Bit per Symbol OFDM
BPSK	6	1/2	3	24
BPSK	6	3/4	4.5	36
QPSK	12	1/2	6	48
QPSK	24	3/4	9	72
16-QAM	24	1/2	12	96
16-QAM	24	3/4	18	144
64-QAM	36	2/3	24	192

Tabel 2.2 menunjukkan tujuh kemungkinan skema kode modulasi yang digunakan, dari level yang rendah yaitu BPSK hingga level yang lebih tinggi 64-QAM, dengan data rate yang dicapai masing-masing 3MB sampai 27 MB. Perlu dicatat bahwa secara eksperimen, dengan tingkat modulasi 64-QAM hanya dapat dicapai jika kanal bebas dari adanya pergeseran frekuensi Doppler [13].

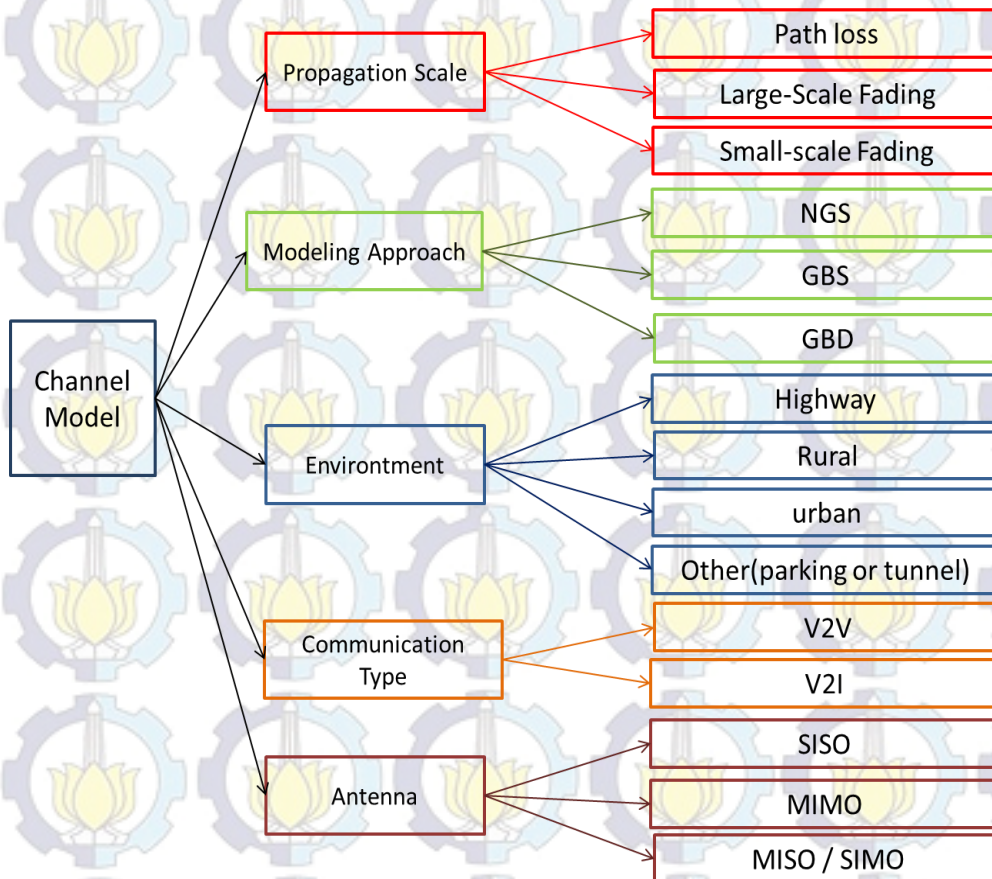
Transmitter dan *receiver* yang bergerak pada VN (*Vehicular Network*) telah distandartkan sebagai solusi dalam pembagian kanal dalam komunikasi VN. Dimana pada standart ini, menggunakan konsep *Control Channel* (CCH) dan *Time Division* (TD). Seluruh perangkat yang melakukan komunikasi diletakkan pada kanal (Ch 178) [9]. Ketika CCH diletakkan pada Ch 178, maka kanal lain yang berada pada satu frame akan diketahui sebagai *Service Channel* (SCH). Pada VN dapat mengacu pada spektrum DSRC (*Dedicated Short Range Communication*) yang terdiri dari tujuh kanal dengan setiap kanal terdiri dari 10 MHz, dan pada kanal band yang rendah terdapat kapasitas sebesar 5MHz sebagai *guard*. Untuk melihat pembagian *bandwidth* pada 7 kanal sesuai standart DSRC dapat dilihat pada Gambar 2.2. Pada kondisi kanal V2V, maka kanal yang digunakan adalah SCH ch 172, sehingga frekuensi carrier yang digunakan adalah 5.855-5.95 GHz dengan *bandwidth* 10 MB. Pada kanal CCH dan SCH pembagian waktu pada interval CCH dan SCH dibagi berdasarkan *Guard Interval* (GI) sebesar 4ms [14].



Gambar 2.2 Alokasi Kanal DSRC [1]

2.1.2 Klasifikasi Model Kanal pada VANET

Dalam memodelkan kanal untuk komunikasi VANET, maka pada Gambar 2.3 memberikan gambaran klasifikasi kelas-kelas untuk memudahkan dalam tujuan penelitian ataupun memudahkan dalam memodelkan kanal. Baik dari segi propagasi, model pendekatan, macam-macam lingkungan, tipe komunikasi yang digunakan, ataupun klasifikasi antenna.

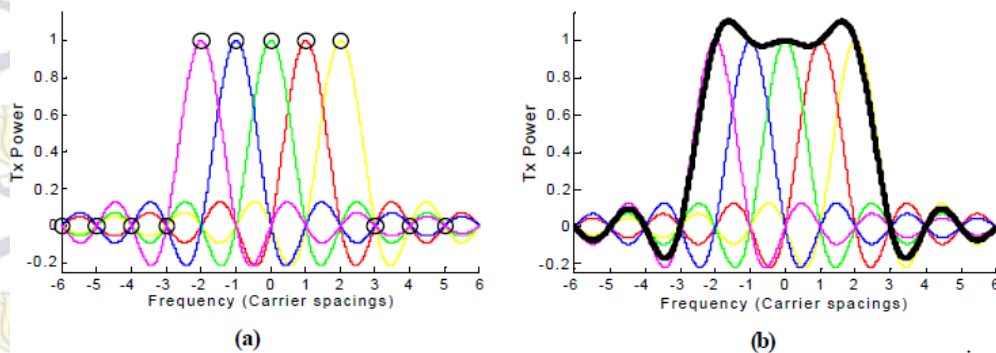


Gambar 2.3 Klasifikasi Pemodelan Kanal pada VANET [1]

Terlihat kanal yang telah diklasifikasikan pada Gambar 2.3, maka dari penelitian tesis ini, akan mengacu pada propagasi *small-scale fading* dengan pendekatan model *Non-geometrical Stochastic model* (NGS). NGS menggambarkan kondisi untuk komunikasi V2V pada frekuensi *carrier* 5.9 GHz dan memberikan spesifik *small-scale fading* yaitu terhadap Doppler, *scatterer* dari lingkungan dan terdistribusi *Rayleigh Non line-of-sight* (NLOS). dengan mensimulasikan pada kondisi *highway* untuk komunikasi SISO V2V.

2.2 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

OFDM pada dasarnya merupakan suatu skema transmisi *multicarrier*, dimana menggabungkan suatu teknik modulasi secara *multiplexing*. Konsep dasar dari OFDM adalah pemilahan transmisi data dengan sejumlah *subcarriers*, dan dimodulasi pada laju yang rendah. Oleh karena itu, suatu sinyal OFDM dapat dikatakan terdiri dari sekumpulan *narrowband carrier* yang ditransmisikan dari sumber yang sama pada frekuensi yang berbeda.



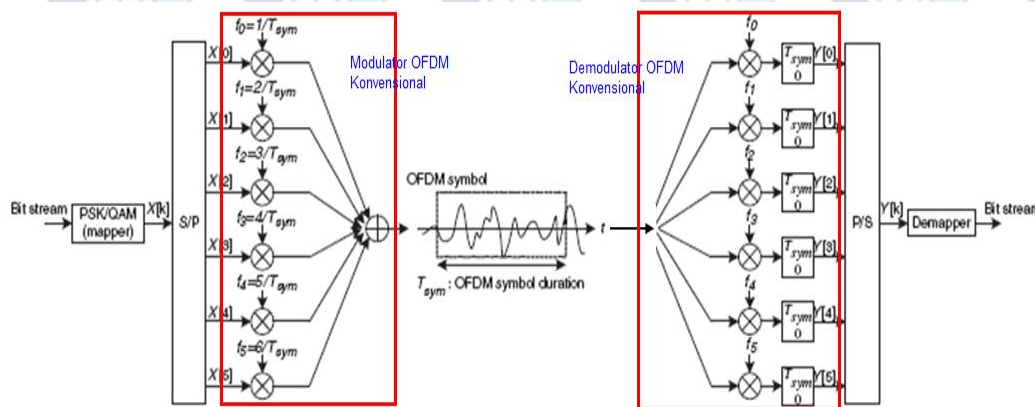
Gambar 2.4 Spektrum Frekuensi OFDM [15]

Pada Gambar 2.4 terlihat susunan spektrum sinyal OFDM, dimana secara umum terdiri dari sekumpulan *subcarriers* yang saling tegak lurus satu sama lain. Jarak diantara *subcarriers* merupakan kebalikan dari durasi setiap simbol, sehingga masing-masing *subcarriers* saling tegak lurus (*orthogonal*) satu sama lain. Karena saling *orthogonal* maka jarak antar *subcarrier* satu dengan lainnya saling berdekatan yang memungkinkan adanya overlapping spectral diantara *subcarrier*. Hal ini lah yang membedakan prinsip kerja OFDM dan FDM, dimana pada FDM pembagian kanal hanya berdasarkan frekuensi, sedangkan kanal OFDM diberi suatu jarak tertentu (*Guard Interval*) untuk mencegah interferensi. Karena itu terlihat dengan jelas bahwa OFDM lebih efisien dalam penggunaan *bandwidth* dibandingkan dengan konsep FDM.

2.2.1 Modulator dan Demodulator OFDM

Algoritma IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) dan FFT (*Fast Fourier Transform*) berfungsi sebagai modulator dan demodulator pada OFDM.

Gambar 2.5 merupakan contoh modulator dan demodulator OFDM konvensional. Dari Gambar tersebut dapat dijelaskan: data biner yang telah dipetakan dalam mapper (BPSK, QPSK, M-QAM, dan lainnya) akan menghasilkan simbol hasil mapper. Simbol tersebut dipecah dalam bentuk serial paralel dan dimodulasi oleh sinyal *subcarrier* dengan frekuensi tertentu, sehingga dihasilkan sinyal yang saling *orthogonal*. Kemudian semua sinyal tersebut ditambahkan sehingga dihasilkan simbol OFDM [16].



Gambar 2.5 Modulator dan Demodulator OFDM Konvensional [16]

OFDM konvensional membutuhkan lebih banyak modulator jika menggunakan lebih banyak *subcarrier*. Untuk mengatasi hal seperti itu dapat menggunakan prinsip dari IFFT dan FFT. Pada OFDM, masing-masing *subcarrier* memiliki persamaan gelombang seperti pada persamaan (2.1).

$$S_c(t) = A_c(t)e^{j[\omega_c t + \phi(t)]} \quad (2.1)$$

Karena OFDM terdiri dari banyak *subcarrier*, maka persamaan gelombangnya menjadi:

$$S_S(t) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} A_n(t)e^{j[\omega_n t + \phi_n(t)]} \quad (2.2)$$

Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT) dan *Discrete Fourier Transform* (DFT) digunakan untuk mentransformasikan sinyal ke dalam fungsi domain waktu. Penggunaan IDFT dan DFT pada teknik OFDM akan mengurangi tingkat kompleksitas sistem pengirim dan penerima. Dengan menggunakan IDFT

dan DFT, tidak diperlukan *osilator*, *mixer* dan *filter* untuk masing-masing *subcarrier*. Algoritma *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT) dan *Fast Fourier Transform* (FFT) dapat diimplementasikan untuk mempersingkat waktu komputasi.

Pada modulator OFDM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 digunakan algoritma *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT) yang bertujuan untuk pembuatan simbol OFDM. Pada algoritma IFFT, simbol akan diubah dari domain frekuensi menjadi domain waktu. Sedangkan demodulator OFDM digunakan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) yang bertujuan untuk pengurai simbol OFDM. Pada algoritma FFT, simbol akan diubah dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Jika pada sistem OFDM pada simulasi ini, IFFT akan dilakukan setelah sinyal diubah oleh *mapper* yaitu modulasi *baseband*. Sedangkan demodulator dilakukan sebelum *demapper* dilakukan.

IFFT dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) - j \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \quad (2.3)$$

Persamaan FFT adalah sebagai berikut :

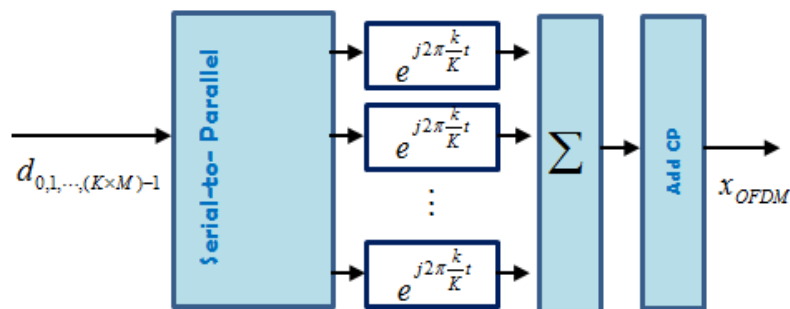
$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) + j \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \quad (2.4)$$

dengan :

K = Jumlah point IFFT (*subcarrier* total)

$s(t)$ = nilai sinyal pada domain waktu

$s(k)$ = nilai dari spektrum ke-k (domain frekuensi)

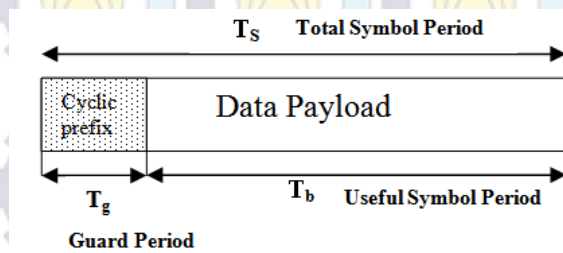


Gambar 2.6 Modulator OFDM [17]

2.3 Cyclic Prefix

Ketika sinyal OFDM ditransmisikan melalui sebuah frekuensi yang luas, kecuali ada sejumlah besar *subcarrier*, sinyal *subcarrier* menjadi sulit untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebih kecil dari pada *coherence bandwidth* pada kanal. Sehingga ISI terlalu besar sehingga merusak orthogonalitas antar *subcarrier* dan menyebabkan kesalahan pada demodulasi.

Untuk menghilangkan ISI dapat dilakukan dengan menambahkan perlindungan yaitu *guard interval* (GI) sebelum simbol informasi dan membuat durasi lebih besar dari estimasi *delay spread* pada kanal. Untuk menghilangkan ISI dan ICI, *cyclic* pada simbol OFDM ditambahkan kedalam GI. Oleh karena itu, *cyclic prefix* (CP) biasanya ditambahkan dalam simbol OFDM, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 dan interval perlindungan jadi lebih lebar dari *delay spread* pada kanal *multipath*, sehingga ISI dan ICI bisa dihilangkan.



Gambar 2.7 Periode Simbol OFDM dengan Penambahan Periode CP [18]

T merupakan panjang satu simbol OFDM dan T_s merupakan panjang CP dalam domain waktu. Salinan terakhir dari simbol OFDM diletakkan pada bagian awal dari simbol OFDM, sehingga periode T menjadi $T+T_s$ dan T_s adalah CP. Panjang CP harus lebih lebar dari panjang maksimum *delay spread* pada kanal, sehingga menghilangkan ISI.

2.4 Kanal Nirkabel

Sinyal yang dipancarkan oleh *transmitter* akan dipengaruhi oleh beberapa fenomena fisik, sehingga sinyal yang diterima mengalami perubahan *phase*, polarisasi dan level dari suatu sinyal terhadap waktu. Fenomena ini didefinisikan sebagai *fading*. *Fading* dapat didefinisikan sebagai perubahan *phase*, polarisasi dan atau level dari suatu sinyal terhadap waktu. Definisi dasar dari *fading* yang

paling umum adalah yang berkaitan dengan mekanisme propagasi yang melibatkan refraksi, refleksi, difraksi, hamburan dan redaman dari gelombang radio

2.4.1 Additive White Gaussian Noise (AWGN)

Noise yang terjadi pada sistem transmisi karena adanya pengaruh dari kondisi komponen-komponen elektronik, seperti penguat pada sistem komunikasi, serta kanal transmisi yang tidak bekerja pada suhu 0^o K. Pada suhu tidak sama dengan 0^o K, elektron-elektron pada komponen elektronik dan kanal akan bergerak secara acak sehingga respon komponen elektronik dan kanal tidak sempurna.

AWGN adalah model yang baik untuk mewakili kondisi sebenarnya selama hanya *noise thermal receiver* yang menjadi sumber gangguan. Efek *fading* dapat diabaikan, sehingga dapat dikatakan sistem transmisi dengan kanal AWGN adalah kanal dengan kondisi sistem paling sempurna, karena gangguan dari luar diabaikan.

jika ditinjau dari distribusinya, *noise* AWGN memiliki distribusi normal yang disebut juga dengan distribusi *Gaussian* dan memiliki *probability density function* (pdf) yang mengikuti persamaan berikut [19]:

$$f_x(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp \left[\frac{-(x - \mu_x)^2}{2\sigma_x^2} \right] \quad (2.5)$$

dimana σ_x adalah standar deviasi dari x dan σ_x^2 adalah *variance*-nya.

Pada pembangkitan kanal AWGN di Matlab, kanal AWGN dibangkitkan dengan suatu bilangan random berdistribusi normal yang memiliki nilai *mean* sebesar nol dan nilai standar deviasi sebesar satu. Namun, jika ingin melakukan pengaturan nilai energi *noise* ke dalam suatu nilai tertentu, nilai standar deviasi dapat diubah dan kemudian dikalikan dengan bilangan random yang dibangkitkan.

2.4.2 Kanal Rayleigh

Kanal *Rayleigh Fading* adalah kanal yang menggunakan distribusi *Rayleigh* sebagai variasi amplitudo dari sinyal. Distribusi *Rayleigh* terjadi jika

tidak ada komponen *scatterer* yang dominan, sehingga rata-rata distribusi *Gaussian* menjadi nol dan fase terdistribusi merata antara 0 dan 2π radian. Distribusi *Rayleigh* sering digunakan untuk menggambarkan statistik *time varying* selubung sinyal pada kanal *flat fading* atau pada masing-masing komponen *multipath*. Selubung sinyal merupakan penjumlahan dua *quadrature* sinyal *noise gaussian* sehingga menghasilkan distribusi *Rayleigh*. Distribusi *Rayleigh* memiliki pdf seperti persamaan.

$$p(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) & \text{untuk } 0 \leq r < \infty \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.6)$$

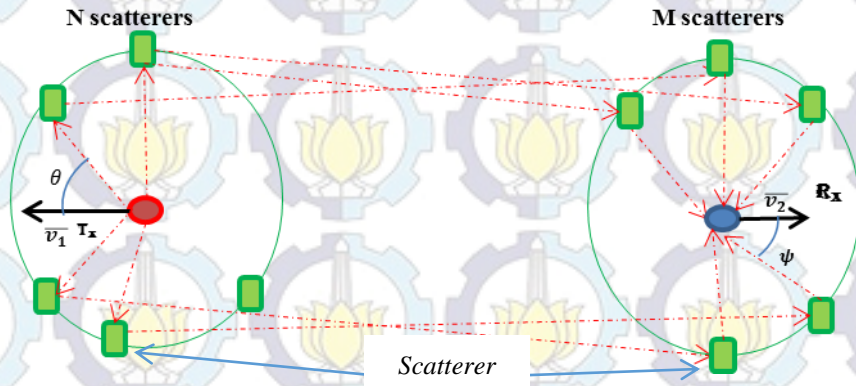
r adalah *envelope* amplitud dari sinyal yang diterima. σ^2 = waktu daya rata-rata sinyal terima dari sinyal yang diterima sebelum detector yaitu *varian* dari sinyal distribusi *gaussian* yang membentuk distribusi *Rayleigh* dan $2\sigma^2$ adalah *protection* daya rata-rata dari sinyal *multipath*.

2.5 Mobile to Mobile Rayleigh Fading Channel

Propagasi dan jenis fading pada komunikasi V2V memiliki berbagai model. Pada *small-scale fading*, juga sering terjadi *multipath* yang memberikan sehingga terjadi *flat fading* atau *frequency selective*. *Single input single output* (SISO) pada komunikasi V2v telah diusulkan oleh Patel et al, dimana mereka menurunkan persamaan berdasarkan mengikuti konsep *sum-of-sinusoida* (Sos). Sos merupakan penjumlahan dari nilai lapisan lapisan sinusida dengan nilai yang terbata dan dipilih, sehingga memberikan rendah kompleksitas. Sos dibagi menjadi dua, *deterministic* dan *statistik*. Pada simulasi ini mengacu pada *deterministik* karena adanya pengaruh nilai perubahan fasa secara acak pada kanal *Rayleigh* dan nilai amplitud dan Doppler telah ditentukan. Sehingga pada simulasi V2V ini model kanal dapat mengacu pada persamaan kanal *Mobile to Mobile Rayleigh fading* [20].

Kanal V2V merupakan bagian dari komunikasi *Mobile to Mobile* (M2M), dimana perbedaan hanya kawasan frekuensi doppler yang digunakan. Pada kanal komunikasi *Mobile to Mobile* (M2M), ketinggian antenna kedua pemancar dan penerima relatif rendah sehingga mekanisme propagasi dipengaruhi oleh objek

sekitar, Pada [21] diusulkan model lingkungan dengan *scatterer* cincin ganda yang saling bebas, masing-masing terletak di pemancar dan dipenerima (sebagai pusat cincin) seperti diberikan pada Gambar 2.8, untuk digunakan sebagai model gain kanal fading *Rayleigh* M2M.



Gambar 2.8 Lingkungan Scatterer pada Kanal V2V NLOS

. Pada model *scatterer* ini, metode jumlahan-sinusoida digunakan untuk mendekati gain kanal *Rayleigh mobile-to-mobile* (M2M). *Scatterer* diasumsikan berdistribusi *uniform*. Dimisalkan pemancar penerima masing-masing bergerak dengan kecepatan v_1 dan v_2 , maka untuk semua lintasan M dan N yang saling bebas, amplitudo sinyal kompleks ternormalisasi yang diterima dapat dinyatakan sebagai [21] :

$$h(t) = \sqrt{\frac{2}{MN}} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N e^{[j(2\pi f_1 t \cos \alpha_n + 2\pi f_2 t \cos \beta_m + \phi_{nm})]} \quad (2.7)$$

$$\alpha_n = \frac{2n\pi - \pi + \theta_n}{4N} \quad (2.8)$$

$$\beta_m = \frac{2(2m\pi - \pi + \psi_m)}{4M} \quad (2.9)$$

M and N adalah jumlah *scatterer* pada lingkungan tiap *vehicle* baik pada *transmitter* dan *receiver*. Pada simulasi ini di asumsikan bahwa jumlah *scatterer* adalah sama, $M=N=8$. α_n and β_m adalah sudut awal/keberangkatan dari setiap *scatterer* bagian dari θ_n dan sudut kedatangan setiap *scatterer* bagian dari ψ_m .

$\theta_n, \psi_m, \phi_{nm}$ adalah variabel acak yang saling bebas pada rentang $-\pi$ sampai π . Pada simulasi ini karena pemodelan kanal merupakan SCS maka akan dilakukan iterasi sebanyak 50 kali untuk mendapatkan hasil yang akurat. f_1 dan f_2 adalah frekuensi Doppler ternormalisasi yang dihasilkan dari kecepatan relatif dari setiap kendaraan. Pada simulasi ini $f_1 = f_2$. Hubungan frekuensi Doppler (f_d) masing-masing dengan kecepatan tiap *vehicle* diperoleh dengan cara

$$f_d = f_c \frac{v}{c} \quad (2.10)$$

f_c merupakan frekuensi carrier 5.9 GHz, v adalah kecepatan relatif tiap *vehicle*, dan c kecepatan cahaya sebesar $3 \cdot 10^8$. frekuensi Doppler ternormalisasi didapatkan dengan

$$f_{d \text{ norm}} = \frac{f_d}{\Delta_f} \quad (2.11)$$

dimana Δ_f adalah frekuensi antar *subcarrier* yaitu 156.25 KHz sesuai standart pada [24]. Pergeseran Doppler atau Doppler *shift* akan meningkat jika terminal atau dalam kanal V2V adalah kendaraan bergerak lebih cepat. Doppler *shift* yang lebih tinggi akan meningkatkan *offset* pada frekuensi *carrier* dan spektrum sinyal akan mengalami dispersi sehingga menghasilkan ICI yang lebih besar [28].

2.6 Modulasi *Bandpass*

Dalam sistem komunikasi digital, terdapat dua teknik modulasi, yaitu modulasi *baseband* dan modulasi *bandpass* [21]. Modulasi *baseband* disebut juga sebagai modulasi pulsa, dimana bit-bit keluaran dari proses ADC direpresentasikan ke dalam pulsa-pulsa digital atau *line coding*. Pulsa-pulsa yang telah dibentuk dari proses modulasi *baseband* kemudian memodulasi suatu sinyal sinusoidal berdasarkan amplitudo, frekuensi, atau fasanya. Teknik modulasi yang demikian merupakan teknik modulasi *bandpass* atau di dalam blok diagram juga dikenal sebagai *mapper*. Salah satu teknik modulasi *Bandpass* yang digunakan adalah modulasi berdasarkan perubahan fasa, yaitu BPSK, dan M-QAM. M-

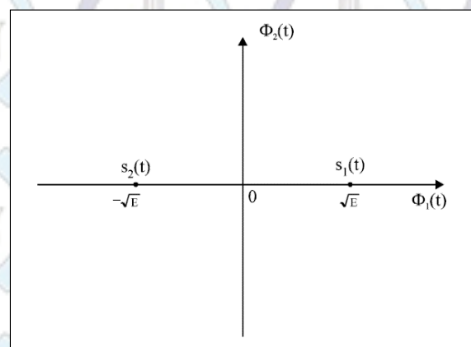
QAM sendiri selain berdasarkan fasa, juga berdasarkan amplitude sinyal. Untuk lebih jelas dibahas pada subbab berikut.

2.6.1 BPSK

Pada BPSK, data biner diwakili oleh dua sinyal dengan fase yang berbeda yaitu, 0 dan π , dan beda fasa diantara kedua biner ini adalah sebesar π , diantaranya [23]:

$$s_1(t) = A \cos 2\pi f_c t, \quad 0 \leq t \leq T, \quad \text{untuk } 1 \quad (2.12)$$

$$s_2(t) = -A \cos 2\pi f_c t, \quad 0 \leq t \leq T, \quad \text{untuk } 0 \quad (2.13)$$



Gambar 2.9 Diagram Konstelasi Sinyal BPSK

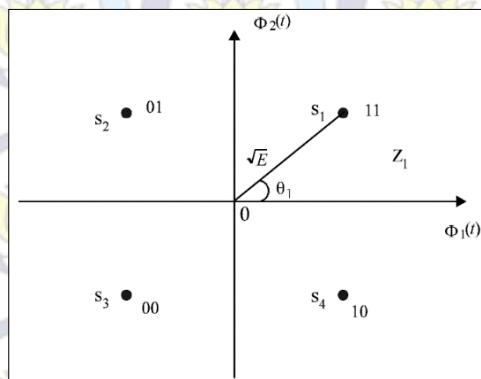
2.6.2 QPSK

QPSK adalah skema yang paling sering digunakan karena tidak mengalami penurunan BER saat efisiensi bandwidth meningkat. Sinyal QPSK di definisikan sebagai [23]:

$$s_i(t) = A \cos \theta_i \cos 2\pi f_c t - A \sin \theta_i \sin 2\pi f_c t \quad (2.14)$$

$$s_i(t) = s_{i1} \phi_1(t) + s_{i2} \phi_2(t) \quad (2.15)$$

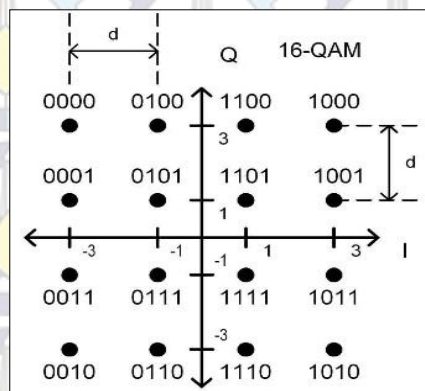
Dalam sistem QPSK, data bit dibagi menjadi kelompok dua bit yang disebut dibits. Ada empat kemungkinan dari dibits diantaranya 00, 01, 10, dan 11. Masing-masing dari empat sinyal QPSK digunakan untuk mewakili salah satu dari mereka, 1 simbol QPSK mengandung 2 bit tersebut. Tiap simbol memiliki beda fasa sebesar $360^\circ/4$. Dibawah ini merupakan diagram konstelasi dari QPSK.



Gambar 2.10 Diagram Konstelasi Sinyal QPSK

2.6.3 16-QAM

QAM mengkombinasikan antara ASK dan PSK. Jadi konstelasi sinyalnya berubah sesuai *amplitude* (jarak dari titik asal ke titik konstelasi) dan juga berdasarkan *phase* (titik konstelasi tersebar di bidang kompleks). *Quadrature Amplitude Modulation* adalah skema modulasi dua *sinusoidal carrier*, tepat 90° dari fase dengan yang lainnya, digunakan untuk mengirimkan data melalui suatu saluran fisik. Sinyal informasi yang akan dikirim (*baseband*) dibagi menjadi dua komponen, *Inphase* merupakan bagian real dan *Quadrature* merupakan bagian imajiner dari sinyal modulasi [27]. Modulasi 16-QAM merupakan modulasi QAM yang menggunakan inputan 4 bit dengan 16 kondisi logika. Diagram konstelasinya ditunjukkan oleh Gambar dibawah.

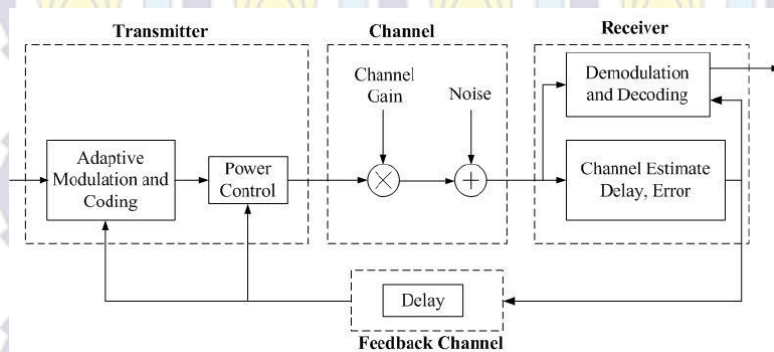


Gambar 2.11 Diagram Konstelasi Sinyal pada 16-QAM

2.7 Modulasi Adaptif

Komunikasi adaptif adalah sebuah teknik dengan memiliki perbedaan parameter transmisi seperti code rate, modulasi, daya, *subcarrier* dan lain

sebagainya. Parameter ini dipilih berdasarkan variasi *channel state information* (CSI) pada sub-channel. Hal ini dilakukan sedemikian rupa sehingga keseluruhan throughput sistem OFDM dimaksimalkan saat mengatasi sejumlah kendala seperti BER dan daya pancar total. Dari tinjauan literatur yang ekstensif, diamati bahwa pengkodean dan modulasi adaptif adalah salah satu bidang penelitian paling sering dibicarakan dalam komunikasi nirkabel. Modulasi adaptif sendiri merupakan sebuah optimasi daya yang ada sesuai adaptifnya yang bertujuan untuk memaksimalkan kecepatan transmisi dan meminimalisir nilai BER serta memaksimalkan kapasitas kanal [29]. Dari Gambar 2.10 merupakan bentuk blok diagram modulasi adaptif pada umumnya atau secara dasar.



Gambar 2.12 Skema Modulasi Adaptif

Gambar 2.12 merupakan skema modulasi adaptif pada umumnya dengan adanya kondisi *feedback channel* sebagai informasi dari penerima menuju pengirim, ketika *feedback CSI* dilakukan, jika tidak diasumsikan kondisi *feedback* pada kanal adalah ideal maka akan terjadi delay. Dan nilai *threshold* diberikan dengan mengacu pada nilai SNR.

Pada CSI, akan menampilkan nilai berupa daya sinyal pada kanal yang telah diabsolutekan yang bisa disebut gain kanal $|h|$. dengan adanya nilai gain kanal, jika dikuadratkan dan dikaitkan pada nilai SNR, akan didapatkan kapasitas kanal. Kapasitas kanal transmisi adalah suatu kapasitas atau ukuran suatu data yang dapat dikirimkan melalui media transmisi. Banyaknya informasi yang bisa dilewatkan dalam suatu kanal frekuensi, dinyatakan dalam satuan bit per second Hertz (bps/Hz). Pada kondisi *real*, kapasitas kanal meningkat secara logaritmis dengan *signal to noise ratio* (SNR). Jika daya pancar dari *transmitter* semakin

besar maka kapasitas kanal sistem juga semakin besar karena nilai SNR yang tinggi. Jika pada kanal Rayleigh,

$$C_{Rayleigh} = \log_2(1 + |h|^2 SNR) = \log_2 \left(\exp\left(\frac{1}{SNR}\right) \right) \cdot \exp \operatorname{int} \left(\frac{1}{SNR} \right) \quad (2.16)$$

2.8 Bit Error Probability (Pb)

Probabilitas *error bit* merupakan nilai ukur kualitas sinyal yang diterima untuk sistem transmisi data digital. Pb juga dapat didefinisikan sebagai perbandingan jumlah bit yang salah terhadap total bit yang diterima. Besarnya nilai Pb bergantung pada kondisi kanal. pada kanal AWGN dan kanal *Rayleigh* memiliki persamaan yang berbeda, untuk masing-masing teknik modulasi dijelaskan dalam persamaan dibawah :

Kanal AWGN :

Untuk menghitung besarnya nilai Pb kanal AWGN pada modulasi BPSK, QPSK dan 16-QAM digunakan persamaan berikut [22] :

Nilai Pb pada BPSK seperti pada persamaan dibawah ini :

$$P_b = 0.5 \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) \quad (2.17)$$

Nilai Pb pada QPSK seperti pada persamaan dibawah ini :

$$P_b = 0.5 \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_s}{2 N_0}} \right) \quad (2.18)$$

$$P_b \approx 0.5 \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) \quad (2.19)$$

Nilai Pb pada 16-QAM seperti pada persamaan dibawah ini :

$$P_b \approx \frac{3}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_s}{10 N_0}} \quad (2.20)$$

Kanal *Rayleigh Fading* :

Untuk menghitung besarnya nilai Pb kanal *Rayleigh Fading* pada modulasi BPSK, QPSK dan 16 QAM digunakan persamaan berikut [22] :

Nilai Pb pada BPSK seperti pada persamaan dibawah ini :

$$P_b = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{E_b/N_0}{E_b/N_0 - 1}} \right) \quad (2.21)$$

Nilai P_b pada QPSK seperti pada persamaan dibawah ini :

$$P_b = 1 - \sqrt{\frac{E_b/N_0}{E_b/N_0 + 1}} \quad (2.22)$$

Nilai P_b pada 16-QAM seperti pada persamaan dibawah ini :

$$P_b \approx \frac{3}{8} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{5}{2E_b/N_0}}} \right] \quad (2.23)$$

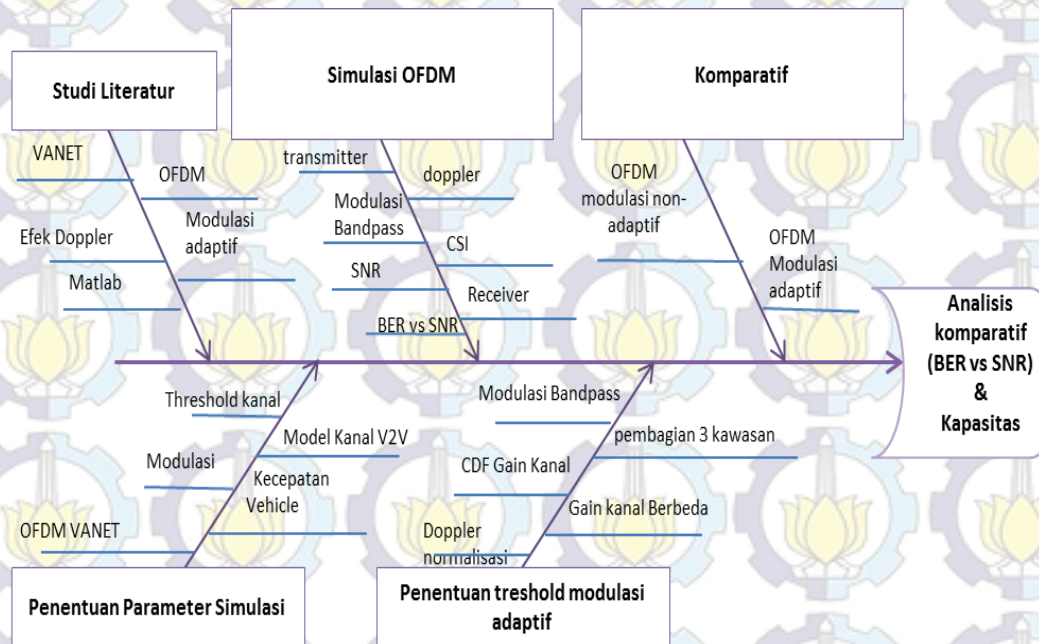


Halanan ini sengaja dikosongkan

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan di dalam penelitian Tesis ini secara umum dijelaskan dengan menggunakan diagram *Fishbone* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram *Fishbone* Penelitian

Penelitian diawali dengan studi literatur. Hasil dari studi literatur yang telah dilakukan adalah berupa topik-topik penelitian yang berkaitan dan parameter-parameter sistem yang akan disimulasikan dan dianalisis.

Setelah parameter-parameter sistem ditentukan, dilakukan pembangkitan dari sisi transmitter hingga receiver OFDM sesuai parameter VANET. Sistem OFDM yang dibangkitkan terdiri dari tiga sistem, satu sistem menggunakan *mapper* BPSK, kemudian dengan QPSK dan satu sistem lainnya menggunakan 16-QAM. Kemudian pemodelan menggunakan kanal AWGN dan *mobile-to-mobile Rayleigh fading* seperti pada teori pada Bab 2 sebagai model kanal simulator untuk komunikasi V2V.

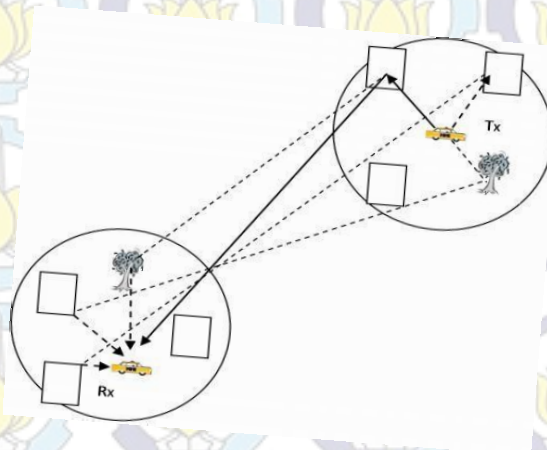
Selain itu pemberian nilai frekuensi Doppler normalisasi juga diberikan dengan tiga nilai berbeda yang disesuaikan pada kecepatan mobil pada kondisi realnya. Dalam simulasi ini menggunakan Doppler normalisasi 0.001, 0.005 dan 0.01. Untuk lebih jelas mengenai konversi kecepatan dengan konversi pada frekuensi Doppler normalisasi akan dibahas pada subbab model kanal berikutnya.

Dari nilai Doppler yang berbeda maka akan memberikan respon kanal yang berbeda, dimana respon kanal itu berupa *Channel state Information* (CSI). Dalam simulasi ini, diasumsikan bahwa ekualisasi CSI diketahui oleh pengirim dan penerima secara sempurna. CSI berupa nilai Gain kanal yang nantinya sebagai parameter adaptif untuk sistem modulasi adaptif.

Setelah nilai gain kanal dapat ditampilkan kemudian dicari nilai *Commulative distribution Function* (CDF) untuk menentukan batas nilai *threshold* adaptif. Pada simulasi ini akan menggunakan tiga variasi nilai *threshold* yang berbeda. Kinerja dari modulasi adaptif nantinya akan dibandingkan dengan modulasi non-adaptif, dimana performansi yang dibandingkan adalah nilai BER terhadap SNR dan kapasitas sistem

3.2 Pemodelan Sistem

Sistem VANET dengan model komunikasi V2V dapat diilustrasikan pada Gambar 3.2, dimana setiap kendaraan saling berkomunikasi dengan pengaruh objek pada setiap lingkungan sekitar kendaraan masing-masing dan dipengaruhi oleh frekuensi Doppler akibat adanya perubahan kecepatan pada setiap kendaraannya. Pada simulasi ini diasumsikan kecepatan yang akan digunakan adalah sama, dan kondisi *Highway* merupakan trayektori sebagai penelitian ini. Pada pemodelan kanal ini, mengacu pada kanal terdistribusi *Rayleigh* dengan kondisi *line-of-sight*



Gambar 3.2 Model Kanal V2V dengan NLOS

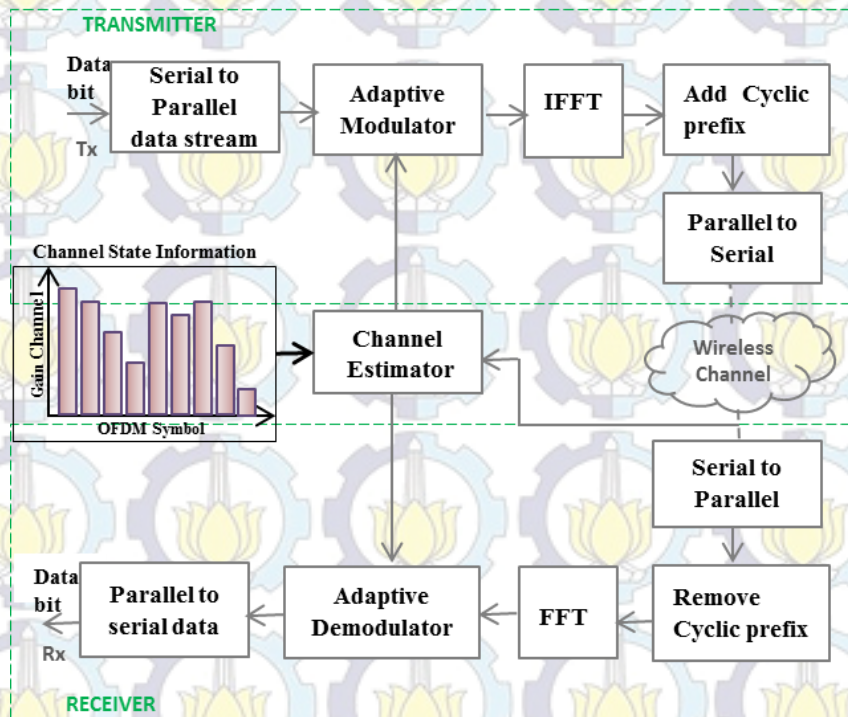
Pemodelan sistem secara umum tiap blok sistem untuk komunikasi V2V serta dengan adanya sistem modulasi adaptif dapat dilihat pada Gambar 3.3. Dari Gambar tersebut terdiri dari *transmitter* sistem OFDM kemudian kanal *wireless* dan *receiver* sistem OFDM. Pada kanal *wireless* terdapat *Channel Estimator* yang mengandung *channel state information* (CSI) yang berfungsi sebagai modulator *switch* sebagai bentuk modulasi adaptif. Estimasi kanal dianggap terestimasi sempurna pada penerima

Pada sisi *transmitter* OFDM, proses yang dilalui adalah data berupa bit-bit secara acak yang dibangkitkan kemudian di susun secara parallel sesuai *subcarrier* yang diinginkan dan kemudian di *mapping* pada modulasi *baseband* sesuai mode yang siberikan oleh *channel estimator*. Modulasi *Bandpass* yang digunakan adalah modulasi BPSK, QPSK, dan 16-QAM. kemudian keluarannya akan melalui modulasi OFDM yaitu pross IFFT yang hasil sinyal IFFT ditambahkan dengan data *cyclic prefix* (CP) sebagai antisipasi terhadap gangguan *noise* pada kanal.

Kanal *wireless* terdiri dari kanal AWGN dank anal *mobile-to-mobile Rayleigh fading*. Dengan adanya nilai frekuensi Doppler yang berbeda, maka akan memberikan respon kanal yang berbeda pula. Adanya frekuensi Doppler akan mengakibatkan nilai gain kanal sinyal akan fluktuatif, sehingga ketika pada gain kanal rendah mengakibatkan sinyal akan melemah dan tidak secara sempurna akan diterima oleh *receiver*. Sehingga peran modulasi adaptif adalah menentukan batas nilai gain kanal rendah, menengah dan gain kanal tinggi yang nantinya akan

menjadi input pada adaptif modulator. Saat nilai gain kanal rendah menggunakan modulasi BPSK, saat nilai gain kanal sedang menggunakan QPSK, dan saat nilai gain kanal tinggi menggunakan modulasi 16-QAM.

Pada sisi *receiver* OFDM, sinyal data yang telah melalui kanal akan dikonversikan lagi menjadi data parallel sesuai nilai *subcarrier* yang telah ditentukan. Kemudian data CP dipisahkan oleh data asli dan kemudian melalui demodulasi OFDM yaitu proses FFT. Kemudian demodulasi *bandpass* bekerja sesuai input dari *channel estimator*. Hasil dari *mapping* kemudian menjadi data serial dalam bentuk bit-bit yang kemudian dibandingkan dengan data input pada *transmitter* untuk dilihat nilai *bit error rate* (BER). Proses perancangan sistem masing-masing blok akan dijelaskan lebih detail pada subbab berikutnya.



Gambar 3.3 Diagram Blok Simulasi Sistem Komunikasi V2V

3.3 Pembangkitan Sistem

3.3.1 Membangkitkan Bit Informasi

Pada simulasi sistem, bit-bit informasi dibangkitkan secara acak berupa bilangan integer terdistribusi *uniform* dengan nilai 0 dan 1. Adapun *syntax* Matlab yang digunakan adalah sebagai berikut:

```
Bit =randint (1,jmlData,[0 1])
```

Bit merupakan total bit informasi yang dibangkitkan.

`randint` merupakan fungsi pada Matlab yang berfungsi untuk membangkitkan bilangan acak integer yang berdistribusi *uniform*

`jmlData` adalah total bit yang akan dibangkitkan . pada simulasi ini bit yang dibangkitkan sesuai pada jumlah *subcarrier* dan simbol OFDM

3.3.2 Modulasi *Bandpass*

Sinyal informasi yang akan dikirim terlebih dahulu dimodulasi. Sinyal informasi tersebut akan dikodekan dan dipetakan menggunakan modulasi BPSK, QPSK DAN 16 QAM. Berikut membangkitkan masing-masing modulasi pada MATLAB.

1. BPSK

```
modbpsk=2*bit-1;
```

2. QPSK

```
modqpsk=reshape(2*bit)-1,2,[]);  
qpsk=(1/sqrt(2))*(modqpsk(1,:)+i*modqpsk(2,:));
```

3. 16QAM

```
modqam=reshape(bit,4,[]);  
xI1=2*modqam(1,:)-1;  
xI2=2-(2*modqam(2,:)-1);  
xQ1=2*modqam(3,:)-1;  
xQ2=2-(2*modqam(4,:)-1);  
xI=xI1.*xI2;  
xQ=xQ1.*xQ2;  
qam=(1/sqrt(10))*(xI+j*xQ);
```

3.3.3 Serial to Parallel

Sinyal informasi yang telah dimodulasi yang berbentuk serial akan dikonversi kedalam bentuk paralel menggunakan fungsi `reshape`. Sinyal yang semula hanya memiliki satu baris dan beberapa kolom setelah dikonversi akan menjadi beberapa baris dan beberapa kolom. *Script* Matlab yang digunakan pada *serial-to-prallel* (S/P) adalah sebagai berikut :

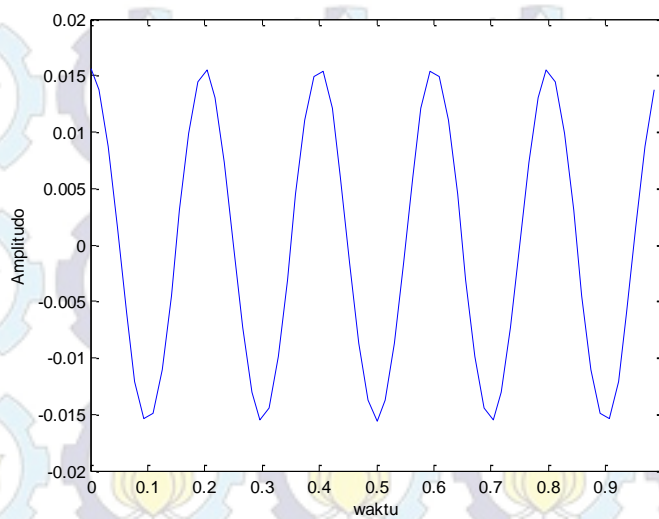
```
sp = reshape(qpsk,jmlSimbol, [])
```

3.3.4 Proses IFFT

Proses IFFT ini bertujuan untuk menjaga orthogonalitas dari setiap *carrier*, sehingga untuk masing-masing sub-kanal dapat saling *overlapping* tetapi tidak saling *interference* satu sama lainnya. Proses IFFT juga sering disebut sebagai modulasi pada OFDM. Pada simulasi ini proses IFFT dilakukan dengan menggunakan fungsi *ifft* yang terdapat pada Matlab. Adapun jumlah titik yang digunakan pada *ifft* adalah 64

Berikut merupakan sinyal hasil dari IFFT pada periode $1/T$ dengan jumlah $N = 64$. Semakin besar nilai N maka sinyal hasil keluaran dari IFFT akan semakin halus. Adapun *script* yang digunakan adalah sebagai berikut :

```
xx = [0 0 0 0 0 1 0];  
N = 64;  
xz = ifft(xx, N);  
t = 0:length(xz)-1; t = t/N;  
plot(t, real(xz))
```



Gambar 3.4 Sinyal Keluaran IFFT

3.3.5 Penambahan *Cyclic Prefix* (CP)

Penambahan *cyclic prefix* ini bertujuan untuk menghindari terjadinya *intersymbol interference* (ISI). *Cyclic prefix* merupakan salinan bagian akhir dari simbol OFDM dan ditempatkan dibagian awal dari simbol OFDM tersebut.

$$T_s = \Delta G + t_s \quad (3.1)$$

dengan :

T_s = Periode simbol

ΔG = Periode guard = 0.25

t_s = Periode total simbol OFDM

Jumlah *cyclic prefix* yang digunakan dalam simulasi adalah 1/4 dari simbol OFDM setelah melewati IFFT yaitu 64. Maka panjang CP adalah 16

CP = 0.25;

guard= CP*Nifft;

```
ofdm_cp=[ofdm((Nifft-guard)+1:Nifft,:);ofdm];
```

ofdm_cp merupakan hasil sinyal OFDM yang telah melalui proses IFFT dan adanya penambahan CP

3.3.6 Parallel to Serial (P/S)

Karena sistem yang digunakan berupa single input single output (SISO) sehingga sinyal OFDM yang akan dikirim haruslah dirubah terlebih dahulu kedalam bentuk serial. Sinyal OFDM yang telah ditambah *cyclic prefix* selanjutnya dikonversi kedalam bentuk serial dengan menggunakan fungsi *reshape* yang terdapat pada Matlab. Sinyal OFDM yang semula terdiri beberapa baris dan beberapa kolom setelah dikonversi akan berubah kembali menjadi satu baris dan beberapa kolom. *Script* matlab yang digunakan pada P/S adalah sebagai berikut :

```
sp_2 = reshape (ofdm,1,[])
```

dengan :

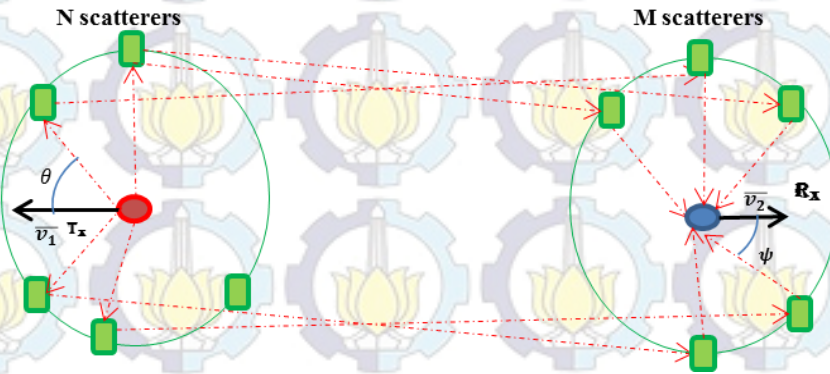
sp_2 merupakan sinyal hasil P/S

ofdm_c merupakan sinyal yang akan ditransmisi

3.3.7 Pemodelan Kanal Wireless

Kanal merupakan media yang digunakan untuk transmisi sinyal dari pengirim ke penerima. Pada transmisi *wireless*, kanal memiliki karakteristik yang berbeda-beda bergantung dari kondisi lingkungan kanal itu sendiri. Pada simulasi

ini akan menggunakan tipe kanal *mobile-to-mobile Rayleigh fading* dan dipengaruhi *noise* terdistribusi Gaussian atau dikenal sebagai noise AWGN. Model kanal dari simulasi ini dapat terlihat pada Gambar 3.5 yang merupakan model kanal *mobile-to-mobile Rayleigh fading* cincin ganda yang pada setiap kendaraan memiliki gangguan *scatterer* masing masing.



Gambar 3.5 Simulator *Vehicle-to-vehicle Scattering Environment*

Pemodelan kanal kanal *mobile-to-mobile Rayleigh fading* merupakan bagian dari *sum-of-sinusoida* (SoS), yang dapat dituliskan secara matematis pada persamaan berikut [20] :

$$h(t) = \sqrt{\frac{2}{MN}} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N e^{j(2\pi f_{d1} t \cos \alpha_n + 2\pi f_{d2} t \cos \beta_m + \phi_{nm})} \quad (3.2)$$

$$\alpha_n = \frac{2n\pi - \pi + \theta_n}{4N} \quad (3.3)$$

$$\beta_m = \frac{2(2m\pi - \pi + \psi_m)}{4M} \quad (3.4)$$

M and N adalah jumlah *scatterer* pada lingkungan tiap *vehicle*. Pada simulasi ini di asumsikan bahwa jumlah *scatterer* adalah sama, $M=N=8$. α_n and β_m adalah sudut awal/keberangkatan dari setiap *scatterer* bagian dari θ_n dan sudut kedatangan setiap *scatterer* bagian dari ψ_m .

$\theta_n, \psi_m, \phi_{nm}$ adalah variabel acak yang saling bebas pada rentang $-\pi$ sampai π . Pada simulasi ini karena pemodelan kanal merupakan SoS maka akan dilakukan iterasi sebanyak 50 kali untuk mendapatkan hasil yang sesuai. f_1 dan f_2 adalah frekuensi Doppler ternormalisasi yang dihasilkan dari kecepatan relatif dari setiap kendaraan.

Pada simulasi ini $f_1 = f_2$. Hubungan frekuensi Doppler (f_d) masing-masing dengan kecepatan tiap *vehicle* diperoleh dengan cara

$$f_d = f_c \frac{v}{c} \quad (3.5)$$

f_c merupakan frekuensi *carrier* 5.9 Ghz, v adalah kecepatan relatif tiap kendaraan, dan c kecepatan cahaya sebesar 3.10^8 . Frekuensi Doppler ternormalisasi didapatkan dengan perhitungan pada (3.6) dimana Δ_f adalah frekuensi antar *subcarrier* yaitu 156.25 KHz.

$$f_{d \text{ norm}} = \frac{f_d}{\Delta_f} \quad (3.6)$$

Pada simulasi ini, perhitungan frekuensi Doppler yang dapat terjadi pada setiap *subcarrier*, diasumsikan menggunakan frekuensi *carrier* yang sama, yaitu menggunakan frekuensi *carrier* OFDM. Selain itu, efek dari Doppler *spread* yang diakibatkan oleh semua penghambur disetiap cincin pada model kanal V2V, diasumsikan telah dijumlahkan menjadi satu. Sehingga dengan demikian direpresentasikan hanya terjadi satu nilai Doppler *shift*.

Nilai dari kecepatan kendaraan yang akan disimulasikan diubah pada frekuensi Doppler normalisasi, dimana nilai kecepatan yang akan digunakan sebagai parameter simulasi ini dapat dilihat pada Tabel 3.1. Dalam simulasi ini menggunakan kecepatan setiap kendaraan dengan tiga kecepatan yang berbeda, yaitu 14.3 km/jam, 71.5 km/jam, dan 143 km/jam. Sebelum dikonversi menjadi frekuensi Doppler normalisasi, maka harus dirubah dalam satuan meter per detik dan dihitung nilai frekuensi Doppler.

$$f_d = \frac{14.3 \times 1000 \times 5.9 \times 10^9}{3,600 \times 3 \times 10^8} = 156.25 \text{ Hz.}$$

Sehingga Doppler normalisasi dapat ditentukan sesuai persamaan (3.6),

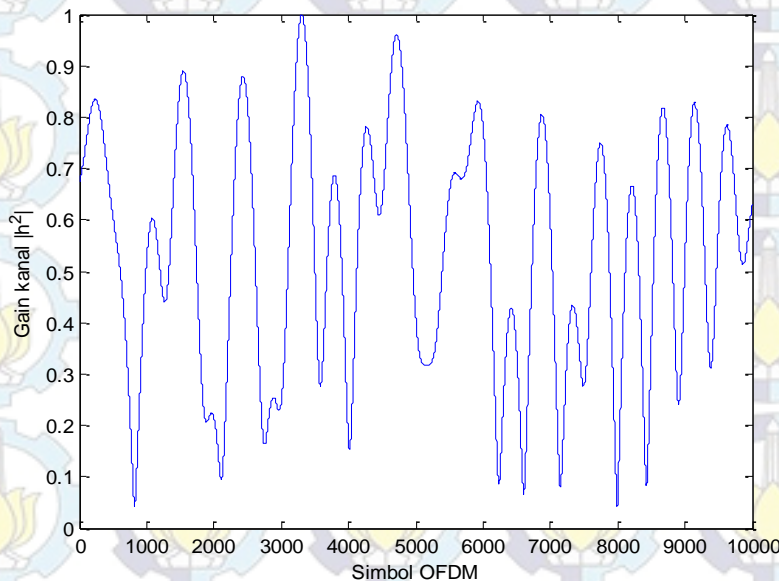
$$f = \frac{156.25}{156250} = 0.001$$

Nilai frekuensi Doppler normalisasi untuk kecepatan kendaraan yang lain, yaitu untuk kecepatan 71.5 km/jam dan 143 km/jam dengan dikonversikan pada frekuensi Doppler normalisasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

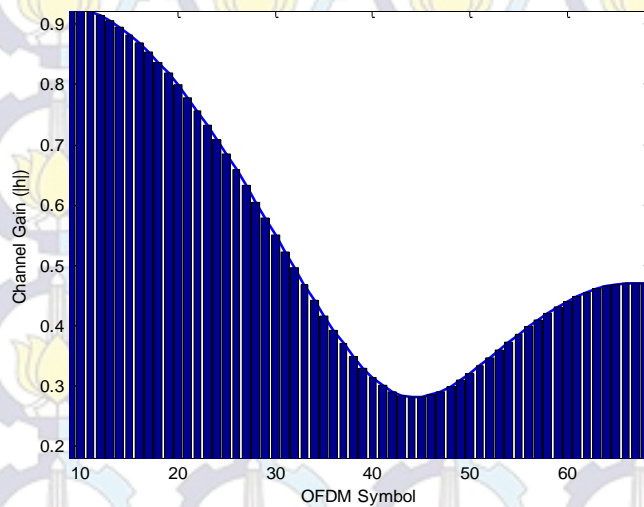
Tabel 3.1 Parameter Simulasi Sistem dengan Kecepatan dan Frekuensi Doppler Normalisasi

v (km/jam)	V (m/s)	f_d (Hz)	f_{d_norm}
14.3	7.95	156.25	0.001
71.5	39.73	781.25	0.005
143	79.45	1,562.5	0.01

Respon kanal pada persamaan (3.2) jika direpresentasikan pada domain waktu dapat ditampilkan pada Gambar 3.6 . Pada Gambar 3.7 merupakan nilai gain kana terhadap jumlah simbol OFDM pada kondisi nilai Doppler normaliasasi adalah 0.01. Pada simulasi ini simbol OFDM yang dibangkitkan adalah 10.000 simbol. Hasil merupakan respon kanal pada domain waktu dengan menghasilkan *time selective fading*. Jika diambil sampel 60 simbol dalam bentuk *bar* dapat ditampilkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Respon Gain Kanal pada Domain Waktu



Gambar 3.7 Sampel Gain Kanal terhadap 60 Simbol OFDM

Dari Gambar 3.6 dan 3.7 dapat terlihat bahwa pada saat Doppler normalisasi 0.01, terjadi fluktuasi gain kanal sangat variatif. Sehingga jika simbol OFDM pada kondisi gain kanal yang kecil akan mengakibatkan sinyal yang diterima pada *receiver* tidak dapat diterima dengan sempurna. Respon kanal ini merupakan *Channel state Information (CSI)* yang nantinya akan menjadi input untuk modulasi adaptif pada penelitian Tesis ini.

3.3.8 Skema Modulasi Adaptif

Skema modulasi adaptif yang digunakan dalam simulasi ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja BER serta meningkatkan kapasitas data yang ditransmisikan berdasarkan level modulasi yang telah ditentukan. Sehingga nilai bit error rate (BER) yang dihasilkan akan memiliki nilai yang lebih kompromi daripada nilai BER hasil dari modulasi non-adaptif.

Parameter adaptif yang digunakan adalah berdasarkan nilai CSI dari *transmitter* dan *receiver*, dimana estimasi kanal diasumsikan *perfect* atau ideal sehingga dianggap sinyal terestimasi secara sempurna pada penerima. Informasi kanal yang diambil adalah absolute gain kanal $h(t)$ dari persamaan (3.2). Model kanal yang terdistribusi *Rayleigh* ini memiliki nilai gain kanal yang dipengaruhi oleh perubahan fasa secara fluktuatif, sehingga nilai gain kanal juga akan bervariasi. Ketika nilai gain kanal buruk, maka akan menggunakan level modulasi

yang rendah yaitu modulasi BPSK, sehingga 1 simbol hanya mengandung 1 bit informasi. Jika gain kanal berada kondisi yang tidak terlalu buruk, menggunakan QPSK agar data yang ditransmisikan lebih cepat sehingga 1 simbol dapat mengandung 2 bit informasi, dan jika gain kanal pada kondisi nilai tinggi, maka menggunakan modulasi 16-QAM sehingga data yang dimodulasikan terdiri dari 4 bit dalam 1 simbol.

Peluang munculnya kondisi kanal dapat dilihat dengan dipresentasikan dengan *comulative distribution function* (CDF) dari gain kanal. dari grafik CDF maka dapat ditentukan nilai *threshold* gain kanal sebagai parameter modulasi adaptif. Penentuan *threshold* dapat dipresentasikan sebagai berikut :

$$\gamma_{BPSK} \leq \gamma_1$$

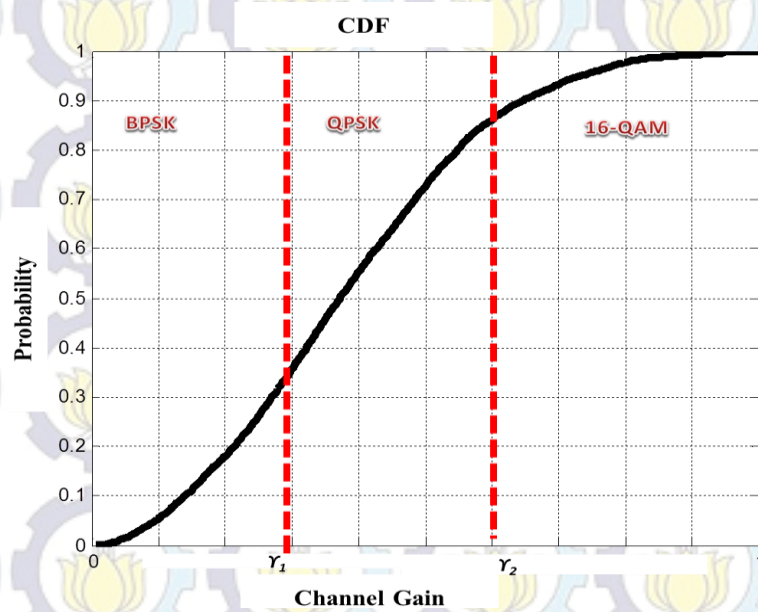
$$\gamma_1 < \gamma_{QPSK} \leq \gamma_2$$

$$\gamma_2 < \gamma_{16-QAM}$$

γ_1 dan γ_2 dinotasikan untuk batas nilai gain kanal bagian bawah dan atas.

Dimana *threshold* bawah (γ_{BPSK}) adalah kawasan untuk modulasi BPSK, kawasan diantara kedua *threshold* (γ_{QPSK}) untuk modulasi QPSK dan setelah *threshold* gain kanal atas (γ_{16-QAM}) merupakan kawasan modulasi 16-QAM.

Dari Gambar 3.8 merupakan pembagian kawasan *threshold* pada nilai CDF dari gain kanal dimana nilai gain kanal dinormaliasi dengan nilai maksimal 1. Pada simulasi ini akan mengusulkan 3 nilai variasi dari 2 titik *threshold* γ_1 dan γ_2 . Untuk parameter variasi *threshold* untuk modulasi adaptif yang diusulkan dapat dilihat pada Tabel 3.2.



Gambar 3.8 CDF pada Gain kanal dengan Doppler 0.01

Tabel 3.2 Parameter *Threshold* Modulasi Adaptif pada Simulasi

<i>Threshold</i>	γ_1	γ_2
Adaptif 1	0.25	0.5
Adaptif 2	0.35	0.6
Adaptif 3	0.45	0.7

Untuk *script* matlab sebagai *threshold* modulasi adaptif, dapat dituliskan sebagai berikut :

```

% TRESHOLD ADAPTIVE MODULATION
for k=1:length(yy)
    if yy(k) <= 0.25
        yy_b(k)=1;
    elseif yy(k) <= 0.5
        yy_b(k)=2;
    else
        yy_b(k)=4;
    end
end
end

```

angka 1 menunjukkan kode untuk modulasi BPSK, 2 untuk modulasi QPSK dan 4 untuk modulasi 16-QAM. Sedangkan *yy* adalah nilai gain kanal normalisasi sebagai titik *threshold* terhadap grafik CDF yang sudah ditentukan.

3.3.9 Perkalian Sinyal pada Kanal Wireless

Sinyal OFDM yang telah dibangkitkan akan dikalikan dengan kanal yang sudah dipengaruhi frekuensi Doppler.

```
ofdmRx=ofdmTx.*y;
```

Sedangkan script matlab untuk menambahkan nilai awgn pada sinyal `ofdmRx` dapat dituliskan sebagai berikut

```
ofdmRxn=awgn(ofdmRx,snr(mm),EydB-10*log10(Nifft));
```

`awgn` merupakan fungsi matlab untuk membangkitkan sinyal AWGN secara acak yang dipengaruhi oleh nilai SNR dan E_{ydB} merupakan daya kanal dalam logaritmik dengan satuan dB. Dalam simulasi ini nilai SNR yang digunakan adalah 50 dB.

3.3.10 Proses Pelepasan CP

Pelepasan CP bertujuan untuk memisahkan kembali antara sinyal sebenarnya dengan sinyal *cyclic* agar didapatkan kembali data informasi yang sebenarnya.

```
spp_no_cp=spp(guard+1:Nifft+guard,:);
```

`spp` merupakan hasil dari sinyal yang telah diparalelkan.

`spp_no_cp` hasil sinyal OFDM dengan kondisi tanpa CP.

3.3.11 Proses FFT

Proses FFT merupakan kebalikan dari proses IFFT yang terdapat dibagian pengirim. Proses ini bertujuan untuk memisahkan kembali antara data informasi dengan sinyal carrier atau disebut juga proses demodulasi OFDM. Pada simulasi ini, proses ini dilakukan dengan menggunakan fungsi `fft` yang terdapat pada Matlab.

```
ofdm_rx=fft(spp_no_cp,Nifft);
```

3.3.12 Demodulasi *Bandpass*

Setelah sinyal telah dikembalikan dalam domain frekuensi oleh proses FFT, maka demapper bertujuan untuk mengembalikan sinyal yang sudah dikodekan sesuai dengan modulasi *baseband* masing-masing. Dimana untuk *script* matlab demodulasi BPSK, QPSK, dan 16-QAM dapat di tuliskan sebagai berikut :

➤ **BPSK**

```
demod=sign(real(ofdm_r(:,ii)));
```

➤ **QPSK**

```
dR=sign(real(ofdm_r(:,ii)));  
dI=sign(imag(ofdm_r(:,ii)));  
modqpsk=[dR';dI'];  
demod=reshape(modqpsk,1,[]);
```

➤ **16-QAM**

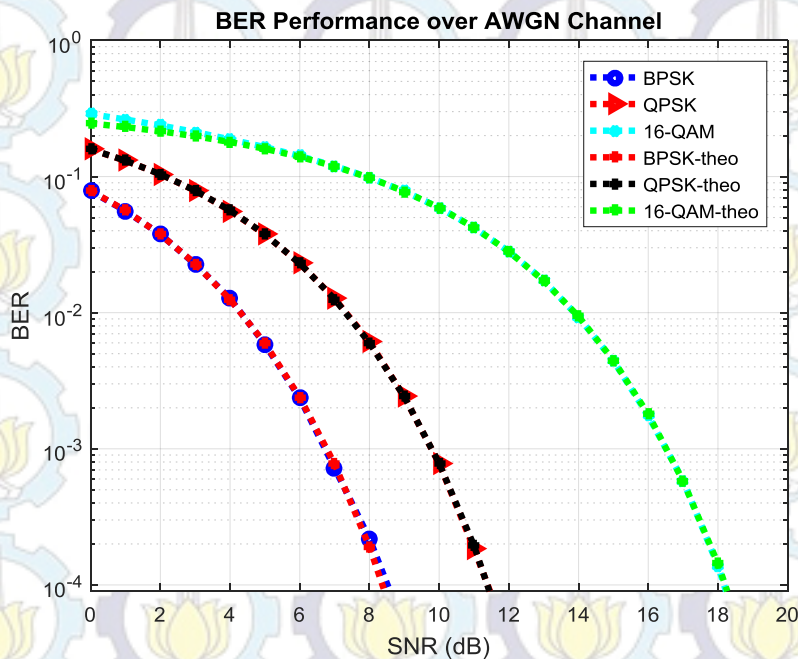
```
b1=(1+sign(real(ofdm_r(:,ii))))/2;  
b2=-sign(sqrt(10)*abs(real(ofdm_r(:,ii)))-2);  
b3=(1+sign(imag(ofdm_r(:,ii))))/2;  
b4=-sign(sqrt(10)*abs(imag(ofdm_r(:,ii)))-2);  
modqam=[b1';b2';b3';b4'];  
demod=reshape(modqam,1,[]);
```

3.4 Verifikasi Simulasi Sistem Pada Kanal AWGN dan *Rayleigh*

Verifikasi simulasi sistem adalah langkah awal sebelum melakukan pengujian sistem yang akan disimulasikan. Verifikasi sistem bertujuan untuk melihat keakuratan suatu sistem jika diimplementasikan dengan model kanal yang dipilih. Pada validasi simulasi sistem ini, dikaitkan pada subbab 2.8 mengenai nilai BER pada tiap kanal dengan modulasi yang berbeda. Model kanal yang digunakan pertama adalah kanal AWGN. Sistem yang diusulkan akan diverifikasi dengan perbandingan antara hasil simulasi dan teori yang digunakan sebagai parameternya.

3.4.1 Kanal AWGN

Validasi simulasi komunikasi V2V dengan sistem OFDM terhadap teori dengan ketiga modulasi pada kanal AWG, ditunjukkan pada Gambar 3.10. Hasil validasi simulasi dengan teori BER pada modulasi BPSK, QPSK, dan 16-QAM telah sesuai. Kurva BER pada ketiga modulasi mengacu pada nilai BER sebesar 10^{-3} dengan melihat pada nilai SNR berapa ketiga modulasi tersebut dapat mencapainya. Pada Gambar tersebut setiap modulasi memiliki kebutuhan SNR yang berbeda-beda untuk bisa mencapai nilai BER hingga 10^{-3} . Untuk modulasi BPSK membutuhkan SNR sebesar 8.2 dB. Sedangkan untuk QPSK dan 16-QAM membutuhkan masing-masing 11.5 dB dan 18.2 dB. Pada kanal AWGN hanya ada pengaruh noise thermal, sehingga tidak memerlukan SNR yang besar untuk mencapai nilai BER 10^{-3} .



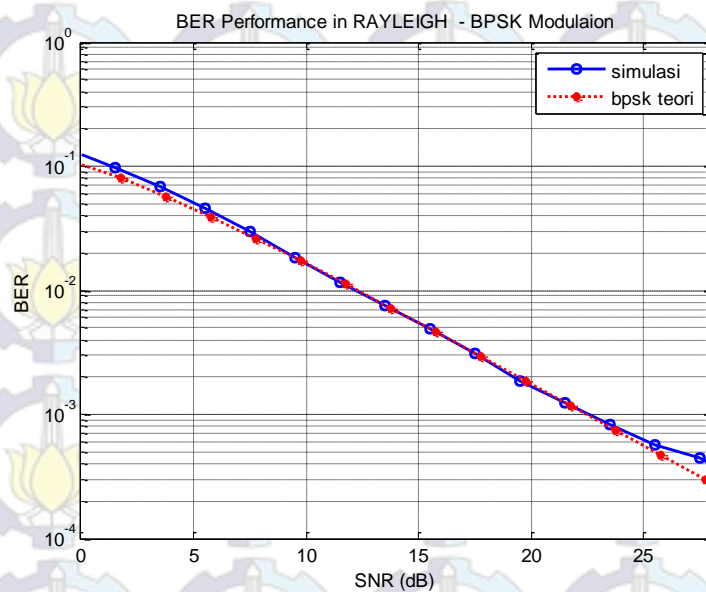
Gambar 3.9 Verifikasi BER Secara Simulasi dan Teori pada Kanal AWGN

3.4.2 Kanal Rayleigh Fading

Setelah validasi simulasi sistem OFDM V2V tiap modulasi pada kanal AWGN, maka selanjutnya adalah validasi sistem OFDM pada kanal *Rayleigh*. Validasi sistem merupakan perbandingan secara teori dengan simulasi dengan

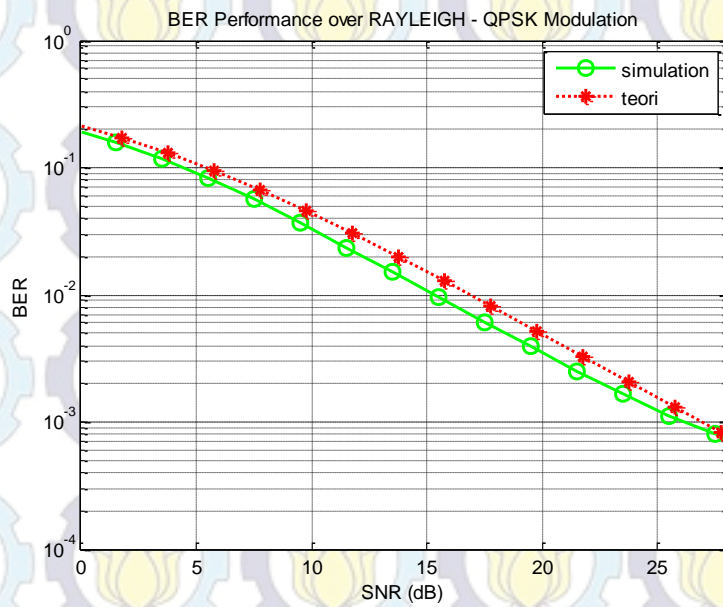
matlab sesuai dengan model OFDM yang sudah diinisialisasi. Pada kanal *Rayleigh* yang harus diperhatikan adalah adanya fading dari faktor lingkungan, dalam simulasi ini, yang mempengaruhi adanya fading adalah *scatterer* dan frekuensi Doppler. Untuk validasi tiap modulasi dapat dilihat pada Gambar 3.10 untuk modulasi BPSK, 3.11 untuk Modulasi QPSK, Gambar 3.12 untuk modulasi 16-QAM.

Pada Gambar 3.10 terlihat untuk modulasi BPSK, validasi secara teori dan simulasi memberikan hasil yang berhimpit. Hal ini karena adanya pengaruh Doppler, setiap nilai Doppler berubah, dan semakin besar, maka kurva BER akan menjauhi sejajar dengan kurva BER teori. Pada Gambar tersebut, untuk mencapai nilai BER 10^{-3} adalah 22.5 dB.

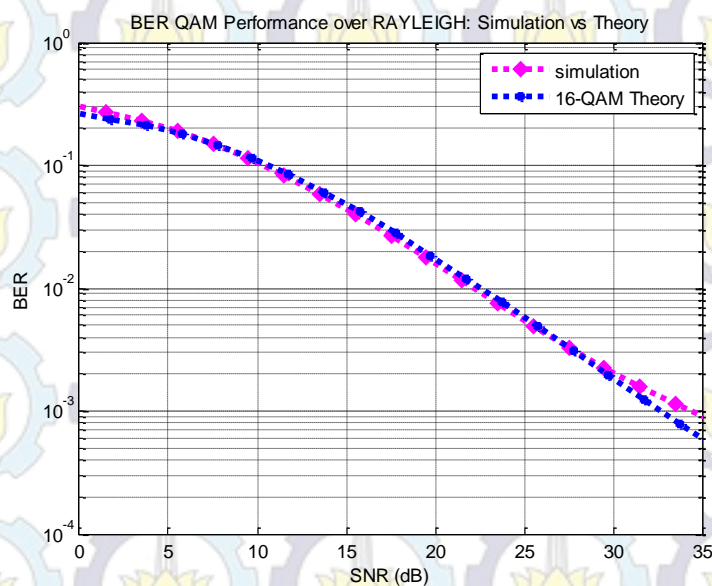


Gambar 3.10 Verifikasi BER Secara Simulasi dan Teori pada Kanal *Rayleigh*

Sedangkan pada Gambar 3.11, validasi secara simulasi dan teori pada sistem OFDM V2V dengan modulasi QPSK memberikan kurva saling berhimpit. Hal ini karena faktor Doppler. Sehingga tidak dapat kurva dalam satu garis. Nilai SNR yang dibutuhkan untuk mencapai nilai BER 10^{-3} adalah 26 dB.



Gambar 3.11 Verifikasi BER Secara Simulasi dan Teori pada Kanal *Rayleigh*



Gambar 3.12 Verifikasi BER Secara Simulasi dan Teori pada Kanal *Rayleigh*

Pada Gambar 3.12, validasi secara simulasi dan teori pada sistem OFDM V2V dengan modulasi 16-QAM memberikan kurva saling berhimpit. Hal ini karena faktor Doppler. Nilai SNR yang dibutuhkan untuk mencapai nilai BER 10^{-3} adalah 33 dB untuk BER secara teori, dan 34 dB untuk BER secara simulasi.

3.5 PSD

power spectral density (PSD) sinyal berada pada domain frekuensi. Untuk melihat sinyal di dalam domain frekuensi, maka cara yang dilakukan adalah mentransformasikan sinyal yang akan diamati ke domain frekuensi menggunakan algoritma FFT. Secara matematis, untuk menghitung PSD dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut [24]:

$$PSD = \frac{|x_n|^2}{f} \quad (3.7)$$

Fungsi Matlab yang digunakan untuk membangkitkan PSD pada sistem adalah dengan menggunakan `pwelch`.

3.6 Skenario Pengujian

Berikut ini skenario pengujian yang telah dilakukan pada sistem yang diusulkan:

1. Menganalisis perbandingan performansi BER pada sistem V2V dengan menggunakan tiga variasi parameter *threshold* modulasi adaptif yang telah diusulkan. Serta dibandingkan pada kondisi Doppler yang berbeda.
2. Membandingkan performansi BER sistem V2V dengan menggunakan modulasi adaptif dan non-adaptif.
3. Membandingkan performansi kapasitas sistem V2V yaitu jumlag data bit yang benar pada penerima dengan menggunakan modulasi adaptif dan non-adaptif.
4. Analisis dan evaluasi performansi nilai BER dan kapasitas data pada sistem setelah dibandingkan antara menggunakan modulasi adaptif dan non-adaptif

Halanan ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, akan diuraikan mengenai hasil pengujian simulasi dari beberapa skenario pengujian yang dilakukan dan analisis terkait hasil yang didapatkan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab R2013a. Analisis yang dilakukan adalah analisis performansi sistem OFDM pada kanal V2V dengan menggunakan adaptif modulasi yang diusulkan. Adaptif modulasi menggunakan tiga variasi *threshold* dan nantinya akan dibandingkan dengan modulasi non-adaptif. Performansi yang dibandingkan adalah nilai BER fungsi SNR dan kapasitas kanal yang dapat ditransmisikan. Selain itu variasi frekuensi Doppler juga akan di tambahkan.

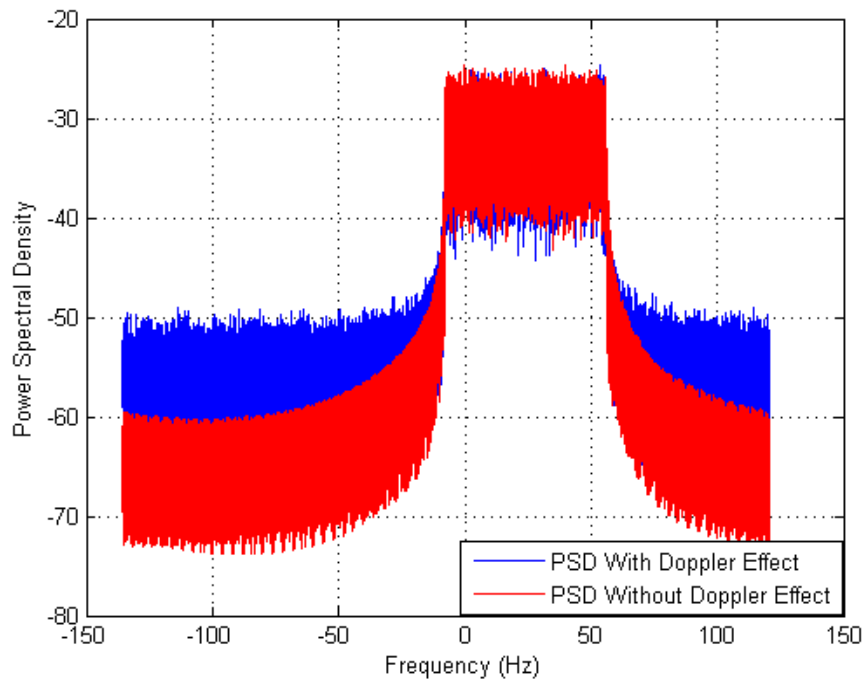
4.1 Pengaruh Frekuensi Doppler pada Kanal Terhadap Sistem

Adanya Doppler pada sistem komunikasi V2V dapat mempengaruhi daya terhadap frekuensi pada spektrum selain itu Doppler memberikan efek pada konstelasi sinyal pada sisi penerima setelah melewati kanal *wireless* dan sebelum melakukan demodulasi OFDM. Hal ini akan mengakibatkan demodulator *bandpass* akan mengalami masalah pada proses *mapping* karena sulit membedakan sinyal asli (*decision area*) dan sinyal *noise*. Konstelasi sinyal yang melewati kanal AWGN saja dan melewati kanal *Rayleigh* memiliki efek yang berbeda. Sinyal setelah melewati kedua kanal dengan adanya frekuensi Doppler akan dibahas pada subbab berikut.

4.1.1 Spektrum Power Spektral Density (PSD)

Power Spectral Density (PSD) merupakan spektrum dengan fungsi besarnya daya dalam satuan dBW terhadap per interval frekuensi. Nilai PSD dalam simulasi MATLAB dapat dibangkitkan setelah melalui proses FFT dalam blok sistem OFDM yang kemudian dibangkitkan dengan fungsi *pwelch*. Magnitud dari hasil dari FFT dikuadratkan dan dirubah dalam logaritmik dBW kemudian dibagi dengan *bandwidth* sistem dalam satuan Hz. Pada sistem ini, Doppler memberikan efek perubahan spektrum atau pergeseran spektrum dengan daya

yang dibutuhkan lebih banyak. Pada Gambar 4.1 menunjukkan pergeseran spektrum OFDM yang murni dengan spektrum OFDM yang terkena frekuensi Doppler yang ternormalisasi sebesar 0.01. Pada sisi sidelobe PSD OFDM tanpa adanya efek Doppler, mengalami kenaikan pada sisi sidelobe yang telah dipengaruhi oleh Doppler. Kenaikan sebanyak -10dBw.

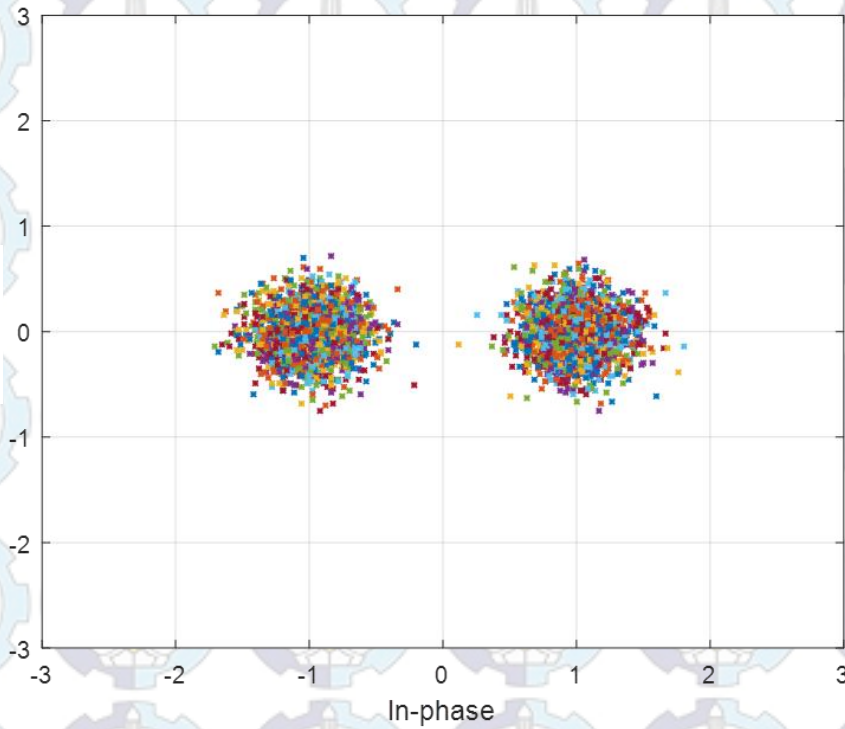


Gambar 4.1 Perbandingan *Power Spectral Density* (PSD) OFDM tanpa dan dengan Efek Doppler

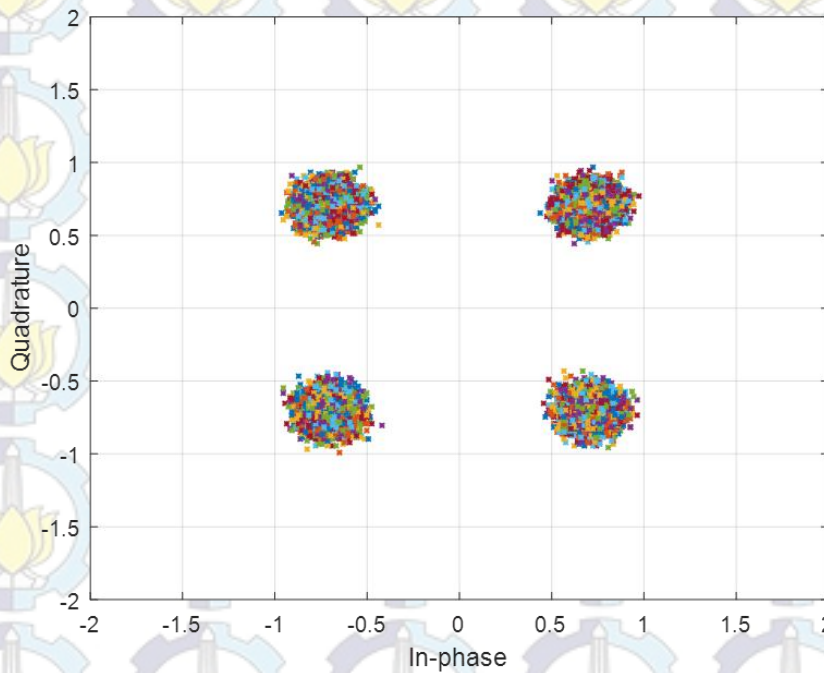
4.1.2 Pengaruh Frekuensi Doppler Terhadap Sistem pada Kanal AWGN

Pengaruh frekuensi Doppler memberikan efek pada konstelasi sinyal pada penerima. Sistem V2V yang disimulasikan ini jika telah melewati kanal AWGN maka memberikan efek pada konstelasi sinyal hasil dari mapping tiap modulasi BPSK, QPSK dan 16-QAM. Pada Gambar 4.2 hingga Gambar 4.4 menunjukkan konstelasi sinyal pada kanal AWGN dengan Doppler 0.001 pada SNR 15 dB. Pada ketiga Gambar tersebut, dapat terlihat setiap konstelasi sinyal baik BPSK, QPSK, ataupun 16-QAM, titik tiap simbol masi terlihat jelas dan berkumpul sesuai pada titik konstelasinya tanpa ada beberapa simbol yang tersebar. Hal ini dikarenakan pada sistem hanya dipengaruhi oleh *noise* pada sistem, tidak adanya

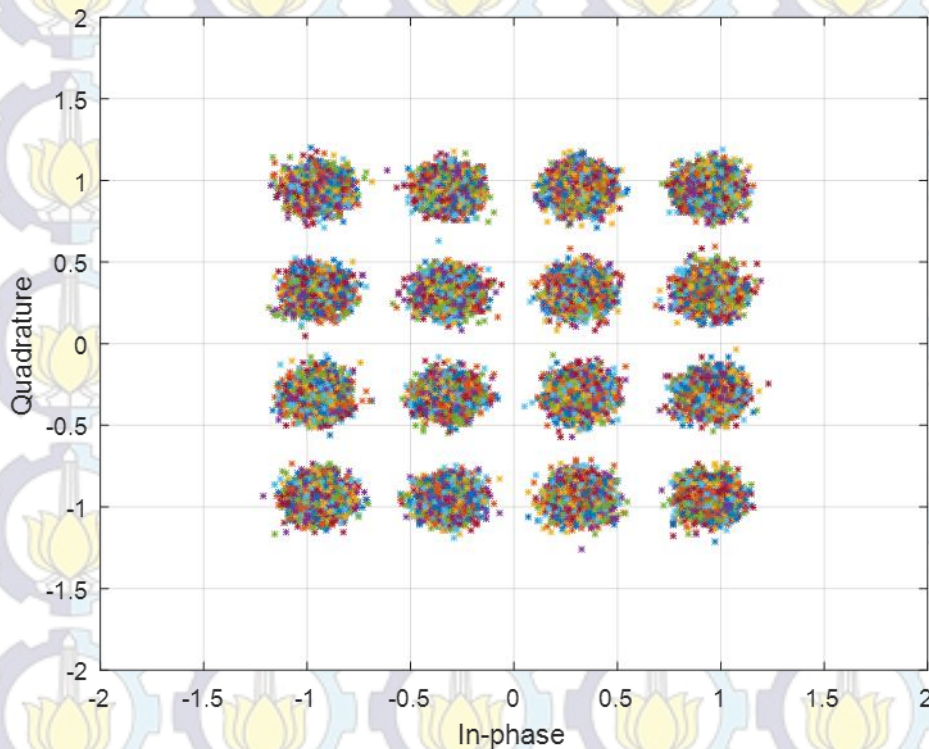
faktor hamburan atau pantulan sinyal, sehingga SNR yang di butuhkan hanya 15 dB sudah dapat memberikan kontelasi sinyal yang jelas.



Gambar 4.2 Konstelasi Sinyal BPSK pada Doppler 0.001 dengan SNR 15 dB



Gambar 4.3 Konstelasi Sinyal QPSK pada Doppler 0.001 dengan SNR 15 dB



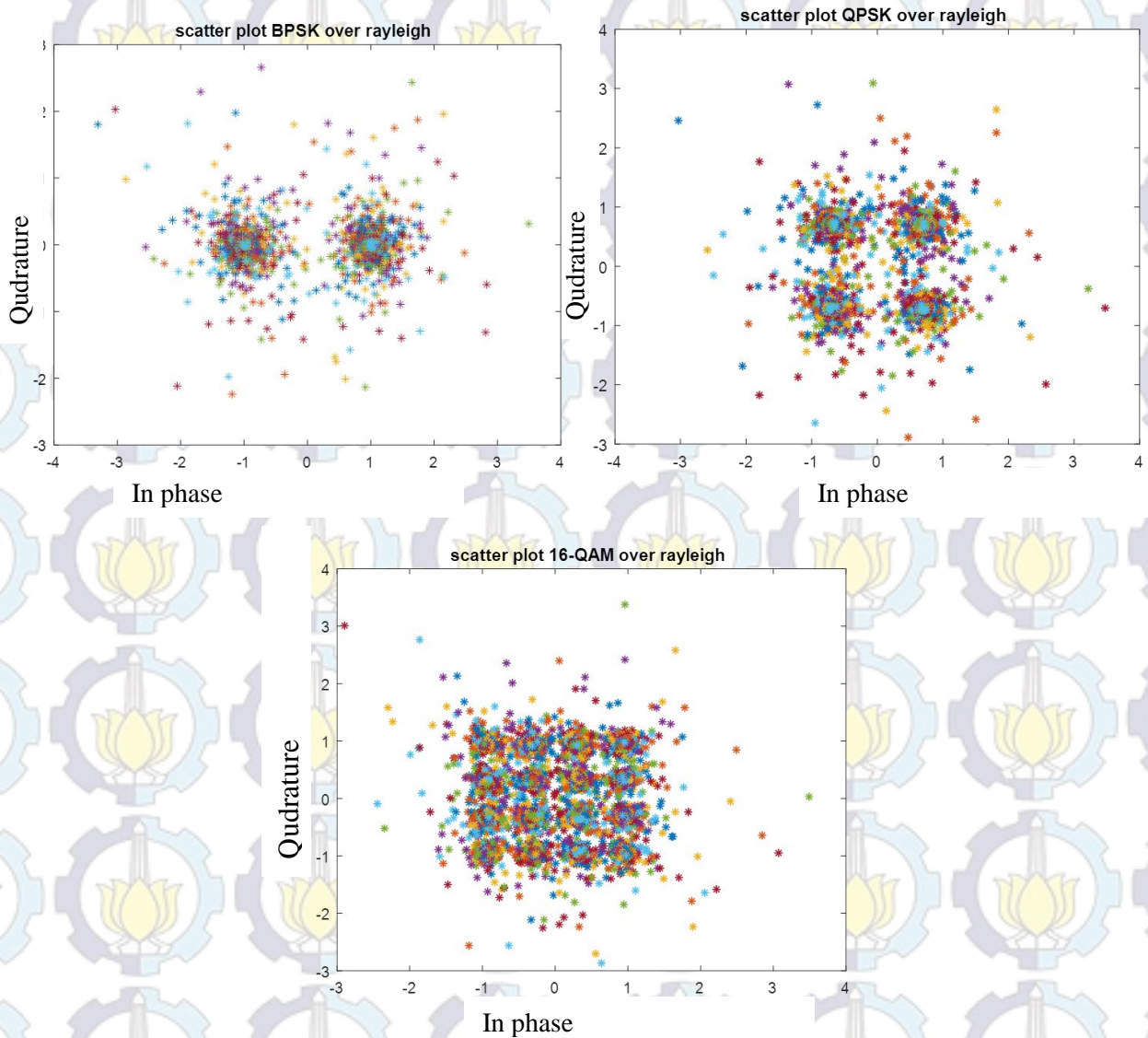
Gambar 4.4 Konstelasi Sinyal 16 QAM pada Doppler 0.001 dengan SNR 15 dB

4.1.3 Pengaruh frekuensi Doppler terhadap Konstelasi Sinyal pada Kanal Rayleigh

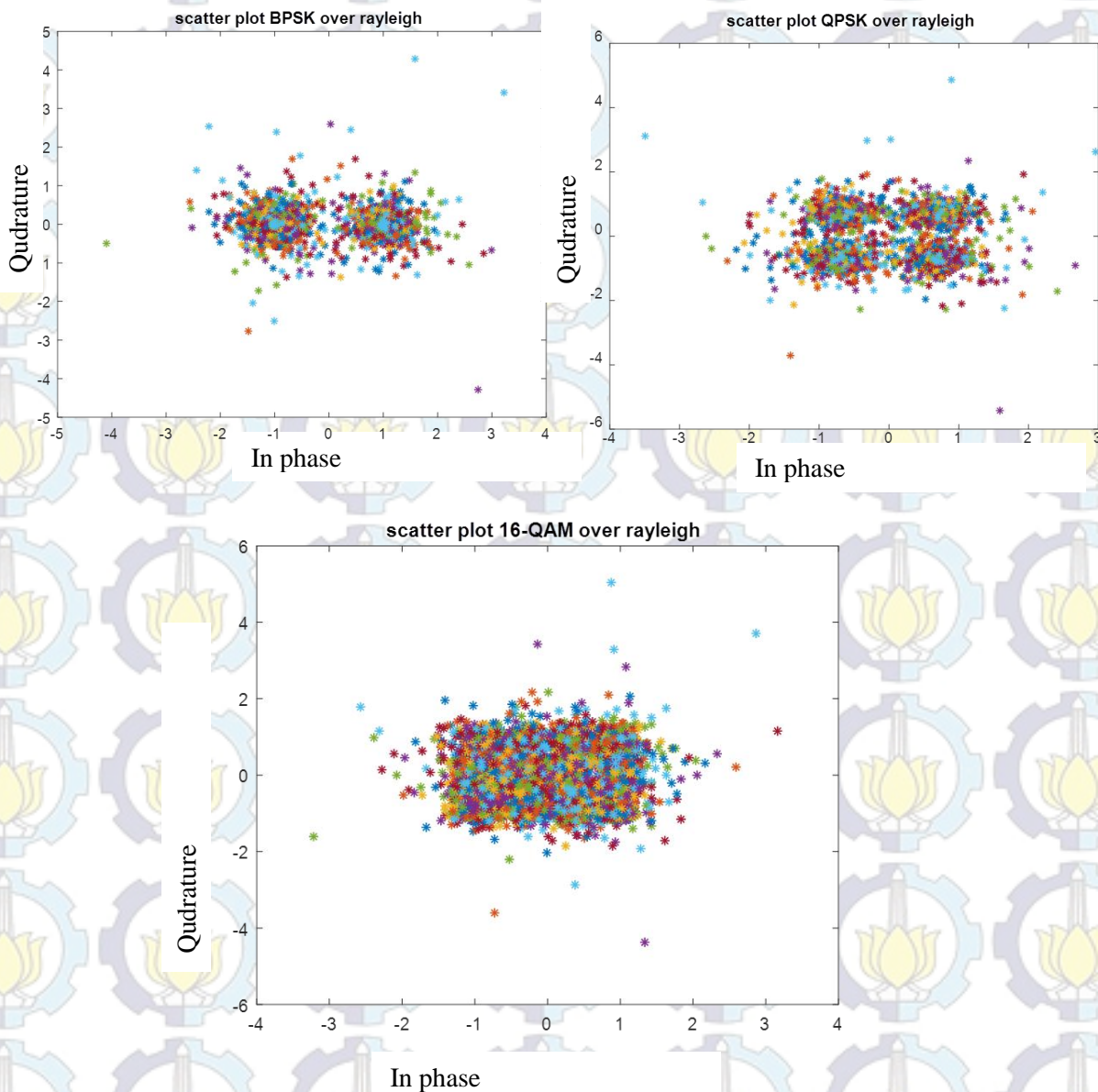
Simulasi sistem V2V jika melalui kanal *Rayleigh* maka memberikan efek pada konstelasi sinyal yang lebih banyak berupa hamburan dan persebaran beberapa data sedikit jauh pada *decision area*. Konstelasi sinyal dari mapping BSK, QPSK dan 16-QAM memberikan efek berbeda ketika dipengaruhi oleh nilai Doppler yang berbeda. Pada Gambar 4.5 hingga Gambar 4.7 menunjukkan konstelasi sinyal tiap *mapping* modulasi dengan nilai Doppler dan SNR yang berbeda.

Gambar 4.5 menunjukkan konstelasi sinyal dengan Doppler 0.001 pada SNR 30 dB. Dari Gambar tersebut, konstelasi sinyal masih mampu membaca konstelasi untuk BPSK dan QPSK dimana untuk modulasi 16-QAM simbol antar titik konstelasi terlalu menyatu sehingga tidak terlihat konstelasi 16 titiknya. Hal ini mengakibatkan data *error* sangat banyak pada konstelasi 16-QAM. Jika dibandingkan dengan konstelasi sinyal dengan Doppler 0.01 dan kondisi SNR

sama terlihat pada Gambar 4.5. Pada konstelasi QPSK sudah mengalami persebaran yang keempat titik konstelasinya juga mulai merapat, sehingga akan memberikan data error yang besar juga. konstelasi sinyal 16-QAM pada Doppler 0.01 sudah tidak mampu lagi untuk memedakan titik konstelasi. Hal in mengakibatkan peluang kesalahn *mapping* sangat besar seperti Gambar 4.6.

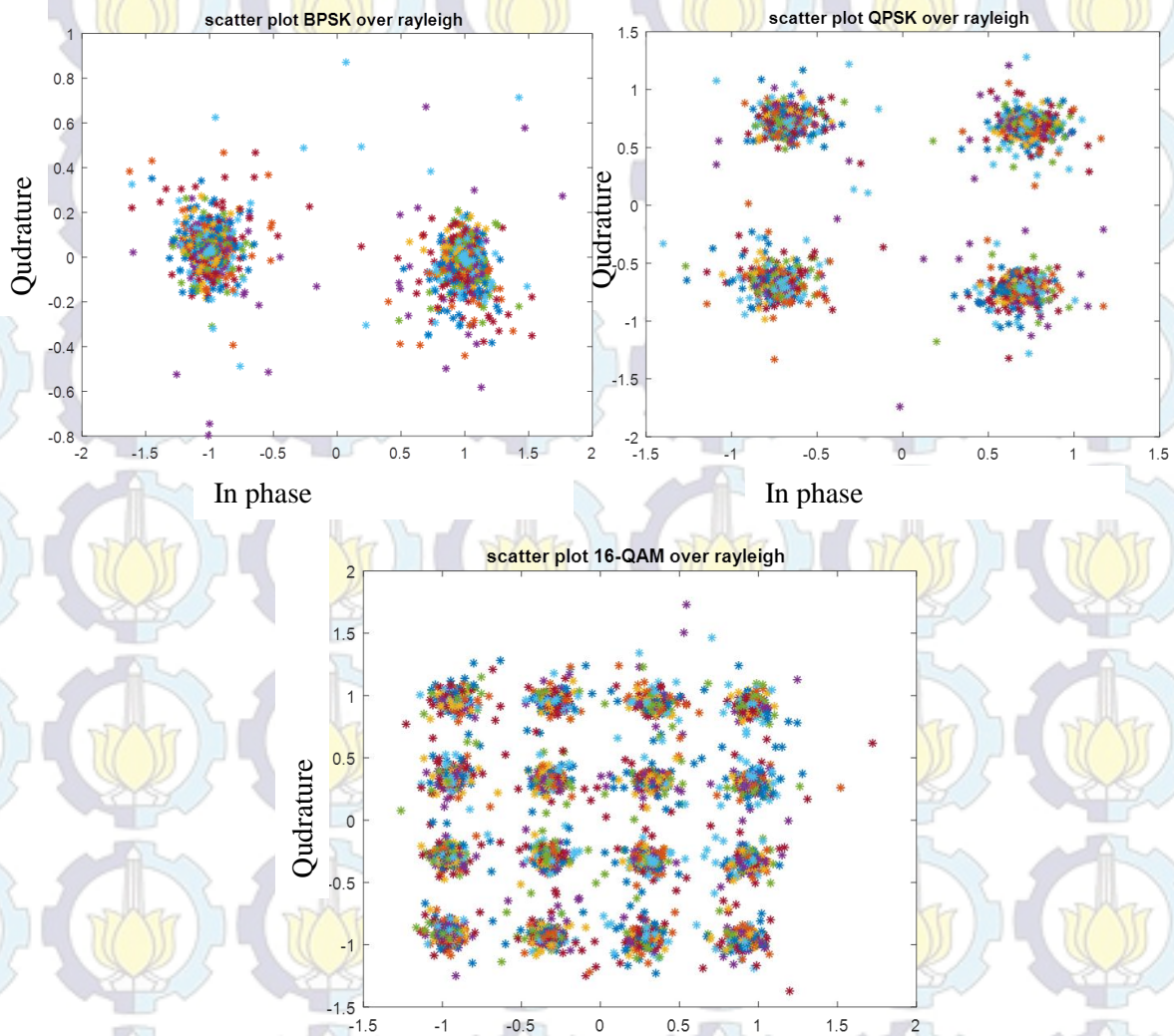


Gambar 4.5 Konstelasi Sinyal pada Doppler 0.001 dengan SNR 30 dB



Gambar 4.6 Konstelasi Sinyal pada Doppler 0.01 dengan SNR 30 dB

Konstelasi sinyal pada kondisi seperti pada Gambar 4.6 dapat dikurangi kemungkinan *error* ketika nilai SNR dinaikkan, sehingga hasil konstelasi sinyal terlihat titik *mapping* tiap modulasinya. Seperti yang di tampilkan pada Gambar 4.7 konstelasi sinyal pada modulasi QPSK dan 16-QAM mulai terlihat dengan nilai SNR 45 dB pada Doppler 0.01.



Gambar 4.7 Konstelasi Sinyal pada Doppler 0.01 dengan SNR 45 dB

4.2 Hasil dan Analisis Kinerja Modulasi Adaptif pada Kanal V2V

Sesuai pada Bab 3 mengenai tahap simulasi, dimana modulasi adaptif ditentukan berdasarkan 2 titik *threshold* pada nilai Gain kanal yang dipengaruhi Doppler. Pada studi ini, dengan menggunakan 3 variasi *threshold* adaptif, dan dipengaruhi 3 Doppler normalisasi yang berbeda, maka hasil simulasi yang dianalisis berupa performansi BER terhadap SNR dan kapasitas data yang ditransmisikan pada sistem.

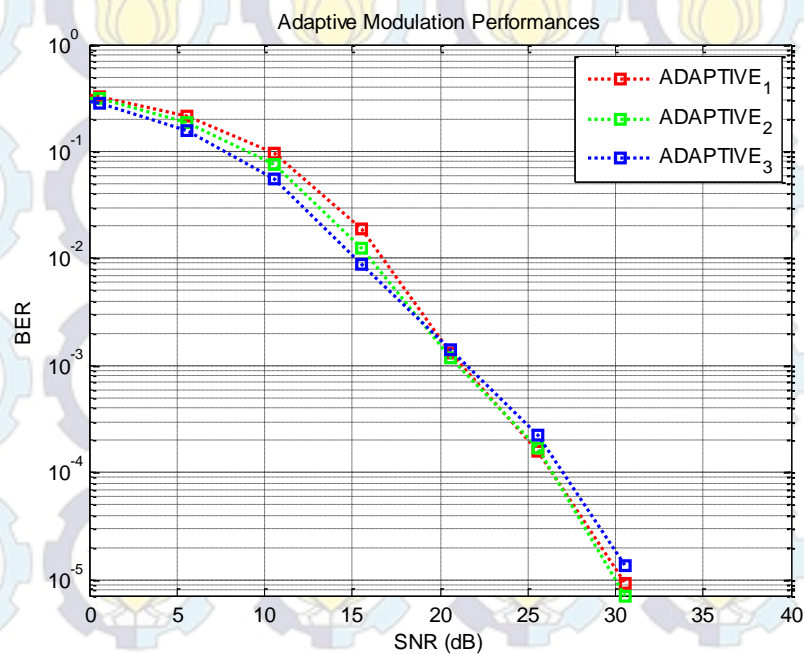
4.2.1 Kinerja Modulasi Adaptif pada Doppler 0.001

Nilai *threshold* adaptif memberikan batasan pada saat nilai gain kanal berapa modulasi BPSK QPSK, dan 16-QAM akan digunakan. 3 variasi nilai *threshold* adaptif yang berbeda memberikan persentase penggunaan modulasi BPSK, QPSK, dan 16-QAM yang berbeda. Terlihat pada Tabel 4.1, dengan diberikan Doppler sebesar 0.001, *threshold* 1 (0.25 dan 0.5) menunjukkan jumlah simbol pada 16-QAM mendapati simbol yang lebih banyak sekitar 50% dari 10.000 simbol OFDM, sedangkan sekitar 28% simbol pada modulasi QPSK dan 14.5% pada modulasi BPSK. Sedangkan pada *threshold* 2 (0.35 dan 0.6) modulasi 16-QAM masih memberikan persentase simbol yang lebih besar sekitar 44.5% dan untuk modulasi QPSK dan BPSK persentase simbol nya adalah 29% dan 26.5%. Pada *threshold* 3 (0.45 dan 0.7) persentase simbol terbesar pada modulasi BPSK sekitar 38% dan selisih sedikit dengan modulasi QPSK 33.7 % dan 16-QAM memiliki 27.9% dari 10,000 simbol.

Dari ketiga *threshold* yang telah disimulasikan, maka dapat dianalisis bahwa ketika nilai Doppler 0.001 mengakibatkan muncul nilai gain kanal bernilai rendah adalah sedikit, dan munculnya nilai gain kanal tinggi lebih banyak. Hal ini dikarenakan sesuai pada tabel 4.1 bahwa pada modulasi 16-QAM memiliki persentase simbol yang lebih besar. Sehingga pada Doppler 0.001 hasil bisa lebih maksimal. Setelah mengetahui persentase penggunaan tiap modulasi non-adaptif pada setiap *threshold* adaptif yang berbeda, maka performansi modulasi adaptif berupa nilai BER terhadap SNR yang dapat dilihat pada Gambar 4.8. Dari Gambar tersebut, terlihat ketiga modulasi adaptif membutuhkan nilai SNR yang selisihnya tidak terlalu jauh yaitu sekitar sebesar 0.1 dB untuk bisa mencapai nilai BER 10^{-3} . Dimana untuk modulasi adaptif *threshold* 2 pada 21.5 dB, *threshold* 1 pada 21.6 dB, dan *threshold* 1 pada 21.7 dB.

Tabel 4.1 Persentase Data Simbol tiap Modulasi Terhadap *Threshold* Adaptif

Modulasi	Treshold 1 0.25 & 0.5	Treshold 2 0.35 & 0.6	Treshold 3 0.45 & 0.7
BPSK	1.446 simbol	2.655 simbol	3.832 simbol
QPSK	2.862 simbol	2.900 simbol	3.374 simbol
16-QAM	5.692 simbol	4.445 simbol	2.794 simbol



Gambar 4.8 Performansi Modulasi Adaptif dengan Doppler 0.001

4.2.2 Kinerja Modulasi Adaptif pada Doppler 0.005

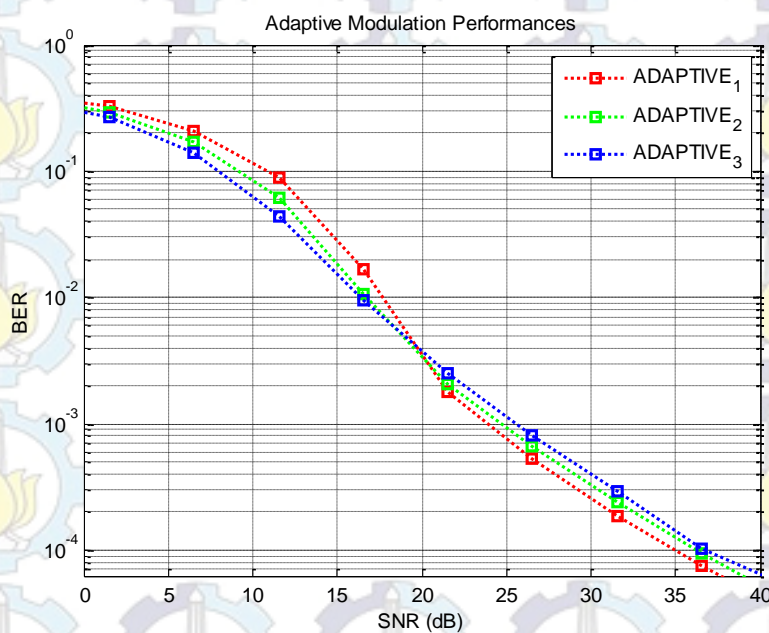
Simulasi sistem V2V dengan Doppler 0.005 memberikan persentase simbol tiap modulasi berbeda pada saat Doppler 0.001. dengan Doppler yang lebih tinggi dan dengan batas nilai *threshold* yang sama, hasil persentase simbol dapat dilihat pada Tabel 4.2. Pada *threshold* 1 (0.25 dan 0.5) menunjukkan jumlah simbol pada QPSK mendapati simbol yang lebih banyak sekitar 44% dari 10.000 simbol OFDM, sedangkan sekitar 22% simbol pada modulasi BPSK dan 34% pada modulasi 16-QAM. Sedangkan pada *threshold* 2 (0.35 dan 0.6) modulasi QPSK masih memberikan persentase simbol yang lebih besar sekitar 41% dan untuk modulasi BPSK hanya memiliki selisih sedikit dengan QPSK yaitu 40 % dan 16-QAM persentase simbol adalah 18%. Pada *threshold* 3 (0.45 dan 0.7) persentase simbol terbesar pada modulasi BPSK sekitar 57% dan modulasi QPSK 34% dan 16-QAM memiliki persentase yang sedikit yaitu sekitar 8% dari 10.000 simbol. Pada Doppler 0.005 dapat disimpulkan dari *threshold* 1 dan 2 bahwa munculnya gain kanal yang mulai sedikit rendah lebih banyak, dibandingkan Doppler 0.001 sebelumnya.

Kemudian untuk melihat performansi ketiga adaptif pada Doppler 0.005 dapat dilihat pada Gambar 4.9. Kebutuhan SNR pada ketiga *threshold* adaptif

untuk mencapai nilai BER 10^{-3} memiliki selisih sekitar 1dB. Dimana untuk *threshold* 1 pada 24 dB, *threshold* 2 pada 25 dB dan *threshold* 3 pada 26 dB. Dibandingkan dengan Doppler 0.001, nilai SNR pada 0.005 memiliki nilai 5 dB lebih besar. Hal ini dikarenakan kondisi pelemahan sinyal akibat Doppler yang lebih besar mempengaruhi gain kanal lebih banyak.

Tabel 4.2 Persentase Data Simbol tiap Modulasi Terhadap *Threshold* Adaptif

Modulasi	Threshold 1 0.25 & 0.5	Threshold 2 0.35 & 0.6	Threshold 3 0.45 & 0.7
BPSK	2.178 simbol	4.043 simbol	5.790 simbol
QPSK	4.4191 simbol	4.116 simbol	3.403 simbol
16-QAM	3.403 simbol	1.841 simbol	807 simbol



Gambar 4.9 Performansi Modulasi Adaptif dengan Doppler 0.005

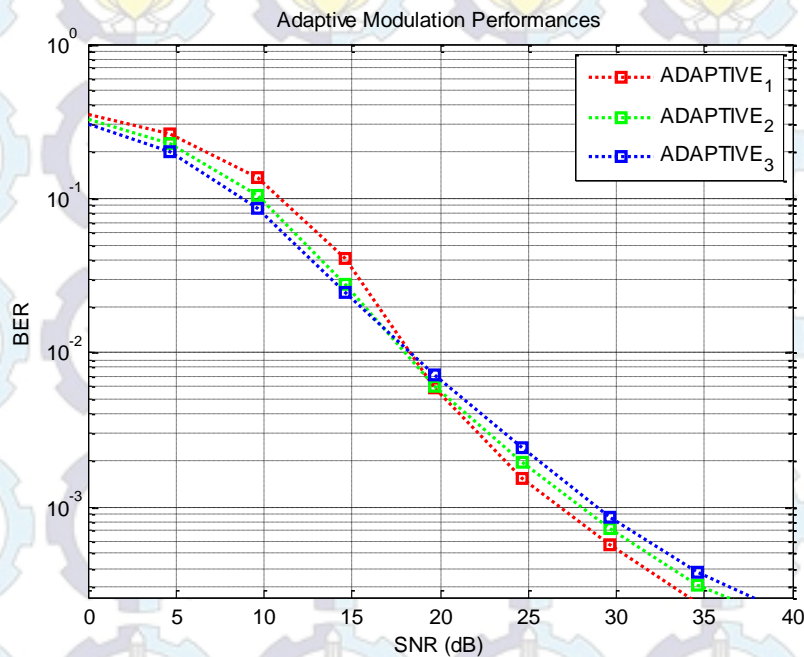
4.2.3 Kinerja Modulasi Adaptif pada Doppler 0.01

Simulasi dengan nilai Doppler yang lebih besar yaitu 0.01 memberikan nilai gain kanal juga mengalami fluktuatif yang lebih besar. Hal tersebut memberikan hasil persentase simbol pada tiap modulasi juga berbeda dari Doppler 0.001 dan 0.005 . Pada Tabel 4.3 Pada *threshold* 1 (0.25 dan 0.5) menunjukkan jumlah simbol pada QPSK mendapati simbol yang lebih banyak sekitar 46% dari

10.000 simbol OFDM, sedangkan sekitar 29% simbol pada modulasi BPSK dan 24% pada modulasi 16-QAM. Sedangkan pada *threshold* 2 (0.35 dan 0.6) modulasi BPSK masih memberikan persentase simbol yang lebih besar sekitar 49.5% dan untuk modulasi QPSK yaitu 38% dan 16-QAM persentase simbol menurun yaitu 11%. Pada *threshold* 3 (0.45 dan 0.7) persentase simbol terbesar pada modulasi BPSK sekitar 67% dan modulasi QPSK 28% dan 16-QAM memiliki persentase yang sedikit yaitu sekitar 4% .

Tabel 4.3 kapasitas Data Simbol tiap Modulasi Terhadap *Threshold* Adaptif

Modulasi	Threshold 1 0.25 & 0.5	Threshold 2 0.35 & 0.6	Threshold 3 0.45 & 0,7
BPSK	2.937 simbol	4.959 simbol	6.746 simbol
QPSK	4.591 simbol	3.857 simbol	2.819 simbol
16-QAM	2.472 simbol	1.184 simbol	435 simbol



Gambar 4.10 Performansi Modulasi Adaptif dengan Doppler 0.01

Gambar 4.10 menunjukkan performansi ketiga modulasi adaptif BER terhadap SNR pada simulasi V2V dengan Doppler 0.01. dari Gambar tersebut terlihat untuk *threshold* adaptif 1 pada SNR 27 dB nilai BER pada 10^{-3} .

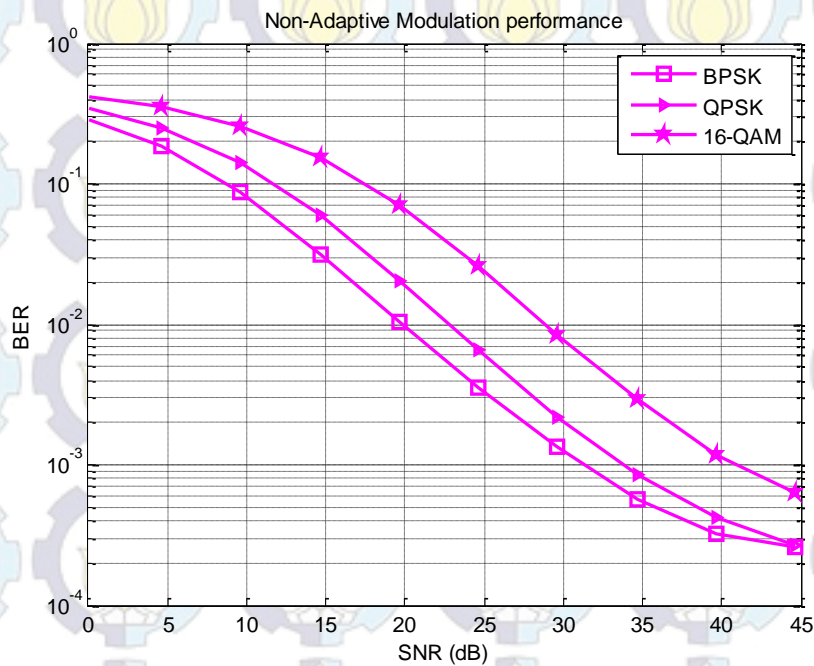
Sedangkan untuk *threshold* adaptif 2 adalah 28 dB dan *threshold* adaptif 3 membutuhkan SNR 29 dB.

Hasil simulasi yang telah ditunjukkan pada subbab 4.4.1 hingga 4.4.3 dapat dianalisis bahwa ketika nilai Doppler yang diberikan semakin besar maka persentase munculnya gain kanal yang rendah akan semakin banyak. Hal ini mengakibatkan persentase penggunaan modulasi non-adaptif yaitu BPSK, QPSK, dan 16-QAM pada setiap *threshold* mengalami perubahan. Semakin besar nilai Doppler maka persentase tiap modulasi makin besar untuk modulasi BPSK dan semakin kecil untuk modulasi 16-QAM. Selain itu, nilai SNR yang dibutuhkan untuk mencapai BER 10^{-3} semakin besar pada setiap kenaikan nilai Doppler.

4.3 Perbandingan Hasil Kinerja Modulasi non-adaptif dengan Modulasi Adaptif

Setelah melihat dan analisis performansi ketiga modulasi adaptif pada nilai Doppler yang berbeda, maka pada subbab ini akan dibandingkan dengan modulasi non-adaptif. Pada Gambar 4.11 merupakan performansi modulasi non-adaptif yaitu BPSK, QPSK, dan 16-QAM pada Doppler 0.01. Ketiga modulasi non-adaptif ini dapat mencapai BER 10^{-3} dengan nilai SNR lebih dari 30 dB. Pada modulasi BPSK membutuhkan SNR 31 dB untuk mencapai BER 10^{-3} , sedangkan modulasi QPSK 34 dB dan modulasi 16-QAM adalah 41 dB. Dimana modulasi yang paling baik adalah BPSK. Modulasi BPSK merupakan modulasi yang hanya memberikan bit kesalahan terkecil karena satu simbol hanya mengandung 1 bit informasi saja, sehingga pada SNR rendah data mampu bertahan.

Modulasi memerlukan SNR yang lebih tinggi agar dapat mencapai nilai BER yang sama pada Modulasi BPSK dan QPSK. dengan pengaruh Doppler yang besar memungkinkan nilai gain kanal yang rendah memiliki peluang yang lebih banyak, sehingga ketika daya sinyal rendah maka simbol 16-QAM yang memiliki 4 bit dalam 1 simbol akan mengalami kegagalan atau *error* pada saat di penerima.



Gambar 4.11 BER Fungsi SNR Modulasi Non-adaptif pada Doppler 0.01

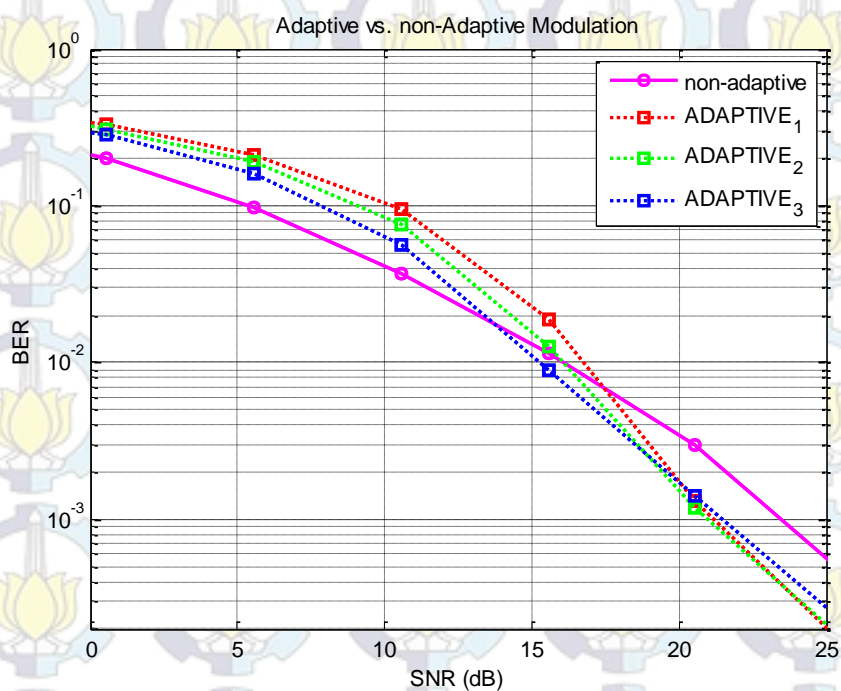
4.3.1 Performansi BER pada Modulasi Adaptif dengan Modulasi Non-Adaptif

Pada subbab ini membandingkan ketiga modulasi adaptif dengan modulasi non-adaptif yaitu Modulasi BPSK. Sesuai pada hasil simulasi modulasi adaptif pada subbab 4.4, maka pada Gambar 4.12 menampilkan ketiga variasi *threshold* modulasi adaptif dengan modulasi BPSK pada Doppler 0.001. Performansi BER pada modulasi adaptif memberikan nilai 10^{-3} ketika berada pada SNR 21 dB hingga 22 dB, Sedangkan modulasi BPSK pada SNR 23.5 dB. Namun pada saat SNR dibawah 13 dB, modulasi BPSK masih bisa mengungguli untuk nilai BER. Hal ini karena modulasi adaptif bisa saja sedang menggunakan modulasi QPSK atau 16-QAM, sehingga masih adanya kesalahan pada saat SNR bernilai kecil.

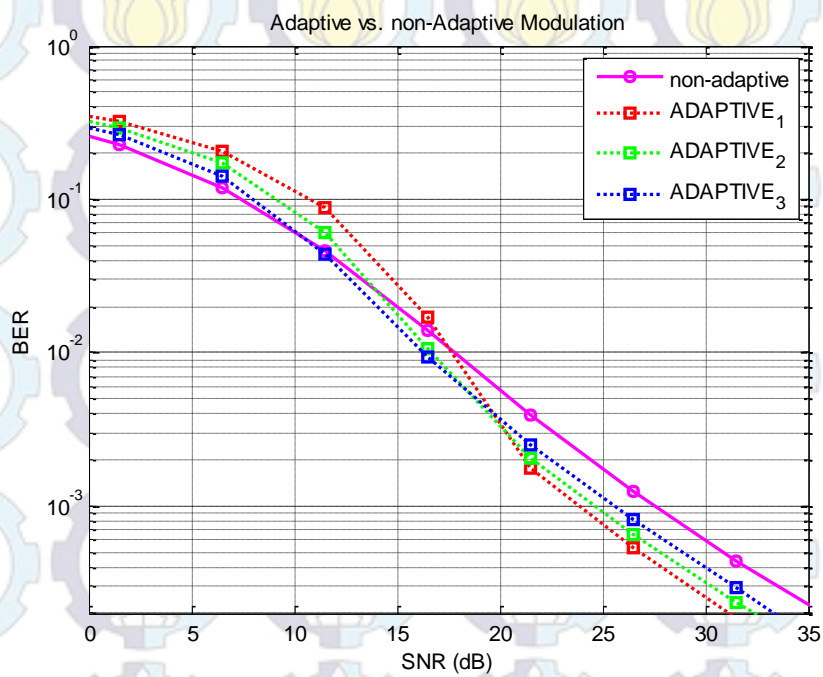
Gambar 4.13 merupakan performansi BER modulasi adaptif dengan modulasi BPSK pada kondisi Doppler 0.005 dB. Dari hasil simulasi yang diperoleh, maka kebutuhan SNR untuk mencapai BER 10^{-3} pada ketiga modulasi adaptif adalah antara 24 dB hingga 26 dB, sedangkan untuk modulasi BPSK berada pada SNR 27.5 dB. Terjadi kenaikan nilai SNR pada saat nilai Doppler

semakin besar. Dimana selisih dengan performansi Doppler 0.001 adalah 3 hingga 4 dB. Pada kondisi yang sama, pada SNR kurang dari 13 dB, modulasi BPSK masih mengungguli untuk performansi nilai BER.

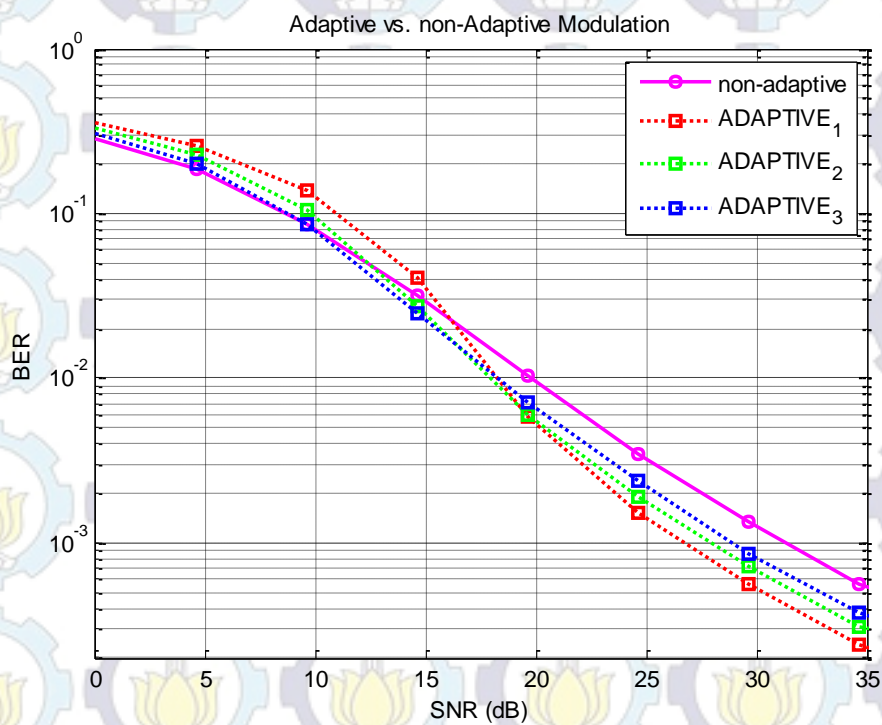
Pada Doppler 0.01, maka nilai SNR semakin meningkat jika ingin mencapai pada kondisi BER 10^{-3} , dimana grafik dapat ditampilkan pada Gambar 4.14. peningkatan nilai SNR mencapai 3 dB untuk modulasi adaptif dan 4 dB untuk modulasi BPSK. Pada adaptif *threshold* pertama berada pada 28 dB, *threshold* adaptif 2 pada SNR 29 dB, dan *threshold* adaptif 3 pada SNR 30.5 dB. Sedangkan modulasi BPSK pada SNR 32 dB. Untuk modulasi BPSK pada Doppler 0.01 hanya bisa mengungguli nilai BER hingga kurang dari 8 dB saja dibandingkan dengan modulasi adaptif.



Gambar 4.12 BER Fungsi SNR Modulasi Adaptif dan BPSK pada Doppler 0.001



Gambar 4.13 BER Fungsi SNR Modulasi Adaptif dan Non-adaptif pada Doppler 0.005



Gambar 4.14 BER Fungsi SNR Modulasi Adaptif dan Non-adaptif pada Doppler 0.01

4.3.2 Kapasitas Data Transmisi

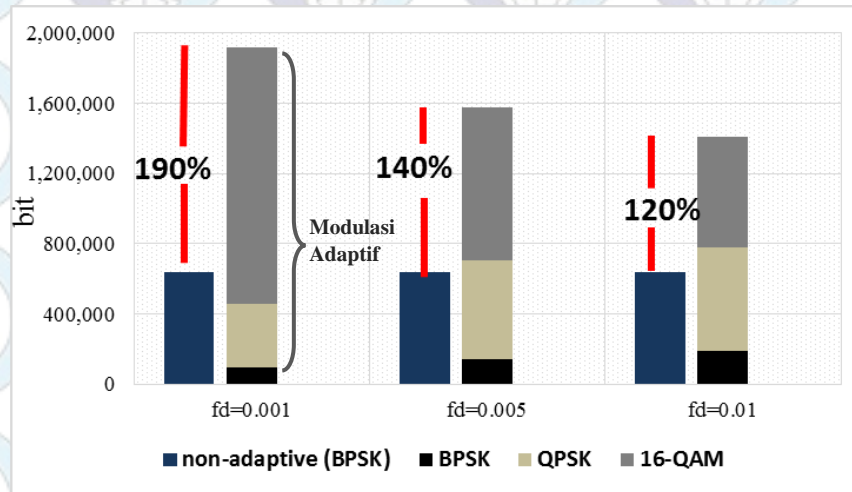
Selain melihat performansi BER, maka kapasitas data yang ditransmisikan ataupun yang diterima oleh penerima juga dapat dihitung. Pada simulasi sistem V2V menggunakan modulasi non-adaptif yaitu BPSK, QPSK, dan 16-QAM, data yang dapat di transmisikan setiap simbol OFDM berbeda. Pada Modulasi BPSK, 1 simbol OFDM mengandung 64 *subcarrier* dimana 1 *subcarrier* mengandung 1 bit data yang merupakan hasil mapping untuk 1 simbol BSPK. Sehingga total dengan 10.000 simbol OFDM, untuk modulasi BPSK mengandung 640,000 bit yang ditransmisikan. Untuk modulasi QPSK yang memiliki *bandwith* 2 kali dari BPSk, maka bit yang dpat ditransmisikan adalah 1,280,000 bit. Sedangkan untuk modulasi 16-QAM memiliki *bandwith* 4 kali dari modulasi BPSK, sehingga data yang daat ditransmisikan adalah 2,560,000 bit. Semakin besar kapasitas bit dalam 1 simbol modulasi, maka daya yang dibutuhkan akan semakin sulit untuk koreksi data pada penerima setelah melewati kanal. sehingga, probabilitas kesalahan akan semakin besar.

Modulasi adaptif dengan menggunakan 3 modulasi BPSK, QPSK, dan 16-QAM yang disesuaikan dengan kondisi kanal, maka akan memberikan berkurangnya data yang salah saat sinyal berada pada kondisi kanal yang buruk. Dalam hal ini adalah saat gain kanal lemah karena pengaruh Doppler. Pada Tabel 4.4 menunjukkan jumlah bit benar pada penerima yang merupakan hasil dari modulasi adaptif. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa pada *threshold* adaptif 1 (0.25 dan 0.5) memiliki kapasitas data paling besar. Semakin besar nilai Doppler maka semakin menurun jumlah kapasitasnya. Hal ini dikarenakan saat Doppler bernilai 0.001 maka persentase penggunaan modulasi 16-QAM lebih banyak, sehingga dalam 1 simbol OFDM bisa membawa 4 kali bit dari BPSK. Sedangkan pada Doppler 0.01 persentase modulasi BPSK lebih banyak karena gain kanal rendah juga meningkat, sehingga 1 simbol hanya membawa 1 bit tiap *subcarrier*.

Jika dibandingkan dengan jumlah bit pada modulasi non-adaptif yaitu modulasi BPSK, maka kapasitas bit pada tiap *threshold* modulasi adaptif dapat ditampilkan pada Gambar 4.15 hingga 4.17.

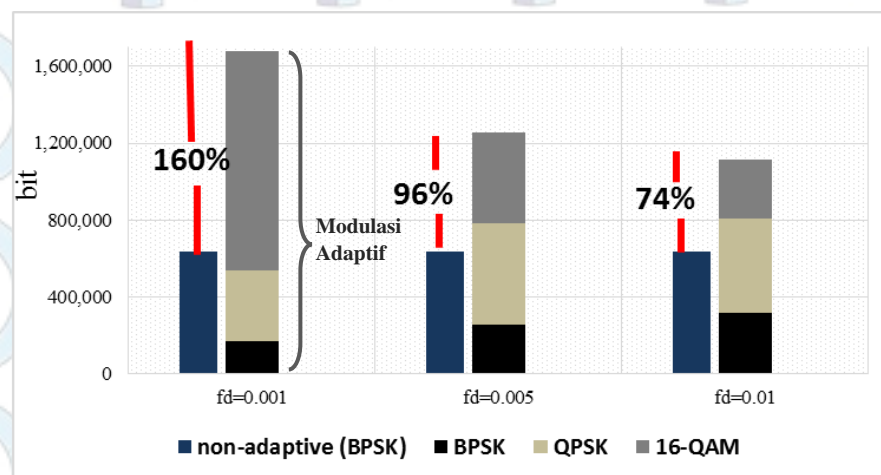
Tabel 4.4 Jumlah Bit Yang Benar Pada Penerima

f_d	<i>Threshold 1</i>	<i>Threshold 2</i>	<i>Threshold 3</i>
0.001	1,916,032 bit	1,679,040 bit	1,392,384 bit
0.005	1,576,192 bit	1,256,896 bit	1,012,736 bit
0.01	1,408,448 bit	1,114,176 bit	903,936 bit



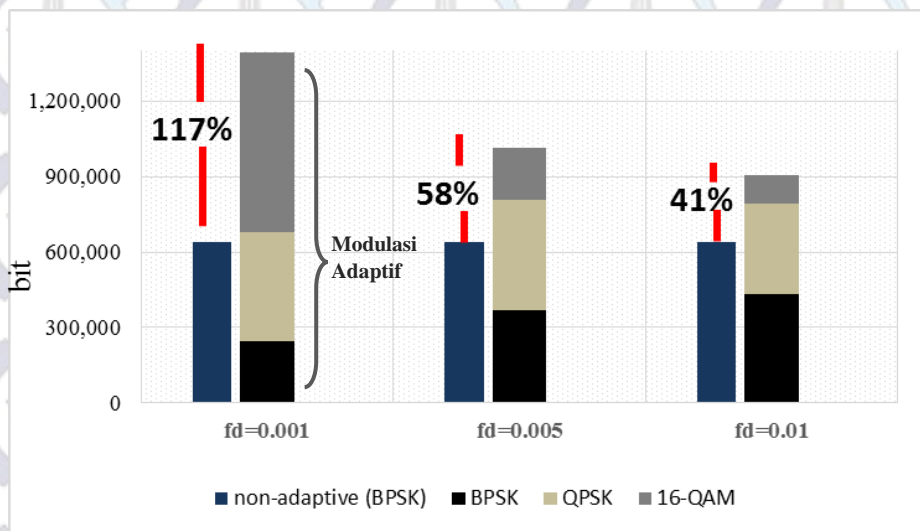
Gambar 4.15 Perbandingan Kapasitas Bit pada *Threshold* Adaptif 1

Gambar 4.15 merupakan perbandingan kapasitas pada modulasi adaptif dengan modulasi non-adaptif yaitu BPSK. Pada modulasi BPSK kapasitas maksimal adalah 640,000 bit, jika dibandingkan pada modulasi adaptif pada *threshold 1*, pada Doppler 0.001 kenaikan bisa mencapai 190%. Sedangkan pada Doppler 0.005 kenaikan kapasitas dibandingkan dengan BPSK adalah 140%, dan pada Doppler yang tinggi yaitu 0.01 maka persentase kenaikan dibanding BPSK adalah 120%



Gambar 4.16 Perbandingan Kapasitas Bit pada *Threshold* Adaptif 2

Gambar 4.16 merupakan perbandingan kapasitas pada modulasi adaptif dengan modulasi non-adaptif yaitu BPSK. Pada BPSK kapasitas maksimal adalah 640,000 bit, jika dibandingkan pada modulasi adaptif pada *threshold* 1, pada Doppler 0.001 kenaikan bisa mencapai 160%. Sedangkan pada Doppler 0.005 kenaikan kapasitas dibandingkan dengan BPSK adalah 96%, dan pada Doppler yang tinggi yaitu 0.01 maka persentase kenaikan dibanding BPSK adalah 74%



Gambar 4.17 Pebandingan Kapasitas Bit pada *Threshold* Adaptif 3

Gambar 4.17 merupakan perbandingan kapasitas pada modulasi adaptif dengan modulasi nonadaptif yaitu BPSK. Pada BPSK kapasitas maksimal adalah 640,000 bit, jika dibandingkan pada modulasi adaptif pada *threshold* 1, pada Doppler 0.001 kenaikan bisa mencapai 117%. Sedangkan pada Doppler 0.005 kenaikan kapasitas dibandingkan dengan BPSK adalah 58%, dan pada Doppler yang tinggi yaitu 0.01 maka persentase kenaikan dibanding BPSK adalah 41%

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis hasil simulasi yang telah dilakukan menunjukkan semakin besar nilai frekuensi Doppler normalisasi maka akan mempengaruhi kontelasi sinyal pada penerima, sehingga SNR yang dibutuhkan semakin besar untuk mencapai kontelasi sinyal yang diinginkan agar mengurangi kesalahan *mapping*.
2. Nilai frekuensi Doppler normalisasi memberikan pengaruh pada persentase penggunaan modulasi BPSK, QPSK, dan 16-QAM untuk *threshold* modulasi adaptif. Semakin besar nilai frekuensi Doppler maka probabilitas penggunaan modulasi BPSK semakin besar.
3. Pada Modulasi Adaptif menggunakan *threshold* 3 memiliki probabilitas BPSK terbesar yaitu 49.5% saat nilai Doppler normalisasi sebesar 0.001.
4. Dari ketiga *threshold* modulasi Adaptif yang telah disimulasikan, Modulasi Adaptif dengan *threshold* 1 (0.25 dan 0.5) memiliki performansi yang lebih baik pada saat Doppler 0.01, yaitu membutuhkan 27 dB untuk mencapai nilai BER 10^{-3} .
5. Performansi modulasi adaptif jika dibandingkan dengan modulasi non-adaptif (BPSK), dari segi kebutuhan SNR untuk mencapai nilai BER 10^{-3} , modulasi adaptif *threshold* 1 memiliki 4 hingga 5 dB lebih rendah dari modulasi BPSK. Sedangkan dari segi kapasitas kanal, *threshold* 1 pada kondisi Doppler 0.001 memiliki kenaikan kapasitas hingga 190% dari kapasitas BPSK.
6. Semakin kecil nilai Doppler, maka penggunaan modulasi 16-QAM memiliki peluang semakin besar, sehingga dapat meningkatkan kapasitas kanal karena pada modulasi 16-QAM membawa 4 bit dalam satu simbol.
7. Penentuan modulasi adaptif berdasarkan CSI (gain kanal) yang dipengaruhi oleh Doppler, memberikan efisiensi data simbol. Karena ketika pada kondisi

gain kanal rendah, dapat dialokasikan pada modulasi BPSK sehingga akan mengurangi kesalahan bit dalam 1 simbol OFDM.

5.2 Saran

1. Melihat hasil simulasi dengan nilai Doppler 0.01 masih bisa diatas dengan modulasi adaptif, maka penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan nilai Doppler yang lebih tinggi serta adanya kombinasi kanal yang berbeda, seperti halnya pada kanal *Rician fading (line of sight dan non-line of sight)* agar dapat melihat kinerja modulasi adaptif yang telah diteliti
2. Penambahan *error correction* atau channel coding juga perlu ditambahkan agar performansi modulasi adaptif pada pada Doppler yang tinggi masi bisa dipertahankan
3. Optimasi penentuan nilai *threshold* perlu dipertimbangkan lagi agar mendapatkan nilai *threshold* yang tepat untuk modulasi adaptif, sehingga dapat memaksimalkan kinerja sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I Campolo C, Molinaro A, Scopigno R. "Vehicular ad hoc Network: Standarts, Solutions, research". New York. Springer. 2015
- [2] U.S. Department of transportation. *Vehicle Safety Communications ProjectV*Final Report. U.S.: Rep. DOT HS 810, 2006
- [3] Feukeu EA, Djouani K, Kurien A ." Compensating the effect of Doppler shift in a vehicular network", AFRICON,9-12 Sept 2013
- [4] Feukeu EA, Djouani K, Kurien A ." Doppler Shift Mitigation in a VANET using an IDDM Aproach", Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016
- [5] Fuqin. X and Monty. A, "The Effect of Doppler Frequency Shift, Frequency Offset of the Local Oscillators, and Phase Noise on the Performance of Coherent OFDM Receivers," National Aeronautics and Space Administration Washington, DC 20546-0001
- [6] Feukeu EA, Djouani K, Kurien A. "Doppler Effect Analysis and Modulation Code Derivation". 7th IST-AWSN. *Procedia Computer Science* 10 (2012) 1032-1038
- [7] F. Nyongesa, K. Djouani, T. Olwal, and Y. Hamam."Doppler Shift Compensation Schemes in VANETs" -Article Review.Tshwane University of Technology, Private Bag X680, Pretoria 0001, South Africa .2015
- [8] K. Albarazi, U. Mohammad, and N. Al-holou, PhD. " Doppler Shift Impact On Vehicular Ad-hoc Networks" . *Canadian Journal on Multimedia and Wireless Networks*, Vol.2, No.3, August. 2011.
- [9] K. Muthusamy Palaniswamy. V. Gounder Palaniswamy. " The Optimistic Adaptive Modulation Technique for Future Wireless Communication." *Journal of Computer Science*. 9(4):500-513.2013.
- [10] Scott Carr Ken Lye. Shee Eng Tan. Yit Kwong Chin. Bih Lii Chua. Kenneth Tze Kin Teo. " performance Analysis of intelegent transport system (ITS) with Adaptive Transmition shceme". *2012 4th International conference on*

Computational Intelligence. Communication system and network.

- [11] S. Sadr. A. Anpalagan. and K. Raahemifar. “ Radio Resource Allocation Algorithms for the Downlink of Multiuse OFDM Communication System.” *IEEE Communication Survey & Tutorials*. vol. 11. No 3. 3rd Quarter 2009.
- [12] C. Hussmann. Y. Chen. and A. Czylik.” Modulation clasification for Adaptive Mobile OFDM system.” 18th *International OFDM Workshop* .2014. Essen. Germany.
- [13] Feukeu EA, Djouani K, Kurien A .Doppler Shift Signature for a MCSs Selection in a VANET. *Smart Computing Review*, vol. 4, no. 6, December 2014
- [14] J. B. Kenney, “Dedicated Short-Range Communications (DSRC) Standards in the United States,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no. 7, pp. 1162-1182, July 2011
- [15] Jha S. U. Prasad R, "OFDM Toward Fixed and Mobile Broadband Wireless Access', Artech House, LONDON. 2007.
- [16] Y. Lin, H. Hegt, et all, “Power-Efficient High-Speed Parallel-Sampling ADCs for Broadband Multi-carrier Systems”, Springer, 2015.
- [17] Endah Wulansari, " Analisis Kinerja Teknik *Linear Precoding Block Diagonalization* Pada Sistem *Multi User MIMO GFDM* Menggunakan Detektor MMSE ",Tesis, Intitut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017
- [18] Wang Fei, "PILOT-based Channel Estimation in OFDM System", Thesis University of London, 2011.
- [19] Y.S. Cho, J. Kim, and W.Y. Yang, *MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB*, John Wiley and Sons, Inc., Singapore, 2010.
- [20] Alenka Zajic. “Mobile-to-Mobile Wireless Channels.” 2013. Artech House. Boston. London.
- [21] Chirag S. Patel. Gordon L.Stuber. and Thomas G.Pratt. “Simulation of Rayleigh-Faded Mobile-to-Mobile Communication Channels.” *IEEE Transactions on communications*. vol. 55. no. 11. November 2005.

- [22] S. Haykin, *Communication System*, 4th Edition, John Wiley and Sons Inc., New York, 2001
- [23] Siva Kumar Reddy, Dr.B.Lakshmi, "Adaptive Modulation and Coding with Channel State Information in OFDM for WiMAX", *I. J. Image, Graphic, and Signal Processing*, 2015
- [24] Iulia Ivan. Philippe Besnier. Matthieu Crussiere. and Mohamed Drissi. "Physical Layer Performance Analysis of V2V Communications in High Velocity Context." *IEEE*. 2009.
- [25] Xiaoyi Tang, Mohamed Slim Alouni, "Effect of Channel Estimation Error on M-QAM BER Performance in Rayleigh Fading," *IEEE Transaction On Communication* Vol. 47 No. 12, December 1999. pp. 1856-1864.
- [26] M. N. J. Borkar, "BER Performance of OFDM System with Adaptive Modulation," 2012
- [27] Proakis, John. G, Salehi Masoud, *Digital Communication Fifth Edition*, McGraw-Hill Higher Education. 2008.
- [28] Titiek Suryani, Gamantyo Hendranto, "ICI Mitigation with CFO compensation for OFDM in Mobile-to-Mobile Channel," *ICTC 2011*, Seoul, South Korea.
- [29] Suwadi, G. Hendranto, Wirawan, "Performance of Various Combining Techniques and Adaptive Coded Modulation in Millimeter-Wave Fixed Cellular Systems under the Impact of Rain Attenuation in Indonesia," 2009 *Asia Pacific Microwave Conference*, Singapore.

Halanan ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN LISTING PROGRAM

A. CDF GAIN KANAL V2V

```
clear all; clf; clc;

jofdm=10000;
Nsc=64;
Nifft=Nsc;
iter=10;
% Parameter Kanal M2M Rayleigh_
%N=M=jumlah scatter
N=8;
M=8;
for k=1:iter;
rand('seed',1+k);
tetan= -pi + 2*pi.*rand(1,N); %random uniform
rand('seed',2+k);
phim= -pi + 2*pi.*rand(1,M);
rand('seed',3+k);
phinm = -pi + 2*pi.*rand(N,M);
nn=1:N;
mm=1:M;
% angle of arrival
an=(2*nn*pi-pi+tetan)/4*N;
bm=(2*(2*mm*pi-pi+phim))/(4*M);
phinm = -pi + 2*pi.*rand(N,M);
T=1; %durasi 1 detik per simbol
t=0:1/Nifft:jofdm*T-(1/Nifft); %durasi antar simbol

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% FD 1 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for f1=0.001;
f2=f1;
%_persamaan M2M double ring Rayleigh_
for m=1:M
for n=1:N

x(n,:)=exp(j*(2*pi*f1.*t.*cos(an(n))+2*pi*f2.*t.*cos(bm(m))+phinm(
n,m)));
end
x(m,:)=ones(1,N)*x;
end
yh=(ones(1,M)*x)*(sqrt(2/(N*M)));
end
yh=yh/max(abs(yh));
yyy=abs(yh);
yym=reshape(yyy,Nifft,[]);
```

```

yy1=yym(Nifft/2,:); %ambil titik tengah dari gain kanal

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% FD 2 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for f3=0.005;
f4=f3;
% persamaan M2M double ring Rayleigh_
for m=1:M
for n=1:N
x2(n,:)=exp(j*(2*pi*f3.*t.*cos(an(n))+2*pi*f4.*t.*cos(bm(m))+phinm
(n,m)));
end
x2(m,:)=ones(1,N)*x2;
end
yh2=(ones(1,M)*x2)*(sqrt(2/(N*M)));
end
yh2=yh2/max(abs(yh2));
yyy2=abs(yh2);
yym2=reshape(yyy2,Nifft,[]);
yy2=yym2(Nifft/2,:); %ambil titik tengah dari gain kanal

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% FD 3 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for f5=0.01;
f6=f5;
% persamaan M2M double ring Rayleigh_
for m=1:M
for n=1:N
x3(n,:)=exp(j*(2*pi*f5.*t.*cos(an(n))+2*pi*f6.*t.*cos(bm(m))+phinm
(n,m)));
end
x3(m,:)=ones(1,N)*x3;
end
yh3=(ones(1,M)*x3)*(sqrt(2/(N*M)));
end
yh3=yh3/max(abs(yh3));
yyy3=abs(yh3);
yym3=reshape(yyy3,Nifft,[]);
yy3=yym3(Nifft/2,:);

% plot CCDF
figure(1)
[a,b]=hist(yy1,10000);
v=a/sum(a);
z=cumsum(v);
plot(b,z,'b','linewidth',2);
hold on
legend('fd=0.001')
grid on

figure(2)
[c,d]=hist(yy2,1000);
v2=c/sum(c);

```

```

z2=cumsum(v2);
plot(d,z2,'r','linewidth',2);
hold on
grid on
legend('fd=0.005')

figure (3)
[e,f]=hist(yy3,1000);
v3=e/sum(e);
z3=cumsum(v3);
plot(f,z3,'g','linewidth',2);
hold on
grid on
legend('fd=0.01')
xlabel('Channel Gain')
ylabel('Probability ')
legend('fd=0.001','fd=0.005','fd=0.01')

```

B. IMPLEMENTASI MODULASI ADAPTIF PADA KANAL V2V

```

clear all; clf; clc; close all;
iter=10;

% _____ PARAMETER OFDM
jofdm=10000; % simbol OFDM
Nsc=64; % jumlah subcarrier
Nifft=64; % jumlah Niift
CP = 0.25;
guard= CP*Nifft;
f1=0.001; % normalisasi
f2=f1; % normalisasi
T=1; % periode 1 simbol
state=2;
% _____ MOBILE TO MOBILE RAYLEIGH FADING CHANNEL

N=8; %jumlah scatterer transmitter
M=8; %jumlah scatterer receiver
for r=1:iter;
rand('seed',1+r);
tetan= -pi + 2*pi.*rand(1,N); %random uniform
rand('seed',2+r);
phim= -pi + 2*pi.*rand(1,M);
rand('seed',3+r);
phimn = -pi + 2*pi.*rand(N,M);

nn=1:N;
mm=1:M;
an=(2*nn*pi-pi+tetan)/4*N; % transmitter
bm=(2*(2*mm*pi-pi+phim))/(4*M); % receiver

```

```

t = 0:((Nifft+guard)*jofdm)-1;
t= t/((Nifft));

for m=1:M
for n=1:N
x(n,:) = exp(j*(2*pi*f1.*t.*cos(an(n))+2*pi*f2.*t.*cos(bm(m))+phinm(
n,m)));
end
x(m,:) = ones(1,N)*x;
end
y = (ones(1,M)*x)*(sqrt(2/(N*M)));
end
y = y/max(abs(y));
yyy = abs(y);
yym = reshape(yyy,Nifft+guard);
yy = yym((Nifft+guard)/2,:);

ayym = reshape(y,Nifft+guard,[]);
aay = aaym((Nifft+guard)/2,:);
aayy = angle(aay);
angyy = ones(Nsc,1)*exp(-j*aayy);

% energi simbol untuk Rayleigh fading
Ey = mean(yyy.^2);
EydB = 10*log10(Ey);

% =====
% ===== BPSK =====
% _____ TRESHOLD ADAPTIVE MODULATION
for k=1:length(yy)
if yy(k) <= 0.3
yy_b(k) = 1;
elseif yy(k) <= 1
yy_b(k) = 1;
else
yy_b(k) = 1;
end
end

% _____ bangkitkan bit info
sumi = (yy_b*Nsc);
aku1 = conv(ones(1,length(sumi)),sumi);
aku2 = aku1(1,1:length(sumi));
ba = [1 aku2(1,1:length(sumi)-1)+1];
bb = aku2;
babb = [ba;bb];
jbit = sum(sumi);
bit = randint(1,jbit,[0 1]);

```

```

% _____ MODULASI BPSK , QPSK , 16 QAM
for ii=1:length(yy);
    if yy_b(ii)==1
        modbpsk=2*bit(ba(ii):bb(ii))-1;
        sps=modbpsk;
    elseif yy_b(ii)==2;
        modqpsk=reshape(2*bit(ba(ii):bb(ii))-1,2,[]);
        qpsk=(1/sqrt(2))*(modqpsk(1,:)+i*modqpsk(2,:));
        sps=qpsk;
    else
        modqam=reshape(bit(ba(ii):bb(ii)),4,[]);
        xI1=2*modqam(1,:)-1;
        xI2=2-(2*modqam(2,:)-1);
        xQ1=2*modqam(3,:)-1;
        xQ2=2-(2*modqam(4,:)-1);
        xI=xI1.*xI2;xQ=xQ1.*xQ2;
        qam=(1/sqrt(10))*(xI+j*xQ);
        sps=qam;
    end
    sp(:,ii)=sps.';
end
% _____ MODULASI OFDM
% IFFT
ofdm=ifft(sp,Nifft); % sebanyak Nifft baris
% add CP
ofdm_cp=[ofdm((Nifft-guard)+1:Nifft,:);ofdm];
%paralel to serial
ofdmTx=reshape(ofdm_cp,1,[]); % paralel to serial

% _____ wireless channel
ofdmRx=ofdmTx.*y;
snr=EydB:5:55;

for mm=1:length(snr)
ofdmRxn=awgn(ofdmRx,snr(mm),-EydB-10*log10(Nifft+guard),state);
%% EKUALISASI EFEK KANAL
ofdmRxn=ofdmRxn./yyy;

%% _____ DEMODULASI OFDM
spp=reshape(ofdmRxn,Nifft+guard,[]);
% remove CP
spp_no_cp=spp(guard+1:Nifft+guard,:);
% FFT
ofdm_rx=fft(spp_no_cp,Nifft);
ofdm_r=ofdm_rx(1:Nsc,:); % baris sebanyak subcarrier
ofdm_r=ofdm_r.*angyy; % perkalian fasa

```

```

% _____ DEMODULASI
dataE=[];
for ii=1:length(yy)
    if yy_b(ii)==1
        demod=sign(real(ofdm_r(:,ii)));
    else if yy_b(ii)==2
        dR=sign(real(ofdm_r(:,ii)));
        dI=sign(imag(ofdm_r(:,ii)));
        modqpsk=[dR';dI'];
        demod=reshape(modqpsk,1,[]);
    else
        b1=(1+sign(real(ofdm_r(:,ii))))/2;
        b2=-sign(sqrt(10)*abs(real(ofdm_r(:,ii)))-2);
        b3=(1+sign(imag(ofdm_r(:,ii))))/2;
        b4=-sign(sqrt(10)*abs(imag(ofdm_r(:,ii)))-2);
        modqam=[b1';b2';b3';b4'];
        demod=reshape(modqam,1,[]);
    end
end
    dataE(1,ba(ii):bb(ii))=demod;
end
for ki=1:length(dataE)
    if dataE(1,ki)<=0
        bitE(1,ki)=0;
    else
        bitE(1,ki)=1;
    end
end

[num,ber]=biterr(bit,bitE);
BER_BPSK(1,mm)=ber;
end

```

```

% =====
% _____ QPSK
% _____ TRESHOLD ADAPTIVE MODULATION
for k=1:length(yy)
    if yy(k)<=0.4
        yy_q(k)=2;
    elseif yy(k)<=1
        yy_q(k)=2;
    else
        yy_q(k)=2;
    end
end
% _____ bangkitkan bit info

```



```

sumi_q=(yy_q*Nsc);
aku_q=conv(ones(1,length(sumi_q)),sumi_q);
aku_q2=aku_q(1,1:length(sumi_q));
ba=[1 aku_q2(1,1:length(sumi_q)-1)+1];
bb=aku_q2;
babb=[ba;bb];
jbit_q=sum(sumi_q);
bit_q=randint(1,jbit_q,[0 1]);

% _____ MODULASI BPSK , QPSK , 16 QAM
for ii=1:length(yy);
    if yy_q(ii)==1
        modbpsk_q=2*bit_q(ba(ii):bb(ii))-1;
        sps_q=modbpsk_q;
    elseif yy_q(ii)==2;
        modqpsk_q=reshape(2*bit_q(ba(ii):bb(ii))-1,2,[]);
        qpsk_q=(1/sqrt(2))*(modqpsk_q(1,:)+i*modqpsk_q(2,:));
        sps_q=qpsk_q;
    else
        modqam_q=reshape(bit_q(ba(ii):bb(ii)),4,[]);
        xI1=2*modqam_q(1,:)-1;
        xI2=2-(2*modqam_q(2,:)-1);
        xQ1=2*modqam_q(3,:)-1;
        xQ2=2-(2*modqam_q(4,:)-1);
        xI=xI1.*xI2;xQ=xQ1.*xQ2;
        qam_q=(1/sqrt(10))*(xI+j*xQ);
        sps_q=qam_q;
    end
    sp_q(:,ii)=sps_q.';
end

% _____ OFDM Tx
ofdm_q=ifft(sp_q,Nifft); % sebanyak Nifft baris
%add cp
ofdm_cpq=[ofdm_q((Nifft-guard)+1:Nifft,:);ofdm_q];
ofdmTx_q=reshape(ofdm_cpq,1,[]); % paralel to serial

% _____ wireless channel
ofdmRx_q=ofdmTx_q.*y;

%EydB=0; %on kalau kanal ideal awgn

for mm=1:length(snr)
ofdmRxn_q=awgn(ofdmRx_q,snr(mm),-EydB-
10*log10(Nifft+guard),state);
%% EKUALISASI EFEK KANAL
ofdmRxn_q1=ofdmRxn_q./yyy;
% _____ OFDM Rx
spp_q=reshape(ofdmRxn_q1,Nifft+guard,[]); % serial to paralel
(Nifft baris)

```

```

%remove cp
spp_qcp=spp_q(guard+1:Nifft+guard,:);
ofdm_rx_q=fft(spp_qcp,Nifft);
ofdm_r_q=ofdm_rx_q(1:Nsc,:); % baris sebnayak
subcarrier
ofdm_r_q=ofdm_r_q.*angyy; % perkalian fasa

% DEMODULASI
dataE_q=[];
for ii=1:length(yy)
    if yy_q(ii)==1
        demod_q=sign(real(ofdm_r_q(:,ii)));
    else if yy_q(ii)==2
        dR=sign(real(ofdm_r_q(:,ii)));
        dI=sign(imag(ofdm_r_q(:,ii)));
        modqpsk_q=[dR';dI'];
        demod_q=reshape(modqpsk_q,1,[]);
    else
        b1=(1+sign(real(ofdm_r_q(:,ii))))/2;
        b2=-sign(sqrt(10)*abs(real(ofdm_r_q(:,ii)))-2);
        b3=(1+sign(imag(ofdm_r_q(:,ii))))/2;
        b4=-sign(sqrt(10)*abs(imag(ofdm_r_q(:,ii)))-2);
        modqam_q=[b1';b2';b3';b4'];
        demod_q=reshape(modqam_q,1,[]);
    end
end
dataE_q(1,ba(ii):bb(ii))=demod_q;
end
for ki=1:length(dataE_q)
    if dataE_q(1,ki)<=0
        bitE_q(1,ki)=0;
    else
        bitE_q(1,ki)=1;
    end
end
[numq,ber_q]=biterr(bit_q,bitE_q);
BER_QPSK(1,mm)=ber_q;
end

% =====
% ===== 16-QAM =====
% TRESHOLD ADAPTIVE MODULATION
for k=1:length(yy)
    if yy(k)<=0.5
        yy_16(k)=4;
    elseif yy(k)<=1
        yy_16(k)=4;
    end
end

```

```

else
    yy_16(k)=4;
end
end

% _____ bangkitkan bit info
sumi_16=(yy_16*Nsc);
aku_16=conv(ones(1,length(sumi_16)),sumi_16);
aku_162=aku_16(1,1:length(sumi_16));
ba=[1 aku_162(1,1:length(sumi_16)-1)+1];
bb=aku_162;
babb=[ba;bb];
jbit_16=sum(sumi_16);
bit_16=randint(1,jbit_16,[0 1]);

% _____ MODULASI BPSK , QPSK , 16 QAM
for ii=1:length(yy);
    if yy_16(ii)==1
        modbpsk_16=2*bit_16(ba(ii):bb(ii))-1;
        sps_16=modbpsk_16;
    elseif yy_16(ii)==2;
        modqpsk_16=reshape(2*bit_16(ba(ii):bb(ii))-1,2,[]);
        qpsk_16=(1/sqrt(2))*(modqpsk_16(1,:)+i*modqpsk_16(2,:));
        sps_16=qpsk_16;
    else
        modqam_16=reshape(bit_16(ba(ii):bb(ii)),4,[]);
        xI1=2*modqam_16(1,:)-1;
        xI2=2-(2*modqam_16(2,:)-1);
        xQ1=2*modqam_16(3,:)-1;
        xQ2=2-(2*modqam_16(4,:)-1);
        xI=xI1.*xI2;xQ=xQ1.*xQ2;
        qam_16=(1/sqrt(10))*(xI+j*xQ);
        sps_16=qam_16;
    end
    sp_16(:,ii)=sps_16.';
end

% _____ OFDM Tx
ofdm_16=ifft(sp_16,Nifft); % sebanyak Nifft baris
% add CP
ofdm_cp16=[ofdm_16((Nifft-guard)+1:Nifft,:);ofdm_16];

ofdmTx_16=reshape(ofdm_cp16,1,[]); % paralel to serial

% _____ wireless channel
ofdmRx_16=ofdmTx_16.*y;

% EydB=0; %on kalau kanal ideal awgn
for mm=1:length(snr)

```

```

ofdmRxn_16=awgn(ofdmRx_16,snr(mm),-EydB-
10*log10(Nifft+guard),state);
%% EKUALISASI EFEK KANAL
ofdmRxn_16=ofdmRxn_16./yyy;
% _____ OFDM Rx
spp_16=reshape(ofdmRxn_16,Nifft+guard,[]);
%remove CP
spp_no_cp16=spp_16(guard+1:Nifft+guard,:);
ofdm_rx_16=fft(spp_no_cp16,Nifft);
ofdm_r_16=ofdm_rx_16(1:Nsc,:); % baris sebnayak
subcarrier
ofdm_r_16=ofdm_r_16.*angyy; % perkalian fasa
% _____ DEMODULASI
dataE_16=[];
for ii=1:length(yy)
    if yy_16(ii)==1
        demod_16=sign(real(ofdm_r_16(:,ii)));
    else if yy_16(ii)==2
        dR=sign(real(ofdm_r_16(:,ii)));
        dI=sign(imag(ofdm_r_16(:,ii)));
        modqpsk_16=[dR';dI'];
        demod_16=reshape(modqpsk_16,1,[]);
    else
        b1=(1+sign(real(ofdm_r_16(:,ii))))/2;
        b2=-sign(sqrt(10)*abs(real(ofdm_r_16(:,ii))-2));
        b3=(1+sign(imag(ofdm_r_16(:,ii))))/2;
        b4=-sign(sqrt(10)*abs(imag(ofdm_r_16(:,ii))-2));
        modqam_16=[b1';b2';b3';b4'];
        demod_16=reshape(modqam_16,1,[]);
    end
end
dataE_16(1,ba(ii):bb(ii))=demod_16;
end
for ki=1:length(dataE_16)
    if dataE_16(1,ki)<=0
        bitE_16(1,ki)=0;
    else
        bitE_16(1,ki)=1;
    end
end
[num16,ber_16]=biterr(bit_16,bitE_16);
BER_QAM(1,mm)=ber_16;
end

```

```

% =====
% ===== ADAPTIVE 1 =====

```

```

%% _____ TRESHOLD ADAPTIVE MODULATION
for k=1:length(yy)
    if yy(k)<=0.25
        yy_av(k)=1;
    elseif yy(k)<=0.5
        yy_av(k)=2;
    else
        yy_av(k)=4;
    end
end

%% _____ bangkitkan bit info
sumi_av=(yy_av*Nsc);
aku_av=conv(ones(1,length(sumi_av)),sumi_av);
aku_av2=aku_av(1,1:length(sumi_av));
ba=[1 aku_av2(1,1:length(sumi_av)-1)+1];
bb=aku_av2;
babb=[ba;bb];
jbit_av=sum(sumi_av);
bit_av=randint(1,jbit_av,[0 1]);

% _____ MODULASI BPSK , QPSK , 16 QAM
for ii=1:length(yy);
    if yy_av(ii)==1
        modbpsk_av=2*bit_av(ba(ii):bb(ii))-1;
        sps_av=modbpsk_av;
    elseif yy_av(ii)==2;
        modqpsk_av=reshape(2*bit_av(ba(ii):bb(ii))-1,2,[]);
        qpsk_av=(1/sqrt(2))*(modqpsk_av(1,:)+i*modqpsk_av(2,:));
        sps_av=qpsk_av;
    else
        modqam_av=reshape(bit_av(ba(ii):bb(ii)),4,[]);
        xI1=2*modqam_av(1,:)-1;
        xI2=2-(2*modqam_av(2,:)-1);
        xQ1=2*modqam_av(3,:)-1;
        xQ2=2-(2*modqam_av(4,:)-1);
        xI=xI1.*xI2;xQ=xQ1.*xQ2;
        qam_av=(1/sqrt(10))*(xI+j*xQ);
        sps_av=qam_av;
    end
    sp_av(:,ii)=sps_av.';
end

% _____ OFDM Tx
ofdm_av=ifft(sp_av,Nifft); % sebanyak Nifft baris
% add cp
ofdm_cpav=[ofdm_av((Nifft-guard)+1:Nifft,:);ofdm_av];
ofdmTx_av=reshape(ofdm_cpav,1,[]); % paralel to serial

% _____ wireless channel

```

```

ofdmRx_av=ofdmTx_av.*y;
% EydB=0; %on kalau kanal ideal awgn

for mm=1:length(snr)
ofdmRxn_av=awgn(ofdmRx_av,snr(mm),-EydB-
10*log10(Niffst+guard),state);
%% EKUALISASI EFEK KANAL
ofdmRxn_av1=ofdmRxn_av./yyy;
% _____ OFDM Rx
spp_av=reshape(ofdmRxn_av1,Niffst+guard,[]); % serial to
paralel ( Niffst baris)
% remove CP
spp_no_cpav=spp_av(guard+1:Niffst+guard,:);
ofdm_rx_av=fft(spp_no_cpav,Niffst);
ofdm_r_av=ofdm_rx_av(1:Nsc,:); % baris sebnayak
subcarrier
ofdm_r_av=ofdm_r_av.*angyy; % perkalian fasa

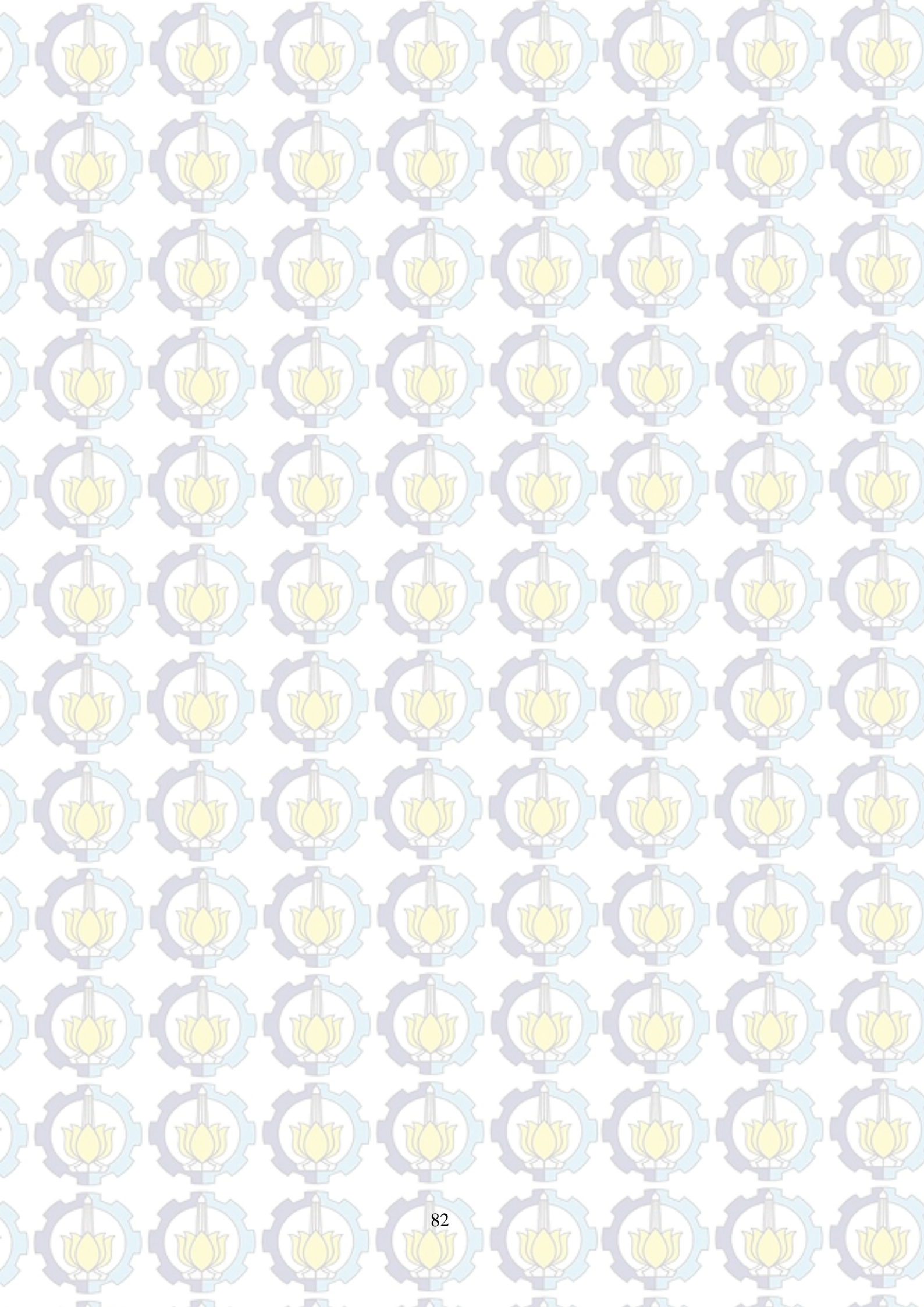
% _____ DEMODULASI
dataE_av=[];
for ii=1:length(yy)
if yy_av(ii)==1
demod_av=sign(real(ofdm_r_av(:,ii)));
else if yy_av(ii)==2
dR=sign(real(ofdm_r_av(:,ii)));
dI=sign(imag(ofdm_r_av(:,ii)));
modqpsk_av=[dR';dI'];
demod_av=reshape(modqpsk_av,1,[]);
else
b1=(1+sign(real(ofdm_r_av(:,ii))))/2;
b2=-sign(sqrt(10)*abs(real(ofdm_r_av(:,ii)))-2);
b3=(1+sign(imag(ofdm_r_av(:,ii))))/2;
b4=-sign(sqrt(10)*abs(imag(ofdm_r_av(:,ii)))-2);
modqam_av=[b1';b2';b3';b4'];
demod_av=reshape(modqam_av,1,[]);
end
end
dataE_av(1,ba(ii):bb(ii))=demod_av;
end

for ki=1:length(dataE_av)
if dataE_av(1,ki)<=0
bitE_av(1,ki)=0;
else
bitE_av(1,ki)=1;
end
end
[numav,ber_av]=biterr(bit_av,bitE_av);

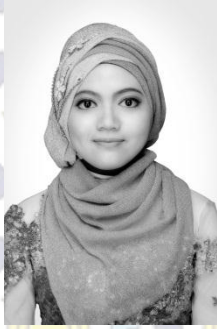
```

```
BER_ADAPTIVE(1,mm)=ber_av;  
End
```

```
%% PLOT BER  
figure(1)  
semilogy(snr+EydB,BER_BPSK,'o-m','linewidth',1.5,'MarkerSize',5)  
grid on  
hold on  
semilogy(snr+EydB,BER_QPSK,'>-m','linewidth',1.5,'MarkerSize',5)  
hold on  
semilogy(snr+EydB,BER_QAM,'*-m','linewidth',1.5,'MarkerSize',5)  
hold on  
semilogy(snr+EydB,BER_ADAPTIVE,'s:r','linewidth',2,'MarkerSize',5)  
hold on;
```



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis telah menyelesaikan pendidikan jenjang S1 Di Universitas Brawijaya Malang dengan jurusan Teknik Elektro, Lulus pada Agustus 2015 dan terdaftar sebagai mahasiswa Program Pasca Sarjana Program Strata Dua (S2) Tahun 2016 pada Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Penulis telah mengikuti Ujian Tesis pada 6 Juli 2018 sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T).

Nama : Aisyah Novfitri
Alamat : Perumahan Landungsari Permai C-15 Malang
Tempat, tgl lahir : Medan, 7 November 1993
Agama : Islam
Email : aisyah.novfitri@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

1. SD Dharmawanita Brawijaya (1999-2005)
2. SMP Negeri 13 Kota Malang (2005-2008)
3. SMA Negeri 4 Kota Malang (2008-2011)
4. Universitas Brawijaya (2011-2015)
5. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya (ITS) (2016-2017)