



TESIS - TE185401

ANALISIS IMPLEMENTASI TEKNIK DDM UNTUK MENGURANGI PENGARUH EFEK DOPPLER PADA KOMUNIKASI VANET

MUHAMMAD ARDI RAHMADIANSYAH
07111650030012

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

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEKOMUNIKASI MULTIMEDIA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TESIS - TE185401

**ANALISIS KINERJA TEKNIK DDM UNTUK
MENGURANGI PENGARUH EFEK DOPPLER PADA
KOMUNIKASI VANET**

MUHAMMAD ARDI RAHMADIANSYAH
07111650030012

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

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEKOMUNIKASI MULTIMEDIA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD ARDI RAHMADIANSYAH

NRP: 07111650030012

Tanggal Ujian: 7 Juli 2020

Periode Wisuda: September 2020

Disetujui oleh:

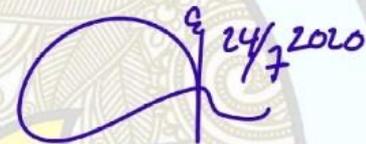
Pembimbing:



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

Penguji:

1. Eko Setijadi, ST.,MT.,Ph.D
NIP: 197210012003121002



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



3. Dr. Ir. Puji Handayani, MT
NIP: 196605101992032002



4. Dr. Ir. Wirawan, DEA
NIP: 196311091989031011

Kepala Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas



Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng.,Ph.D.

NIP: 197311192000031001

alaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul “**ANALISIS KINERJA TEKNIK DDM UNTUK MENGURANGI PENGARUH EFEK DOPPLER PADA 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, 26 Juli 2020



Muhammad Ardi Rahmadiansyah
NRP. 07111650030012

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISIS KINERJA TEKNIK DDM UNTUK MENGURANGI PENGARUH EFEK DOPPLER PADA KOMUNIKASI VANET

Nama mahasiswa : Muhammad Ardi Rahmadiansyah
NRP : 07111650030012
Pembimbing : Dr. Ir. Titiek Suryani, M.T.

ABSTRAK

VANET merupakan teknologi yang mendukung komunikasi *vehicle to vehicle* dan *vehicle to infrastructure*. Penerapan utama teknologi VANET adalah untuk mewujudkan pengelolaan lalu lintas yang lebih baik dan aman. Namun dikarenakan mobilitas kendaraan yang cukup tinggi hal ini menyebabkan terjadinya pelebaran *spectral* sinyal yang terjadi pada sistem OFDM yang disebut dengan efek Doppler. Efek Doppler terjadi karena pengaruh dari penggunaan kanal *vehicle-to-vehicle rayleigh fading* pada lingkungan VANET dan pengaruh kondisi pergerakan kanal yang berubah – ubah menyebabkan *time-varying channel*. Sehingga *Doppler spread* menjadi lebih besar daripada periode symbol. Hal tersebut tentu dapat mengganggu orthogonalitas dari sistem OFDM yang merupakan dasar dari komunikasi VANET. Efek yang ditimbulkan yaitu terjadinya ICI (*inter-carrier-interference*) menyebabkan kinerja dari OFDM menurun. Pada penelitian ini mengusulkan skema *Direct Development Method* (DDM). Sebuah teknik untuk mengkompensasi efek Doppler yang berbeda dari dengan skema pada umumnya, pada penelitian ini skema yang digunakan yaitu memfokuskan korektor pada data frame sebelum dikirimkan. Simulasi yang dilakukan yaitu dengan menguji modulasi yang mengacu pada standart IEEE 802.11p dengan 4 kondisi kecepatan kendaraan yang berbeda yaitu 24, 64,144 dan 294 km/h. Analisis kinerja penerapan skema DDM pada modulasi berdasarkan pengaruh kecepatan yang diberikan memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perfromansi modulasi tanpa kompensasi efek Doppler (Non-DDM) atau konvensional pada sisi kebutuhan SNR untuk mencapai target BER 10^{-3}

Kata kunci: *Vanet, OFDM, Frekuensi Doppler, DDM,*

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERFORMANCE ANALYSIS OF DDM METHOD TO REDUCE THE DOPPLER EFFECT ON VEHICULAR COMMUNICATION

By : Muhammad Ardi Rahmadiansyah
Student Identity Number : 07111650030012
Supervisor : Dr. Ir. Titiek Suryani, M.T.

ABSTRACT

VANET is a technology that supports vehicle to vehicle and vehicle to infrastructure communication. The main application of VANET technology is to realize better and safer traffic management. However, due to the high mobility of the vehicle, this causes the spectral signal widening to occur in the OFDM sistem, called the Doppler effect. The effect of the Doppler effect can lead to time and vehicle-to-vehicle Rayleigh fading in the VANET environment. This happens because the influence of changing channel movement conditions causes time-varying channels. So that the Doppler spread becomes larger than the symbol period. This certainly can disrupt the orthogonality of the OFDM sistem which is the basic of VANET communication.

The resulting effect is the occurrence of ICI (inter-carrier-interference) causing the performance of OFDM to decrease. This research proposes the Direct Development Method (DDM) scheme. A technique to compensate for the effects of Doppler which is different from the scheme in general, in this study the scheme used is to focus the corrector on the data frame before sending it. The simulation is carried out by testing the modulation which refers to the IEEE 802.11p standard with 4 different vehicle speed conditions namely 24, 64,144, and 294 km/h. Analysis of the performance of the application of the DDM scheme on modulation based on the effect of the speed provided gives better results compared to the performance of conventional or constant frame length, without compensation or correction (Non-DDM) modulation on the SNR requirement side to achieve the target BER 10⁻³

Key words : *Vanet, OFDM, frequency Doppler , DDM,*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan atas seizin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku tesis yang berjudul :

“ANALISIS KINERJA TEKNIK DDM UNTUK MENGURANGI PENGARUH EFEK DOPPLER PADA KOMUNIKASI VANET”

Tesis ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan studi Program Magister Jurusan Teknik 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,
2. Istriku Sovia Rizki dan Anakku tersayang Keanu Rasyid Abyansyah yang selalu mendukung dan memotivasi dikala semangat menurun.
3. Ibu Dr. Ir. Titiek Suryani, MT. selaku dosen pembimbing, yang selalu sabar dan ikhlas membimbing dan memotivasi penulis.
4. Ibu Ir. Puji Handayani, M.T. selaku dosen wali dan dosen-dosen pengajar di Program studi telekomunikasi Multimedia
5. Tim VANET, Bapak Wahyu Pamungkas, Rizkha Ajeng dan Ibu Aisyah Novitri yang selalu bekerjasama dalam tim.
6. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan buku ini

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan. Dalam penyusunan buku tesis ini, Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun bagi pembacanya.

Surabaya, Juli 2020

Muhammad Ardi Rahmadiansyah
NRP. 07111650030012

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	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Kontribusi	4
1.6 Metodologi Penelitian	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Kajian Penelitian Terkait	7
2.2 VANET	9
2.3 OFDM	11
2.4 Kanal Nirkabel	14
2.4.1 Kanal AWGN	15
2.4.2 Kanal Rayleigh Fading	15
2.4.3 Vehicle to Vehicle Rayleigh Fading Channel	16
2.5 Pergeseran Frekuensi Doppler	18
2.6 Modulasi	20
2.6.1 BPSK	21
2.6.2 QPSK	22
2.6.3 16 – QAM	22

2.7	Direct Development Method (DDM)	23
2.8	Bit Error Probability (P_b).....	25
2.8.1	Kanal AWGN	26
2.8.2	Kanal Rayleigh Fading	26
BAB 3 METODE PENELITIAN		29
3.1	Pendahuluan	29
3.2	Diagram fishbone penelitian	29
3.3	Diagram blok penelitian	31
3.4	Model Sistem.....	33
3.5	Pembangkitan Sistem	34
3.5.1	Membangkitkan Bit Informasi.....	34
3.5.2	Direct Development Method (DDM)	35
3.5.3	Modulasi <i>Bandpass</i>	36
3.5.4	Serial to Parallel.....	37
3.5.5	Proses IFFT.....	37
3.5.6	Penambahan <i>Cyclic Prefix</i> (CP)	38
3.5.7	Parallel to Serial (P/S)	38
3.5.8	Pemodelan Kanal <i>Wireless</i>	39
3.5.9	Perkalian Sinyal pada Kanal <i>Wireless</i>	42
3.5.10	Proses Pelepasan CP	43
3.5.11	Proses FFT	43
3.5.12	Demodulasi <i>Bandpass</i>	43
3.6	Pergeseran Frekuensi Doppler.....	44
3.7	Power Spectral Density	45
3.8	Verifikasi Simulasi Sistem	45
3.8.1	Kanal AWGN	46
3.8.2	Kanal <i>Rayleigh Fading</i>	49
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		53
4.1	Pengaruh Frekuensi Doppler pada Kanal Terhadap Sistem.....	53
4.1.1	Spektrum Power Spektral Density (PSD).....	53
4.1.2	Pengaruh Frekuensi Doppler Terhadap Sistem pada Kanal AWGN 55	
4.1.3	Hasil Konstelasi Simbol pada kanal Rayleigh.....	56

4.2	Hasil dan Analisis kinerja Skema DDM pada kanal V2V Rayleigh Fading	58
4.3	Perbandingan Hasil Kinerja Skema DDM dengan Skema Non-DDM pada kanal V2V Rayleigh Fading	62
BAB 5 KESIMPULAN.....		67
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN.....		71
BIODATA PENULIS		85

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Kerangka Kerja WAVE	9
Gambar 2.2 Alokasi Kanal DSRC	10
Gambar 2.3 Spektrum frekuensi pada OFDM	11
Gambar 2.4 Lingkungan Scatterer pada Kanal V2V NLOS	16
Gambar 2.5 Konstelasi Modulasi BPSK	21
Gambar 2.6 Konstelasi modulasi QPSK	22
Gambar 2.7 Konstelasi modulasi 16-QAM	23
Gambar 2.8 Sistem Model Skema DDM	24
Gambar 2.9 Ilustrasi Korektor DS setelah Panjang Data Frame Telah Dibagi	25
Gambar 2.10 Ilustrasi Data Frame Saat di Kanal Wireless dan Data Setelah Diterima	25
Gambar 3.1 Diagram Fishbone Penelitian	30
Gambar 3.2 Blok diagram Transceiver OFDM	32
Gambar 3.3 Model Kanal V2V dengan NLOS	33
Gambar 3.4 Sinyal Keluaran IFFT	37
Gambar 3.5 Model Kanal Simulation Vehicle-to-Vehicle Scatterering Environment	39
Gambar 3.6 Respon Gain Kanal pada Domain Waktu	41
Gambar 3.7 Sampel Gain Kanal terhadap 100 Simbol OFDM	42
Gambar 3.8 Grafik hubungan antara kecepatan dengan pergeseran doppler pada lingkungan Vanet dengan frekuensi 5.885 GHz	44
Gambar 3.9 Multipath delay dengan efek pergeseran doppler	44
Gambar 3.10 Verifikasi BER BPSK pada Kanal AWGN	46
Gambar 3.11 Konstelasi Sinyal Modulasi BPSK	46
Gambar 3.12 Verifikasi BER QPSK pada Kanal AWGN	47
Gambar 3.13 Konstelasi Sinyal Modulasi QPSK	47
Gambar 3.14 Verifikasi BER 16-QAM pada Kanal AWGN	48
Gambar 3.15 Konstelasi Sinyal Modulasi 16-QAM	48
Gambar 3.16 Simulasi BER BPSK pada Kanal Rayleigh	50
Gambar 3.17 Simulasi BER QPSK pada Kanal Rayleigh	50

Gambar 3.18 Simulasi BER 16-QAM pada Kanal Rayleigh	51
Gambar 4.1 Gambar PSD dari 802.11p dengan Bandwith 10 MHz.....	54
Gambar 4.2 Pebandingan hasil PSD dengan dan tanpa efek doppler.....	54
Gambar 4.3 a. Konstelasi Sinyal BPSK	56
Gambar 4.3 b. Konstelasi Sinyal QPSK.....	56
Gambar 4.3 c. Konstelasi Sinyal 16-QAM dengan doppler 0.0008 & SNR15dB	56
Gambar 4.4 a. Konstelasi Sinyal BPSK	57
Gambar 4.4 b. Konstelasi Sinyal QPSK.....	57
Gambar 4.4 c. Konstelasi Sinyal 16-QAM dengan doppler 0.005 & SNR 30dB .	57
Gambar 4.5 a. Konstelasi Sinyal BPSK	58
Gambar 4.5 b. Konstelasi Sinyal QPSK.....	58
Gambar 4.5 c. Konstelasi Sinyal 16-QAM dengan doppler 0.01 & SNR 30dB ...	58
Gambar 4.6 Performansi Skema DDM dengan $f_d = 0.0008$	59
Gambar 4.7 Performansi Skema DDM dengan $f_d = 0.0022$	60
Gambar 4.8 Performansi Skema DDM dengan $f_d = 0.0005$	61
Gambar 4.9 Performansi Skema DDM dengan $f_d = 0.01$	62
Gambar 4.10 a. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi BPSK $f_d = 0.0008$	63
Gambar 4.10 b. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi BPSK $f_d = 0.0022$	63
Gambar 4.10 c. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi BPSK $f_d = 0.005$	63
Gambar 4.10 d. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi BPSK $f_d = 0.01$	63
Gambar 4.11 a. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi QPSK $f_d = 0.0008$	64
Gambar 4.11 b. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi QPSK $f_d = 0.0022$	64
Gambar 4.11 c. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi QPSK $f_d = 0.005$	64
Gambar 4.11 d. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi QPSK $f_d = 0.01$	64

Gambar 4.12 a. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi 16-QAM $f_d = 0.0008$	65
Gambar 4.12 b. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi 16-QAM $f_d = 0.0022$	65
Gambar 4.12 c. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi 16-QAM $f_d = 0.005$	65
Gambar 4.12 d. Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi 16-QAM $f_d = 0.01$	65

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Simulasi Sistem.....	34
Tabel 3.2 Parameter Simulasi Sistem dengan kecepatan dan f_d normalisasi	40
Tabel 4.1 Kinerja Modulasi skema DDM untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V dengan $f_d = 0.0008$	60
Tabel 4.2 Kinerja Modulasi skema DDM untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V dengan $f_d = 0.0022$	60
Tabel 4.3 Kinerja Modulasi skema DDM untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V dengan $f_d = 0.005$	61
Tabel 4.4 Kinerja Modulasi skema DDM untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V dengan $f_d = 0.01$	61
Tabel 4.5 Perbandingan Kinerja Modulasi BPSK untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V dengan skema DDM dan Non-DDM	63
Tabel 4.6 Perbandingan Kinerja Modulasi QPSK untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V dengan skema DDM dan Non-DDM.....	64
Tabel 4.7 Perbandingan Kinerja Modulasi 16-QAM untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V dengan skema DDM dan Non-DDM.....	65

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Vehicular ad-hoc Network (VANET) merupakan bagian dari pengembangan teknologi ITS (*Intelligent Transport Sistem*) yang dihadirkan untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara, 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 *Intelligent Transport System* (ITS) [1]-[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 *physical* (PHY), dimana teknologi yang digunakan pada layer dasar untuk komunikasi VANET adalah teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) [3].

Hingga saat ini, VANET memiliki kendala pada sisi performansi yaitu ketika dua kendaraan atau lebih saling berkomunikasi dengan mobilitas yang tinggi, dengan kondisi kendaraan saling bergerak menjauhi atau mendekati mengakibatkan terjadinya pergeseran frekuensi Doppler atau *Doppler Shift* (DS) dan memberikan dampak terhadap sinyal yang ditransmisikan di sisi penerima akan bergeser atau menyebabkan orthogonalitas dari sistem OFDM menurun hal inilah yang menyebabkan banyak terjadi error sehingga kinerja sistem menjadi menurun [4].

Pergeseran frekuensi Doppler dapat mempengaruhi frekuensi *carrier*, frekuensi *subcarrier* dan durasi simbol pada sistem OFDM sehingga mengakibatkan performansi data yang diterima menurun [5].

Dari beberapa penelitian 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. dan dengan melakukan pengalokasian daya dan pemilihan modulasi yang tepat yang bertujuan untuk mengatasi fading terhadap sinyal yang mengalami penurunan kualitas ketika sampai disisi penerima. Sehingga jika suatu sistem menginginkan BER tertentu maka daya yang dikirimkan harus dietimasi berdasarkan kondisi kanal atau dialokasikan di tiap subcarrier sesuai dengan kondisi kanal. Misalnya modulasi orde rendah seperti BPSK, QPSK lebih tahan terhadap noise namun jumlah data yang dikirimkan sedikit. Sebaliknya dengan modulasi orde tinggi 16-QAM tingkat pengiriman data yang besar namun rentan terhadap noise [8].

Selain itu penelitian terkait karakteristik dari kanal *Vehicular to Vehicular* (V2V) berbeda dengan model komunikasi *Fix to Mobile* (F2M) dan *Mobile to Mobile* (M2M). Dalam komunikasi radio yang telah dikembangkan dalam lingkungan komunikasi F2M, pengguna atau *mobile station* dianggap bergerak, namun, pengguna di *base station* dianggap statis. Sementara itu, dalam sistem komunikasi V2V, pengguna pada pemancar dan penerima dianggap bergerak secara acak, [9].

Pada penelitian ini akan menganalisis implementasi *Direct Development Method* (DDM) dengan sistem OFDM pada lingkungan VANET dengan kondisi kanal *vehicular to vehicular rayleigh fading*. Metode ini digunakan sebagai kompensasi terhadap kondisi Doppler shift sebelum data ditransmisikan *Direct Development Method* (DDM) merupakan teknik kompensasi pergeseran doppler dengan nilai *SymMax* yang diatur sesuai dengan jumlah *coherence time* yang dihasilkan pada setiap saluran diberikan variable korektor untuk menghindari efek Doppler data ditransmisikan, sehingga nilai dari pergeseran Doppler dapat

diperbaiki, pengujian dari penggunaan metode ini dilakukan dengan penerapan modulasi sesuai dengan aturan dari IEEE 802.11p dilihat dari BER terhadap SNR beberapa kondisi yang mengindikasikan kinerja dari sistem yang diusulkan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan mengenai simulasi kinerja dengan penerapan skema yang digunakan, permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh efek Doppler terhadap sistem Komunikasi V2V
2. Bagaimana perbandingan kinerja dengan penerapan skema *Direct Development Method* (DDM) dengan pengaruh kondisi kanal AWGN dan V2V *Rayleigh*
3. Diperlukan evaluasi kinerja dari skema *Direct Development Method* (DDM) yang diimplementasikan pada lingkungan VANET

1.3 Tujuan

Tujuan yang diharapkan tercapai setelah selesainya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh dalam mengimplementasikan skema *Direct Development Method* (DDM) sebagai kompensasi efek Doppler terhadap performansi komunikasi di lingkungan VANET
2. Untuk mendapatkan nilai performansi kinerja dari skema DDM dan skema tanpa diterapkannya metode DDM terhadap nilai BER
3. Untuk meningkatkan kinerja sistem OFDM karena adanya pengaruh *mobilitas* yang menimbulkan efek Doppler pada teknologi VANET

1.4 Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, maka hal – hal yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisa pengaruh penerapan skema DDM untuk sistem OFDM pada lingkungan VANET

2. Membandingkan kinerja BER dengan modulasi yang ditentukan dengan penerapan skema DDM dan bandingkan dengan penerapan modulasi Non-DDM, yaitu kondisi tanpa diterapkannya kompensasi korektor seperti dalam skema DDM
3. OFDM yang di bangkitkan dengan 6000 simbol OFDM dengan 64 *subcarrier* dan Nfft sebesar 64 untuk kedua skema yang dite.
4. Kondisi kanal yang digunakan adalah V2V yang mengacu pada *mobile-to-mobile Rayleigh fading*
5. Jumlah scatterer kanal pada pengirim dan penerima adalah 8
6. Frekuensi *doppler* ternormalisasi yang digunakan adalah 0.0008, 0.005, 0.0022 dan 0.01
7. Modulasi *bandpass* yang digunakan adalah BPSK, QPSK dan 16-QAM
8. Performansi simulasi berdasarkan perbandingan BER fungsi SNR.
9. Simulasi sistem menggunakan MATLAB R2016a

1.5 Kontribusi

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi yang berupa implementasi skema *Direct Development Method* (DDM) pada sistem OFDM yang dapat meningkatkan kinerja BER dengan kondisi kanal *vehicular to vehicular rayleigh fading* dan terdapat pengaruh dari efek Doppler sehingga menyebabkan *time selective* pada sistem OFDM untuk lingkungan VANET

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian Tesis yang dilakukan dijabarkan secara detail sebagai berikut:

1. Pendahuluan

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, kontribusi penelitian dan sistematika penulisan

2. Kajian Pustaka

Pada bab ini menjelaskan terkait 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 Doppler dan efeknya, mengenai modulasi *baseband* seperti BPSK, QPSK, dan 16-QAM. Konsep dan Simulasi Sistem

Tahap ketiga 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, kemudian mendesain dan mensimulasikan modulasi dengan skema yang dipilih untuk menganalisis bagaimana kinerja modulasi tersebut terhadap sistem komunikasi V2V dengan frekuensi Doppler yang berbeda. Sistem yang dibangun disimulasikan pada *software* Matlab R2016a.

3. Analisis Perbandingan Hasil

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), dan pengaruh frekuensi Doppler yang diberikan pada sistem.

4. Penutup

Di bab ini beberapa analisis perbandingan yang dilakukan, akan didapatkan kesimpulan dan masukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

Pada bab 2 ini berisi tentang tinjauan Pustaka dari penelitian yang dilakukan yaitu mengenai teknologi *Vehicular ad Hoc Network* (VANET), sistem komunikasi OFDM, pengaruh efek Doppler, model kanal *multicarrier*, Skema *Direct Development Method* (DDM), BER pada kanal *AWGN* dan *V2V Rayleigh*, selain itu terdapat pembahasan mengenai literatur dari penelitian terkait yang pernah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya yang dilakukan oleh orang lain dan penulis sendiri, sehingga peneliti dapat melihat sejauh mana penelitian terkait judul tesis sudah pernah dilakukan atau dipublikasikan serta melihat urgensi dari penelitian tesis berikut. Bab – bab berikutnya membahas mengenai tinjauan Pustaka dan penelitian terkait.

2.1 Kajian Penelitian Terkait

Penelitian yang dilakukan ini terkait dengan bagian dari teknologi ITS (*Intelligent Transport Sistem*) yang diimplementasikan pada kendaraan yang disebut VANET (*Vehicular Ad-Hoc Network*). Penelitian ini mengacu pada standart dari IEEE 802.11p yang menggunakan frekuensi *carrier* sebesar 5.850 – 5.925 GHz. Modulasi yang digunakan pada komunikasi VANET adalah skema modulasi sesuai dengan acuan dari IEEE 802.11p yang menggunakan sistem komunikasi OFDM. Pemilihan skema modulasi dan implementasi dari metode *Direct Development Method* (DDM) dipilih karena melihat kondisi lingkungan yang berubah dipengaruhi oleh kanal yang berubah secara dinamis, berdasarkan perubahan dari kecepatan antar kendaraan. Adapun beberapa penelitian terkait sebelumnya menjadi dasar dan acuan dalam melakukan penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut.

Penelitian pertama terkait tentang VANET dengan pemilihan modulasi yang dilakukan oleh E.A Feukeu, K. Djouani, dan A. Kurien. Pada penelitian tersebut menggunakan metode *Direct Development Method* (DDM) untuk mitigasi efek Doppler menggunakan penentuan dan pemilihan modulasi. Penelitian sebelumnya

dari beberapa publikasi menyebutkan bahwa penggunaan BPSK dengan code rate 1/2 dapat mengatasi tingkat efek Doppler dengan baik terbatas pada lingkungan WLAN [3].

Penelitian mengenai efek pergeseran frekuensi Doppler pada kanal bergerak dengan dasar IEEE 802.11p mengevaluasi, bahwa performansi jaringan komunikasi antar kendaraan dapat bekerja dengan rentang nilai pergeseran frekuensi Doppler adalah dalam rentan 0-1400Hz [4]. Selanjutnya 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 doamain ruang. Kompensasi pergeseran frekuensi Doppler pada domain frekuensi salah satunya adalah dengan skema modulasi *bandpass* dan pengkodean pada *baseband* yang digunakan. [7]

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. dan dengan melakukan pengalokasian daya dan pemilihan modulasi yang tepat yang bertujuan untuk mengatasi fading terhadap sinyal yang mengalami penurunan kualitas ketika sampai disisi penerima. Sehingga jika suatu sistem menginginkan BER tertentu maka daya yang dikirimkan harus diestimasi berdasarkan kondisi kanal atau dialokasikan di tiap *subcarrier* sesuai dengan kondisi kanal. Misalnya modulasi orde rendah seperti BPSK, QPSK lebih tahan terhadap noise namun jumlah data yang dikirimkan sedikit. Sebaliknya dengan modulasi orde tinggi 16-QAM tingkat pengiriman data yang besar namun rentan terhadap noise [8].

Penelitian mengenai karakteristik dari *Vehicular to Vehicular* (V2V) berbeda dengan model komunikasi *Fix to Mobile* (F2M) dan *Mobile to Mobile* (M2M). Dalam komunikasi radio yang telah dikembangkan dalam lingkungan komunikasi F2M, pengguna atau *mobile station* dianggap bergerak, namun, pengguna di *base station* dianggap statis. Sementara itu, dalam sistem komunikasi V2V, pengguna pada pemancar dan penerima dianggap bergerak secara acak, [9].

Penelitian terkait lain yaitu mengenai model kanal bergerak karena efek Doppler pada lingkungan vanet dengan frekuensi 5 Ghz oleh Sunk-Kuk Noh, Phil-

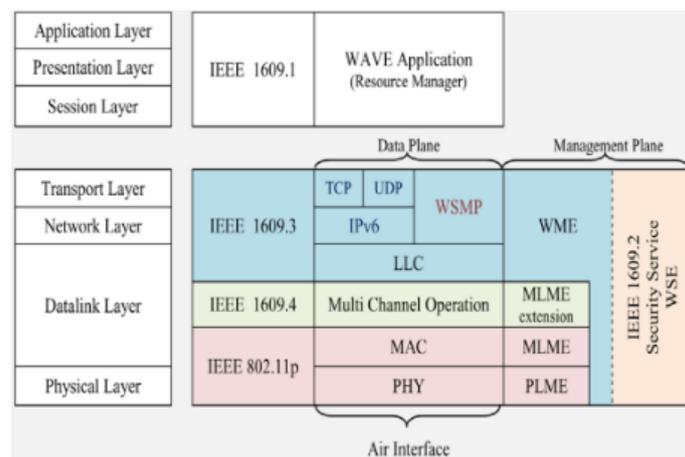
jung Kim, jung-Hyun Yoon. Model kanal sistem untuk komunikasi bergerak direpresentasikan dengan *tapped delay lines* karena bersifat *time-varying*. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pergerakan salah satu terminal (untuk *base station* atau *mobile station*) menyebabkan efek Doppler dan terjadi *time selective* karena *multipath* [10].

Dari beberapa acuan yang sudah pernah diteliti sebelumnya, maka pada penelitian ini akan diterapkan skema *Direct Development Method* (DDM) pada beberapa modulasi sesuai dengan ketentuan dari IEEE 802.11p pada lingkungan VANET dengan memperhitungkan beberapa parameter seperti nilai SNR, pengaruh frekuensi Doppler Sehingga fokus penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai BER yang diinginkan kemudian dibandingkan dengan modulasi konvensional tanpa menerapkan skema DDM pada kondisi kanal *vehicular to vehicular rayleigh fading*.

2.2 VANET

Munculnya Vehicular Ad-hoc Networks (VANETs) merupakan bagian dari pengembangan teknologi *Intelligent Transport System* (ITS) yang diharapkan menjadi metode lanjutan dalam memecahkan masalah pada sistem transportasi. VANET diharapkan mampu menjadi solusi baru untuk strategi manajemen dan rekayasa lalu lintas. Tujuan utamanya yaitu untuk memprioritaskan keselamatan dan mengurangi prosentase kecelakaan lalu lintas yang sering terjadi. Selain itu, teknologi ITS juga dapat dijadikan sebagai metode lanjutan dari sistem informasi yang dibangun dengan mengintegrasikan manusia, kendaraan dan lingkungan dalam suatu sistem informasi dan komunikasi yang terpadu. Dalam rangka penerapan teknologi VANETs, proses pengembangan tidak hanya berfokus pada pemodelan kinerja jaringan saja. Namun, perhatian lainnya agar penerapan teknologi ini dapat diimplementasikan pada dunia nyata adalah masalah pemodelan mobilitas lalu lintas dan kendaraan yang realistis. VANET ini merupakan jenis teknologi nirkabel yang dikhususkan untuk kendaraan dengan perangkat infrastruktur jaringan. Untuk pengembangan teknologi VANETs, IEEE sebagai induk organisasi profesional yang salah satu tugasnya yaitu mengatur regulasi dan standar internasional penggunaan sistem komunikasi sejumlah protokol untuk

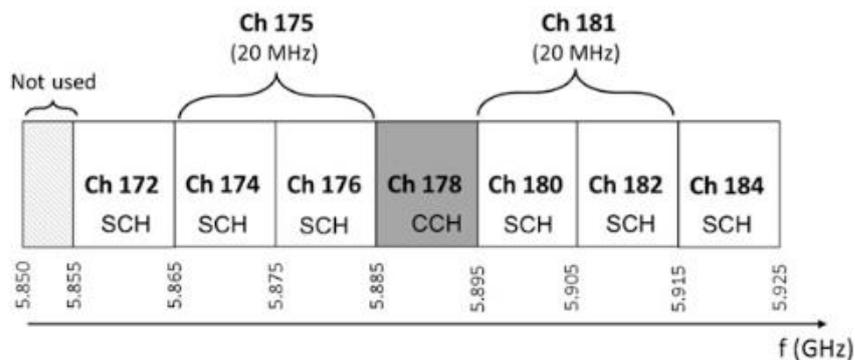
pengoperasian teknologi tersebut yang dinamakan Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE) standard. Standar WAVE ditetapkan sebagai dasar untuk pengembangan dan penerapan teknologi VANETs yang digunakan pada masa kini maupun masa yang akan datang. Melalui standar ini, pembangunan sistem transportasi berbasis informasi dan komunikasi secara terpadu dapat terwujud. WAVE merupakan standar yang difokuskan pada komunikasi pertukaran pesan pada kendaraan.



Gambar 2.1 Arsitektur dan Kerangka Kerja WAVE [11]

Pada Gambar 2.1 [11] ditunjukkan sebuah arsitektur dan kerangka kerja WAVE yang didukung oleh beberapa jenis protokol yang saling terkait yaitu meliputi : IEEE 802.11p, IEEE 1609.1, IEEE 1609.2, IEEE 1609.3, dan IEEE 1609.4. Protokol IEEE 802.11p merupakan standar untuk pengoperasian lapisan fisik (PHY) dan sebagian lapisan datalink (MAC). Sedangkan untuk protokol IEEE 1609.1 merupakan standar yang dirancang untuk pengoperasian berbagai jenis aplikasi di lokasi remote sehingga dapat memungkinkan terjadinya komunikasi antar perangkat OBU (*Onboard Unit*) yang diinstall pada kendaraan melalui perangkat RSU (*Road Side Unit*) yang terinstal pada infrastruktur sepanjang jalan. Protokol IEEE 1609.2 merupakan standar untuk layanan keamanan, protokol IEEE 1609.3 merupakan standar yang mengatur penggunaan kanal. Sedangkan protokol IEEE 1609.4 merupakan standar yang mengatur pengoperasian jenis pertukaran paket data [12].

Transmitter dan *receiver* yang bergerak pada VN (*Vehicular Network*) telah distandarkan sebagai solusi dalam pembagian kanal dalam komunikasi VN. Dimana pada standart ini, menggunakan konsep *Control Channel* (CCH) dan *Time Divison* (TD). Seluruh perangkat yang melakukan komunikasi diletakkan pada kanal (Ch 178). Katika 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 5.855-5.925 GHz dengan *bandwidth* 10 MB. Pada kanal CCH dan SCH pembagian waktu pada interval CCH dan SCH dibagi berdasarkan *Guard Interval* (GI) sebesar 4ms [1].



Gambar 2.2 Alokasi Kanal DSRC [1]

Lingkup dalam penelitian ini hanya berdasarkan pada salah satu standar yaitu IEEE 802.11.p yang didalamnya terdapat sistem OFDM dan beroperasi pada frekuensi kerja 5.9 Ghz.

2.3 OFDM

OFDM adalah teknik modulasi multicarrier di mana antar subcarrier satu dengan yang lainnya saling tegak lurus (orthogonal). Konsep teknik OFDM pada prinsipnya membagi laju transmisi berkecepatan tinggi menjadi beberapa laju

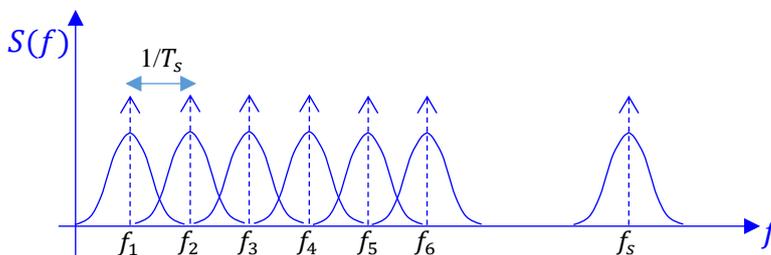
berkecepatan rendah yang ditransmisikan secara simultan dengan menggunakan subchannel atau subcarrier yang saling orthogonal untuk mengoptimalkan efisiensi transmisi data. Jadi setiap subcarrier memiliki frekuensi yang saling orthogonal sehingga membuat setiap subcarrier overlap namun tidak saling menimbulkan interferensi karena penambahan guard interval pada setiap frekuensi subcarrier. Sehingga hal itu dapat meningkatkan efisiensi bandwidth seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa teknik OFDM memberikan keuntungan dalam hal penghematan bandwidth karena di antara subcarrier satu dengan yang lainnya tidak ada jarak bandwidth yang memisahkan. Untuk jarak setiap frekuensi subcarrier agar orthogonal minimal harus dipisahkan sejauh $1/T_s$ dan dapat dinyatakan pada persamaan 2.1 [13].

$$\Delta f = \frac{1}{T_s} \quad (2.1)$$

Di mana Δf menunjukkan frequency carrier spacing dan T_s menunjukkan interval simbol OFDM. Secara pendekatan matematis, untuk keorthogonalan OFDM dapat dijelaskan melalui persamaan 2.2, misalkan fungsi dari $X_m(t)$ adalah subcarrier ke- m dan $X_n(t)$ adalah subcarrier ke- n . Kedua subcarrier ini dikatakan orthogonal satu sama lain pada interval $a < t < b$ jika memenuhi kondisi sebagai berikut [13]:

$$\int_a^b X_m(t) * X_n(t) dt = 0 \quad (2.2)$$



Gambar 2.3 Spektrum frekuensi pada OFDM [13]

Sinyal carrier pada sistem OFDM tersebut merupakan hasil dari penjumlahan dari subcarrier yang orthogonal dengan sinyal *baseband* pada masing-masing subcarrier yang dimodulasikan secara independen dengan menggunakan teknik modulasi. Proses pengiriman sinyal dari sisi pengirim, awalnya dimulai dari bit-bit dibangkitkan kemudian dimodulasi dengan modulasi yang sudah ditentukan

misalnya BPSK/QPSK/16-QAM, selanjutnya data dikonversi dari serial ke paralel setelah itu masuk proses IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*), dan sebelum sinyal dikirim maka dilakukan penambahan *cyclic prefix* (CP). Selanjutnya sinyal dikirim melalui kanal dan ada penambahan blok sistem tepat setelah melewati kanal dan sebelum masuk ke penerima, yaitu terdapat *noise* yang masuk dan ikut ditransmisikan. Penambahan *noise* dilakukan pada bagian tersebut karena kondisi sinyal yang paling lemah setelah melewati kanal sehingga mudah terkena *noise* dan menyebabkan distorsi.

Pada sisi penerima, proses yang terjadi adalah kebalikan dari sisi pengirim yaitu dimulai dari konversi serial ke paralel dan menghilangkan *cyclic prefix*, selanjutnya masuk proses FFT (*Fast Fourier Transform*), dan kemudian demodulasi serta data dikonversi menjadi serial. Terakhir output data kembali berbentuk seperti bit-bit data semula.

Selanjutnya, keuntungan dari penggunaan sistem OFDM adalah mampu menghadapi *frequency selective fading*. Dengan menggunakan teknologi OFDM, meskipun jalur komunikasi yang digunakan memiliki karakteristik *frequency selective fading*, di mana bandwidth dari kanal lebih sempit daripada bandwidth dari transmisi sehingga menyebabkan pelemahan daya terima secara seragam pada beberapa frekuensi tertentu. Namun pelemahan daya yang disebabkan oleh *flat fading* ini lebih mudah dikendalikan, sehingga kinerja dari sistem mudah ditingkatkan. Sistem OFDM ini bisa mengubah *frequency selective fading* menjadi *flat fading*, karena meskipun sistem secara keseluruhan memiliki kecepatan transmisi yang sangat tinggi sehingga mempunyai bandwidth yang lebar, namun karena transmisi menggunakan subcarrier (frekuensi pembawa) dengan jumlah yang sangat banyak, maka kecepatan transmisi di tiap subcarrier sangat rendah dan bandwidth dari setiap subcarrier sangat sempit, lebih sempit daripada *coherence bandwidth*. Sehingga distorsi sinyal akibat kanal *multipath fading* dapat berkurang.

Oleh karena itu, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa sistem OFDM ini akan diimplementasikan pada teknologi VANET. Sedangkan pada lapisan fisik dari teknologi VANET menggunakan protokol IEEE 802.11p, maka parameter sistem komunikasi OFDM yang digunakan untuk implementasi VANET juga mengacu pada protokol IEEE 802.11p, bukan lagi IEEE 802.11a.

Standar IEEE 802.11a merupakan sebuah standar dari komunikasi sistem OFDM yang digunakan oleh komunikasi wireless (WLAN). Perbedaan antara kedua protokol tersebut dapat dijelaskan seperti pada Tabel 2.1. Pada lingkungan VANET, perubahan kondisi kanal mudah berubah akibat pergerakan salah satu terminal (bisa mobile station atau base station) yang menyebabkan efek Doppler dan terjadi *time-selective* karena *multipath*.

Namun, akibat dari kanal yang mudah berubah atau biasa disebut dengan kanal mobile pada VANET maka hal itu dapat menyebabkan sistem OFDM rentan terkena ICI (*Inter-Carrier-Interference*). ICI pada OFDM sangat mungkin terjadi bahkan bisa jadi masalah yang serius. ICI terjadi karena subcarrier digunakan kembali oleh subcarrier yang berada pada blok data yang sama dari pengguna yang sama. Bahkan jika hanya ada satu pengguna dalam sistem komunikasi OFDM, maka ICI juga dapat terjadi.

Faktor yang menyebabkan ICI adalah frekuensi offset dan time variant. Jenis time variant pada kanal dapat dimodelkan dengan noise AWGN (Additive White Gaussian Noise) sedangkan time variant lainnya dapat dimodelkan sebagai frekuensi offset seperti pergeseran Doppler [15].

Tabel 2.1 Perbandingan 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

2.4 Kanal Nirkabel

Probabilitas kesalahan bit merupakan nilai ukur kualitas sinyal yang diterima untuk sistem transmisi data digital atau bisa juga diartikan sebagai perbandingan jumlah bit yang salah terhadap total bit yang dikirimkan.

Bit Error Probability atau yang biasa disebut dengan BER memiliki rumus yang berbeda – beda tergantung dari jenis kanal serta modulasi yang digunakan. Penjelasan mengenai kedua parameter tersebut akan diuraikan pada sub bab selanjutnya.

2.4.1 Kanal 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° K. Pada suhu tidak sama dengan 0° 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 [15]:

$$f_x(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x - \mu_x)^2}{2\sigma_x^2}\right] \quad (2.3)$$

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 Fading

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.

$$P_R = \begin{cases} = \frac{r}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right] \dots, & (0 \leq r \leq \infty) \\ = 0, & (r \leq 0) \end{cases} \quad (2.4)$$

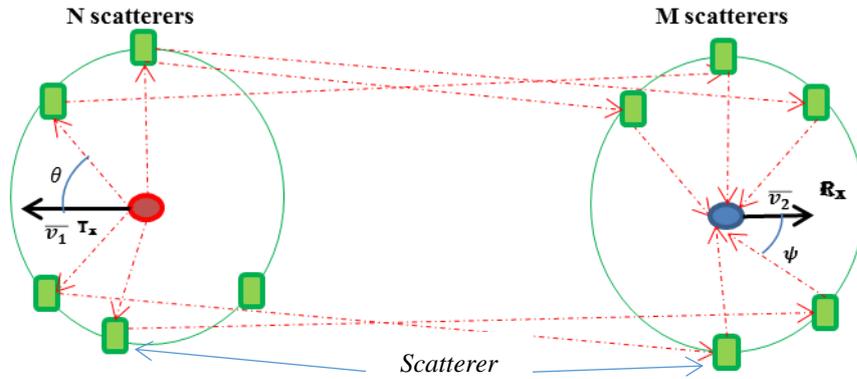
r adalah *envelope* amplitud dari sinyal yang diterima. σ^2 =waktu daya rata-rata sinyal terima dari sinyal yang diterimaa sebelum detector yaitu varian dari sinyal distribusi gaussian yang membentuk distribusi *Rayleigh* dan $2\sigma^2$ adalah *protection* daya rata-rata dari sinyal *multipath*.

2.4.3 Vehicle to Vehicle Rayleigh Fading Channel

Propagasi dan jenis fading pada komunikasi *vehicle to vehicle* (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 *vehicle to vehicle* telah diusulkan oleh Patel et al, dimana mereka menurunkan persamaan berdasarkan mengikuti konsep *sum-of-sinusoida* (SoS). SoS merupakan penjumlah dari nilai lapisan lapisan sinusida dengan nilai yang terbatas dan dipilih, sehingga memberikan hasil kompleksitas yang lebih sederhana. 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 amplitude dan Doppler telah ditentukan. Sehingga pada simulasi V2V ini model kanal dapat mengacu pada persamaan kanal *Mobile to Mobile Rayleigh fading* [16].

Kanal *vehicle to vehicle* 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 [17] diusulkan model lingkungan dengan *scatterer* cincin ganda yang saling bebas, masing-masing terletak di pemancar dan diterima (sebagai pusat cincin) seperti diberikan pada Gambar 2.8, untuk digunakan sebagai model gain kanal fading *Rayleigh* M2M.



Gambar 2.4 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 [16] :

$$h(t) = \sqrt{\frac{2}{MN}} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N e^{[j(2\pi f_1 t \cos \alpha_n + 2\pi f_2 t \cos \beta_m + \phi_{nm})]} \quad (2.5)$$

$$\alpha_n = \frac{2n\pi - \pi + \theta_n}{4N} \quad (2.6)$$

$$\beta_m = \frac{2(2m\pi - \pi + \psi_m)}{4M} \quad (2.7)$$

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 SOS 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

$$f_d = f_c \frac{v}{c} \quad (2.8)$$

f_c merupakan frekuensi carrier 5.9 Ghz, v adalah kecepatan relatif tiap *vehicle*, dan c kecepatan cahaya sebesar 3.10^8 . frekuensi Doppler ternormalisasi didapatkan dengan

$$f_{d \text{ norm}} = \frac{f_d}{\Delta f} \quad (2.9)$$

dimana Δf adalah frekuensi antar *subcarrier* yaitu 156.25 KHz sesuai standart pada [4]. 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.

2.5 Pergeseran Frekuensi Doppler

Ketika gelombang pada sumber dan penerima saling relatif bergerak pada arah yang searah atau berlawanan, maka frekuensi sinyal yang diterima oleh penerima akan berbeda dengan sumber. Ketika keduanya saling menjauhi maka frekuensi pada sinyal yang diterima akan semakin besar daripada frekuensi sumber, dan jika saling mendekati maka akan frekuensi akan semakin menurun.

Perubahan frekuensi yang disebabkan *Doppler Effect* tergantung pada model pergerakan yang terjadi antara sumber dan penerima dengan kecepatan gelombang propagasi. Perubahan frekuensi atau dapat dikatakan pergeseran frekuensi (*Doppler Shift*) dapat ditulis sebagai berikut

$$\Delta f = \pm f_c \frac{V}{C} \cos \beta \quad (2.10)$$

Dimana Δf adalah perubahan frekuensi yang telah didapat di penerima, f_c adalah frekuensi sumber, dalam kasus ini f_c adalah frekuensi carrier. V adalah kecepatan perambatan dari sumber menuju penerima. C adalah kecepatan cahaya dan β adalah kecepatan sudut arah. Jika nilai $\beta=0$ maka perubahan frekuensi sangat maksimal. Pada teknologi OFDM, symbol data OFDM sangat rentan terhadap perubahan frekuensi.

$$V(t) = \sum_{i=1}^{N_s-1} A_i \cos(\omega_i t + \phi_t) \quad (2.11)$$

A_i = amplitude sinyal (V)

$\omega_i t$ = frekuensi sudut

ϕ_t = fasa pada subcarrier ke-i

N_s = jumlah subcarrier

Persamaan (2.11) adalah persamaan untuk sinyal baseband Pada OFDM, tiap-tiap *subcarrier* harus saling orthogonal. Hal ini juga dapat di kaitkan, jika $f_i = \omega_i/2\pi$ merupakan integer perkalian pada $1/2T$, dimana T adalah periode dari data symbol, dan f_i adalah jarak frekuensi ($R_s = 1/T$). Sinyal OFDM umumnya dimodulasikan pada frekuensi carrier yang tinggi sebelum ditransmisikan. Pada sinyal OFDM, komponen dari A_i saat ditransmisikan dipengaruhi vektor kanal sehingga persamaannya menjadi

$$V_i = A_i \cos(\omega_i t + \phi_t) e^{-(j2\pi f_c)\tau_i} \quad (2.12)$$

Jika

$$s_i = A_i \cos(\omega_i t + \phi_t)$$

Maka

$$V_i = s_i e^{-(j2\pi f_c)\tau_i} \quad (2.13)$$

$e^{-(j2\pi f_c)\tau_i}$ adalah frekuensi carrier dan τ_i adalah delay pada komponen ke-I, Jika perpindahan kecepatan Doppler adalah V dengan kecepatan angular $\beta=0$ maka

sinyal yang ditransmisikan akan dipengaruhi oleh $\frac{V}{c} \cos\beta$, maka sinyal yang ditransmisikan berubah menjadi

$$V_i = s_i e^{-(j2\pi f_c)[\tau_i - \frac{V}{c} \cos\beta t]}$$

$$V_i = s_i e^{-(j2\pi f_c)\tau_i} e^{(j2\pi f_c)\frac{V}{c} \cos\beta t} \quad (2.14)$$

Jika persamaan Doppler disubstitusikan maka

$$V_i = s_i e^{-(j2\pi f_c)\tau_i} e^{(j2\pi \Delta f t)} \quad (2.15)$$

$e^{(j2\pi \Delta f t)}$ adalah fasa dalam variasi waktu saat sinyal ditransmisikan. Jika $t = 1/4\Delta f$, maka

$$V_i = s_i e^{-(j2\pi f_c)\tau_i} e^{(j2\pi \Delta f / 4\Delta f)}$$

$$V_i = s_i e^{-(j2\pi f_c)\tau_i} e^{(j\pi/2)} \quad (2.16)$$

Dengan $e^{(j\pi/2)} = j$ (persamaan euler) maka persamaanya menjadi

$$V_i = j s_i e^{-(j2\pi f_c)\tau_i} \quad (2.17)$$

Perlu diingat juga bahwa waktu koheren merupakan nilai yang berbanding terbalik dengan nilai Doppler shift sehingga dapat juga dikatakan

$$T_c = \frac{1}{4\Delta f} \quad (2.18)$$

2.6 Modulasi

Gelombang radio merupakan gelombang elektromagnetik yang bergerak dengan kecepatan cahaya dan dapat membawa data informasi pada jarak yang cukup jauh. Gelombang radio memiliki frekuensi yang berbeda – beda sehingga memiliki sifat yang berbeda pula. Sedangkan pada hakikatnya sinyal informasi itu terletak pada frekuensi rendah (*baseband signal*), namun ketersediaan spektrum dalam kanal komunikasi itu pada frekuensi tinggi. Sehingga pada saat pengiriman data sinyal perlu dimodulasi terlebih dahulu.

Modulasi merupakan proses penumpangan sinyal informasi pada sinyal *carrier* yang berupa gelombang radio dengan frekuensi yang relatif lebih tinggi. Hasil dari sinyal yang dimodulasi tersebut disebut dengan sinyal *bandpass*. Proses modulasi berfungsi untuk pemetaan informasi berdasarkan perubahan fasa gelombang, frekuensi gelombang, amplitudo gelombang atau kombinasi dari ketiga perubahan tersebut.

Terdapat beberapa jenis modulasi yang dapat digunakan dalam sistem transmisi nirkabel. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan skema *Direct Development Method* (DDM) dalam mentransmisikan data sehingga modulasi yang digunakan terdiri dari modulasi BPSK, QPSK dan 16 QAM.

2.6.1 BPSK

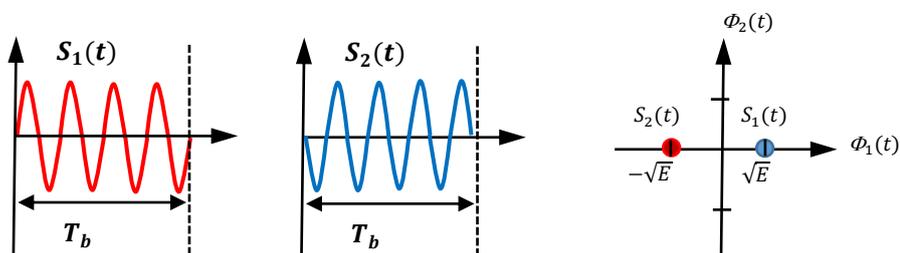
Prinsip dasar dari PSK adalah adanya perubahan fase untuk simbol – simbol yang akan dikirimkan. Data biner 0 dan 1 dapat dinyatakan dengan fase yang berbeda dalam BPSK yaitu 0 dan π , yaitu :

$$s_1(t) = A \cos(2\pi f_c t) \quad 0 \leq t \leq T \quad \text{untuk bit 1} \quad (2.19)$$

$$s_2(t) = -A \cos(2\pi f_c t) \quad 0 \leq t \leq T \quad \text{untuk bit 0} \quad (2.20)$$

Sinyal – sinyal tersebut disebut antipodal. Konstelasi sinyal tersebut dapat dilihat pada gambar. Pada gambar tersebut terdapat parameter E, yaitu $E = \frac{A^2 T}{2}$.

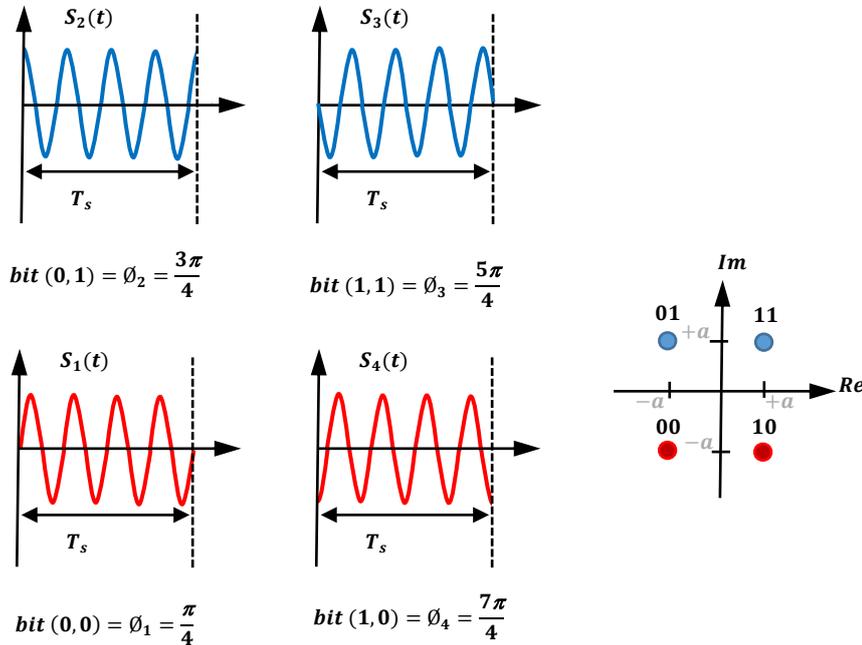
[14]



Gambar 2.5 Konstelasi Modulasi BPSK [19]

2.6.2 QPSK

Jika pada BPSK hanya dikirimkan sinyal pada sumbu real (sumbu I) dan imajiner (sumbu Q). Oleh karena itu konstelasinya adalah Untuk mendiskripsikan $\{a(1 + j), a(1 - j), a(-1 + j), a(-1 - j)\}$. standar yang diberikan maka, kita berikan $a = 1$. Konstelasi QPSK terlihat seperti pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Konstelasi modulasi QPSK [19]

Pada dasarnya QPSK mengirimkan sinyal sesuai dengan persamaan :

$$s_i(t) = A \cos(2\pi f_c t + \theta_i) \quad 0 \leq t \leq T \quad i = 1,2,3,4 \quad (2.21)$$

dengan

$$\theta_i = \frac{(2i-1)\pi}{4}. \quad (2.22)$$

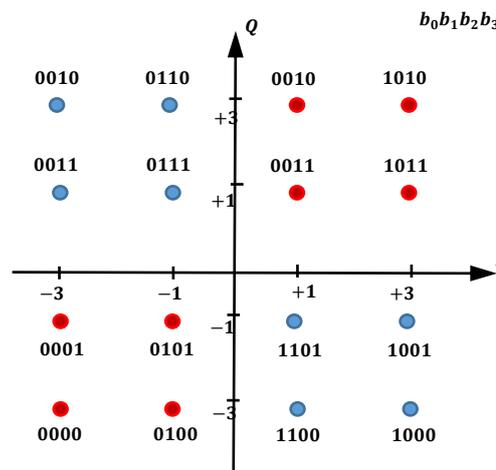
dengan demikian fase – fasenya dapat ditulis $\frac{\pi}{4}$, $\frac{3\pi}{4}$, $\frac{5\pi}{4}$, dan $\frac{7\pi}{4}$. dalam QPSK, bit – bit data dibagi menjadi kelompok yang masing – masing kelompok terdiri dari dua bit sehingga disebut dibit. Ada empat macam dibit yang mungkin dalam QPSK, yaitu 00,01,10 an 11.

2.6.3 16 – QAM

Modulasi M – QAM yang dipilih dan digunakan dalam teknik DDM ini adalah 16 – QAM. Jenis modulasi QAM merupakan kombinasi antara PSK dan

ASK. Pada modulasi 16 – QAM menggunakan akar $M – ary$ dimana satu simbol informasi direpresentasikan dengan 4 bits. Modulasi QAM membagi sinyal yang ditransmisikan menjadi dua komponen yaitu *inphase* dan *quadrature*. Kedua bagian ini berbeda fasa 90 derajat pada masing – masing kanal, karena komponen *inphase* dikalikan dengan sinyal *cosinus* dan komponen *quadrature* dikalikan dengan sinyal *sinus*. Kedua komponen tersebut nantinya akan dikalikan dengan filter low pass yang dapat membentuk konstelasi sinyal seperti yang terlihat pada gambar 2.6 sebagai contoh untuk modulasi 16 – QAM, dalam pentransmisian data dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

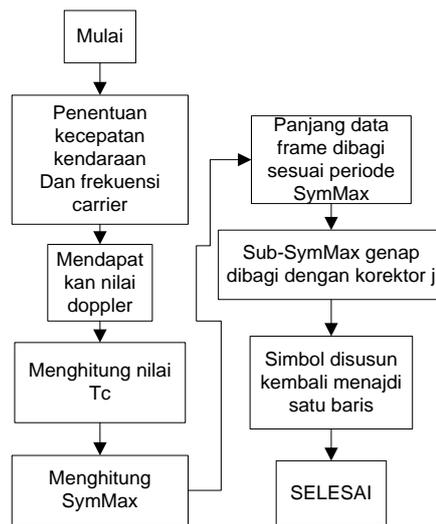
$$s(t) = I(t) \cos(\omega_0 t) + Q(t) \sin(\omega_0 t) \quad (2.23)$$



Gambar 2.7 Konstelasi modulasi 16-QAM [19]

2.7 Direct Development Method (DDM)

Blok sistem implementasi *Direct Development Method* (DDM) untuk mentransmisikan sinyal dari pengirim ke penerima dapat dilihat pada Gambar 2.8 *Direct Development Method* (DDM) digunakan untuk menjaga informasi atau data digital dari error yang mungkin terjadi selama proses pentransmisian data dengan cara menambahkan bit korektor ke dalam bit informasi yang akan dikirimkan melewati kanal



Gambar 2.8 Sistem Model Skema DDM

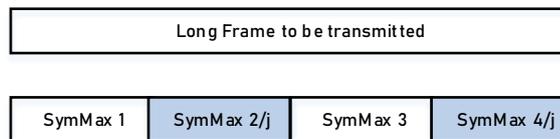
Direct Development Method (DDM) merupakan teknik mengurangi efek doppler yang mengacu pada [3]. DDM menggunakan konsep persamaan (2.10) sampai dengan (2.18). Pada teknik ini menggunakan sistem pengoreksi (korektor sistem) yang nantinya akan mengimbangi data yang terkena oleh pergeseran Doppler pada kanal wireless saat ditransmisikan. Langkah-langkah dalam membangkitkan sistem DDM dapat dilihat sebagai berikut :

1. Hitung Nilai T_c dengan parameter kecepatan kendaraan, frekuensi carrier dan durasi SCH
2. Hitung $SymMax$ dari T_c yang telah didapat
3. Panjang data frame yang ditransmisikan kemudian dibagi menjadi sub bagian sesuai panjang periode $SymMax$
4. Setiap periode $SymMax$ yang genap, dibagi dengan variabel korektor j .
5. Semua $SymMax$ kemudian disusun ulang menjadi satu frame yang panjang dan siap untuk ditransmisikan

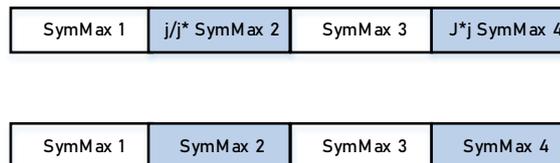
Dari langkah-langkah tersebut, dapat ditentukan berdasarkan frame DSRC, maka frekuensi yang akan digunakan adalah 5.885 GHz dan kecepatan maksimum tiap kendaraan adalah 250 km/jam. Dan nilai $SymMax$ mengacu pada persamaan (2.24)

$$SymMax = \frac{\text{waktu durasi transmisi}-GI}{\text{Interval Simbol}} \quad (2.24)$$

Langkah-langkah diatas dapat diilustrasikan pada Gambar 2.9 hingga Gambar 2.10. Dimana Gambar 2.9 mengilustrasikan pengoreksian DS pada frame yang telah dibagi sesuai Periode Sub $SymMax$ sebelum data ditransmisikan. Pada baris kedua gambar 2.9 adalah hasil $SymMax$ genap ditambahkan variabel j . setelah pemberian korektor j maka data ditransmisikan pada kanal wireless yang dirancang dan kemudian pada media wireless, $SymMax 2$ dan $SymMax 4$ akan bertemu factor j yang berasal dari efek doppler yang dapat dilihat pada Gambar 2.10 baris yang atas. Setelah korektor j dikalikan dengan faktor j akibat efek Doppler, maka DS dapat terabaikan dan data sesuai sinyal yang ditransmisikan sesuai ilustrasi Gambar 3.x baris kedua.



Gambar 2.9 Ilustrasi Korektor DS setelah Panjang Data Frame Telah Dibagi



Gambar 2.10 Ilustrasi Data Frame Saat di Kanal Wireless dan Data Setelah Diterima

2.8 Bit Error Probability (P_b)

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

2.8.1 Kanal AWGN

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

Nilai P_b pada BPSK seperti pada persamaan dibawah ini :

$$P_b = 0.5 \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) \quad (2.25)$$

Nilai P_b pada QPSK seperti pada persamaan dibawah ini :

$$P_b = 0.5 \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_s}{2 N_0}} \right) \quad (2.26)$$

$$P_b \approx 0.5 \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) \quad (2.27)$$

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

$$P_b \approx \frac{3}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_s}{10 N_0}} \quad (2.28)$$

2.8.2 Kanal Rayleigh Fading

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

Nilai P_b pada BPSK seperti pada persamaan dibawah ini :

$$P_b = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{E_b/N_0}{E_b/N_0 + 1}} \right) \quad (2.29)$$

Nilai P_b pada QPSK seperti pada persamaan dibawah ini :

$$P_b = 1 - \sqrt{\frac{E_b/N_0}{E_b/N_0 + 1}} \quad (2.30)$$

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

$$P_b \approx \frac{3}{8} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{5}{2E_b/N_0}}} \right] \quad (2.31)$$

Dimana :

P_b = Probabilitas *error bit*

$\frac{E_s}{N_0}$ = energy symbol per noise

$\frac{E_b}{N_0}$ = energy bit per noise

$erfc$ = fungsi komplemen dari fungsi kesalahan

Kaitan antara $\frac{E_s}{N_0}$ dan $\frac{E_b}{N_0}$ dapat dituliskan sebagai berikut :

$\frac{E_s}{N_0} = \frac{E_b T_s}{N_0 T_b}$ dengan T_s adalah durasi symbol dan T_b adalah durasi bit

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Pada bagian ini diuraikan beberapa sub pokok bahasan antara lain : diagram *fishbone* penelitian, blok diagram sistem OFDM dengan beberapa modulasi yang digunakan, parameter – parameter simulasi sistem, skenario uji simulasi dengan beberapa model durasi transmisi, serta verifikasi sistem yang diteliti dan dibandingkan dengan teori yang sudah ada. Kanal yang digunakan pada simulasi ini adalah kanal AWGN dan V2V *rayleigh* fading

Implementasi teknik yang diusulkan pada penelitian ini dipilih berdasarkan dari nilai kecepatan yang ditentukan berdasarkan penerapan skema DDM. Selanjutnya nilai tersebut diuji satu - persatu dengan modulasi yang akan digunakan. Ada tiga jenis modulasi yang digunakan pada teknik DDM ini yaitu modulasi BPSK, QPSK, dan 16 – QAM.

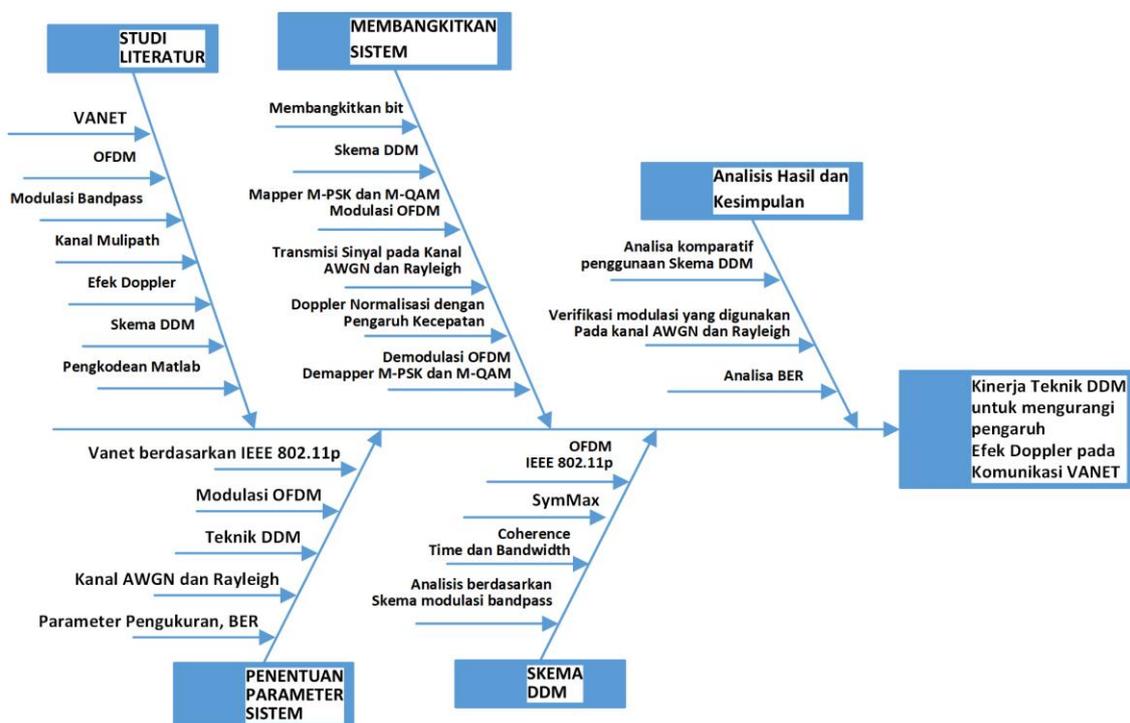
Asumsi untuk kondisi kanal pada sistem OFDM ini yaitu perfect CSI (*Channel State Information*), dimana pengirim dan penerima mengetahui informasi bit yang akan dikirim dan diterima. Kondisi lingkungan yang disimulasikan pada MATLAB untuk penelitian ini berdasarkan kondisi lingkungan VANET yang mana memiliki frekuensi carrier 5.885 – 5.925 Ghz dan menggunakan 6 lintasan multipath berdasarkan ITU - Vehicular

Pengujian skenario dalam simulasi ini menerapkan 3 kondisi untuk melihat dari kinerja masing – masing modulasinya. Selain itu analisis mengenai kapasitas sistem juga dibahas untuk melihat sejauh mana kemampuan dari teknik DDM dalam hal alokasi penggunaan modulasi BPSK, QPSK, 16-QAM.

3.2 Diagram fishbone penelitian

Pada penelitian ini dilakukan serangkaian kegiatan mulai dari study literatur, pemilihan jenis modulasi, penentuan jenis kanal yang digunakan, skenario simulasi pengukuran, penetapan parameter pengukuran hingga analisa hasil

simulasi. Sehingga hasil akhir yang akan dicapai adalah mendapatkan kinerja teknik DDM dalam mengurangi pengaruh efek doppler



Gambar 3.1 Diagram *Fishbone* Penelitian

pada tahapan studi literatur dipelajari tentang sistem OFDM, sistem VANET, pengaruh efek doppler, implementasi teknik DDM yang diusulkan dengan menggunakan kanal mobile to mobile rayleigh fading untuk mewakili lingkungan VANET, kemudian uji kinerja sistem dan analisis data menggunakan software MATLAB. Adapun sumber sumber yang dipergunakan dalam penelitian adalah berasal dari buku teks serta paper – paper penelitian terkait yang sudah dilakukan sebelumnya.

Uji simulasi pada penelitian disesuaikan dengan frekuensi kerja VANET yaitu 5.885 – 5.925 Ghz sesuai dengan standart IEEE 802.11p. selain itu kecepatan kendaraan yang digunakan yaitu 24, 64,144, 294 km/jam yang mana di sesuaikan dengan frekuensi Doppler normalisasinya. Uji sistem lingkungan VANET yang diaplikasikan pada penelitian ini yaitu secara *mobile to mobile* dimana kedua node bergerak. Parameter uji sistem yang dianalisis adalah kinerja dari nilai BER yang berdasarkan modulasi yang digunakan.

3.3 Diagram blok penelitian

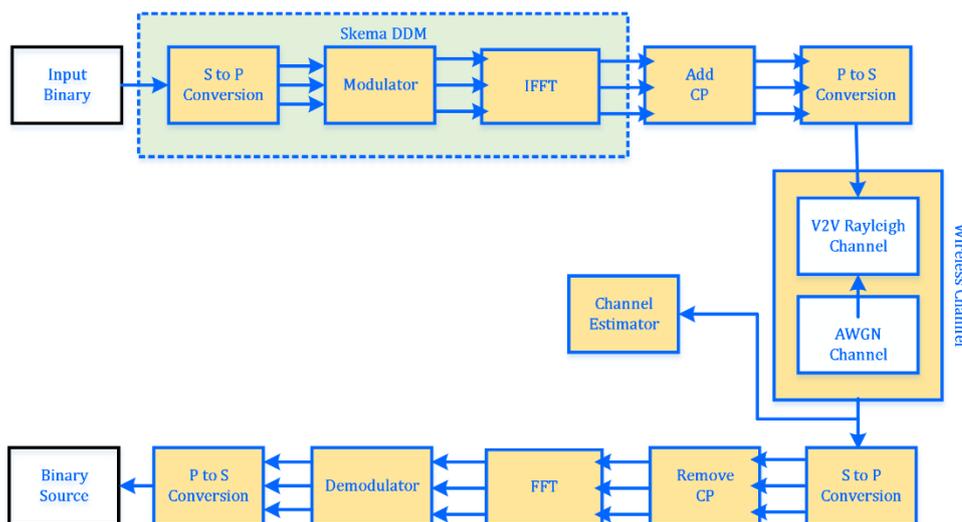
Secara garis besar penelitian ini dapat digambarkan melalui diagram alir seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2 yaitu mengenai sistem OFDM pada pengirim yang diimplementasikan dengan skema DDM. Pada bagian pengirim atau transmitter ada beberapa blok yang pertama terdapat Binary source yang menggenerat data dimana bit – bit data dibangkitkan yang bernilai ‘0’ dan ‘1’, selanjutnya menuju konverter serial to parallel, dibagian ini skema DDM diterapkan, untuk proses yang terjadi seperti pada pembahasan di bab sebelumnya, selanjutnya setelah melalui proses di blok serial to parallel conversion yang digunakan untuk mengkonversi bit informasi secara serial menjadi paralel.

Blok modulator berfungsi sebagai penyedia dari pilihan modulasi yang akan digunakan untuk mengirimkan data. Setelah melalui mode selector yang berperan sebagai penentu bit informasi yang dibangkitkan akan ditransmisikan dengan modulasi BPSK, QPSK dan 16-QAM, pemilihan modulasi dipilih berdasarkan informasi kanal yang diberikan ke pengirim. Selanjutnya blok IFFT yang ada dibagian transmitter berfungsi untuk mengubah data dari domain frekuensi ke domain waktu. Sebelum data dikirimkan penambahan *cyclic prefix* atau guard interval pada bit informasi yang dikirim berguna untuk menentukan simbol pertama pada bit informasi yang akan dikirimkan agar tidak terjadi kesalahan dalam pengestimasiannya. Blok parallel to serial conversion digunakan sebelum data melewati kanal, sehingga data yang melalui kanal berupa data serial.

Penggunaan kanal *V2V rayleigh fading* ditambahkan pada kanal untuk melihat ketahanan kinerja dari sistem yang diusulkan serta gangguan noise AWGN ditambahkan setelah melewati kanal karena pada saat itu kondisi sinyal dalam keadaan lemah selain itu, terdapat gangguan efek Doppler yang terjadi pada sistem OFDM karena pengaruh kondisi kanal yang mobile pada kanal *wireless* Pada Gambar 3.2 terdapat kanal sebagai media wireless, pada penelitian ini kanal yang digunakan untuk mensimulasikan lingkungan VANET menggunakan kombinasi model kanal AWGN dan *mobile to mobile Rayleigh*. Dimana AWGN sebagai tempat penambahan noise Gaussian sebagai input sinyal. Kanal *mobile to mobile Rayleigh* sebagai mensimulasikan kondisi real pada komunikasi wireless karena

adanya banyak fading. Karena fenomena fading pada kondisi real dapat disebabkan scattering, pelebaran waktu, dan pergeseran frekuensi Doppler karena muncul akibat kecepatan atau perpindahan relatif antara Tx dan Rx [15]. Blok *Channel Estimator* yang mengandung *channel state information* (CSI) yang berfungsi sebagai modulator *swicth* sebagai bentuk respon otomatisasi terhadap pengaruh doppler shift yang dialami. Estimasi kanal dianggap terestimasi sempurna pada penerima sebelum melalui blok sistem pada bagian *receiver*.

Pada sisi *receiver* OFDM proses yang terjadi yaitu berkebalikan dengan proses sebelumnya, 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 demodulator yaitu proses FFT. Kemudian demodulasi *bandpass* bekerja sesuai input dari *channel estimator*. Hasil yang didapat melalui *demapping* kemudian menjadi data serial dalam bentuk bit-bit yang kemudian dibandingkan dengan data input pada *transmitter* untuk dilihat nilai *bit error rate* (BER).



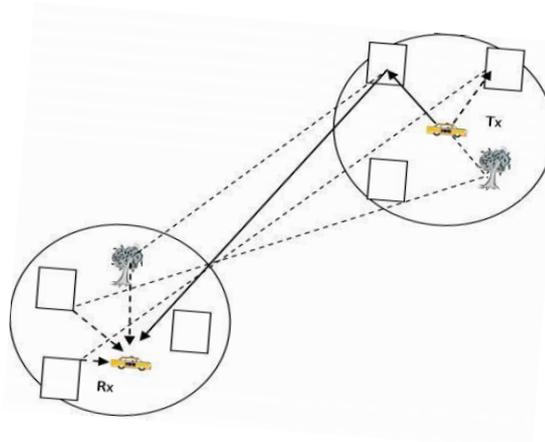
Gambar 3.2 Blok diagram *Transceiver* OFDM

Pada Gambar 3.2 terdapat kanal sebagai media wireless, pada penelitian ini kanal yang digunakan untuk mensimulasikan lingkungan VANET menggunakan kombinasi model kanal AWGN dan V2V *Rayleigh*. Dimana AWGN sebagai tempat penambahan noise Gaussian sebagai input sinyal. Kanal *Rayleigh* sebagai

mensimulasikan kondisi real pada komunikasi wireless karena adanya banyak fading. Karena fenomena fading pada kondisi real yang akan dijelaskan pada bab selanjutnya pelebaran waktu, dan pergeseran frekuensi Doppler karena muncul akibat kecepatan atau perpindahan relatif antara Tx dan Rx

3.4 Model Sistem

Sistem VANET dengan model komunikasi V2V dapat diilustrasikan pada Gambar 3.3, 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 3.3 Model Kanal V2V dengan NLOS [21]

Pemodelan sistem secara umum tiap blok sistem untuk komunikasi V2V serta dengan adanya skema DDM dapat dilihat pada Gambar 3.2. 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 *swicth* sebagai bentuk otomatisasi adaptasi terhadap pergeseran phase sinyal. Namun dalam penelitian ini estimasi kanal dianggap terestimasi sempurna pada penerima

Pada sisi *transmitter* OFDM, seperti yang sudah dijelaskan pada point sebelumnya 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 diberikan oleh *channel estimator*. Modulasi *bandpass* yang digunakan adalah modulasi BPSK, QPSK, dan 16-QAM. kemudian keluarannya akan memalui modulasi OFDM yaitu proses IFFT yang hasil sinyal IFFT ditambahkan dengan data *cyclic prefix* (CP) sebagai antisipasi terhadap gangguan *noise* pada kanal.

Kanal *wireless* terdiri dari kanal AWGN dan kanal *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 dengan penerapan skema DDM yang diuji pada penelitian ini akan didapatkan kompensasi akibat dari pergeseran phase karena pengaruh efek doppler tersebut.

3.5 Pembangkitan Sistem

3.5.1 Membangkitkan Bit Informasi

Penentuan parameter dalam implementasi skema DDM pada sistem OFDM dapat dilakukan terlebih dahulu untuk menentukan hasil yang optimal dalam simulasi sistem. Dua parameter yang menjadi fokus penelitian ini yaitu kinerja BER dan SNR dalam hal pemilihan modulasi nya dengan kondisi kanal frekuensi selective fading dan pengaruh efek Doppler. Kondisi yang diujikan dalam simulasi penelitian ini adalah variasi kecepatan dan frekuensi Doppler normalisasi. Pada Tabel menunjukkan parameter – parameter simulasi yang digunakan dalam pengambilan dan analisis data untuk kondisi yang diujikan.

Tabel 3.1 Parameter Simulasi Sistem

Parameter	Nilai
Frekuensi Carrier	5.885 GHz
Delay spread	3×10^{-6} second
Durasi symbol	8×10^{-6} second
Jumlah Data tiap Subcarrier	48
Jumlah Pilot Subcarrier	16 symbol
Total Subcarrier	52
Doppler normalisasi	0.0008, 0.005, 0.0022, 0,01
SNR Range	0-50dB
Lebar Subcarrier	156.25 KHz
Guard interval (GI)	1.6 μ second
Symbol interval (termasuk GI)	8 μ second
Panjang frame Non-DDM	6000 symbol
Panjang frame DDM	6000 symbol
Model Kanal	V2V Rayleigh fading
Noise	AWGN
BER Maksimum diterima	10^{-3}

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

3.5.2 Direct Development Method (DDM)

DDM menggunakan konsep persamaan (2.10) sampai dengan (2.18). Pada teknik ini menggunakan sistem pengoreksi (korektor sistem) yang nantinya akan mengimbangi data yang terkena oleh pergeseran Doppler pada kanal wireless saat ditransmisikan. Langkah-langkah dalam membangkitkan sistem DDM dapat dilihat sebagai berikut :

6. Hitung Nilai T_c dengan parameter kecepatan kendaraan, frekuensi carrier dan durasi SCH
7. Hitung $SymMax$ dari T_c yang telah didapat
8. Panjang data frame yang ditransmisikan kemudian dibagi menjadi sub bagian sesuai panjang periode $SymMax$
9. Setiap periode $SymMax$ yang genap, dibagi dengan variabel korektor j .
10. Semua $SymMax$ kemudian disusun ulang menjadi satu frame yang panjang dan siap untuk ditransmisikan

Dari langkah-langkah tersebut, dapat ditentukan berdasarkan frame DSRC, maka frekuensi yang akan digunakan adalah 5.885 GHz dan kecepatan maksimum tiap kendaraan adalah 250 km/jam. Dan nilai $SymMax$ mengacu pada persamaan (2.24)

3.5.3 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.

- BPSK

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

- QPSK

```
modqpsk=reshape(2*bit)-1,2,[];
```

```
qpsk=(1/sqrt(2))*(modqpsk(1,:)+i*modqpsk(2,:));
```

- 16-QAM

```
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);
```

3.5.4 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 :

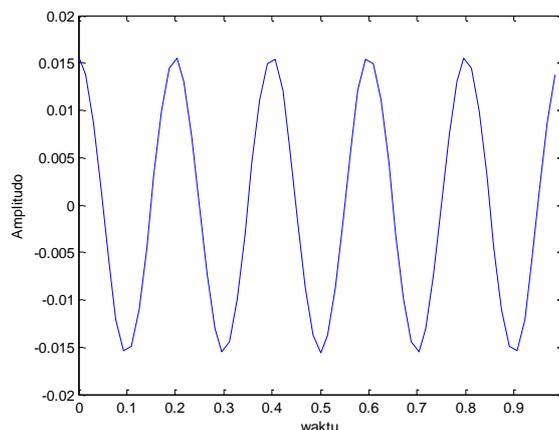
```
sp = reshape(qpsk, jmlSimbol, [])
```

3.5.5 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

3.5.6 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

3.5.7 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,[])
```

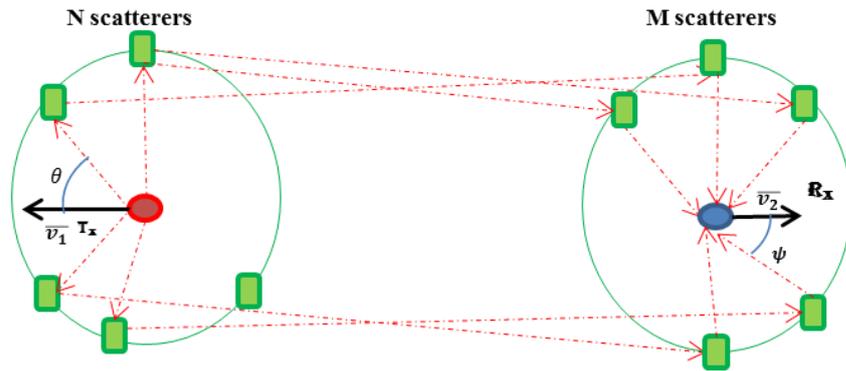
dengan :

`sp_2` merupakan sinyal hasil P/S

`ofdm_c` merupakan sinyal yang akan ditransmisi

3.5.8 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 *vehicle-to-vehicle 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 *vehicle-to-vehicle Rayleigh fading* cincin ganda yang pada setiap kendaraan memiliki gangguan *scatterer* masing masing.



Gambar 3.5 Model Kanal Simulasi Vehicle-to-vehicle Scattering Environment

Pemodelan kanal kanal *vehicle-to-vehicle rayleigh fading* merupakan adaptasi dari konsep *mobile to mobile rayleigh fading* bagian dari *sum-of-sinusoida* (SoS), yang dapat dituliskan secara matematis pada persamaan berikut [16] :

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

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

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

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 $3 \cdot 10^8$. 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 3.2. Dalam simulasi ini menggunakan kecepatan setiap kendaraan dengan empat kecepatan yang berbeda, yaitu 24 km/jam, 64 km/jam, dan 144 km/jam dan 294 km/jam. Sebelum dikonversi menjadi frekuensi Doppler normalisasi, maka harus dirubah dalam satuan meter per detik dan dihitung nilai frekuensi Doppler.

$$f_d = \frac{24 \times 1000 \times 5.885 \times 10^9}{3,600 \times 3 \times 10^8} = 131 \text{ Hz.}$$

Sehingga Doppler normalisasi dapat ditentukan sesuai persamaan (3.6),

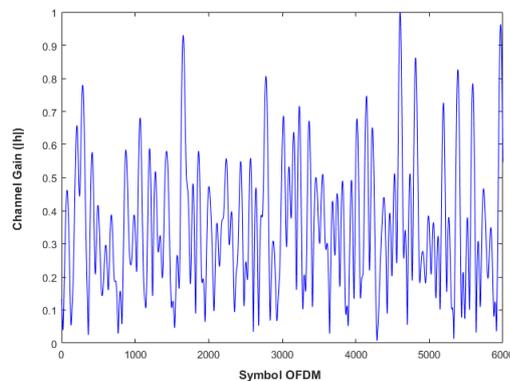
$$f_{norm} = \frac{131}{156250} = 0.00084$$

Nilai frekuensi Doppler normalisasi untuk kecepatan kendaraan yang lain, yaitu untuk kecepatan 64 km/jam dan 144 km/jam dengan dikonversikan pada frekuensi doppler normalisasi dapat dilihat pada Tabel 3.2.

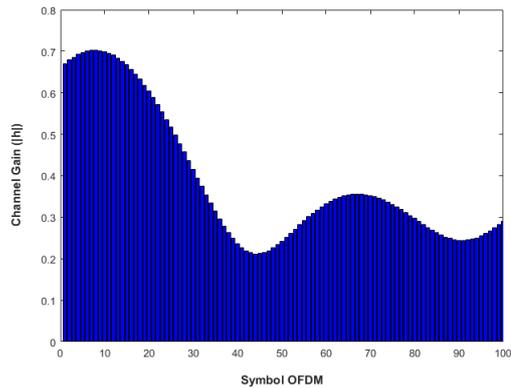
Tabel 3.2 Parameter Simulasi Sistem dengan Kecepatan dan Frekuensi Doppler Normalisasi

v (km/jam)	V (m/s)	f_d (Hz)	f_{d_norm}
24	6.67	131	0.0008
64	17.78	349	0.0022
144	50	785	0.005
294	81.67	1.602	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 kanal terhadap jumlah simbol OFDM pada kondisi nilai Doppler normaliasasi adalah 0.01. Pada simulasi ini simbol OFDM yang dibangkitkan adalah 6000 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 100 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)*.

3.5.9 Perkalian Sinyal pada Kanal *Wireless*

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

$$\text{ofdmRx} = \text{ofdmTx} \cdot y;$$

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

$$\text{ofdmRxn} = \text{awgn}(\text{ofdmRx}, \text{snr}(\text{mm}), \text{EydB} - 10 \cdot \log_{10}(\text{Nifft}));$$

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

3.5.10 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.

3.5.11 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);
```

3.5.12 Demodulasi *Bandpass*

Setelah sinyal telah dikembalikan dalam domain frekuensi oleh proses FFT, maka demapper bertujuan untuk mengembalikan sinyal yang sesudah 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,[]);

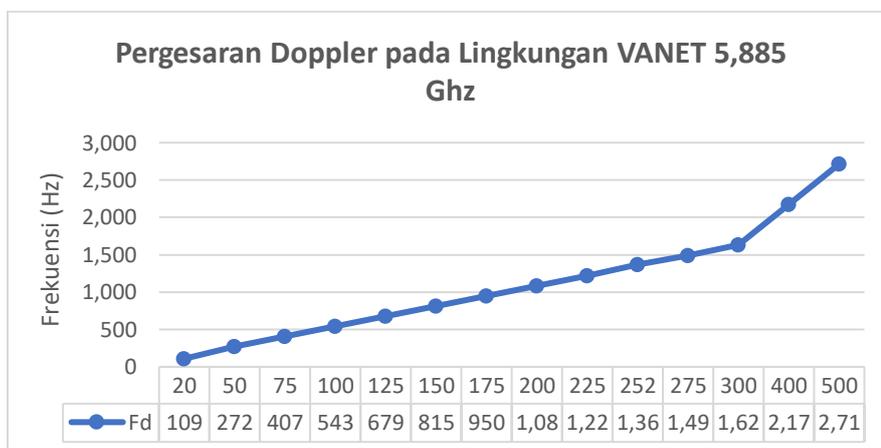
```

3.6 Pergeseran Frekuensi Doppler

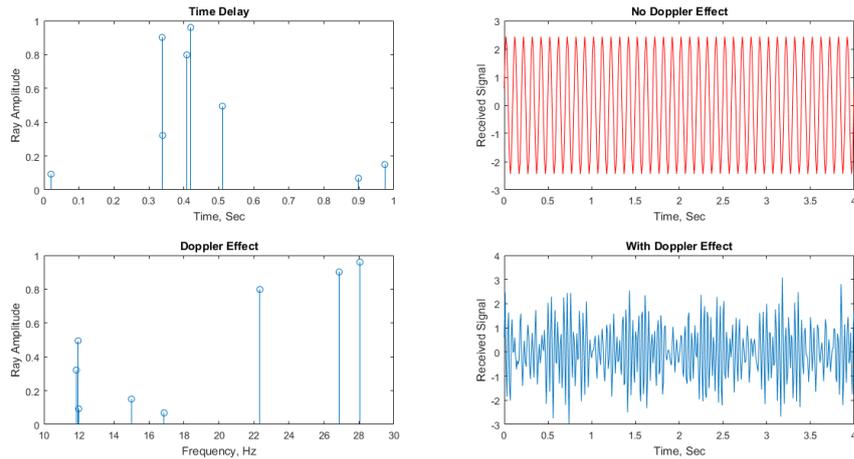
Ketika gelombang pada sumber dan penerima saling relatif bergerak pada arah yang searah atau berlawanan, maka frekuensi sinyal yang diterima oleh penerima akan berbeda dengan sumber. Ketika keduanya saling menjauhi maka frekuensi pada sinyal yang diterima akan semakin besar daripada frekuensi sumber, dan jika saling mendekati maka frekuensi akan semakin menurun.

Frekuensi kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah 5.885 GHz. dengan asumsi bahwa nilai $\beta = 0$ yang menghasilkan efek Doppler maksimum, pergeseran Doppler dihasilkan berdasarkan kecepatan kendaraan dari 20 km / jam hingga 500 km / jam seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.8 dengan menggunakan persamaan (2.10), (2.18) dan parameter sesuai dengan tabel 3.1 menunjukkan hubungan antara pergeseran Doppler dapat mencapai nilai maksimum (2,71 KHz) pada kecepatan 500 km /jam, namun pada penelitian ini dibatasi untuk maksimal kecepatan pengujian hanya mencapai 300 km/jam.

Ketika tidak ada pergeseran doppler, sinyal output akan menghasilkan amplitudo konstan setiap waktu. Namun, ketika terjadi pergeseran Doppler, amplitudo bervariasi dan mengikuti tren pergeseran Doppler dalam domain waktu seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.9.



Gambar 3.8 Grafik hubungan antara kecepatan dengan pergeseran Doppler pada lingkungan Vanet dengan frekuensi 5.885Ghz



Gambar 3.9 Multipath delay dengan efek pergeseran Doppler.

3.7 Power Spectral Density

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`.

3.8 Verifikasi Simulasi Sistem

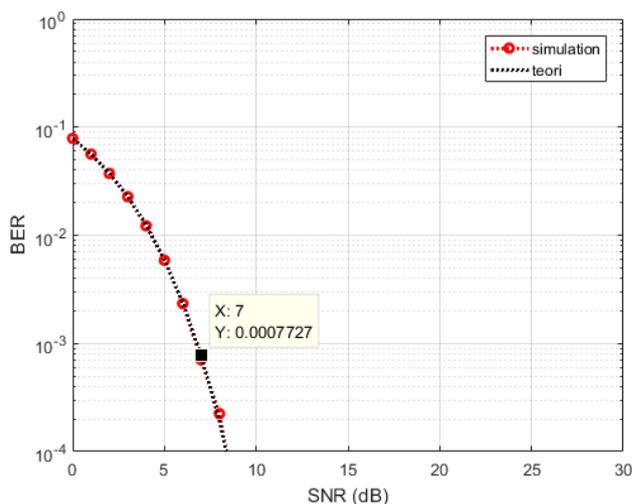
Verifikasi sistem digunakan sebagai langkah awal untuk melihat keakuratan suatu sistem jika di implementasikan dengan model kanal yang dipilih. Model kanal yang digunakan pertama adalah kanal AWGN. Pada kanal AWGN, sinyal yang di transmisikan hanya diberikan gangguan *white noise* yang tidak berkorelasi satu dengan lainnya dengan nilai amplitude yang bersifat konstan. Oleh karena itu sistem yang diusulkan diverifikasi dahulu dengan teori yang ada dari setiap modulasi yang

digunakan. Perbandingan hasil simulasi dari teori tersebut yang penulis gunakan sebagai parameter sistem dari model kanal tersebut.

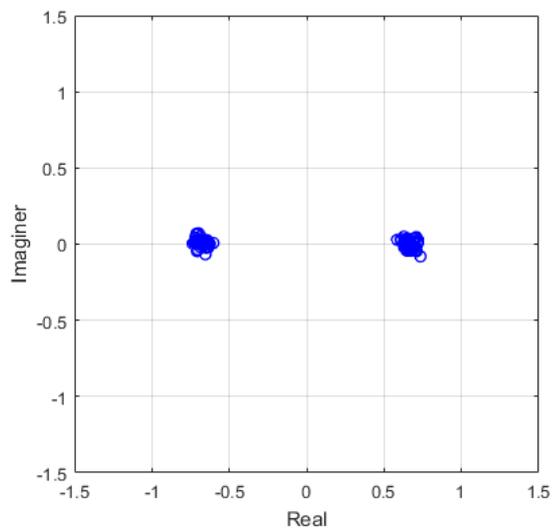
3.8.1 Kanal AWGN

Validasi simulasi dengan sistem OFDM terhadap teori dengan modulasi pada kanal AWGN, 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 7.3 dB. Sedangkan untuk QPSK dan 16-QAM membutuhkan masing-masing 10.1 dB dan 16.3 dB. Pada kanal AWGN hanya ada pengaruh noise thermal, sehingga tidak memerlukan SNR yang besar untuk mencapai nilai BER 10^{-3} .

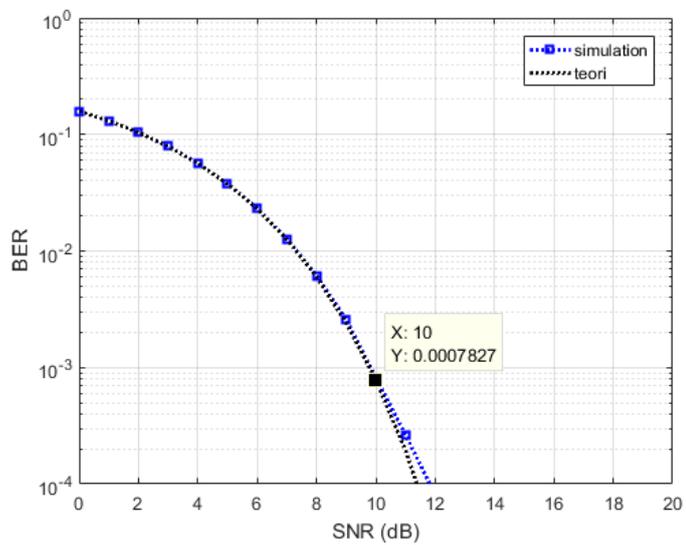
Selain itu, jika dilihat dari bentuk konstelasi symbol modulasi BPSK yang ditunjukkan pada gambar 3.11 pada simulasi sistem yang diusulkan, konstelasi symbol dari modulasi BPSK saat ditransmisikan oleh pengirim tepat berada pada decision area saat diterima di penerima terdapat 2 simbol dari modulasi BPSK yaitu bit '1' dan '0'. Setiap 1 simbol BPSK hanya mewakili 1bit informasi sehingga modulasi memiliki *data rate* yang rendah jika dibandingkan dengan modulasi lainnya.



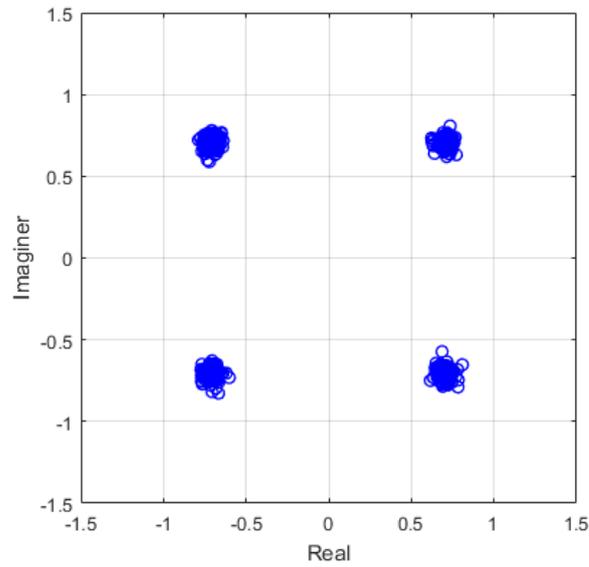
Gambar 3.10 Verifikasi BER BPSK pada Kanal AWGN



Gambar 3.11 Konstelasi Sinyal Modulasi BPSK

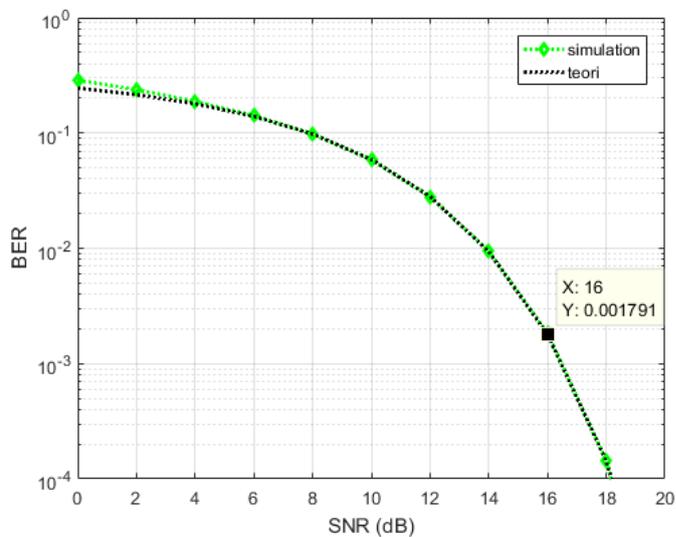


Gambar 3.12 Verifikasi BER QPSK pada Kanal AWGN

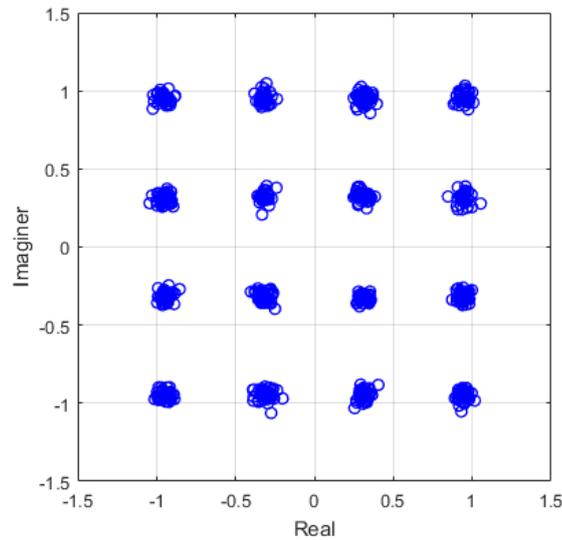


Gambar 3.13 Konstelasi Sinyal Modulasi QPSK

Konstelasi sinyal yang dihasilkan dari simulasi sistem dapat dilihat pada gambar 3.13. pada simulasi sistem yang diusulkan, konstelasi sinyal dari modulasi QPSK pada saat di transmisikan oleh pengirim sudah tepat berada pada *decision area* saat diterima oleh penerima. Terdapat 4 simbol dalam modulasi QPSK yaitu bit '00', '01', '10', dan '11'. Setiap 1 sinyal QPSK mewakili 2 bit informasi sehingga *data rate* dari modulasi QPSK lebih tinggi dibandingkan dengan BPSK



Gambar 3.14 Verifikasi BER 16-QAM pada Kanal AWGN



Gambar 3.15 Konstelasi Sinyal Modulasi 16-QAM

Konstelasi sinyal yang dihasilkan dari simulasi sistem dapat dilihat pada gambar 3.15 pada simulasi sistem yang diusulkan, konstelasi sinyal dari modulasi 16-QAM. Setiap 1 sinyal dari modulasi 16-QAM mewakili 4 bit informasi sehingga, semua sinyal yang terbentuk adalah sebagai berikut ‘0000’, ‘0001’, ‘0010’, ‘0011’, ‘0100’, ‘0101’, ‘0110’, ‘0111’, ‘1000’, ‘1001’, ‘1010’, ‘1011’, ‘1100’, ‘1101’, ‘1110’, ‘1111’. Salah satu keuntungan yang dimiliki oleh sinyal yang ditransmisikan dengan modulasi 16-QAM adalah memiliki *data rate* yang tinggi. Oleh karena itu jika diterapkan ke dalam lingkungan VANET, maka penggunaan modulasi 16-QAM sangat cocok digunakan untuk mentransmisikan data ketika kondisi kanal sangat baik, selain memiliki data rate tinggi, modulasi 16-QAM juga memiliki daya pancar yang kuat sehingga mampu membawa 4 bit informasi dalam satu sinyal, namun bukan tanpa kendala, ketika kondisi kanal buruk jika tetap ingin mempertahankan penggunaan modulasi ini maka akan mengalami BER yang tinggi, karena gain dalam kanalsistem rendah atau buruk

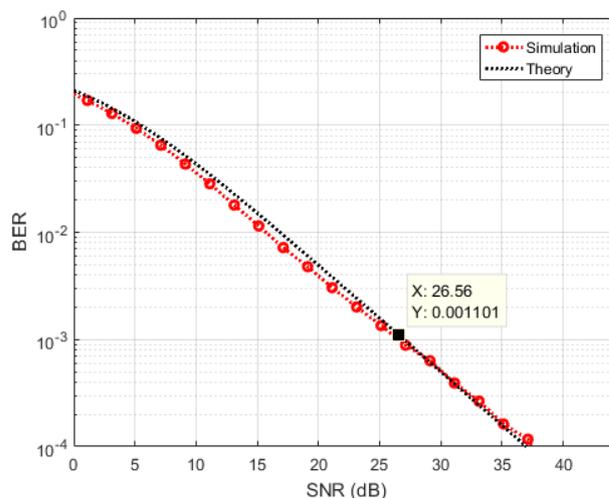
3.8.2 Kanal *Rayleigh Fading*

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 3.16 untuk modulasi BPSK, 3.17 untuk Modulasi QPSK, Gambar 3.18 untuk modulasi 16-QAM.

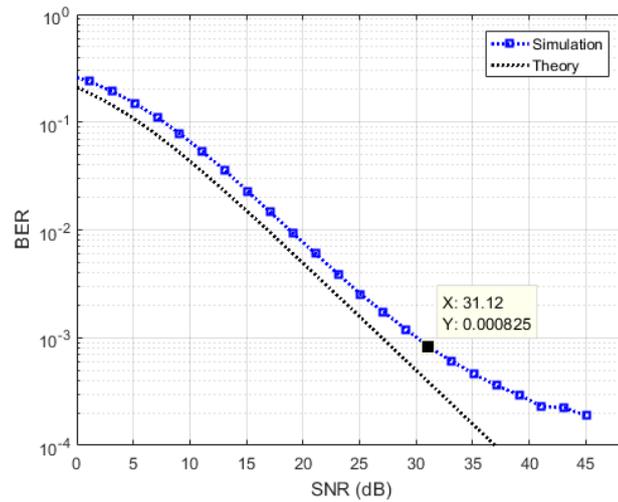
Pada Gambar 3.16 terlihat untuk modulasi BPSK, validasi secara teori dan simulasi memberikan hasil yang berhimpit. Hal ini karena adanya pengaruh Doppler, setiap nilai Doppler berubah, dan semakin besar, maka kurva BER akan menjauhi sejajar dengan kurva BER teori. Pada Gambar tersebut, untuk mencapai nilai BER 10^{-3} adalah 25.56 dB.

Sedangkan pada Gambar 3.17. validasi secara simulasi dan teori pada sistem OFDM V2V dengan modulasi QPSK memberikan kurva semakin menjauhi kurva teori. Hal ini karena faktor Doppler. Sehingga tidak dapat kurva dalam satu garis. Nilai SNR yang dibutuhkan untuk mencapai nilai BER 10^{-3} adalah 31.12 dB.

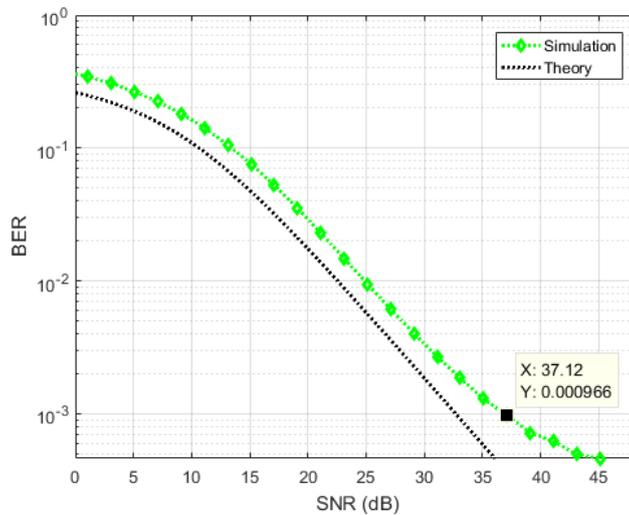


Gambar 3.16 Simulasi BER BPSK pada Kanal *Rayleigh*

Modulasi ketiga yang digunakan adalah modulasi 16-QAM. Teori dari BER untuk modulasi 16-QAM sesuai dengan persamaan (3.8). Hasil simulasi sistem dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.17 Simulasi BER QPSK pada Kanal *Rayleigh*



Gambar 3.18 Simulasi BER 16-QAM pada Kanal *Rayleigh*

hasil yang didapat juga sejajar dan semakin menjauh dibandingkan modulasi sebelumnya, yang artinya sistem yang diusulkan pada kanal V2V *Rayleigh* untuk modulasi 16-QAM menjauhi nilai ber secara teoritis, namun jika dibandingkan dengan kedua modulasi sebelumnya yaitu BPSK dan QPSK, maka modulasi memerlukan daya kirim yang lebih besar untuk mencapai nilai BER threshold yang di inginkan, hal ini dikarenakan pengaruh Doppler tersebut yang menyebabkan pelemahan daya terima disisi penerima, sehingga konsekuensi kemungkinan terjadinya kesalahan bit lebih besar. Nilai SNR yang dibutuhkan untuk mencapai nilai BER 10^{-3} adalah 32 dB untuk BER secara teori, dan 37.12 dB untuk BER secara simulasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, pembahasan mengenai hasil simulasi dari implementasi Skema DDM dengan mendapatkan pengaruh noise dari AWGN dan Doppler dari V2V *Rayleigh fading* dengan menggunakan skema DDM yang diusulkan. Perbandingan kinerja BER dari modulasi dengan variasi Doppler normalisasi yang didapatkan dari pengaruh pergerakan relatif antar kendaraan

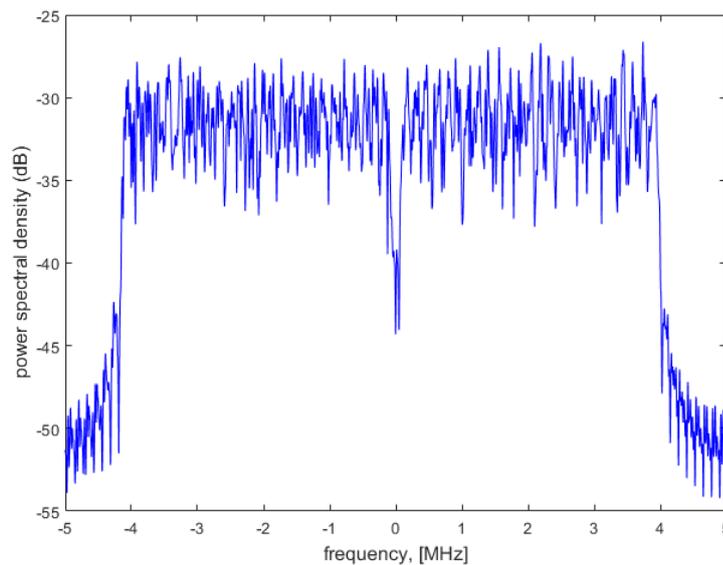
4.1 Pengaruh Frekuensi Doppler pada Kanal Terhadap Sistem

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 V2V *Rayleigh* memiliki efek yang berbeda. Sinyal setelah melewati kedua kanal dengan adanya frekuensi Doppler akan dibahas pada subbab berikut.

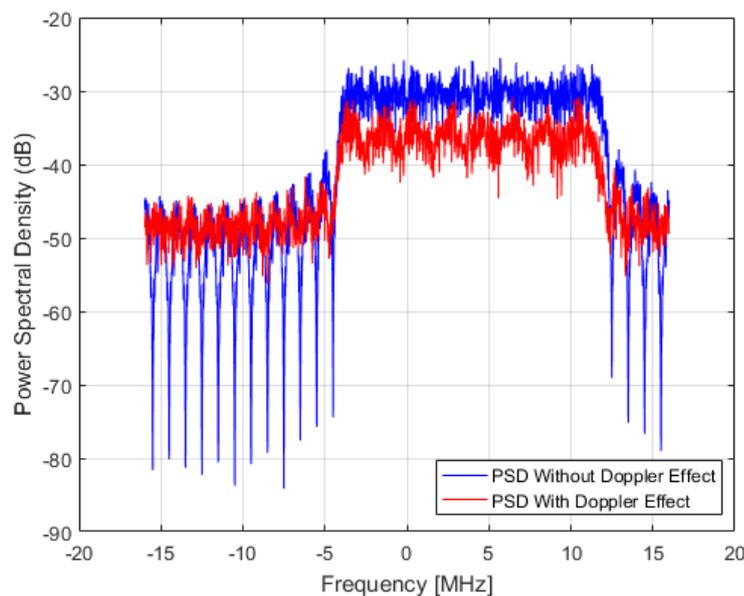
4.1.1 Spektrum Power Spektral Density (PSD)

Power Spectral Density (PSD) merupakan besaran daya dalam interval frekuensi. Pada gambar 4.1 menunjukkan spektrum yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sesuai dengan standart dari IEEE 802.11p. Nilai PSD dalam simulasi MATLAB dibangkitkan dengan fungsi *pwelch*. Perhitungan nilai PSD didapatkan magnitude dari hasil dari FFT dikuadratkan dan dirubah dalam logaritmik dBw kemudian dibagi dengan *bandwith* sistem dalam satuan Hz. Pada sistem ini, Doppler memberikan efek perubahan spektrum atau pergeseran spektrum dengan daya yang dibutuhkan lebih banyak. Pada Gambar 4.2 menunjukkan pergeseran spektrum OFDM yang murni dengan spektrum OFDM yang belum terkena

frekuensi Doppler, spektrum OFDM yang ternormalisasi sebesar 0.01. spektrum PSD yang terkena efek frekuensi pergeseran Doppler memiliki *mainlobe* yang bergelombang dan lebih rendah. Hal itu terjadi karena efek kanal *rayleigh* dan noise pada sinyal OFDM yang dibangkitkan, dibandingkan dengan jika melihat PSD tanpa pengaruh efek Doppler menunjukkan bahwa spektrum dengan *main* dan *sidelobe* normal, tidak bergelombang dan lebih tinggi menunjukkan bahwa spektrum yang disimulasikan tidak mengalami *noise* dari pergeseran frekuensi Doppler



Gambar 4.1 Gambar PSD dari 802.11p dengan Bandwidth 10 MHz

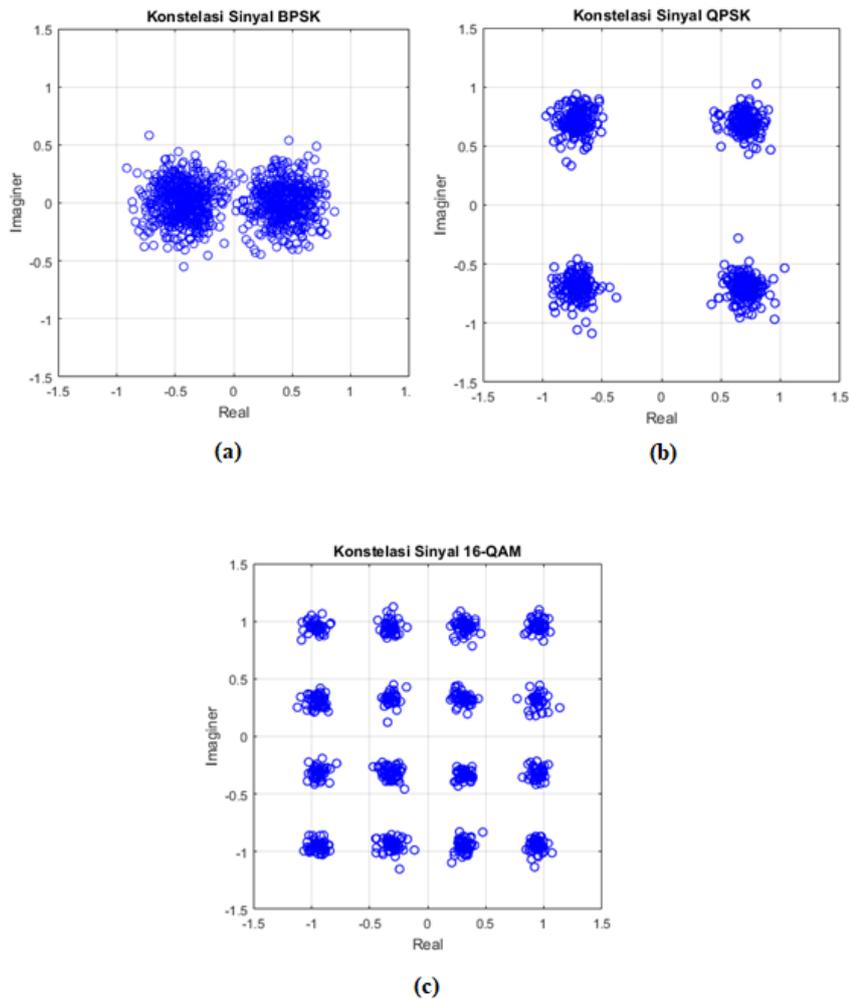


Gambar 4.2 Pebandingan hasil PSD dengan dan tanpa efek Doppler

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 4.3.a hingga 4.3.c 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 masih terlihat jelas dan berkumpul sesuai pada titik konstelasinya tanpa adanya 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 konstelasi sinyal yang jelas.

Pada bab sebelumnya yaitu pada bab 3.8 sudah dijelaskan mengenai hasil konstelasi simbol pada modulasi BPSK, QPSK, dan 16-QAM sebagai verifikasi sistem OFDM. Konstelasi simbol didapatkan dari simulasi sistem menggunakan matlab berdasarkan teori yang ada. Selanjutnya pada sub bab ini membahas mengenai konstelasi simbol untuk modulasi yang digunakan dengan pengaruh *noise*. Dari ketiga gambar tersebut terlihat bahwa kondisi dari konstelasi simbol untuk setiap modulasi menyebar namun masih dalam wilayah *decision area*, sehingga gangguan yang terjadi pada sistem OFDM ini hanya disebabkan oleh *noise* yang diatur dengan nilai SNR = 15dB untuk semua modulasi yang disumulasikan. Jika nilai SNR dinaikan maka pengaruh *noise* dalam konstelasi simbol akan semakin mengecil dan lama – kelamaan akan membentuk konstelasi simbol yang sempurna sesuai dengan teorinya seperti yang sudah ditunjukkan pada sub bab verifikasi sistem. Jadi pengaruh *noise* pada uji sistem kanal AWGN ini membentuk *scatter plot* atau konstelasi simbol pada setiap modulasinya menyebar dan pengaruh pergeseran Doppler belum begitu terlihat dan pada gambar modulasi yang digunakan

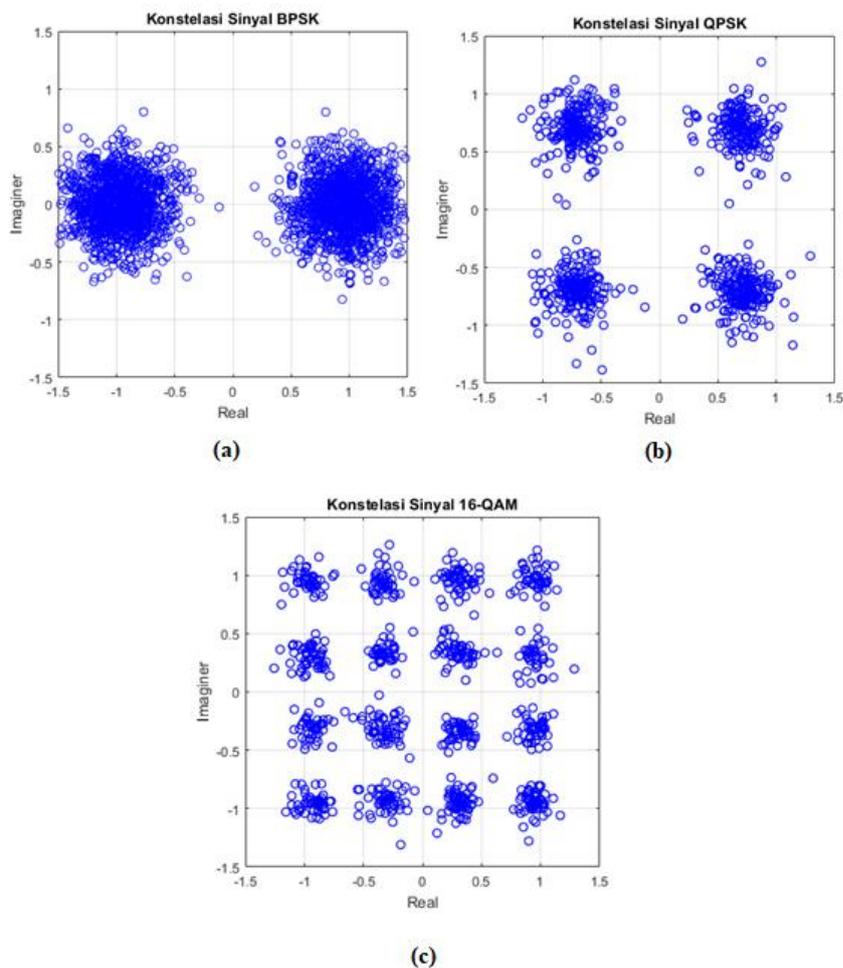


Gambar 4.3 a. Konstelasi Sinyal BPSK , b. Konstelasi Sinyal QPSK, c. Konstelasi Sinyal 16-QAM dengan Doppler 0.0008 & SNR 15 dB

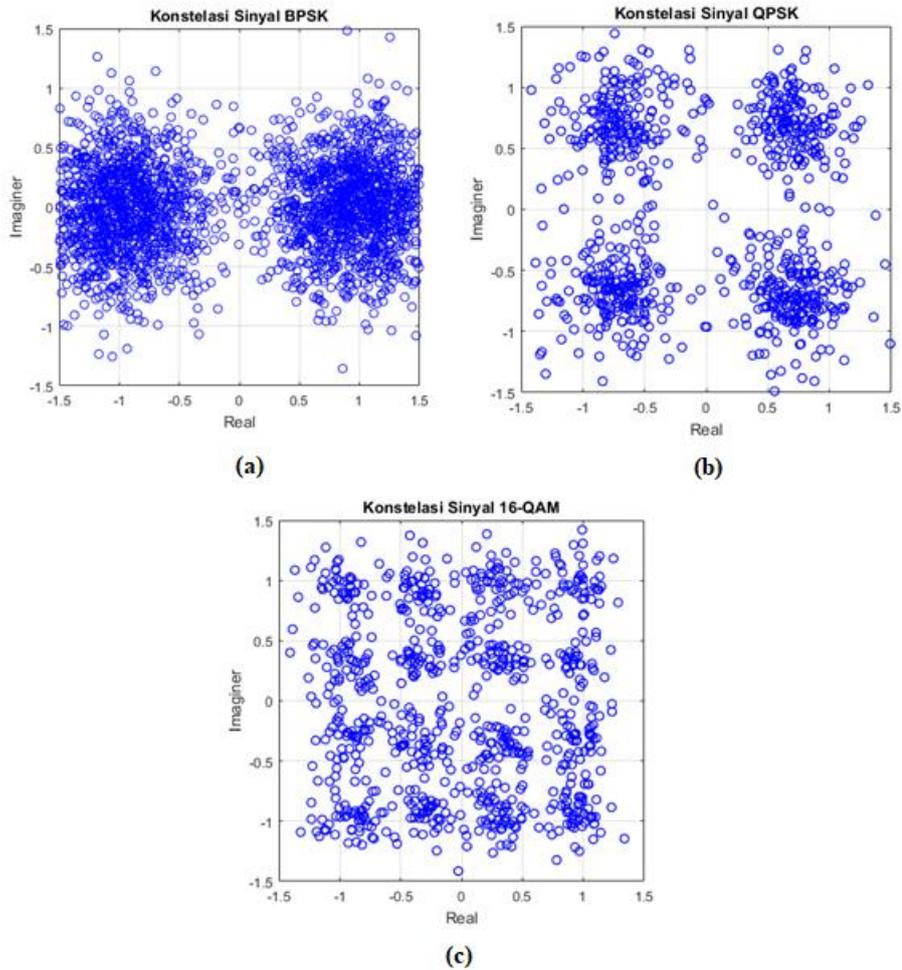
4.1.3 Hasil Konstelasi Simbol pada kanal Rayleigh

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 BPSK, QPSK dan 16-QAM memberikan efek berbeda ketika dipengaruhi oleh nilai Doppler yang berbeda. Pada Gambar 4.4.a hingga Gambar 4.4.c menunjukkan konstelasi sinyal tiap *mapping* modulasi dengan nilai Doppler dan SNR yang berbeda.

Gambar 4.4.a menunjukkan konstelasi sinyal dengan Doppler 0.005 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 sedikit menyebar sehingga hampir bercampur 16 titiknya. Hal ini mengakibatkan data error cukup banyak pada konstelasi 16-QAM. Jika dibandingkan dengan konstelasi sinyal dengan Doppler 0.01 dan kondisi SNR sama terlihat pada Gambar 4.5.a 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 kesalahan *mapping* sangat besar seperti Gambar 4.5.a sampai 4.5.c



Gambar 4.4 a. Konstelasi Sinyal BPSK , b. Konstelasi Sinyal QPSK, c. Konstelasi Sinyal 16-QAM dengan Doppler 0.005 & SNR 30 dB



Gambar 4.5 a. Konstelasi Sinyal BPSK , b. Konstelasi Sinyal QPSK, c. Konstelasi Sinyal 16-QAM dengan Doppler 0.01 & SNR 30 dB.

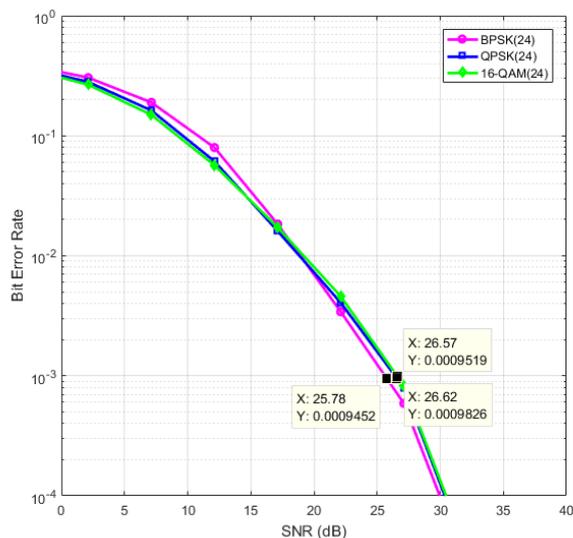
4.2 Hasil dan Analisis kinerja Skema DDM pada kanal V2V Rayleigh Fading

Hasil dari simulasi OFDM dengan menggunakan skema DDM yang diusulkan pada kanal V2V Rayleigh fading di bahas dalam sub bab ini pembahasan pertama mengenai hasil yang didapat dengan penerapan skema DDM. Hasil dari simulasi OFDM dengan menggunakan skema DDM yang diusulkan pada V2V Rayleigh fading di bahas dalam sub bab ini pembahasan pertama mengenai hasil yang didapat dengan penerapan skema DDM dan akan dibandingkan dengan Non-DDM dengan frekuensi normalisasi Doppler yang rendah yaitu $f_d = 0.0008$

Selanjutnya variasi frekuensi Doppler normalisasi yang lain digunakan untuk uji sistem penerapan skema DDM ini yaitu $f_d = 0.0022$, $f_d = 0.005$ $f_d = 0.01$, variasi dari doppler normalisasi yang berbeda – beda tersebut mengacu di mana dalam standart IEEE 802.11p dengan frekuensi kerja yang digunakan adalah 5.885 – 5.905 Ghz. Sehingga hal tersebut sesuai dengan pergeseran Doppler yang disesuaikan dengan kecepatan kendaraan yang diujikan di lingkungan VANET, yaitu 24 km/h , 64 km/h , 144km/h, 294 km/h

Hal ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kinerja sistem dengan penerapan skema yang diteliti dilihat dari kebutuhan SNR untuk mencapai nilai BER yang diinginkan. hal ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan dari hasil uji sistem jika dibandingkan dengan sistem konvensional (Non-DDM) tanpa kompensasi dari efek Doppler.

Pada Gambar 4.6. menunjukan hasil penerapan skema DDM pada V2V kanal dengan f_d normalisasi yang didapat dari perhitungan persamaan (2.9) $f_d = 0.00084$, pada tabel 4.1 terlihat bahwa didapatkan nilai terbaik dari sisem dengan modulasi BPSK yaitu 25.78 dB dibandingkan dengan kedua modulasi yang lain yaitu QPSK dengan 26.57 dB dan 16-QAM yang membutuhkan daya lebih besar ketika mentransmisikan sinyal yaitu dibutuhkan nilai SNR sebesar 26.62 untuk semua target BER 10^{-3}

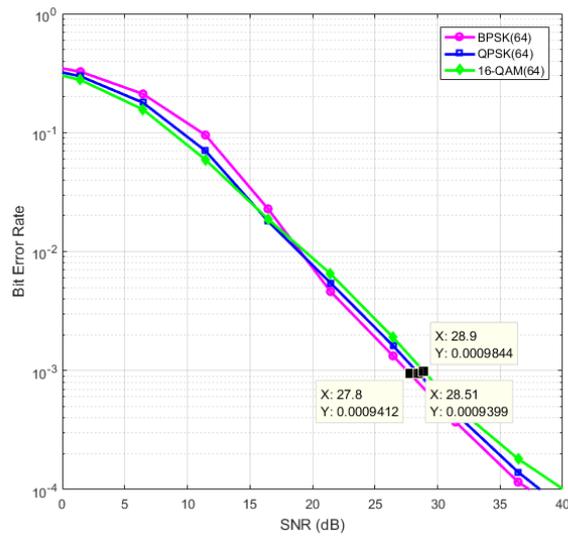


Gambar 4.6 Performansi Skema DDM dengan $f_d = 0.0008$

Tabel 4.1 Kinerja Modulasi untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V

Mode Transmisi	SNR [dB]
BPSK	25.78
QPSK	26.57
16QAM	26.62

Selanjutnya Pada Gambar 4.7. menunjukkan hasil penerapan skema DDM pada V2V channel dengan f_d normaliasasi = 0.00223 untuk target BER 10^{-3} pada tabel 4.2 dibutuhkan nilai SNR terendah 27.8 dB untuk modulasi BPSK, 28.51 dB untuk modulasi QPSK dan 28.9 untuk modulasi 16-QAM



Gambar 4.7 Performansi Skema DDM dengan $f_d = 0.0022$

Tabel 4.2 Kinerja Modulasi untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V

Mode Transmisi	SNR [dB]
BPSK	27.8
QPSK	28.51
16QAM	28.9

Pada Gambar 4.8. menunjukkan hasil penerapan skema DDM pada hasil Skema DDM pada V2V channel dengan f_d normalisasi = 0.005 untuk target BER 10^{-3} pada tabel 4.3 dibutuhkan nilai SNR sebesar 27.67 dB untuk modulasi BPSK, 28.68 dB untuk modulasi QPSK dan 29.37 untuk modulasi 16-QAM

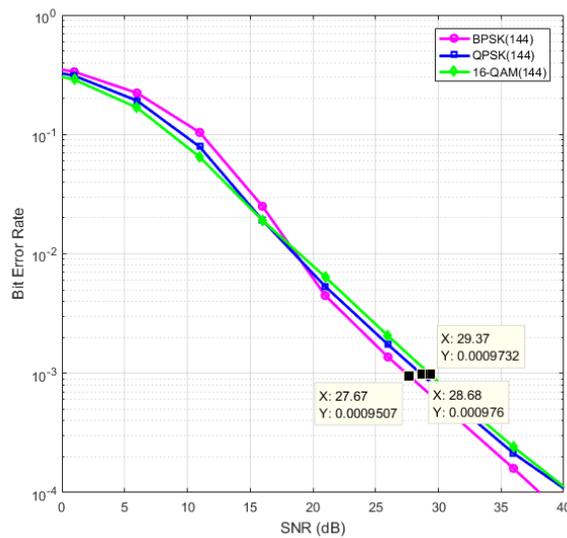
Tabel 4.3 Kinerja Modulasi untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V

Mode Transmisi	SNR [dB]
BPSK	27.67
QPSK	28.68
16QAM	29.37

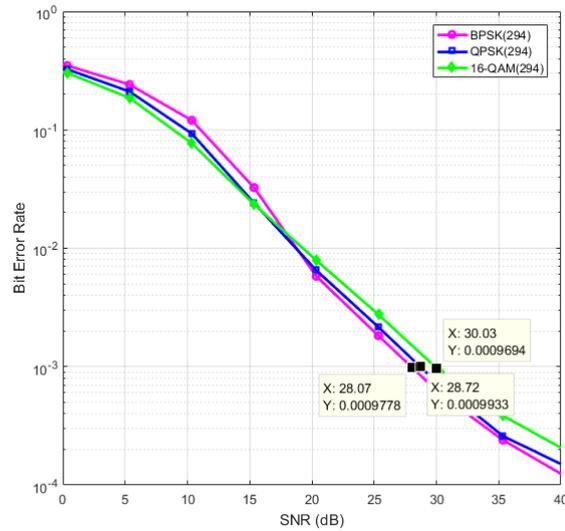
Dan pada pengujian terakhir hasil yang didapatkan dengan skema DDM pada V2V channel pada gambar 4.9 dengan f_d normalisasi = 0.01 untuk target BER 10^{-3} terlihat pada tabel 4.4 dibutuhkan nilai SNR sebesar 28.07 dB untuk modulasi BPSK, 28.72 dB untuk modulasi QPSK dan 30.03 untuk modulasi 16-QAM

Tabel 4.4 Kinerja Modulasi untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V

Mode Transmisi	SNR [dB]
BPSK	28.07
QPSK	28.72
16QAM	30.03



Gambar 4.8 Performansi Skema DDM dengan $f_d = 0.005$



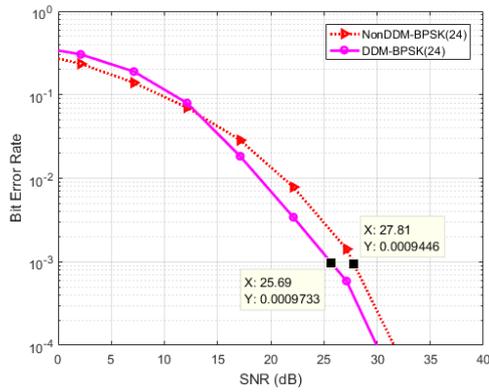
Gambar 4.9 Performansi Skema DDM dengan $f_d = 0.01$

4.3 Perbandingan Hasil Kinerja Skema DDM dengan Skema Non-DDM pada kanal V2V Rayleigh Fading

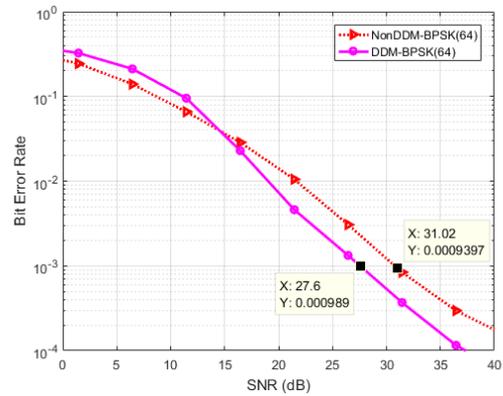
Setelah melihat dari hasil analisis performansi ketiga modulasi dengan penerapan skema DDM pada nilai Doppler yang berbeda, maka pada bab ini akan dibandingkan dengan modulasi skema Non-DDM. Pada Gambar 4.10 merupakan hasil uji kinerja skema DDM untuk setiap kecepatan yang diuji dibandingkan dengan performansi modulasi skema Non-DDM dengan menggunakan modulasi BPSK. BER yang diinginkan pada simulasi sistem ini yaitu 10^{-3} . Kebutuhan nilai SNR pada table 4.5 menunjukkan keempat kondisi kecepatan yang diujikan pada skema DDM dan Non DDM. Untuk $f_d = 0.0008$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 24 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 25.69 dB untuk skema DDM dan 27.81 dB untuk skema Non-DDM, selanjutnya untuk $f_d = 0.0022$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 64 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 27.6 dB untuk skema DDM dan 31.02 dB untuk skema Non-DDM.

Untuk $f_d = 0.005$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 144 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 27.5 dB untuk skema DDM dan 31.68 dB untuk skema Non-DDM dan $f_d = 0.01$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 294 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 28.09 dB untuk skema DDM dan 32.25 dB untuk skema Non-DDM sehingga menunjukkan bahwa modulasi BPSK dengan penerapan

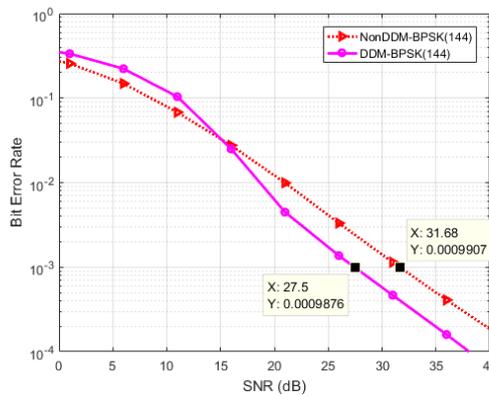
skema DDM memberikan kinerja lebih baik jika dibandingkan dengan modulasi Non-DDM



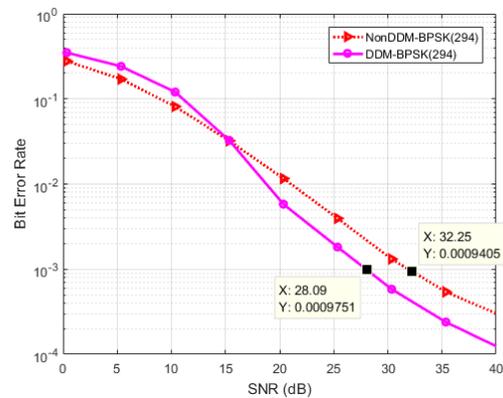
a. Doppler normalisasi 0.0008



b. Doppler normalisasi 0.0022



c. Doppler normalisasi 0.005

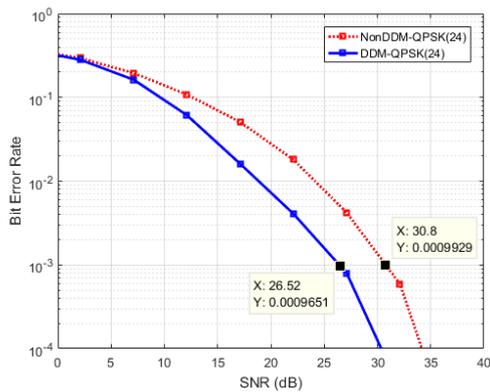


d. Doppler normalisasi 0.01

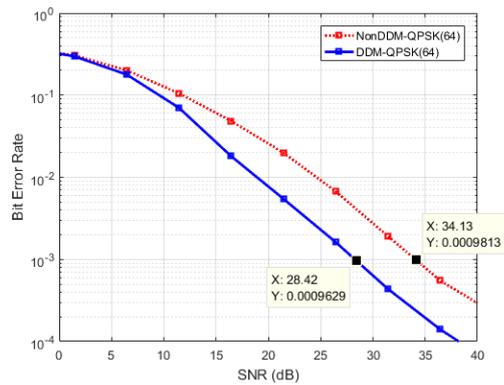
Gambar 4.10 Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi BPSK

Tabel 4.5 Perbandingan Kinerja Modulasi BPSK untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V dengan skema DDM dan Non-DDM

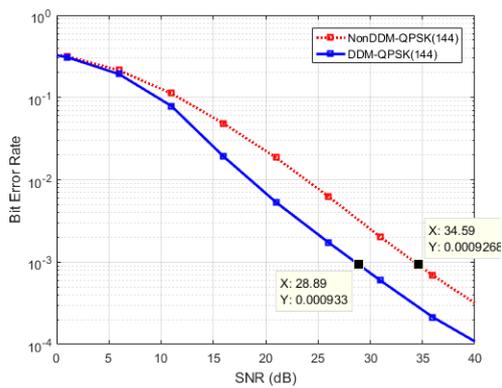
Mode Transmisi BPSK		SNR [dB]	
f_d normalisasi	speed	DDM	Non DDM
0.0008	24 Km/h	25.69	27.81
0.0022	64 Km/h	27.6	31.02
0.0051	144 Km/h	27.5	31.68
0.01	294 Km/h	28.09	32.25



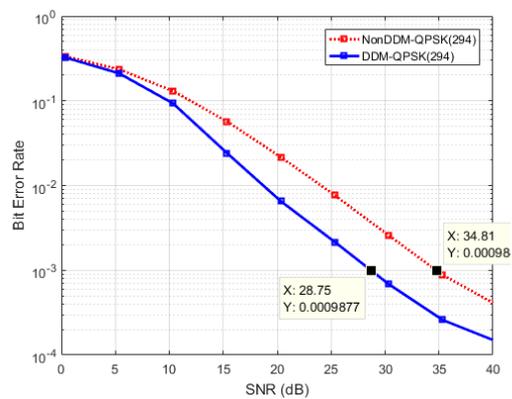
a. Doppler normalisasi 0.0008



b. Doppler normalisasi 0.0022



c. Doppler normalisasi 0.005



d. Doppler normalisasi 0.01

Gambar 4.11 Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi QPSK

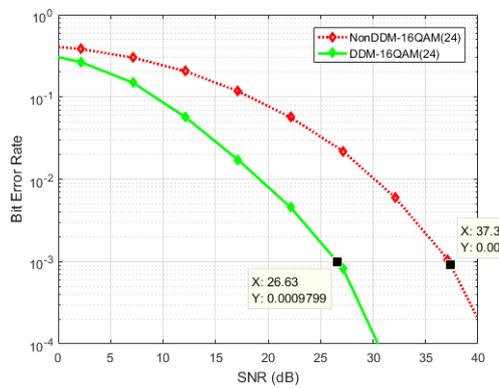
Tabel 4.6 Perbandingan Kinerja Modulasi QPSK untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V dengan skema DDM dan Non-DDM

Mode Transmisi QPSK		SNR [dB]	
f_d normalisasi	speed	DDM	Non DDM
0.0008	24 Km/h	25.52	30.8
0.0022	64 Km/h	27.6	34.13
0.0051	144 Km/h	28.89	34.59
0.01	294 Km/h	28.75	34.81

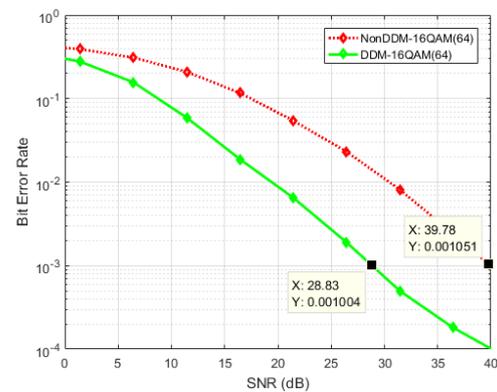
Selanjutnya pada Gambar 4.11 merupakan hasil uji kinerja skema DDM untuk setiap kecepatan yang diuji dibandingkan dengan performansi modulasi skema Non-DDM dengan menggunakan modulasi QPSK. BER yang diinginkan pada simulasi sistem ini yaitu 10^{-3} . Kebutuhan nilai SNR pada table 4.6 menunjukan keempat kondisi kecepatan yang diujikan pada skema DDM dan Non DDM. Untuk

$f_d = 0.0008$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 24 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 25.52 dB untuk skema DDM dan 30.8 dB untuk skema Non-DDM, selanjutnya untuk $f_d = 0.0022$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 64 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 27.6 dB untuk skema DDM dan 34.13 dB untuk skema Non-DDM.

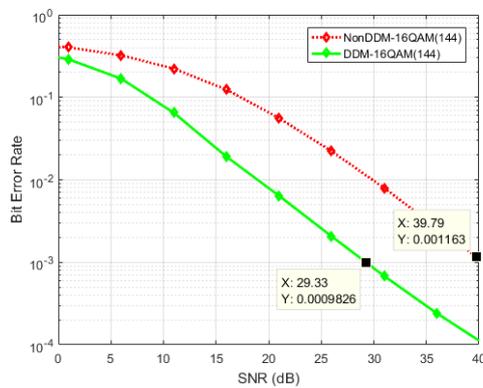
Untuk $f_d = 0.005$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 144 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 28.89 dB untuk skema DDM dan 34.59 dB untuk skema Non-DDM dan $f_d = 0.01$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 294 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 28.75 dB untuk skema DDM dan 34.81 dB untuk skema Non-DDM sehingga menunjukkan bahwa modulasi QPSK dengan penerapan skema DDM masih memberikan kinerja lebih baik jika dibandingkan dengan modulasi Non-DDM



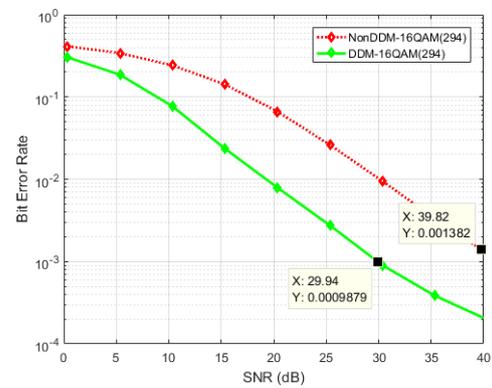
a. Doppler normalisasi 0.0008



b. Doppler normalisasi 0.0022



c. Doppler normalisasi 0.005



d. Doppler normalisasi 0.01

Gambar 4.12 Perbandingan BER Fungsi SNR Skema DMM dan Non-DDM dengan Modulasi 16-QAM

Tabel 4.7 Perbandingan Kinerja Modulasi 16-QAM untuk BER 10^{-3} pada Kanal V2V dengan skema DDM dan Non-DDM

Mode Transmisi 16-QAM		SNR [dB]	
f_d normalisasi	speed	DDM	Non DDM
0.0008	24 Km/h	26.63	37.37
0.0022	64 Km/h	28.83	39.78
0.0051	144 Km/h	29.33	39.79
0.01	294 Km/h	29.94	39.82

Dan terakhir pada Gambar 4.12 merupakan hasil uji kinerja skema DDM untuk setiap kecepatan yang diuji dibandingkan dengan performansi modulasi skema Non-DDM dengan menggunakan modulasi QPSK. BER yang diinginkan pada simulasi sistem ini yaitu 10^{-3} . Kebutuhan nilai SNR pada table 4.7 menunjukkan keempat kondisi kecepatan yang diujikan pada skema DDM dan Non DDM. Untuk $f_d = 0.0008$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 24 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 26.63 dB untuk skema DDM dan 37.37 dB untuk skema Non-DDM, selanjutnya untuk $f_d = 0.0022$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 64 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 28.83 dB untuk skema DDM dan 39.78 dB untuk skema Non-DDM.

Untuk $f_d = 0.005$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 144 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 29.33 dB untuk skema DDM dan 39.79 dB untuk skema Non-DDM dan $f_d = 0.01$ yang setara dengan kecepatan kendaraan 294 km/h membutuhkan nilai SNR sebesar 29.94 dB untuk skema DDM dan 39.82 dB untuk skema Non-DDM sehingga menunjukkan bahwa modulasi 16-QAM dengan penerapan skema DDM masih memberikan kinerja lebih baik jika dibandingkan dengan modulasi Non-DDM

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Performansi modulasi skema DDM jika dibandingkan dengan modulasi Non-DDM, dari segi kebutuhan SNR dengan target BER 10^{-3} , modulasi dengan menerapkan skema DDM menunjukkan hasil lebih baik dibandingkan modulasi Non-DDM
2. Nilai Doppler normalisasi yang semakin besar akan mempengaruhi konstelasi sinyal pada penerima, sehingga SNR yang dibutuhkan semakin besar untuk mencapai konstelasi sinyal yang diinginkan agar mengurangi kesalahan *mapping*.
3. Nilai frekuensi Doppler normalisasi memberikan pengaruh pada persentase penggunaan modulasi BPSK, QPSK, dan 16-QAM. Semakin besar nilai frekuensi Doppler maka probabilitas penggunaan modulasi BPSK semakin besar dikarenakan modulasi BPSK membutuhkan SNR yang lebih kecil jika dibandingkan dengan kedua modulasi lain.
4. 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.
5. Penentuan modulasi skema DDM 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.
6. Modulasi dengan skema DDM memiliki kinerja yang lebih baik dikarenakan sebelum dikirimkan ditambahkan korektor (j) yang mewakili pengaruh Doppler pada frame sehingga pada saat diterima korekter tersebut saling meniadakan dengan pengaruh Doppler yang dibawa dalam proses transmisi

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang sudah disebutkan, saran yang dapat diberikan penulis untuk pengembangan penelitian lebih lanjut antara lain sebagai berikut :

1. Diperlukan pengembangan Skema DDM yang diterapkan masih bersifat manual dengan mencoba modulasi berdasarkan acuan dari IEEE 802.11p, penambahan atau kombinasi bisa diterapkan dengan melihat respon kanal terhadap pengaruh Doppler
2. Penambahan *error correction* atau *channel coding* juga perlu ditambahkan untuk mendeteksi dan mengoreksi error tanpa harus meminta pengirim mengirimkan ulang data
3. Implementasi skema DDM pada sistem OFDM dilingkungan VANET dengan $f_d = 0.01$, sepertinya perlu dipertimbangkan lagi karena pada simulasi menunjukkan bahwa peningkatan perbaikan terhadap pengaruh Doppler tidak terlalu signifikan dengan 2 kondisi sebelumnya sekitar 3dB.

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 Project V Final Report*. U.S.: Rep. DOT HS 810, 2006
- [3] Feukeu EA, Djouani K, Kurien A. "Doppler Effect Analysis and Modulation Code Derivation". 7th IST-AWSN. *Procedia Computer Science* 10 (2012) 1032-1038
- [4] Feukeu EA, Djouani K, Kurien A ." Compensating the effect of Doppler shift in a vehicular network", *AFRICON*,9-12 Sept 2013
- [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 Shift Mitigation in a VANET using an IDDM Approach", *Springer-Verlag Berlin Heidelberg* 2016
- [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] C. Wang and X. Cheng, "Vehicle-to-Vehicle Channel Modeling and Measurements : Recent Advances and Future Challenges", *IEEE Communications Magazine*, Vol.47, Issues 11, pp. 96-103, 2009.
- [10] C. College and R. Korea, "Doppler Effect on V2I Path Loss and V2V Channel Models," *International Conference on Information and Communication Convergence*, no. 1, pp. 898-902, 2016.
- [11] F. Dressler, C. Sommer, D. Eckhoff, and O. K. Tonguz, "Models, Techniques, and Pitfalls," no. SEPTEMBER 2011, pp. 43-51.
- [12] D. Denteneer, X. P. Costa, and N. E. C. L. Europe, "The IEEE 802.11 Universe," no. January, pp. 62-70, 2010.

- [13] Cho, Yong Soo, Jaekwon Kim, Won Young Yang, Chung-Gu Kang, MIMO OFDM Wireless Communication with MATLAB. John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, Singapore, 2010.
- [14] C. F. Mecklenbr, "Implementation of IEEE 802 . 11p Physical Layer Model in SIMULINK." Master's thesis, Vienna University of Technology Institute of Communication and Radio-Frequency Engineering, 2010.
- [15] Titiek Suryani, Gamantyo Hendrantoro, "ICI Mitigation with CFO compensation for OFDM in Mobile-to-Mobile Channel," ICTC 2011, Seoul, South Korea
- [16] Alenka Zajic. "Mobile-to-Mobile Wireless Channels." 2013. Artech House. Boston. London.
- [17] 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.
- [18] Xiaoyi Tang, Mohamed Slim Alouni, "Effect of Channel Estimation Error on M-QAM BER Perfomance in Rayleigh Fading," IEEE Transsaction On Communication Vol. 47 No. 12, December 1999. pp. 1856-1864.
- [19] Proakis, John. G, Salehi Masoud, Digital Communication Fifth Edition, Mc Graw-Hill Higher Education. 2008.
- [20] Y.S. Cho, J. Kim, and W.Y. Yang, MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB, John Wiley and Sons, Inc., Singapore, 2010.
- [21] S. Yoo, "An improved temporal correlation model for vehicle-to-vehicle channels with moving scatterers", URSI Asia-Pacific Radio Science Conference, p. 2, 2016,.
- [22] X. Liang, W. Cao, and X. Zhao, "Doppler Power Spectra for 3D Vehicle-to-Vehicle Channelswith Moving Scatterers", IEEE Access, Vol. 6,pp. 42822–42828, 2018.
- [23] S. Yoo and K. Kim, "Closed-Form Doppler Spectra for Vehicle-to-Vehicle Channels in the Presence of Roadside Scatterers", IEEE Communication. Letter, Vol. 23, No. 1, pp. 136– 139, 2018.
- [24] Iulia Ivan. Philippe Besnier. Matthieu Crussiére. and M hamed Drissi. "Physical Layer Performance Analysis of V2V Communications in High Velocity Context." IEEE. 2009.

LAMPIRAN

LISTING PROGRAM

```
%=====
%                               PERFORMANCE DDM Method WITH V2V CHANNEL                               %
%=====
% Author          : Muhammad Ardi Rahmadiansyah                                     %
% NIM             : 07111650030012                                                 %
% Advisor         : Dr.Ir.Titiek Suryani,M.T.                                     %
%=====

clear all; clf; clc; close all;
% rng('default')
%=====
%                               PARAMETER OFDM                               %
%=====

iter=50;
jofdm=6000;                               % simbol OFDM
Nsc=64;                                   % jumlah subcarrier
Nifft=64;                                  % jumlah Nifft
CP = 0.25;
guard= CP*Nifft;
deltaFsubcarrier= 156.25;                 % IEEE 802.11p
f1=0.0008;                                % normalisasi
(0.0022;0.002;0.01)
f2=f1;                                    % normalisasi
T=1;                                       % periode 1 simbol
state=1;
%=====
%                               VEHICLE TO VEHICLE RAYLEIGH FADING CHANNEL                               %
%=====

N=8;                                       %jumlah scatter transmitter
M=8;                                       %jumlah scatter 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);
phinm = -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));                          % T=1,asumsi hanya panjang sinyal OFDM
tanpa CP
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)));
y=y/max(abs(y));
yyy=abs(y);
yym=reshape(yyy,Nifft+guard,[]); % real
yy=yym((Nifft+guard)/2,:);
% mencari nilai sudut kanal
ayym=reshape(y,Nifft+guard,[]);
ayy=ayym((Nifft+guard)/2,:);
aayy=angle(ayy);
angyy=ones(Nsc,1)*exp(-j*aayy);

% energi simbol untuk Rayleigh fading
Ey=mean(yyy.^2);
EydB=10*log10(Ey);
end
%=====
%          MODULASI   BPSK-NonDDM
%
%=====
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
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]);
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(49:64,:);ofdm];
%paralel to serial
ofdmTx=reshape(ofdm_cp,1,[]); % paralel to serial

% _____ wireless channel
ofdmRx=ofdmTx.*y;

% EydB=0; %on kalau kanal ideal awgn

snr=EydB:5:50;

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,[]); % serial to paralel (
Nifft baris)
% 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 sebnayak 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

```

```

        end
    end

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

%=====
%           MODULASI   QPSK-NonDDM           %
%=====
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
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);
%add cp                                     % sebanyak Nifft baris

```

```

ofdm_cpq=[ofdm_q(49:64,:);ofdm_q];
ofdmTx_q=reshape(ofdm_cpq,1,[]); % paralel to serial

% _____ wireless channel
ofdmRx_q=ofdmTx_q.*y;

% REydB=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

```

```

%=====
%           MODULASI 16-QAM-NonDDM           %
%=====
for k=1:length(yy)
    if yy(k)<=0.5
        yy_16(k)=4;
    elseif yy(k)<=1
        yy_16(k)=4;
    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(49:64,:);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,[]); % serial to
paralel ( Nifft baris)
%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

%=====
% MODULASI BPSK-DDM %
%=====
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(49:64,:);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(Nifft+guard),state);
%% EKUALISASI EFEK KANAL

```

```

ofdmRxn_av1=ofdmRxn_av./yyy;
% _____ OFDM Rx
spp_av=reshape(ofdmRxn_av1,Nifft+guard,[]); % serial to
paralel ( Nifft baris)
% remove CP
spp_no_cpav=spp_av(guard+1:Nifft+guard,:);
ofdm_rx_av=fft(spp_no_cpav,Nifft);
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
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_DDM(1,mm)=ber_av;
end

%=====
%          MODULASI QPSK-DDM          %
%=====
for k=1:length(yy)
    if yy(k)<=0.35
        yy_av2(k)=1;
    elseif yy(k)<=0.6
        yy_av2(k)=2;
    else
        yy_av2(k)=4;
    end
end

```

```

end

%% _____ bangkitkan bit info
sumi_av2=(yy_av2*Nsc);
aku_av2=conv(ones(1,length(sumi_av2)),sumi_av2);
aku_av22=aku_av2(1,1:length(sumi_av2));
ba=[1 aku_av22(1,1:length(sumi_av2)-1)+1];
bb=aku_av22;
babb=[ba;bb];
jbit_av2=sum(sumi_av2);
bit_av2=randint(1,jbit_av2,[0 1]);

% _____ MODULASI BPSK , QPSK , 16 QAM
for ii=1:length(yy);
    if yy_av2(ii)==1
        modbpsk_av2=2*bit_av2(ba(ii):bb(ii))-1;
        sps_av2=modbpsk_av2;
    elseif yy_av2(ii)==2;
        modqpsk_av2=reshape(2*bit_av2(ba(ii):bb(ii))-1,2,[]);
qpsk_av2=(1/sqrt(2))*(modqpsk_av2(1,:)+i*modqpsk_av2(2,:));
        sps_av2=qpsk_av2;
    else
        modqam_av2=reshape(bit_av2(ba(ii):bb(ii)),4,[]);
        xI1=2*modqam_av2(1,:)-1;
        xI2=2-(2*modqam_av2(2,:)-1);
        xQ1=2*modqam_av2(3,:)-1;
        xQ2=2-(2*modqam_av2(4,:)-1);
        xI=xI1.*xI2;xQ=xQ1.*xQ2;
        qam_av2=(1/sqrt(10))*(xI+j*xQ);
        sps_av2=qam_av2;
    end
    sp_av2(:,ii)=sps_av2.';
end

% _____ OFDM Tx
ofdm_av2=ifft(sp_av2,Nifft); % sebanyak Nifft baris
% add cp
ofdm_cpav2=[ofdm_av2(49:64,:);ofdm_av2];
ofdmTx_av2=reshape(ofdm_cpav2,1,[]); % paralel to serial

% _____ wireless channel
ofdmRx_av2=ofdmTx_av2.*y;

% EydB=0; %on kalau kanal ideal awgn

for mm=1:length(snr)
ofdmRxn_av2=awgn(ofdmRx_av2,snr(mm),-EydB-
10*log10(Nifft+guard),state);
%% EKUALISASI EFEK KANAL
ofdmRxn_av12=ofdmRxn_av2./yyy;
% _____ OFDM Rx
spp_av2=reshape(ofdmRxn_av12,Nifft+guard,[]); % serial to
paralel ( Nifft baris)
% remove CP

```

```

spp_no_cpav2=spp_av2(guard+1:Nifft+guard,:);
ofdm_rx_av2=fft(spp_no_cpav2,Nifft);
ofdm_r_av2=ofdm_rx_av2(1:Nsc,:);           % baris sebnayak
subcarrier
ofdm_r_av2=ofdm_r_av2.*angyy;           % perkalian fasa

% _____ DEMODULASI
dataE_av=[];
for ii=1:length(yy)
    if yy_av2(ii)==1
        demod_av2=sign(real(ofdm_r_av2(:,ii)));
    else if yy_av2(ii)==2
        dR=sign(real(ofdm_r_av2(:,ii)));
        dI=sign(imag(ofdm_r_av2(:,ii)));
        modqpsk_av2=[dR';dI'];
        demod_av2=reshape(modqpsk_av2,1,[]);
    else
        b1=(1+sign(real(ofdm_r_av2(:,ii))))/2;
        b2=-sign(sqrt(10)*abs(real(ofdm_r_av2(:,ii)))-2);
        b3=(1+sign(imag(ofdm_r_av2(:,ii))))/2;
        b4=-sign(sqrt(10)*abs(imag(ofdm_r_av2(:,ii)))-2);
        modqam_av2=[b1';b2';b3';b4'];
        demod_av2=reshape(modqam_av2,1,[]);
    end
end
end
dataE_av2(1,ba(ii):bb(ii))=demod_av2;
end

for ki=1:length(dataE_av2)
    if dataE_av2(1,ki)<=0
        bitE_av2(1,ki)=0;
    else
        bitE_av2(1,ki)=1;
    end
end

[numav2,ber_av2]=biterr(bit_av2,bitE_av2);
BER_DDM2(1,mm)=ber_av2;
end

%=====
%          MODULASI 16QAM-DDM          %
%=====
for k=1:length(yy)
    if yy(k)<=0.45
        yy_av3(k)=1;
    elseif yy(k)<=0.7
        yy_av3(k)=2;
    else
        yy_av3(k)=4;
    end
end
sumi_av3=(yy_av3*Nsc);
aku_av3=conv(ones(1,length(sumi_av3)),sumi_av3);
aku_av23=aku_av3(1,1:length(sumi_av3));
ba=[1 aku_av23(1,1:length(sumi_av3)-1)+1];
bb=aku_av23;

```

```

babb=[ba;bb];
jbit_av3=sum(sumi_av3);
bit_av3=randint(1,jbit_av3,[0 1]);

% _____ MODULASI BPSK , QPSK , 16 QAM
for ii=1:length(yy);
    if yy_av3(ii)==1
        modbpsk_av3=2*bit_av3(ba(ii):bb(ii))-1;
        sps_av3=modbpsk_av3;
    elseif yy_av3(ii)==2;
        modqpsk_av3=reshape(2*bit_av3(ba(ii):bb(ii))-1,2,[]);

qpsk_av3=(1/sqrt(2))*(modqpsk_av3(1,:)+i*modqpsk_av3(2,:));
    sps_av3=qpsk_av3;
    else
        modqam_av3=reshape(bit_av3(ba(ii):bb(ii)),4,[]);
        xI1=2*modqam_av3(1,:)-1;
        xI2=2-(2*modqam_av3(2,:)-1);
        xQ1=2*modqam_av3(3,:)-1;
        xQ2=2-(2*modqam_av3(4,:)-1);
        xI=xI1.*xI2;xQ=xQ1.*xQ2;
        qam_av3=(1/sqrt(10))*(xI+j*xQ);
        sps_av3=qam_av3;
    end
    sp_av3(:,ii)=sps_av3.';
end
% _____ OFDM Tx
ofdm_av3=ifft(sp_av3,Nifft); % sebanyak Nifft baris
% add cp
ofdm_cpav3=[ofdm_av3(49:64,:);ofdm_av3];
ofdmTx_av3=reshape(ofdm_cpav3,1,[]); % paralel to serial
% _____ wireless channel
ofdmRx_av3=ofdmTx_av3.*y;
% EydB=0; %on kalau kanal ideal awgn
for mm=1:length(snr)
ofdmRxn_av3=awgn(ofdmRx_av3,snr(mm),-EydB-
10*log10(Nifft+guard),state);
%% EKUALISASI EFEK KANAL
ofdmRxn_av13=ofdmRxn_av3./yyy;
% _____ OFDM Rx
spp_av3=reshape(ofdmRxn_av13,Nifft+guard,[]); % serial to
paralel ( Nifft baris)
% remove CP
spp_no_cpav3=spp_av3(guard+1:Nifft+guard,:);
ofdm_rx_av3=fft(spp_no_cpav3,Nifft);
ofdm_r_av3=ofdm_rx_av3(1:Nsc,:); % baris sebanyak
subcarrier
ofdm_r_av3=ofdm_r_av3.*angyy; % perkalian fasa
% _____ DEMODULASI
dataE_av3=[];
for ii=1:length(yy)
    if yy_av3(ii)==1
        demod_av3=sign(real(ofdm_r_av3(:,ii)));
    else if yy_av3(ii)==2
        dR=sign(real(ofdm_r_av3(:,ii)));
        dI=sign(imag(ofdm_r_av3(:,ii)));
        modqpsk_av3=[dR';dI'];
    end
end

```

```

        demod_av3=reshape(modqpsk_av3,1,[]);
    else
        b1=(1+sign(real(ofdm_r_av3(:,ii))))/2;
        b2=-sign(sqrt(10)*abs(real(ofdm_r_av3(:,ii)))-2);
        b3=(1+sign(imag(ofdm_r_av3(:,ii))))/2;
        b4=-sign(sqrt(10)*abs(imag(ofdm_r_av3(:,ii)))-2);
        modqam_av3=[b1';b2';b3';b4'];
        demod_av3=reshape(modqam_av3,1,[]);
    end
end
end
    dataE_av3(1,ba(ii):bb(ii))=demod_av3;
end

for ki=1:length(dataE_av3)
    if dataE_av3(1,ki)<=0
        bitE_av3(1,ki)=0;
    else
        bitE_av3(1,ki)=1;
    end
end
[numav3,ber_av3]=biterr(bit_av3,bitE_av3);
BER_DDM3(1,mm)=ber_av3;
end
figure
%semilogy(snr+EydB,BER_BPSK,'>r','linewidth',2,'MarkerSize',5)
%hold on
%semilogy(snr+EydB,BER_QPSK,'square:r','linewidth',2,'MarkerSize',5)
%hold on
%semilogy(snr+EydB,BER_QAM,'diamond:r','linewidth',2,'MarkerSize',5)
%hold on
semilogy(snr+EydB,BER_BPSK-DDM,'o-m','linewidth',2,'MarkerSize',5)
hold on;
semilogy(snr+EydB,BER_QPSK-DDM,'s-b','linewidth',2,'MarkerSize',5)
hold on;
semilogy(snr+EydB,BER_16QAM-DDM,'diamond-
g','linewidth',2,'MarkerSize',5)
hold on;
grid on

xlabel('SNR (dB)');ylabel('Bit Error Rate');
axis([0 40 0.0001 1])

legend('DDM-BPSK','DDM-QPSK','DDM-16QAM');
legend('NonDDM-BPSK (24)','DDM-BPSK (24)');

```

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis telah menyelesaikan pendidikan jenjang S1 Di Universitas Mercu Buana Jakarta dengan jurusan Teknik Elektro, lulus pada Agustus 2016 dan terdaftar sebagai mahasiswa Program Pasca Sarjana Program Strata Dua (S2) di tahun yang sama pada Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Penulis telah mengikuti Ujian Tesis pada 7 Juli 2020 sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T).

Nama : Muhammad Ardi Rahmadiansyah
Alamat : Betengsari RT 006 RW 001 Kertek, Wonosobo
Tempat, tgl lahir : Pasuruan, 15 Mei 1990
Email : jr.mochdie@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

1. SD Penawaja Tegal (1996-2002)
2. SMP Negeri 5 Kota Tegal (2002-2005)
3. SMK Telkom Purwokerto (2005-2008)
4. Universitas Mercu Buana Jakarta (2009-2016)
5. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya (ITS) (2016-2020)