

**SIMULASI SISTEM KEAMANAN BERBASIS *DNA* PADA
TEKNOLOGI *HIPERLAN/2***

SKRIPSI

Oleh :

AJI TEGUH PRIHATNO

04 04 03 004Y



**DEPARTEMEN ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**SIMULASI SISTEM KEAMANAN BERBASIS *DNA* PADA
TEKNOLOGI *HIPERLAN/2***

SKRIPSI

Oleh :

AJI TEGUH PRIHATNO
04 04 03 004Y



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

SIMULASI SISTEM KEAMANAN BERBASIS *DNA* PADA JARINGAN *HIPERLAN/2*

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Maret 2008

Aji Teguh Prihatno

NPM 04 04 03 004Y

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

SIMULASI SISTEM KEAMANAN BERBASIS *DNA* PADA JARINGAN *HIPERLAN/2*

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian skripsi.

Dosen Pembimbing 1,

Muhammad Suryanegara,ST.MSc

NIK 040 705 018 9

Depok, Maret 2008

Dosen Pembimbing 2,

Prof.Dr.Ir.Dadang Gunawan,M.Eng

NIP 131 475 421

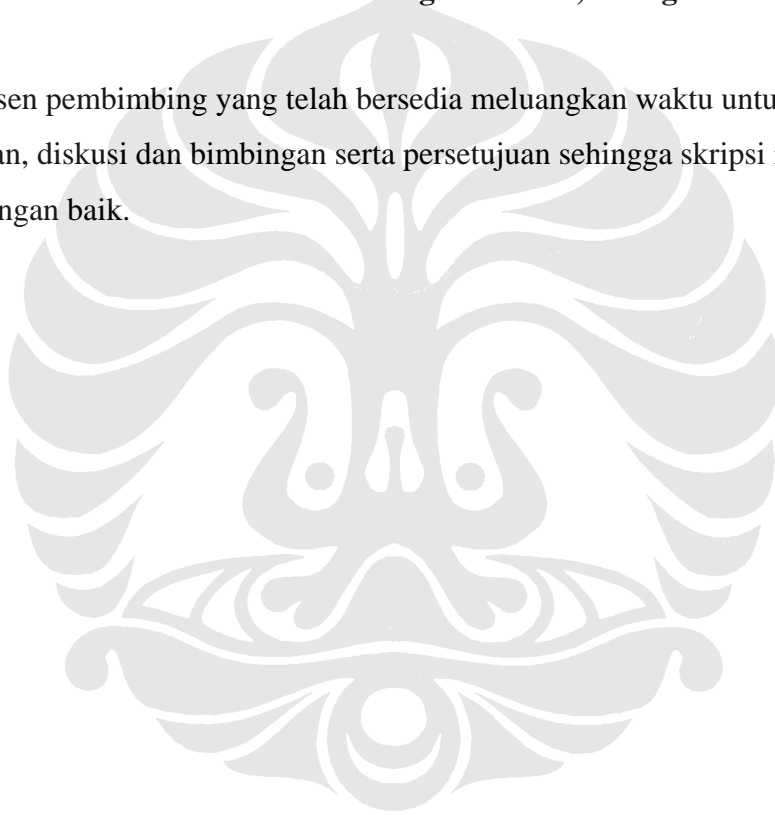
UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Muhammad Suryanegara, ST, M.Sc

Prof.Dr.Ir. Dadang Gunawan,M.Eng

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



Aji Teguh Prihatno
NPM 04 04 03 004Y
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
Muhammad Suryanegara, ST, MSc.
Prof.Dr.Ir. Dadang Gunawan,M.Eng

SIMULASI SISTEM KEAMANAN BERBASIS *DNA* PADA TEKNOLOGI *HIPERLAN/2*

ABSTRAK

Kebutuhan terhadap teknologi komunikasi *mobile broadband* mengalami perkembangan yang pesat dewasa ini, menempatkan tuntutan baru pada *wireless local area networks (WLANs)*. Untuk menjawab kebutuhan ini, *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)* mengembangkan standar *HIPERLAN/2 (High Performance Radio Local Area Network Type 2)*. Aplikasi-aplikasi dari *HIPERLAN/2* diharapkan mampu memenuhi kebutuhan akan standar keamanan tinggi (*secure application*), seperti misalnya *m-banking* dan *m-commerce*.

DNA (Deoxyribonucleic Acid) diyakini sebagai karakter *biometric* yang mempunyai kemungkinan duplikasi nol, sehingga dapat menjadi parameter identifikasi manusia yang handal dalam mendukung *secure application* karena *DNA* banyak digunakan pada berbagai aplikasi keamanan yang kompleks dan mahal.

Skripsi ini menganalisis aplikasi keamanan berbasis *DNA* untuk diterapkan pada teknologi *HIPERLAN/2* dan memusatkan pada 3 (tiga) jenis modulasi berbasis *OFDM*, yaitu *64-QAM*, *16-QAM*, dan *BPSK* dengan kanal *AWGN* dan *Rayleigh Fading* dalam proses transmisi data *DNA*. Proses simulasi dilakukan dengan memvariasikan besar dari *SNR* dari 1 dB hingga 30 dB, serta memvariasikan besar frekuensi Doppler pada kanal *Rayleigh*. Selanjutnya, proses verifikasi dilakukan pada sisi penerima (*receiver*). Algoritma verifikasi dapat membentuk matriks profil biologis *DNA* manusia.

Analisis unjuk kerja simulasi dengan menginvestigasi parameter *Bit Error rate (BER)*, *Num Error*, *Signal to Noise Ratio (SNR)*, frekuensi Doppler, dan tingkat toleransi kesalahan verifikasi saat data *DNA* melewati kanal *AWGN* atau *Rayleigh* pada teknologi *HIPERLAN/2*. Analisis hasil simulasi menunjukkan jika dibandingkan dengan modulasi *64-QAM*, *16-QAM*, dan *BPSK*, maka modulasi *BPSK* memiliki performa yang paling buruk, sedangkan *64-QAM* pada *HIPERLAN/2* memiliki performa yang paling baik.

Kata kunci : *DNA, secure application, HIPERLAN/2.*

Aji Teguh Prihatno
NPM 04 04 03 004Y
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
Muhammad Suryanegara, ST, MSc.
Prof.Dr.Ir. Dadang Gunawan,M.Eng

**SECURE APPLICATION SIMULATION OF *DNA* BASED
ON *HIPERLAN/2* TECHNOLOGY**

ABSTRACT

The need for mobile broadband communications technology has increased rapidly recent years, placing new demands for local area networks (WLANs). To answer these needs, European Telecommunications Standards Institute (ETSI) is working on *HIPERLAN/2* (High Performance Radio Local Area Network Type 2).

Applications from *HIPERLAN/2* can fulfil high standard security, such m-banking and m-commerce. *DNA* believed as a biometric character which has zero duplication probability, with the result of that, it can be a trade on human identification parameter to support secure application because many of *DNA* used for various expensive and complex secure applications.

This minithesis analyse secure application based *DNA* applied for *HIPERLAN/2* technology and concentrate on 3 (three) kinds of modulations based on *OFDM*. There are 64-QAM, 16-QAM, and BPSK with AWGN or Rayleigh Fading Channels in processing *DNA* data transmission. The simulation process starting from variating SNR from 5 dB to 30 dB, and also variating Doppler frequency to Rayleigh Channels from 17 Hz to 300 Hz. Furthermore, verification process was set in receiver port. Verification algorithm formed human *DNA* biology profile matrix.

The work performance can be analysed by investigating Bit Error rate (BER), Num Error, Signal to Noise Ratio (SNR), Doppler Frequency, and false toleration levels verification while *DNA* through AWGN or Rayleigh Channels on *HIPERLAN/2* technology paramaters. The result of simulations show the best performance on *HIPERLAN/2*, from comparison among 64-QAM, 16-QAM, and BPSK is 64-QAM modulation.

Keywords : *DNA*, secure application, *HIPERLAN/2*

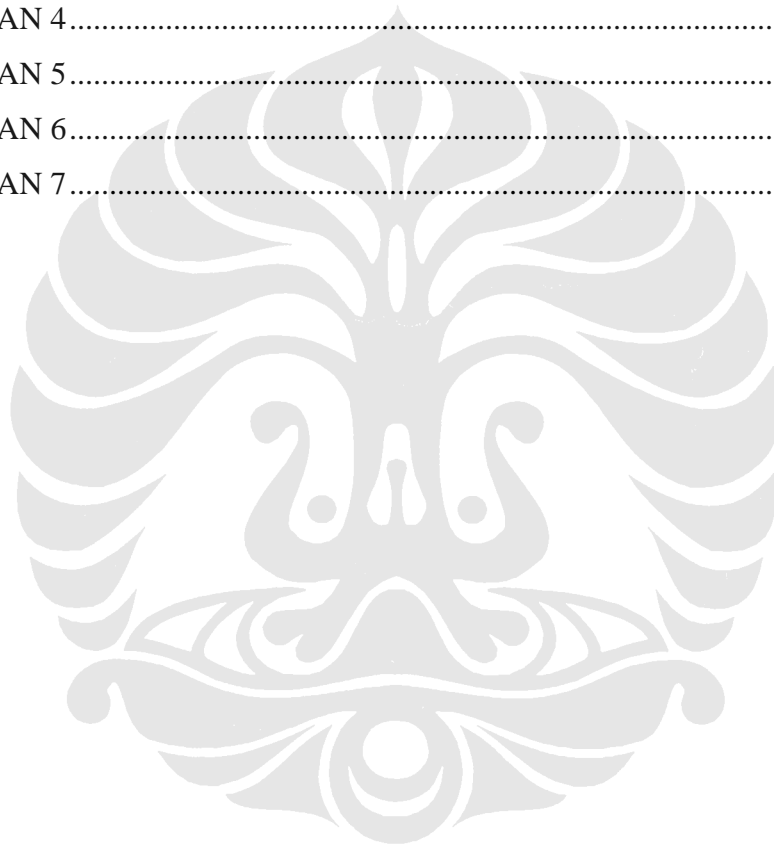
DAFTAR ISI

PENGESAHAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
BAB 1 PENDAHULUAN	18
1.1 LATAR BELAKANG.....	18
1.2 TUJUAN	20
1.3 BATASAN MASALAH	20
1.4 SISTEMATIKA PENULISAN	20
BAB 2 DNA SEBAGAI BASIS IDENTIFIKASI <i>SECURE APPLICATION</i>	22
2.1. DNA (Deoxyribonucleic Acid)	22
2.2. <i>CODIS</i> -13 Sebagai Dasar Identifikasi Manusia.....	25
2.2.1. Sistem Forensik <i>CODIS</i>	25
2.2.2. STR Pada 13 Lokus.....	26
2.3. ARSITEKTUR APLIKASI SISTEM KEAMANAN PADA HIPERLAN.....	27
BAB 3 KONFIGURASI <i>HIPERLAN/2</i>	30
3.1. <i>HIPERLAN/2</i>	30
3.1.1. Bagan <i>HIPERLAN/2</i>	33
3.1.2. Keunggulan <i>HIPERLAN/2</i>	43
3.2. <i>HIPERLAN/2</i> DENGAN MODULASI <i>QUADRATURE AMPLITUDE</i> <i>MODULATION (QAM)</i>	45
3.2.1. <i>HIPERLAN/2</i> Dengan Modulasi 64- <i>QAM</i>	48
3.2.2. <i>HIPERLAN/2</i> Dengan Modulasi 16- <i>QAM</i>	49
3.3. <i>HIPERLAN/2</i> DENGAN MODULASI BINARY PHASE SHIFT KEYING (BPSK) 50	
BAB 4 ANALISIS TRANSMISI DATA <i>DNA</i> PADA JARINGAN <i>HIPERLAN/2</i> MODULASI 64- <i>QAM</i> , 16- <i>QAM</i> , DAN <i>BPSK</i>	51
4.1. SKENARIO SIMULASI <i>PHYSICAL LAYER</i>	51
4.2. Analisis pada transmisi modulasi 64- <i>QAM</i>	56
4.2.1. Analisis Transmisi pada Kanal <i>AWGN</i>	56

4.2.2. Analisis Transmisi pada Kanal <i>Rayleigh fading</i>	59
4.2.3. Analisis Rekonstruksi <i>DNA</i>	64
4.3. Analisis pada transmisi modulasi 16- <i>QAM</i>	66
4.3.1. Analisis transmisi pada kanal <i>AWGN</i>	66
4.3.2. Analisis Transmisi pada Kanal <i>Rayleigh Fading</i>	69
4.3.3. Analisis Rekonstruksi <i>DNA</i>	69
4.4. Analisis pada transmisi modulasi <i>BPSK</i>	70
4.4.1. Analisis transmisi pada kanal <i>AWGN</i>	70
4.4.2. Analisis Transmisi pada Kanal <i>Rayleigh fading</i>	73
4.5. Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Tiga Modulasi	75
BAB 5 KESIMPULAN.....	78
LAMPIRAN 4.....	96
LAMPIRAN 5.....	98
LAMPIRAN 6.....	100
LAMPIRAN 7.....	102
 SIMULASI SISTEM KEAMANAN BERBASIS <i>DNA</i> PADA TEKNOLOGI	
<i>HIPERLAN/2</i>	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
PENGESAHAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR ISTILAH	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	18
1.1 LATAR BELAKANG	18

1.2	TUJUAN	20
1.3	BATASAN MASALAH	20
1.4	SISTEMATIKA PENULISAN	20
BAB 2 DNA SEBAGAI BASIS IDENTIFIKASI <i>SECURE APPLICATION</i>		22
2.1.	DNA (Deoxyribonucleic Acid)	22
2.2.	<i>CODIS-13</i> Sebagai Dasar Identifikasi Manusia	25
2.2.1.	Sistem Forensik <i>CODIS</i>	25
2.2.2.	STR Pada 13 Lokus	26
2.3.	ARSITEKTUR APLIKASI SISTEM KEAMANAN PADA HIPERLAN. 27	
BAB 3 KONFIGURASI <i>HIPERLAN/2</i>		30
3.1.	<i>HIPERLAN/2</i>	30
3.1.1.	Bagan <i>HIPERLAN/2</i>	33
3.1.2.	Keunggulan <i>HIPERLAN/2</i>	43
3.2.	<i>HIPERLAN/2</i> DENGAN MODULASI <i>QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION (QAM)</i>	45
3.2.1.	<i>HIPERLAN/2</i> Dengan Modulasi 64- <i>QAM</i>	48
3.2.2.	<i>HIPERLAN/2</i> Dengan Modulasi 16- <i>QAM</i>	49
3.3.	<i>HIPERLAN/2</i> DENGAN MODULASI BINARY PHASE SHIFT KEYING (BPSK)	50
BAB 4 ANALISIS TRANSMISI DATA DNA PADA JARINGAN <i>HIPERLAN/2</i> MODULASI 64- <i>QAM</i> , 16- <i>QAM</i> , DAN <i>BPSK</i>		51
4.1.	SKENARIO SIMULASI <i>PHYSICAL LAYER</i>	51
4.2.	Analisis pada transmisi modulasi 64- <i>QAM</i>	56
4.2.1.	Analisis Transmisi pada Kanal <i>AWGN</i>	56
4.2.2.	Analisis Transmisi pada Kanal <i>Rayleigh fading</i>	59
4.2.3.	Analisis Rekonstruksi <i>DNA</i>	64
4.3.	Analisis pada transmisi modulasi 16- <i>QAM</i>	66
4.3.1.	Analisis transmisi pada kanal <i>AWGN</i>	66
4.3.2.	Analisis Transmisi pada Kanal <i>Rayleigh Fading</i>	69
4.3.3.	Analisis Rekonstruksi <i>DNA</i>	69

4.4. Analisis pada transmisi modulasi <i>BPSK</i>	70
4.4.1. Analisis transmisi pada kanal <i>AWGN</i>	70
4.4.2. Analisis Transmisi pada Kanal <i>Rayleigh fading</i>	73
4.5. Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Tiga Modulasi	75
BAB 5 KESIMPULAN	78
DAFTAR ACUAN	79
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN 4.....	96
LAMPIRAN 5.....	98
LAMPIRAN 6.....	100
LAMPIRAN 7.....	102

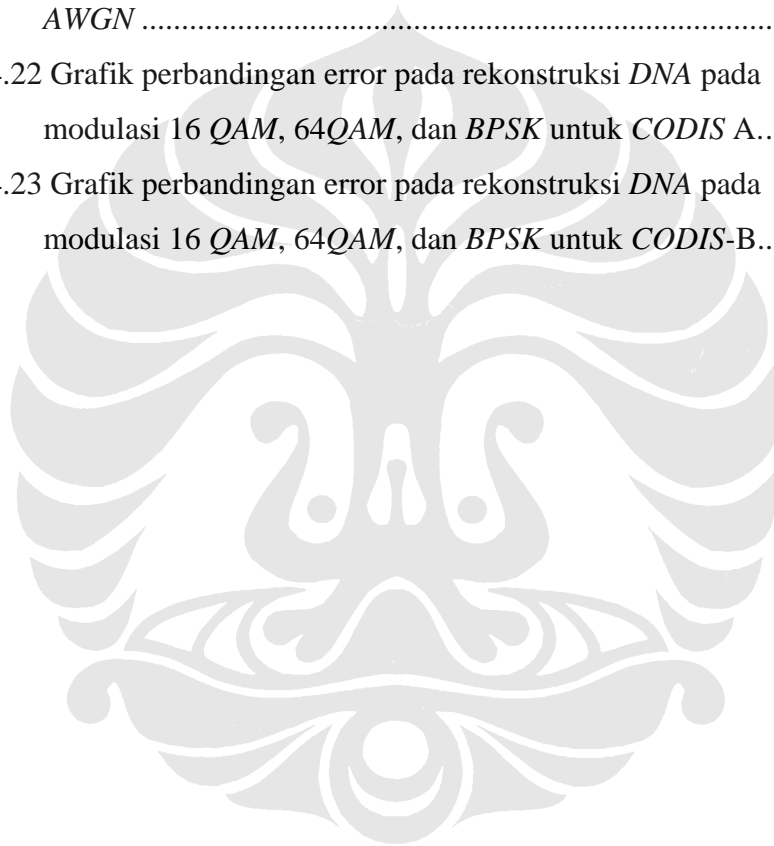


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta hierarki <i>Gen</i> [3]	22
Gambar 2.2 Deretan basa nucleotide [3].....	23
Gambar 2.3 Ilustrasi kromosom dan contoh lokus pada kromosom nomor 22 [4].....	24
Gambar 3.1 Layer pada <i>HIPERLAN/2</i> [8]	31
Gambar 3.2 Jaringan <i>HIPERLAN/2</i> [9].....	32
Gambar 3.3 Skema <i>HIPERLAN/2</i> modulasi <i>QAM</i> [16].....	33
Gambar 3.5 Skema <i>HIPERLAN/2</i> modulasi 16- <i>QAM</i> dengan <i>Rayleigh</i> <i>Fading</i> hasil modifikasi. [16].....	35
Gambar 3.6 Bagan dasar <i>OFDM transmitter</i> [20]	38
Gambar 3.7 <i>OFDM transmitter</i> teknologi <i>HIPERLAN/2</i> [16].....	39
Gambar 3.8 Bagan dasar <i>OFDM Receiver</i> [20].....	40
Gambar 3.9 Bagan <i>OFDM receiver</i> teknologi <i>HIPERLAN/2</i> [16].	40
Gambar 3.10 Kanal <i>Noise</i> model <i>AWGN</i> [18]	41
Gambar 3.11 Blok diagram <i>QAM transmitter</i> [21].....	46
Gambar 3.12 Blok diagram <i>QAM receiver</i> [21].....	48
Gambar 3.13 Diagram konstelasi 64- <i>QAM</i> [10]	49
Gambar 3.14 Diagram konstelasi 16- <i>QAM</i> [11].	49
Gambar 3.15 Diagram Konstelasi <i>BPSK</i> . [12].....	50
Gambar 4.1 Blok diagram utama simulasi pada <i>physical layer HIPERLAN/2</i>	52
Gambar 4.2 <i>Flow Chart</i> simulasi transmisi data <i>DNA</i> dengan <i>HIPERLAN/2</i>	52
Gambar 4.3. Grafik <i>BER physical layer</i> vs <i>SNR</i> modulasi 64- <i>QAM</i>	57
Gambar 4.4 Grafik <i>BER</i> terhadap <i>SNR</i> pada <i>output</i> matriks <i>P</i>	58
Gambar 4.5 Grafik <i>BER physical layer</i> Vs <i>SNR</i> data masukan <i>CODIS-A</i> , <i>CODIS-B</i> , <i>CODIS-C</i> , <i>CODIS-D</i> , <i>CODIS-E</i> modulasi 64- <i>QAM</i> dengan kanal <i>AWGN</i>	59

Gambar 4.6 Hasil <i>Caption</i> yang Diambil pada Posisi <i>Receiver</i> dengan Nilai <i>SNR</i> yang Divariasikan pada 5dB , 10 dB, 15 dB, 20 dB, 25 dB dan 30 dB pada Frekuensi Doppler 17 Hz (kecepatan <i>user</i> 1 m/s).....	61
Gambar 4.7 Hasil <i>Caption</i> yang Diambil pada Posisi <i>Receiver</i> dengan Nilai <i>SNR</i> yang Divariasikan pada 5dB , 10 dB, 15 dB, 20 dB, 25 dB dan 30 dB pada Frekuensi Doppler 84 Hz (kecepatan <i>user</i> 5 m/s).....	62
Gambar 4.8 Hasil <i>Caption</i> yang Diambil pada Posisi <i>Receiver</i> dengan Nilai <i>SNR</i> yang Divariasikan pada 5dB , 10 dB, 15 dB, 20 dB, 25 dB dan 30 dB pada Frekuensi Doppler 300 Hz (kecepatan <i>user</i> 18 m/s).....	63
Gambar 4.9 Grafik rekonstruksi <i>DNA</i> modulasi 64- <i>QAM</i> untuk data <i>CODIS-A</i>	65
Gambar 4.10 Grafik rekonstruksi <i>DNA</i> modulasi 64- <i>QAM</i> untuk data <i>CODIS-B</i>	65
Gambar 4.11 Grafik <i>BER</i> terhadap <i>SNR</i> pada <i>Physical Layer</i> modulasi 16- <i>QAM</i>	66
Gambar 4.12 Grafik <i>BER</i> terhadap <i>SNR</i> pada <i>output</i> matriks P1.....	68
Gambar 4.13 Grafik <i>BER physical Layer</i> Vs <i>SNR</i> data masukan <i>CODIS-A</i> , <i>CODIS-B</i> , <i>CODIS-C</i> , <i>CODIS-D</i> , <i>CODIS-E</i> modulasi 16- <i>QAM</i> dengan kanal <i>AWGN</i>	68
Gambar 4.14 Grafik rekonstruksi <i>DNA</i> modulasi 16- <i>QAM</i> untuk data <i>CODIS A</i>	69
Gambar 4.15 Grafik rekonstruksi <i>DNA</i> modulasi 16- <i>QAM</i> untuk data <i>CODIS B</i>	70
Gambar 4.16 Grafik <i>BER Physical Layer</i> terhadap <i>SNR</i> pada modulasi <i>BPSK</i>	71
Gambar 4.17 Grafik <i>BER</i> terhadap <i>SNR</i> pada <i>output</i> matriks P modulasi <i>BPSK</i> dengan kanal <i>AWGN</i>	72

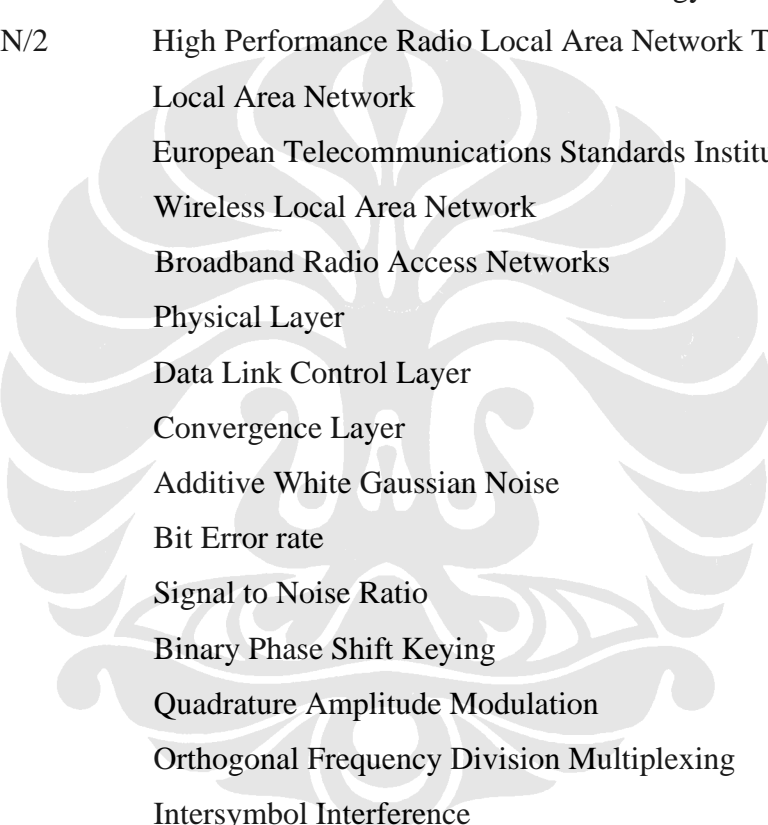
Gambar 4.18 Grafik BER <i>physical Layer</i> Vs SNR data masukan CODIS-A, CODIS-B, CODIS-C, CODIS-D, CODIS-E modulasi BPSK dengan kanal AWGN	73
Gambar 4.19 Grafik rekonstruksi DNA modulasi BPSK untuk data CODIS-A.....	74
Gambar 4.20 Grafik rekonstruksi DNA modulasi BPSK untuk data CODIS-B.....	74
Gambar 4.21 Grafik perbandingan BER vs SNR simulasi dengan kanal AWGN	75
Gambar 4.22 Grafik perbandingan error pada rekonstruksi DNA pada modulasi 16 QAM, 64QAM, dan BPSK untuk CODIS A.....	76
Gambar 4.23 Grafik perbandingan error pada rekonstruksi DNA pada modulasi 16 QAM, 64QAM, dan BPSK untuk CODIS-B.....	76



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 13 Lokus pada Sistem <i>CODIS</i> dan Karakter <i>STR</i>	26
Tabel 2.2 Contoh Profil 13 Lokus <i>DNA</i>	27
Tabel 3.1 Mode dari <i>Physical Layer HIPERLAN/2</i>	31
Tabel 4.1 Perbedaan Tipe Skema Modulasi pada <i>HIPERLAN/2</i> [13]	51
Tabel 4.2 Data Masukan Simulasi	53
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran <i>error rate</i> Modulator 64- <i>QAM</i> dengan <i>AWGN</i> Data Transmisi <i>CODIS-A</i>	56
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran <i>error rate</i> Modulator 16- <i>QAM</i> dengan <i>AWGN</i> Data Transmisi <i>CODIS-A</i>	67
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran <i>error rate</i> Modulator <i>BPSK</i> dengan <i>AWGN</i> Data Trasmisi <i>CODIS-A</i>	71
Tabel 4.6 Nilai <i>False Negative</i> untuk Seluruh Data Masukan.....	77

DAFTAR SINGKATAN



<i>CODIS-13</i>	Combined <i>DNA</i> Index System 13 STR
<i>DNA</i>	Deoxyribonucleic Acid
STR	Short Tandem Repeat
ICT	Information Communication Technology
HIPERLAN/2	High Performance Radio Local Area Network Type 2
LAN	Local Area Network
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
WLAN	Wireless Local Area Network
BRAN	Broadband Radio Access Networks
PHY	Physical Layer
DLC	Data Link Control Layer
CL	Convergence Layer
AWGN	Additive White Gaussian Noise
BER	Bit Error rate
SNR	Signal to Noise Ratio
BPSK	Binary Phase Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
ISI	Intersymbol Interference
ADC	Analog Digital Converter
DAC	Digital Analog Converter
FFT	Fast Fourier Transform
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform

DAFTAR ISTILAH

<i>Bit</i>	Bilangan sistem biner yang terdiri atas angka 0 (nol) dan 1 (satu). Dalam sistem telekomunikasi, bit digunakan untuk merepresentasikan informasi dalam bentuk kode
<i>Signal to Noise Ratio</i>	Perbandingan logaritmik antara daya sinyal yang dikirimkan dengan daya noise yang terjadi pada saluran transmisi. <i>Signal to Noise Ratio</i> dapat dituliskan sebagai SNR dengan satuan decibel (dB)
<i>Probability of error</i>	Nilai kemungkinan kesalahan <i>bit</i> informasi yang terjadi pada sisi penerima. <i>Probability of error</i> dirumuskan sebagai perbandingan antara jumlah <i>bit</i> yang salah pada sisi penerima terhadap jumlah total <i>bit</i> yang dikirimkan.
<i>Error Recovery</i>	Metode untuk meningkatkan performa pada kanal komunikasi berdasar <i>frame</i> yang diterima pada <i>Link Layer</i> , dimana <i>Link Layer</i> merupakan <i>layer</i> yang berada di atas <i>Physical Layer</i>
<i>Physical Layer</i>	Kanal komunikasi yang diimplementasikan oleh <i>OFDM</i> (<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>)
<i>Error Floor</i>	Probabilitas error dari kode yang diberikan tidak mencapai 0 (nol) seperti pada medium <i>SNR</i> yang tinggi maupun <i>SNR</i> yang lebih rendah.
<i>False Negative</i>	Parameter keberhasilan hasil transmisi dengan melihat besar error yang didapat

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Karakteristik dari *biometric* mampu merepresentasikan pola karakter personal yang khas pada setiap diri manusia. Karakter *biometric* tersebut meliputi sidik jari, retina, iris, gigi, wajah, suara, pola tulisan, dan yang paling baru dikembangkan adalah *DNA*. Sifat unik pada karakter *biometric* menjamin tidak adanya duplikasi individu di muka bumi. [1].

Pengembangan riset di bidang *biometric* terhitung masih baru, namun menjadi salah satu *trend* teknologi di masa mendatang. Keadaan ini didorong oleh keinginan pebisnis dalam melaksanakan aplikasi bisnisnya, misal *m-banking* atau *m-commerce*, maupun pada masyarakat umum akan perlunya platform aplikasi keamanan yang handal dan murah. Sehingga, penggunaan karakter *biometric* sebagai basis verifikasi dan validitas pada aplikasi keamanan (*security application*) menjadi prioritas utama. Beberapa paten, *market positioning*, dan hasil-hasil riset di bidang *biometric* menunjukkan tingginya aktualisasi pada bidang ini.

Dari perspektif tingkat kehandalan, *DNA* merupakan karakter *biometric* yang paling sempurna yang mampu menjamin keunikan seorang individu manusia. *DNA* manusia tersusun atas deret protein *nucleotida A (adenin) T (tymin) G (guanin) C (cytocyn)* terkelompok menjadi *protein coding region (exon dan intron)*. Selain karena probabilitas duplikasi *DNA* yang bernilai nol, *DNA* juga dapat merepresentasikan berbagai ciri manusia tersebut, seperti sidik jari, pola mata, penyakit, cara berjalan, warna kulit, termasuk umur, dan sebagainya [1]. Dengan kata lain, seluruh karakter *biometric* manusia dapat terangkum dalam *DNA* itu sendiri.

Kombinasi dari *DNA* yang membentuk sebuah ciri khas dari setiap individu manusia yang disebut *CODIS (Combined DNA Index System)*, serta didapatnya 13 (tiga belas) lokus pada *DNA* manusia yang berulang pada tiap individu. Maka ditemukanlah sistem *CODIS-13*, yang dikembangkan *FBI* dalam proses verifikasi tindak kejahatan. *CODIS-13* inilah yang berperan sebagai data untuk dikirimkan dalam simulasi keamanan teknologi *HIPERLAN/2*.

Kelemahannya, penggunaan *DNA* sebagai basis verifikasi keamanan membutuhkan teknologi yang kompleks membutuhkan biaya yang sangat mahal untuk menunjang sistem ini. Akibatnya, aplikasi *DNA* masih terbatas pada riset terkait kesehatan, sedangkan utilisasi *DNA* pada teknologi ICT (*Information Communication Technology*) masih sangat minim.

Terdapat keunggulan dan kelemahan masing-masing karakter *biometric*. Sebagai contoh, *fingerprint* (sidik jari) masih menjadi pilihan yang handal namun murah dalam berbagai aplikasi keamanan sehari-hari. Biaya manufaktur yang rendah mendorong industri ICT untuk memproduksi *chips* dan *interface fingerprint* yang dapat dengan mudah diintegrasikan bersama perangkat ICT lainnya. Namun demikian, pembacaan sidik jari memiliki kelemahan saat jari manusia dalam keadaan basah, kotor atau berminyak. Selain itu sidik jari palsu juga dapat dibuat dengan menggunakan bahan prostetik.

Umumnya, semakin tinggi tingkat kehandalan sebuah karakter *biometric* maka semakin rumit teknik pengaplikasiannya yang berakibat pada semakin mahalnya teknologi tersebut. Di lain sisi, kebutuhan terhadap aplikasi keamanan tidak hanya pada sistem yang kompleks (misalnya : brankas bank) namun juga pada sistem yang sederhana dan meluas seperti *Mobile cellular*. Karena itu, dibutuhkan sebuah titik temu (*trade off*) antara kehandalan dan kemudahan dalam pengaplikasian karakter *biometric* sebagai basis aplikasi keamanan (*security application*).

Skripsi ini mensimulasikan *HIPERLAN/2* dalam proses transmisi data *DNA* dengan menggunakan 3 (tiga) jenis konfigurasi modulasi pada *HIPERLAN/2*, yaitu *64-QAM*, *16-QAM*, dan *BPSK*, serta ditambah dengan kanal *AWGN* dan *Rayleigh*. Untuk proses verifikasi, dilakukan dengan algoritma yang kemudian dilakukan perbandingan dan dicari besar dari perbedaannya (*Num Error*) antara data masukan dan data hasil transmisi.

Diharapkan dari 3 (tiga) alternatif konfigurasi tersebut, didapat alternatif terbaik yang menunjukkan performa paling baik, ditinjau dari parameter *Bit Error rate*, *Num Error*, *Signal to Noise Ratio (SNR)*, frekuensi Doppler, dan tingkat toleransi kesalahan verifikasi saat data *DNA* melewati kanal *AWGN* atau *Rayleigh*.

Skripsi ini juga merupakan bagian penelitian Riset Unggulan Universitas Indonesia tahun 2007 berjudul "Aplikasi keamanan berbasis *DNA* untuk sistem keamanan teknologi selular *3G* dan *B3G*".

1.2 TUJUAN

1. Mensimulasikan keamanan berbasis *DNA* pada jaringan *HIPERLAN/2*.
2. Mengukur dan menganalisis unjuk kerja pada 3 (tiga) jenis modulasi *64-QAM*, *16-QAM*, dan *BPSK*.

1.3 BATASAN MASALAH

1. Skripsi ini akan menganalisis hasil simulasi dengan menggunakan *HIPERLAN/2* dalam lingkup *Physical Layer*, karena pada *layer* ini memungkinkan modulasi *64-QAM*, *16-QAM*, dan *BPSK*
2. Hasil simulasi berupa 3 (tiga) alternatif konfigurasi dari modulasi dengan kanal *AWGN*, yaitu dengan modulasi *64-QAM*, *16-QAM*, dan *BPSK*. Selain itu, juga akan dianalisis 3 (tiga) alternatif dari modulasi dengan kanal *Rayleigh Fading*, yaitu modulasi *64-QAM*, *16-QAM*, dan *BPSK*
3. Pembahasan dibatasi pada performa sistem berdasarkan faktor harga *Error rate*, *Num Error (false negatif)*, dan *Num Bits* yang dipengaruhi kanal *AWGN*, serta grafik *received signal* yang dipengaruhi kanal *Rayleigh*.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

Secara sistematis, skripsi ini terdiri dari 5 (lima) bab dengan perincian sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 *DNA* SEBAGAI BASIS IDENTIFIKASI SECURE APPLICATION

Pada bab ini dijelaskan secara singkat mengenai *DNA* serta skenario transmisi data *DNA* pada jaringan *HIPERLAN/2*

BAB 3 KONFIGURASI *HIPERLAN/2*

Pada bab ini dijelaskan mengenai definisi *HIPERLAN/2* beserta fungsi pada blok diagramnya. Selain itu, juga akan dijelaskan karakteristik dari modulasi *64-QAM*, *16-QAM*, dan *BPSK*.

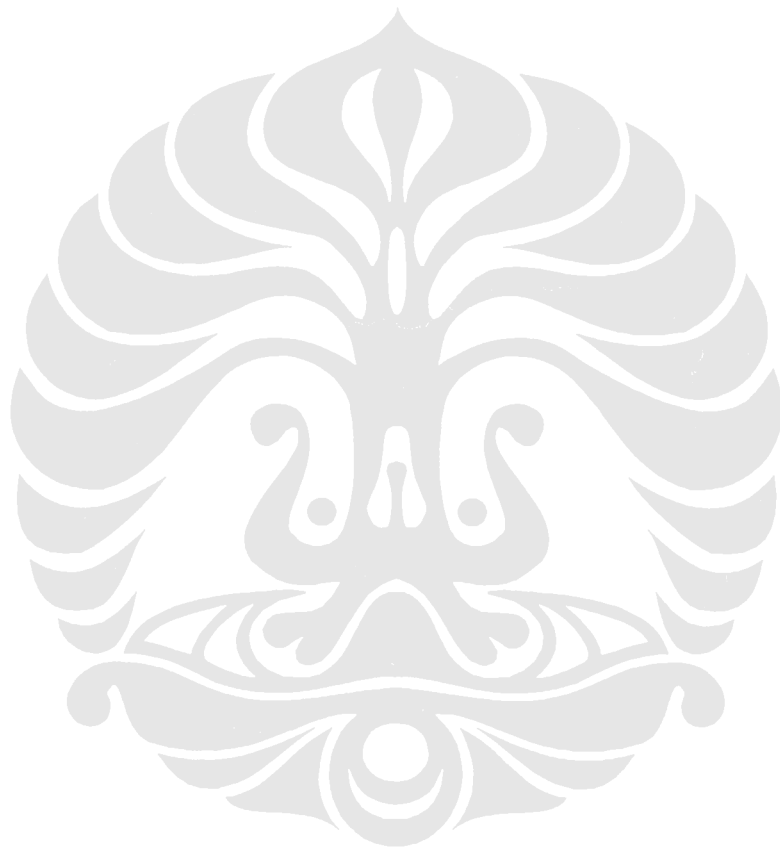
BAB 4 IMPLEMENTASI SIMULASI DAN ANALISIS TRANSMISI DATA *DNA* DENGAN MODULASI *64-QAM*, *16-QAM*, DAN *BPSK*

Bab ini berisi implementasi simulasi serta analisis terhadap hasil simulasi yang dilakukan.

BAB 5

KESIMPULAN

Bab ini menyatakan beberapa kesimpulan yang diperoleh dari analisis terhadap hasil simulasi.



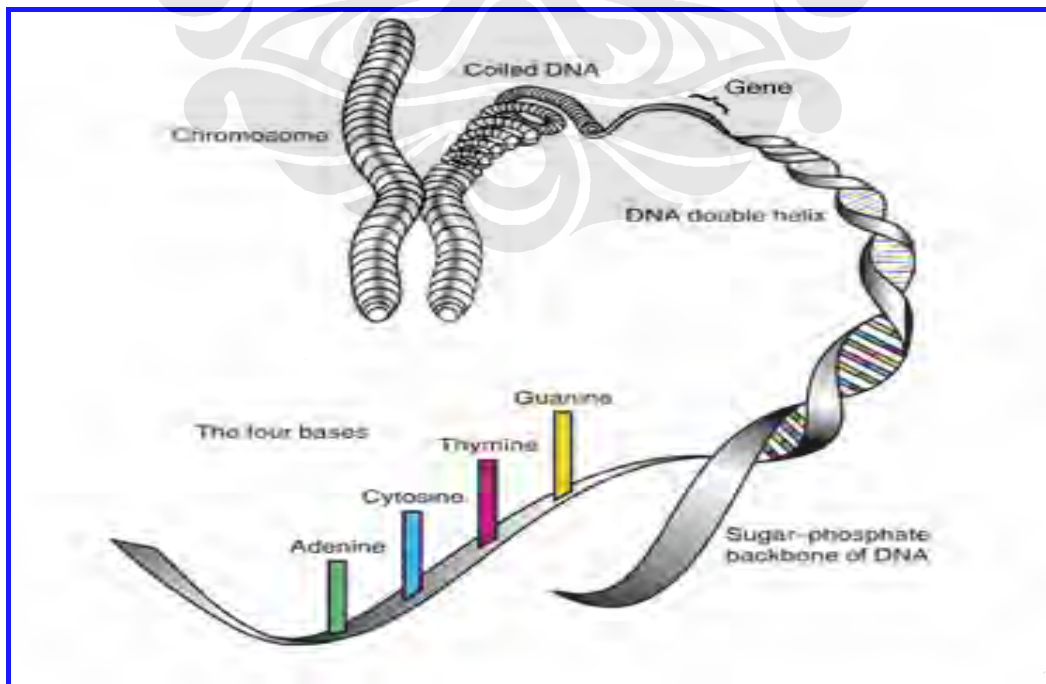
BAB 2

DNA SEBAGAI BASIS IDENTIFIKASI *SECURE* *APPLICATION*

2.1. DNA (Deoxyribonucleic Acid)

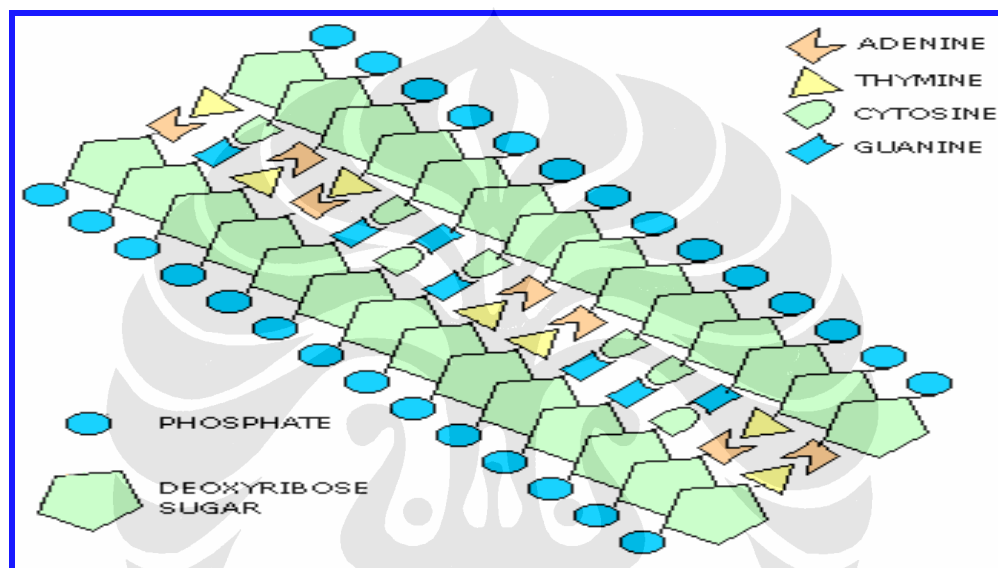
Seluruh individu manusia di muka bumi memiliki sel dalam tubuhnya. Di tiap-tiap sel tersebut terdapat inti sel. Di dalam inti sel, terdapat kromosom yang tersusun dari *DNA*, yang bertanggung jawab dalam menentukan tipe dan fungsi dari sebuah sel. *DNA* ini menentukan karakteristik dari sebuah organisme yang berisikan seluruh material genetik yang membangun perbedaan secara fisik antara manusia yang satu dengan yang lain. Sifat perbedaan ini ditentukan dari kumpulan *DNA* yang tergabung dalam gen (*gene*).

Gene pada manusia merupakan susunan lengkap *DNA* yang berisikan seluruh data dan instruksi dalam mengontrol seluruh profil biologis manusia (warna rambut, penyakit, darah, dll) [2]. Perkembangan riset dewasa ini semakin berhasil dalam mengungkapkan sifat-sifat non-biologis (seperti emosi, kecerdasan) yang ternyata juga ikut dipengaruhi oleh susunan *DNA*. Gambar 2.1 menunjukkan peta *Gen* manusia.



Gambar 2.1 Peta hierarki *Gen* [3]

Genome (kumpulan dari kromosom) manusia tersusun atas 23 pasang kromosom, dimana tiap kromosom terdiri dari *gene* dan *intergenic region* (daerah yang diapit dua gen). Pada *gene* terdapat lebih kurang 20.000 – 25.000 *protein coding region* (exon – intron) yang berperan dalam melakukan sintesa protein. Sebagai pembentuk *genome*, *DNA* tersusun atas 4 basa *nucleotide*, yaitu A: *adenine*, C: *cytosine*, G: *guanine*, dan T: *thymine*. Setiap individu manusia, terdiri dari 3 milyar pasangan basa *nucleotide*, namun hanya 6% saja yang mampu mensintesa protein dan 1.k 50% adalah *junk sequence*. Gambar 2.2 menunjukkan deretan basa *nucleotide*.



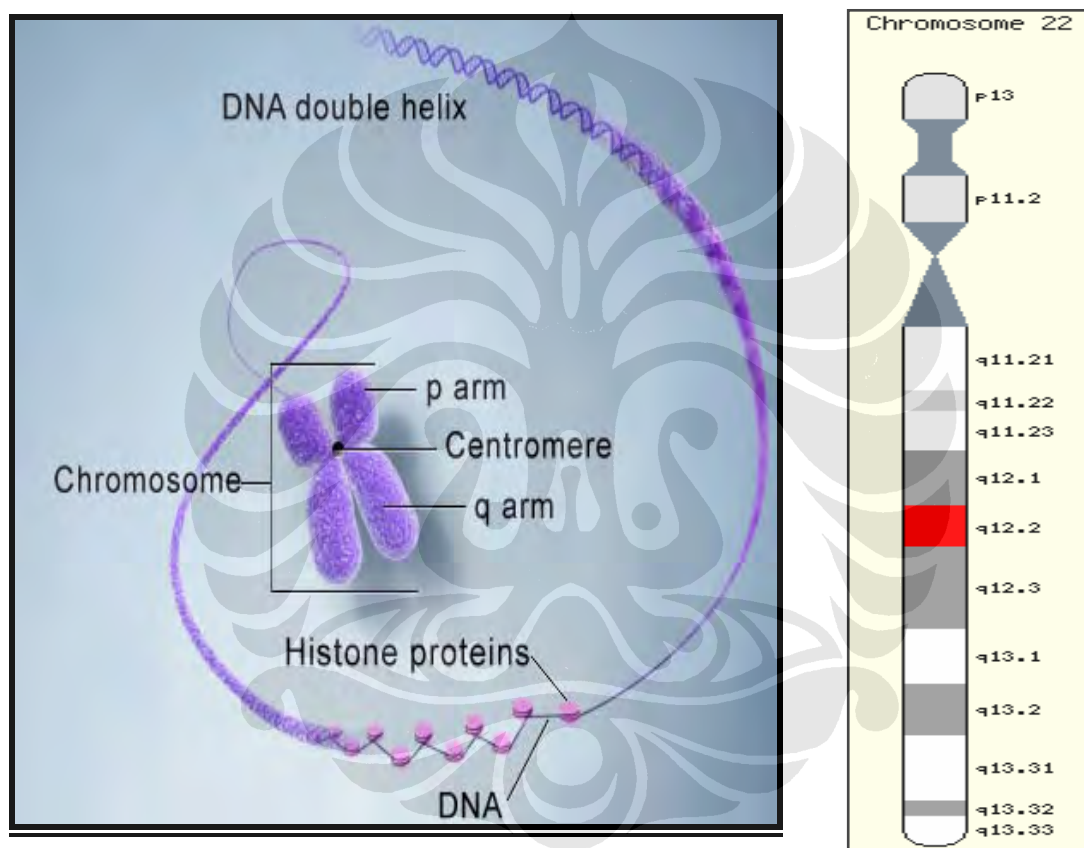
Gambar 2.2 Deretan basa nucleotide [25]

Sebagian besar dari penelitian satu dasawarsa terakhir, menitikberatkan pada teknik identifikasi *coding region* dengan menggunakan teknologi ICT yang dapat mereduksi waktu dan biaya dibandingkan metode kimiawi biasa.

Lokus adalah representasi posisi *DNA* pada kromosom. Varian dari deret *DNA* pada sebuah lokus disebut *allele*. Penamaan lokus pada sebuah kromosom dituliskan sebagai referensi nomor kromosom (1 – 23) dan posisi lokus pada lengan kromosom. Misalnya lokus "6p21.3" berarti lokus tersebut berada pada kromosom nomor 6, pada lengan kromosom pendek (*p* untuk kata *petit* dalam bahasa Perancis), sedangkan 21.3 menunjukkan posisi spesifik pada lengan kromosom tersebut.

Gambar 2.3 mengilustrasikan bagian-bagian pada kromosom dan contoh lokus pada kromosom nomor 22.

Genotype merepresentasikan profil genetik individu dari sebuah populasi genetik. *Genotype* tersebut mengacu kepada spesifik *Allele* pada kromosom-kromosom manusia. Misalnya genetik manusia dengan karakter kulit albino memiliki 3 (tiga) kemungkinan *genotype* yaitu AA (*homozygous dominant*), Aa (*heterozygous*), dan aa (*homozygous recessive*). Karena itu, *Genotype* dapat dijadikan sebagai faktor pembeda antara satu individu dengan individu lainnya. Pada sistem forensik CODIS, profil tiap individu akan menjadi unik dengan adanya perbedaan *genotype* pada 13 lokus tertentu.



Keterangan :

- *Centromere* : Posisi 2 *arm* saling bertemu.
- *p arm* : Lengan kromosom pendek
- *q arm* : Lengan kromosom panjang

Gambar 2.3 Ilustrasi kromosom dan contoh lokus pada kromosom nomor 22 [4]

2.2. CODIS-13 Sebagai Dasar Identifikasi Manusia

2.2.1. Sistem Forensik CODIS

CODIS merupakan singkatan dari *Combined DNA Index System*, yaitu sistem forensik yang dikembangkan oleh *FBI*. Pada awalnya, sistem *CODIS* bertujuan untuk berbagi profil *DNA* dari para pelaku kejahatan sehingga mempermudah investigasi kriminalitas di Amerika Serikat [6]. Pengembangan sistem *CODIS* mengalami kemajuan pada dekade tahun 1990-an ketika dikeluarkan peraturan *The DNA Identification Act* yang memberi otorasi bagi *FBI* untuk sepenuhnya mengoperasikan sistem *CODIS* sebagai standar forensik nasional Amerika.

Secara hierarki database, *database CODIS* tersusun pada level lokal, dari negara bagian hingga Nasional. Performa sistem database *CODIS* dalam membantu analisis forensik tercatat pada tahun 1999, dengan kemampuan melakukan verifikasi profil *DNA* 5 detik untuk setiap 100.000 profil *DNA* yang tersimpan pada *database*.

Pada tahun 1997, *FBI* memformulasi 13 lokus pada *DNA* manusia yang dijadikan sebagai dasar identifikasi forensik manusia, sehingga selanjutnya sistem *CODIS* juga dikenal dengan nama *CODIS-13* atau *CODIS-STR*. Setiap lokus memiliki sifat pengulangan deret *DNA* spesifik yang disebut dengan *STR* (*Short Tandem Repeat*) dan umumnya tersusun pola *tetrametric repeat sequences* [5].

Hingga saat ini, 13 lokus yang menjadi inti dari algoritma forensik *CODIS* masih sangat handal digunakan sebagai dasar identifikasi unik manusia. Karena itu, keuntungan dari sistem ini antara lain [5]:

1. Sistem *CODIS* telah diadopsi tidak hanya untuk kepentingan analisis kriminalitas namun juga oleh berbagai analisis forensik yang melibatkan *DNA*.
2. Jumlah *STR* yang ada pada 13 lokus dapat ditentukan dengan mudah dan perangkatnya tersedia secara komersial
3. Tipe *genotype* dan *STR* pada 13 lokus cukup merepresentasikan keunikan karakter manusia berdasarkan populasi genetik.
4. Data *CODIS* merupakan numerik dan karakter yang dapat disimpan secara digital pada database komputer

5. Profil *STR* dapat ditentukan dengan sedikit sumber deret *DNA* dari tubuh manusia.

2.2.2. STR Pada 13 Lokus

Tiga belas lokus yang digunakan pada sistem *CODIS* diurutkan pada Tabel 2.1. Dalam tabel tersebut juga ditampilkan rekomendasi deret pengulangan *DNA* atau disebut sebagai *STR* (*short tandem repeat*).

Tabel 2.1 13 Lokus pada Sistem *CODIS* dan Karakter *STR*

NO	LOCUS	Pengulangan
1	D3S1358	AGAT
2	vWA	TCTA(TCTG) ₃₋₆ (TCTA) _n
3	FGA	(TTTC) ₃₋₄ TTTT TTCT (CTTT) _n CTCC (TTCC) ₂ atau (TCTT) _n
4	D8S1179	(TCTA / G) _n
5	D21S11	TCTA
6	D18S51	(AGAA) _n
7	D5S818	(AGAT) _n
8	D13S317	(GATA) _n
9	D7S820	(GATA)
10	D16S539	(GATA) _n
11	THO1	(AATG) _n
12	TPOX	(AATG) _n
13	CSF1PO	(AGAT) _n

Sumber : www.ncbi.nlm.nih.gov

Parameter utama yang digunakan sebagai basis sistem forensik adalah *genotype* yang terdapat pada lokus *DNA*. Sedangkan taksonomi *genotype* disusun berdasarkan jumlah *STR* yang berulang pada setiap lokus tersebut. Sebagai contoh penggunaan 13 lokus pada sistem forensik *CODIS*, Tabel 2.3 merupakan profil 13 lokus *DNA* yang diambil dari seorang individu bernama Bob [5].

Tabel 2.2 Contoh Profil 13 Lokus DNA

Locus	D3S1358	vWA	FGA	D8S1179	D21S11	D18S51	D5S818
Genotype	15, 18	16, 16	19, 24	12, 13	29, 31	12, 13	11, 13
Frequency	8.2%	4.4%	1.7%	9.9%	2.3%	4.3%	13%

Locus	D13S317	D7S820	D16S539	TH01	TPOX	CSF1PO	AMEL
Genotype	11, 11	10, 10	11, 11	9, 9.3	8, 8	11, 11	X Y
Frequency	1.2%	6.3%	9.5%	9.6%	3.52%	7.2%	(Male)

Sumber : www.ncbi.nlm.nih.gov

Pada setiap lokus, individu yang bernama Bob telah teridentifikasi memiliki *genotype* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel di atas. Dengan melihat pada data *genotype* dan populasi genetik dunia, didapatkan nilai frekuensi kemunculan *genotype* terhadap jumlah total sampel manusia. Sebagai contoh, pada lokus "D3S1358", Bob memiliki *genotype* yang sama dengan 8.2 % populasi dunia.

Dengan mengkombinasikan seluruh nilai *genotype* pada 13 lokus, maka individu Bob memiliki nilai frekuensi kemunculan *genotype* 1 per 7.7 *quadrillion*. Atau dengan kata lain Bob merupakan individu yang unik dengan kemungkinan duplikasi 1 dari 7.7×10^{15} populasi manusia.[5]

2.3. ARSITEKTUR APLIKASI SISTEM KEAMANAN PADA HIPERLAN

Seiring perubahan iklim politik global, berbagai aplikasi membutuhkan tingkat keamanan yang handal dengan berbasiskan *biometric*. *Fraud*, potensi duplikasi *user* hingga terorisme merupakan kecenderungan ancaman yang semakin meningkat. Selanjutnya, Tabel 2.3 menunjukkan perbandingan keunggulan dan kelemahan karakter *biometric* sebagai basis sistem keamanan perangkat *ICT*.

Tabel 2.3 Perbandingan Keunggulan dan Kelemahan Berbagai karakter *biometric* sebagai basis sistem keamanan pada perangkat *ICT*. [23]

Karakter <i>Biometric</i>	Keunggulan	Kelemahan
<i>DNA</i>	Tingkat keamanan tertinggi, kemungkinan duplikasi nol	Mahal. Membutuhkan perangkat <i>interface</i> translasi data biologis ke digital dan komputasi <i>high performance</i>
<i>Finger print</i>	Murah, sederhana, Teknologi chip yang berkembang pesat, salah satu produsen nya ATMEL	Sangat tergantung keadaan jari. Jika jari basah, rusak, cacat akan mempengaruhi verifikasi
<i>Face Recognition</i>	Dapat digunakan pada berbagai media pasport	Sulit menangkap wajah dari jarak jauh
<i>Iris Recognition</i>	Iris mata manusia sangat unik, dan diterima sebagai standar internasional	Membutuhkan perangkat kamera khusus yang mahal serta lisensi paten
<i>Signature</i>	Murah dan dapat diintegrasikan pada berbagai perangkat <i>ICT</i> sederhana	Bentuk tulisan tidak standard , tidak semua orang dapat menulis
<i>Voice Recognition</i>	Dapat diintegrasikan pada perangkat <i>ICT</i> telepon	Sangat bergantung pada kualitas perangkat mikrofon

Sumber: <http://www.acm.org/ubiquity>

Pada tahun 2003, *European Union* sepakat untuk menerapkan metode *biometric* yaitu *facial image* dan 2 (dua) *finger print* pada setiap *visa* dan *residence permit*. Namun demikian, meningkatnya kebutuhan verifikasi karakter manusia dibatasi oleh kendala *biometric* iris mata (*iris recognition*) yang masih dilindungi oleh paten, sehingga merupakan metode berlisensi yang mahal.

Beberapa fakta, *paten*, *market* dan hasil-hasil riset sebelumnya menunjukkan tingkat aktualisasi penelitian di bidang *biometric DNA* dan aplikasi keamanan pada *Mobile cellular*. Pertumbuhan pasar aplikasi *ICT* yang membutuhkan sistem keamanan handal meningkat sejak peristiwa 11 September 2001. Selain itu *ICT market* Indonesia di tahun 2007 diproyeksikan senilai US \$ 1,9 milyar dan jumlah pengembang aplikasi (*software developer populations*) adalah 682,000 [26].

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, maka telah dikembangkan aplikasi berbasis *DNA* yang dapat menjadi salah satu *platform secure-mobile network* pada *HIPERLAN/2*. Aplikasi yang dibangun berbasis pada sisi *Receiver* Verifikasi *DNA*. Skripsi ini membatasi pembangunan aplikasi hanya untuk *physical layer* jaringan *HIPERLAN/2*. Performa aplikasi pada jaringan *3G* dan *GPRS* dianalisis pada skripsi Jusril 2008. Karena disebabkan belum tersedianya layanan teknologi *B3G* sehingga observasi unjuk kerja aplikasi pada jaringan *B3G* dilakukan menggunakan simulasi berbasis *OFDM*, yaitu teknologi *HIPERLAN/2* pada 3 (tiga) jenis modulasi *64-QAM*., *16-QAM*, dan *BPSK*.

Seluruh data *DNA* yang digunakan sebagai *input* verifikasi, disesuaikan dengan standar data teknologi *HIPERLAN/2*. Dalam skripsi ini, proses transmisi pada jaringan *HIPERLAN/2* berbasis *OFDM* dengan membandingkan modulasi *64-QAM*, *16-QAM*, dan *BPSK*. Detil analisis transmisi data *DNA*, dalam pengaruhnya terhadap *error* dari *noise* yang terjadi pada *channel* jaringan *HIPERLAN/2* dipaparkan pada Bab 3 dan Bab 4. Verifikasi dilakukan dengan instruksi *m-file* pada editor *MATLAB* versi 7.3.0 versi 2006b.

BAB 3

KONFIGURASI *HIPERLAN/2*

3.1. *HIPERLAN/2*

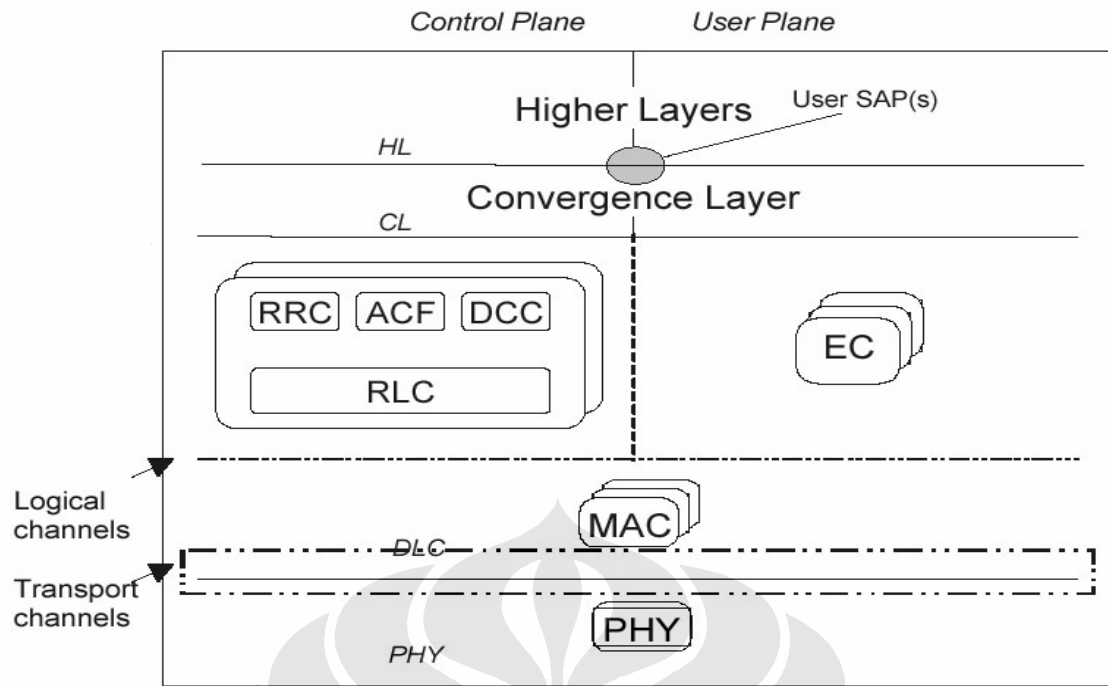
HIPERLAN/2 (*High Performance Radio Local Area Network Type 2*) merupakan jaringan teknologi radio baru *high-performance* 5 GHz yang secara spesifik dapat dioperasikan dalam lingkungan LAN (*Local Area Network*). Jaringan ini dikembangkan oleh *Broadband Radio Access Networks* (BRAN), divisi dari *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI). *HIPERLAN/2* menentukan efisiensi tinggi dan teknologi WLAN (*Wireless Local Area Network*) dengan kecepatan tinggi yang memenuhi syarat peraturan spektrum Eropa.[7]

HIPERLAN/2 merupakan salah satu tipe dari *HIPERLAN*, dimana standar dari *HIPERLAN/2* menggambarkan sebuah antarmuka udara dan *physical layer* untuk peralatan komunikasi *wireless*, sehingga memastikan sistem komunikasi yang *compatible*.

Terdapat 3 (tiga) layer dasar pada *HIPERLAN/2*, yaitu *Physical Layer*, *Data Link Control Layer*, dan *Convergence Layer*. Tiga layer ini diilustrasikan pada Gambar 3.1. [8]

1) *Physical Layer* (PHY)

Pada *layer* ini kanal-kanal diimplementasikan dengan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (*OFDM*) karena dayaguna yang tinggi pada kanal yang sangat menyebar. Prinsip dasar dari *OFDM* mentransmisikan pita lebar, informasi *data rate* yang tinggi dengan membagi data ke dalam beberapa *interleaved, bit stream* yang paralel, dan setiap *bit stream* memodulasi sebuah *subcarrier* yang terpisah, serta menyediakan fleksibilitas yang dipengaruhi oleh realisasi dari perbedaan modulasi. Ruang kanal berkisar 20 MHz, memungkinkan menghasilkan *bit rate* yang tinggi per kanal, sehingga sesuai untuk jumlah kanal yang menempati : 52 *subcarrier* digunakan per kanal (48 *subcarrier* untuk data, 4 *subcarrier* yang membawa fasa untuk demodulasi koheren).*OFDM* akan dibahas lebih dalam pada sub sub bab 3.1.1.



Keterangan :

- MAC : *Medium Access Control*
- EC : *Error Control*
- RLC : *Radio Link Control*
- RRC : *Radio Resource Control*
- ACF : *Association Control Function*

Gambar 3.1 Layer pada *HIPERLAN/2* [8]

Sedangkan, pada mode *physical layer* terdapat tujuh macam modulasi yang berbeda dijabarkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Mode dari *Physical Layer HIPERLAN/2*

Mode	Modulation	Code rate	PHY bit rate	bytes/OFDM
1	BPSK	1/2	6 Mbps	3.0
2	BPSK	3/4	9 Mbps	4.5
3	QPSK	1/2	12 Mbps	6.0
4	QPSK	3/4	18 Mbps	9.0
5	16QAM	9/16	27 Mbps	13.5
6	16QAM	3/4	36 Mbps	18.0
7	64QAM	3/4	54 Mbps	27.0

Sumber : <http://www.tml.tkk.fi>

2) *Data Link Control Layer (DLC)*

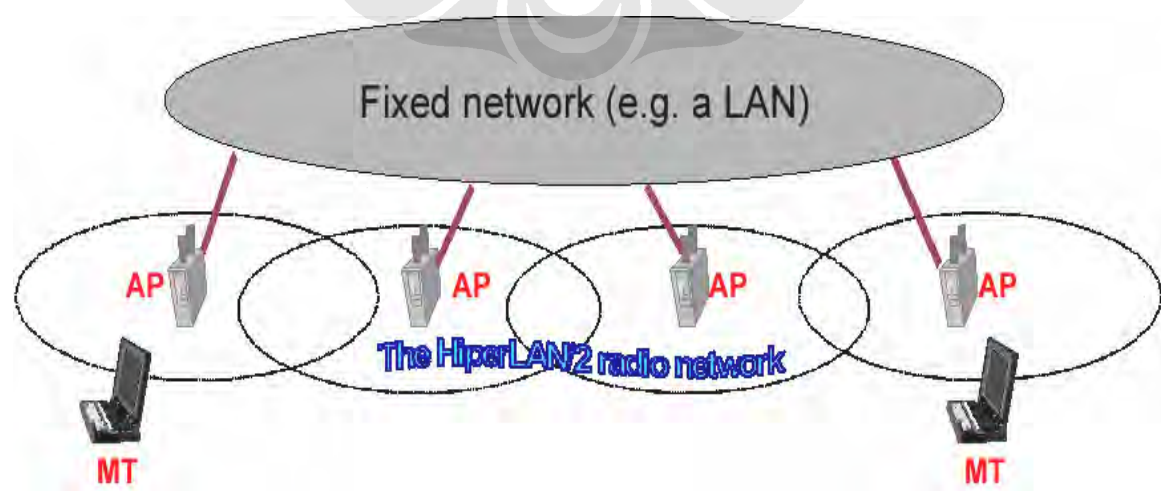
DLC layer merupakan *logical link* antara sebuah *AP (Access Point)* dengan *MTs (Mobile Terminals)*, *layer* ini mencakup fungsi-fungsi dari kedua medium, baik akses dan transmisi (*user plane*) maupun terminal dan *connection handling (control plane)*.

3) *Convergence Layer (CL)*.

Convergence layer mengubah *service request* dari *layer* yang lebih tinggi ke *service offered* dengan *DLC* dan mengkonversi paket *layer* yang lebih tinggi menjadi ukuran yang sesuai dalam *DLC*.

HIPERLAN/2 dibangun pada sebagian besar infrastruktur kawat yang menyediakan akses *wireless* jarak pendek ke jaringan IP (*Internet Protocol*), ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), dan UMTS. Sehingga, memungkinkan interkoneksi ke berbagai tipe *fixed network*, sebagai contoh menghubungkan *mobiles, portable, dan laptop* dengan sebuah *fixed access point* [15]. Jaringan ini beroperasi pada pita frekuensi berkisar 5 - 5,3 GHz dengan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*, serta menghasilkan *data rate* hingga 54 Mbps dengan spektrum 100 Mhz.[8]

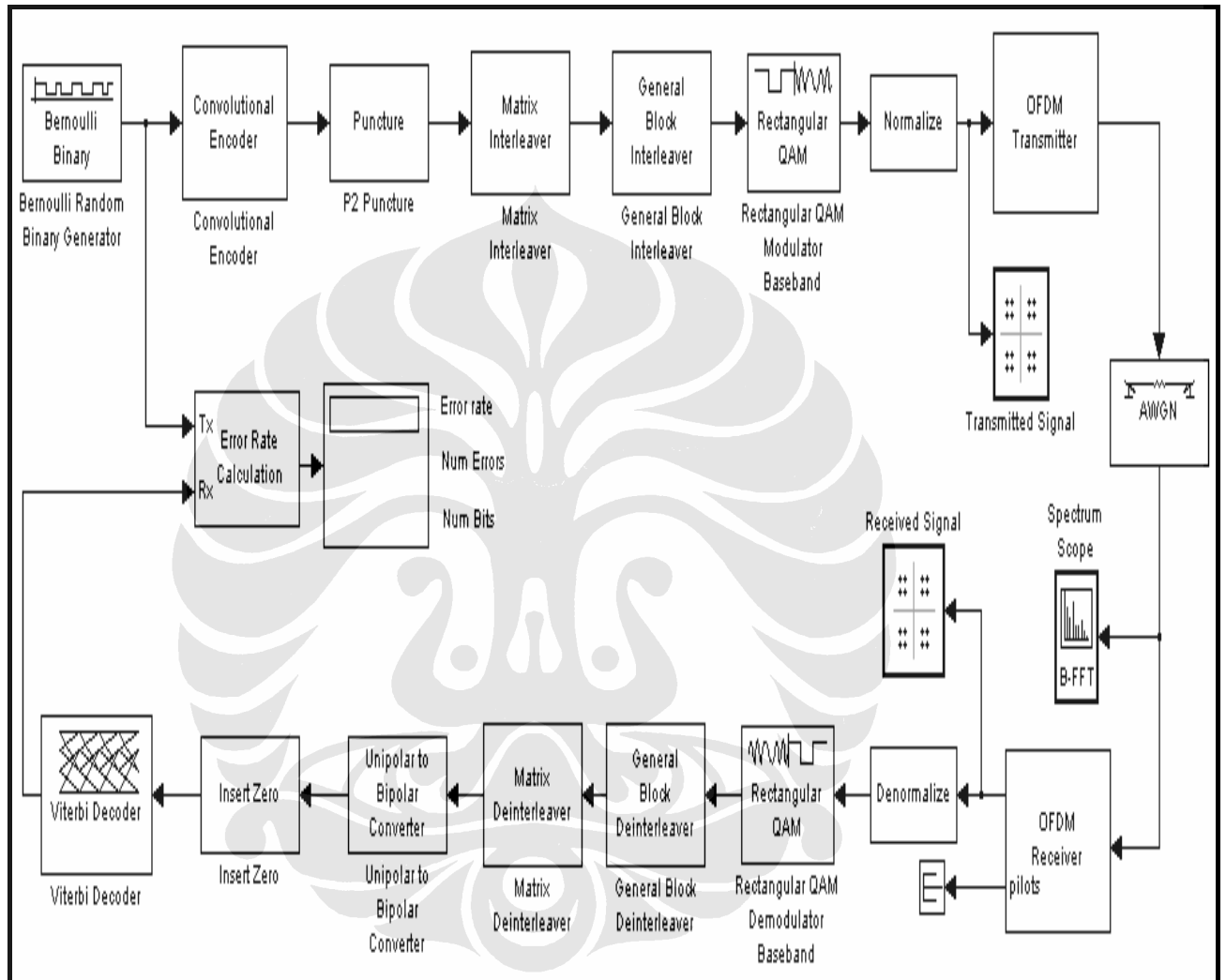
Topologi dari jaringan *HIPERLAN/2* diilustrasikan pada Gambar 3.2. *Mobile Terminals (MTs)* berhubungan dengan satu *Access Point (AP)* pada waktu yang bersamaan di sebuah kanal udara, selagi senantiasa bergerak, *HIPERLAN/2* secara otomatis bekerja pada *AP* terdekat. Frekuensi bebas dari subkanal digunakan untuk satu hubungan transmisi antara *AP* dan sebuah *MTs*.



Gambar 3.2 Jaringan *HIPERLAN/2* [9]

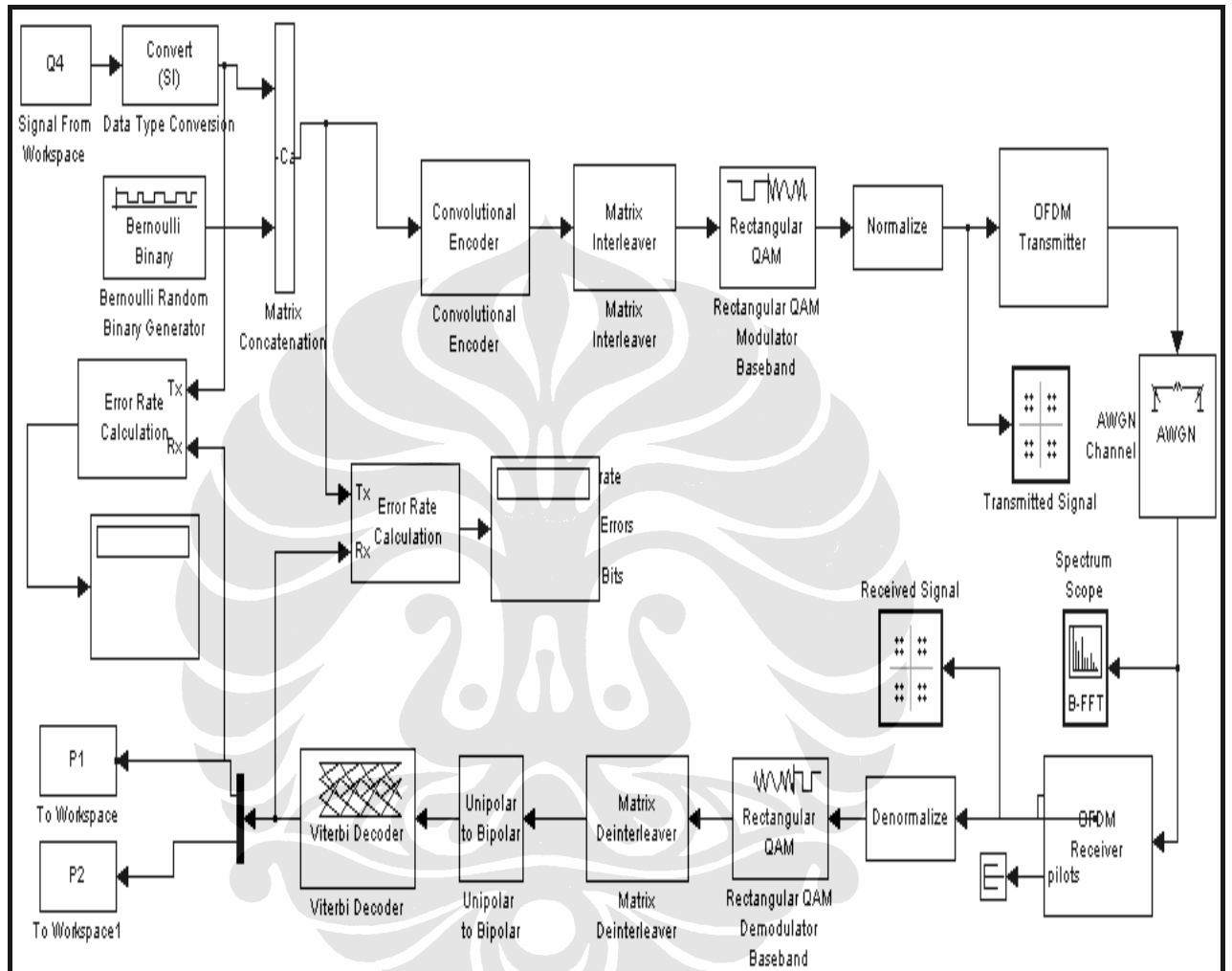
3.1.1. Bagan HIPERLAN/2

Simulasi dalam skripsi ini menggunakan *HIPERLAN/2* MATLAB versi 2006b, dimana skema *HIPERLAN/2* terdiri dari blok-blok diagram yang diilustrasikan pada Gambar 3.3.



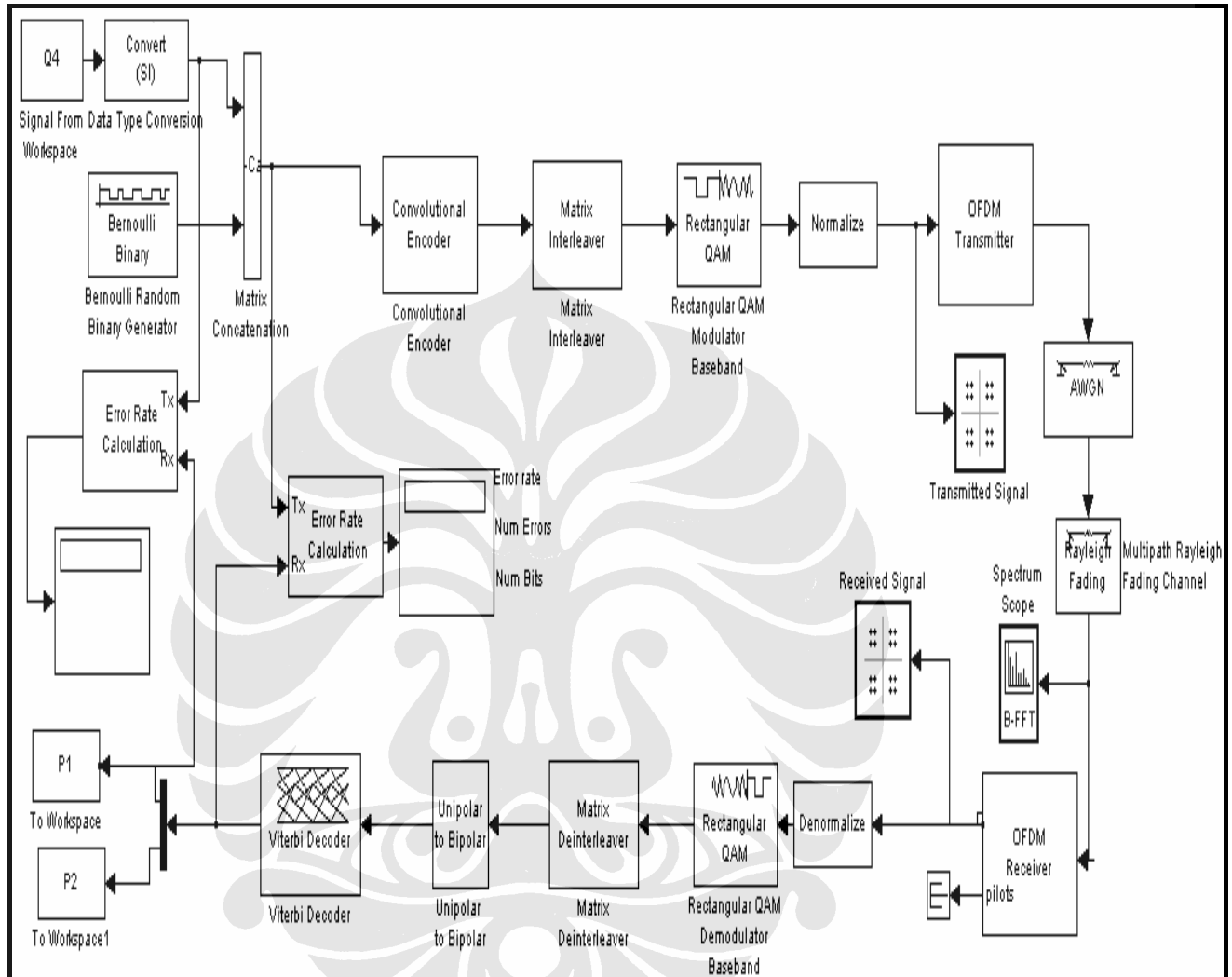
Gambar 3.3 Skema *HIPERLAN/2* modulasi *QAM* [16]

Untuk menyesuaikan dengan simulasi yang digunakan, maka skema asli dari *HIPERLAN/2* MATLAB versi 2006b harus dilakukan modifikasi. Dimana hasil modifikasi untuk salah satu konfigurasi *HIPERLAN/2*, yaitu dengan 16-QAM dengan *AWGN* diilustrasikan pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Skema *HIPERLAN/2* modulasi 16-QAM dengan kanal *AWGN* hasil modifikasi.[16]

Selain dengan kanal AWGN, simulasi dalam skripsi ini juga memodifikasi konfigurasi *HIPERLAN/2* dengan menambah kanal *Rayleigh Fading* yang diilustrasikan pada Gambar 3.5 untuk modulasi 16-QAM.



Gambar 3.5 Skema *HIPERLAN/2* modulasi 16-QAM dengan *Rayleigh Fading* hasil modifikasi. [16]

Skema dari *HIPERLAN/2* yang digunakan dalam simulasi skripsi ini terdiri dari blok-blok diagram dari MATLAB versi 7.3.0 versi 2006b yang memiliki fungsi masing-masing. Untuk blok modulator 16-*QAM*, 64-*QAM*, dan *BPSK* dibahas pada sub-bab tersendiri. Berikut nama dan fungsi dari blok *HIPERLAN/2* yang digunakan dalam simulasi skripsi : [24]

1) *Q4 (Signal from Workspace)*

Blok ini berisikan sinyal matriks yang diinterpretasikan satu kanal per kolom. Sinyal matriks ini merupakan hasil konversi huruf menjadi biner melalui instruksi menggunakan *m-file* dalam editor MATLAB.

2) *Convert (Data Type Conversion)*

Blok *Data Type Conversion* mengkonversi sebuah sinyal *input* dari berbagai tipe data Simulink dan menspesifikasikan skala dengan blok *Output data type mode*, *Output data type*, dan parameter *Output scaling*. *Input* dapat sebagai sinyal real atau kompleks. Jika *input* real maka *output* real, dan sebaliknya jika *input* kompleks maka *output* kompleks. Pada simulasi dalam skripsi ini, digunakan blok *Convert* untuk mengkonversi sinyal *output* dari blok Q4 yang berupa *array* dirubah agar *Output Data Type* menjadi *boolean* agar sinkron dengan blok *Bernoulli* ketika digabungkan dengan blok *Matrix Concatenation*.

3) *Bernoulli Binary (Bernoulli Random Binary Generator)*

Blok *Bernoulli Binary Generator* membangkitkan sejumlah biner acak menggunakan distribusi Bernoulli. Distribusi ini dengan parameter p memproduksi *zero* dengan probabilitas p dan satu dengan probabilitas $1-p$, serta memiliki rata-rata $1-p$ dan variansi $p(1-p)$. Parameter *Probability of a zero* menspesifikasikan p , dan dapat berupa variasi jumlah real antara nol dan satu.

4) *Matrix Concatenation*

Blok *Concatenate* berfungsi menggabungkan sinyal *input* dengan tipe data yang sama, untuk menghasilkan sebuah *output* sinyal yang elemennya terletak bersebelahan dalam memori. Blok ini beroperasi dalam vektor atau *matrix concatenation mode*, tergantung pada pengaturan parameter *Mode*. Dalam kasus lain, *input* digabungkan dari atas ke bawah, atau kiri ke kanan, pada sisi *input*.

5) *Convolutional Encoder*

Blok *Convolutional Encoder* mengkodekan urutan dari *input* vektor biner untuk menghasilkan urutan vektor biner. Blok ini mampu memproses banyak simbol pada waktu bersamaan. Jika *encoder* mengambil *input bit stream*, maka akan mendapat kemungkinan simbol-simbol *input* sebanyak 2^k . Panjang dari vektor *input* blok ini adalah $L*k$ untuk *integer L* positif. Sama halnya, jika *encoder* menghasilkan n *output bit stream*, maka akan menghasilkan kemungkinan simbol-simbol *output* sebesar 2^n . Panjang dari vektor *output* adalah $L*n$.

6) *Matrix Interleaver*

Blok *Matrix Interleaver* menampilkan blok *interleaving* dengan memasukkan sebuah matriks dengan simbol *input* baris demi baris dan kemudian mengirim isi matriks menjadi sisi *output* kolom demi kolom.

7) *Normalize*

Blok *Normalize* menormalisasikan koefisien filter pembilang untuk sebuah filter kuantisasi agar bernilai antara -1 dan 1. Blok ini juga mengambil vektor *input* dari berbagai ukuran dan menghasilkan vektor unit yang paralel dengannya.

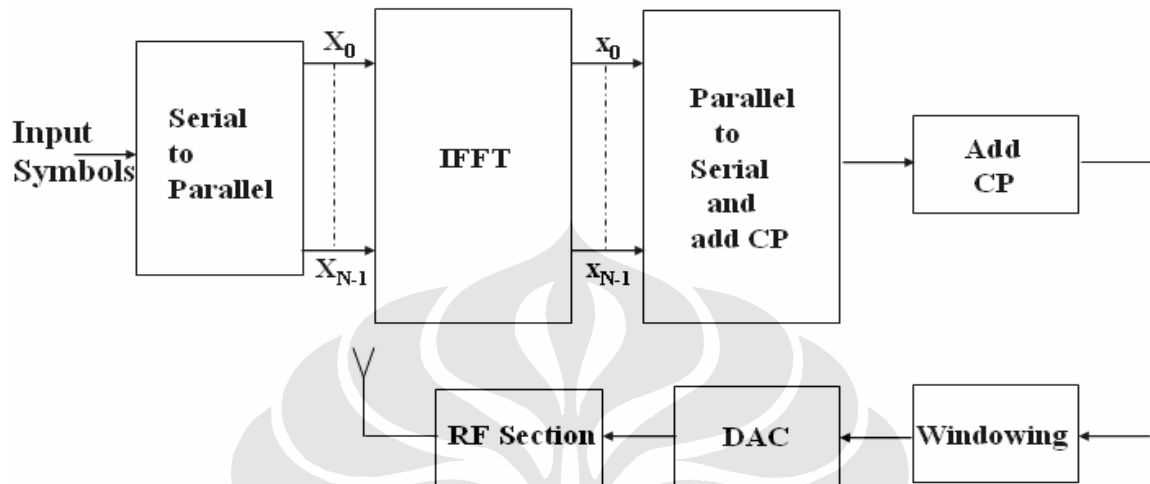
8) *OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)*

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) merupakan sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa frekuensi yang saling tegak lurus (*orthogonal*). Pada saat ini, *OFDM* telah dijadikan standar dan dioperasikan di Eropa yaitu pada Proyek DAB (*Digital Audio Broadcast*), selain itu juga digunakan pada HDSL (*High Bit-rate Digital Subscriber Lines*), VHDSL (*Very High Speed Digital Subscriber Lines*), HDTV (*High Definition Television*) dan juga komunikasi radio.[17]

OFDM Transmitter

Prinsip kerja dari *OFDM* merupakan teknik transmisi dengan banyak frekuensi (*multicarrier*), menggunakan *Inverse Fast Fourier Transform (IFFT)*. Gambar 3.6 mengilustrasikan bagan dasar *OFDM transmitter*. Alur kerja *OFDM* dimulai dari deretan data informasi yang akan dikirim, dikonversikan menjadi bentuk

parallel, sehingga bila *bit rate* semula adalah R , maka *bit rate* di tiap-tiap jalur parallel adalah R/P dimana P adalah jumlah jalur parallel (sama dengan jumlah *sub-carrier*). Setelah itu, modulasi dilakukan pada tiap-tiap *sub-carrier*. Modulasi ini bisa berupa *BPSK*, *QPSK*, *QAM* atau yang lain. Namun, ketiga teknik inilah yang sering digunakan pada *OFDM*.



Gambar 3.6 Bagan dasar *OFDM transmitter* [20]

Sinyal yang telah termodulasi diaplikasikan ke dalam *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT), untuk pembuatan simbol *OFDM*. Penggunaan IFFT memungkinkan pengalokasian frekuensi yang saling tegak lurus (*orthogonal*). Setelah itu, simbol-simbol *OFDM* dikonversikan lagi kedalam bentuk serial, dan kemudian sinyal dikirim. Pada operasi *windowing* berperan dalam membentuk pulsa. Dalam persamaan matematis, sinyal *OFDM* $s(t)$ dapat diekspresikan dalam persamaan (3.1), [20]

$$S(t) = \sum_{k=0}^{N-1} X_k \cdot e^{j2\pi f_k t} \quad (3.1)$$

Dimana $t = [0, T_{os}]$

- X_k = Data simbol
- T_{os} = Periode simbol *OFDM* , dimana $T_{os} = N \times T_s$
- T_s = Periode data simbol.
- N = Jumlah dari *sub-carrier*.

Pada kondisi orthogonalitas, dimana 2 (dua) fungsi sinyal, $g_1(t)$ dan $g_2(t)$ dikalikan :

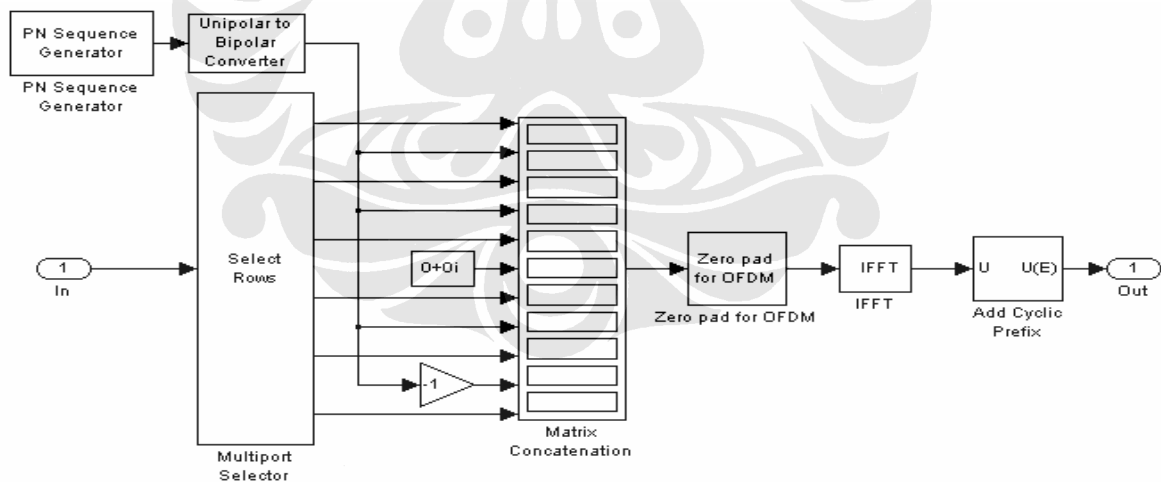
$$\int_0^{T_{os}} g_1(t) \cdot g_2^*(t) dt = 0 \quad (3.2)$$

Maka, agar diperoleh bentuk ortogonal, hasil perkalian dua sinyal $g_1(t)$ dan $g_2(t)$ adalah 0 (nol), dalam hal ini dapat kita ambil contoh persamaan (dimana fungsi $g_1(t) = e^{j2\pi f_p t}$, sedangkan $g_2(t) = e^{-j2\pi f_q t}$)

$$\int_0^{T_{os}} e^{j2\pi f_p t} \cdot e^{-j2\pi f_q t} dt = 0 \quad (3.3)$$

untuk $p \neq q$ dimana $f_k = k/T_{os}$

Dimana f_k adalah frekuensi pembawa (*carrier frequency*) dalam bentuk radian, j adalah fase pembawa (*carrier phase*). Sedangkan untuk *OFDM transmitter* pada teknologi *HIPERLAN/2* bagan diilustrasikan pada Gambar 3.7.

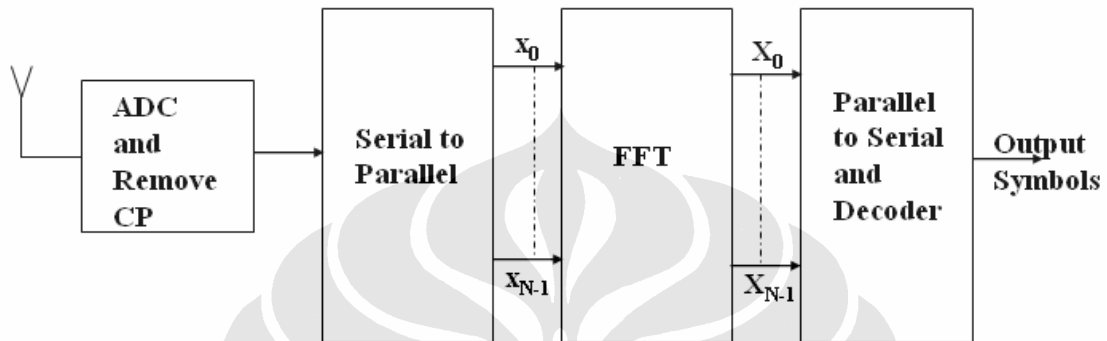


Gambar 3.7 *OFDM transmitter* teknologi *HIPERLAN/2* [16].

Tampak dari Gambar 3.6 dan 3.7, prinsip *OFDM transmitter* menggunakan IFFT yang berfungsi menentukan modulasi spektrum dan *time domain simbol*. [20]

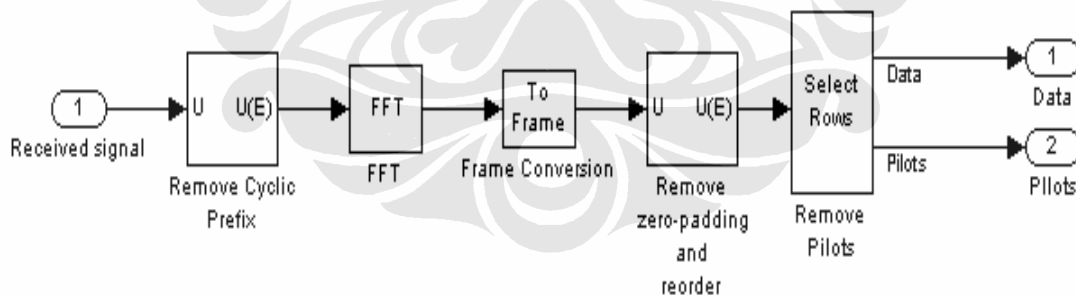
OFDM Receiver

Pada *OFDM receiver* (penerima), dilakukan operasi yang berkebalikan dengan apa yang dilakukan di stasiun pengirim (*transmitter*). Mulai dari konversi dari serial ke parallel, kemudian konversi sinyal parallel dengan *Fast Fourier Transform* (FFT), setelah itu demodulasi, konversi parallel ke serial, dan akhirnya kembali menjadi bentuk data informasi. Gambar 3.8 mengilustrasikan bagan dasar *OFDM receiver*.



Gambar 3.8 Bagan dasar *OFDM Receiver* [20]

Sedangkan untuk *OFDM receiver* teknologi *HIPERLAN/2*, bagan diilustrasikan pada Gambar 3.9. Tampak dari Gambar 3.8 dan 3.9, prinsip dari *OFDM receiver* menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*) yang berfungsi memperoleh data.

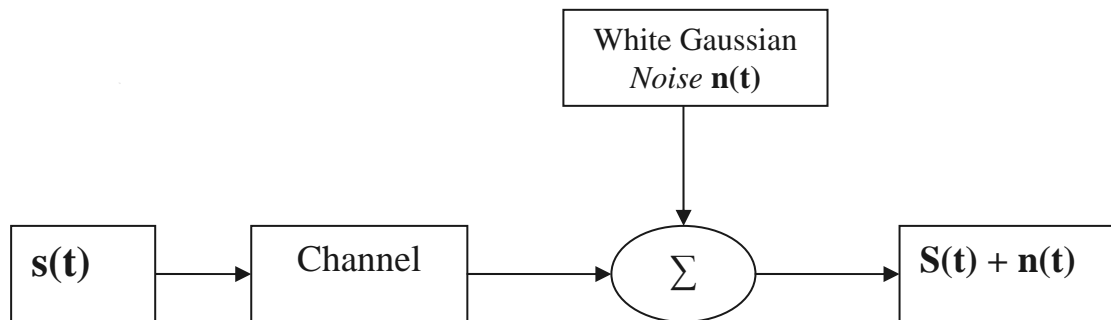


Gambar 3.9 Bagan *OFDM receiver* teknologi *HIPERLAN/2* [16].

9) AWGN (*Additive White Gaussian Noise*)

Dalam simulasi yang dilakukan, blok *AWGN* berperan sebagai pemberi *noise*. Dimana sinyal yang membawa bit-bit *output* dari blok *OFDM* ditransmisikan melalui kanal model *AWGN*. Sehingga sinyal yang diterima pada sisi *receiver* merupakan penjumlahan antara sinyal asli yang dikirimkan $s(t)$ dan $n(t)$. Besar dari *noise* diatur dengan memvariasikan *Signal to Noise Ratio* (SNR). Dalam skripsi ini, variasi yang

dilakukan pada besar SNR ini berkisar 5-30 dB. Sedangkan besar daya sinyal yang dikirimkan diasumsikan tetap, yaitu pada nilai 0.01 Watt. Gambar 3.10 mengilustrasikan *noise* yang timbul sepanjang saluran transmisi pada kanal AWGN.



Gambar 3.10 Kanal *Noise* model AWGN [18]

10) *Multipath Rayleigh Fading Channel*

Blok ini mengimplementasikan simulasi sebuah *baseband* dari kanal propagasi *multipath Rayleigh Fading*. Blok ini berguna untuk memodelkan sistem komunikasi *mobile wireless*. Kerja dari blok ini hanya menerima sinyal kompleks berdasarkan *frame* sebagai *input*. Untuk bekerja dengan *input* berdasar *sample*, menggunakan blok konversi *frame* dari *Signal Processing Blokset* untuk memformat ulang sinyal. *Input* di sini harus *sample time* diskrit lebih besar dari 0.

11) *Denormalize*

Peran dari blok ini berkebalikan dari blok *Normalize*, selain itu blok ini membuka koefisien filter dan menguatkan perubahan akibat dari *normalize*.

12) *Matrix Deinterleaver*

Blok *Matrix Deinterleaver* melakukan *deinterleaving* (mengisi matriks dengan simbol *input* kolom demi kolom dan kemudian mengirim isi matriks ke sisi *output* baris demi baris). Parameter *Number of Rows* dan *Number of Columns* merupakan dimensi dari matriks dimana penggunaan blok secara internal untuk komputasinya.

13) *Unipolar to Bipolar*

Blok ini memetakan sinyal *input* unipolar menjadi sinyal *output* bipolar. Jika *input* terdiri dari integer antara 0 dan $M-1$, dimana M adalah parameter M -ary Number, kemudian *output* terdiri dari integer antara $-(M-1)$ dan $M-1$. Jika M adalah genap, maka *output* bersifat ganjil dan sebaliknya.

14) *Viterbi Decoder*

Blok *Viterbi Decoder* men-dekode-kan simbol *input* untuk menghasilkan simbol *output* biner. Blok ini dapat memproses beberapa simbol pada waktu bersamaan untuk performa yang lebih cepat.

Output dari *Viterbi Decoder* kemudian disalurkan ke *Error Calculation* untuk dihitung *error rate* dan jumlah error yang ada, dan juga dibagi menjadi dua yaitu blok P1 dan P2.

15) P1 (*To Workspace*)

Blok ini merepresentasikan *output* dari transmisi yang kemudian dihubungkan dengan *Error Calculation* untuk menghitung *error rate* dan jumlah error antara blok Q4 dengan P1, hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah *output* hasil transmisi sesuai dengan *input* transmisi yang berasal dari blok Q4.

16) P2 (*To Workspace*)

Blok ini juga merupakan hasil pembagian *output Viterbi Decoder*, namun tidak dihitung besarnya *error rate* maupun jumlah error karena blok ini merepresentasikan *output* dari *Bernoulli Binary*, dimana *Bernoulli Binary* bukan suatu *input* yang digunakan dalam simulasi ini.

17) *Error rate Calculation*

Blok ini membandingkan data *input* dari *transmitter* dengan data *input* dari receiver, serta mengkalkulasikan *error rate* sebagai sebuah statistik yang berjalan, dengan membagi total jumlah dari pasangan yang tidak sama dari data elemen dengan total *input* elemen data dari satu sumber. Blok ini digunakan untuk menghitung simbol maupun *error rate*, karena tidak mempertimbangkan besar dari perbedaan antara elemen data *input*. Jika *input* merupakan bit-bit, kemudian blok menghitung *bit*

error rate. Jika *input* merupakan simbol, kemudian blok menghitung *simbol error rate*.

3.1.2. Keunggulan *HIPERLAN/2*

Teknologi *HIPERLAN/2* memiliki beberapa keunggulan [8], yaitu :

1) Transmisi kecepatan tinggi

HIPERLAN/2 memiliki *transmission rate* hingga 54 Mbit/s. Hal ini dicapai dengan menciptakan metode modularisasi yang disebut *Orthogonal Frequency Digital Multiplexing (OFDM)*. *OFDM* terutama sekali efisien dalam lingkungan penyebaran waktu, semisal sinyal yang direfleksikan dari berbagai titik.

2) Orientasi pada koneksi (*connection-oriented*)

HIPERLAN/2 menggunakan *Time Division Multiple Access (TDMA)* untuk mentransmisikan paket data, dimana koneksinya bersifat *time-division multiplexed* serta *connection-oriented*, salah satu dari koneksi *bidirectional point-to-point* atau *unidirectional point-to-multipoint*.

Penggunaan *TDMA* pada *HIPERLAN/2* menawarkan hubungan waktu yang tetap (*regular*) untuk akses jaringan. Sistem *TDMA* secara dinamis menempatkan setiap stasiun sebuah slot waktu berdasar pada kebutuhan stasiun. Stasiun mentransmisikan data pada interval reguler selama slot waktu masing-masing. Hal ini membuat penggunaan lebih efisien dari medium dan meningkatkan dukungan dari aplikasi suara dan video.[7]

3) Dukungan *Quality-of-Service (QoS)*

HIPERLAN/2 mendukung berbagai *Quality of Service (QoS)* untuk berbagai koneksi. Dukungan *QoS* memungkinkan transmisi dari penggabungan tipe dari informasi (seperti suara, video, atau data lain yang merupakan dasar pelayanan *HIPERLAN/2*). *HIPERLAN/2* juga menyediakan *unicast*, *multicast*, dan *broadcast*.

4) Alokasi frekuensi otomatis

Access Point (AP) HIPERLAN/2 memiliki dukungan *built-in* untuk transmisi alokasi frekuensi di dalam area *AP*, yang ditunjukkan oleh fungsi *Dynamic Frequency Selection (DFS)*. Sebuah kanal radio yang sesuai, diseleksi berdasar pada kanal radio yang siap dipakai oleh *AP* yang lain, dan untuk meminimalisasi interferensi dengan

lingkungan. Dengan demikian, tidak dibutuhkan rencana frekuensi manual sebagaimana dalam jaringan selular seperti *GSM*.

5) Dukungan keamanan

Teknologi *HIPERLAN/2* mendukung pembuktian keaslian sesuatu dan *encryption*. Baik *AP* maupun *MT* dapat membuktikan satu sama lain dalam memastikan otorisasi akses ke jaringan atau untuk operator jaringan yang absah. *Encryption* dapat digunakan pada pembangunan koneksi sebagai proteksi dari serangan *eaves-dropping* dan *man-in-the-middle*. Dalam *HIPERLAN*, setiap simpul komunikasi diberikan sebuah *HIPERLAN ID (HID)* dan sebuah *Node ID (NID)*. Kombinasi dari kedua ID ini secara unik mengidentifikasi berbagai stasiun dan membatasi jalan yang dapat menghubungkan ke simpul *HIPERLAN* yang lain. Seluruh simpul dengan *HID* yang sama dapat berkomunikasi dengan satu sama lain menggunakan sebuah mekanisme *routing* yang ditunjukkan *Intra-HIPERLAN*.

6) Dukungan Mobilitas

Dukungan untuk *handover* memungkinkan mobilitas dari *MTs*. Skema *handover* diinisiasi oleh *MT*, sebagai contoh penggunaan *AP* dengan sinyal terbaik, dengan mengukur rasio *S/N*. Akibat dari pengguna yang bergerak, semua koneksi yang dibangun, bergerak ke *AP* dengan performa radio transmisi terbaik, sementara *MT* tetap dihubungkan ke jaringan *HIPERLAN/2*.

7) Aplikasi dan Jaringan Bebas

Arsitektur *HIPERLAN/2* dengan mudah diadaptasi dan diintegrasikan dengan variasi dari *fixed networks*. Seluruh aplikasi yang berjalan di atas *fixed infrastruktural* dapat juga dijalankan pada jaringan *HIPERLAN/2*.

8) Penghematan Daya

Mekanisme dari penghematan daya pada *HIPERLAN/2* didasarkan pada negosiasi inisiasi *MT* dari *sleep periods*. *MT* meminta *AP* untuk keadaan daya rendah dan *sleep period*. Pada waktu berakhir dari *sleep period*, *MT* mencari indikasi *wake up* dari *AP*, *MT* menerima berbagai data *pending* sebagai *sleep period* yang sudah habis waktunya.

3.2. HIPERLAN/2 DENGAN MODULASI *QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION (QAM)*

Quadrature Amplitude Modulation (QAM) merupakan skema modulasi yang membawa data dengan merubah beberapa aspek dari sinyal pembawa (*carrier signal*) atau gelombang pembawa (*carrier waves*), yang pada umumnya sebuah sinusoidal, dalam merespon dinyal data.

Pada *QAM*, fase dan amplitudo dari sinyal *carrier* diubah-ubah untuk melambangkan data.

Sinyal *QAM* dapat dituliskan sebagai berikut : [21]

$$s(t) = I(t).\cos \omega c t + Q(t).(-\sin \omega c t) \quad (3.4)$$

dimana : $I(t) = A.\cos \theta$

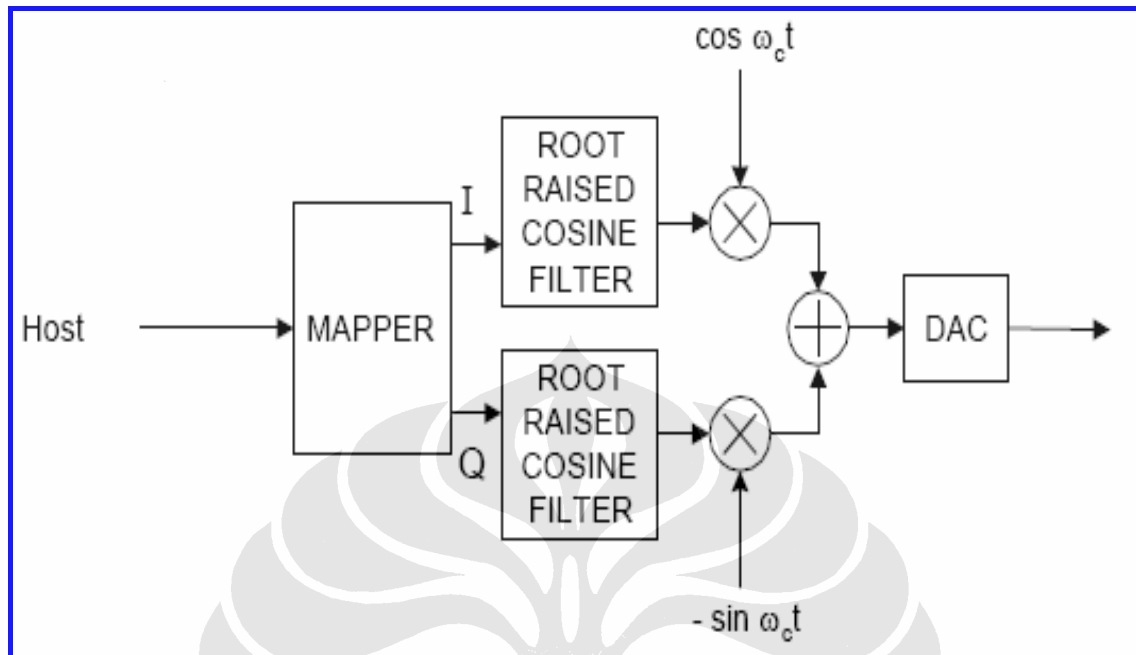
$Q(t) = A.\sin \theta$

Bahwa sinyal *QAM* dibentuk dari penjumlahan sebuah sinyal kosinus dengan amplitudo $I(t)$ dan sebuah sinyal sinus dengan amplitudo $Q(t)$, sama halnya dengan menjumlahkan sebuah sinyal AM (*amplitude modulation*) yang menggunakan *carrier* kosinus dengan sebuah sinyal AM lain yang menggunakan *carrier* sinus. Kata *quadrature* pada *QAM* berasal dari kedua *carrier* yang berbeda fase 90° .

Pada konstelasi diagram *QAM*, sumbu x merupakan sumbu yang mewakili $\cos \omega c t$ dari persamaan (3.4) dan disebut sebagai sumbu I (*inphase*), sedangkan sumbu y adalah sumbu yang mewakili $-\sin \omega c t$ dari persamaan (3.4) dan disebut sebagai sumbu Q (*quadrature*).

Pada proses pengiriman data, data yang akan dikirim dibagi menurut jumlah bit untuk satu simbol (*host*). Data yang telah dibagi tersebut, dipetakan menurut diagram konstelasi dengan menggunakan *mapper*. Keluaran dari *mapper* adalah komponen *inphase* dan *quadrature* (yang berperan sebagai masukan untuk modulator) untuk simbol yang ditentukan oleh data yang dikirm, dimana keluaran ini difilter terlebih dahulu dengan filter *baseband root raised cosine* untuk mengurangi efek *intersymbol interference (ISI)* yang muncul akibat terbatasnya *bandwitdh*. Kemudian keluaran dari filter dimodulasi dengan *carrier* kosinus dan negatif sinus dan dijumlahkan untuk mendapatkan sinyal *QAM*-nya, yang terlebih dahulu blok *DAC*

(*Digital Analog Converter*) mengkonversi sinyal keluaran menjadi analog untuk dikirimkan ke *receiver*. Blok transmitter diilustrasikan pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 Blok diagram *QAM transmitter* [21]

Pada blok *receiver* (penerima), sinyal yang telah dimodulasi dikembalikan ke bentuk semula. Proses ini disebut sebagai demodulasi. Rumus untuk demodulator adalah sebagai berikut:[21]

$$I'(t) = [s(t) \cdot \cos \omega_c t] - [sh(t) \cdot \{-\sin \omega_c t\}] \quad (3.5)$$

$$Q'(t) = [s(t) \cdot \{-\sin \omega_c t\}] + [sh(t) \cdot \cos \omega_c t] \quad (3.6)$$

$s(t)$ adalah sinyal yang diterima sedangkan $sh(t)$ dihasilkan dengan melakukan *Hilbert transform* terhadap $s(t)$ sedangkan ω_c' adalah frekuensi *carrier* yang dibangkitkan pada penerima.

Untuk sistem *receiver*, sinyal yang datang dikonversi terlebih dahulu ke bentuk digital oleh ADC (*Analog Digital Converter*). Kemudian sinyal dilewatkan pada filter *passband root raised cosine* dan filter *passband Hilbert transform root raised cosine*. Filter ini merupakan pasangan dari filter *baseband root raised cosine* yang ada di pemancar. Sifat *Hilbert transform* diperlukan untuk membentuk bagian imajiner dari sinyal yang diterima. Keluaran dari filter diteruskan ke *equalizer* yang

berfungsi menghilangkan efek ISI (*intersymbol interference*). Keluaran dari *equalizer* didemodulasi untuk mendapatkan kembali komponen *inphase* dan *quadrature* yang dikirim.

Untuk mengatasi perbedaan hasil demodulasi, yaitu perbedaan nilai komponen *Inphase* dan *quadrature* akibat noise dan *ISI* digunakan *decision unit*, yang melakukan perhitungan terhadap hasil demodulasi untuk menentukan titik mana yang dikirim. Perhitungan yang dilakukan adalah mencari jarak *Euclidean* antara titik yang diterima dengan titik-titik konstelasi ideal.

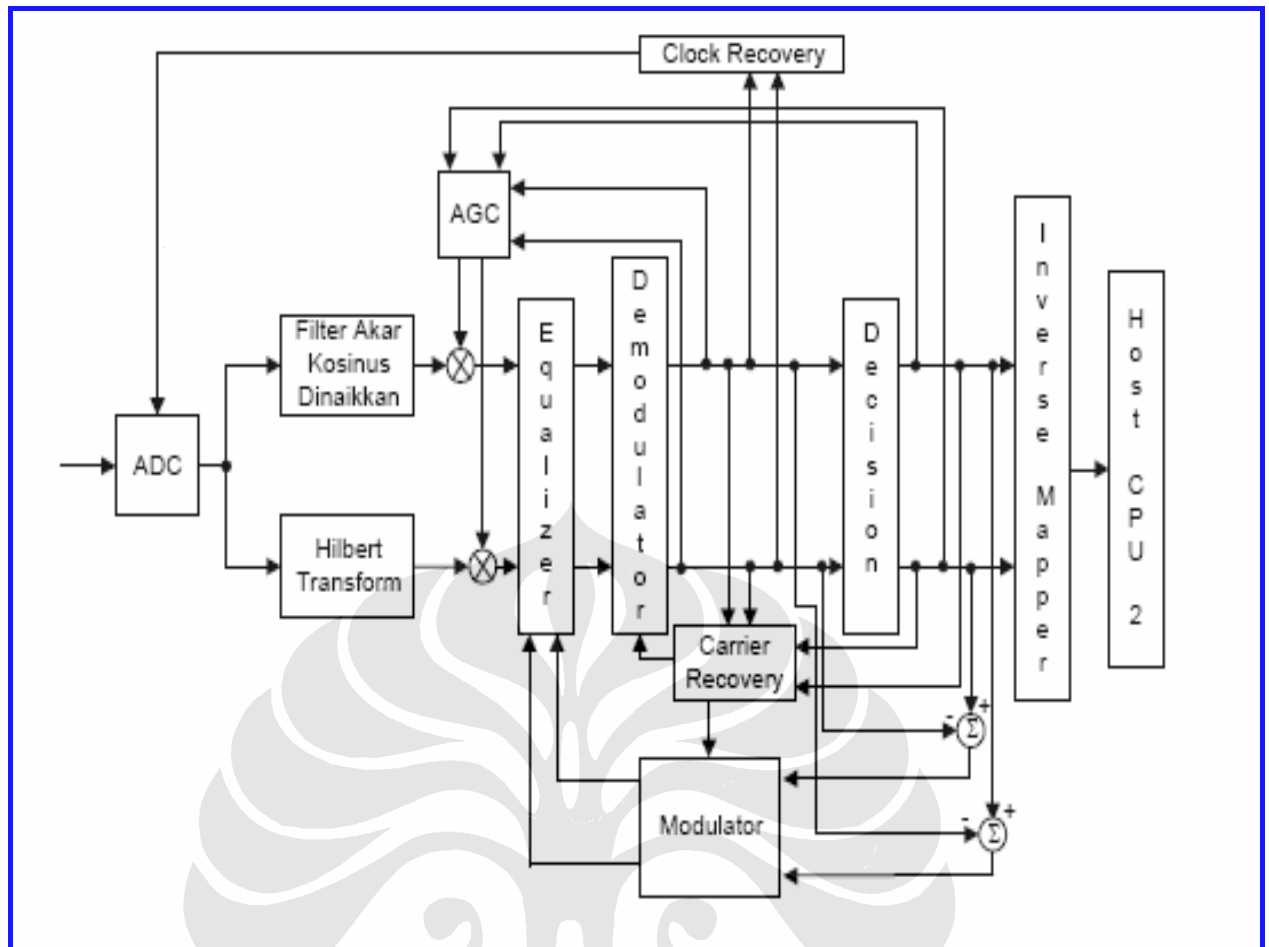
Jarak *Euclidean* adalah jarak dalam konteks ruang yang dihitung dengan rumus sebagai berikut: Jika titik yang diterima memiliki koordinat ($I'(t), Q'(t)$) dan suatu titik ideal memiliki koordinat (x, y), maka jarak *Euclidean*-nya adalah:[21]

$$E = \sqrt{[y - Q'(t)]^2 + [x - I'(t)]^2} \quad (3.7)$$

Simbol yang dipilih adalah simbol yang jaraknya paling kecil dengan titik yang diterima. Keluaran dari *decision unit* masuk ke *inverse mapper* untuk mengembalikan komponen *inphase* dan *quadrature* yang diterima menjadi bit-bit. *Carrier* dari penerima harus disinkronkan dengan *carrier* dari sinyal yang diterima. Proses sinkronisasi *carrier* dilakukan oleh unit *carrier recovery*. Unit *carrier recovery* menggunakan hasil *decision* dan hasil demodulasi untuk mencari *error* fase..

Pelemahan pada sistem dikompensasi oleh *Automatic Gain Control* (AGC). AGC menggunakan hasil demodulasi dan *decision* untuk mencari *gain* yang sesuai.

Pada sistem juga terdapat unit *clock recovery* yang bekerja untuk menghitung jumlah dari kuadrat komponen *inphase* dan *quadrature*. Hasil dari penjumlahan tersebut dilewatkan pada sebuah *Band Pass Filter* dengan *bandwidth* yang sangat sempit (*resonator*). Keluaran dari *resonator* adalah sebuah sinyal sinus yang memiliki frekuensi sama dengan frekuensi simbol. Sinyal sinus tersebut dilewatkan pada sebuah unit yang mendeteksi pertengahan dari sinyal sinus tersebut. Diagram blok penerima diilustrasikan pada gambar 3.11,



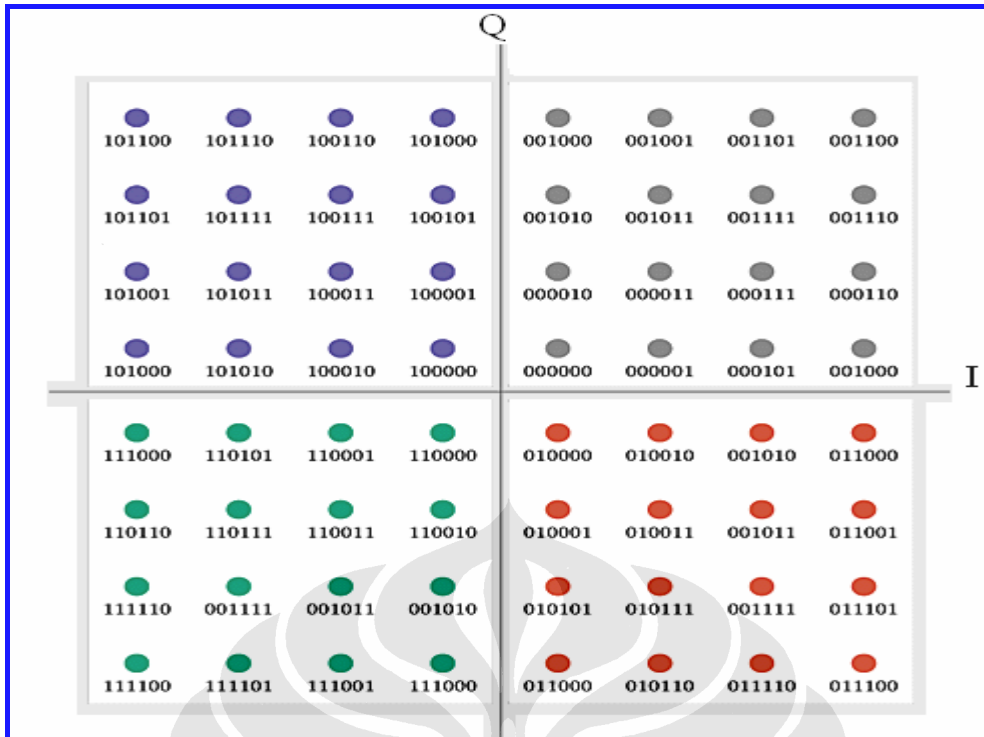
Gambar 3.12 Blok diagram *QAM receiver* [21]

Pada simulasi yang dilakukan dalam skripsi ini, digunakan modulasi 64-*QAM* dan 16-*QAM* yang akan dijelaskan setelah ini.

3.2.1. HIPERLAN/2 Dengan Modulasi 64-*QAM*

Pada modulasi 64-*QAM*, terdapat fasa error yang merupakan perbedaan antara sudut fasa antara komponen I dan Q sebesar 90° . Dalam hal ini, I dan Q tidak tegak lurus satu sama lain setelah demodulasi. Fasa error disebabkan oleh error dari pergeseran fasa dari modulator I/Q.

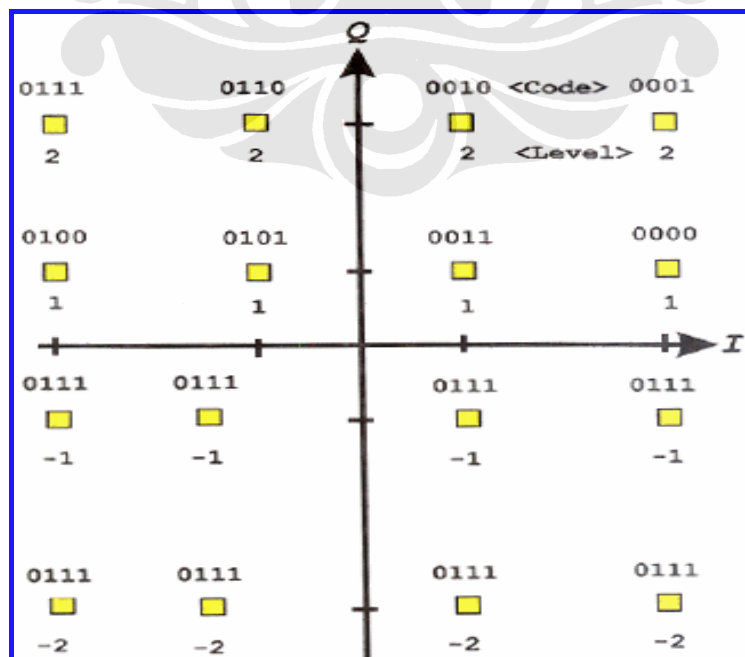
Dalam sebuah diagram konstelasi. Amplitudo yang tidak seimbang menunjukkan satu sinyal komponen yang diperbesar dan yang lain dikompresi. Hal ini diakibatkan adanya *receiver AGC (Automatic Gain Control)* mengakibatkan level sinyal menjadi rata-rata. Gambar 3.13 mengilustrasikan konstelasi diagram 64-*QAM*



Gambar 3.13 Diagram konstelasi 64-QAM [10]

3.2.2. HIPERLAN/2 Dengan Modulasi 16-QAM

Diagram konstelasi ini diilustrasikan pada Gambar 3.14. Kotak kuning menunjukkan satu metode yang merepresentasikan posisi bidang fasa I-Q dari kode digital. Maka, dalam 16-QAM terdapat 16 kemungkinan, dimana 16 kombinasi kemungkinan dari sinyal amplitudo dan fasa.



Gambar 3.14 Diagram konstelasi 16-QAM [11].

3.3. HIPERLAN/2 DENGAN MODULASI BINARY PHASE SHIFT KEYING (BPSK)

BPSK (*Binary phase shift keying*) merupakan bentuk paling sederhana dari PSK (*Phase Shift Keying*). Modulasi ini menggunakan dua fasa yang dipisahkan sudut 180° dan juga dapat dimasukkan sebagai 2-PSK. Konstelasi diagram BPSK diilustrasikan pada Gambar 3.15, dimana sumbu x searah dengan *Inphase*, pada 0° dan 180° . BPSK hanya mampu memodulasi 1 bit/symbol dan sangat tidak sesuai untuk aplikasi *data-rate* ketika bandwidth dibatasi. *Bit error rate* (BER) pada BPSK dalam AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) dapat dihitung dengan persamaan (3.3) : [22]

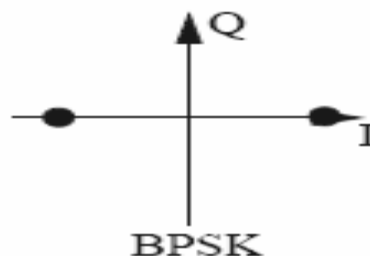
$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) \quad (3.8)$$

- E_b = Energi-per-bit
- $N_0 / 2$ = Noise power spectral density (W/Hz)
- P_b = Probability of bit-error
- Q = Gaussian error function

Dimana $Q(x)$ memiliki persamaan :

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-t^2/2} dt = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right), \quad x \geq 0 \quad (3.9)$$

Karena hanya 1 bit/symbol, hal ini juga merupakan simbol *error rate*. Adanya sebuah pergeseran fasa yang berubah-ubah yang dibawa kanal komunikasi, demodulator tidak dapat memberi tahu titik konstelasi berada. Sebagai akibatnya, data seringkali dimodulasi lebih dahulu dengan pengkodean yang berbeda.



Gambar 3.15 Diagram Konstelasi BPSK.[12]

BAB 4

ANALISIS TRANSMISI DATA *DNA* PADA JARINGAN *HIPERLAN/2* MODULASI 64-*QAM*, 16-*QAM*, DAN *BPSK*

4.1. SKENARIO SIMULASI *PHYSICAL LAYER*

Simulasi bertujuan memodelkan transmisi data *DNA* dengan teknologi *HIPERLAN/2* pada bagian *physical layer*, dengan variasi 3 (tiga) alternatif modulasi yaitu :

1. Modulasi dengan modulator 64-*QAM*
2. Modulasi dengan modulator 16-*QAM*
3. Modulasi dengan modulator *BPSK*

Tabel 4.1 menunjukkan perbedaan utama ketiga jenis modulasi tersebut

Tabel 4.1 Perbedaan Tipe Skema Modulasi pada *HIPERLAN/2* [13]

Modulation Scheme	Coding rate	Physical data rate	Data bits per symbol
<i>BPSK</i>	$\frac{3}{4}$	9 Mbps	36
16- <i>QAM</i>	$\frac{3}{4}$	36 Mbps	144
64- <i>QAM</i>	$\frac{3}{4}$	54 Mbps	216

Sumber : www.easy.intranet.gr

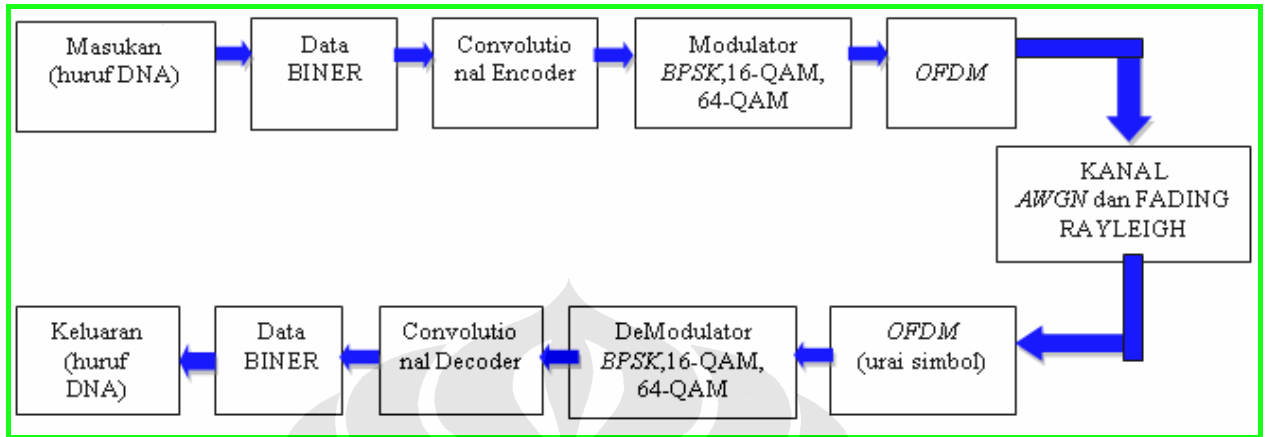
Proses transmisi dilakukan sebanyak 5 *sample* kombinasi. Dengan panjang karakter *sample DNA* dari 2403 hingga 2446 karakter. Dengan pengiriman data per sampel sekitar 5 kb (dengan pembulatan ke atas). Karakter *DNA* yang diuji coba pada simulasi ini disertakan pada lampiran.

Untuk THO1 (salah satu penyusun *CODIS-13*) tidak didapatkan *sample data*, sehingga hanya digunakan 12 dari 13 penyusun *CODIS-13 DNA*. Rekomendasi pengulangan Tabel 2.1 bab 2.

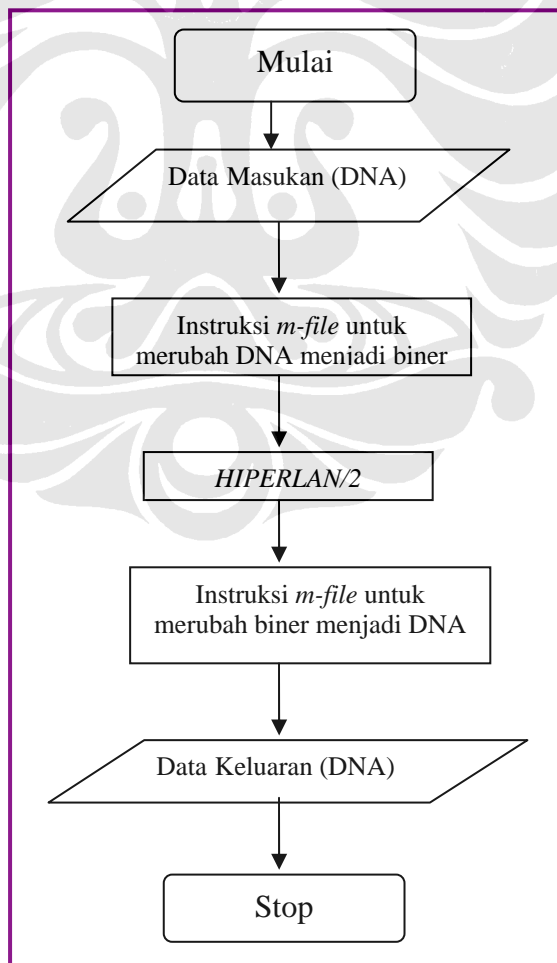
Pada rancang bangun penelitian ini, dilakukan pengukuran untuk pengiriman data *DNA* berteknologi *HIPERLAN/2* dengan frekuensi yang digunakan sebesar 5 GHz. Pada simulasi transmisi menggunakan jaringan 3G, kombinasi pengulangan indeks dijadikan *password* pengguna, dimana untuk setiap individu akan didapatkan indeks pengulangan yang saling berbeda. Sedangkan pada simulasi berteknologi

HIPERLAN/2, data yang ditransmisikan adalah deret *DNA* yang telah ditranslasikan menjadi bit-bit digital.

Gambar 4.1 memperlihatkan blok diagram dan Gambar 4.2 menunjukkan *flow chart* representasi dari skenario simulasi :



Gambar 4.1 Blok diagram utama simulasi pada *physical layer HIPERLAN/2*



Gambar 4.2 *Flow Chart* simulasi transmisi data *DNA* dengan *HIPERLAN/2*

Dari data *CODIS-13 DNA*, diperoleh daftar *DNA* berupa kombinasi dari huruf A,T,G, dan C. Kombinasi inilah yang berkisar 2403 hingga 2446 karakter yang kemudian dikonversi ke dalam bentuk biner agar dapat ditransmisikan. Daftar tersebut menjadi data masukan berupa deret *DNA* kelima *sample DNA CODIS-13*.

Tabel 4.2 merupakan data masukan pada simulasi ini [14].

Tabel 4.2 Data Masukan Simulasi

Data masukan ke-	Nama Sample	Panjang DNA nucleotide (karakter)	Panjang DNA biner (bit)
1	CODIS-A	2421	4842
2	CODIS-B	2405	4810
3	CODIS-C	2403	4806
4	CODIS-D	2437	4874
5	CODIS-E	2446	4892

Sumber : ncbi.nlm.nih.gov

Dikarenakan data asli masukan *DNA* adalah karakter *nucleotide*, maka dilakukan konversi huruf ke dalam bentuk biner menggunakan instruksi di dalam editor MATLAB berupa *m-file* yang kemudian dijalankan dan dimasukkan ke dalam variabel matriks Q4 yang berada pada simulasi *HIPERLAN/2*.

Matriks Q4 memiliki *sample per frame* yang besarnya tergantung dari *data bits per symbol* dari modulator yang dipakai, seperti yang telah dijabarkan pada Tabel 4.1, jika memakai modulator 64-QAM sebesar 216, modulator 16-QAM besarnya *data bits per symbol* 144, sedangkan modulator BPSK sebesar 36 [13]. Agar dapat menghasilkan unjuk kerja yang representatif pada kanal *physical layer HIPERLAN/2*, maka data biner *DNA* dikombinasikan dengan *Bernoulli Random Generator* yang mengakibatkan perubahan nilai *sample per frame* pada saat menjalankan simulasi.

Matriks Q4 menghasilkan *output* biner yang kemudian dikirimkan ke blok *Convolutional Encoder* yang mengkodekan urutan *input* vektor biner menjadi urutan *output* vektor. *Output* dari blok ini dikirim ke blok *Matrix Interleaver* yang melakukan penyisipan dengan mengisi matriks dengan simbol-simbol *input* baris demi baris dan kemudian mengirim isi matriks ke sisi *output* kolom demi kolom. *Output* dari *Matriks interleaver* menjadi *input* blok modulator. Dalam simulasi ini dilakukan tiga percobaan untuk modulator 64-QAM, 16-QAM, dan BPSK.

Modulator 16-QAM dan 64-QAM memodulasikan sinyal menggunakan modulasi *quadrature amplitude* yang *outputnya* representasi sinyal yang dimodulasi. Modulator BPSK memodulasikan sinyal menggunakan metode *binary phase shift keying*. *Output* dari modulator ini representasi dari sinyal yang dimodulasikan. Perbedaan signifikan pada ketiga tipe modulasi terletak pada jumlah *sample per frame* yang harus disesuaikan pada saat menjalankan simulasi.

Output dari modulator dikirimkan ke blok *Normalize* yang berfungsi menormalisasikan koefisien filter *numerator* untuk filter yang dikuantisasi agar mempunyai nilai antara -1 dan 1. Kemudian, *output* dari blok *Normalize* dikirim ke blok *OFDM transmitter* agar diproses dengan IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) sehingga menghasilkan sinyal transmisi.

Sinyal transmisi ini diteruskan ke blok *AWGN (Additive White Gaussian)* yang menambahkan *noise (white Gaussian)* pada kompleks ataupun real *input* sinyal, sehingga menghasilkan kompleks *output* sinyal untuk *input* kompleks dan real *output* sinyal untuk real *input* sinyal. Pada penelitian ini, juga dilakukan simulasi unjuk kerja pada kanal *Rayleigh Fading* dengan variasi nilai Frekuensi Doppler yang merepresentasikan kecepatan gerak pengguna (*user*).

Output dari *AWGN* diteruskan ke *OFDM Receiver* yang fungsinya berkebalikan dari *OFDM transmitter*, kemudian diteruskan ke *Denormalize* yang fungsinya kebalikan dari *Normalize*. Kemudian *output Denormalize* diteruskan ke Demodulator (64-QAM, 16-QAM, atau BPSK).

Output dari demodulator diteruskan ke *Matrix Deinterleaver* yang kerjanya berlawanan dengan *Matriks Interleaver*. Kemudian dikirimkan ke blok *Unipolar to Bipolar* lalu *Viterbi Decoder* dan simulasi berakhir di *Error Calculation* untuk mengetahui *error rate* dan *num of error*.

Selain dikirimkan langsung ke blok *Error Calculation*, *output* dari Viterbi Decoder (kemudian disebut **BER Physical Layer**) juga diteruskan ke dua matriks, yaitu P dan P1 untuk modulator 64-QAM dan BPSK, serta matriks P1 dan P2 untuk modulator 16-QAM. Matriks P pada 64-QAM dan BPSK, serta P1 pada 16-QAM merupakan representasi dari *output* matriks Q4 (kemudian disebut **output matriks P** untuk 64-QAM dan BPSK, sedangkan **output matriks P1** untuk 16-QAM), dimana matriks inilah yang berupa biner diubah kembali menjadi huruf dengan instruksi *m-file* sehingga dapat dilakukan proses verifikasi untuk mengenali profildata DNA yang dikirimkan.

Dikarenakan data transmisi dicampur dengan bit-bit hasil *Bernoulli Random Generator*, maka matriks P1 pada 64-QAM dan BPSK, dan P2 pada 16-QAM merupakan representasi dari *output Bernoulli Binary*.

Untuk ketiga jenis modulasi 64-QAM, 16-QAM dan BPSK, diukur data-data sebagai parameter analisis unjuk kerja, yaitu :

1. Nilai BER (*Bit Error rate*) pada transmisi kanal AWGN, dengan SNR 1- 30 dB. Terdapat 2 (dua) parameter BER yang diukur yaitu :
 - *BER physical later* adalah perbandingan antara *input Convolutional encoder* dan *output Viterbi decoder*. BER pada sisi ini merepresentasikan *error rate* yang terukur pada *physical layer*.
 - *BER output matriks P1*, yakni perbandingan antara data nukleotid DNA (dalam bentuk karakter) antara sisi *transmitter HIPERLAN/2* dan *receiver* pada simulasi 16-QAM.
 - *BER output matriks P*, yakni perbandingan antara data nukleotid DNA (dalam bentuk karakter) antara sisi *transmitter HIPERLAN/2* dan *receiver* pada simulasi 64-QAM dan BPSK. Secara simulasi, *transmitter* merepresentasikan pengirim (*user*) sedangkan *receiver* adalah *database server*. Parameter ini juga menunjukkan Nilai kesalahan verifikasi DNA (*error comparison*) untuk SNR tertentu.
2. *Constellation diagram* pada sinyal yang diterima setelah melewati kanal *Rayleigh Fading* dengan kecepatan user 1 m/s (frekuensi doppler 17 Hz) , 5 m/s (frekuensi doppler 84 Hz), 18 m/s (frekuensi Doppler 300 Hz).

4.2. Analisis pada transmisi modulasi 64-QAM

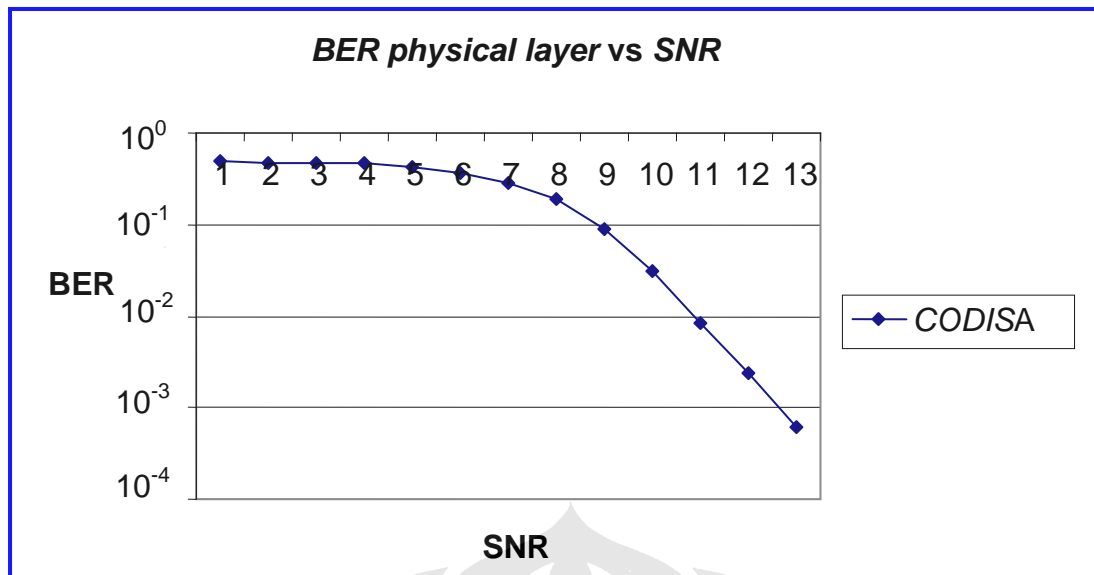
4.2.1. Analisis Transmisi pada Kanal AWGN

CODISA

Hasil simulasi untuk data masukan CODIS-A pada *HIPERLAN/2* dengan modulasi 64-QAM kanal AWGN ditunjukkan pada Tabel 4.3. Sebagaimana dijelaskan pada sub-bab di atas, terdapat 2 (dua) parameter *BER* yang terukur. Gambar 4.3 merupakan plot *BER physical layer* vs *SNR* dengan nilai *SNR* 1 dB – 13 dB yang telah memberikan nilai *BER* = 0. Adapun nilai *BER output matriks P* akan menjadi data analisis unjuk kerja verifikasi *DNA* antara *transmitter* dan *receiver*.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran *error rate* Modulator 64-QAM dengan AWGN Data Transmisi CODIS-A

SNR(dB)	BER output matriks P	BER physical Layer
1	0.4913	0.4892
2	0.4876	0.4742
3	4.95E-01	4.77E-01
4	4.79E-01	4.61E-01
5	4.51E-01	4.27E-01
6	4.26E-01	3.72E-01
7	3.62E-01	2.80E-01
8	2.84E-01	1.87E-01
9	2.16E-01	9.15E-02
10	1.69E-01	3.06E-02
11	1.57E-01	8.48E-03
12	1.54E-01	2.42E-03
13	1.51E-01	6.06E-04
14	1.51E-01	0.00E+00
15	1.51E-01	0.00E+00

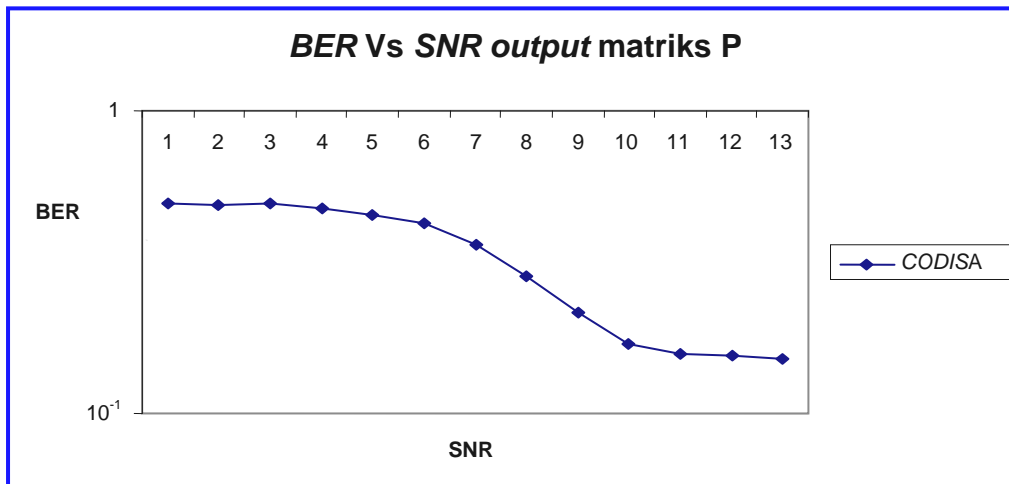


Gambar 4.3. Grafik *BER physical layer vs SNR* modulasi 64-QAM data masukan CODIS-A

Tampak dari Gambar 4.3 di atas, bahwa *BER* mengalami penurunan signifikan mulai dari *SNR* 6 dB hingga 13 dB. Sedangkan dimulai dari 14 dB, kurva menunjukkan *error rate* konstan yakni 0 (nol) hingga akhir pengukuran pada 30 dB. Pada nilai *SNR* 13 dB, *error rate* bernilai 10^{-4} . Transmisi DNA digolongkan sebagai transmisi data dengan sensitivitas informasi yang tinggi, sehingga nilai *error rate* sangat signifikan pada performa unjuk kerja sistem.

Di lain sisi, dimulainya kondisi *errorless* (kondisi dimana tidak terjadinya error pada kanal transmisi) pada 14 dB merupakan sistem yang cukup ideal untuk sebuah transmisi data *wireless* HIPERLAN/2. Dengan nilai 14 dB, maka diperlukan minimum 25,1 mW *power signal* pada kondisi *noise* kanal 1 mW. Sebagai perbandingan, pada sistem selular GSM dibutuhkan minimum *SNR* 17 dB untuk menjaga transmisi data berada pada kondisi yang ideal. Dari data di atas dapat dikatakan bahwa transmisi data karakter DNA melalui jaringan HIPERLAN/2 cukup ideal diterapkan.

Dikarenakan transmisi data merupakan bit-bit gabungan antara *Bernoulli Random biner* dan data masukan DNA, maka grafik di atas menunjukkan nilai *error rate* pada *physical layer*, yakni bit-bit tersebut belum melewati prosesi *error recovery* pada layer yang lebih tinggi (misalnya *application layer*). Kondisi ini menyebabkan nilai *BER output matriks P* berbeda dengan *BER physical layer*. Gambar 4.4 Berikut menunjukkan plot grafik *BER output matriks P vs SNR*.



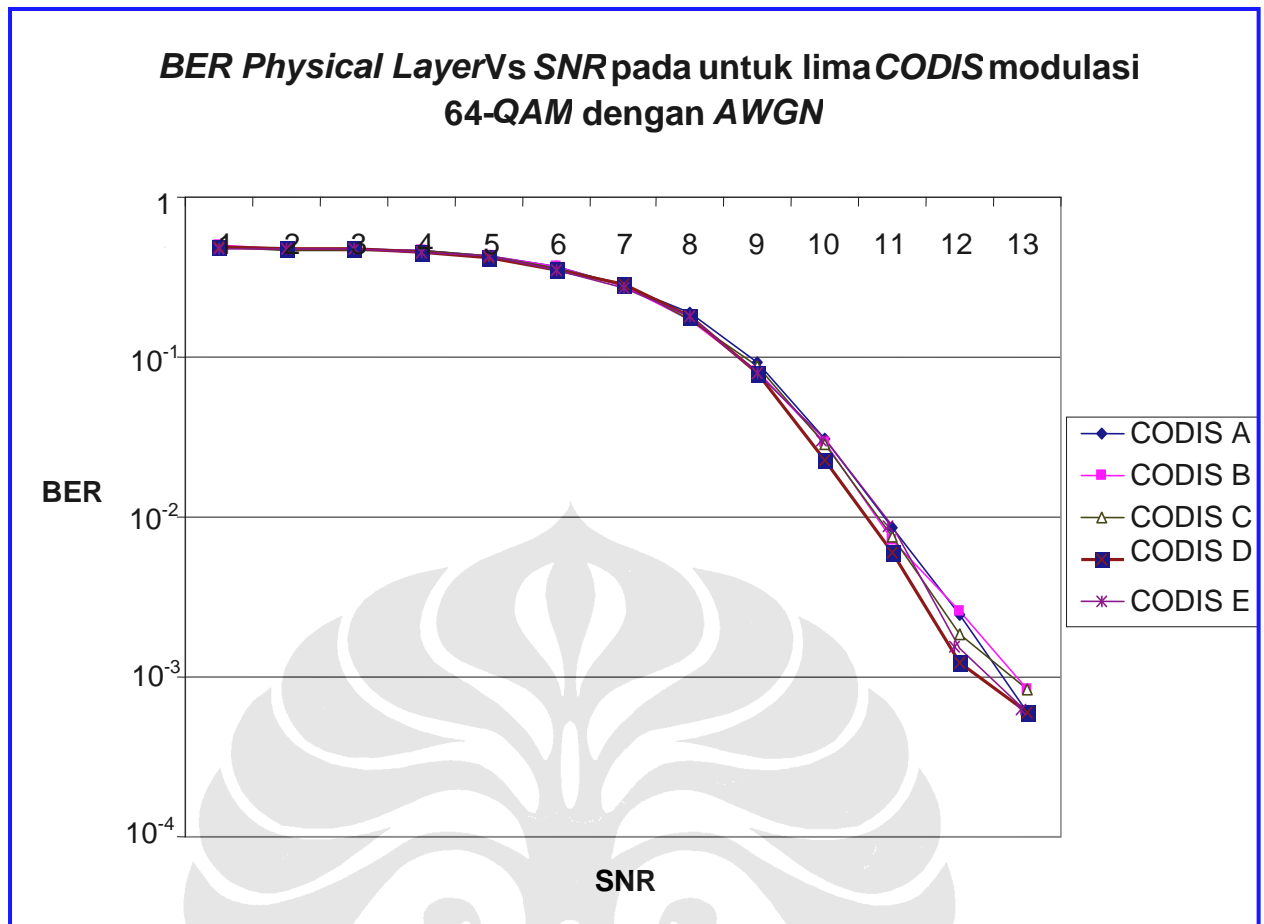
Gambar 4.4 Grafik *BER* terhadap *SNR* pada *output* matriks P modulasi 64-QAM – data masukan *CODIS A*

Berdasarkan grafik 4.4 di atas, hasil simulasi menunjukkan penurunan *BER* yang signifikan dimulai pada *SNR* 6 dB hingga data 12 dB. Selanjutnya dimulai dari 13 dB grafik menunjukkan bahwa transmisi *DNA* sampel *CODIS-A* mengalami *error rate* konstan sebesar 0.151 hingga akhir pengukuran pada *SNR* 30 dB. Hal ini menunjukkan bahwa data *DNA* yang diterima pada sisi receiver tidak pernah mencapai *error rate* 0 (nol). Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem transmisi *DNA* melalui teknologi *HIPERLAN/2* memerlukan skema *error recovery* (metode untuk meningkatkan performa pada kanal komunikasi berdasar *frame* yang diterima pada *Link Layer*, dimana *Link Layer* merupakan *layer* yang berada di atas *Physical Layer*)

Berbeda halnya dengan percobaan transmisi data *DNA* melalui jaringan 3G, yang selalu memberikan nilai *error rate* 0 (True Positive 100 %), disebabkan adanya skema *error recovery* pada *layer* di atas *physical layer* jaringan 3G UMTS.

PERBANDINGAN CODIS A-B-C-D-E

Gambar 4.5 berikut adalah perbandingan hasil simulasi untuk data masukan *CODIS-A*, *CODIS-B*, *CODIS-C*, *CODIS-D*, dan *CODIS-E*.



Gambar 4.5 Grafik *BER physical layer* Vs *SNR* data masukan *CODIS-A*, *CODIS-B*, *CODIS-C*, *CODIS-D*, *CODIS-E* modulasi 64-QAM dengan kanal AWGN

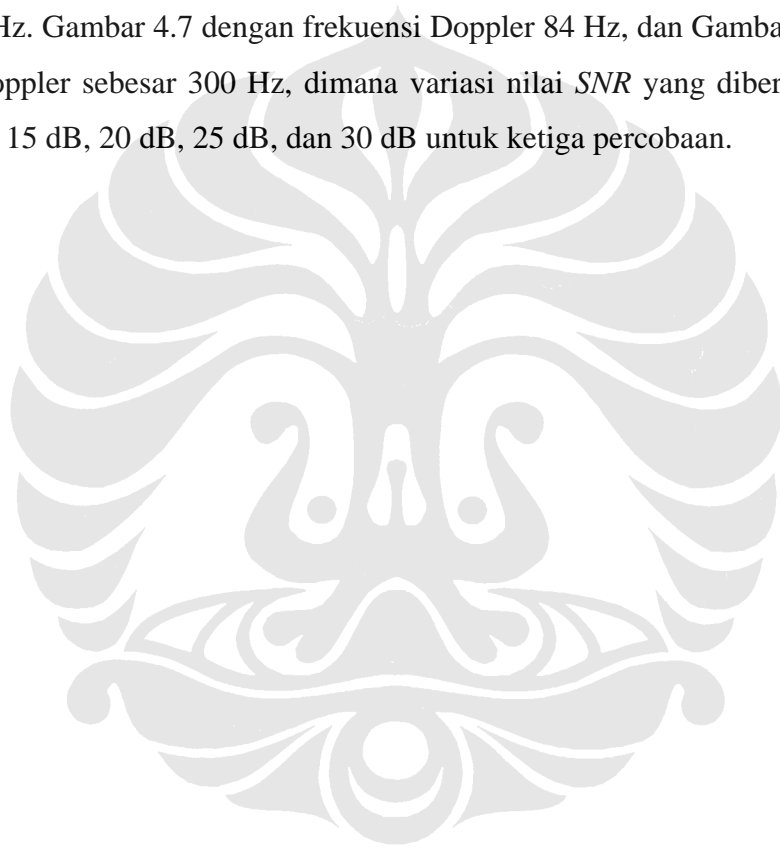
Dari Gambar 4.5 di atas, tampak bahwa plot *BER* untuk seluruh masukan *CODIS-A*, *CODIS-B*, *CODIS-C*, *CODIS-D*, *CODIS-E* menunjukkan performa yang identik. Dengan mengacu kepada 5 sampel hasil percobaan yang dilakukan, dapat dikatakan bahwa apapun data *DNA CODIS* dapat ditransmisikan melalui sistem teknologi *HIPERLAN/2*.

4.2.2. Analisis Transmisi pada Kanal *Rayleigh fading*

Simulasi dilakukan untuk kondisi *fading* yang disebabkan oleh kecepatan *user* bergerak pada kecepatan 1 m/s, 5 m/s dan 18 m/s. Formula dalam menghitung variasi nilai parameter kanal *Rayleigh Fading* ditentukan oleh nilai frekuensi Doppler yang merupakan fungsi dari kecepatan *user* (v) dan frekuensi *carrier HIPERLAN/2* (f_c).

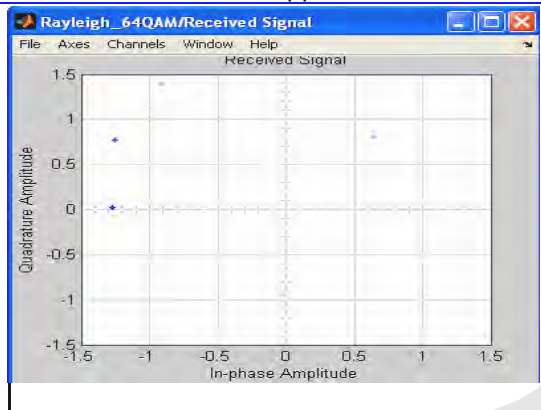
Dengan frekuensi 5 GHz pada *HIPERLAN/2*, maka variasi frekuensi Doppler diukur pada 3 (kondisi) yaitu : 17 Hz, 84 Hz, dan 300 Hz. Data masukan yang dianalisis adalah *CODIS-A*.

Diagram konstelasi menunjukkan sebaran sinyal sesuai dengan jenis modulasi yang digunakan. Pada modulasi 64-*QAM*, terdapat 64 titik konstelasi bit yang dikirimkan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.13 bab 3, yang menunjukkan bahwa data biner yang dikirimkan tidak mengalami sebaran karena belum dilewatkan pada kanal *fading*. Pada Gambar 4.6 memperlihatkan hasil *caption* simulasi yang diambil pada posisi *receiver* setelah melewati kanal *Rayleigh fading*, dengan frekuensi Doppler 17 Hz. Gambar 4.7 dengan frekuensi Doppler 84 Hz, dan Gambar 4.8 dengan frekuensi Doppler sebesar 300 Hz, dimana variasi nilai *SNR* yang diberikan sebesar 5dB , 10 dB, 15 dB, 20 dB, 25 dB, dan 30 dB untuk ketiga percobaan.

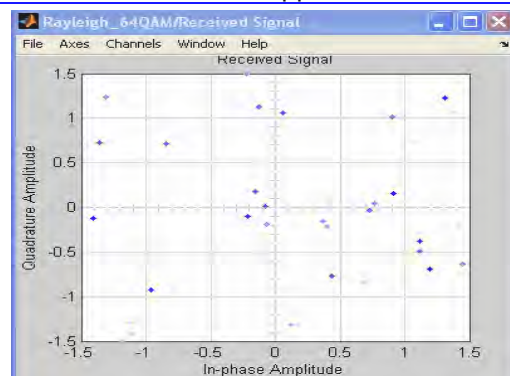


Doppler 17 Hz (kecepatan *user* 1 m/s) modulasi 64-QAM

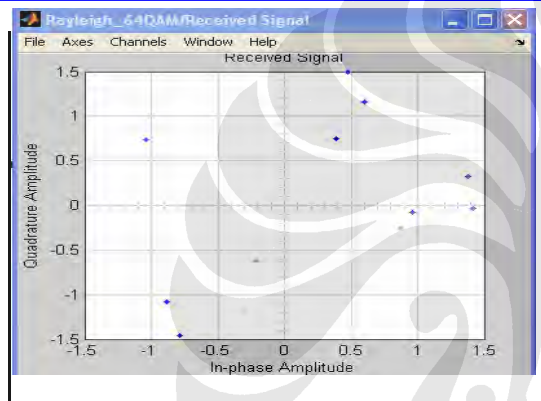
5 dB Frek Doppler 17 Hz



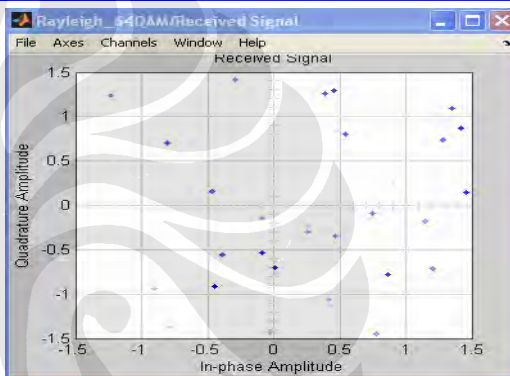
20 dB Frek Doppler 17 Hz



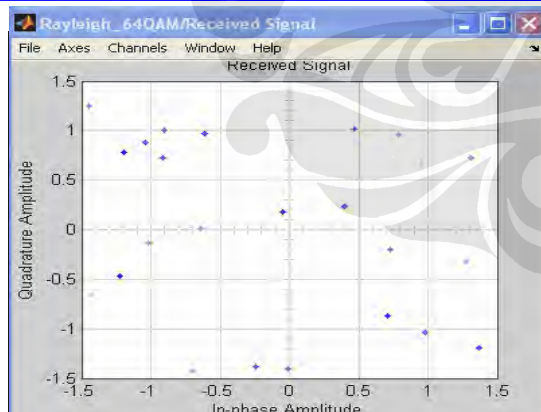
10 dB Frek Doppler 17 Hz



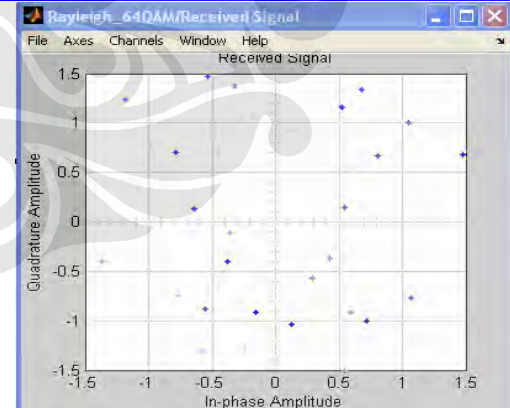
25 dB Frek Doppler 17 Hz



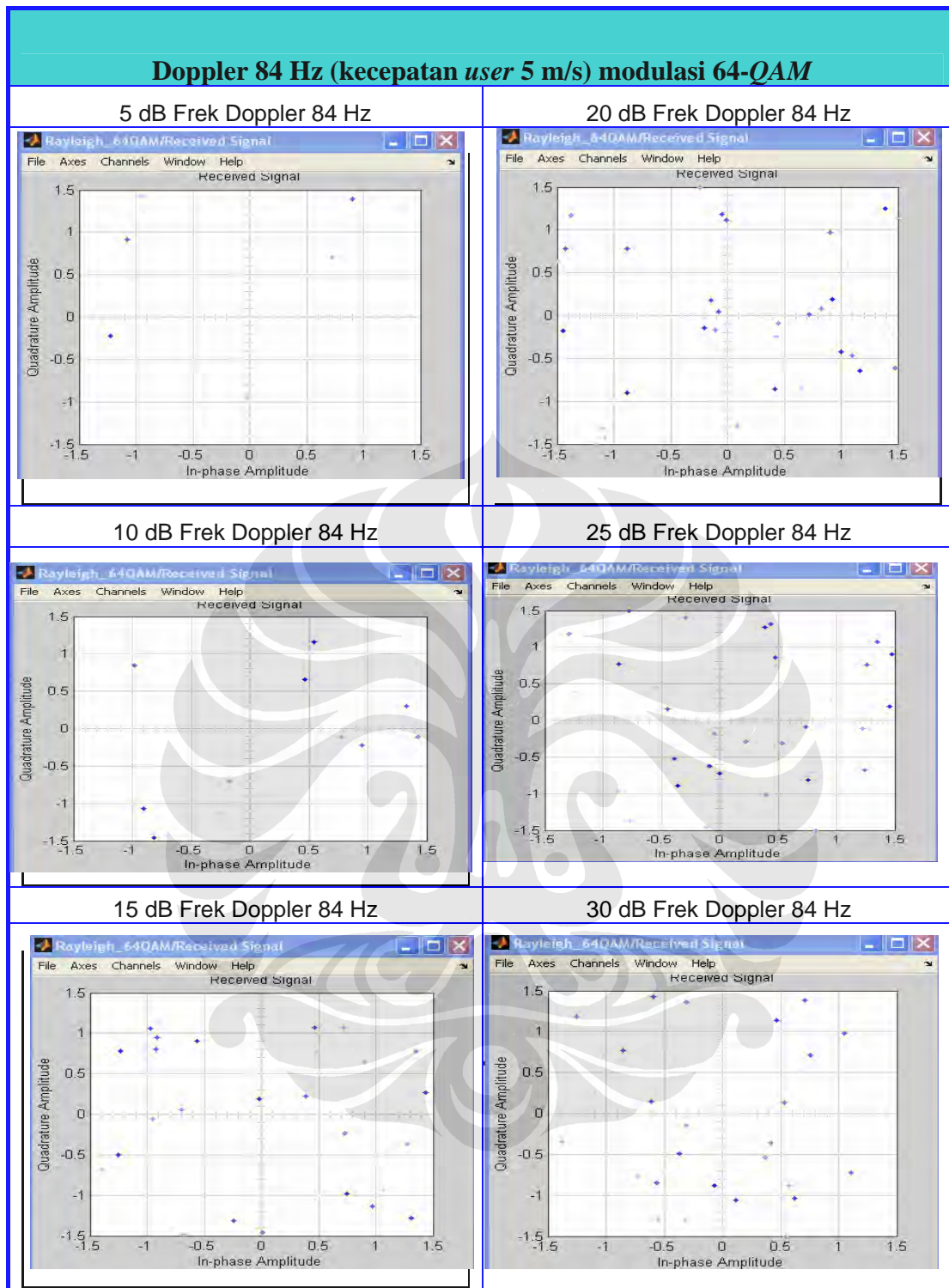
15 dB Frek Doppler 17 Hz



30 dB Frek Doppler 17 Hz



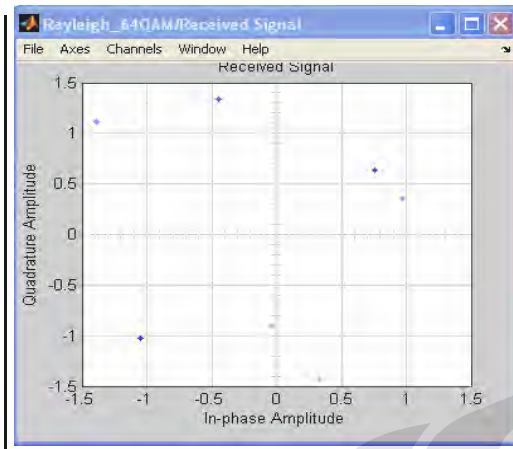
Gambar 4.6 Hasil *Caption* yang Diambil pada Posisi *Receiver* dengan Nilai *SNR* yang Divariasikan pada 5dB , 10 dB, 15 dB, 20 dB, 25 dB dan 30 dB pada Frekuensi Doppler 17 Hz (kecepatan *user* 1 m/s).



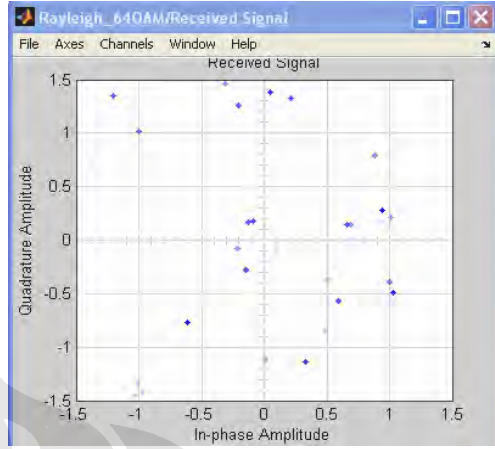
Gambar 4.7 Hasil *Caption* yang Diambil pada Posisi *Receiver* dengan Nilai *SNR* yang Divariasikan pada 5 dB , 10 dB, 15 dB, 20 dB, 25 dB dan 30 dB pada Frekuensi Doppler 84 Hz (kecepatan user 5 m/s).

Doppler 300 Hz (kecepatan user 18 m/s) modulasi 64-QAM

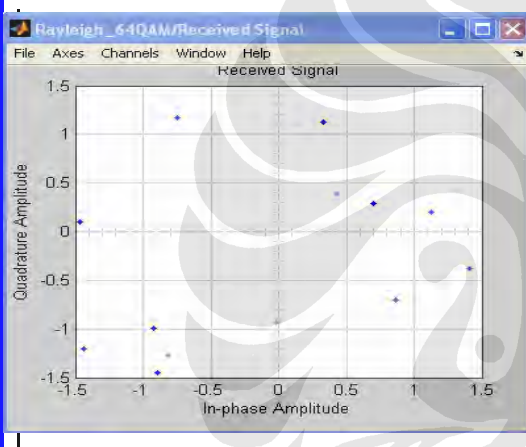
5 dB Frek Doppler 300 Hz



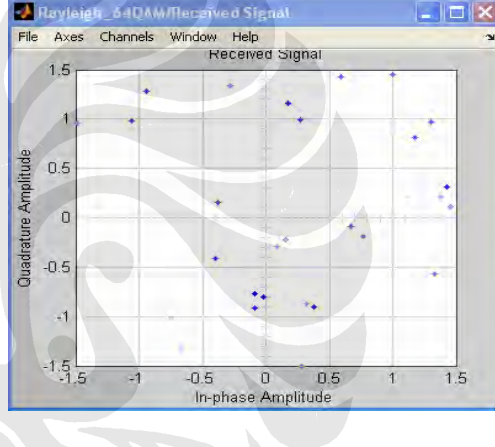
20 dB Frek Doppler 300 Hz



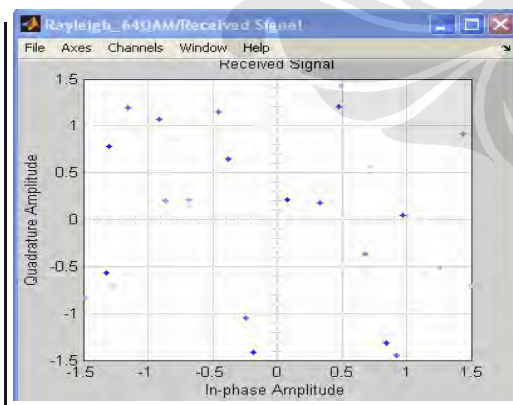
10 dB Frek Doppler 300 Hz



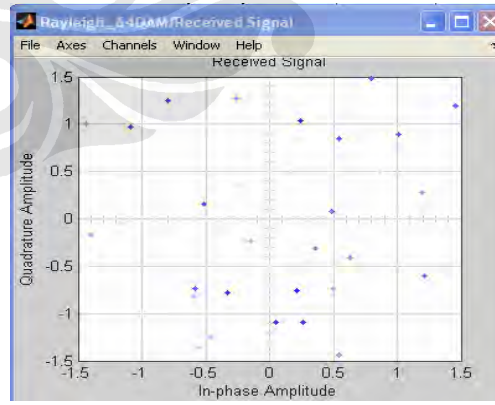
25 dB Frek Doppler 300 Hz



15 dB Frek Doppler 300 Hz



30 dB Frek Doppler 300 Hz



Gambar 4.8 Hasil *Caption* yang Diambil pada Posisi *Receiver* dengan Nilai *SNR* yang Divariasikan pada 5dB , 10 dB, 15 dB, 20 dB, 25 dB dan 30 dB pada Frekuensi Doppler 300 Hz (kecepatan user 18 m/s).

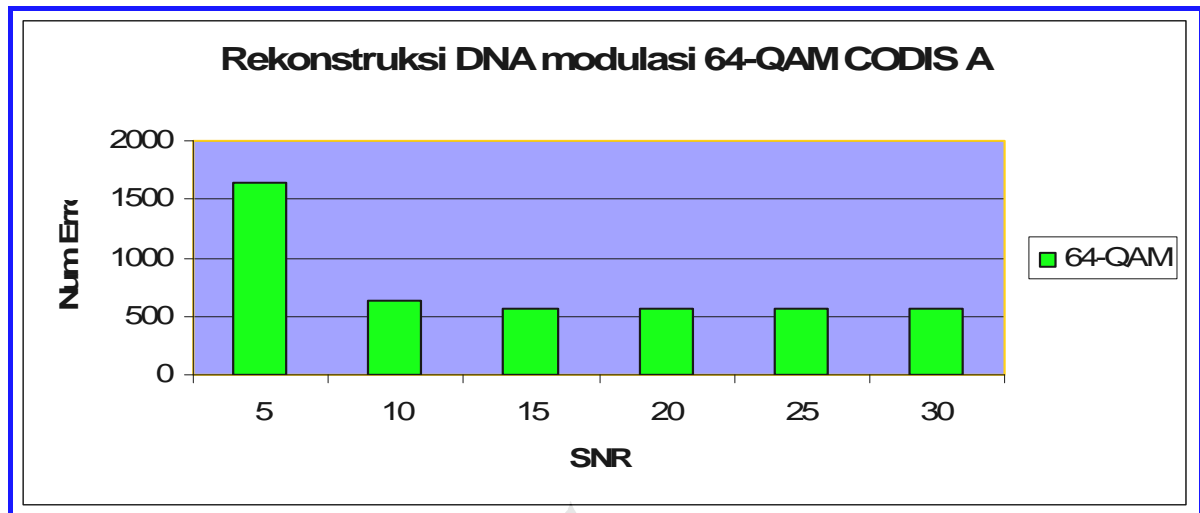
Dari Gambar 4.6, 4.7, dan 4.8, tampak bahwa posisi data biner yang diterima (*received signal*) mengalami sebaran acak sesuai dengan nilai *SNR* dan nilai frekuensi Doppler. Nilai frekuensi Doppler yang semakin tinggi membuat efek *fading* semakin besar menyerang sinyal pada kanal transmisi, sehingga posisi data pada diagram konstelasi cenderung tidak stabil. Di lain sisi, nilai *SNR* juga mempengaruhi kuat sinyal yang sampai pada sisi penerima. Tampak bahwa pada posisi *SNR* 5 dB, hanya sedikit sinyal yang dapat dipetakan pada diagram konstelasi, sedangkan pada nilai *SNR* yang besar (15 dB ke atas) terjadi unjuk kerja sebaliknya. Meskipun demikian, pada simulasi ini dinyatakan bahwa semakin besar nilai *SNR* juga berarti semakin tingginya nilai variabel *Noise* yang menyerang pada kanal transmisi, sehingga level pengacakan sinyal pada diagram konstelasi juga relatif semakin tinggi.

4.2.3. Analisis Rekonstruksi DNA

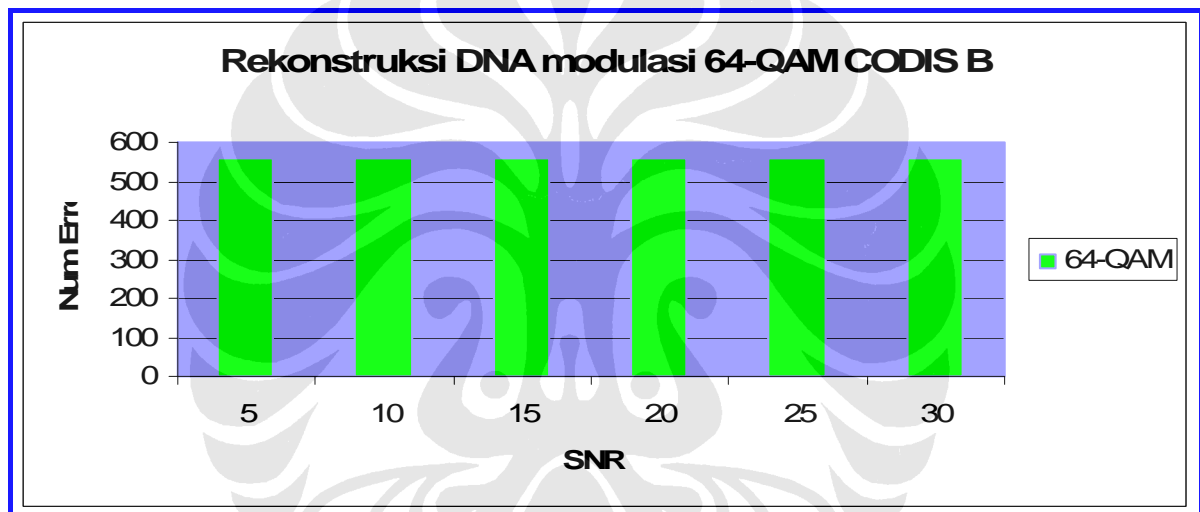
Pada simulasi *HIPERLAN/2*, analisis rekonstruksi *DNA* merepresentasikan proses verifikasi *DNA* yang dilakukan pada sisi *receiver*. Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 menunjukkan grafik *Number of Error* saat dilakukan pengukuran pada *SNR* transmisi pada kanal *AWGN* untuk sampel data masukan *CODIS-A* dan *CODIS-B*. *Number of error* adalah rasio kesalahan proses verifikasi data *CODIS* dalam format karakter (*nucleotide*). Sebagaimana yang dijelaskan sebelumnya, pada sisi *receiver* data biner *DNA* yang dikirimkan ditranslasikan menjadi karakter *nucleotide*. Sehingga *Number of error* dirumuskan sebagai (4.1) :

$$\text{Num Error} = \frac{\text{Jumlah basa nucleotide deret DNA yang salah}}{\text{Total DNA yang ditransmisikan}} \quad (4.1)$$

Persamaan 4.1 di atas serupa dengan dengan persamaan untuk mencari *Probability of error*.



Gambar 4.9 Grafik rekonstruksi *DNA* modulasi 64-*QAM* untuk data *CODIS-A*



Gambar 4.10 Grafik rekonstruksi *DNA* modulasi 64-*QAM* untuk data *CODIS-B*

Gambar 4.9 di atas memperlihatkan bahwa terjadi fenomena nilai *Num Error* yang konstan dimulai pada 10 dB untuk sampel *CODIS-A* dan 5 dB pada sampel *CODIS-B*. Pada percobaan *CODIS-A* dan *CODIS-B* nilai *Num Error* akan konstan pada jumlah berkisar pada 1.k 500 atau 20% kesalahan (nilai perbandingan terhadap 1.k 2400 karakter *DNA* yang ditransmisikan)..

Sesuai dengan analisis yang dilakukan untuk nilai *BER output matriks P*, fenomena ini menunjukkan bahwa data *DNA* yang diterima pada sisi *receiver* tidak pernah mencapai *error rate* 0 (nol). Karena itu, teknologi *HIPERLAN/2* memerlukan skema *error recovery* yang harus diimplementasikan pada layer di atas *physical layer*. Dapat dikatakan bahwa data *DNA* sangat sensitif terhadap proses yang terjadi selama

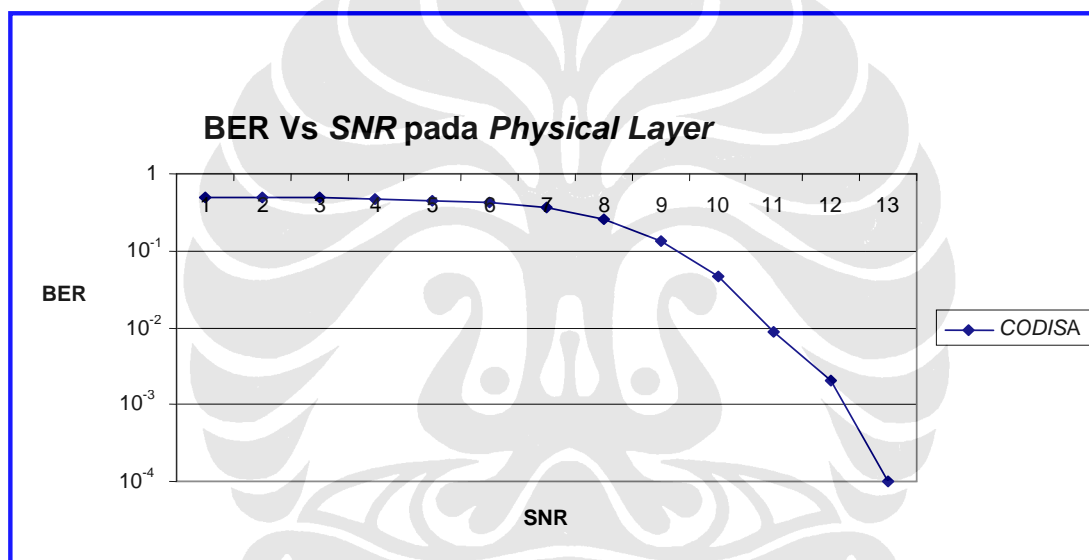
data ditransmisikan melalui *physical layer*, sehingga membutuhkan skema *error recovery* untuk diterapkan pada teknologi *HIPERLAN/2*.

4.3. Analisis pada transmisi modulasi 16-QAM

4.3.1. Analisis transmisi pada kanal AWGN

CODIS-A

Hasil simulasi untuk data masukan *CODIS-A* pada *HIPERLAN/2* dengan modulasi 16-QAM kanal AWGN ditunjukkan pada Tabel 4.4. Gambar 4.11 merupakan plot *BER physical layer vs SNR* dengan nilai *SNR* 1 dB – 13 dB yang telah menghasilkan nilai *BER* = 0.



Gambar 4.11 Grafik *BER* terhadap *SNR* pada *Physical Layer* modulasi 16-QAM

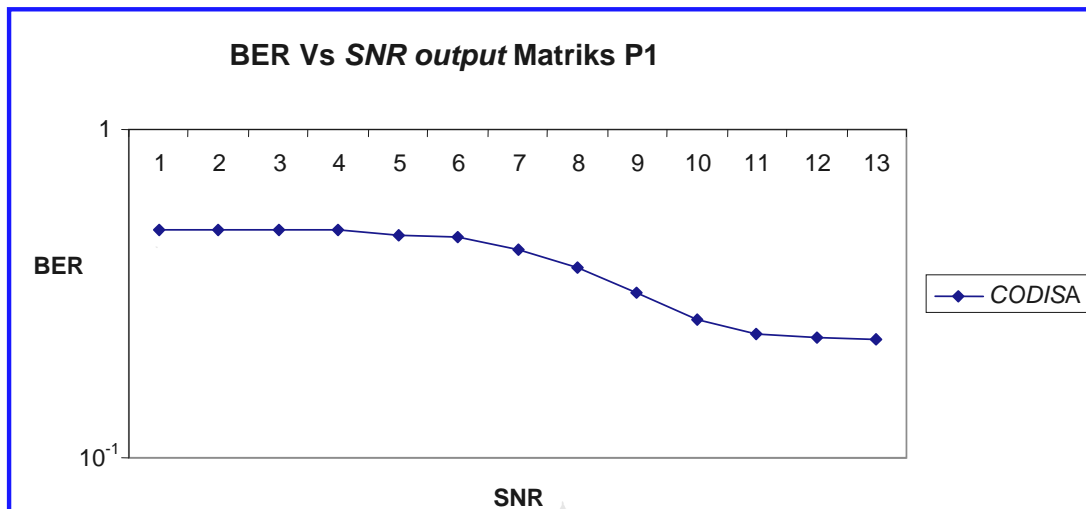
Tampak dari Gambar 4.11 di atas, terlihat bahwa *BER* mengalami penurunan signifikan mulai dari *SNR* 7 dB hingga 13 dB. Sedangkan dimulai dari 14 dB, kurva menunjukkan *error rate* konstan yakni 0 (nol) hingga akhir pengukuran pada 30 dB. Pada nilai *SNR* 13 dB, *error rate* bernilai 10^{-4} . Unjuk kerja ini persis sama seperti yang terjadi pada simulasi pada modulasi 64-QAM.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran *error rate* Modulator 16-*QAM* dengan AWGN Data Transmisi CODIS-A

(SNR) dB	BER output matriks P1	BER Physical Layer
1	0.4918	0.4982
2	0.4926	0.4901
3	4.91E-01	4.86E-01
4	4.94E-01	4.74E-01
5	4.76E-01	4.55E-01
6	4.71E-01	4.22E-01
7	4.31E-01	3.63E-01
8	3.82E-01	2.60E-01
9	3.20E-01	1.35E-01
10	2.65E-01	4.71E-02
11	2.39E-01	8.71E-03
12	2.33E-01	2.05E-03
13	2.30E-01	1.03E-04
14	2.30E-01	0.00E+00
15	2.30E-01	0.00E+00

Dikarenakan transmisi data merupakan bit-bit gabungan antara *Bernoulli Random biner* dan data masukan *DNA*, maka grafik di atas menunjukkan nilai *error rate* pada *physical layer*, yakni bit-bit tersebut belum melewati prosesi *error recovery* pada layer yang lebih tinggi (misalnya *application layer*). Kondisi ini menyebabkan nilai *BER output matriks P1* berbeda dengan *BER physical layer*. Gambar 4.12 menunjukkan plot grafik *BER output matriks P1* vs *SNR*.

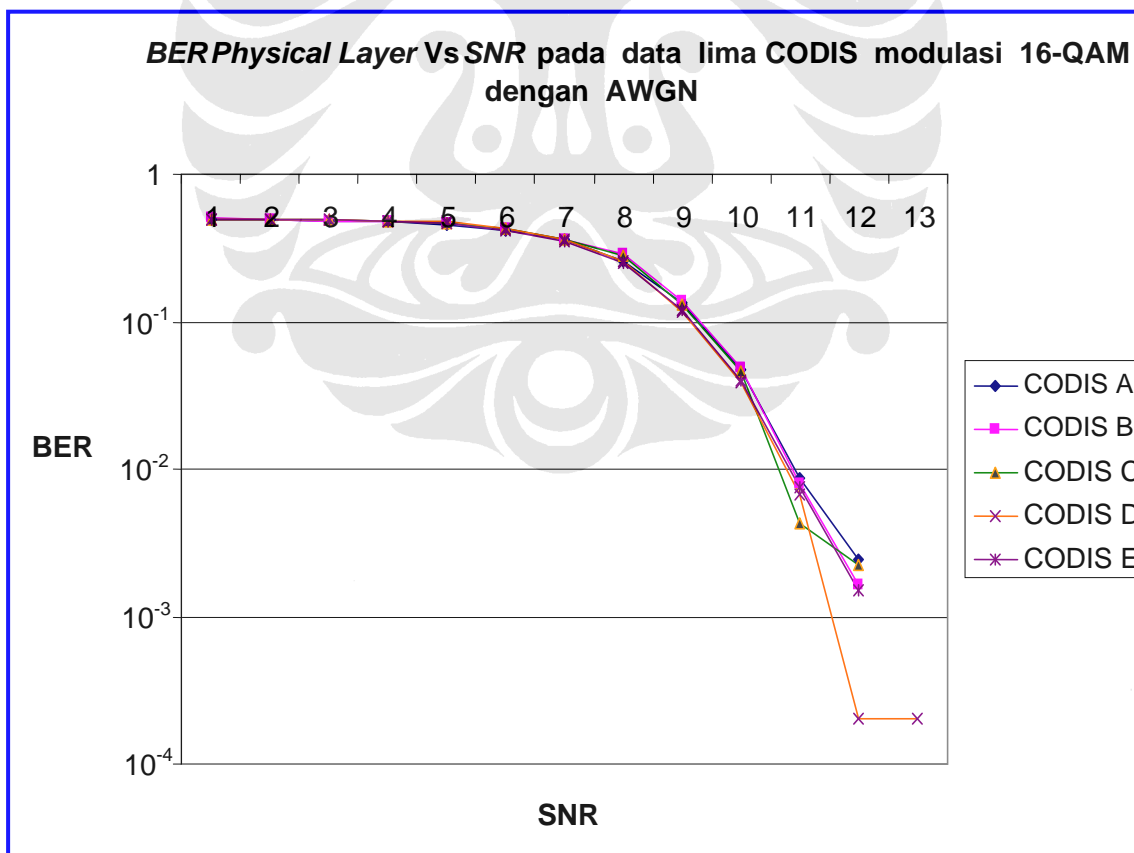
Hasil simulasi modulasi 16-*QAM* menunjukkan unjuk kerja yang sama dengan 64-*QAM*. Tampak data mengalami penurunan *error rate* dari *SNR* 8 dB hingga 13 dB untuk selanjutnya mengalami *error rate* konstan sebesar 0.23. Hal ini menunjukkan, *output* dari matriks P1 ini tidak mencapai nilai *error rate* 0 (nol).



Gambar 4.12 Grafik *BER* terhadap *SNR* pada *output* matriks P1 modulasi 16-QAM – data masukan *CODIS-A*

PERBANDINGAN CODIS-A-B-C-D-E

Gambar 4.13 berikut adalah hasil simulasi untuk data masukan *CODIS-A*, *CODIS-B*, *CODIS-C*, *CODIS-D*, dan *CODIS-E*.



Gambar 4.13 Grafik *BER physical Layer* Vs *SNR* data masukan *CODIS-A*, *CODIS-B*, *CODIS-C*, *CODIS-D*, *CODIS-E* modulasi 16-QAM dengan kanal AWGN

Dari gambar 4.13, tampak bahwa plot *BER* untuk seluruh masukan *CODIS-A*, *CODIS-B*, *CODIS-C*, *CODIS-D*, *CODIS-E* menunjukkan performa yang identik. Dengan mengacu kepada 5 sampel percobaan, dapat dikatakan bahwa apapun data *DNA CODIS* dapat ditransmisikan melalui sistem teknologi *HIPERLAN/2*.

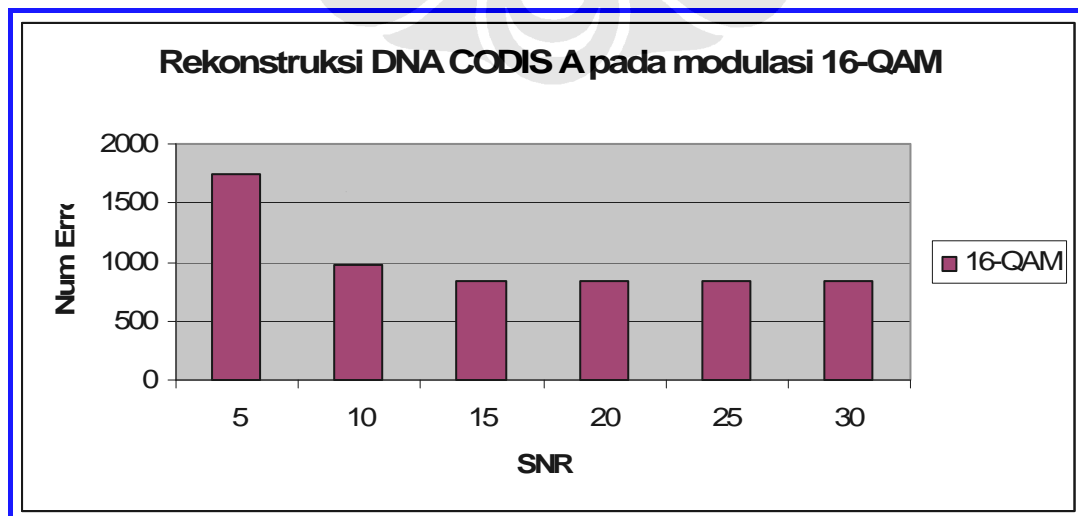
4.3.2. Analisis Transmisi pada Kanal *Rayleigh Fading*

Diagram konstelasi menunjukkan sebaran sinyal sesuai dengan jenis modulasi yang digunakan. Pada modulasi *16-QAM* terdapat 16 titik konstelasi bit yang dikirimkan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14 bab 3 yang memperlihatkan bahwa data biner yang dikirimkan belum mengalami sebaran karena belum dilewatkan pada kanal fading.

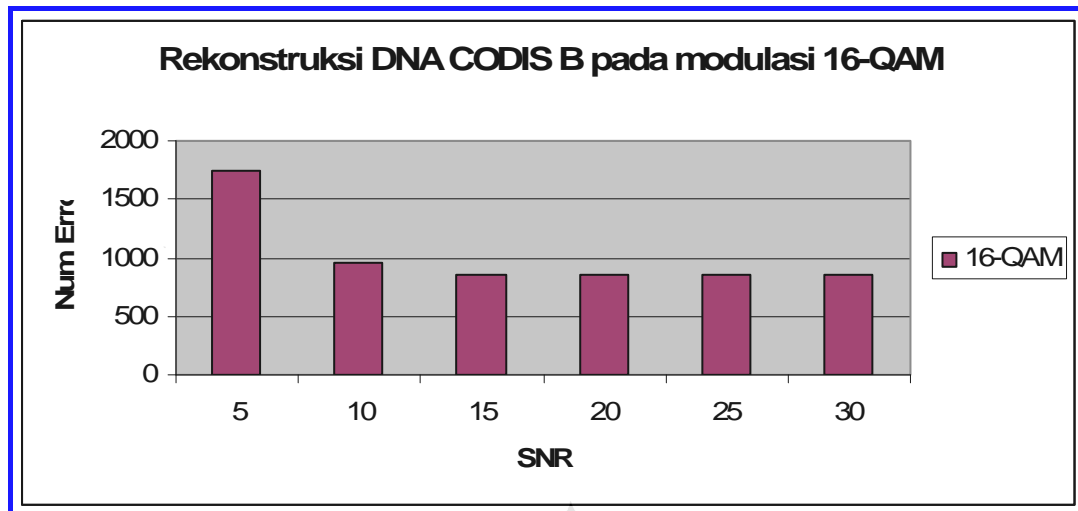
Sama hal yang terjadi dengan hasil simulasi pada modulasi *64-QAM*, secara analitik, tampak bahwa posisi data biner yang diterima (*received signal*) mengalami sebaran acak sesuai dengan nilai *SNR* dan nilai frekuensi Doppler. Nilai frekuensi Doppler yang semakin tinggi membuat efek *fading* semakin besar menyerang sinyal pada kanal transmisi, sehingga posisi data pada diagram konstelasi cenderung tidak stabil. Tampak bahwa pada posisi *SNR* 5 dB, hanya sedikit sinyal yang dapat dipetakan pada diagram konstelasi, sedangkan pada nilai *SNR* yang besar (15 dB ke atas) terjadi unjuk kerja sebaliknya.

4.3.3. Analisis Rekonstruksi *DNA*

Gambar 4.14 dan Gambar 4.15 menunjukkan grafik *Number of Error* saat dilakukan pengukuran pada *SNR* transmisi pada kanal *AWGN* untuk sampel data masukan *CODIS-A* dan *CODIS-B*, berturut-turut.



Gambar 4.14 Grafik rekonstruksi *DNA* modulasi *16-QAM* untuk data *CODIS A*



Gambar 4.15 Grafik rekonstruksi DNA modulasi 16-QAM untuk data CODIS B

Pada kedua data masukan CODIS-A dan CODIS-B, nilai *Num error* mengalami penurunan seiring bertambahnya SNR. Pada CODIS-A nilai *Num error* akan konstan sebesar 835 dimulai dari 15 dB hingga akhir pengukuran simulasi 30 dB. Sedangkan pada CODIS-B jumlah *nucleotide* yang salah diverifikasi adalah 850, dimulai dari SNR 15 dB hingga 30 dB.

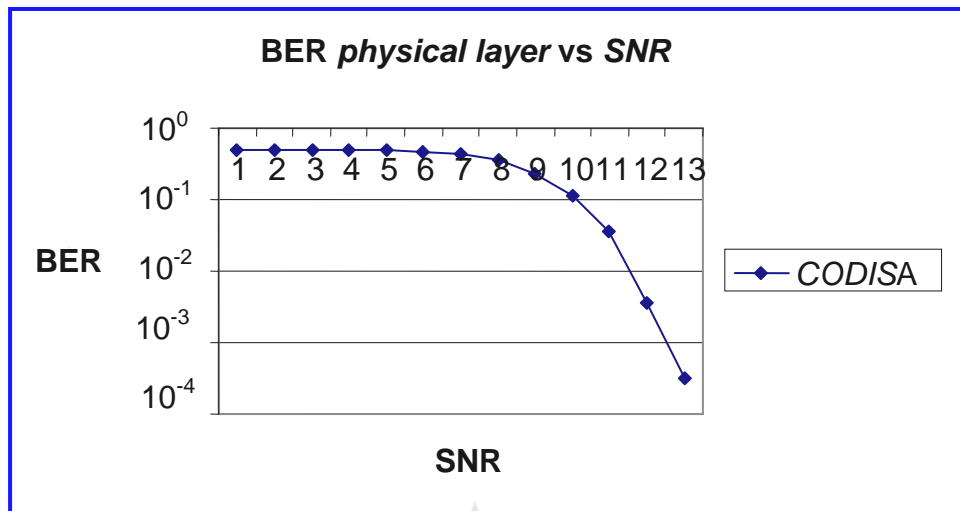
Secara rasio, nilai *Num error* pada modulasi 16-QAM adalah 35%, yang berarti lebih besar (lebih buruk) dibandingkan modulasi 64-QAM. Salah satu faktor yang menyebabkan hal ini adalah nilai *data bits per symbol* pada 16-QAM sebesar 144, yang lebih rendah daripada 64-QAM sebesar 216. Semakin besar nilai *data bits per symbol* akan memberikan presisi informasi yang lebih baik pada *sampling* data tersebut.

4.4. Analisis pada transmisi modulasi BPSK

4.4.1. Analisis transmisi pada kanal AWGN

CODIS-A

Hasil simulasi untuk data masukan CODIS-A pada HIPERLAN/2 dengan modulasi BPSK kanal AWGN ditunjukkan pada Tabel 4.5. Gambar 4.16 merupakan plot *BER physical layer vs SNR* dengan nilai SNR 1 dB – 13 dB yang telah memberikan nilai *BER* = 0.



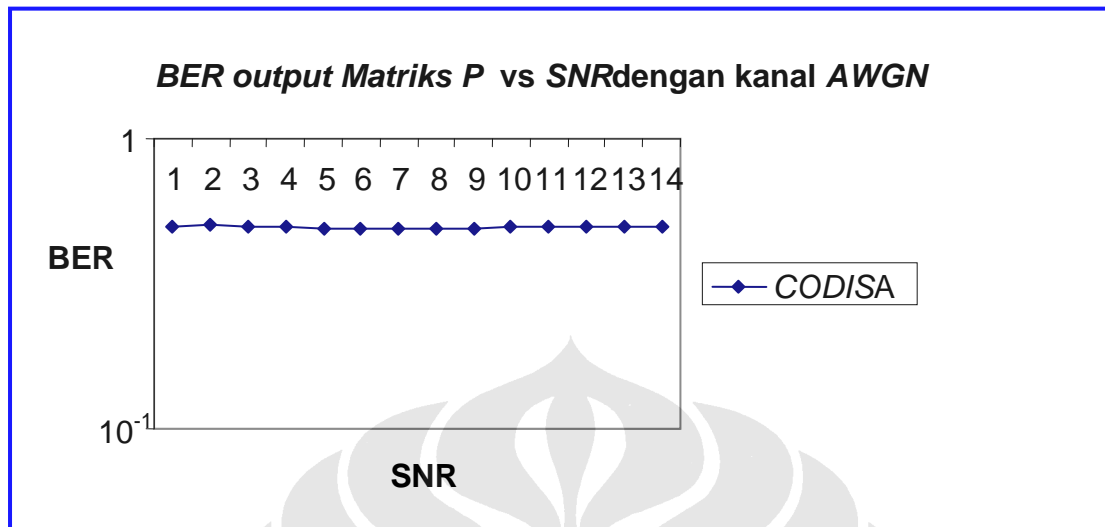
Gambar 4.16 Grafik *BER Physical Layer* terhadap *SNR* pada modulasi *BPSK*

Dari grafik pada Gambar 4.16, terlihat bahwa data mengalami penurunan kurva mulai dari *SNR* 8 dB mengalami penurunan hingga *SNR* 14 dB. Setelah itu, *BER physical layer* menunjukkan angka 0 (nol) konstan hingga *SNR* 30 dB.

Tabel 4.5 Hasil pengukuran *error rate* modulator *BPSK* dengan *AWGN* data transmisi *CODIS-A*

<i>SNR</i> (dB)	<i>BER output matriks P1</i>	<i>BER Physical Layer</i>
1	0.4934	0.4953
2	0.5052	0.4868
3	0.4973	0.4972
4	0.4959	4.92E-01
5	0.4917	4.84E-01
6	0.4928	4.71E-01
7	0.4911	4.36E-01
8	0.488	3.68E-01
9	0.4866	2.25E-01
10	0.4986	1.15E-01
11	0.4946	3.52E-02
12	0.4948	3.70E-03
13	0.4957	3.09E-04
14	0.4955	0.00E+00
15	0.4955	0.00E+00
16	0.4955	0.00E+00

Adapun nilai *BER output matriks P* akan menjadi data analisis unjuk kerja verifikasi *DNA* antara *transmitter* dan *receiver*, diilustrasikan Gambar 4.17.



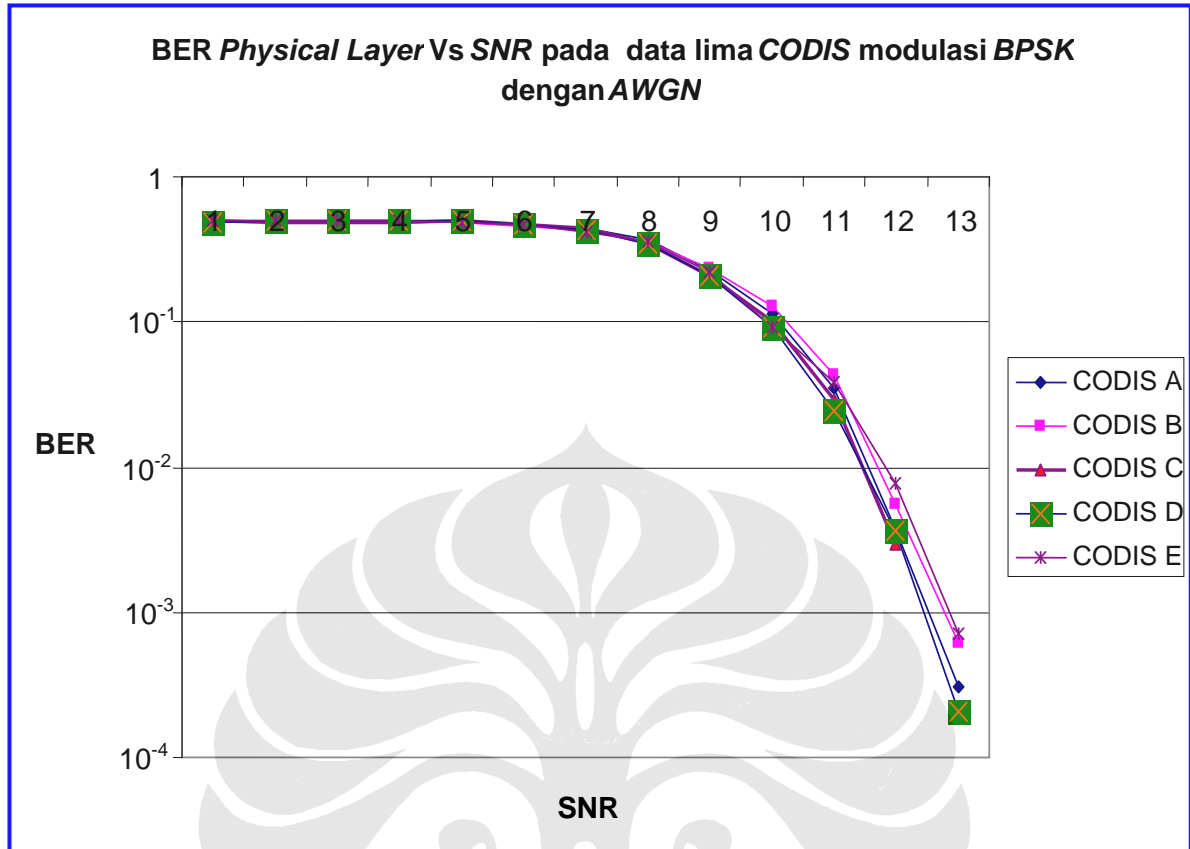
Gambar 4.17 Grafik *BER* terhadap *SNR* pada *output* matriks *P* modulasi *BPSK* dengan kanal *AWGN*

Dari gambar 4.17, tampak bahwa untuk berapapun nilai *SNR* akan menghasilkan nilai *error rate* konstan sebesar $1.k\ 0.5$. Hal ini menunjukkan, *output* dari matriks *P* ini tidak mencapai *error rate* 0 (nol), tidak sebaik grafik hasil simulasi untuk modulasi *16-QAM* dan *64-QAM*. Hal ini disebabkan modulasi *BPSK* merupakan tipe modulasi yang paling rentan terhadap *noise* dibandingkan *M-QAM*.

Meskipun demikian, sebagaimana yang terjadi pada modulasi *16-QAM* dan *64-QAM*, transmisi data merupakan bit-bit gabungan antara *Bernoulli Random Biner* dan data masukan *DNA*. Maka grafik di atas menunjukkan nilai *error rate* pada *physical layer*, yakni bit-bit tersebut belum melewati prosesi *error recovery* pada layer yang lebih tinggi (misalnya *application layer*). Kondisi ini menyebabkan nilai *BER output matriks P* berbeda dengan *BER physical layer*.

PERBANDINGAN CODIS A-B-C-D-E

Gambar 4.18 menunjukkan hasil simulasi untuk data masukan *CODIS-A*, *CODIS-B*, *CODIS-C*, *CODIS-D*, dan *CODIS-E*. Tampak bahwa plot *BER* untuk seluruh masukan *CODIS-A*, *CODIS-B*, *CODIS-C*, *CODIS-D*, *CODIS-E* menunjukkan performa yang identik. Dengan merujuk kepada 5 sampel percobaan, dapat dikatakan bahwa apapun data *DNA CODIS* dapat ditransmisikan melalui sistem teknologi *HIPERLAN/2*.



Gambar 4.18 Grafik BER *physical Layer* Vs SNR data masukan CODIS-A, CODIS-B, CODIS-C, CODIS-D, CODIS-E modulasi BPSK dengan kanal AWGN

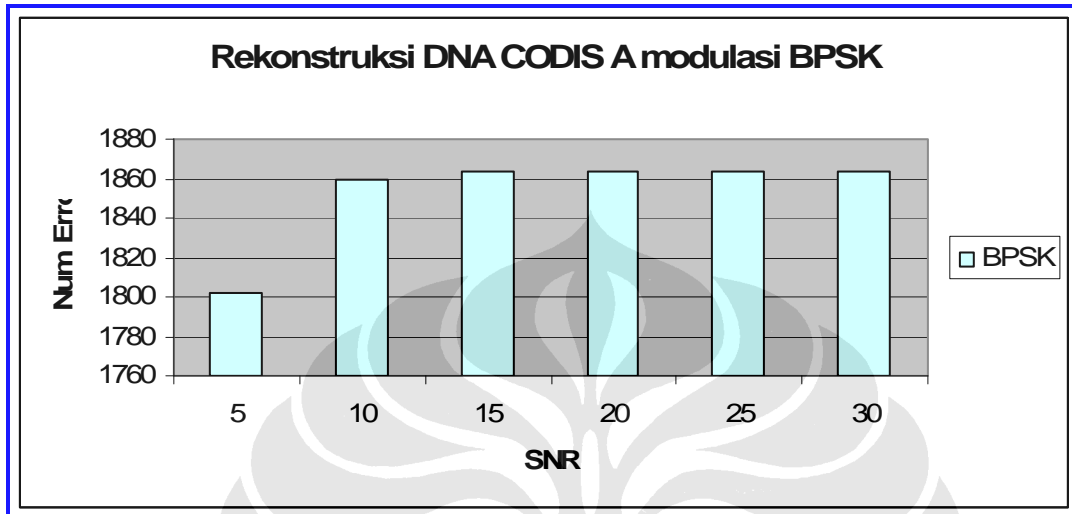
4.4.2. Analisis Transmisi pada Kanal Rayleigh fading

Diagram konstelasi menunjukkan sebaran sinyal sesuai dengan jenis modulasi yang digunakan. Pada modulasi BPSK terdapat 2 titik konstelasi bit yang dikirimkan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.15 bab 3, yang menunjukkan bahwa data biner yang dikirimkan tidak mengalami sebaran karena belum dilewatkan pada kanal fading.

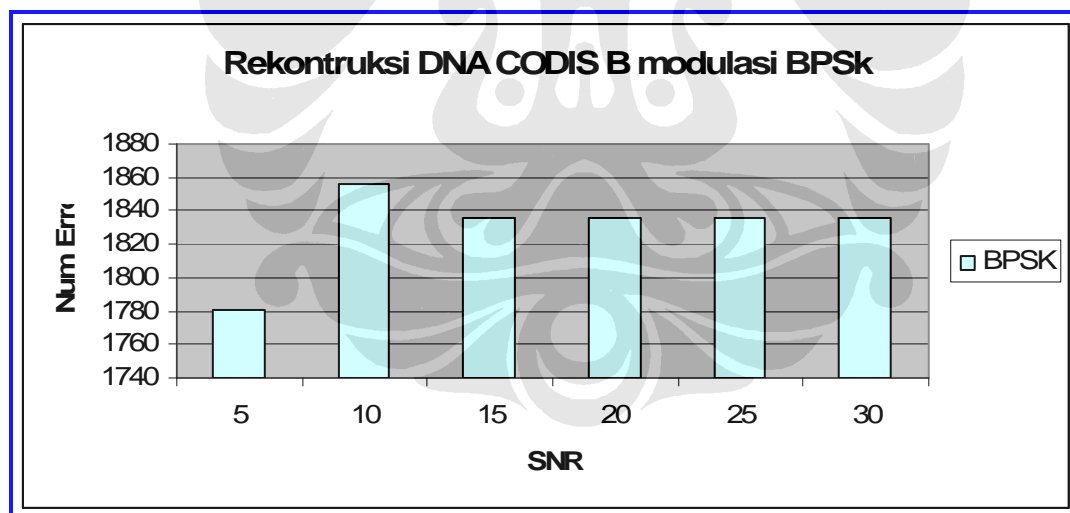
Sama hal yang terjadi dengan hasil simulasi pada modulasi 64-QAM dan 16-QAM, secara analitik, tampak bahwa posisi data biner yang diterima (*received signal*) mengalami sebaran acak sesuai dengan nilai SNR dan nilai frekuensi Doppler. Nilai frekuensi Doppler yang semakin tinggi membuat efek fading semakin besar menyerang sinyal pada kanal transmisi, sehingga posisi data pada diagram konstelasi cenderung tidak stabil. Tampak bahwa pada posisi SNR 5 dB, hanya sedikit sinyal yang dapat dipetakan pada diagram konstelasi, sedangkan pada nilai SNR yang besar (15 dB ke atas) terjadi unjuk kerja sebaliknya.

4.4.3. Analisis Rekonstruksi DNA

Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 menunjukkan grafik *Number of Error* saat dilakukan pengukuran pada *SNR* transmisi pada kanal *AWGN* untuk sampel data masukan *CODIS-A* dan *CODIS-B*.



Gambar 4.19 Grafik rekonstruksi DNA modulasi BPSK untuk data CODIS-A



Gambar 4.20 Grafik rekonstruksi DNA modulasi BPSK untuk data CODIS-B

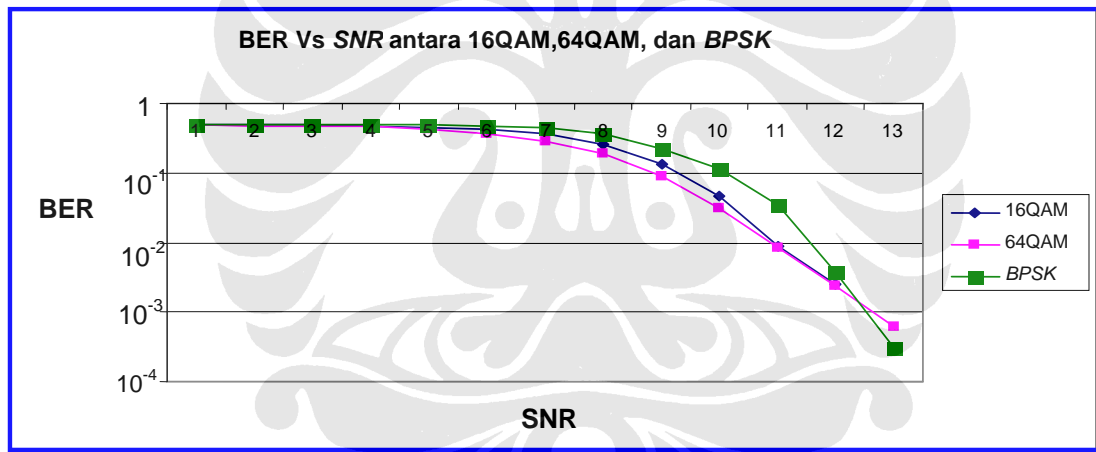
Pada kedua data masukan *CODIS-A* dan *CODIS-B*, tampak *num error* mengalami penurunan seiring bertambahnya *SNR* dan kemudian konstan sebesar 1836-1864 mulai dari *SNR* 15 dB hingga 30 dB. Terdapat juga kesamaan bentuk grafik yaitu *num error* bernilai lebih rendah pada *SNR* 5 dB yang merupakan anomali unjuk kerja. Hal ini

dimungkinkan karena kesalahan komputasi pada sistem simulasi dan tidak mencerminkan unjuk kerja sistem sebenarnya.

Secara rasio, nilai *Num error* pada modulasi *BPSK* mempunyai rata-rata 76.34 % untuk kelima data *CODIS*, yang berarti jauh lebih besar (lebih buruk) dibandingkan modulasi *64-QAM* dan *16-QAM*. Salah satu faktor yang menyebabkan hal ini adalah nilai *data bits per symbol* pada *BPSK* adalah 36. Nilai tersebut jauh lebih rendah daripada *64-QAM* (216 bit) dan *16-QAM* (144 bit). Semakin besar nilai *data bits per symbol* akan memberikan presisi informasi yang lebih baik pada sampling data tersebut.

4.5. Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Tiga Modulasi

Berdasarkan rekapitulasi tabel hasil simulasi *BER* v *SNR* pada ketiga jenis modulasi, dapat digambarkan grafik perbandingan unju kerja sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.21.



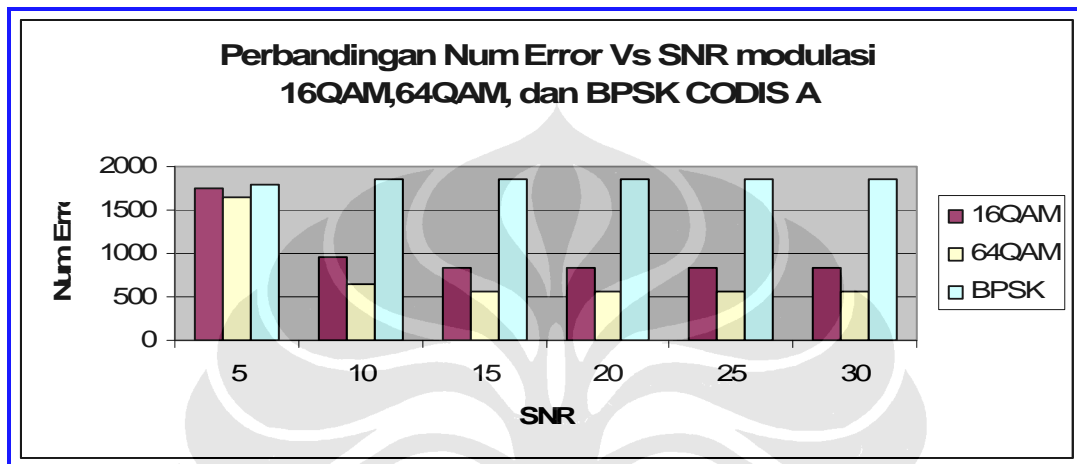
Gambar 4.21 Grafik perbandingan *BER* vs *SNR* simulasi dengan kanal *AWGN* pada modulasi *16-QAM*, *64-QAM*, dan *BPSK*

Grafik pada Gambar 4.21 menunjukkan bahwa pada ketiga jenis modulasi, transmisi data *DNA* menghasilkan unjuk kerja yang relatif sama, dalam hal kecepatan mencapai *error floor* [19]. Untuk ketiga jenis modulasi, dimulai pada *SNR* 14 dB, *BER* *physical layer* telah mencapai nilai 0 (nol).

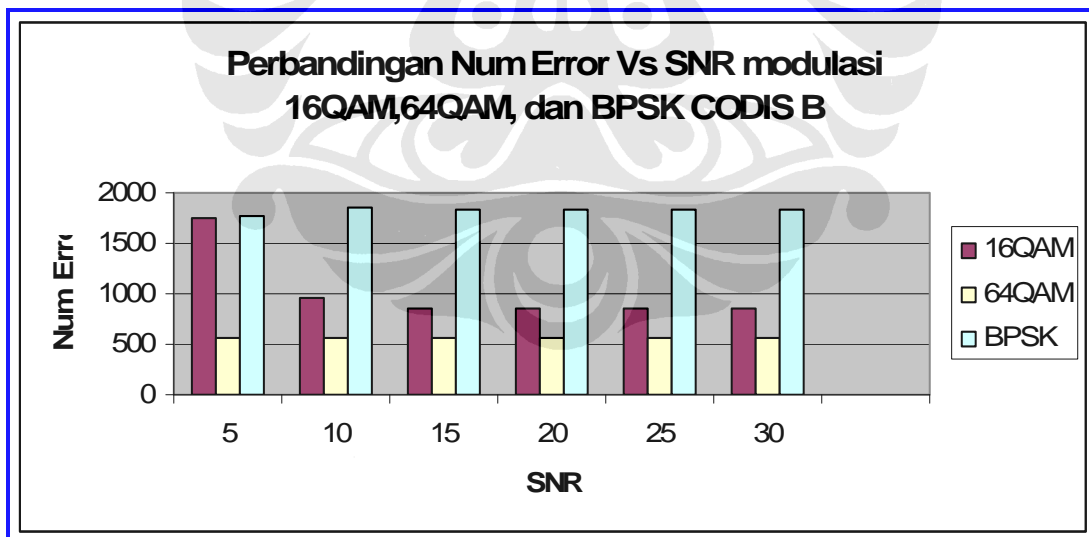
Meskipun demikian, dengan melihat nilai *BER* secara lebih presisi, tampak kurva yang menunjukkan unjuk kerja terbaik adalah transmisi dengan modulasi *64-QAM*, diikuti *16-QAM* kemudian *BPSK*. Hal ini sesuai dengan desain pada teknologi

HIPERLAN/2 bahwa 64-QAM memiliki *Coding Rate*, *Physical Data Rate*, dan *Data bits per symbol* paling besar diantara 16QAM dan BPSK. Hal ini mengakibatkan modulasi 64-QAM memiliki kinerja paling baik diantara modulasi yang lain.

Dalam hal perbandingan nilai *Num Error*, Gambar 4.22 dan Gambar 4.23 menunjukkan grafik pada ketiga jenis modulasi tersebut untuk data masukan CODIS-A dan CODIS-B.



Gambar 4.22 Grafik perbandingan error pada rekonstruksi DNA pada modulasi 16 QAM, 64QAM, dan BPSK untuk CODIS A.



Gambar 4.23 Grafik perbandingan error pada rekonstruksi DNA pada modulasi 16 QAM, 64QAM, dan BPSK untuk CODIS-B.

Dari Grafik 4.22 dan Grafik 4.23, dapat dikatakan bahwa *Num Error* pada modulasi 64-QAM memberikan rasio kesalahan verifikasi paling kecil dibandingkan modulasi 16-QAM dan BPSK. Faktor utama penentu adalah nilai *Coding Rate*, *Physical Data Rate*, dan *Data bits per symbol* pada modulasi 64-QAM yang paling besar diantara 16QAM dan BPSK. Sedangkan modulasi BPSK menghasilkan *Num Error* yang paling besar diantara ketiga modulasi.

Secara rasio, seperti yang dijabarkan pada Tabel 4.6, didapat nilai rata-rata *Num Error* untuk data seluruh masukan CODIS adalah :

- *Num Error Modulasi 64-QAM* = 29.45 %
- *Num Error Modulasi 16-QAM* = 41.96 %
- *Num Error Modulasi BPSK* = 76.34 %

Meskipun demikian, unjuk kerja menunjukkan bahwa level kesalahan verifikasi pada teknologi HIPERLAN/2 memiliki nilai yang selalu konstan saat variasi SNR ditingkatkan. Hal ini berarti faktor *error recovery* pada layer di atas *physical layer* sangat dibutuhkan untuk meningkatkan nilai *True Positive* pada proses verifikasi data DNA. Nilai yang konstan juga menunjukkan bahwa data biner DNA yang ditransmisikan memiliki posisi yang stabil saat digabungkan dengan data biner dari *Binary Random Generator*.

Nilai *Num Error* dalam persentase, merupakan nilai False Positif untuk tiap percobaan yang dilakukan. *False Negative* memiliki formula yang sama dengan (4.1), yaitu perbandingan antara jumlah karakter *nucleotide* yang salah direkonstruksi terhadap jumlah total *nucleotide* yang dikirimkan. Secara lebih detil, nilai *False Negative* untuk seluruh masukan CODIS pada percobaan ini ditampilkan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Nilai *False Negatif* untuk Seluruh Data Masukan

Data CODIS	Modulasi		
	16-QAM	64-QAM	BPSK
CODIS-A	41.67%	30.56%	76.53%
CODIS-B	42.34%	23.16%	76.09%
CODIS-C	42.18%	31.50%	76.80%
CODIS-D	41.64%	31.17%	76.13%
CODIS-E	42%	30.86%	76.16%
Rata-rata	41.96%	29.45%	76.34%

BAB 5

KESIMPULAN

1. Aplikasi transmisi data berbasis *DNA* dapat diterapkan melalui simulasi *HIPERLAN/2*.
2. Ditinjau dari besar BER (*Bit Error rate*) yang dihasilkan dari ketiga konfigurasi modulasi pada *HIPERLAN/2*, modulasi 64-*QAM* menunjukkan kinerja yang paling baik dibandingkan 16-*QAM* dan *BPSK*. Sedangkan modulasi *BPSK* menunjukkan unjuk kerja dengan *BER* yang paling besar, yang berarti paling buruk dibandingkan 16-*QAM* dan *BPSK*.
3. *False Negative* yang dihasilkan modulasi 64-*QAM* menunjukkan jumlah yang paling kecil dibandingkan modulasi 16-*QAM* dan *BPSK*. Dari simulasi menunjukkan 64-*QAM* menghasilkan **29.45 %**.
4. Semakin tinggi nilai Frekuensi Doppler yang diberikan pada kanal *Rayleigh Fading*, dapat membuat efek *fading* semakin besar menyerang sinyal pada kanal transmisi, sehingga posisi data pada diagram konstelasi cenderung tidak stabil. Maka, diagram konstelasi yang paling baik kinerja dari simulasi transmisi data *DNA* dihasilkan dengan Frekuensi Doppler 17 Hz dengan *SNR* 5 dB.

DAFTAR ACUAN

- [1] Udom, Charlie, Corvallis (2003).”European Patent Application”.Diakses 19 Maret 2008 dari European Patent Office.
<http://www.publications.european-patent-office.org>
- [2] _____(2003).”Journey into DNA”. Diakses 26 Maret 2008 dari NOVA Online.
http://www.pbs.org/wgbh/nova/genome/dna_sans.html
- [3] Department of Neurobiology and Physiology(2001).”Human Genome Project:Progress, Problems, and Prospects. Diakses 26 Maret 2008 dari Northwestern University.
www.northwestern.edu/genome.html.
- [4] _____(2008).”Chromosome Structure”.Diakses 26 Maret 2008 dari U.S. National Library of Medicine.
<http://ghr.nlm.nih.gov/chromosomestructure>
- [5] Hallick (2000).”Blacket Family DNA Activity 2”. Di akses 26 Maret 2008 dari University of Arizona
http://www.biology.arizona.edu/human_bio/activities/blackett2/STR_CODIS.html
- [6] _____(2007).”National DNA Index System”.Diakses 26 Maret 2008 dari NDIS Profile Composition.
<http://fbi.gov/hq/lab/codis.national.htm>
- [7] Jim Geier (2003).”HiperLAN/2:An Efficient High Speed WLAN”.Diakses 14 Maret 2008
<http://www.wifi-planet.com>

- [8] Janne Korhonen (1999). "HIPERLAN/2". Diakses 14 Maret 2008 dari Department of Computer Science and Engineering Helsinki University of Technology.
<http://www.tml.tkk.fi>
- [9] <http://www.hiperlan2.com>
Diakses 18 Maret 2008
- [10] Kimiyuki Oyamada, Takuya Kurakake, Hiroshi Miyazawa (2001). "Cable Television Transmission for Digital Broadcasting in Japan". Diakses 19 Maret 2008 dari Japan Broadcasting Corporation.
<http://www.nhk.or.jp>
- [11] Bob libbey (2006). "QAM". Diakses 19 Maret 2008 dari New Jersey Institute of Technology.
<http://www.zone.ni.com>
- [12] Fredrik Kristensen, Peter Nilsson, "Flexible baseband transmitter for OFDM", hal 2
Diakses 19 Maret 2008
- [13] Bisdounis. "HIPERLAN/2 vs IEEE 802.11a Physical Layer". Diakses 14 Maret 2008 dari intranet.
<http://www.easy.intranet.gr>
- [14] _____. (2008). "National Center for Biology Information". Diakses 18 Maret 2008 dari National Library of Medicine dan National Library of Health.
<http://ncbi.nlm.nih.gov>
- [15] _____, "HiperLAN Resource Center". Diakses 14 Maret 2008
<http://www.palowireless.com>
- [16] _____. "MATLAB Simulink Library Browser". The Mathwork, Inc, 2006.

- [17] Sigit Puspito W P (1999). "Mengenal Teknologi Frequency Division Multiplexing (OFDM) pada Komunikasi Wireless". Diakses 17 Maret 2008 dari Department of Information and Computer Science.
[http:// www.elektroindonesia.com](http://www.elektroindonesia.com)
- [18] K. Sam Shanmugam, "Digital and Analog Communication System", John Wiley & Sons, Inc, Canada, 1979.
- [19] Andreas F. Molisch, Rade Petrovic (2003). "Reduction of the error floor of binary FSK by nonlinear frequency discriminators". Diakses 18 Maret 2008 dari Mitsubishi Electric Laboratory.
<http://www.merl.com>
- [20] _____, "Introduction to OFDM and the IEEE 802.11a Standard". Diakses 17 Maret 2008 dari intel.
www.intel.com/education/highered/wireless
- [21] Endra, Fauzie (2004). "Penggunaan Prosesor Sinyal Digital TMS320C542 untuk Simulasi Pengiriman Data Melalui Frekuensi *Voice Band* Menggunakan QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*)". Diakses 23 Maret 2008 dari ejournal.
www.ejournal.gunadarma.ac.id
- [22] John G Proakis. (1995). *Digital Communications*. Singapore: McGraw Hill
- [23] Karsten Weber (2006). "The Next Step: Privacy Invasions by Biometrics and ICT Implants". Diakses 24 Maret 2008 dari *acm*.
http://www.acm.org/ubiquity/views/pf/v7i45_weber.pdf
- [24] _____, "MATLAB Help File", version 7.0.3.267 2006b". The MathWorks Inc, 2006.

- [25] ____."Introduction to DNA". Diakses 18 Maret 2008
fisica.mib.infn.it/dnareplic.html
- [26] ____ (2003). "Indonesia ICT Overview". Diakses 25 Maret 2008 dari IDC
Indonesia.
www.idc.com/offices.

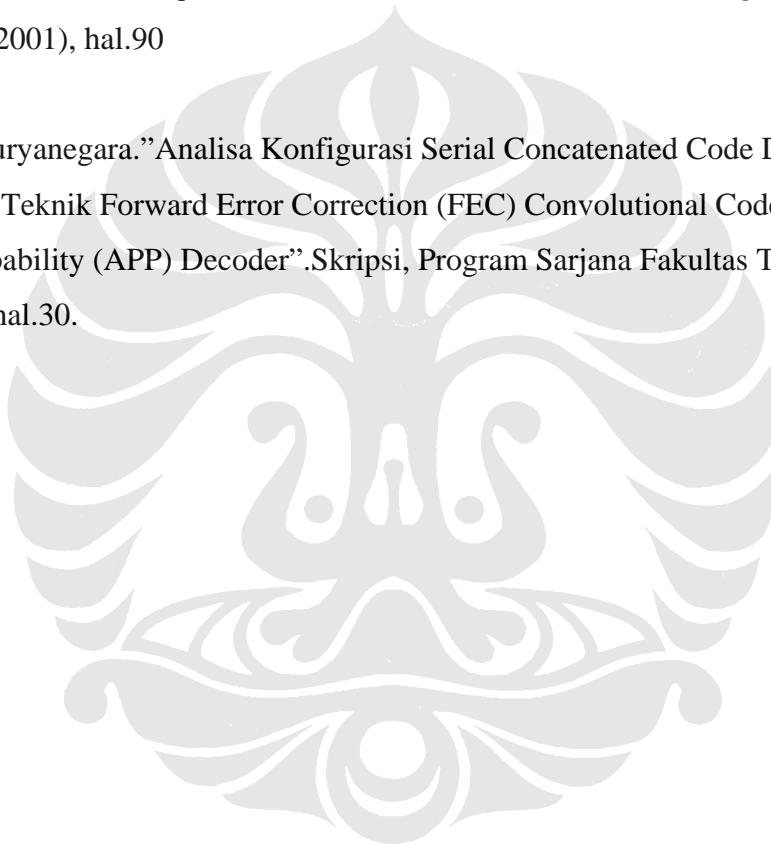


DAFTAR PUSTAKA

Muhammad Asvial, *Modulation Technique* (Jakarta : Electrical Engineering of Departemen University of Indonesia, 2006), hal. 114

Jon W Mark, Weihua Zhuang, *Wireless Communications and Networking* (New Jersey : Prentice Hall, 2001), hal.90

Muhammad Suryanegara."Analisa Konfigurasi Serial Concatenated Code Dengan Menggunakan Teknik Forward Error Correction (FEC) Convolutional Code dan A Posteriori Probability (APP) Decoder".Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2002, hal.30.



LAMPIRAN 1

Data terkirim melalui jaringan *HIPERLAN/2*

1. *CODIS-A*

Data terkirim :

Nilai *numerical DNA password* (24 karakter) :

16161516060513132423181614131716020214131111917

Nilai *DNA- CODIS13* (2421 karakter) :

```
ATGAAATCAACAGAGGCTTGCATGTATCTATCTGTCTGTCTATCTATCTATCTATCTATCTATC
TATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATGAGACAGGGTCTTGCTCTGTCCACCCAGATT
GGACTGCAGTCCTAGTGGATGATAAGAATAATCAGTATGTGACTTGGATTGATCTATCTGTCT
GTCTGTCTGTCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCCAT
CTATCCATCCATCCTATGTATTTATCATCTGTCCATGAAGGAACACATAGCACCAAGAGAG
GCCATGCTAAATCTCGCCCTGTGAGAGGTATCCACACTTCTCCTTTGGGGAAAGCCTTCCCTGTC
CCCCTAGACTAAGTTAAATATTTCTGCACAGTGTCCCATGGCCCTTGCATTTCCCTTCTTAAC
TCTCTGTTACACGTCATTGAAACTACACTTTTTTGGTCTGTTTTTGTGCTAGACTGTAAGTTCCT
TGGGGGCAGGGCCTTTGCTGTCTCATCTGTATTCCCAAATGCCTAACAGTACAGAGCGTA
GCTATAATTAGTTCATTTTCATCACTGTATCGTATCCATTGCGTGAATATGCCTTAATTTAATT
TACCTATCCTGTAGGATTATTTTCACTGTGGGGAATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGA
TAGATAGATAGATAGATAGACAGATAGATACGAATGTACACATGAAATACAAAAAGTGAGTC
AATCCCCAAGTGAATTGCCTTCTATCTATCTATCTATCTATCTGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTA
TCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTAT
CGTCTATCTATCCAGTCTATCTACNTCCTATNNAGTCTGTCTCTGGGAGAACATTGACTAATACA
ACGAGCCATGTTTCATGCCACTGCCTTCACTCTGAGTGACAAATTGAGACCTTGTCTCAGAAA
GAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAG
AGAGGGAAAGAAAGAGAAANAGNAAANAAATAGTAGCAACTGTTATTGTAAGACATCTCCA
CACACCAGAGAAGTTAATTTTAATTTAACATGTTAAGAACAGAGAGAAGCCAACATGTCCAC
CTTAGGCTGACGGTTTTGTTATTTGTGTTGTTGCTGGTAGTCGGGTTTTGGGGTGATTTTCTCTT
TGGTATCCTTATGTAATATTTTGAAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATA
TAGATAGGTAGATAGAGGTATAAATAAGGATACAGATATAGNTACAAATGTTGTAACCTGTG
GCTATGATTGGAATCAACAGAAGTCTGGGATGTGGAGGAGAGTTCATTTCTTTAGTGGGCATC
CGTGACTCTCTGGACTCTGACCCATCTAACGCCTATCTGTATTTACAAATACATTATCTATCTA
TCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCAATCATCTATCTATCTTTCTGTCT
GTCTTTTTGGGCCCAATATTTGGTGCAATTCTGTCAATGAGGATAAATGTGGAATCGTTATAAT
TCTTAAGAATATATATCCCTCTGAGTTTTTGATACCTCAGATTTTAAGGGATCCCAAGCTCTT
CCTCTCCCTAGATCAATACAGACAGACAGACAGGTGGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAG
ATAGATAGATAGATAGATATCATTGAAAGACAAAACAGAGATGGATGATAGATACATGCTTA
CAGATGCACACACAAACGTAAGTGGCACAGAACAGGCCTTAGGGAAACCCTCACTGAATGAAT
GAATGAATGAATGAATGAATGAATGAATGAATGAATGTTTGGGCAAATAAACGCTGACAAGG
ACAGAAGGGCCTAGCGGGAAGGGAACAGGAGTAAGACCAGCGCACAGCCCAGCTTGTGTTCA
GAAGACCTGGGATTGGACCTGAGGAGTTCAATTTTGGATGAATCTCTTAATTAACCTGTGTGG
TTCCCAGTTCCCTCAACCTGAGTCTGCCAAGGACTAGCAGGTTGCTAACCACCCTGTGTCTCA
GTTTTCTACCTGTAAAATGAAGATATTAACAGTAACTGCCTTCATAGATAGAAGATAGATAG
ATTAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGGAAGTACTT
AGAACAGGGTCTGACACAGGAAATGCTGTCCAAGTGTGCACCAGGAGATAGTATCTGAGAAG
GCTCAGTCTGGCACCATGTGGGTTGGGTGGGAACCTGGAGGCTGGAGAATGGGCTGAAGATG
GCCAGTGGTGTGTGGAA
```

2. CODIS-B

Data terkirim :

Numerical DNA Password (24 karakter) :

151515160604131227271917151417160202141303032018

Nilai Sample DNA - CODIS13 (2405 karakter) :

```
ACTGCAGTCCAATCTGGGTGACAGAGCAAGACCCTGTCTCATAGATAGATAGATAGATAGAT
AGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGACAGATAGATACATGCAAGCCTCTGTTG
ATTCATGAGTATAAGCCTAGTGGATGATAAGAATAATCAGTATGTGACTTGGATTGATCTAT
CTGTCTGTCTGTCTGTCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCT
ATCCATCTATCCATCCATCCTATGTATTTATCATCTGTCCCTCATGAAGGAACACATAGCACCAA
GAGAGGCCATGCTAAATCTCGCCCTGTGAGAGGTATCCACACTTCTCCTTTGGGGAAAGCCTTC
CCTGTCCCCCTAGACTAAGTTAAATATTTNTNCACAGTGTCCCATGGCCCCCTTGCATTTCCCTT
CTTAACTCTCTGTTACACGTCATTGAAACTACACTTTTTTGGTCTGTTTTTGTGCTAGACTGTAA
GTNCCTTGGGGGCAGGGCCTTTNTCTGTCTCATCTCTGTATTTCCCAAATGCCTAACAGTACAGA
GTTTTTGTATTTTCATGTGTACATTCGTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATC
TATCTATCTATTTCCCCACAGTGAAAATAATCTACAGGATAGGTAAATAAATTAAGGCATATTC
ACGCAATGGGATACGNTACAGTGATGAAAATGAACTAATTATAGCTACGGTGAGTCAATTCC
CCAAGTGAATTGCCTTCTATCTATCTATCTATCTGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTATCTATC
TATATCTATCTATCTATCATCTATCTATCCATATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTA
TCTATCTATCTATCGTCTATCTATCCAGTCTATCTACCTCCTATTAGTCTGTCTCTGGAGAACAT
TGACTAATAACAACGAGCCATGTTTCATGCCACTGCACTTCACTCTGAGTGACAAATTGAGACCT
GTCTCAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAA
GAGGAAAGAAAGAGAAAAGAAAAGAAAATAGTAGCAACTGTTATTGTAAGACATCTCCACA
CACCAGAGAAGTTAATTTTAAATTTTAAACATGTTAAGAACAGAGAGAAGCCAACATGTCCACCT
TAGGCTGACGGTTTGTTTATTTGTGTTGTTGCTGGTAGTCGGGTTTGGGGTGATTTTCTCTTTG
GTATCCTTACGTAATATTTTGAAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATA
GATAGATAGAGGTATAAATAAGGATACAGATAAAGATACAAATGTTGTAAACTGTGGCTATG
ATTGGAATCAACAGAAGTCTGGGATGTGGAGGAGAGTTCATTTCTTTAGTGGGCATCCGTGAC
TCTCTGGACTCTGACCCATCTAACGCCTATCTGTATTTACAAATACATTATCTATCTATCTATCT
ATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCAATCATCTATCTATCTATCTTTCTGTCTGCTTTT
TGGGCCCAATATTTGGTGCAATTCTGTCAATGAGGATAAATGTGGAATCGTTATAAATCTTAA
GAATATATATTTCCCTCTGAGTTTTTGATACCTCAGATTTTAAAGGGATCCCAAGCTTCCCTCTT
CCCTAGATCAATACAGACAGACAGACAGGTGGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGAT
AGATAGATAGATATCATTGAAAGACAAAACAGAGATGGATGATAGATACATGCTTACAGATG
CACACACAAACGTGGAGGAACTGGGAACCCACAGGTTAATTAAGAGATTCACCAAAATTG
AACTCCTCAGGTCCAATCCCAGGTCTTCTGAACACAAGTCGGGCTGTGCGCTGGTCTTACTCCT
GTTCCCTTCCCGCTAGGCCCTTCTGTCCTTGTGACGTTTTATTTGCCCAAACATTCATTCATTCA
TTCATTCATTCATTCATTCAGTGAGGGTTCCCTAAGTGCCTGTTCTGTGCCAGTTTCCACACAC
CACTGGCCATCTTCAGCCCATTCTCCAGCCTCCAGGTCCCACCCAACCCACATGGTGCCAGA
CTGAGCCTTCTCAGATACTATCTCCTGGTGCACACTTGGACAGCATTTCCTGTGTCAGACCCTG
TTCTAAGTACTTCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATC
TAATCTATCTATCTTCTATCTATGAAGGCAGTACTGTTAATATCTTCATTTTACAGGTAGGAA
AACTGAGACACAGGGTGGTTAGCAACCTGCTAGTCCTTGGCAGACTCAGGTT
```

3. CODIS-C

Data terkirim :

Numerical DNA Password (24 karakter) :

151515150504131227272018151415140202141303032018

Nilai Sample DNA - CODIS13 (2403 karakter) :

```
ACTGCAGTCCAATCTGGGTGACAGAGCAAGACCCTGTCTCATAGATAGATAGATAGATAGAT
AGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGACAGATAGATACATGCAAGCCTCTGTTG
ATTCATGAGTATAAGGGACAGATGATAAATACATAGGATGGATGGATAGATGGATAGATAG
ATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGACAGACAGACAGACAGATAGA
TCAATCCAAGTCACATACTGATTATTCTTATCATCCACTAGGGTCATGAAGGAACACATAGCA
CCAAGAGAGGCCATGCTAAATCTCGCCCTGTCAGAGGTATCCACACTTCTCCTTTGGGGAAGC
TTCCCTGTCCCCTAGACTAAGTTAAATATTTCTGCACATTACTCTCCCATGGCCCCTTGCATTT
CCTTCTTAACTCTCTGTTACACGTCATTGAAACTACACTTTTTTGGTCTGTTTTTGTGCTAGACT
GTAAGTTCCTTGGGGGCAGGGCCTTTGTCTGTCTCATCTCTGTATTCCCAAATGCCTAACAGTA
CAGAGTTTTTGTATTTTCATGTGTACATTCGTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTAT
CTATCTATCTATCTATTTCCCCACAGTGAAAATAATCTACAGGATAGGTAATAAATTAAGGCA
TATTCACGCAATGGGATACGNTACAGTGATGAAAATGAACTAATTATAGCTACGGTGAGTCA
ATTCCCAAGTGAATTGCCTTCTATCTATCTATCTATCTGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTAT
CTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCCATATCTATCTATCTATCTATCTATCTAT
ATCTATCTATCTATCTATCGTCTATCTATCCAGTCTATCTACCTCCTATTAGTCTGTCTCTGGAG
AACATTGACTAATAACAACGAGCCATGTTTCATGCCACTGCACTTCACTCTGAGTGACAAATTGA
GACCTGTCTCAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAGAAAG
AAAAAGAGAGAGGAAAGAAAGAGAAAAAGAAAAGAAATAGTAGCAACTGTTATTGTAAGAC
ATCTCCACACACCAGAGAAGTTAATTTAATTTAACATGTTAAGAACAGAGAGAAGCCAACA
TGTCACCTTAGGCTGACGGTTTGTGTTATTTGTGTTGTTGCTGGTAGTCGGGTTTGTGATTCCA
ATCATAGCCACAGTTTACAACATTTGTATCTTTATCTGTATCCTTATTTATACCTCTATCTATCT
ATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTTCAAAATATTACGTAAGGATACCA
AAGAGGAAAATCACCCACAGAAGTCTGGGATGTGGAGGAGAGTTCAATTTCTTTAGTGGGCAT
CCGTGACTCTCTGGACTCTGACCCATCTAACGCCTATCTGTATTTACAAATACATTATCTATCT
ATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCAATCAATCATCTATCTATCTTTCTGTCTGT
CTTTTTGGGCTCTTAAAATCTGAGGTATCAAAAACCTCAGAGGGAATATATATTCTTAAAGAATT
ATAACGATTCCACATTTATCCTCATTGACAGAATTGCACCAAATATTGGGATCCCAAGCTCTTC
CTCTTCCCTAGATCAATACAGACAGACAGACAGGTTGGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATA
TAGATAGATAGATAGATATCATTGAAAGACAAAACAGAGATGGATGATAGATACATGCTTAC
AGATGCACACACAAAACGCGGAGGAACCTGGGAACCCACAGGTTAATTAAGAGATTATCCAA
AATTGAACTCCTCAGGTCCAATCCCAGGTCTTCTGAACACAAGTCGGGCTGTGCGCTGGTCTT
ACTCCTGTTCCCTTCCCGCTAGGCCCTTCTGTCTTGTGACGTTTATTTGCCCAAACATTCATT
CATTCAATTCATTCAATTCATTCAATTCAGTGAGGGTTCCCTAAGTGCCTGTTCTGTGCCAGTTTCC
ACACACCCTGGCCATCTTCAGCCATTCTCCAGCCTCCAGGTTCCCAACCAACCCACATGGT
GCCAGACTGAGCCTTCTCAGATACTATCTCCTGGTGCACACTTGGACAGCATTTCCCTGTGTCAG
ACCCTGTTCTAAGTACTTCCCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTAT
ATCTATCTAATCTATCTATCTTCTATCTATGAAGGCAGTACTGTTAATATCTTCAATTTTACAGG
TAGGAAAACCTGAGACACAGGGTGGTTAGCAACCTGCTAGTCCTTGGCAGACTCAGGTT
```


5. CODIS-E

Data terkirim:

Numerical DNA Password (24 karakter) :

151514140505131230302523141315140202141309092018

Nilai Sample DNA - CODIS13 (2446 karakter) :

```
ACTGCAGTCCAATCTGGGTGACAGAGCAAGACCCTGTCTCATAGATAGATAGATAGATAGAT
AGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGACAGATAGATACATGCAAGCCTCTGTTG
ATTTCATGAGTATAAGGGACAGATGATAAATACATAGGATGGATGGATAGATGGATAGATAG
ATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGACAGACAGACAGACAGACAGATAGA
TCAATCCAAGTCACATACTGATTATTCTTATCATCCACTAGGGTCTGTACTGTTAGGCATTTGG
GAATACAGAGATGAGACAGACAAAAGGCCCTGCCCAAGGAACCTTACAGTCTAGCACAAAAA
CAGACCAAAAAAGTGTAGTTTCAATGACGTGTAACAGAGAGTTAAGAAGGAAATGCAAGGGG
CCATGGGAACACTGTGCAGAAATATTTAACTTAGTCTAGGGGGACAGGGAAGGCTTCCCAA
AGGAGAAGTGTGGATACCTCTGACAGGGCGAGATTTAGCATGGCCTCTCTGGTGCTATGTGT
TCCTTCATGATTTTTGTATTTTCATGTGTACATTCGTATCTATCTGTCTATCTATCTATCTAT
CTATCTATCTATCTATCTATCTATTTCCACAGTGAAAATAATCTACAGGATAGGTAATAAAT
TAAGGCATATTCACGCAATGGGATACGATACAGTGATGAAAATGAACTAATTATAGCTACGG
TGAGTCAATTCCCAAGTGAATTGCCTTCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATC
TGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTGTCTATCTATCTATCATCTAT
CTATCCATATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTAT
CTATCCAGTCTATCTACCTCCTATTAGTCTGTCTCTGGAGAACATTGACTAATACAACCAACC
CGACTACCAGCAACAACACAAATAAACAAACCGTCAGCCTAAGGTGGACATGTTGGCTTCTCT
CTGTTCTTAACATGTTAAAATTTAAATTAACCTTCTCTGGTGTGTGGAGATGTCTTACAATAACA
GTTGCTACTATTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTT
TTTTCTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTTTCTTT
GTCACTCAGAGTGAAGTGCAGTGGCATGAACATGGCTCTGATTCCAATCATAGCCACAGTTA
CAACATTTGTATCTTTATCTGTATCCTTATTTATACCTCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTAT
CTATCTATCTATCTATCTTCAAAATATTACATAAGGATACCAAAAGAGGAAAATCACCCACAGA
AGTCTGGGATGTGGAGGAGAGTTCATTTCTTTAGTGGGCATCCGTGACTCTCTGGACTCTGAC
CCATCTAACGCCTATCTGTATTTACAAATACATTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATC
TATCTATCTATCAATCAATCATCTATCTATCTTTCTGTCTGTCTTTTTGGGCTTTAAAATCTGA
GGTATCAAAAACCTCAGAGGGAATATATATTCTTAAGAATTATAACGATTCCACATTTATCCTC
ATTGACAGAATTGCACCAAATATTGGGATCCCAAGCTTTCCCTTTCCCTAGATCAATACAGA
CAGACAGACAGGTGGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATAGATATCAT
TGAAAGACAAAACAGAGATGGATGATAGATACATGCTTACAGATGCGCACTGGCACAGAACA
GGCACTTAGGGAACCCTCACTGAATGAATGAATGAATGAATGAATGAATGAATGTTTGGGCA
AATAAACGCTGACAAGGACAGAAGGGCCTAGCGGGAAGGGAACAGGAGTAAGACCAGCGCA
CAGCCCAGCTTGTGTTTCCAGGACCTGGGATTGGACCTGAGGAGTTCAATTTTGGATGAATCT
CTTAATTAACCTGTGGGGTTCCAGTTCCCTCCTTCCACACACCACTGGCCATCTTCAGCCCATT
CTCCAGCCTCCAGGTTCCCAACCAACCCACATGGTGCCAGACTGAGCCTTCTCAGATACTATC
TCCTGGTGCACACTTGGACAGCATTTCCTGTGTGACACCCTGTTCTAAGTACTTCCTATCTATC
TATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTATCTAATCTATCTATCTTCTATCTA
TGAAGGCAGTACTGTTAATATCTTCATTTTACAGGTAGGAAAACCTGAGACACAGGGTGGTTA
GCAACCTGCTAGTCCTTGGCAGACTCAGGTT
```


LAMPIRAN 2**Tabel Pengulangan DNA:****CODISA**

LOCUS	DNA dan Pengulangannya
1	TCTA = 16
	CTAT = 16
2	TCTA = 15
	TATC = 16
3	CCTT = 06
	TTCC = 05
4	AGAT = 13
	GATA = 13
5	TCTA = 24
	TATC = 23
6	AGAA = 18
	GAAA = 16
7	GATA = 14
	AGAT = 13
8	ATCT = 17
	TATC = 16
9	GATA = 02
	TCTG = 02
10	AGAT = 14
	GATA = 13
11	AATG = 11
	ATGA = 11
12	AGAT = 19
	ATAG = 17

Panjang = 2421 karakter

CODIS-B :

LOCUS	DNA dan Pengulangannya
1	AGAT = 15
	GATA = 15
2	TCTA = 15
	TATC = 16
3	CCTT = 06
	TTCC = 04
4	TCTA = 13
	CTAT = 12
5	TCTA = 27
	TATC = 27
6	AGAA = 19
	GAAA = 17
7	GATA = 15
	AGAT = 14
8	ATCT = 17
	TATC = 16
9	GATA = 02
	TCTG = 02
10	AGAT = 14
	GATA = 13
11	TTCT = 03
	CCCT = 03
12	ATCT = 20
	TATC = 18

Panjang = 2405 karakter

CODIS-C :

LOCUS	DNA dan Pengulangannya
1	AGAT = 15 GATA = 15
2	AGAT = 15 GATA = 15
3	CCTT = 05 TTCC = 04
4	TCTA = 13 CTAT = 12
5	TCTA = 27 TATC = 27
6	AGAA = 20 GAAA = 18
7	TATC = 15 ATCT = 14
8	ATCT = 15 TATC = 14
9	GATA = 02 TCTG = 02
10	AGAT = 14 GATA = 13
11	TTCT = 03 CCCT = 03
12	ATCT = 20 TATC = 18

Panjang = 2403 karakter

CODIS-D

LOCUS	DNA dan Pengulangannya
1	AGAT = 15 GATA = 15
2	AGAT = 14 ATAG = 14
3	GGAA = 06 GAGA = 05
4	AGAT = 13 GATA = 12
5	TCTA = 28 TATC = 28
6	AGAA = 23 GAAA = 21
7	GATA = 14 AGAT = 13
8	ATCT = 15 TATC = 14
9	AAAT = 02 TCTT = 02
10	AGAT = 14 GATA = 13
11	TTCT = 03 CCCT = 03
12	ATCT = 20 TATC = 18

Panjang = 2437 karakter

CODIS-E :

LOCUS	DNA dan Pengulangannya
1	AGAT = 15
	GATA = 15
2	AGAT = 14
	ATAG = 14
3	GGAA = 05
	GAGA = 05
4	TCTA = 13
	TATC = 12
5	TCTA = 30
	TATC = 30
6	TTCT = 25
	TTTC = 23
7	TATC = 14
	ATCT = 13
8	ATCT = 15
	TATC = 14
9	AAAT = 02
	TCTT = 02
10	AGAT = 14
	GATA = 13
11	TGAA = 9
	GAAT = 9
12	ATCT = 20
	TATC = 18

Panjang = 2446 karakter

LAMPIRAN 3

Hasil pengukuran *error rate* dengan tiga konfigurasi modulasi

I. *CODIS-A*

Tabel Hasil pengukuran *error rate* modulator 64-QAM dengan AWGN :

SNR(dB)	BER <i>output</i> matriks P1	BER physical Layer
1	0.4913	0.4892
2	0.4876	0.4742
3	4.95E-01	4.77E-01
4	4.79E-01	4.61E-01
5	4.51E-01	4.27E-01
6	4.26E-01	3.72E-01
7	3.62E-01	2.80E-01
8	2.84E-01	1.87E-01
9	2.16E-01	9.15E-02
10	1.69E-01	3.06E-02
11	1.57E-01	8.48E-03
12	1.54E-01	2.42E-03
13	1.51E-01	6.06E-04
14	1.51E-01	0.00E+00
15	1.51E-01	0.00E+00
16	1.51E-01	0.00E+00
17	1.51E-01	0.00E+00
18	1.51E-01	0.00E+00
19	1.51E-01	0.00E+00
20	1.51E-01	0.00E+00
21	1.51E-01	0.00E+00
22	1.51E-01	0.00E+00
23	1.51E-01	0.00E+00
24	1.51E-01	0.00E+00
25	1.51E-01	0.00E+00
26	1.51E-01	0.00E+00
27	1.51E-01	0.00E+00
28	1.51E-01	0.00E+00
29	1.51E-01	0.00E+00
30	1.51E-01	0.00E+00

Tabel Hasil pengukuran *error rate* modulator 16-QAM dengan AWGN

(SNR) dB	BER <i>output</i> matriks P	BER Physical Layer
1	0.4918	0.4982
2	0.4926	0.4901
3	4.91E-01	4.86E-01
4	4.94E-01	4.74E-01
5	4.76E-01	4.55E-01
6	4.71E-01	4.22E-01
7	4.31E-01	3.63E-01
8	3.82E-01	2.60E-01
9	3.20E-01	1.35E-01
10	2.65E-01	4.71E-02
11	2.39E-01	8.71E-03
12	2.33E-01	2.05E-03
13	2.30E-01	1.03E-04
14	2.30E-01	0.00E+00
15	2.30E-01	0.00E+00
16	2.30E-01	0.00E+00
17	2.30E-01	0.00E+00
18	2.30E-01	0.00E+00
19	2.30E-01	0.00E+00
20	2.30E-01	0.00E+00
21	2.30E-01	0.00E+00
22	2.30E-01	0.00E+00
23	2.30E-01	0.00E+00
24	2.30E-01	0.00E+00
25	2.30E-01	0.00E+00
26	2.30E-01	0.00E+00
27	2.30E-01	0.00E+00
28	2.30E-01	0.00E+00
29	2.30E-01	0.00E+00
30	2.30E-01	0.00E+00

Tabel hasil pengukuran *error rate* modulator *BPSK* dengan *AWGN*

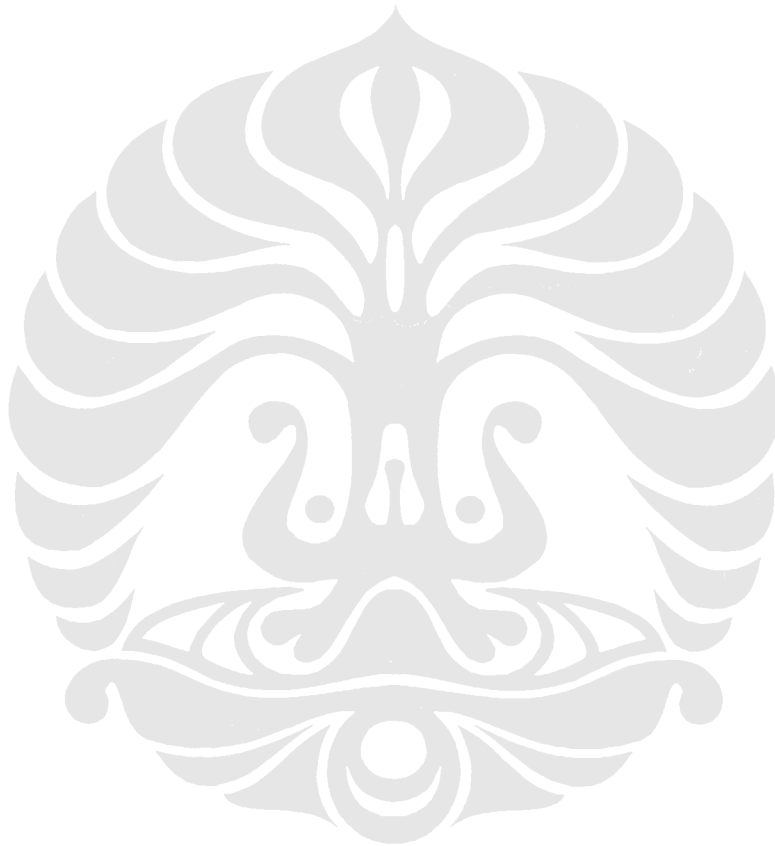
dB (SNR)	BER <i>output</i> matriks P1	BER Physical Layer
1	0.4934	0.4953
2	0.5052	0.4868
3	0.4973	0.4972
4	0.4959	4.92E-01
5	0.4917	4.84E-01
6	0.4928	4.71E-01
7	0.4911	4.36E-01
8	0.488	3.68E-01
9	0.4866	2.25E-01
10	0.4986	1.15E-01
11	0.4946	3.52E-02
12	0.4948	3.70E-03
13	0.4957	3.09E-04
14	0.4955	0.00E+00
15	0.4955	0.00E+00
16	0.4955	0.00E+00
17	0.4955	0.00E+00
18	0.4955	0.00E+00
19	0.4955	0.00E+00
20	0.4955	0.00E+00
21	0.4955	0.00E+00
22	0.4955	0.00E+00
23	0.4955	0.00E+00
24	0.4955	0.00E+00
25	0.4955	0.00E+00
26	0.4955	0.00E+00
27	0.4955	0.00E+00
28	0.4955	0.00E+00
29	0.4955	0.00E+00
30	0.4955	0.00E+00

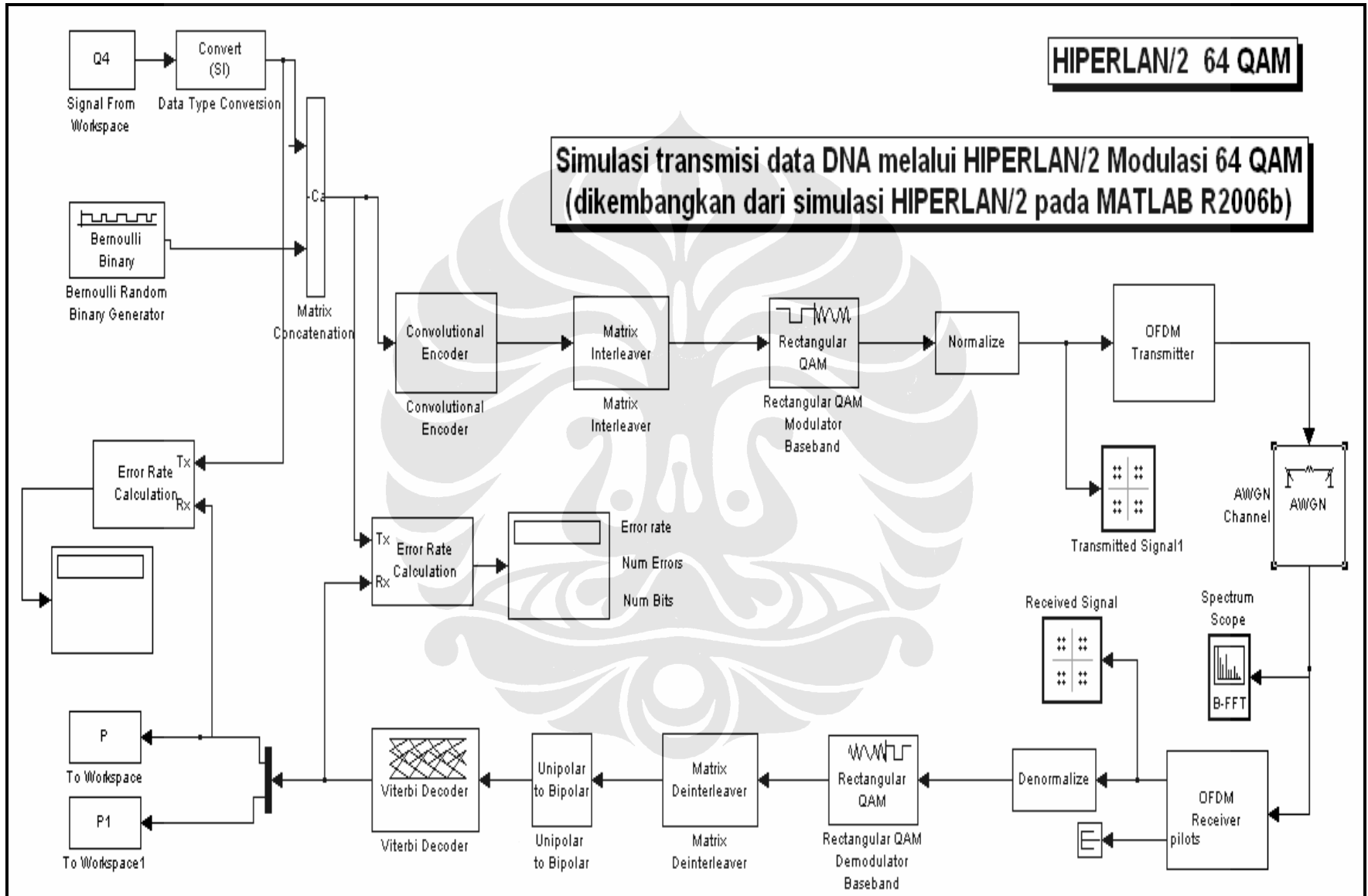
Tabel hasil perbandingan ketiga modulasi 16-QAM, 64-QAM, dan BPSK dengan transmisi AWGN :

dB	16 QAM	64 QAM	BPSK
1	0.4982	0.4892	0.4953
2	0.4901	0.4742	0.4868
3	4.86E-01	4.77E-01	0.4972
4	4.74E-01	4.61E-01	4.92E-01
5	4.55E-01	4.27E-01	4.84E-01
6	4.22E-01	3.72E-01	4.71E-01
7	3.63E-01	2.80E-01	4.36E-01
8	2.60E-01	1.87E-01	3.68E-01
9	1.35E-01	9.15E-02	2.25E-01
10	4.71E-02	3.06E-02	1.15E-01
11	8.71E-03	8.48E-03	3.52E-02
12	2.46E-03	2.42E-03	3.70E-03
13	0.00E+00	6.06E-04	3.09E-04
14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
18	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
21	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
22	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
23	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
25	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
26	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
27	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
28	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
29	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
30	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

LAMPIRAN 4

Konfigurasi HIPERLAN/2 modulasi 64-QAM dengan Kanal AWGN

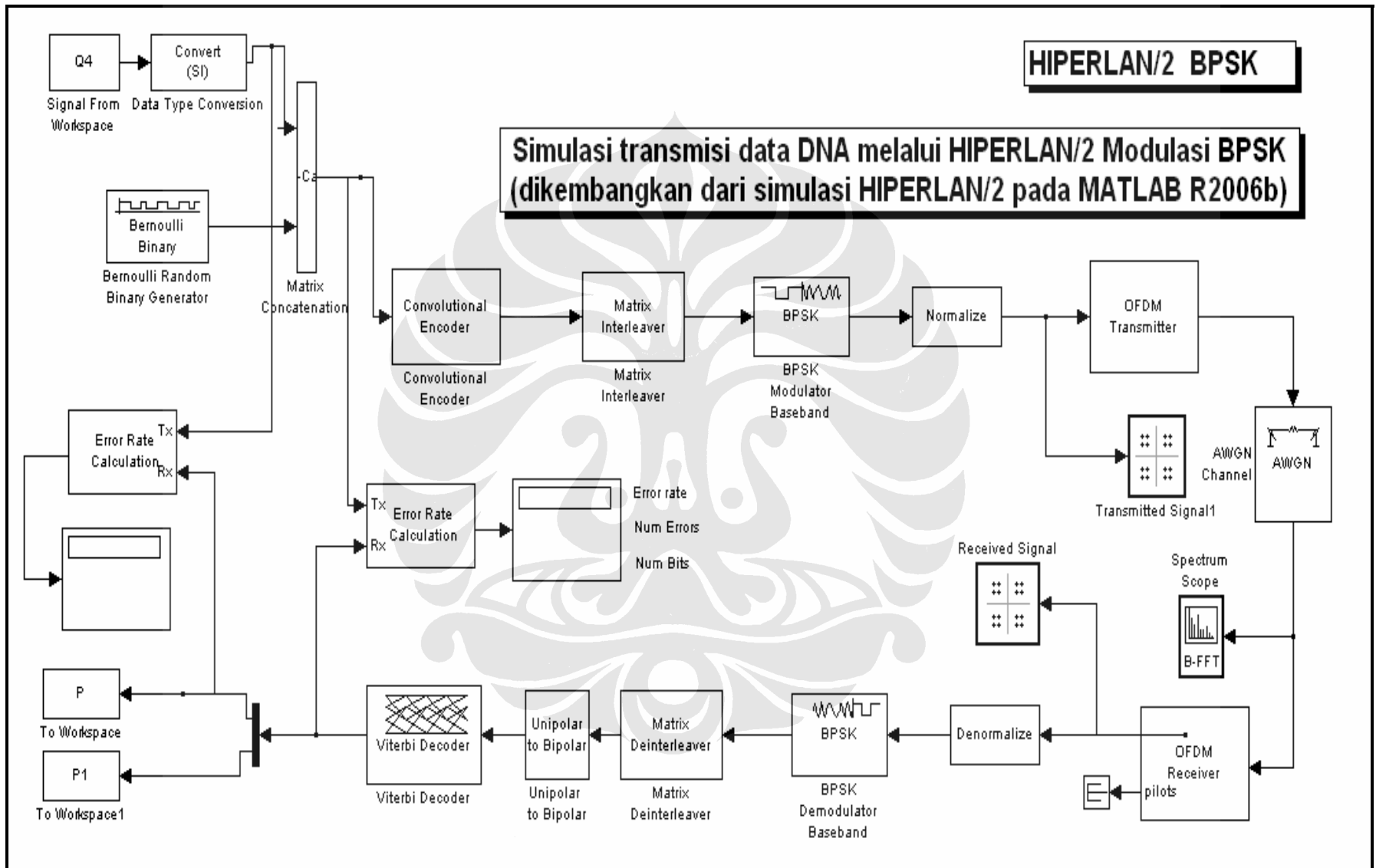






LAMPIRAN 5

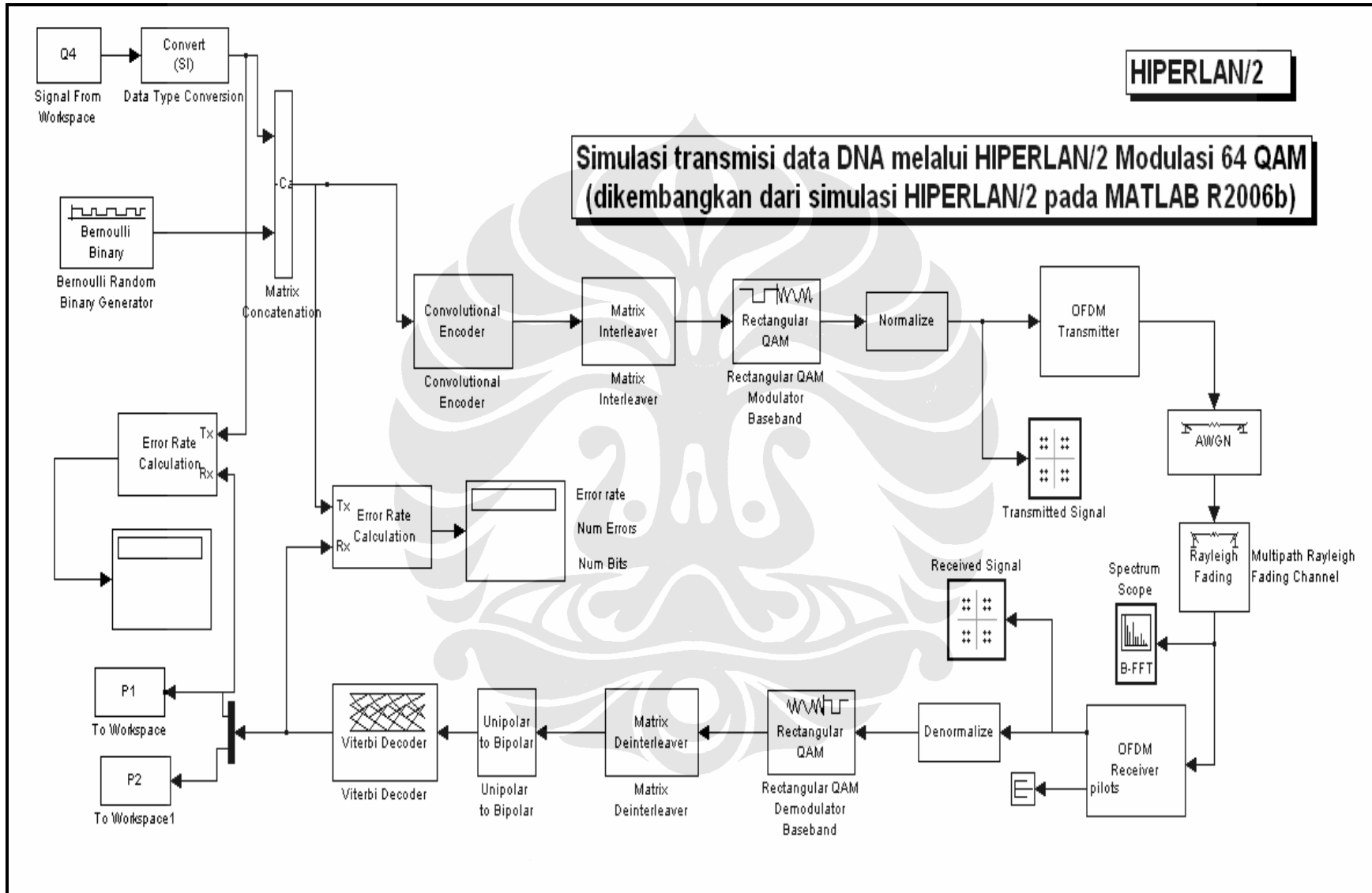
Konfigurasi HIPERLAN/2 modulasi BPSK dengan Kanal AWGN





LAMPIRAN 6

Konfigurasi HIPERLAN/2 modulasi 64-QAM dengan Kanal *Rayleigh Fading*



LAMPIRAN 7

Konfigurasi HIPERLAN/2 modulasi *BPSK* dengan Kanal *Rayleigh Fading*



