

# ANALISIS MODEL KANAL SUI BERDASARKAN MODULASI QAM DAN VARIASI BANDWIDTH

Frans Sugiharto.\*, Imam Santoso \*\*, Ajub Ajulian \*\*  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

## Abstract

Wimax is the wireless technology providing link of broadband in distance which far. Wimax is technology of broadband having high speed access and the wide reach. Such as system communications of previous nirkabel, wimax also have model of different propagation. Propagation models of wimax involve variation of delay ( $\mu$ s), power (dB), Factor K (dB), Doppler frequency (Hz). This Model called SUI (Stanford University Interim) channel. Variation of Parameters SUI channel determine performance of communications wimax.

In this final project, analysed SUI channel use simulation where parameter of SUI channel of variation into 6 condition of channel SUI - 1 up to SUI-6. While performance of channel presented in comparison of graph of BER and Eb/No. For wimax communication used type of IEEE 802.16d with digital modulation 16 QAM and 64 QAM, include the variation of cyclic prefix and bandwidth.

Simulation test result show that simulation of SUI channel with type of modulation 16 QAM with cyclic prefix 1/8, bandwidth 1.5MHz can repair almost entirety of performance SUI channel. Five SUI channel show best performance when at gyration of Eb/No 5dB up to 15 dB. While result of simulation SUI channel with type of modulation 16QAM with cyclic prefix 1/16, bandwidth 20MHz showing bad performance, when improvement Eb/No of gyration BER between  $10^{-1}$  dan  $10^0$  for channel SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6. Result of simulation SUI channel with type of modulation 64 QAM with cyclic prefix 1/8, bandwidth 1.5MHz showing best performance. Result of simulation SUI channel with type of modulation 64 QAM with cyclic prefix 1/16, bandwidth 20MHz showing bad performance.

**Keywords:** 802.16d, SUI channel, WiMAX, cyclic prefix, bandwidth.

## I. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Tugas akhir ini merupakan kelanjutan dari tugas akhir yang berjudul "Simulasi Pemodelan kanal SUI pada sistem komunikasi WiMAX" (Wendy Hutagaol, 2010). Masalah yang dibahas pada tugas akhir tersebut adalah membandingkan beberapa kanal SUI (*Stanford University Interim*) dengan modulasi B-PSK dan Q-PSK. Sedangkan tugas akhir ini membandingkan beberapa kanal SUI dengan modulasi 16 QAM dan 64 QAM dengan variasi *bandwidth*

WiMAX muncul untuk menjawab permasalahan yang ada di sektor *broadband*. Ketika telepon dan jaringan lokal mulai beranjak ke sistem nirkabel, akses *broadband* untuk bisnis atau perumahan masih cenderung mengandalkan kabel untuk penyaluran data. Jelas hal ini merugikan operator sekaligus konsumen yang ada di luar jangkauan kabel tersebut. Standar WiMAX 802.16 yang telah disetujui oleh IEEE adalah solusi yang ideal untuk komunikasi nirkabel dengan cakupan yang lebih besar daripada standar 802.11. IEEE 802.16 memiliki spesifikasi formal untuk pengembangan *Broadband Wireless Metropolitan Area Network* atau WiMAX. Masalah pendeskripsian kanal menjadi penting karena kanal

komunikasi nirkabel terutama yang berkenaan dengan arsitektural banyak sel dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti : *path loss*, *Multipath delay spread* karakteristik *fading*, *Doppler Spread*, *co-channel interference* maupun *adjacent interference*.

Hal ini yang menjadikan setiap kanal menjadi unik. Permasalahan dasar yang muncul adalah pentingnya gambaran yang akurat mengenai kanal nirkabel karena kanal nirkabel tidak berkarakter seperti medium kabel yang lebih stabil. Hal inilah yang melatarbelakangi penulisan tugas akhir dengan melakukan pemodelan kanal SUI pada sistem komunikasi WiMAX

### Tujuan

Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah menentukan kinerja masing-masing kanal SUI menggunakan parameter tipe modulasi, *cyclic prefix*, *bandwidth* dengan menampilkan kurva perbandingan BER terhadap Eb/No

### Batasan Masalah

Pada pembuatan tugas akhir ini pembahasan akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Tipe modulasi yang digunakan 16-QAM, 64-QAM.
2. Pada simulasi menggunakan tipe WiMAX 802.16d
3. Tipe kanal acuan adalah kanal *Rayleigh fading*.
4. Menampilkan kurva perbandingan BER terhadap Eb/No dan menggunakan *cyclic prefix* 1/8 dan 1/16.

## II. DASAR TEORI

### Pengertian WiMAX

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) adalah sebuah tanda sertifikasi untuk produk-produk yang lulus tes cocok dan sesuai dengan standar IEEE 802.16 WiMAX merupakan teknologi nirkabel yang menyediakan hubungan jalur lebar dalam jarak jauh. WiMAX merupakan teknologi broadband yang memiliki kecepatan akses yang tinggi dan jangkauan yang luas. WiMAX merupakan evolusi dari teknologi BWA sebelumnya dengan fitur-fitur yang lebih menarik. Disamping kecepatan data yang tinggi mampu diberikan, WiMAX juga membawa isu open standar. Dalam arti komunikasi perangkat WiMAX diantara beberapa vendor yang berbeda tetap dapat dilakukan. Dengan kecepatan data yang besar (sampai 70 MBps).

. Pada jaringan selular juga telah dikembangkan untuk dapat mengalirkan data seperti GPRS (*General Packet Radio Services*), EDGE (*Enhanced Data for Global Evolution*), WCDMA (*Wireless Code Division Multiple Access*) dan HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*). Tabel 2.1 menunjukkan perkembangan teknologi *wireless*.

Tabel 2.1 perkembangan teknologi Wireless

	Wi-Fi 802.11g	WiMAX 802.16-2004	WiMAX 802.16.e	CDMA2000 1x EV-DO	WCDMA / UMTS
Maximum Reach	100 meter	8 km	5 km	12 km	12 km
Maximum Throughput	54 Mbps	75 Mbps	30 Mbps	2.4 Mbps	2 Mbps
Typical Frequency Band	2.4 GHz	2-11 GHz	2-6 GHz	400,800,900,1700, 1800,1900,2100 MHz	1800,1900, 2100MHz
Application	Wireless LAN	Fixed Wireless Broadband	Portable Wireless Broadband	Mobile Wireless Broadband	Mobile Wireless Broadband

### Standar WiMAX

Standar yang digunakan WiMAX mengacu pada standar IEEE 802.16. Varian dari standar 802.16 ini ialah : 802.16, 802.16a, 802.16d dan 802.16e. Varian standar 802.16 yang diadopsi WiMAX untuk penggunaan komunikasi tetap atau Fixed Wireless Access (FWA) adalah 802.16d atau 802.16-2004 yang telah direvisi pada tahun 2004

Standar 802.16d diperuntukan bagi layanan yang bersifat tetap maupun yang berpindah-pindah. Sistem ini menggunakan OFDM dan mendukung untuk kondisi lingkungan LOS dan NLOS. Perangkat 802.16d biasanya beroperasi pada band frekuensi 3.5 GHz dan 5.8 GHz.. Selanjutnya, varian yang digunakan untuk komunikasi bergerak (mobile) ialah 802.16e. pada bulan desember 2005 atau kita kenal dengan mobile WiMAX yang merupakan pengembangan dari standar sebelumnya. Sehingga dapat mendukung aplikasi portable

Perbedaan yang mendasar antar standar IEEE 802.16 dengan standar IEEE 802.16d adalah pada tipe perambatannya, dimana IEEE 802.16 memerlukan kondisi LOS sedangkan pada IEEE 802.16d dapat beroperasi pada kondisi LOS maupun NLOS. Pengembangan WiMAX di masa depan dibuat pula untuk mendukung mobilitas yang tinggi dengan teknologi mobile fidelity IEEE 802.20 dengan mobile WiMAX IEEE 802.16e, dimana kedua teknologi ini memiliki *bandwidth* yang lebih rendah dari IEEE 802.16 namun memiliki mobilitas yang sangat tinggi hingga kecepatan 125-250 km/jam.

IEEE 802.16 hanya cocok untuk aplikasi backhaul karena tidak mendukung jenis propagasi NLOS, sebaliknya untuk IEEE 802.16d dan IEEE 802.16e dapat digunakan untuk backhaul dan layanan personal broadband. Dua spesifikasi terakhir IEEE 802.16d dan IEEE 802.16e memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing yang akan cocok tergantung pada mobilitas pengguna, kecepatan data yang diinginkan dan jangkauan BS. Spektrum frekuensi 802.16d

### Kanal SUI (*Stanford University Interim*)

Menspesifikasikan kanal dengan skenario tertentu. Hal ini jelas bahwa ada banyak kemungkinan kombinasi parameter untuk mendapatkan kanal yang dideskripsikan. Enam kanal SUI dikelompokkan kedalam tiga kategori topografi untuk wilayah Amerika Serikat. Model ini bisa dikembangkan untuk simulasi, desain, pengembangan, dan pengujian teknologi yang sesuai dengan aplikasi nirkabel broadband. Ada 6 jenis parameter SUI yang dideskripsikan seperti dibawah ini

Tabel 2.6 Tipe topografi kanal SUI

Tipe topografi	Kanal SUI
C	SUI-1, SUI-2
B	SUI-3, SUI-4
A	SUI-5, SUI-6

Tabel 2.7 Parameter model SUI

Doppler	Low delay spread	Moderate delay spread	High delay spread
Low	SUI-3		SUI-5
High		SUI-4	SUI-6

Doppler	Low delay spread	Moderate delay spread	High delay spread
Low	SUI-1, SUI-2		
High			

Parameter dari masing-masing kanal SUI seperti pada tabel berikut :

		SUI-1	Tipe terrain : C	
		Tap 1	Tap 2	Tap 3
		Satuan		
Delay	0	0,4	0,9	μs
Daya	0	-15	-20	dB
Faktor K (90%)	4	0	0	dB
Frek. Doppler	0,4	0,3	0,5	Hz
		SUI-2	Tipe terrain : C	
		Tap 1	Tap 2	Tap 3
		Satuan		
Delay	0	0,4	1,1	μs
Daya	0	-12	-15	dB
Faktor K (90%)	2	0	0	dB
Frek. Doppler	0,2	0,15	0,25	Hz
		SUI-3	Tipe terrain : B	
		Tap 1	Tap 2	Tap 3
		Satuan		
Delay	0	0,4	0,9	μs
Daya	0	-5	-10	dB
Faktor K (90%)	1	0	0	dB
Frek. Doppler	0,4	0,3	0,5	Hz
		SUI-4	Tipe terrain : B	
		Tap 1	Tap 2	Tap 3
		Satuan		
Delay	0	1,5	4	μs
Daya	0	-4	-8	dB
Faktor K (90%)	0	0	0	dB
Frek. Doppler	0,2	0,15	0,25	Hz
		SUI-5	Tipe terrain : A	
		Tap 1	Tap 2	Tap 3
		Satuan		
Delay	0	4	10	μs
Daya	0	-5	-10	dB
Faktor K (90%)	0	0	0	dB
Frek. Doppler	2	1,5	2,5	Hz

		SUI-6	Tipe terrain : A	
		Tap 1	Tap 2	Tap 3
		Satuan		
Delay	0	14	20	μs
Daya	0	-10	-14	dB
Faktor K (90%)	0	0	0	dB
Frek. Doppler	0,4	0,3	0,5	Hz

### III. SIMULASI PROGRAM

#### Gambaran Awal Program

Program simulasi ini dibuat oleh warga negara Spanyol bernama Carlos Batllés Ferrer, program ini diberi nama "Simulation and Performance Analysis Of The 802.16". Simulasi dirancang menggunakan perangkat lunak Matlab 7.0.1. Matlab memiliki kemudahan dan fitur yang lebih lengkap dibanding beberapa pemrograman lainnya serta kemampuan dalam melakukan simulasi matematis.

Program "Simulation and Performance Analysis Of The 802.16" ini terdiri dari lima bagian yaitu :

- 1 Mensimulasikan setiap kanal SUI dengan beberapa modulasi yang berbeda seperti : 16-QAM, 64-QAM.
- 2 Mensimulasikan setiap kanal SUI dengan beberapa *cyclic prefix* yang berbeda nilainya seperti : 1/4, 1/8, 1/16, 1/32.
- 3 Mensimulasikan setiap kanal SUI ketika tanpa menggunakan *encoding* dan menggunakan *encoding*.
- 4 Mensimulasikan setiap kanal SUI dengan jenis SUI yang berbeda seperti : SUI-1, SUI-2, SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6.
- 5 Mensimulasikan setiap kanal SUI dengan *bandwidth* yang berbeda nilainya.

Akan tetapi dalam Tugas Akhir ini hanya menggunakan opsi nomor 4 yaitu mensimulasikan setiap kanal SUI dengan jenis kanal SUI yang berbeda-beda. Pada Simulasi ini akan menampilkan kinerja dari masing-masing SUI dan dibandingkan dengan kondisi secara teori menggunakan kanal *rayleigh*.

#### Penetapan Parameter Program Simulasi

- 1 Tipe *guard interval* adalah *cyclic prefix* yang dipakai : 1/8, 1/16..
- 2 Tipe modulasi 16-QAM atau 64-QAM.
- 3 Lebar pita kanal yang dipakai dalam program simulasi ini yaitu : 1.5MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz.

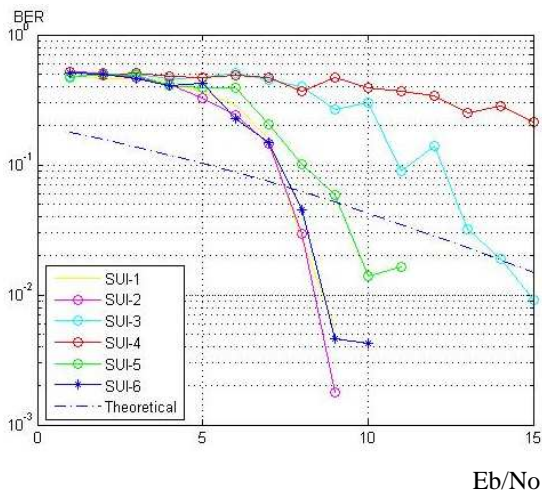
#### IV. Analisis Dan Pembahasan

##### Analisis Karakteristik Kanal SUI

Pada simulasi kanal SUI menggunakan guard interval (G) dengan tipe cyclic prefix. Untuk membandingkan hasil kanal SUI dengan kanal *rayleigh fading* pada grafik menggunakan tanda garis putus-putus (theoretical). Pada Grafik hasil Simulasi, Sumbu Horizontal menunjukkan nilai Eb/No dengan satuan dB, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai BER.

##### Tipe Modulasi 16-QAM

Hasil dari simulasi kanal SUI untuk teknik modulasi 16 QAM, *cyclic prefix* = 1/8, *bandwidth* = 1.5MHz. dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Kurva BER untuk G=1/8 dan BW=1.5MHz

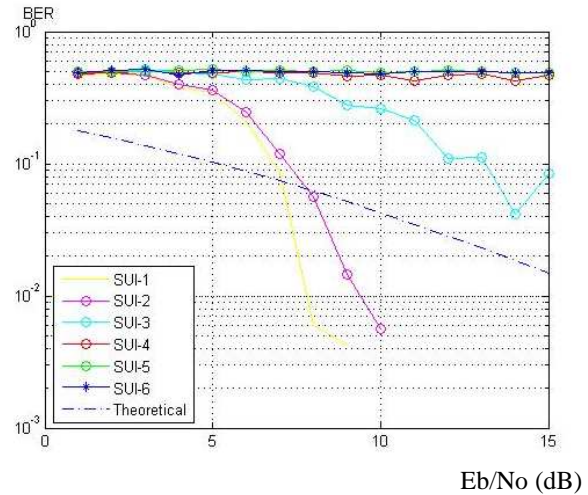
Gambar 4.1 menunjukkan kondisi kanal SUI ketika modulasi 16 QAM digunakan untuk 6 kanal yang berbeda. Secara umum untuk kisaran Eb/No 0dB sampai dengan 5db, SUI-1, SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6 menampilkan kinerja yang buruk (BER tinggi). Ketika ada penambahan nilai Eb/No, tidak terjadi perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan.

Berikutnya untuk kisaran nilai Eb/No 5 dB sampai dengan 10 dB kanal SUI-1, SUI-2, SUI-5, SUI-6 menunjukkan kinerja terbaik dimana keempat kanal tersebut berada di bawah kurva kanal *rayleigh fading*, terutama SUI-2.

Kanal SUI-3 masih menampilkan performa yang baik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah) akan tetapi perlu dilakukan optimasi pada sistem

supaya sesuai dengan yang diharapkan berdasarkan teori dengan membandingkan pada kanal *rayleigh fading*.

Hasil dari simulasi kanal SUI untuk teknik modulasi 16-QAM, *cyclic prefix* = 1/8, *bandwidth* = 20MHz. dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Kurva BER untuk G=1/8 dan BW=20MHz

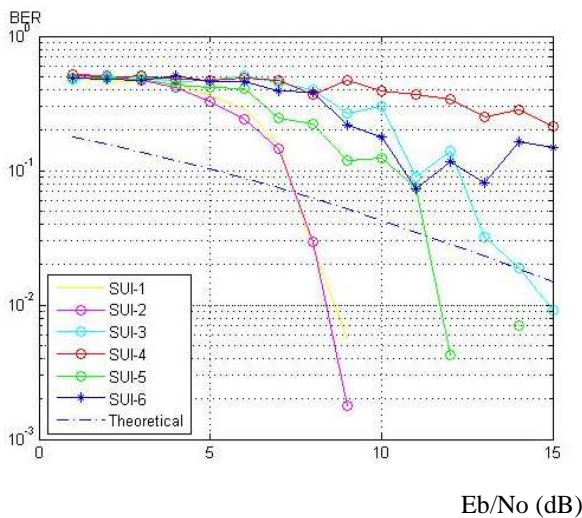
Pada Gambar 4.2 untuk nilai kisaran Eb/No 0dB sampai dengan 5 dB, kinerja kanal SUI-1, SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6 tidak sesuai dengan yang diharapkan, ini terbukti ketika kurva di atas menunjukkan bertambahnya nilai Eb/No tidak memperbaiki kualitas sinyal. Semua kanal SUI tersebut berada di atas kurva kanal *rayleigh fading*.

Untuk nilai Eb/No 5 dB sampai dengan 15 dB kanal SUI-1, SUI-2 berada di bawah kurva *rayleigh fading*. Lebar bandwidth yang cukup besar mampu memperbaiki kualitas sinyal yang diterima pada kanal SUI-1 dan SUI-2. Sedangkan kanal SUI-3, SUI-4, SUI-5, dan SUI-6 memiliki kinerja yang buruk, dimana ketika ada penambahan nilai Eb/No yang cukup besar, hanya terjadi sedikit perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan

Kanal SUI-3 masih menampilkan performa yang baik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah) akan tetapi perlu dilakukan optimasi pada sistem supaya sesuai dengan yang diharapkan berdasarkan teori dengan membandingkan pada kanal *rayleigh fading*.

Nilai delay yang cukup besar sangat mempengaruhi kinerja dari ketiga kanal SUI tersebut. Penambahan nilai Eb/No tidak mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima, dimana nilai BER tidak menurun secara signifikan.

Hasil dari simulasi kanal SUI untuk teknik modulasi 16-QAM, cyclic prefix = 1/16, bandwidth = 1,5MHz. dapat dilihat pada gambar 4.3



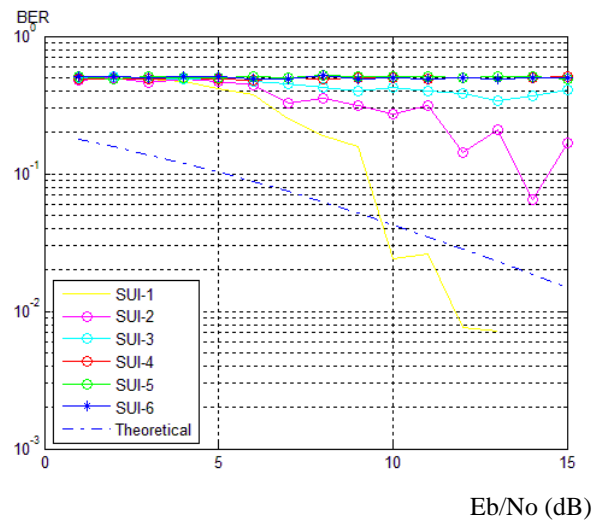
Gambar 4.3 Kurva BER untuk G=1/16 dan BW=1,5 MHz

Pada gambar 4.3 untuk nilai kisaran Eb/No 0dB sampai dengan 5 dB, kinerja kanal SUI-1, SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6 tidak sesuai dengan yang diharapkan, ini terbukti ketika kurva di atas menunjukkan bertambahnya nilai Eb/No tidak memperbaiki kualitas sinyal. Semua kanal SUI tersebut berada di atas kurva kanal *rayleigh fading*.

Untuk kisaran Eb/No dari 5 dB sampai dengan 10 dB, kinerja kanal SUI-1 dan SUI-2 semakin membaik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah), dapat dilihat pada kurva di atas, kanal ini berada di bawah kurva kanal *rayleigh fading*. Sedangkan kanal SUI-3, SUI-4, SUI-6 memiliki kinerja yang buruk (nilai BER tinggi), dimana ketika ada penambahan nilai Eb/No yang cukup besar, hanya terjadi sedikit perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan. Kanal SUI-5 agak membaik hanya perlu dilakukan optimasi agar sesuai dengan yang diharapkan.

Untuk kisaran Eb/No dari 10 dB sampai dengan 15 dB, kinerja kanal SUI-3 dan SUI-5 semakin membaik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah), dapat dilihat pada kurva diatas, kanal SUI-3 dan SUI-5 berada di bawah kurva *rayleigh fading*. Kanal SUI-4 dan SUI-6 tetap menunjukkan kinerja yang buruk, karena *delay spread* yang terlalu besar.

Hasil dari simulasi kanal SUI untuk teknik modulasi 16-QAM, cyclic prefix = 1/16, bandwidth = 10MHz. dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Kurva BER untuk G=1/16 dan BW=20 MHz

Pada gambar 4.4 untuk nilai kisaran Eb/No 0dB sampai dengan 5 dB, kinerja kanal SUI-1, SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6 tidak sesuai dengan yang diharapkan, ini terbukti ketika kurva di atas menunjukkan bertambahnya nilai Eb/No tidak memperbaiki kualitas sinyal. Semua kanal SUI tersebut berada di atas kurva kanal *rayleigh fading*.

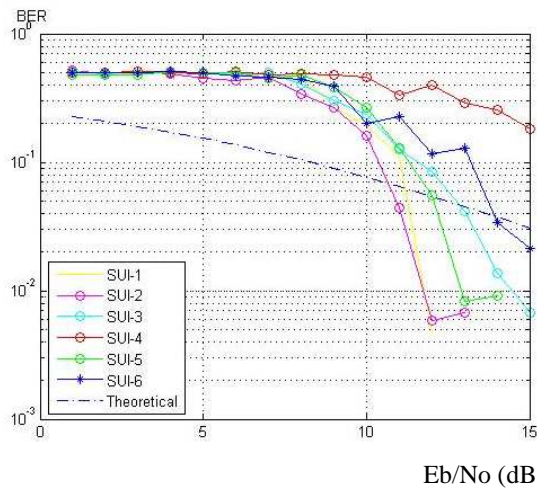
Untuk kisaran Eb/No dari 5 dB sampai dengan 10 dB, kinerja kanal SUI-1 semakin membaik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah), dapat dilihat pada kurva di atas, kanal ini berada di bawah kurva kanal *rayleigh fading*. Sedangkan kanal SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5, dan SUI-6 memiliki kinerja yang buruk (nilai BER tinggi), dimana ketika ada penambahan nilai Eb/No yang cukup besar, hanya terjadi sedikit perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan.

Untuk kisaran Eb/No dari 10 dB sampai dengan 15 dB, kinerja kanal SUI-1 dan SUI-2 semakin membaik, (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah) dapat dilihat pada kurva diatas, kanal-kanal ini berada di bawah kurva *rayleigh fading*. Sedangkan kanal SUI-3, SUI-4, SUI-5 dan SUI-6 tetap menunjukkan kinerja yang buruk, karena *delay spread* yang terlalu besar (tidak mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah).

### Tipe Modulasi 64-QAM

Hasil dari simulasi kanal SUI untuk teknik modulasi 64-QAM, cyclic prefix = 1/8, bandwidth = 1.5MHz. dapat dilihat pada gambar 4.5.



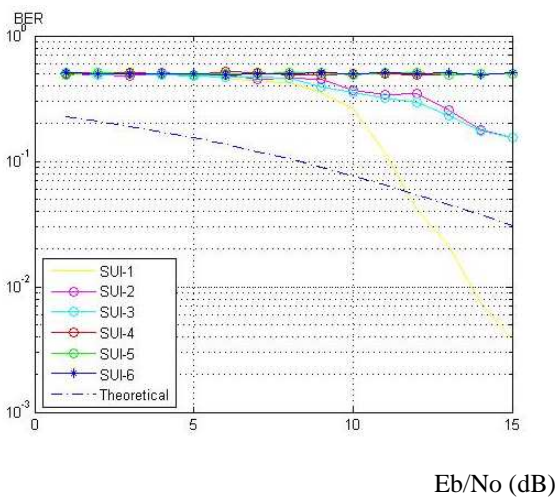


Gambar 4.5 Kurva BER untuk  $G=1/8$  dan  $BW=1.5\text{MHz}$

Pada gambar 4.5 untuk kisaran nilai  $E_b/N_0$  0dB sampai dengan 10 dB keseluruhan kanal SUI menunjukkan kinerja yang buruk, karena berada diatas kurva *rayleigh fading*. Dimana ketika ada penambahan nilai  $E_b/N_0$  yang cukup besar, tidak terjadi perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan.

Untuk kisaran  $E_b/N_0$  dari 10 dB sampai dengan 15 dB, kinerja kanal SUI-1, SUI-2, SUI-3, SUI-5 dan SUI-6 semakin membaik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah), dapat dilihat pada kurva diatas, kanal-kanal tersebut berada di bawah kurva *rayleigh fading*, dengan BER menurun signifikan. Semakin besar nilai  $E_b/N_0$ , maka nilai BER semakin kecil dan sinyal yang diterima pada sisi penerima semakin baik meskipun terjadi *fading*. Sedangkan kanal SUI-4 tetap menunjukkan kinerja yang buruk.

Hasil dari simulasi kanal SUI untuk teknik modulasi 64-QAM, cyclic prefix = 1/8, bandwidth = 10MHz. dapat dilihat pada gambar 4.6

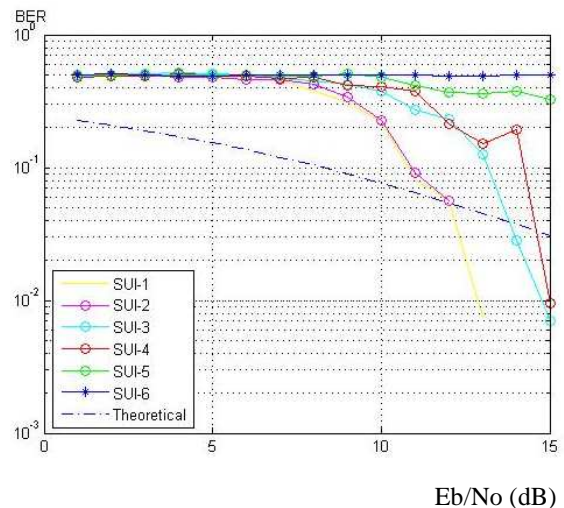


Gambar 4.6 Kurva BER untuk  $G=1/8$  dan  $BW=10\text{MHz}$

Pada gambar 4.6 untuk kisaran nilai  $E_b/N_0$  0dB sampai dengan 10 dB keseluruhan kanal SUI menunjukkan kinerja yang buruk, karena berada diatas kurva *rayleigh fading*. Dimana ketika ada penambahan nilai  $E_b/N_0$  yang cukup besar, tidak terjadi perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan.

Untuk kisaran  $E_b/N_0$  dari 10 dB sampai dengan 15 dB, kinerja kanal SUI-1 semakin membaik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah), dapat dilihat pada kurva diatas, kanal SUI-1 berada di bawah kurva *rayleigh fading*, dengan BER menurun signifikan. Semakin besar nilai  $E_b/N_0$ , maka nilai BER semakin kecil dan sinyal yang diterima pada sisi penerima semakin baik meskipun terjadi *fading*. Sedangkan kanal SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5 dan SUI-6 tetap menunjukkan kinerja yang buruk.

Hasil dari simulasi kanal SUI untuk teknik modulasi 64-QAM, cyclic prefix = 1/16, bandwidth = 1.5MHz. dapat dilihat pada gambar 4.7



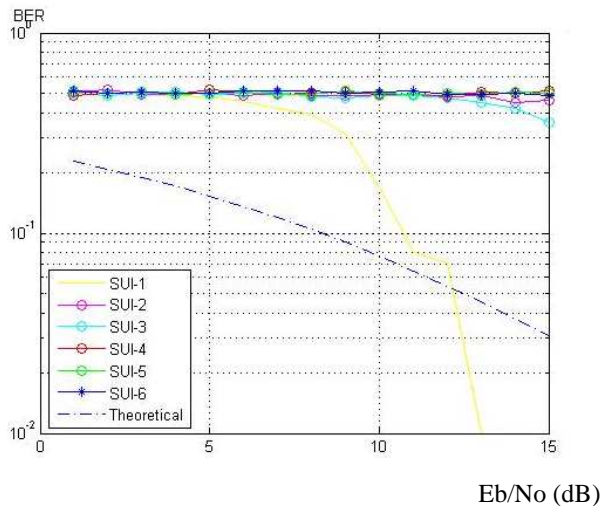
Gambar 4.7 Kurva BER untuk  $G=1/16$  dan  $BW=1.5\text{MHz}$

Pada gambar 4.7 untuk kisaran nilai  $E_b/N_0$  0dB sampai dengan 10 dB keseluruhan kanal SUI menunjukkan kinerja yang buruk, karena berada diatas kurva *rayleigh fading*. Dimana ketika ada penambahan nilai  $E_b/N_0$  yang cukup besar, tidak terjadi perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan.

Untuk kisaran  $E_b/N_0$  dari 10 dB sampai dengan 15 dB, kinerja kanal SUI-1, SUI-3 dan SUI-4 semakin membaik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah), dapat dilihat pada kurva diatas, kanal SUI-1, SUI-3 dan SUI-4 berada di bawah kurva *rayleigh fading*, dengan BER menurun signifikan. Semakin besar nilai  $E_b/N_0$ , maka nilai BER semakin kecil dan sinyal yang diterima pada sisi penerima semakin baik meskipun terjadi

*fading*. Sedangkan kanal SUI-5 dan SUI-6 tetap menunjukkan kinerja yang buruk.

Hasil dari simulasi kanal SUI untuk teknik modulasi 64-QAM, *cyclic prefix* = 1/16, *bandwidth* = 20MHz. dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Kurva BER untuk  $G=1/16$  dan  $BW=20\text{MHz}$

Pada gambar 4.8 untuk kisaran nilai  $E_b/N_0$  0dB sampai dengan 10 dB keseluruhan kanal SUI menunjukkan kinerja yang sangat buruk, karena berada diatas kurva *rayleigh fading*. Dimana ketika ada penambahan nilai  $E_b/N_0$  yang cukup besar, hampir tidak terjadi perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan. Hanya kanal SUI-1 mengalami sedikit penurunan BER

Untuk kisaran  $E_b/N_0$  dari 10 dB sampai dengan 15 dB, kinerja kanal SUI-1 semakin membaik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah), dapat dilihat pada kurva diatas, kanal SUI-1 berada di bawah kurva *rayleigh fading*, dengan BER menurun sangat signifikan. Sedangkan kanal SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5 dan SUI-6 tetap menunjukkan kinerja yang sangat buruk karena *delay spread* yang terlalu besar (tidak mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Hasil simulasi kanal SUI tipe modulasi 16-QAM dengan *cyclic prefix* = 1/8 *bandwidth* = 1.5MHz mampu memperbaiki hampir secara keseluruhan kinerja kanal SUI. Kelima kanal SUI tersebut menunjukkan performa terbaik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah) ketika berada pada kisaran  $E_b/N_0$  5dB sampai dengan 15 dB.

Hasil simulasi kanal SUI tipe modulasi 16-QAM dengan *cyclic prefix* = 1/8 *bandwidth* = 20MHz menunjukkan kinerja terburuk untuk kanal SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6 dimana ketika ada penambahan nilai  $E_b/N_0$  yang cukup besar, hanya terjadi sedikit perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan

Hasil simulasi kanal SUI tipe modulasi 16-QAM dengan *cyclic prefix* = 1/16 *bandwidth* = 1.5MHz mampu memperbaiki hampir secara keseluruhan kinerja kanal SUI. Keempat kanal SUI tersebut menunjukkan performa terbaik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah) ketika berada pada kisaran  $E_b/N_0$  5dB sampai dengan 15 dB.

Hasil simulasi kanal SUI tipe modulasi 16-QAM dengan *cyclic prefix* = 1/16 *bandwidth* = 20MHz menunjukkan kinerja terburuk untuk kanal SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6 dimana ketika ada penambahan nilai  $E_b/N_0$  yang cukup besar, hanya terjadi sedikit perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan

Penambahan *bandwidth* menjadi 20 MHz pada nilai *cyclic prefix* = 1/8 dan 1/16 mempengaruhi kinerja kanal SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6, keempat kanal SUI tersebut (tidak mampu menghasilkan nilai BER yang rendah) berada pada kisaran nilai BER antara  $10^1$  dan  $10^0$ .

Hasil simulasi kanal SUI tipe modulasi 64-QAM dengan *cyclic prefix* = 1/8 *bandwidth* = 1.5MHz mampu memperbaiki hampir secara keseluruhan kinerja kanal SUI. Kelima kanal SUI tersebut menunjukkan performa terbaik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah) ketika berada pada kisaran  $E_b/N_0$  10dB sampai dengan 15 dB.

Hasil simulasi kanal SUI tipe modulasi 64-QAM dengan *cyclic prefix* = 1/8 *bandwidth* = 20MHz menunjukkan kinerja terburuk untuk kanal SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6 dimana ketika ada penambahan nilai  $E_b/N_0$  yang cukup besar, hanya terjadi sedikit perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan

Hasil simulasi kanal SUI tipe modulasi 64-QAM dengan *cyclic prefix* = 1/16 *bandwidth* = 1.5MHz mampu memperbaiki kinerja kanal SUI-1, SUI-2, SUI-3, SUI-4. Keempat kanal SUI tersebut menunjukkan performa terbaik (mampu menghasilkan kanal SUI dengan BER yang rendah) ketika berada pada kisaran  $E_b/N_0$  10dB sampai dengan 15 dB.

Hasil simulasi kanal SUI tipe modulasi 64-QAM dengan *cyclic prefix* = 1/16 *bandwidth* = 20MHz menunjukkan kinerja terburuk untuk kanal SUI-2, SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6 dimana ketika ada penambahan nilai  $E_b/N_0$  yang cukup besar, hanya terjadi sedikit perbaikan kualitas sinyal, dengan BER tidak menurun secara signifikan

Penambahan *bandwidth* menjadi 20 MHz pada nilai *cyclic prefix* = 1/8 dan 1/16 mempengaruhi kinerja

kanal SUI-3, SUI-4, SUI-5, SUI-6, keempat kanal SUI tersebut (tidak mampu menghasilkan nilai BER yang rendah) berada pada kisaran nilai BER antara  $10^1$  dan  $10^0$ .

#### Saran

Mensimulasikan kanal SUI menggunakan *encoding* dan tanpa menggunakan *encoding*.



Frans Sugiharto (L2F004477)  
Lahir di Bandung, Jawa Barat.  
Pendidikan SMU di SMUN 3  
Subang, saat ini sedang  
menyelesaikan pendidikan di  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas  
Teknik Universitas Diponegoro  
Semarang dengan konsentrasi  
Elektro Telekomunikasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Usman, U.K., *Pengantar Ilmu Telekomunikasi*, Informatika Bandung, Bandung, 2008.
- [2] Wibisono, U.K Usman, dan G.D. Hantoro., *Konsep Teknologi Seluler*, Informatika Bandung, Bandung, 2008
- [3] Smith, C., *Wireless Telecommunication FAQs*, Mc.Graw Hill, 2000
- [4] Purbo, O.W..., *Modul Seminar Nasional Pengenalan Teknologi Wimax*, Progam Studi Ilmu Komputer Undip, 2009
- [5] Proaksis, J.G., *Digital Communication*, Mc.Graw Hill, 1989.
- [6] Saydam, Gouzali, *Teknologi Telekomunikas Perkembangan dan Aplikasi*, Alfabeta, 2005
- [7] Hantoro, G.D., *Mempelajari WiMAX Secara Tutorial dan Visual*, Informatika Bandung, 2008
- [8] \_\_\_\_\_, *Kupas Tuntas Teknologi Wimax*, Andi Yogyakarta dan Wahana Komputer, 2009.
- [9] \_\_\_\_\_, WiMAX 802.16d, [www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/](http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/), Februari 2010.
- [10] \_\_\_\_\_, WiMAX, [www.itttelkom.ac.id/library/](http://www.itttelkom.ac.id/library/), Februari 2010.
- [11] Hutagaol., *Simulasi Pemodelan Kanal SUI pada Sistem Komunikasi WiMAX dengan Modulasi BPSK dan QPSK*, Skripsi Teknik Elektro Undip, 2010.

Menyetujui dan Mengesahkan  
Pembimbing I

Imam Santoso, S.T., M.T.

NIP. 197007272000121001

Pembimbing II

Ajub Ajulian, S.T., M.T.

NIP. 197107191998022001