

## SIMULASI PERBANDINGAN Wi-Max dan 3G-WCDMA dalam Menghadapi Multipath Fading

Gunawan Hendro<sup>1</sup>, Muhammad Suryanegara<sup>2</sup>, Dadang Gunawan<sup>3</sup>

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Kampus baru UI Depok 16424

e-mail: <sup>1</sup>gunawan.hendro@gmail.com, <sup>2</sup>msurya@ee.ui.ac.id, <sup>3</sup>guna@ee.ui.ac.id

### ABSTRAKSI

Teknologi nirkabel berkembang sangat pesat dimulai dari First Generation dengan teknologi AMPS hingga Third Generation yang menggunakan teknologi WCDMA dan CDMA 2000. Sementara itu, kemunculan WiMAX yang menerapkan sistem Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) dan Adaptive Modulation and Coding (AMC) menawarkan alternatif Broadband Wireless Access, dengan kecepatan transmisi data yang jauh lebih tinggi dari 3G. Dengan membandingkan antara teknologi 3G dan WiMAX, terdapat keunggulan dan batasan dimana teknologi 3G menjanjikan mobilitas user yang tinggi, sedangkan WiMAX lebih baik dalam hal transfer rate. Untuk melihat performa teknologi dalam hal mobilitas dilakukan analisis sifat fisik transmisi nirkabel yaitu multipath fading.

Makalah ini menganalisis kemampuan WiMAX yang menggunakan sistem guard time insertion dalam menghadapi multipath fading, dibandingkan dengan teknologi 3G pada sistem WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Kedua teknologi disimulasikan dengan menggunakan bantuan computer-based-simulation. Pada performa fluktuasi kuat sinyal dan nilai Bit Error, teknologi WiMAX lebih baik dari WCDMA dalam menghadapi multipath fading pada kanal transmisi yang direpresentasikan oleh gangguan AWGN dan multipath Rayleigh fading.

### 1. PENDAHULUAN

Evolusi selular teknologi 2G-GSM segera dilanjutkan dengan teknologi 3G berbasis WCDMA. Keutamaan teknologi 3G-WCDMA adalah kemampuannya dalam mendukung mobilitas user, namun terbatas pada kecepatan data hingga 2Mbps.

Teknologi WiMAX hadir sebagai BWA (Broadband Wireless Access) dengan kecepatan data (transfer rate) yang jauh lebih tinggi dari 3G-WCDMA dan menggunakan sistem OFDM yang efisien dalam penggunaan spektrum frekuensi [1]. Pada awalnya, WiMAX diperuntukkan sebagai fixed-BWA dengan mobilitas user yang terbatas. Aplikasi teknologi WiMAX yang digunakan sebagai jaringan backhaul ditetapkan standarnya pada tahun 2004 oleh IEEE dengan nama 802.16d.

Kedua teknologi tersebut hadir dengan kelebihan dan kelemahan pada faktor transfer rate dan mobilitas user. Meskipun demikian, dengan transfer rate yang lebih tinggi dari WCDMA, WiMAX telah dianggap sebagai teknologi kelanjutan 3G menuju fourth generation (4G).

Dalam perkembangannya, pada tahun 2005 telah ditetapkan standar WiMAX untuk komunikasi selular yang bersifat mobile dengan nama 802.16e. [2]. Standar ini memungkinkan WiMAX mendukung akses pergerakan user hingga 120 km/jam.

Dalam komunikasi nirkabel, multipath-fading adalah fenomena yang terjadi karena pergerakan user dan berakibat langsung pada performa sistem. Karenanya, kemampuan sebuah teknologi dalam menghadapi efek fading menjadi parameter kehandalan dalam mendukung pergerakan (mobilitas) user.

Makalah ini menganalisis kemampuan teknologi WiMAX dalam menghadapi efek multipath fading, dan dibandingkan dengan teknologi 3G-WCDMA. Analisis dilakukan pada hasil simulasi berbasis komputer. Fading divariasikan berdasarkan pergerakan user hingga kecepatan 20 km/jam. Penggunaan skema AMC pada WiMAX menyebabkan perbandingan performa sistem dilakukan pada domain area yang mengaplikasikan modulasi QPSK.

### 2. TEKNOLOGI Wi-Max dan 3G-WCDMA

#### a. Teknologi WiMAX

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) merupakan teknologi berbasis jaringan informasi data sebagai pengembangan lebih lanjut dari teknologi Wi-Fi [4]. Coverage Wi-Fi hanya dalam hitungan meter dari antena pemancarnya, sedangkan WiMAX dikembangkan sehingga cakupannya dalam hitungan kilometer [4]. Radius sel pancaran dari satu base station adalah antara 3 hingga 10 kilometer [5].

Spektrum WiMAX akan dialokasikan pada frekuensi 2 sampai 11 GHz, khususnya pada 2,5 GHz, 3,5 GHz dan 5 GHz. [2]. Bandwidth yang digunakan WiMAX bersifat fleksibel antara 1,5 MHz hingga 20 MHz untuk memfasilitasi pelanggan yang berbeda platform dan jarak yang jauh. Wi-Fi menggunakan bandwidth 20 MHz, sedangkan jaringan selular seperti GSM dan 3G hanya menggunakan bandwidth 1,5 - 5 MHz, sehingga WiMAX mampu mengakomodasi kedua teknologi tersebut.

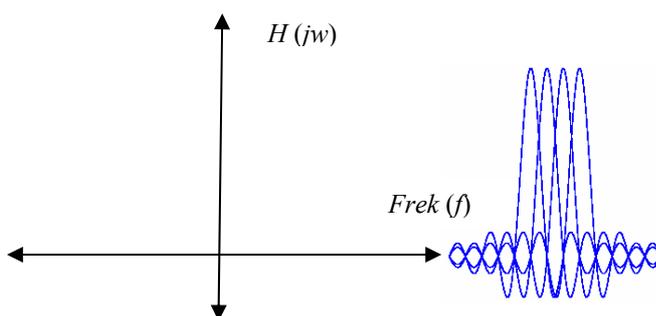
**a. Adaptive Modulation and Coding (AMC).**

Penggunaan skema AMC pada WiMAX memungkinkan penggunaan modulasi dan *encoding* yang berbeda untuk pelanggan yang berada di tempat berbeda dengan lingkungan yang berbeda. Modulasi yang digunakan WiMAX adalah QPSK, 16 QAM dan 64 QAM. *Coding rate* yang digunakan antara lain 1/2, 2/3 dan 3/4 [7]. Dengan menggunakan teknologi antena cerdas, WiMAX dapat menentukan modulasi dan *coding rate* yang sesuai untuk *mobile station* yang berada dalam cakupan *base station* tersebut. Penentuan tersebut ditentukan berdasarkan kondisi *air interface* antara pengguna dengan pemancar. [8]

Untuk menghadapi *air interface* yang buruk, diterapkan teknik modulasi yang lebih tahan gangguan dan *coding rate* yang lebih tinggi sehingga *transfer rate* lebih rendah. Sebaliknya untuk kondisi *air interface* yang baik, digunakan teknik modulasi yang mengandung informasi lebih banyak dan *coding rate* yang lebih rendah sehingga *transfer rate* lebih cepat.

**b. Orthogonal Frequency Division Multiplexing.**

WiMAX menggunakan teknik *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). OFDM merupakan kasus khusus dari FDM (*Frequency Division Multiplexing*). Pada FDM, suatu *bandwidth* dibagi menjadi beberapa kanal yang tersendiri. Agar tidak saling menginterferensi satu sama lain maka diberi jarak antar kanal (*guardband*) yang boros *bandwidth*. Sedangkan dalam OFDM, kanal-kanal dalam satu *bandwidth* seakan-akan ditumpang tindihkan menjadi satu. OFDM sangat efisien dalam penggunaan *bandwidth*. [6]. Gambar 1 mengilustrasikan spektrum OFDM pada 4 (empat) *bandwidth* kanal.



**Gambar 1.** Spektrum *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) [9]

Spektrum frekuensi kanal pada OFDM dapat ditumpangtindihkan dan tidak terjadi saling interferensi antar kanal, sebab *null* dari setiap kanal yang berdekatan jatuh tepat pada titik tengah spektrum yang membawa informasi (spektrum yang memiliki *power* tertinggi). Untuk mengatur supaya setiap *null* dari kanal spektrum tetangga jatuh tepat pada titik tengah spektrum yang membawa

informasi, setiap sinyal transmisi pada setiap kanal harus bersifat saling *orthogonal* dan saling *harmonic* [9]

Secara matematis, untuk membuat setiap sinyal *orthogonal* adalah dengan membuat luas area positif sama dengan luas area negatif atau hasil integral dari sinyal tersebut adalah nol. Selanjutnya untuk *harmonic*, misalkan *c* adalah frekuensi pembawa dalam suatu *bandwidth* dengan persamaan  $c_n = n \times c_1$ , maka frekuensi  $c_n$  dikatakan *harmonic* dengan  $c_1$ , jika *n* adalah integer. Jika mereka juga saling *orthogonal*, maka ketika digabungkan, mereka tidak saling menginterferensi [9].

**c. Kanal Transmisi (Air Interface).**

Karakteristik propagasi pada kanal transmisi *mobile wireless* memiliki beberapa gangguan yang sangat merusak. Perusakan ini menyebabkan sinyal yang diterima berbeda dengan sinyal yang dikirim, sehingga dapat menyebabkan terjadinya kesalahan informasi yang diterima.

*Additive White Gaussian Noise* (AWGN) merupakan gangguan (*noise*) yang diberikan kepada sinyal yang dikirim pada kanal transmisi dengan menggunakan distribusi *gaussian*. Perusakan dari gangguan AWGN tidak terlalu berpengaruh karena dapat ditangani dengan baik oleh teknik *Forward Error Correction* (FEC).

Keadaan *multipath* dalam komunikasi bergerak menyebabkan penghamburan dan pemantulan sinyal transmisi menjadi beberapa sinyal lain. Beberapa sinyal lain ini melalui lintasan yang berbeda-beda. Sehingga kuat sinyal dan waktu tiba di penerima berbeda-beda. Hal ini menyebabkan masalah *multipath fading* dan *delay spread*.

Panjang lintasan dan perlakuan perlambatan gelombang yang berbeda-beda mengakibatkan sinyal-sinyal *multipath* sampai pada penerima dengan waktu tunda yang bervariasi. Sebuah impuls yang dikirimkan oleh pemancar akan diterima oleh penerima bukan lagi sebagai impuls melainkan pulsa dengan lebar penyebaran yang disebut *delay spread*. *Delay spread* ini dapat menimbulkan interferensi antar simbol (ISI), karena setiap simbol akan saling bertumbukan dengan simbol sebelum dan sesudahnya.

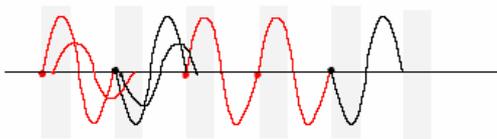
Pergeseran frekuensi *Doppler* disebabkan oleh pergerakan relatif dari *mobile station* terhadap *base station*. Pergeseran frekuensi tergantung pada kecepatan dan arah gerak *mobile station*. Persamaan untuk menentukan besarnya pergeseran frekuensi adalah [8]:

$$F_{doppler} = (v / \lambda) \cdot \cos \phi \tag{1}$$

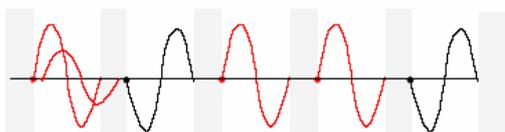
dimana  $F_{doppler}$  adalah besarnya pergeseran frekuensi pembawa, *v* adalah kecepatan gerak relatif *mobile station* terhadap *base station*,  $\lambda$  merupakan panjang gelombang dari frekuensi pemancar dan  $\phi$  adalah sudut datang yang dibentuk antara *path* tersebut dengan arah gerak *mobile station*.

**d. Penggunaan Guardtime Insertion.**

Teknik untuk menghadapi gangguan *multipath fading* pada WiMAX adalah menggunakan *guardtime insertion*. Dimana antar simbol dalam satu kanal akan diberikan jarak untuk menghindari terjadinya *Inter Symbol Interference* (ISI). Dengan adanya jarak ini, maka toleransi terhadap *delay spread* akan lebih besar. Penambahan jarak ini harus lebih besar dari *delay spread* maksimum yang mungkin terjadi untuk menghindari terjadinya ISI [9]. Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan mekanisme *guardtime* pada sinyal dengan kondisi *multipath*.



**Gambar 2.** Sinyal tanpa *Guardtime* Mengalami Kondisi *Multipath* [9]



**Gambar 3.** Sinyal dengan *Guardtime* Mengalami Kondisi *Multipath* [9]

**b. Teknologi 3G-WCDMA**

3G adalah teknologi *wireless broadband access* yang menggantikan teknologi 2G. Sebagai pilihan teknologi 3G digunakan teknologi WCDMA, TD-SCDMA dan CDMA 2000. Makalah ini membandingkan WiMAX dengan teknologi 3G-WCDMA.

WCDMA adalah pengembangan dari CDMA yang menggunakan *bandwidth* sebesar 1,25 MHz. WCDMA merupakan teknologi yang berbasis jaringan komunikasi suara bergerak yang dikembangkan untuk teknologi *wireless broadband access*.

**2.2.1 Pengaruh Wideband Pada WCDMA**

*Wideband* yang digunakan dalam WCDMA menunjukkan bahwa *bandwidth* yang digunakan lebih besar dari teknologi CDMA, dimana WCDMA menggunakan *bandwidth* 5 MHz. Dengan *bandwidth* lebar, *spreading factor* dapat ditingkatkan, karena kapasitas *bandwidth* semakin besar [11].

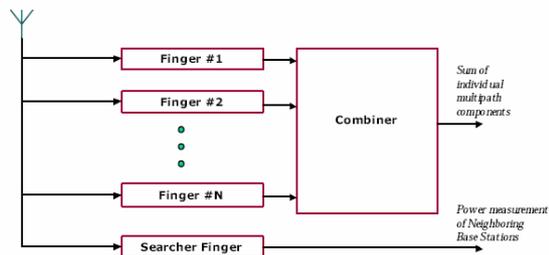
*Scrambling* adalah proses untuk mengkodekan data biner informasi menjadi sejumlah data biner yang unik yang lebih panjang. Pengkodean ini menggunakan *scrambling code*. *Rate* dari *scrambling code* (*chip rate*) jauh lebih besar dari *rate* dari simbol informasi yang akan dikodekan. *Chip rate* untuk WCDMA adalah 3,84 Mcps. Rasio antara *chip rate* dengan simbol informasi *rate* adalah *spreading factor*.

*Spreading factor* menunjukkan jumlah *bit scrambling code* untuk satu *bit* informasi. *Spreading Factor* yang digunakan bervariasi dari 4 hingga 512 [13]. Meningkatnya *spreading factor* akan meningkatkan panjang rangkaian *bit* yang berulang pada *scrambling code*. Semakin panjang rangkaian *bit* berulang pada *scrambling code*, akan memperbanyak kemungkinan variasi *scrambling code*. Sehingga jumlah penerima yang dapat dilayani lebih banyak, karena kode unik yang bisa dialamatkan untuk setiap penerima semakin banyak.

**2.2.2. Rake Receiver**

Untuk memperbaiki kerusakan yang disebabkan gangguan *multipath fading*, WCDMA menggunakan *Rake Receiver*. Gambar 4 mengilustrasikan skema kerja *Rake Receiver*.

*Rake Receiver* adalah penerima yang memiliki beberapa jari. Setiap jari ini berfungsi untuk menangkap satu *path* yang tiba, sehingga setiap *path* yang tiba dengan waktu yang berbeda akan diterima oleh masing-masing jari. Kemudian semua *path* yang diterima oleh jari-jari tersebut akan di-equalize. Ketika di-equalize, sinyal ini akan digeser sesuai dengan waktu keterlambatan dengan *path* yang pertama tiba sehingga tidak ada *delay* lagi diantara semua *path* tersebut. Selanjutnya semua *path* tersebut akan disuperposisi untuk meningkatkan *gain* sinyal yang dibentuk. [8]



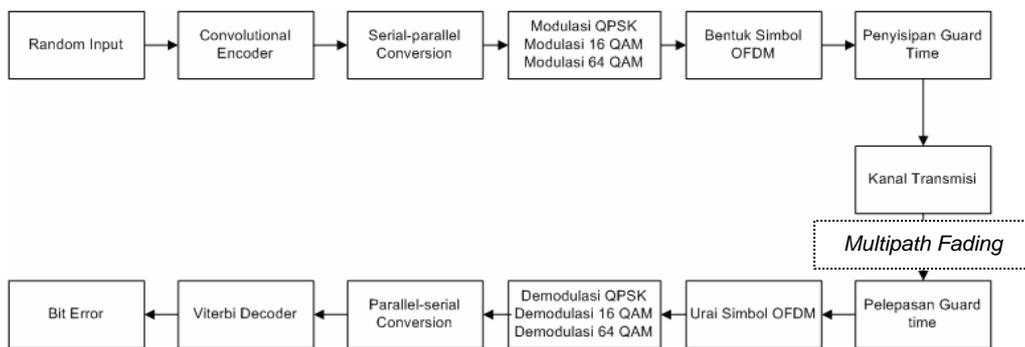
**Gambar 4.** Blok *RAKE Receiver* [8]

**3. SKENARIO SIMULASI**

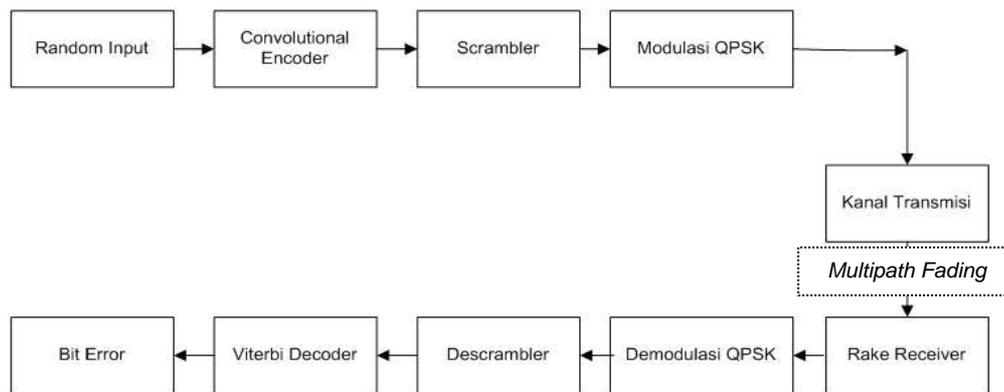
Simulasi berbasis komputer untuk sistem WiMAX dan 3G-WCDMA merepresentasikan pemrosesan sinyal dalam *transmitter*, kanal transmisi dan *receiver*. Bagan simulasi WiMAX digambarkan dalam blok diagram pada Gambar 5, dan simulasi WCDMA digambarkan pada Gambar 6.

Setiap blok simulasi direpresentasikan oleh parameter sesuai dengan spesifikasi teknis dari WiMAX dan WCDMA. Tabel 1 berisi spesifikasi teknis simulasi WiMAX, dan Tabel 2 adalah untuk spesifikasi teknis 3G-WCDMA. Keduanya merupakan pendekatan teknis mengikuti teknologi WiMAX dan WCDMA.

Simulasi dikondisikan pada skenario transmisi sinyal berasal dari *transmitter* (*Node B*), melewati *air-interface* dan diterima oleh *user* (*Mobile Terminal*). Hasil grafik diukur pada setiap bagan, dan *Bit Error* (BER) diukur pada sisi *user* penerima.



Gambar 5. Blok Diagram Simulasi WiMAX



Gambar 6. Blok Diagram Simulasi WCDMA

Parameter performa sistem adalah *fluktuasi sinyal* yang dikur berdasarkan grafik sinyal pada domain waktu, dan nilai *Bit Error* pada kondisi SNR dengan dua variasi kecepatan *user*.

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Simulasi WiMAX

Blok simulasi	Spesifikasi
Random Input	128 bit
Teknik Coding	FEC Convolutional Code rate 3/2
Serial-Parallel conversion	8 sub-carrier (pendekatan asli 256 sub-carrier)
Modulasi	AMC : QPSK, 16-QAM dan 64-QAM dengan frekuensi carrier 2,5 GHz, dan data rate 2Mbps
Bentuk simbol OFDM	8 simbol dari 8 sub-carrier dengan total 180.000 pulsa
Guardtime insertion	1/10 dari total pulsa 180.000 = 18.000 pulsa
Kanal transmisi (Air interface)	Kanal AWGN dengan variasi SNR; dan gangguan Multipath fading (distribusi Rayleigh) variasi pada kecepatan 0 km/jam dan 20 km/jam
Decoder	Viterbi Decoder

Tabel 2. Spesifikasi Teknis Simulasi 3G-WCDMA

Blok simulasi	Spesifikasi
Random Input	128 bit
Teknik Coding	FEC Convolutional Code rate 3/2
Teknik Scrambling	Chip Rate 3,84 Mcps, dengan PN Code 7 bit, dan 4 register
Modulasi	QPSK dengan frekuensi carrier 1,9 GHz, dan data rate 2 Mbps
Air Interface	Kanal AWGN dengan variasi SNR; dan gangguan Multipath fading (distribusi Rayleigh) variasi pada kecepatan 0 km/jam dan 20 km/jam. Delay spread outdoor 4.10 <sup>-8</sup> detik
Rake Receiver	M-finger Rake Receiver
Decoding	Viterbi decoder

#### 4. HASIL DAN ANALISIS

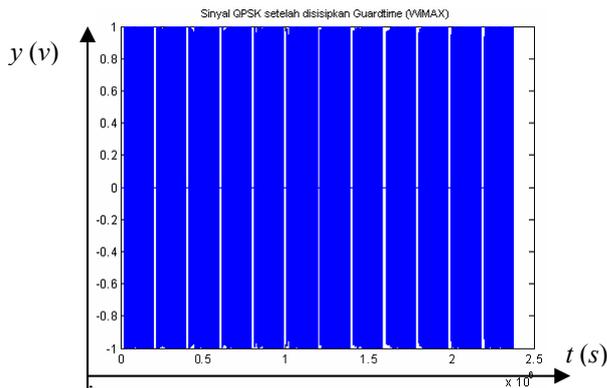
Hasil simulasi ditunjukkan dalam visualisasi sinyal dalam domain waktu dan grafik *Bit Error*.

##### 4.1 Visualisasi Sinyal WiMAX

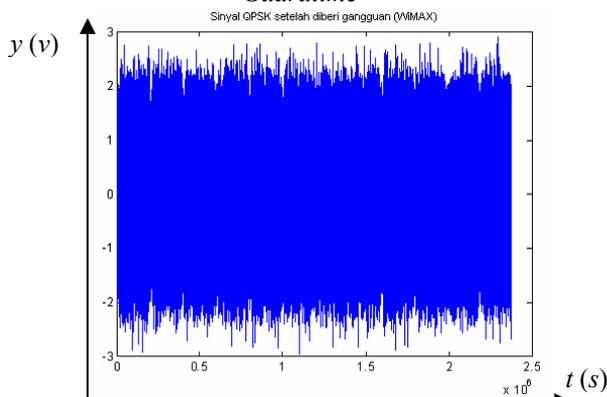
###### 4.1.1 Sinyal pada modulasi QPSK.

Dengan menerapkan skema AMC, simulasi menghasilkan grafik sinyal pada domain waktu untuk ketiga tipe modulasi: QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM. Gambar 7 menunjukkan sinyal hasil modulasi QPSK setelah disisipkan *guardtime* yang terlihat seperti celah putih. Dalam simulasi ini, *guardtime* merupakan deretan *bit* bernilai 0. Gambar tersebut merepresentasikan simbol OFDM berjumlah 12 dalam domain waktu. Ini adalah bentuk keseluruhan sinyal yang dikirimkan oleh *transmitter*. Setiap simbol OFDM terdiri dari 8 simbol hasil modulasi dari setiap *subcarrier*.

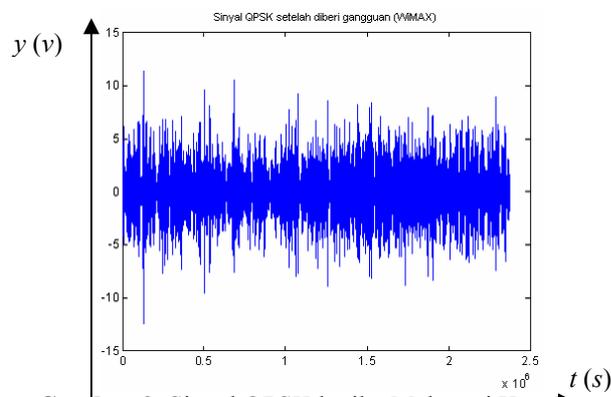
Sesuai skema simulasi, sinyal WiMAX dilewatkan pada kanal transmisi. Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan sinyal QPSK ketika melewati kanal transmisi untuk kecepatan *user*  $v = 0$  km/jam dan  $v = 20$  km/jam. Amplitudo kedua sinyal berfluktuasi dan *guardtime* tertutupi karena adanya keadaan *multipath* dan *delay spread*. Hasil simulasi menunjukkan fluktuasi *power* sinyal untuk  $v = 0$  km/jam tidak terlalu merusak, sebab keadaan *mobile station* dalam keadaan diam, sehingga perusakan dari kanal tidak terlalu parah.



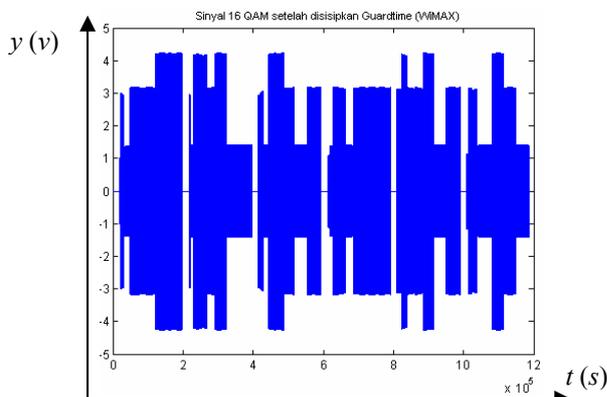
Gambar 7. Sinyal QPSK Setelah Disisipkan Guardtime



Gambar 8. Sinyal QPSK ketika Melewati Kanal Transmisi untuk  $v = 0$



Gambar 9. Sinyal QPSK ketika Melewati Kanal Transmisi untuk  $v = 20$



Gambar 10. Sinyal 16 QAM yang Disisipkan Guardtime

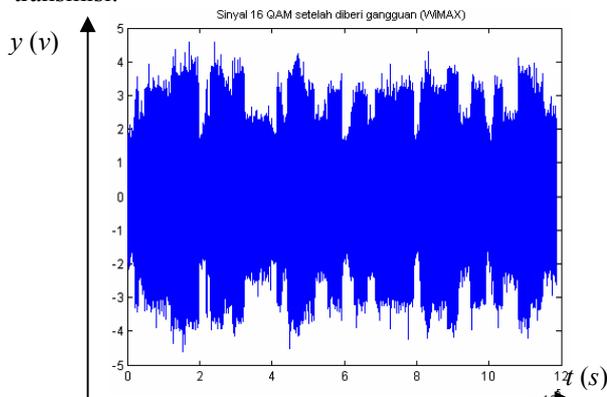
#### 4.1.2 Sinyal pada Modulasi 16-QAM.

Pada skema AMC, WiMAX juga ditransmisikan dengan menggunakan modulasi 16-QAM. *Phase* dan amplitudo dari sinyal ini sangat penting karena merupakan bagian sinyal yang membawa informasi diwakili oleh 4 bit.

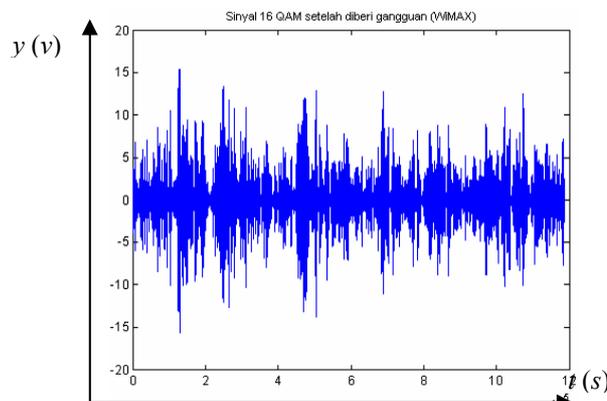
Gambar 10 menunjukkan sinyal hasil modulasi 16-QAM setelah diterapkan mekanisme *guardtime insertion*. Amplitudo tertinggi adalah 4 volt. Sinyal berada pada domain waktu yang terdiri dari 6 simbol OFDM dipisahkan oleh *guardtime*. Setiap simbol OFDM membawa 8 simbol hasil modulasi 16-QAM dari setiap *subcarrier*.

Gambar 11 dan Gambar 12 menunjukkan sinyal modulasi 16-QAM yang mengalami perusakan ketika melewati kanal transmisi dengan pergerakan *user*  $v = 0$  km/jam dan  $v = 20$  km/jam. Pada  $v = 0$  km/jam, amplitudo sinyal tetap berada pada maksimal 4 volt. Keadaan sinyal relatif masih dapat dikenali seperti sinyal asli sebelum melewati *air interface*. Sebaliknya pada pergerakan 20 km/jam, amplitudo berfluktuasi hingga mencapai 15 volt.

Seperti pada modulasi QPSK, fluktuasi amplitudo sinyal untuk pergerakan dengan mobilitas yang lebih tinggi adalah lebih besar. *Guardtime* yang disisipkan menghilang karena terjadinya *multipath fading* dan *delay spread* pada kanal transmisi.



Gambar 11. Sinyal 16 QAM ketika Melewati Kanal Transmisi untuk  $v = 0$

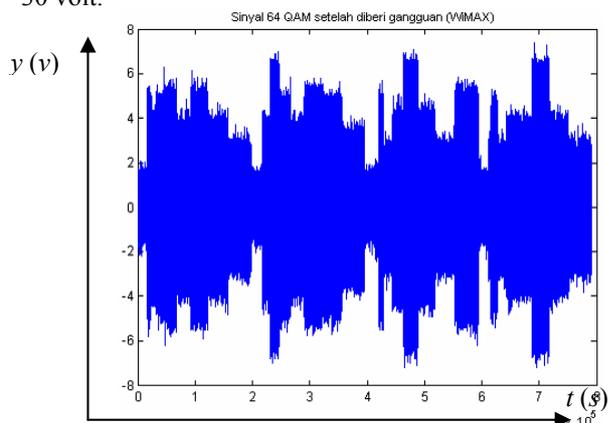


Gambar 12. Sinyal 16 QAM ketika Melewati Kanal Transmisi untuk  $v = 20$

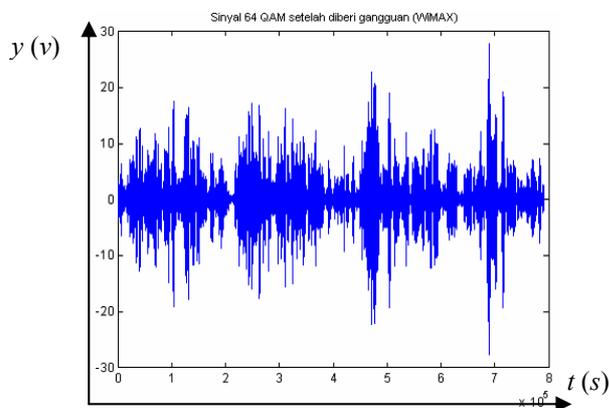
### 4.1.3 Sinyal pada Modulasi 64-QAM

Kecepatan data *transfer rate* tertinggi dicapai pada saat sistem WiMAX menerapkan modulasi 64-QAM. Setiap simbol informasi diwakili oleh 6 bit. Gambar 13 menunjukkan grafik domain waktu saat sinyal WiMAX bermodulasi 64-QAM ditransmisikan ke *user* dengan pergerakan  $v = 0$  km/jam. Gambar 14 adalah saat *user* bergerak dengan  $v=20$  km/jam.

Pada saat diam, di sisi *user* penerima terjadi fluktuasi amplitudo hingga 7 volt. Keadaan tersebut relatif tidak merusak sinyal. Sebaliknya pada kecepatan 20 km/jam, terjadi perusakan sinyal sebagai efek *multipath fading* hingga fluktuasi 10–30 volt.



Gambar 13. Sinyal 64 QAM ketika Melewati Kanal Transmisi dengan  $v = 0$

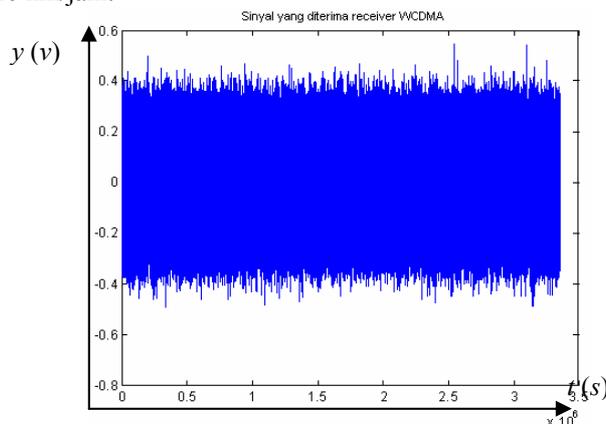


Gambar 14. Sinyal 64 QAM ketika Melewati Kanal Transmisi dengan  $v = 20$

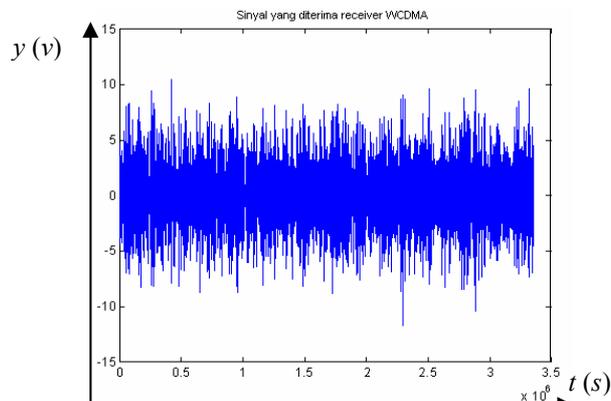
### 4.2 Visualisasi Sinyal WCDMA

Sistem 3G-WCDMA menggunakan modulasi QPSK. Sinyal yang disimulasikan adalah identik untuk WiMAX dan WCDMA, sehingga dapat dibandingkan performanya. Seluruh sinyal yang dikirim dari *transmitter* membawa informasi pada *phase* simbolnya, sedangkan amplitudo sinyal tidak membawa informasi. Seluruh nilai amplitudo sinyal adalah sama. Sinyal diberi dilewatkan pada kanal AWGN dengan perusakan *multipath fading* kecepatan diam dan 20 km/jam. Dengan menggunakan *Rake receiver*, efek fading diperbaiki

hingga didapatkan sinyal informasi yang diinginkan. Gambar 15 dan Gambar 16 menunjukkan grafik sinyal hasil simulasi pada kecepatan 0 km/jam dan 20 km/jam.



Gambar 15. Sinyal *fading* setelah diperbaiki oleh *Rake Receiver* untuk  $v = 0$



Gambar 16. Sinyal *fading* setelah diperbaiki oleh *Rake Receiver* untuk  $v = 20$

Dengan pergerakan yang tinggi, sinyal untuk  $v = 20$  mengalami fluktuasi yang lebih besar dibandingkan dengan  $v = 0$ . Fluktuasi yang lebih besar ini menyebabkan adanya informasi yang rusak. Fluktuasi selubung sinyal merepresentasikan fluktuasi kuat sinyal tersebut (*power*) karena terdapat hubungan antara amplitudo selubung sinyal dengan kuat sinyal, dimana kuat sinyal adalah separuh dari amplitudo kuadrat [16].

*Fast fading* yang dialami sinyal yang diterima oleh *receiver* menunjukkan bahwa fluktuasi terjadi lebih dikarenakan pergerakan *mobile station*, bukan disebabkan oleh kondisi geografis [8].

Kerusakan yang terjadi ketika *mobile station* dalam keadaan diam cenderung lebih kecil dan tidak terlalu merusak informasi yang dibawa sinyal tersebut. Bentuk sinyal tersebut mengalami fluktuasi yang tidak terlalu besar dan masih dapat merepresentasikan bentuk asli sinyal.

Dengan membandingkan antara Gambar 15 dan Gambar 8, serta Gambar 16 dan Gambar 9, diperoleh perbandingan antara performa WiMAX dan WCDMA. Kedua sinyal berada pada skenario

modulasi QPSK yang identik. Pada  $v = 0$  km/jam untuk WiMAX berfluktuasi antara 2-3 volt, sedangkan untuk WCDMA relatif stabil dan tidak berfluktuasi pada nilai 0,4 volt. Pada  $v = 20$  km/jam, *multipath fading* menyebabkan fluktuasi sinyal WiMAX pada 5-10 volt, begitu pula fluktuasi sinyal WCDMA. Kesamaan tersebut menunjukkan bahwa performa WiMAX relatif baik dalam mendukung mobilitas *user* selanjutnya 3G-WCDMA. Namun demikian, performa kedua teknologi juga akan dibandingkan berdasarkan grafik *Bit Error*.

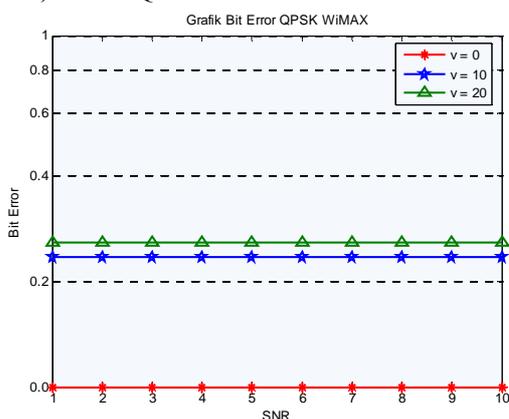
Secara teoritis, WiMAX dengan OFDM lebih baik dalam menghadapi *frequency selective fading*, sebab sistem OFDM dengan kanal-kanal yang berhimpitan dapat memperlakukan *frequency selective fading* sebagai *flat fading* pada setiap kanalnya. Dan cacat yang terjadi pada setiap kanal dapat dideteksi dan diperbaiki.

### 4.3 Grafik Bit Error WiMAX dan 3G- WCDMA

Pada sisi penerima diukur nilai *Bit Error Rate* dengan variasi SNR sesuai nilai *noise* pada kanal AWGN. Simulasi menghasilkan grafik *Bit Error* vs SNR dengan tiga variasi kecepatan ( $v$ ) pergerakan *user*. Variasi untuk nilai SNR adalah 1 hingga 10 dB dan variasi nilai kecepatan *mobile station* adalah 0, 10 dan 20 km/jam.

#### 4.3.1 Grafik BER vs SNR pada WiMAX

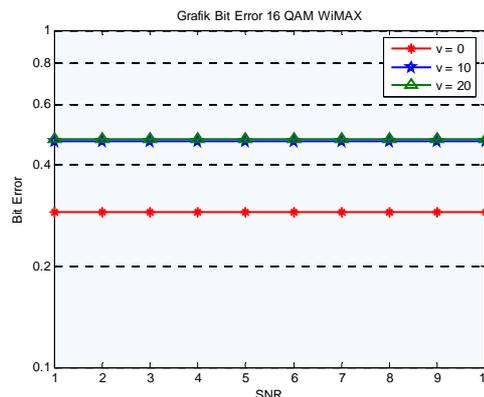
Gambar 17, Gambar 18 dan Gambar 19 menunjukkan grafik BER vs SNR pada WiMAX dengan skema AMC berturut-turut QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM.



Gambar 17. Grafik *Bit Error* WiMAX QPSK

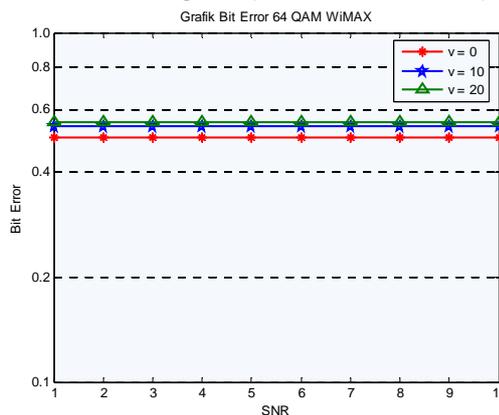
Grafik *Bit Error* WiMAX dengan modulasi QPSK menunjukkan variabel SNR dari gangguan AWGN relatif tidak mempengaruhi nilai *Bit Error*. Ini menunjukkan bahwa gangguan AWGN dapat diatasi dengan baik oleh *Convolutional Encoder*. Ketika *mobile station* dalam keadaan diam, *Bit Error* bernilai 0, yang menunjukkan tidak terjadi kerusakan informasi. *Mobile station* yang bergerak dengan kecepatan 10 dan 20 km/jam mengalami

kerusakan informasi dengan nilai *Bit Error* 0.23438 dan 0.25781.



Gambar 18. Grafik *Bit Error* WiMAX 16 QAM

Gambar 18 menunjukkan grafik *Bit Error* WiMAX dengan modulasi 16 QAM. Sama seperti QPSK, gangguan AWGN dapat diatasi *Convolutional Encoder*. Dalam keadaan diam, gangguan dari *multipath fading* tidak terlalu besar (0.28906) dibandingkan dengan *mobile station* dalam keadaan bergerak (0.46875 dan 0.47656).



Gambar 19. Grafik *Bit Error* WiMAX 64 QAM

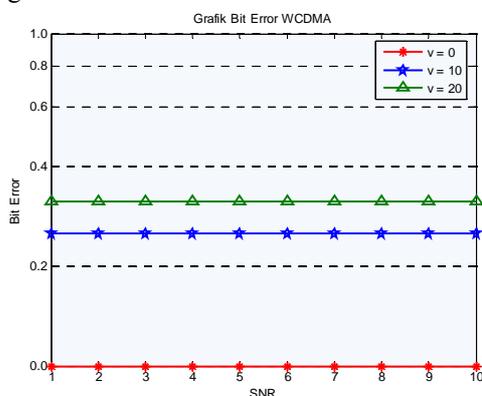
Kerusakan yang dialami oleh sinyal dengan modulasi 64 QAM sangat besar yang ditunjukkan dengan nilai *Bit Error* 0,5 untuk keadaan diam dan nilai *Bit Error* 0,53906 dan 0.55469 untuk keadaan bergerak.

Simbol dalam WiMAX yang menggunakan OFDM lebih lama durasinya karena dengan teknik multikanal, *symbol rate* dapat dibuat lebih rendah. Dengan demikian, kerusakan yang disebabkan oleh *impulse noise* tidak akan terlalu berpengaruh pada *Bit Error*, sebab hanya sedikit saja informasi yang hilang/rusak.

#### 4.3.2 Grafik BER vs SNR pada 3G-WCDMA

Grafik *Bit Error* WCDMA dengan modulasi QPSK menunjukkan variabel SNR yang berasal dari gangguan AWGN juga tidak mempengaruhi nilai *Bit Error*. Gangguan AWGN dapat diatasi dengan *Convolutional Encoder*. Ketika *mobile station* dalam

keadaan diam, *Bit Error* bernilai 0, yang menunjukkan tidak terjadi kerusakan informasi. *Mobile station* yang bergerak dengan kecepatan 10 dan 20 km/jam mengalami kerusakan informasi dengan nilai *Bit Error* 0.25 dan 0.3125.



Gambar 20. Grafik Bit Error WCDMA

Dengan membandingkan Gambar 17 dan Gambar 20, diperoleh perbandingan performa WiMAX dan WCDMA. Pada kecepatan *user* 10 km/jam WiMAX memiliki nilai *Bit Error* 0,23438 sedangkan WCDMA 0,25. Pada kecepatan *user* 20 km/jam, *Bit Error* WiMAX adalah 0,25781, sedangkan WCDMA adalah 0,3125. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa performa WiMAX relatif lebih baik dalam menghadapi *multipath fading* sebagai akibat pergerakan *user* pada kecepatan 10 km/jam dan 20 km/jam.

## 5. KESIMPULAN

- Sistem WiMAX relatif lebih baik dari sistem 3G-WCDMA dalam menghadapi *multipath fading*. Hal ini ditunjukkan oleh perbandingan fluktuasi sinyal yang identik antara WiMAX pada skema AMC-QPSK dan 3G-WCDMA, serta nilai grafik *Bit Error* WiMAX yang lebih rendah dibandingkan dengan WCDMA.
- Gangguan yang berpengaruh dalam kanal transmisi adalah gangguan dari *multipath fading*. Gangguan dari AWGN yang bersifat *white noise* relatif tidak merusak informasi yang dibawa sinyal. Penggunaan *Convolutional Encoder* mampu mengatasi gangguan AWGN. Hal ini terjadi untuk sistem WiMAX dan WCDMA.
- Untuk sistem WiMAX telah dibuktikan bahwa modulasi 64-QAM adalah paling rentan dan modulasi QPSK adalah paling tahan terhadap gangguan kanal transmisi (*air interface*).

## PUSTAKA

- Ho, Sam W., "Orthogonal Frequency Division Multiplexing", Intel Corp., 2004.
- Fleurat, Frederic., "Wimax Technology Overview", Lucent Technologies, 2004.
- Intel Corp., "Understanding Wimax and 3G for Portable/Mobile Broadband Wireless", A

Technical Overview and Comparison of Wimax and 3G Technologies, *Technical White Paper*, Desember, 2004.

- Intel Corp., "Understanding Wi-Fi and Wimax as Metro-Access Solutions", *White Paper*, 2004.
- Sayed, Zulfiquar., "Bluetooth/Wi-Fi/Wimax Communications", Lucent technologies, Juni, 2005.
- Pietikäinen, Kari., "Orthogonal Frequency Division Multiplexing", Postgraduate Course in Radio Communications, 2004.
- Sakouri, Mohammad., "Alvarion's BMAX Vision", Alvarion, Agustus, 2004.
- Ismail, Nashrudin., "Kanal Rayleigh Fading pada Komunikasi CDMA", *Elektro Indonesia*, edisi 12, Maret, 1998.
- Langton, Charan., "Orthogonal Frequency Division Multiplexing Tutorial", www.complextoreal.com, 2004.
- Laurence, Feijt., "WiMAX, making ubiquitous high-speed data services a reality", *Strategy White Paper*, Alcatel Corp., Juni, 2004.
- "Comparison of WCDMA and CDMA 2000", Siemens AG, 2002.
- Lawrey, Eric., "The suitability of OFDM as a modulation technique for wireless telecommunications, with a CDMA comparison", James Cook University, Oktober, 2001.
- Ziemer, Rodger E., "3G CDMA - WCDMA and CDMA2000", IEEE Communication Society, Juni, 2001.
- Ericsson Radio Systems AB, "WCDMA Radio Workshop", Ericsson, 2004.
- Rappaport, Theodore., "Wireless Communications Principles and Practice", Prentice Hall, 2002.
- Ifeachor, Emmanuel C., "Digital Signal Processing", Prentice Hall, 2001.
- Chaiko, Yelena., "Simulation of Radiowave Propagation Using Propagation Models", Transport Communications and Information Systems professor group, Riga Technical University Institute of Railway Transport, Latvia, 2004.

## BIODATA PENULIS

**Gunawan Hendro**, ST (UI, 2006) Anggota *research group* WASP UI.

**Muhammad Suryanegara**, M.Sc (UCL, 2004), S.T (UI, 2003). Anggota Pusat Penelitian ICT Departemen Teknik Elektro UI (CICER) dan aktif pada riset di bidang *Wireless*, termasuk 3G, *Signal Processing*, dan riset di bidang kebijakan dan strategi Telekomunikasi.

**Dadang Gunawan**, Prof. (UI, 2004), Dr. (Tazmania, 1994), M.Eng (Keio, 1990), Ir (UI, 1984). Ketua *Research Group* WASP, mengembangkan penelitian DSP dan *Wavelet* untuk jaringan komunikasi.