

ANALISIS PENERAPAN MODEL PROPAGASI ECC 33 PADA JARINGAN MOBILE WORLDWIDE INTEROPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS (WiMAX)

Siska Dyah Susanti¹, Ir. Erfan Achmad Dahlan, MT.², M. Fauzan Edy Purnomo, ST., MT.³

Abstrak—*Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) yang menggunakan standar IEEE 802.16, sejak kemunculannya telah mengalami beberapa tahapan pengembangan yang pada akhirnya sampai ke arah mobilitas yaitu standar IEEE 802.16e (mobile WiMAX). Mobile WiMAX menggunakan air interface Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) pada sisi uplink maupun downlink. Terdapat faktor-faktor penyebab penurunan performansi sistem mobile WiMAX, diantaranya adalah fading dan kecepatan pergerakan pengguna.*

Pada penelitian ini teknik modulasi yang digunakan adalah QPSK, 16-QAM dan 64-QAM. Dalam perhitungan pathloss digunakan model propagasi ECC 33 yang termasuk dalam model empirik. Performansi sistem yang diamati meliputi signal to noise ratio (SNR) dan bit error rate (BER) yang mensimulasikan pergerakan pengguna dengan kecepatan 3 km/jam, 60 km/jam dan 120 km/jam serta jarak base station dan user equipment yang berubah dari 700 m – 2.1 km.

Nilai pathloss dalam penelitian ini adalah untuk daerah urban outdoor pada kondisi NLOS, dimana semakin jauh jarak base station dan user equipment nilai pathloss semakin besar. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kecepatan pengguna berpengaruh terhadap nilai bandwidth. Pada teknik modulasi QPSK bandwidth terbesar diperoleh ketika laju data total 4.75 Mbps untuk kecepatan pengguna 120 km/jam, yaitu 2.7185 MHz. Nilai SNR sistem dipengaruhi oleh kecepatan pengguna dan jarak base station dan user equipment. SNR sistem tertinggi diperoleh ketika menggunakan teknik modulasi 64-QAM dengan laju data 9.5 Mbps yaitu 30.8289 dB pada kecepatan 3 km/jam dan pada jarak 700 m. Sedangkan nilai BER dipengaruhi oleh jarak base station dan user equipment serta teknik modulasi yang digunakan. Nilai BER terkecil dihasilkan ketika menggunakan teknik modulasi QPSK pada jarak 700 m, yaitu 0.0086 untuk laju data total 3.17 Mbps.

Kata Kunci — *Mobile WiMAX, model propagasi, OFDMA, performansi*

¹ Siska Dyah Susanti adalah mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya; email: siskadyahsusanti@gmail.com

² Ir. Erfan Achmad Dahlan, MT. adalah staf pengajar Teknik Elektro Universitas Brawijaya

³ M. Fauzan Edy Purnomo, ST., MT. adalah staf pengajar Teknik Elektro Universitas Brawijaya

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan sebuah teknologi yang dapat memberikan kemudahan dalam aspek kehidupan di bidang komunikasi dan informasi, semakin meningkat setiap tahunnya. Keadaan masyarakat yang memiliki mobilitas yang sangat tinggi membuat sistem komunikasi nirkabel menjadi pilihan teknologi yang tepat. Hal ini membuat teknologi telekomunikasi berkembang dari tahun ke tahun. Salah satu hasil dari perkembangan tersebut adalah *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)*. WiMAX merupakan bagian dari teknologi *Broadband Wireless Access (BWA)*, yaitu teknologi yang mampu memberikan layanan data dengan kecepatan tinggi. WiMAX telah mengalami perkembangan, sampai terbentuknya standar IEEE 802.16e (*mobile WiMAX*). *Mobile WiMAX* menggunakan *air interface Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)* pada sisi *uplink* maupun *downlink*. OFDMA merupakan teknik *multiple access* dengan banyak frekuensi. Dengan menggunakan teknologi OFDMA maka setiap *bit* data akan dimodulasikan pada sebuah *subset subcarrier*. Pada *mobile WiMAX* teknik modulasi yang dapat digunakan adalah QPSK, 16-QAM dan 64-QAM.[1]

Pada komunikasi bergerak, *fading* merupakan komponen utama yang dapat mengganggu performansi sistem. Hal ini dikarenakan sinyal informasi dari pemancar dikirim ke penerima menggunakan gelombang elektromagnetik. Interaksi antara gelombang elektromagnetik dengan lingkungan akan mengurangi kekuatan sinyal kirim dari pemancar ke penerima, yang menyebabkan *pathloss*, yang tentunya akan menurunkan performansi sistem.

Model propagasi berperan penting dalam perencanaan jaringan *wireless* untuk menghitung *pathloss*. Ada tiga model propagasi yang dapat digunakan, yaitu model empirik, deterministik dan stokastik, dimana model empirik merupakan model yang sering digunakan. Yang termasuk dalam model propagasi empirik adalah COST Hata, ECC 33 dan SUI.

Pada penelitian ini akan dianalisis performansi sistem berdasarkan parameter dari jaringan *mobile WiMAX* dengan menggunakan model propagasi ECC

33 untuk menghitung nilai *pathloss*. Model propagasi ECC 33 dirancang untuk frekuensi hingga 3000 Hz. Dengan tinggi antenna *base station* (BS) 30-200 meter, tinggi antenna *user equipment* (UE) 1-10 meter dan jarak BS-UE mencapai 20 km. Parameter yang akan dianalisis adalah *bandwidth*, *signal to noise ratio* (SNR) dan *bit error rate* (BER) terhadap kecepatan pengguna dan perubahan jarak BS dan UE pada kanal *downlink* dengan menggunakan teknik modulasi yang berbeda.

II. DASAR TEORI

A. Mobile WiMAX

WiMAX adalah salah satu teknologi *Broadband Wireless Access* (BWA), yaitu teknologi akses yang menjanjikan *bandwidth* yang lebar dengan kecepatan data yang tinggi. BWA yang saat ini secara luas telah digunakan adalah standar yang dikeluarkan oleh IEEE. Standar yang digunakan WiMAX adalah IEEE 802.16, standar ini pun berkembang dari waktu ke waktu hingga WiMAX mengalami perkembangan ke arah mobilitas dengan terbentuknya standar IEEE 802.16e yang lebih dikenal dengan *mobile WiMAX*.

Air interface mobile WiMAX adalah *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) pada sisi *uplink* maupun *downlink*. Untuk mendukung *bandwidth* kanal yang berkembang (*scalable*) dari 1.25 MHz ke 20 MHz, IEEE 802.16e mengenalkan *scalable-OFDMA* (SOFDMA). *Mobile WiMAX release-1* memiliki standar *bandwidth* kanal sebesar 5 MHz hingga 10 MHz untuk alokasi spektrum yang terdaftar pada frekuensi 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz, dan 3.5 GHz. Sedangkan *subcarrier* yang digunakan pada *mobile WiMAX* bersifat *scalable*. Pada standar WiMAX yang sebelumnya jumlah *subcarrier* bersifat tetap. [2]

B. Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)

OFDMA merupakan suatu teknologi *multiple access* yang dikembangkan dari teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Pada OFDMA di periode waktu tertentu, kanal dapat melayani *multiple user* karena dalam satu *subcarrier* diperbolehkan diduduki oleh satu atau lebih *user* yang memiliki simbol OFDMA yang berbeda. [3]

Meskipun OFDMA adalah hasil pengembangan dari OFDM, kedua teknik ini memiliki perbedaan. Perbedaannya adalah OFDM bukan merupakan teknik *multiple access* melainkan suatu teknik modulasi yang menciptakan banyak aliran data agar dapat digunakan oleh *user* yang berbeda, sedangkan OFDMA merupakan teknik *multiple access* yang memungkinkan banyak pengguna berbagi dalam *bandwidth* yang sama.

C. Model Propagasi

Propagasi adalah proses perambatan gelombang elektromagnetik dari suatu tempat ke tempat lain. *Fading* merupakan komponen utama yang dapat mengganggu performansi sistem. *Fading* menyebabkan suatu kondisi dimana sinyal yang diterima terlalu jelek untuk dilakukan pemrosesan lebih lanjut. Model propagasi gelombang dilatarbelakangi oleh konsep dari dua antenna (pemancar dan penerima) pada udara bebas

yang dipisahkan oleh jarak d (km). Model propagasi umumnya menjelaskan perkiraan rata-rata kuat sinyal yang diterima penerima pada jarak tertentu dari pemancar.

Model propagasi secara umum dikelompokkan menjadi tiga, yaitu model empirik, deterministik dan stokastik. Pada penelitian ini, model propagasi yang digunakan adalah ECC 33 yang termasuk dalam model empirik. Dimulai dengan pengukuran prediksi redaman propagasi pada kawasan urban. Redaman dinyatakan sebagai fungsi dari tinggi efektif antenna BS (h_b) dan tinggi antenna pengguna (h_{ue}) diukur dari atas tanah. Model propagasi ini dirancang untuk frekuensi hingga 3000 Hz, tinggi antenna BS 30-200 m, tinggi antenna UE 1-10 m, dan jarak BS-UE mencapai 20 km.[4]

Perhitungan nilai *pathloss* (PL) berdasarkan kondisi NLOS dengan model propagasi ECC 33 untuk kawasan urban ditentukan dengan Persamaan (1):[4]

$$P_L(\text{dB}) = P_L(\text{dB}) = A_{fs} + A_{bm} - G_b - G_r \quad (1)$$

dengan,

$$\begin{aligned} PL &= \text{rugi-rugi propagasi (dB)} \\ A_{fs} &= \text{Free space attenuation (dB)} \\ &= 92,4 + 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f_c) \\ A_{bm} &= \text{Basic medium pathloss} \\ &= 20,41 + 9,83 \log_{10}(d) + 7,894 \log_{10}(f_c) + 9,56 [\log_{10}(f_c)]^2 \\ G_b &= \text{Faktor gain tinggi antenna User Equipment} \\ &= \log_{10}\left(\frac{h_b}{200}\right)\{13,958 + 5,8 [\log_{10}(d)]^2\} \\ G_r &= \text{Faktor gain tinggi antenna eNB} \\ &= 0,759 h_{ue} - 1,862 \\ d &= \text{jarak antara transmitter (BS) dengan receiver (UE) (km)} \\ f_c &= \text{frekuensi operasi (GHz)} \end{aligned}$$

D. Parameter Performansi Sistem

a. Signal to Noise Ratio (SNR)

SNR adalah perbandingan antara sinyal yang dikirim terhadap *noise*. SNR digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh redaman sinyal terhadap sinyal yang ditransmisikan. SNR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2):

$$SNR = P_r - N_o \quad (2)$$

dengan,

$$\begin{aligned} SNR &= \text{signal to noise ratio (dB)} \\ P_r &= \text{daya yang diterima oleh receiver (dBm)} \\ N_o &= \text{daya noise saluran transmisi (dBm)} \end{aligned}$$

Daya yang diterima receiver (P_r) dipengaruhi oleh propagasi sinyal dari pemancar ke penerima. Daya terima dapat dinyatakan dalam Persamaan (3):

$$P_r = P_t + G_t + G_r - PL - 10 \log_{10}(N) \quad (3)$$

dengan,

$$\begin{aligned} P_r &= \text{daya yang diterima oleh receiver (dBm)} \\ P_t &= \text{daya pancar transmitter (dBm)} \\ G_t &= \text{gain transmitter (dBi)} \\ G_r &= \text{gain receiver (dBi)} \\ PL &= \text{pathloss (dB)} \end{aligned}$$

N = jumlah *subcarrier*

Perhitungan nilai *pathloss* (PL) berdasarkan kondisi NLOS dan model propagasi ECC 33 untuk kawasan urban dapat ditentukan dengan Persamaan (1).

Sedangkan untuk nilai daya *noise* (N_o), dihitung dengan menggunakan Persamaan (4) : [5]

$$N_o = 10 \cdot \text{Log}_{10}(k \cdot T) + 10 \cdot \text{Log}_{10}(B_{\text{sistem}}) + NF \quad (4)$$

dengan,

- N_o = daya *noise* saluran transmisi (J Hz atau watt)
- k = konstanta Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K)
- T = temperatur operasi sistem (K)
- B = *bandwidth* (Hz)
- NF = *Noise figure* (dB)

Bandwidth merupakan lebar cakupan frekuensi yang digunakan oleh sinyal OFDMA dalam media transmisi. Untuk menghitung nilai *bandwidth* sistem dari sejumlah *subcarrier* dapat digunakan Persamaan (5):[6]

$$B_{\text{sistem}} = \frac{R \cdot (2(1-\alpha_{cp}) + N - 1)}{(1-\alpha_{cp})N \log_2 M} \quad (5)$$

dengan,

- B_{sistem} = *bandwidth* sistem (Hz)
- R = laju data total (bps)
- M = jumlah kemungkinan sinyal
- N = jumlah *subcarrier*
- α_{cp} = faktor *cyclic prefix*

Pada perhitungan *bandwidth* akan ditambahkan faktor kecepatan pengguna yang merupakan salah satu variabel yang digunakan untuk mengukur performansi sistem dalam penelitian ini. Kecepatan pengguna atau *Doppler Shift* ditunjukkan dalam Persamaan (6) :

$$f_m = \frac{v f_c}{c} \quad (6)$$

Dengan,

- f_m = frekuensi *doppler* maksimum (Hz)
- f_c = frekuensi *carrier* (Hz)
- v = kecepatan pergerakan relatif
- c = kecepatan gelombang di udara (3×10^8 m/s)

Besarnya nilai SNR sistem yang menggunakan penambahan *cyclic prefix* diperoleh dari Persamaan (7) : [6]

$$SNR_{\text{sistem}} = (1 - \alpha_{cp})SNR \quad (7)$$

dengan,

- SNR_{sistem} = *signal to noise ratio* sistem (dB)
- SNR = *signal to noise ratio* (dB)
- α_{cp} = faktor *cyclic prefix*

b. *Bit Error Rate* (BER)

Perhitungan nilai BER sistem dipengaruhi oleh nilai E_b/N_o . E_b/N_o adalah suatu parameter yang berhubungan dengan SNR yang biasanya digunakan untuk menentukan laju data digital dan mutu standar kinerja sistem digital. Dari namanya, E_b/N_o dapat didefinisikan sebagai perbandingan energi sinyal per *bit* terhadap *noise*. Perhitungan nilai E_b/N_o dijelaskan dalam Persamaan (8) :

$$\left(\frac{E_b}{N_o}\right) = SNR_{\text{sistem}} + 10 \log \frac{B_{\text{sistem}}}{R} \quad (8)$$

dengan,

- $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)$ = rasio energi bit terhadap *noise* sistem (dB)
- SNR = *signal to noise ratio* sistem (dB)
- B_{sistem} = *bandwidth* sistem (Hz)
- R = laju data total (bps)
- N = jumlah *subcarrier*

Bit Error Rate (BER) atau probabilitas *bit error* merupakan nilai ukur kualitas sinyal yang diterima untuk sistem transmisi data digital. BER juga dapat didefinisikan sebagai perbandingan jumlah *bit error* terhadap total *bit* yang diterima. Pada WiMAX terdapat tiga macam teknik modulasi yang digunakan, yaitu QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM. Besarnya nilai BER (P_b) untuk masing-masing teknik modulasi dituliskan dalam Persamaan (9), (10) dan (11) berikut :

1. QPSK

$$P_{b,QPSK} = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{E_b/N_o}}} \right] \quad (9)$$

2. 16-QAM

$$P_{b,16-QAM} = \frac{3}{8} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{5}{2(E_b/N_o)}}} \right] \quad (10)$$

3. 64-QAM

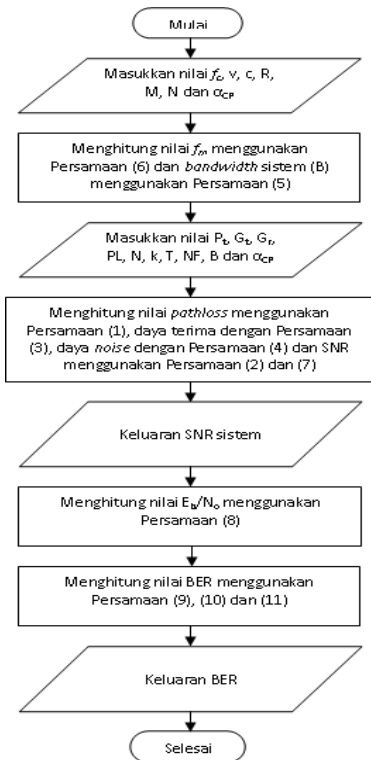
$$P_{b,64-QAM} = \frac{7}{24} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{7}{E_b/N_o}}} \right] \quad (11)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Kajian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian yang bersifat kualitatif dan kuantitatif, yang didasarkan pada studi literatur. Analisis dilakukan terhadap performansi sistem berdasarkan parameter *mobile* WiMAX, dimana akan dilakukan perhitungan nilai SNR dan BER dengan menggunakan model propagasi ECC 33 untuk mendapatkan nilai *pathloss*. Transmisi data dilakukan pada sisi *downlink*. Susunan langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini, yaitu studi literatur, pengambilan data, perhitungan dan analisis data, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pembahasan dari rumusan masalah mengenai model propagasi serta pengaruh kecepatan pengguna, dan pengaruh perubahan jarak BS-UE pada performansi sistem berdasarkan parameter jaringan *mobile* WiMAX. Data yang diperlukan terdiri dari data sekunder yang bersumber dari buku referensi, jurnal, skripsi, internet, dan forum-forum resmi mengenai *mobile* WiMAX, model propagasi dan OFDMA.

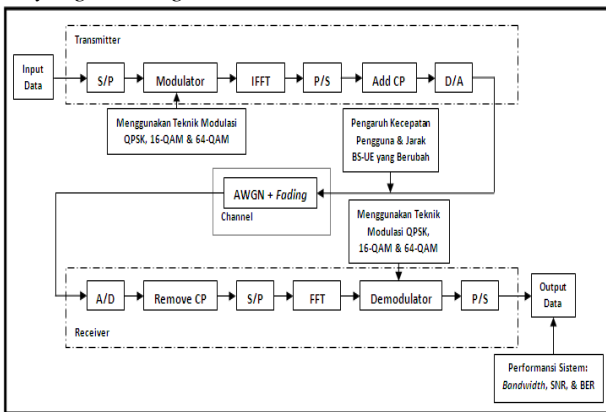
Metode perhitungan dan analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengumpulkan beberapa nilai parameter dari data sekunder sesuai dengan standar IEEE 802.16e yang kemudian diolah dalam rumus-rumus menggunakan bantuan *software* matlab 7.0.0.19920 (R14). Parameter dari jaringan *mobile* WiMAX yang dibahas meliputi SNR dan BER. Berikut langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan kinerja yang diinginkan :



Gambar 1. Diagram Alir Perhitungan Kinerja Sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas dan menganalisis perhitungan mengenai pengaruh kecepatan pengguna dan perubahan jarak antara BS-UE pada performansi sistem berdasarkan parameter jaringan *mobile WiMAX* pada sisi *downlink* dengan model propagasi ECC 33 untuk menghitung nilai *pathloss*. Analisis yang akan dilakukan meliputi parameter *Signal to Noise Ratio* (SNR), dan *Bit Error Rate* (BER). Teknik modulasi yang digunakan adalah QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM serta menggunakan model propagasi ECC 33 untuk menghitung *pathloss* dengan kanal *noise* AWGN dan *Rayleigh Fading*.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Transmisi Data Arah Downlink pada *Mobile WiMAX* dengan Pengaruh Kecepatan Pengguna dan Jarak BS-UE yang Berubah

Mobile WiMAX telah menggunakan *Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (SOFDMA). Pada penelitian ini, transmisi data dilakukan pada sisi *downlink*, dan pada kanal *bandwidth* 5 MHz. Laju data total untuk transmisi *downlink* pada kanal *bandwidth* 5 MHz sesuai dengan teknik modulasi yang digunakan ditunjukkan Tabel 1. [1]

TABEL 1
PARAMETER LAJU DATA *MOBILE WiMAX*

Modulasi	Laju Data (Mbps) pada Bandwidth Kanal 5 MHz
QPSK	3.17
16-QAM	4.75
64-QAM	6.34
	9.5
	9.5
	14.26

Data sekunder yang digunakan dalam pembahasan dari rumusan masalah berupa spesifikasi *mobile WiMAX* meliputi sebagai berikut : [1]

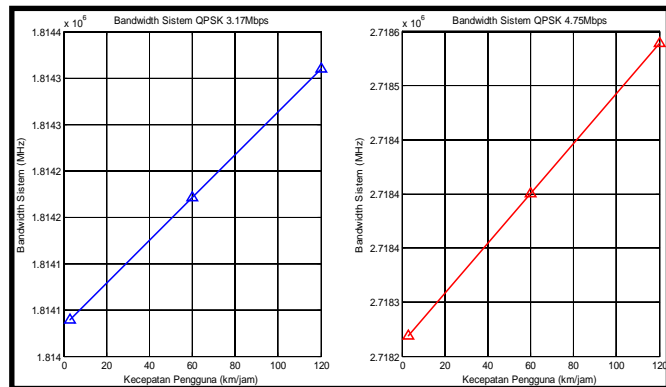
TABEL 2
SPESIFIKASI *MOBILE WiMAX*

Parameter	Value
<i>Operating Frequency</i>	2500 MHz
Duplex	TDD
<i>Bandwidth Sistem</i>	5 MHz
Teknik Modulasi	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Tinggi BS	32 meter
Tinggi MS	1.5 meter
<i>BS Maximum Power - Amplifier Power</i>	43 dBm
<i>Mobile Terminal - Maximum PA Power</i>	23 dBm
<i>BS Antenna Gain</i>	15 dBi
<i>MS Antenna Gain</i>	-1 dBi
<i>MS Noise Figure</i>	7 dB
<i>BS Noise Figure</i>	4 dB
<i>Operating Temperature</i>	0°C-40°C

Hasil perhitungan, analisis, dan pembahasan diuraikan sebagai berikut :

A. Analisis *Bandwidth Sistem Mobile WiMAX* dengan Teknik Modulasi yang Berbeda

Bandwidth merupakan lebar cakupan frekuensi yang digunakan oleh sinyal OFDMA dalam media transmisi. Sebelum melakukan perhitungan *bandwidth* harus ditentukan terlebih dahulu faktor kecepatan pengguna berdasarkan Persamaan (6) yang akan ditambahkan pada perhitungan *bandwidth* yang menggunakan Persamaan (5). Hubungan *bandwidth* dan kecepatan pengguna dengan menggunakan teknik modulasi QPSK ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan perhitungan didapat semakin cepat pergerakan pengguna, maka semakin besar nilai *bandwidth* sistem.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Kecepatan Pengguna terhadap *Bandwidth Sistem* untuk Modulasi QPSK dengan Dua Laju Data Berbeda

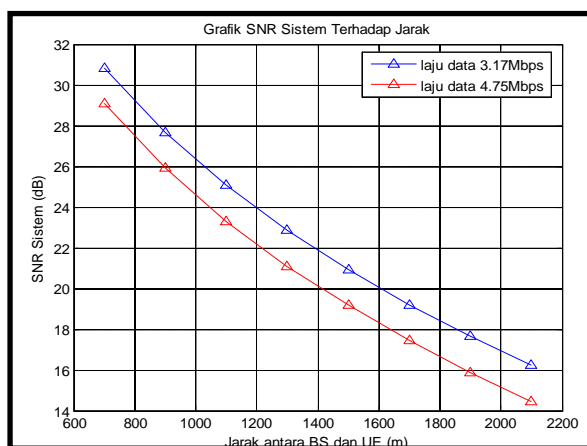
Kecepatan pengguna yang disimulasikan dalam skripsi ini adalah 3 km/jam, 60 km/jam dan 120 km/jam. Nilai *bandwidth* sistem terbesar terjadi ketika kecepatan pengguna 120 km/jam. Sedangkan penggunaan modulasi berpengaruh terhadap total laju data yang digunakan dan banyaknya jumlah bit dalam satu simbol. Semakin rendah total laju data yang digunakan akan menyebabkan kecilnya penggunaan *bandwidth*.

Pada modulasi QPSK yang menggunakan total laju data sebesar 3.17 Mbps dan 4.75 Mbps dimana banyaknya bit dalam satu simbol adalah 2 bit pada kecepatan pengguna 3 km/jam, dihasilkan *bandwidth* sistem sebesar 1.8141 MHz untuk total laju data 3.17 Mbps dan 2.7183 MHz untuk total laju data 4.75 Mbps. Sedangkan pada kecepatan pengguna 120 km/jam, nilai *bandwidth* sistem adalah 1.8144 MHz untuk total laju data 3.17 Mbps dan 2.7185 MHz untuk total laju data 4.75 Mbps. Pola yang sama juga terjadi pada nilai *bandwidth* sistem yang menggunakan teknik modulasi 16-QAM dan 64-QAM, yaitu nilai terbesar terjadi ketika kecepatan pengguna 120 km/jam dan pada total laju data terbesar.

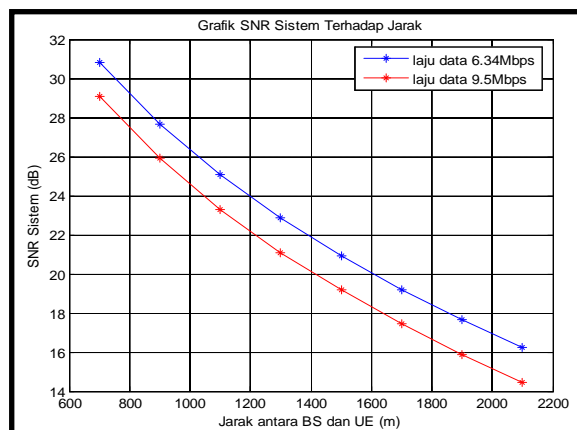
B. Analisis *Signal to Noise Ratio* (SNR) *Mobile WiMAX*

SNR adalah perbandingan antara sinyal yang dikirim terhadap *noise*. SNR digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh redaman sinyal terhadap sinyal yang ditransmisikan.

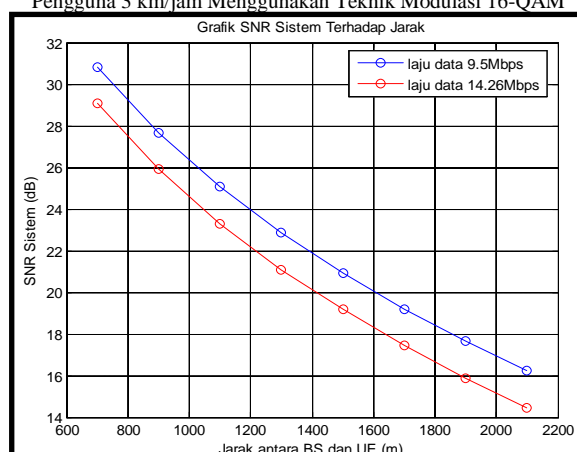
Pada perhitungan nilai SNR sistem ini akan digunakan tiga teknik modulasi yaitu QPSK, 16-QAM dan 64-QAM dengan dua laju data total yang berbeda pada masing-masing teknik modulasi. Sebelum melakukan perhitungan SNR, ada beberapa nilai yang harus dimiliki, diantaranya yaitu nilai redaman propagasi (P_L), daya terima (P_r), dan daya *noise* (N_o). Untuk mencari nilai tersebut, dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan (1), (3), dan (4). Setelah itu dilanjutkan dengan perhitungan SNR menggunakan Persamaan (2) dan untuk mendapatkan nilai SNR sistem setelah penambahan CP menggunakan Persamaan (7).



Gambar 4. Grafik Pengaruh Jarak BS dan UE Terhadap Nilai SNR Sistem dengan Laju Data Total yang Berbeda untuk Kecepatan Pengguna 3 km/jam Menggunakan Teknik Modulasi QPSK



Gambar 5. Grafik Pengaruh Jarak BS dan UE Terhadap Nilai SNR Sistem dengan Laju Data Total yang Berbeda untuk Kecepatan Pengguna 3 km/jam Menggunakan Teknik Modulasi 16-QAM



Gambar 6. Grafik Pengaruh Jarak BS dan UE Terhadap Nilai SNR Sistem dengan Laju Data Total yang Berbeda untuk Kecepatan Pengguna 3 km/jam Menggunakan Teknik Modulasi 64-QAM

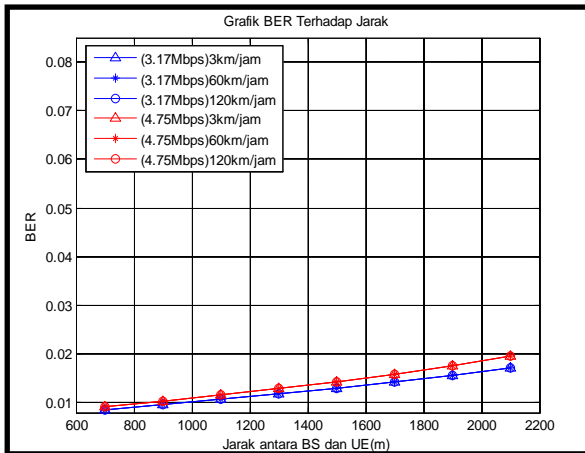
Gambar 4, 5 dan 6 menunjukkan bahwa pada kecepatan yang sama, semakin jauh jarak antara BS dan UE akan menyebabkan nilai SNR semakin kecil. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 6 yang menggunakan teknik modulasi QPSK, pada jarak 700 m untuk laju data total 3.17 Mbps nilai SNR sistem sebesar 30.8243 dB dan pada jarak 2100 m nilainya 16.2233 dB. Sedangkan kecepatan pengguna berpengaruh terhadap nilai SNR, dimana nilai SNR semakin kecil seiring bertambahnya kecepatan pengguna. Selain itu, pada penggunaan masing-masing teknik modulasi, semakin besar laju data total, nilai SNR sistem semakin kecil. Contohnya pada teknik modulasi QPSK untuk jarak 700 m, pada laju data total 3.17 Mbps nilai SNR sistem 30.8243 dB, sedangkan pada laju data total 4.75 Mbps bernilai 29.0680 dB.

C. Analisis *Bit Error Rate* (BER) *Mobile WiMAX*

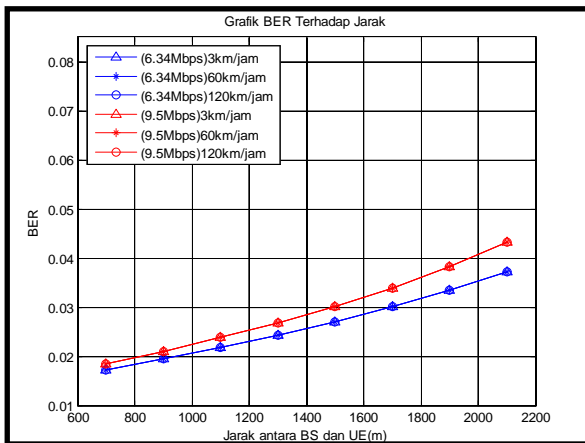
BER atau probabilitas *bit error* adalah banyaknya *bit* yang salah ketika sejumlah *bit* ditransmisikan dari titik asal ke titik tujuan. Pada analisis ini akan dihitung nilai BER pada perangkat UE dengan menggunakan teknik modulasi QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM. Perhitungan BER membutuhkan parameter *bandwidth* sistem, redaman propagasi, SNR sistem, dan E_b/N_o .

E_b/N_o dapat didefinisikan sebagai perbandingan energi sinyal per *bit* terhadap *noise* dan digunakan sebagai ukuran mutu standar untuk kinerja sistem

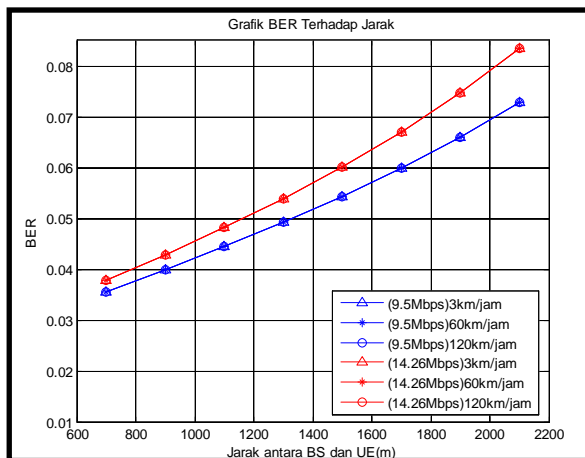
komunikasi digital. Perhitungan E_b/N_0 dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan (8). Setelah didapatkannya nilai E_b/N_0 , maka perhitungan BER dapat dilakukan sesuai dengan Persamaan (9), (10) dan (11). Hubungan BER dengan jarak BS-UE untuk teknik modulasi yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 7, 8 dan 9.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Jarak BS dan UE serta Pengaruh Kecepatan Pengguna yang Berbeda Terhadap Nilai BER dengan Laju Data Total Berbeda Menggunakan Teknik Modulasi QPSK



Gambar 8. Grafik Pengaruh Jarak BS dan UE serta Pengaruh Kecepatan Pengguna yang Berbeda Terhadap Nilai BER dengan Laju Data Total Berbeda Menggunakan Teknik Modulasi 16-QAM



Gambar 9. Grafik Pengaruh Jarak BS dan UE serta Pengaruh Kecepatan Pengguna yang Berbeda Terhadap Nilai BER dengan Laju Data Total Berbeda Menggunakan Teknik Modulasi 64-QAM

Gambar 7, 8 dan 9 menunjukkan bahwa teknik modulasi berpengaruh terhadap nilai BER. Hal ini

dikarenakan perbedaan teknik modulasi yang digunakan menyebabkan laju data total juga berbeda. Penggunaan teknik modulasi 64-QAM akan menghasilkan laju data paling tinggi dibandingkan dengan QPSK dan 16-QAM.

Nilai BER akan mengalami kenaikan seiring bertambahnya laju data. Hal ini dikarenakan semakin besar laju data, maka *bit error* yang dihasilkan akan semakin banyak. Sehingga nilai BER sistem yang diperoleh akan semakin besar pula. Nilai BER paling besar adalah pada teknik modulasi 64-QAM dengan laju data total 14.26 Mbps, yaitu 0.0835, sedangkan yang paling kecil pada teknik modulasi QPSK dengan laju data total 3.17 Mbps yaitu 0.0086. Jarak BS dengan UE yang semakin jauh akan membuat nilai E_b/N_0 semakin kecil, dan membuat nilai BER semakin besar.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa pada *mobile WiMAX* penggunaan teknik modulasi yang berbeda akan berpengaruh pada laju data total yang digunakan serta pada banyaknya *bit* pada satu simbol. Nilai *bandwidth* sistem dipengaruhi oleh kecepatan pengguna, dimana semakin cepat pergerakan pengguna maka *bandwidth* sistem semakin besar. Nilai *bandwidth* sistem terbesar adalah pada laju data total 14.26 Mbps pada kecepatan 120 km/jam, yaitu 2.7205 MHz.

Pada nilai SNR, semakin jauh jarak BS-UE maka SNR akan semakin kecil. Begitu pula dengan kecepatan pengguna, semakin tinggi kecepatan pengguna nilai SNR juga semakin kecil. Pada masing-masing teknik modulasi yang digunakan, semakin besar laju data total, nilai SNR semakin kecil. Seperti pada modulasi QPSK, pada jarak 700 m, kecepatan 3 km/jam untuk laju data total 3.17 Mbps nilai SNR sebesar 30.8243 dB, sedangkan pada laju data total 4.75 Mbps nilai SNR sebesar 29.0680 dB. Nilai SNR terbesar didapat ketika menggunakan modulasi 64-QAM pada laju data total 9.5 Mbps untuk kecepatan 3 km/jam dan jarak 700 m yaitu 30.8289 dB. Sedangkan nilai BER dipengaruhi oleh laju data total yang akan merujuk pada penggunaan teknik modulasi, serta jarak BS-UE. Nilai BER terkecil diperoleh ketika menggunakan modulasi QPSK untuk laju data total 3.17 Mbps pada jarak 700 m, yaitu 0.0086. Nilai BER terbesar terjadi pada penggunaan modulasi 64-QAM, untuk laju data total 14.26 Mbps pada jarak 2100 m, yaitu 0.0835.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] WIMAX Forum, 2006. Mobile WiMAX – Part I : A Technical Overview and Performance Evaluation. WIMAX Forum.
- [2] Kumar, Amitabh. 2008. Mobile Broadcasting with WiMAX :Principles, Technology, and Applications. Oxford : Elsevier Inc.
- [3] Srikanth, Kumaran V., Manikandan C., Murugesapandian. 2007. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*. Anna University Press, Chennai, India.
- [4] Hes-Shafi, A. Q. M. Abdulla and M. Shahajahan. 2009. *Analysis of Propagation Models for WiMAX at 3.5 GHz*. Blekinge Institute of Technology, Swedia.
- [5] Diggelen, Frank Van. 2009. *A-GPS : Assisted GPS,GNSS, and SBAS*. London : Artech House.
- [6] Hara, Shisuke and Ramjee Prasaad. 2003. *Multicarrier Technique for 4G Mobile Communications*. London : Artech House.