

## **ADAPTIVE MODULATION AND CODING (AMC) PADA MOBILE WiMAX MIMO-OFDM**

Sofia Pinardi<sup>1</sup>Ariman<sup>2</sup>Veriah Hadi<sup>3</sup>

*Electronics, Computer, and Communication Research Group (ECCRG)*

Department of Electrical Engineering, Institut Sains dan Teknologi Nasional(ISTN)

Moh. Kahfi II Bhumi Srengseng Indah Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640 Indonesia

Tel :+ 62-21- 7866956,7270091, 7271109/Fax :62-21- 7866956,E-mail : [sofiapinardi@yahoo.com](mailto:sofiapinardi@yahoo.com)<sup>1</sup>,

Tel :+ 62-21- 7866956,7270091, 7271109/Fax :62-21- 7866956,E-mail : [ydouhy@yahoo.co.id](mailto:ydouhy@yahoo.co.id)<sup>2</sup>

Tel :+ 62-21- 7866956,7270091, 7271109/Fax :62-21- 7866956,E-mail : veriahadi@gmail.com

**Abstrak** -Akses komunikasi *wireless* yang cepat, fleksibel dan *reliable* sangat dibutuhkan untuk mendukung teknologi informasi dan multimedia yang semakin berkembang. Salah satu inovasi untuk memenuhi hal tersebut adalah teknologi *mobile* WiMAX. Tetapi kondisi kanal pada komunikasi *wireless* yang selalu berubah-ubah sangat terpengaruh terhadap performansi sistem jika tidak digunakan modulasi dan coding yang tepat, yang paling sesuai dengan kondisi kanal. *Adaptive Modulation and Coding* (AMC) pada *mobile* WiMAX dapat meningkatkan kapasitas kanal dengan cara menekan nilai BER yang terjadi pada data yang dikirimkan sehingga dapat meningkatkan performansi sistem

**Abstract** , fast wireless communication is needed to support flexible and reliable information technology and multimedia. which keeps growing One innovation to meet this teknologi mobile wimax But the condition of canals on a wireless communication always variable deeply affected to performansi system when not in use, proper coding and modulation with the appropriate cannel condition. Adaptive modulation and coding ( AMC ) on mobile wimax can up capacity canal with pressure use value on what happens on the data, So that it can be transmitted to grow up performansi system.

Kata Kunci : AMC, MIMO, OFDM, WiMAX

### **1. Pendahuluan**

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), Standart Broadband Wireless Access dengan kemampuan menyediakan layanan data berkecepatan tinggi. Komersialisasi dari standar IEEE 802.16. Teknologi WiMax merupakan pengembangan dari teknologi WiFi yang didisain untuk kondisi non-LOS ( non-Line Of Sight ). Gambar 1.1 merupakan perkembangan teknologi WiMAX [1].

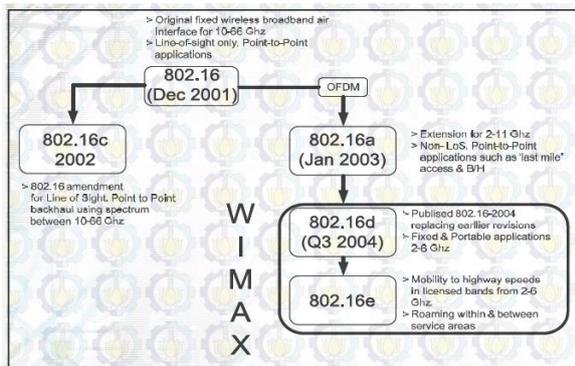
MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) adalah suatu teknologi yang muncul menggunakan prinsip memperbanyak sinyal informasi yang ditransmisikan dengan tujuan meningkatkan *data rate* dalam *range* yang lebih besar tanpa adanya tambahan lebar pita atau daya transmisi. Sistem ini menggunakan sejumlah antena pengirim dan sejumlah antena penerima. Sinyal informasi

dikirimkan pada ruang dan waktu yang berbeda. Hal tersebut dapat mengatasi kanal *multipath* dan menjadikan sinyal pantulan sebagai penguat sinyal utama sehingga saling mendukung atau tidak saling menggagalkan. [2]

Pada kondisi normal, keberadaan lintasan jamak pada komunikasi *wireless* bersifat merugikan sebab dapat menimbulkan fading. Sistem MIMO mampu memanfaatkan keberadaan lintasan jamak ini untuk menciptakan sejumlah kanal ekuivalen yang seolah-olah terpisah satu sama lain.

Aplikasi MIMO dapat diarahkan untuk mencapai dua tujuan yang berbeda yang diwujudkan dalam dua teknik:

- Multiplex spasial (SM) : mencapai kapasitas kanal yang besar
- Pengkodean ruang-waktu (STC) : mendapatkan kualitas sinyal setinggi mungkin dengan memanfaatkan teknik diversity pada pemancar dan Penerima



Gambar 1.1 Perkembangan WIMAX [1]

Pada awal tahun 2000-an, bahkan sampai dengan saat ini kita sudah sangat familiar dengan teknologi Wi-Fi, diantaranya adalah wireless yang kita gunakan sehari-hari di Laptop. Teknologi Wi-Fi di Laptop ini merupakan implementasi dari standar IEEE 802.11x, yang sebenarnya telah mengalami perkembangan dari mulai 802.11a, 802.11b sampai 802.11g. Perkembangan tersebut menghasilkan kecepatan dan jangkauan yang lebih baik, spektrum frekuensi yang lebih efisien dan sebagainya. Teknologi *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (Wimax) merupakan implementasi standar IEEE 802.16x, yang notabene adalah pengembangan dari teknologi Wi-Fi dengan standar IEEE 802.11. Teknologi Fixed Wimax mampu mendukung kecepatan transfer data sampai 75 Mbps, dan memiliki jangkauan sampai jarak 50 km. Sedangkan Mobile Wimax mendukung kecepatan transfer data sampai 15 Mbps dengan jangkauan 20-50 km. Dengan kemampuan inilah, Wimax disebut sebagai jaringan generasi keempat (4G), meskipun sebetulnya kemampuan ini belum memenuhi standar 4G yang ditetapkan IMT-Advanced, sehingga teknologi Wimax lebih tetap jika disebut sebagai jaringan 3.9G. Wimax Forum merekomendasikan 3 alokasi spektrum frekuensi yaitu 2.3, 2.5 dan 3.4 GHz. Di Amerika (Sprint Nextel) memanfaatkan spektrum 2.5 GHz, di Pakistan (Wateen Telecom) menggunakan 3.5 GHz, sedangkan kebanyakan Asia menggunakan 2.3 GHz. Indonesia dan India mengalokasikan spektrum kombinasi yaitu 2.5 dan 3.3 GHz. Apakah penerapan teknik *Adaptive Modulation and Coding* (AMC) pada *mobile WIMAX* dapat meningkatkan kapasitas kanal dengan cara menekan nilai BER yang terjadi pada data yang dikirimkan sehingga dapat meningkatkan performansi system.

Parameter-parameter sistem *mobile WIMAX* disesuaikan dengan standar IEEE 802.16e.

- Teknik MIMO yang digunakan adalah 2x2 Space-

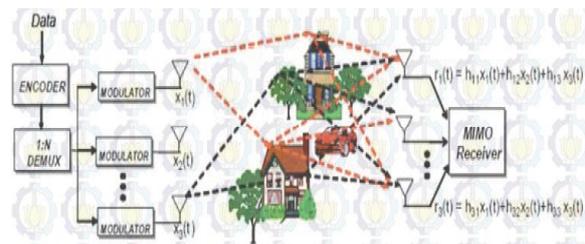
Time BlockCoding (STBC).

- Modulasi yang digunakan untuk membangun skema modulasi adaptif adalah modulasi QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM.
- Kanal yang digunakan dalam simulasi adalah kanal fading yang terdistribusi Rayleigh.
- Pengkodean kanal yang dipakai dalam simulasi adalah pengkodean konvolusi.
- Pengamatan dilakukan terhadap nilai BER yang terjadi pada setiap nilai SNR yang terjadi di kanal.

## 2. Tujuan

Mengkaji sistem *mobile WIMAX* yang mengakomodasi standar IEEE 802.16e dengan menggabungkan skema modulasi adaptif sebagai upaya peningkatan performansi sistem, yaitu menekan nilai BER yang terjadi pada semua kondisi kanal.

## 3. MIMO OFDM



Gambar 3.1 Sistem MIMO OFDM

Jika sinyal yang dikirimkan antenna pemancar adalah  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , maka sinyal yang diterima oleh antenna sisi penerima adalah:

$$r_1 = h_{11}x_1 + h_{12}x_2 + \dots + h_{1N}x_N$$

$$r_2 = h_{21}x_1 + h_{22}x_2 + \dots + h_{2N}x_N$$

$$\dots$$

$$r_N = h_{N1}x_1 + h_{N2}x_2 + \dots + h_{NN}x_N \quad (1)$$

Secara umum dapat digabungkan ke dalam suatu persamaan, yaitu:

$$r_l(t) = \sum_{k=1}^K h_{lk}(t)x_k(t) \quad (2)$$

Menghasilkan model sinyal sederhana system MIMO

$$r(t) = H(t)x(t) \quad (3)$$

Untuk semua sinyal , digunakan notasi matriks :

$$x(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_L(t) \end{pmatrix}, r(t) = \begin{pmatrix} r_1(t) \\ r_2(t) \\ \vdots \\ r_L(t) \end{pmatrix}, H(t) = \begin{pmatrix} h_{11}(t) & h_{12}(t) & \dots & h_{1K}(t) \\ h_{21}(t) & h_{22}(t) & \dots & h_{2K}(t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{L1}(t) & h_{L2}(t) & \dots & h_{LK}(t) \end{pmatrix} \tag{4}$$

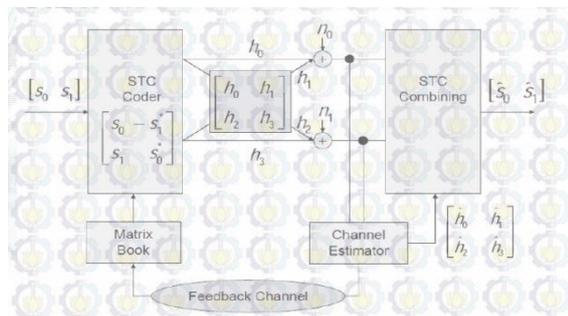
Cara mendapatkan kembali sinyal yang dikirim :

$$H^{-1}(t)r(t) = H^{-1}(t)H(t)x(t) = x(t) \tag{5}$$

Pada saat t, Tx0 memancarkan sinyal S0 dan Tx1 memancarkan sinyal S1, kemudian saat t+1, Tx0 memancarkan sinyal -S1\* dan Tx1 memancarkan sinyal S0\*. Tanda \* merupakan operasi konjugat.

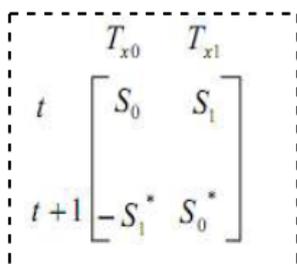
Prinsip dasar OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) adalah transmisi data secara paralel dimanasetiap saluran menggunakan *subcarrier* yang salingorthogonal satu sama lain. Teknologi Orthogonal Frequency Division Multiplexing(OFDM) merupakan teknik yang sangat efisien untukmengatasi efek propagasi NLOS. Penerapan OFDM akan membuat simbol yang terkirim tahanterhadap *delay spread*, karena durasi simbol jauh lebih besardibandingkan dengan *delay spread*-nya.Deskripsi frekuensi domain termasuk struktur dasar dari OFDM simbol. OFDM simbol disusun dari *subcarriers* yang banyaknya menentukan ukuran FFT yang digunakan. Ada tiga jenis *sub carriers* :

### 3.1 Space Time Block Coding (STBC)

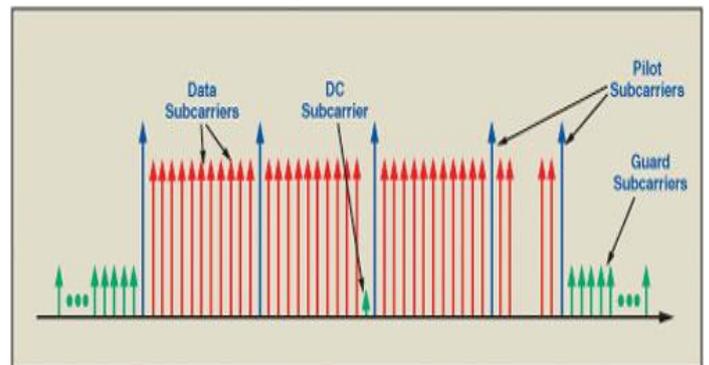


Gambar 3.2 Space Time Block Coding (STBC)

Skema transmisi *Space Time Block Code* (STBC) merupakan skema transmisi yang diperkenalkan oleh Alamouti pada tahun 1998. *Space Time Block Code* (STBC) adalah skema yang digunakan dalam teknik *transmit diversity* untuk mencapai *diversity gain* pada sistem MIMO [2].



Gambar 3.3Skema matriks transmisi STBC



Gambar 3.4 Struktur Symbol OFDM

**Data sub carriers** :Data sub carriers adalah sub carrier yang membawa bit-bit informasi yang akan dikirimkan ke penerima.

**Pilot sub carriers** :Pilot sub carriers adalah sub carrier yang digunakan untuk menandai urutan carrier dari banyaknya N OFDM yang digunakan.

**Null sub carriers** :Null sub carriers adalah sub carrier yang tidak berisi data sama sekali, fungsi dari null sub carrier sebagai guard band untuk menjaga agar tidak terjadi interferensi antar kanal.

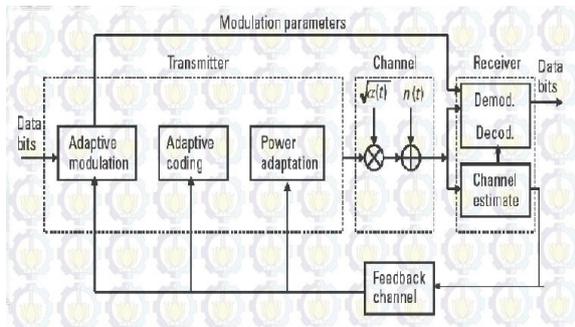
### 4. Adaptif Modulation and Coding (AMC)

Teknik AMC menggunakan skema modulasi dan codingyang berubah-ubah sesuai dengan kondisi kanal (SNR) • Bila kondisi kanal membaik, maka

skema modulasi orde besar bisa digunakan untuk memperbesar kapasitas kanal. Namun bila terjadi fading, WiMAX akan beradaptasi dengan cara mengubah skema modulasi yang levelnya lebih rendah sehingga kontinuitas link komunikasi dan performansi sistem tetap terjaga.

Pada lapisan fisik WiMAX, dikenal 4 tipe modulasi, yaitu:

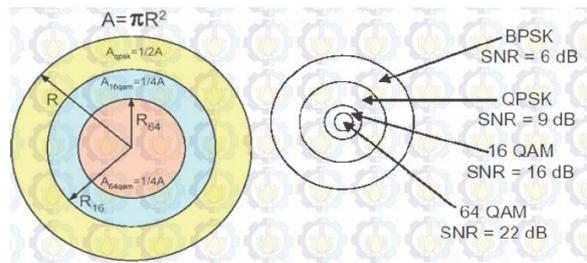
- BPSK : paling robust terhadap kondisi kanal, sehingga sesuai untuk pinggiran sel.
- QPSK : cukup robust dengan kemampuan membawa laju data dua kali lebih banyak dibanding BPSK.
- 16 QAM : efisiensi spektrum cukup tinggi dengan tingkat robustness yang lebih bagus dari 64 QAM.
- 64 QAM : paling efisien penggunaan spektrumnya tetapi kurang robust, sehingga hanya sesuai untuk radius yang dekat dengan BTS.



Gambar 4.1 Adaptive Modulation and Coding

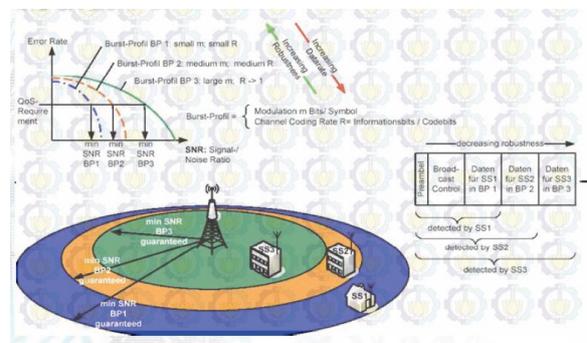
Tujuan dari *guard band* adalah sebagai penyedia sinyal untuk *naturally delay*. *Pilot sub carriers* berfungsi sebagai referensi selama proses transmisi dan *DC carrier* berfungsi sebagai frekuensi tengah. Sistem WiMAX pada standar IEEE 802.16d menggunakan 256 FFT, yang terdiri dari 192 data *sub carrier*, 8 *pilot sub carrier* dan 56 *null*. Data *sub carrier* terbagi dalam dua jalur paralel masing-masing 192 *data stream* dengan rate 1/192 dari rate semula. Setiap *stream* ini kemudian dipetakan ke data *sub carrier* dan dimodulasi dengan modulasi digital seperti PSK atau QAM.

Secara skematik, tipe modulasi dapat dipetakan kedalam radius sel sebagaimana gambar berikut:



Gambar 4.2 Tipe Modulasi AMC

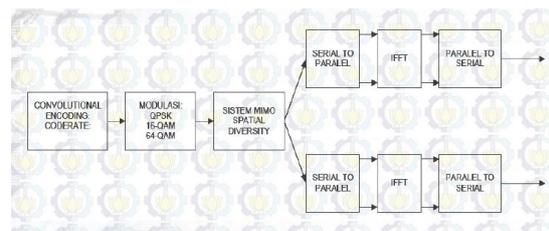
Pada modulasi AMC, terdiri dari BPSK dengan nilai SNR= 6 dB, QPSK dengan nilai SNR = 9 dB, 16 QAM dengan nilai SNR = 16 dB dan 64 QAM dengan nilai SNR = 22 dB.



Gambar 4.3 Jarak Jangkauan AMC

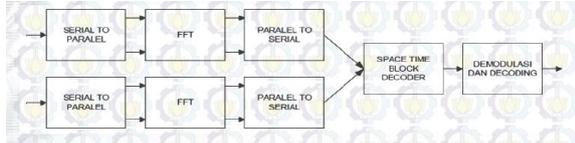
PARAMETER	SIMBOL	KETERANGAN
Bandwidth	BW	5 MHz
FFT size	$N_{FFT}$	512
Jumlah <i>subcarrier</i> data	$N_{used}$	360
Jumlah <i>subcarrier</i> pilot		60
Jumlah <i>subcarrier</i> null		92
Faktor <i>sampling</i>	N	144/125
<i>Subcarrier</i> spacing	$\Delta f$	10,94 KHz
<i>Useful</i> symbol time	$T_s$	91,41 $\mu s$
Rasio <i>guard interval</i>	G	1/8
<i>Guard interval</i>	$T_G$	11,42 $\mu s$
OFDM symbol time	$T_s$	102,9 $\mu s$
Jenis modulasi digital		QPSK, 16-QAM, 64-QAM
<i>Channel coding</i>		FEC (Forward Error Correction)

Gambar 4.4 Parameter Sistem AMC



Gambar 4.5 Bagian Transmitter AMC

Pada bagian transmitter AMC, terdiri dari encoding, kemudian ke bagian modulasi, dan bagian spatial diversity ke serial to parallel dengan metode IFFT dan akhirnya dirubah kembali ke parallel to serial.



Gambar 4.6 Bagian Receiver AMC

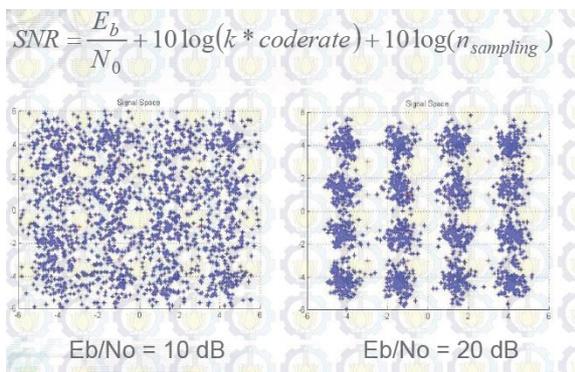
Sedangkan pada bagian receiver Gambar 4.6, sinyal masuk ke bagian serial to parallel kemudian dengan metode FFT masuk ke bagian parallel to serial lalu ke bagian space time block decoder dan akhirnya sinyal di demodulasi dan decoding kembali.

BURST PROFILE	MODULASI	RS code	CC coderate	Overall coderate
0	BPSK	(12,12,0)	1/2	1/2
1	QPSK	(32,24,4)	2/3	1/2
2	QPSK	(40,36,2)	5/6	3/4
3	16-QAM	(64,48,4)	2/3	1/2
4	16-QAM	(80,72,4)	5/6	3/4
5	64-QAM	(108,96,6)	3/4	2/3
6	64-QAM	(120,108,6)	5/6	3/4

Gambar 4.7 Perencanaan Teknik AMC

### 5. Analisa Pengaruh Coding AMC

Nilai  $E_b/N_0$  mempengaruhi pada nilai 10 dB dan 20 dB, jarak antara sinyal –sinyal tampak sebesar 2 dB sehingga mengurangi terjadinya noise.

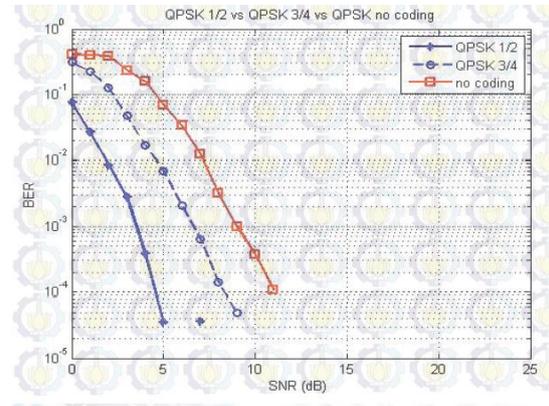


Gambar5.1 Pengaruh Eb/No

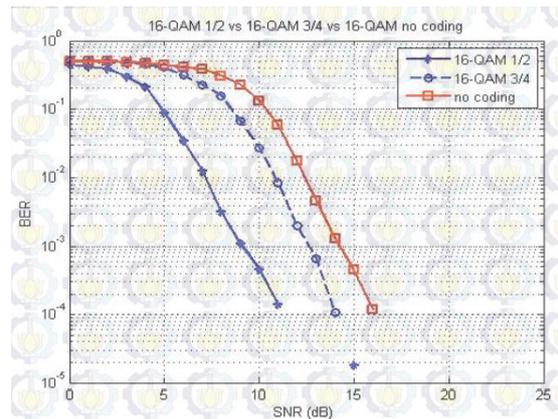
Gambar 5.2 sampai 5.4 Pengaruh coding pada nilai QPSK, Nilai SNR terbesar tampak pada pengaruh

coding 64- QAM. Pada BER  $10^{-5}$  nilai SNR sebesar 20 dB. Hal ini baik untuk mengurangi adanya noise atau gangguan.

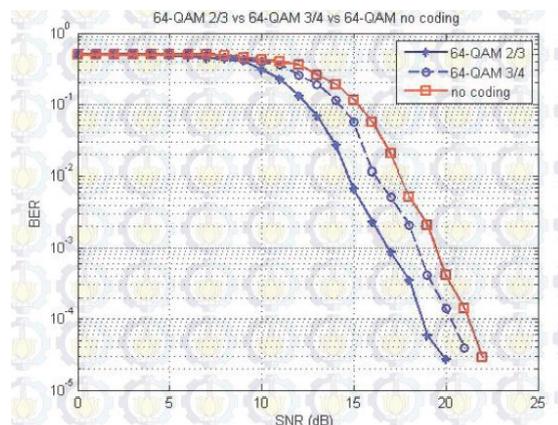
Sedangkan Gambar 5.5 merupakan gabungan antara pengaruh coding AMC dengan nilai single modulasi.



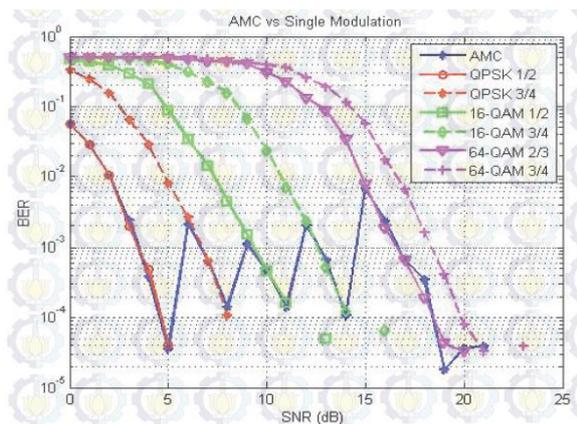
Gambar 5.2 Pengaruh Coding QPSK



Gambar 5.3 Pengaruh Coding (16-QAM)



Gambar 5.4 Pengaruh Coding (64-QAM)



Gambar 5.5 AMC Vs Single Modulation

[2] Glisic, Savo G, "Advanced Wireless Networks 4G Technologies", John Wiley & Sons Ltd, Chichester:2006.

[3] Kwang-Cheng, Chen dan De Marca, J. Roberto B. "Mobile WiMAX", John Wiley & Sons Ltd. Chichester:2008.

[4] Kuhn, Volker, "Wireless Communications over MIMO Channels, Applications to CDMA and Multiple Antenna Systems", John Wiley & Sons Ltd. Chichester:2006.

[5] Prasad, Ramjee. "OFDM For Wireless Communications Systems", ArtechHouse, Inc. London:2004.

[6] Suryana, Joko, "Advanced Technique: Modulasi Adaptif Pada WiMAX", STEI ITB:2006.

[7] IEEE Standar for Local and Metropolitan Area Network. Part 16: Air Interface For Fixed Broadband Wireless Access System. 802.16-e

## 6. Simpulan

1. Teknik *Adaptive Modulation and Coding* (AMC) dapat meningkatkan performansi sistem *mobile WiMAX* pada kondisi kanal yang buruk maupun kanal yang baik dengan cara memilih tipe modulasi dan *coding* yang sesuai dengan kondisi kanal sehingga didapatkan performansi nilai BER yang terbaik.
2. Tipe modulasi dengan orde rendah sangat baik digunakan untuk kondisi kanal yang buruk karena sangat tahan terhadap *noise* dan efek *multipath fading*, contohnya QPSK.
3. Tipe modulasi dengan orde tinggi sangat baik digunakan untuk kondisi kanal bagus karena memiliki *transfer rate* yang tinggi, contohnya 64-QAM.
4. Penggunaan *Error Control Coding* (ECC) juga berfungsi untuk menekan nilai BER sehingga memperbaiki performansi kerja system pada semua kondisi kanal. Semakin besar perbandingan nilai *code rate coding* yang digunakan, maka kemampuan untuk menekan nilai BER yang terjadi akan semakin baik.

## Daftar Pustaka

- [1] Zerrouki, Hadj dan Feham, Mohamed, "High Throughput of WiMAX MIMO OFDM Including Adaptive Modulation and Coding", *International Journal of Computer Science and Information Security*. Tlemchen, Algeria:2010.