

ANALISIS PERFORMANSI TEKNIK AMS DAN AM PADA SISTEM MIMO-OFDM (IEEE 802,16e) UNTUK KANAL SUI-2

Hery Saepul Azis S.Si.^[1], Sugihartono Dr., Ir.^[2], Rina Pujdi Astuti, Ir., MT.^[3]
^{[1],[3]} Magister Teknik Telekomunikasi, IT Telkom, ^[2] LTRGM, ITB

ABSTRACT

One of service demand in wireless communication through air is service that base on multimedia with big capacity, high velocity, flexible, and small error. Nevertheless, known that the availability of bandwidth is limited, besides, the big bandwidth can cause selective fading.

Adaptive MIMO Switch (AMS) and Adaptive Modulation (AM) technique are implemented to handle this problem. The principle of AMS technique is switching between Space Time Block Code (STBC) and Spatial Multiplexing (SM). While adaptive modulation is to change signal constellation (mapper) that used.

AMS technique and adaptive modulation works due to feedback contains Channel State Information that represented with E_b/N_0 parameter.

Coalition from both adaptive technique, hopefully can upgrade data rate with guarantee the qualities is still well-kept.

In this thesis, AMS technique and adaptive modulation implemented in MIMO-OFDM Mobile WiMAX (IEEE 802,16e) system.

The result of this research, MIMO OFDM system use AM+AMS give the performance improvement equal to $\pm 0,5$ Msps (*data rate*) and $\pm 1,5$ dB (*gain*) to AM or AMS.

Keywords: *Orthogonal Frequency Division Multiplexing, MIMO, Space Time Block Code, Spatial Multiplexing, SUI-2.*

ABSTRAKSI

Salah satu tuntutan terhadap layanan komunikasi bergerak melalui medium udara adalah layanan yang berbasis multimedia dengan kapasitas besar, kecepatan tinggi, fleksibel dan *error* yang kecil. Untuk memberikan layanan multimedia tersebut diperlukan *bandwidth* yang besar. Namun, diketahui bahwa ketersediaan *bandwidth* terbatas, selain itu dengan besarnya *bandwidth* akan mengakibatkan *selective fading*.

Untuk mengatasi masalah di atas, diterapkan teknik transmisi *Adaptive MIMO Switch* (AMS). Prinsip kerja teknik AMS adalah *switching* antara *Space Time Block Code* (STBC) dan *Spatial Multiplexing* (SM). Sedangkan *Adaptive Modulation* (AM) digunakan untuk mengubah konstelasi sinyal (*mapper*) yang digunakan.

Teknik AMS dan AM bekerja sesuai dengan nilai umpan balik (*feedback*) berupa informasi keadaan kanal atau CSI (*Channel State Information*) yang direpresentasikan dengan parameter E_b/N_0 .

Dengan penggabungan kedua teknik adaptif tersebut, diharapkan *data rate* dapat ditingkatkan dengan menjamin kualitas masih tetap terpelihara.

Khusus dalam tesis ini, teknik AMS dan AM diterapkan pada sistem MIMO-OFDM *Mobile WiMAX* (IEEE 802.16e).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja MIMO-OFDM dengan sistem gabungan AM+AMS memberikan peningkatan rata-rata performansi sebesar $\pm 0,5$ Msps (*data rate*) dan $\pm 1,5$ dB (*gain*) dibanding dengan AM atau AMS.

Kata Kunci: *Orthogonal Frequency Division Multiplexing, MIMO, Space Time Block Code, Spatial Multiplexing, SUI-2.*

1. PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan sistem komunikasi nirkabel (*wireless*) dititikberatkan untuk mendukung layanan pengiriman data dengan laju yang tinggi. Hal tersebut diperlukan dalam proses transmisi data yang berbasis multimedia seperti suara, gambar dan video. Untuk memberikan layanan multimedia tersebut, maka dibutuhkan *bandwidth* yang besar. Namun, diketahui bahwa ketersediaan dari *bandwidth* terbatas. Selain itu, pada sistem komunikasi *wireless* terdapat beberapa kendala ketika proses pengiriman informasi karena melibatkan medium udara yang karakternya jauh lebih kompleks dari pada *wireline*.

Salah satu sistem komunikasi yang mampu menyediakan layanan *broadband* secara nirkabel adalah WiMAX (*Worldwide Interoperability Microwave Access*) dengan standar IEEE 802.16. Karena kebutuhan terhadap sistem WiMAX yang mampu digunakan ketika pengguna

dalam keadaan bergerak, maka lahirlah *mobile WiMAX IEEE 802.16e*.

Dua macam teknik transmisi MIMO yang sering digunakan diantaranya *Space Time Block Code* (STBC) dan *Spatial Multiplexing* (SM). STBC lebih mampu melindungi data daripada SM dalam kondisi kanal yang relatif buruk^[11]. Sedangkan dalam efisiensi spektral, STBC dan SM mempunyai karakter tersendiri. Pada umumnya, untuk *SNR* atau E_b/N_0 rendah, efisiensi STBC lebih baik daripada SM, tetapi untuk *SNR* atau E_b/N_0 tinggi, efisiensi SM lebih baik daripada STBC^[6].

Oleh karena itu, perlu diterapkan teknik lebih lanjut yang mampu menyesuaikan diri dengan keadaan kanal transmisi yaitu *Adaptive MIMO Switch* (AMS). Selain itu, kinerja sistem MIMO ini dapat lebih ditingkatkan dengan penerapan *Adaptive Modulation* (AM) untuk memilih konstelasi sinyal (*mapper*).

2. KONSEP DASAR

2.1 Teknologi IEEE 802.16e (WiMAX)

WiMAX sebagai salah satu sistem unggulan pada layer fisik untuk komunikasi 4G, didukung oleh beberapa teknik unggulan dalam hal sistem komunikasi yang dipakai yaitu *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) dan *MIMO*. IEEE 802.16e mampu memberikan layanan untuk komunikasi secara *mobile* dan bersifat *scalable*^[6].

2.2 OFDM

Salah satu sistem modulasi *multicarrier* adalah *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Prinsip OFDM adalah membagi *bandwidth* yang tersedia menjadi beberapa *sub-band* yang sempit dan saling *orthogonal*.

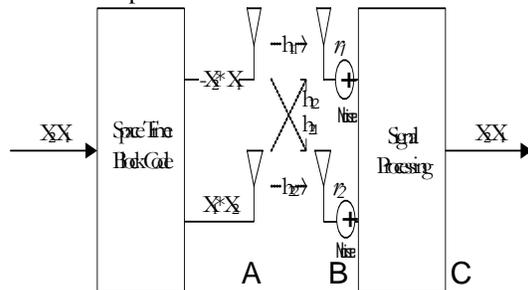
OFDM sebagai modulasi *multicarrier*, tentunya membutuhkan *modulator* dan *demodulator*. Dengan *Inverse Discrete Fourier Transform* (IDFT) sebagai modulator dan *Discrete Fourier Transform* (DFT) sebagai *demodulator* pada sistem OFDM maka kompleksitas ini dapat dikurangi.

2.3 Multiple Input Multiple Output (MIMO)

2.3.1 STBC

STBC digunakan saat perbaikan performansi menjadi hal yang diutamakan sedangkan efisiensi spektral bukan sebuah permasalahan^[9]. Prinsipnya, STBC mengirimkan beberapa *replika* sinyal informasi pada kanal *independent fading* dalam format sinyal yang orthogonal, sehingga di penerima minimal ada satu sinyal yang tidak mengalami *fading* terburuk dan antar sinyal terima tersebut saling bebas.

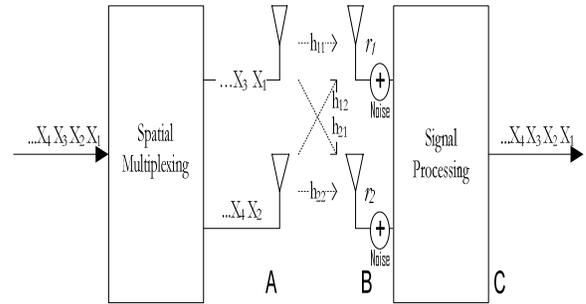
Informasi berupa bit dimodulasi dan dipetakan ke dalam konstelasi sinyal yang digunakan. Misalkan keluaran dari *mapper* adalah simbol x_1 dan x_2 . Simbol ini akan dimasukkan ke bagian *space-time encoder*. Pada selang waktu pertama t_1 , x_1 dan x_2 ditransmisikan pada antenna pertama dan kedua. Sedangkan pada selang waktu t_2 , $-x_2^*$ ditransmisikan pada antenna pertama, dan x_1^* ditransmisikan pada antenna kedua.



Gambar 2. 1 Skema STBC

2.3.2 SM

Prinsip *Spatial Multiplexing* (SM) adalah deretan simbol yang akan dikirim dipecah menjadi beberapa paralel deretan simbol saling *independent* yang kemudian ditransmisikan secara simultan dengan *bandwidth* yang sama pada masing-masing antenna, sehingga teknik ini memberikan peningkatan laju data.

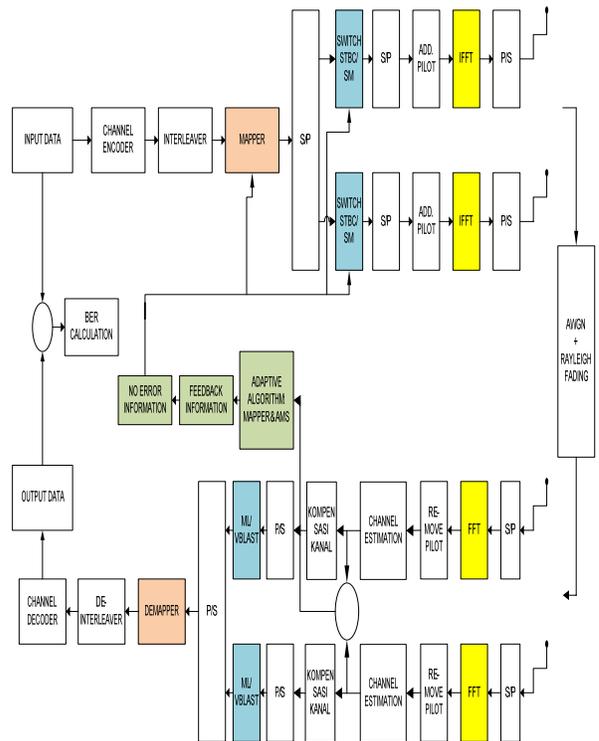


Gambar 2. 2 Skema SM

3. MODEL SISTEM

3.1 AMS dan AM

Pemodelan sistem secara umum pada bagian pengirim terdiri dari: *channel encoder*, *mapper*, *switch* teknik MIMO, dan IFFT. Sedangkan pada penerima terdiri dari FFT, *switch* detektor, *demapper* dan *channel decoder*.



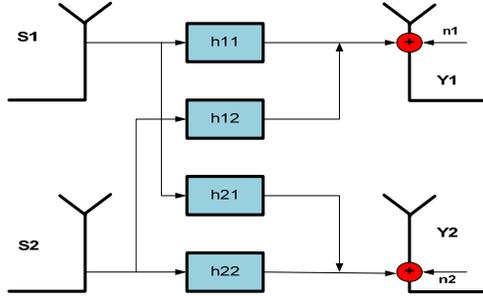
Gambar 3. 1 Pemodelan sistem secara umum

3.2 Pemodelan Kanal

Model kanal propagasi yang digunakan adalah model kanal diskrit dengan kondisi kanal adalah adanya sinyal *multipath fading* dan *noise* berupa AWGN.

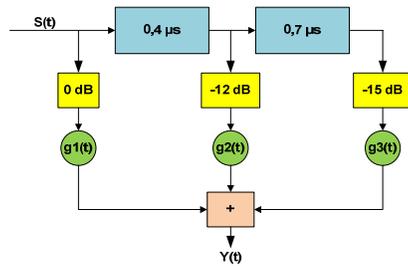
Diagram blok yang menunjukkan pemodelan kanal MIMO 2x2 secara umum dapat dilihat pada gambar 3.2. Pada gambar tersebut ada empat kombinasi kanal yang mungkin untuk dilalui sinyal yang dikirimkan S1 dan S2 ke Y1 dan Y2. Masing-masing kanal tersebut merupakan kanal *multipath fading* yang

memiliki distribusi identik dan bebas (*independent and identically distributed/ i.i.d*) yaitu berdistribusi *Rayleigh*. Masing-masing lintasan bersifat *Wide Sense Stationery-Uncorrelated Scattering* (WSS-US).



Gambar 3. 2 Pemodelan kanal MIMO 2x2

Sedangkan pemodelan lintasan *multipath* mengikuti pemodelan SUI-2 (*Standford University Interim-2*) seperti terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Pemodelan SUI-2

Kuat medan listrik penerima merupakan superposisi dari N sinyal datang yang dirumuskan sebagai berikut:

$$E(t) = \text{Re}\{a(t)e^{j\omega_c t}\} \quad (3.1)$$

dimana $a(t) = E_o \sum_{n=1}^N c_n e^{j(\omega_n t \cos \alpha_n + \theta_n)}$

$$\text{dan } c_n = p(\alpha_n) d\alpha = \frac{1}{\sqrt{N}}$$

$$a(t) = \frac{E}{\sqrt{N}} \left\{ \sum_{n=1}^{N/2-1} e^{j(\omega_n t \cos \alpha_n + \theta_n)} + e^{-j(\omega_n t \cos \alpha_n + \theta_{-n})} + e^{j(\omega_n t + \theta_N)} + e^{j(\omega_n t + \theta_{-N})} \right\} \quad (3.2)$$

$a(t)$ dapat dipisahkan menjadi harga *in-phase* dan *quadrature*:

$$x_{in}(t) = \sum_{n=1}^{N_o} \cos \beta_n \cos(\omega_n t + \theta_n) + \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \alpha \cdot \cos \omega_m t \quad (3.3)$$

$$x_q(t) = \sum_{n=1}^{N_o} \sin \beta_n \cos(\omega_n t + \theta_n) + \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \alpha \cdot \cos \omega_m t \quad (3.4)$$

$x_{in}(t)$ dan $x_q(t)$ menyatakan pendekatan dari *gaussian random processes*. Agar kedua bagian ini tidak saling berkorelasi, maka $\alpha = 0$ dan $\beta_n = \pi n / (N_o + 1)$, sehingga persamaan 3.2 dapat ditulis menjadi :

$$a(t) = K \left\{ \frac{1}{2} [\cos \alpha + j \sin \alpha] \cos(\omega_m t + \theta_o) + n = 1 N_o \cos \beta_n + j \sin \beta_n \cos \omega_m t + \theta_n \right\} \quad (3.5)$$

Untuk membangkitkan banyak gelombang *uncorrelated* kanal pada model jakes, maka fasa θ_n diset sebesar :

$$\theta_{n,k} = \beta_n + \sum_{k=1}^{N_o} \frac{2\pi(k-1)}{(N_o+1)} \quad (3.6)$$

Untuk mengurangi korelasi antar gelombang-gelombang yang berfluktuasi tersebut, daya osilator *offset* harus sama besar, sehingga persamaan 3.5 dimodifikasi menjadi :

$$a(t) = \sqrt{\frac{2}{N_o}} \left\{ \sum_{n=1}^{N_o} [\cos \beta_n + j \sin \beta_n] \cos(\omega_n t + \theta_n) \right\} \quad (3.7)$$

dengan $\alpha_n = 2\pi(n-0,5)/N$, $\beta_n = \pi n/N_o$ dan $N_o = N/4$, dimana faktor normalisasi sebesar $\sqrt{2/N_o}$ memberikan $E\{a(t) \cdot a(t)^H\} = 1$.

3.3 Parameter Simulasi

Adapun parameter yang digunakan pada pemodelan sistem ini diantaranya :

Simbol	Deskripsi	Nilai
F_c	Frekuensi Carrier	3,50 GHz
B	Nominal Bandwidth	3,50 MHz
L	Jumlah Subcarrier	32
G	Guard Fraction	1/4
L_d	Data Subcarrier	24
P_p	Jumlah Pilot	8
T_s	Sample Time	$T_s = 1/B = 0,28 \mu s$
N_g	Guard symbol	$N_g = G \cdot L = 8$
T_g	Guard Time	$T_g = T_s \cdot N_g = 2,24 \mu s$
T	Durasi Simbol OFDM	$T = T_s \cdot (L + N_g) = 11,2 \mu s$
B_{sc}	Bandwidth subcarrier	$B_{sc} = B/L = 109,375 \text{ kHz}$
Jenis Modulasi		BPSK, QPSK dan 16 QAM
FEC		Convolutional Code
Elemen antena		2x2
Kanal Fading		Rayleigh (Model Jakes)

Tabel 3. 1 Parameter Simulasi

Parameter *mean excess delay* ($\bar{\tau}$) merupakan momen pertama dari *power delay profile* adalah sebagai berikut :

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \cdot \tau_k}{\sum_k P(\tau_k)} \quad (3.8)$$

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_{k=1}^3 P(\tau_k) \cdot \tau_k}{\sum_{k=1}^3 P(\tau_k)}$$

$$\bar{\tau} = \frac{(1 \times 0) + (0,06 \times 0,4) + (0,03 \times 1,1)}{(1 + 0,06 + 0,03)}$$

$$\bar{\tau} = 0,034 \mu s$$

Momen kedua dari *mean excess delay* :

$$\bar{\tau}^2 = 0,035 \mu s$$

Sedangkan *rms delay spread* (σ_τ) adalah akar kuadrat dari momen sentral kedua dari *power delay profile* :

$$\sigma_\tau = \sqrt{\bar{\tau}^2 - (\bar{\tau})^2} = 0,184 \mu s \quad (3.9)$$

▪ *Coherence Bandwidth* (B_c) adalah :

$$B_c = \frac{1}{5 \cdot \sigma_\tau} = 1,08 \text{ MHz} \quad (3.10)$$

Karena $B_c (1,08 \text{ MHz}) < B_s (3,5 \text{ MHz})$, maka sinyal akan mengalami *frequency selective fading*. Tetapi kanal dapat dianggap *frequency flat fading* karena *bandwidth* sinyal dibagi dengan 32 (banyaknya *subcarrier*), sehingga $B_s = 3,5/32 = 0,10 \text{ MHz} < B_c$.

▪ *Doppler Shift*

Frekuensi *Doppler* dipengaruhi oleh frekuensi kerja dan kecepatan *user*.

$$f_d \text{ max} = \frac{v}{c} \cdot f_c \quad (3.11)$$

Frekuensi *carrier* yang digunakan adalah 3.5 GHz, maka diperoleh nilai frekuensi *Doppler* maksimum untuk tiap kecepatan adalah:

Kecepatan User (km/jam)	Doppler Shift (f_d) -Hz
0	0
3	9,72
30	97,22
120	388,89

Tabel 3. 2 Doppler Shift untuk berbagai kecepatan

▪ *Coherence Time* (T_c) :

Coherence Time (waktu koheren) sebenarnya merupakan besaran statistik dari durasi waktu yang mempunyai respon impuls kanal yang tidak berubah. Nilai *Coherence Time* jika dengan pendekatan maka berbanding terbalik dengan B_d maksimum (*Doppler Spread* maksimum).

$$T_c \approx \frac{1}{B_d \text{ max}} \quad (3.12)$$

Kecepatan User (km/jam)	Doppler Shift (f_d) - Hz	Time Coherence (s)
0	0	∞
3	9,72	0,10
30	97,22	0,01
120	388,89	0,0026

Tabel 3. 3 Time Coherence untuk berbagai kecepatan

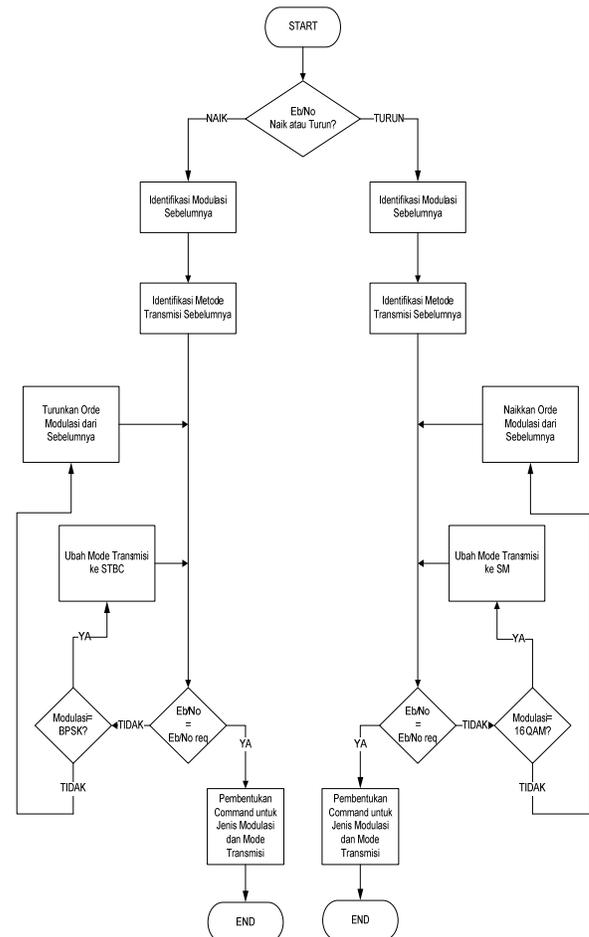
Dengan membandingkan *Coherence Time* terhadap durasi simbol (dalam orde μs), maka $T_c > T_s$. Hal ini

menunjukkan bahwa sinyal akan mengalami *slow fading*, atau respon impuls kanal pada dasarnya tidak berubah.

3.4 Algoritma Adaptasi

Bagian ini digunakan untuk menghasilkan metode transmisi dan modulasi paling optimal. Skema ini berdasarkan metode iteratif, yaitu memilih satu per satu kombinasi metode transmisi dan modulasi sesuai dengan Eb/No yang telah ditetapkan sebagai referensi. Prosedur kerja dari algoritma ini yaitu:

- Estimasi nilai Eb/No.
- Bandingkan dengan nilai Eb/No yang didapat dengan Eb/No *Threshold*
- Apabila Eb/No yang diterima lebih besar daripada Eb/No *req*, maka derajat modulasi dinaikkan satu tingkat dan metode transmisi di-setting pada *Spatial Multiplexing*.
- Apabila Eb/No yang diterima lebih kecil daripada Eb/No *req*. Maka derajat modulasi diturunkan satu tingkat dan metode transmisi di-setting pada *Space Time Block Code*.
- Sistem akan terus beradaptasi mencari kombinasi metode transmisi dan modulasi untuk mencapai nilai Eb/No yang ditargetkan.



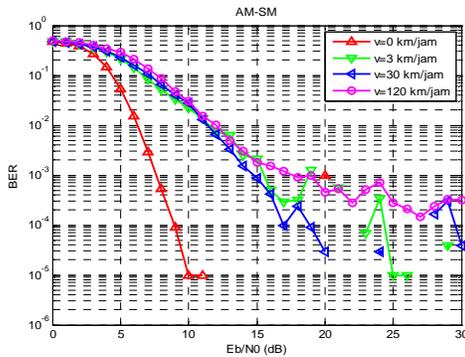
Gambar 3. 4 Algoritma AMS+AM

4. ANALISIS HASIL SIMULASI

Analisis yang dilakukan pada sistem ini yaitu membandingkan antara sistem MIMO-OFDM yang tetap dengan MIMO-OFDM yang adaptif pada IEEE 802.16e. Hal yang dibuat dalam kasus ini adalah modulasi adaptif dan teknik MIMO adaptif.

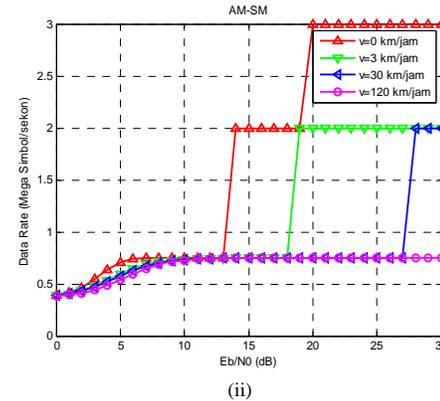
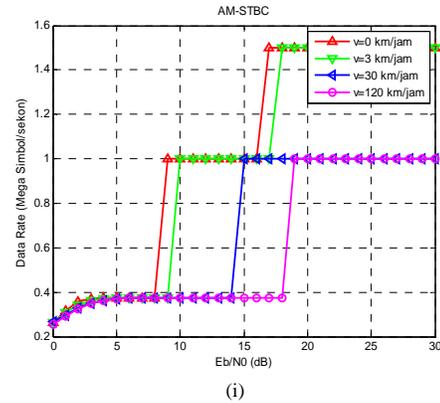
4.1 Adaptive Modulation

Gambar 4.1 merupakan kombinasi AM-SM untuk berbagai nilai kecepatan *user*. Terlihat bahwa kombinasi ini dipengaruhi oleh pergerakan *user* yang ditandai dengan terjadi pergeseran grafik BER yang signifikan antara *user* diam dengan *user* bergerak. Kedua grafik Eb/No vs BER mengalami fluktuatif di daerah BER = 10^{-4} (sesuai target BER) yang menunjukkan terjadi proses adaptif.



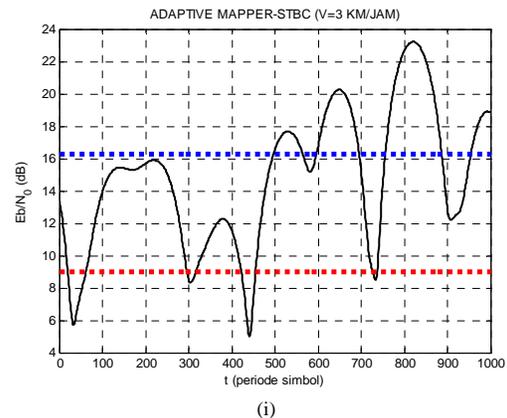
Gambar 4. 1 Grafik BER untuk variasi kecepatan user

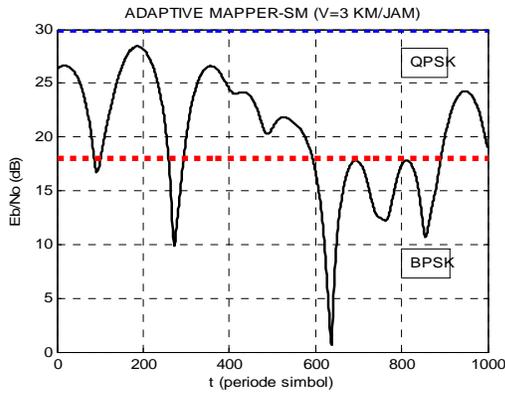
Pada gambar 4.2 (i) sampai (ii) adalah *data rate* maksimum yang dicapai oleh sistem dengan modulasi adaptif. Gambar 4.1 (i) merupakan hasil simulasi *data rate* modulasi adaptif untuk STBC pada berbagai kecepatan. Terlihat bahwa untuk kecepatan 0 Km/jam dan 3 Km/jam masing-masing dapat mencapai *data rate* maksimum sebesar $\pm 1,5$ Msps sesuai dengan *data rate* maksimum untuk berbagai jenis modulasi yang tetap. Dalam hal ini sistem menggunakan 16-QAM. Tetapi untuk 30 Km/Jam dan 120 Km/jam nilai *data rate*-nya turun ke level ± 1 Msps, nilai ini berarti sistem menggunakan QPSK. Sedangkan pada SM, untuk kecepatan 0 Km/jam *data rate* maksimum ± 3 Msps (16QAM), kecepatan 3-30Km/jam *data rate*-nya ± 2 Msps (QPSK) serta kecepatan 120 Km/jam hanya mencapai *data rate* $\pm 0,75$ Msps (BPSK).



Gambar 4. 2 Data Rate untuk variasi kecepatan user

Pada gambar 4.3 (i) sampai (ii) diperlihatkan sebuah sinyal acak dalam rentang waktu tertentu. Terlihat bahwa pada gambar 4.3 (i) terdapat dua buah *threshold* yang menjadi batas perubahan jenis *mapper* yang digunakan, yaitu : BPSK \rightarrow QPSK (± 9 dB) dan QPSK \rightarrow 16QAM (± 16.3 dB). Sinyal acak dapat melewati tiga daerah konstelasi sinyal, yaitu BPSK, QPSK dan 16QAM pada kasus AM-STBC dengan kecepatan *user* $V=3$ Km/jam. Sedangkan pada gambar 4.3 (ii), hanya *threshold* ± 9 dB yang dapat dilewati sinyal. Sehingga perubahan *mapper* yang terjadi hanya BPSK \rightarrow QPSK.

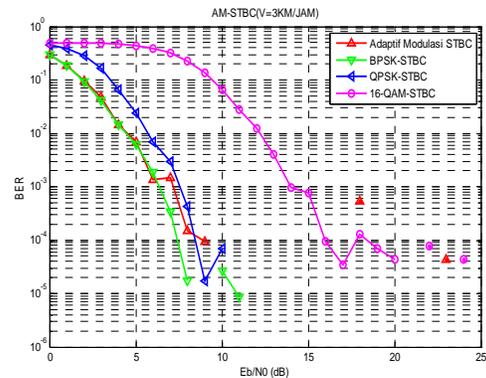




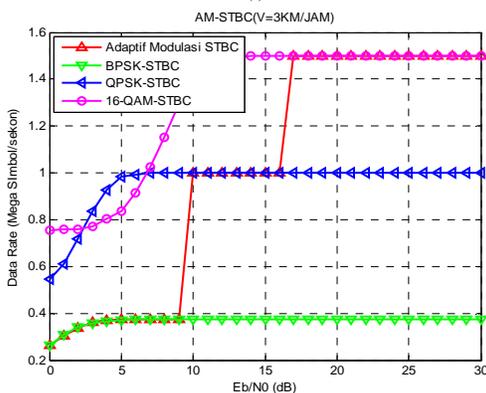
(ii)
Gambar 4. 3 Threshold AM (i) AM-STBC (ii) AM-SM

Pada kecepatan $V=3$ Km/jam yang ditunjukkan pada gambar 4.4 (i) terlihat bahwa E_b/N_0 rentang $\pm 0-7$ dB kurva AM-STBC berimpit dengan BPSK-STBC, artinya pada rentang tersebut AM-STBC menggunakan pemetaan BPSK. Sama halnya dengan QPSK-STBC berimpit dalam rentang $\pm 7-17$ dB dan 16QAM-STBC berimpit dalam rentang $\pm 17-25$ dB.

Pada gambar 4.5 (i) terlihat pada kecepatan $user$ $V=3$ Km/jam, *data rate* maksimum AM-STBC yang didapat adalah $\pm 0,375$ Msps ($E_b/N_0:0-9$ dB), yaitu pada kombinasi BPSK-STBC. *Data rate* ini naik menjadi ± 1 Msps ($E_b/N_0: 9-16$ dB), yaitu pada kombinasi QPSK-STBC dan dapat mencapai $\pm 1,5$ Msps ($E_b/N_0:17-30$ dB) dengan kombinasi 16QAM-STBC..



(i)

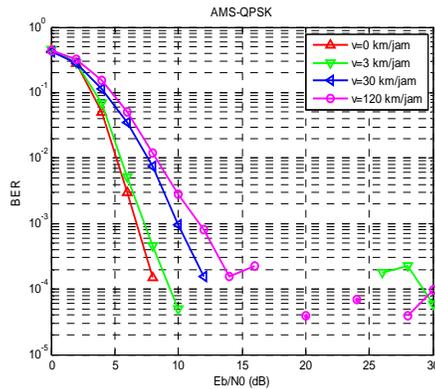


(ii)

Gambar 4. 4 Grafik AM-STBC : (i) BER (ii) Data Rate

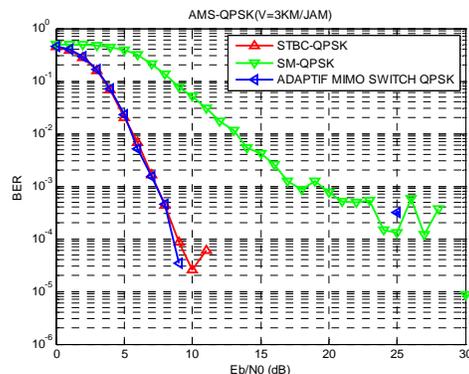
4.2 Adaptive MIMO Switch

Pada gambar 4.5 terlihat bahwa kinerja berupa BER untuk AMS-QPSK. Terlihat bahwa semakin besar kecepatan *user*, maka semakin besar nilai BER. Fluktuasi terjadi di daerah $BER=10^{-4}$ sesuai dengan nilai BER target. Hal ini dikarenakan pada kondisi *user* yang bergerak *mobile*, kondisi kanal telah banyak mengalami perubahan yang cepat sehingga sinyal yang diterima mengalami pergeseran fasa dan amplitudo .

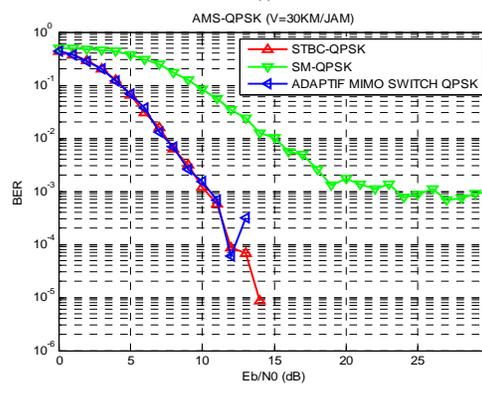


Gambar 4. 5 BER AMS-QPSK untuk variasi kecepatan user

Pada gambar 4.6 (i) sampai (ii) rentang E_b/N_0 : 0-25 dB, grafik AMS-QPSK berimpit dengan STBC-QPSK. Kemudian proses *switch* pada AMS terjadi pada $E_b/N_0 = \pm 25$ dB Sedangkan pada 30 Km/jam, proses *switch* tidak dilakukan, hal ini karena BER SM-QPSK tidak dapat mencapai target BER.



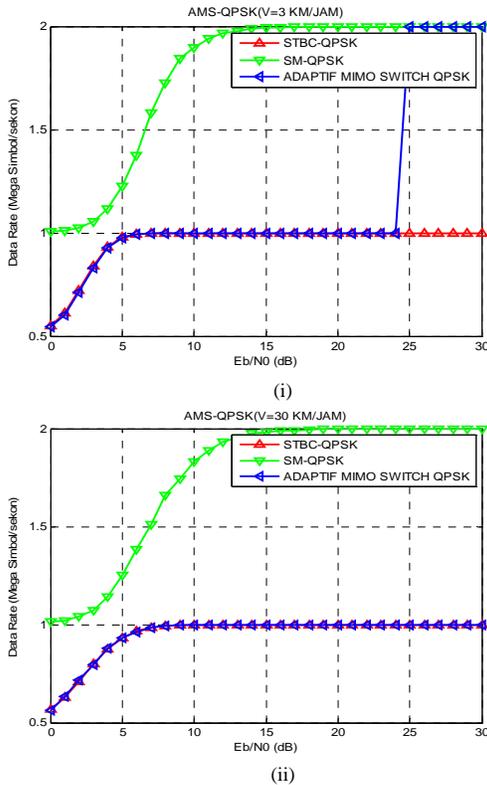
(i)



(ii)

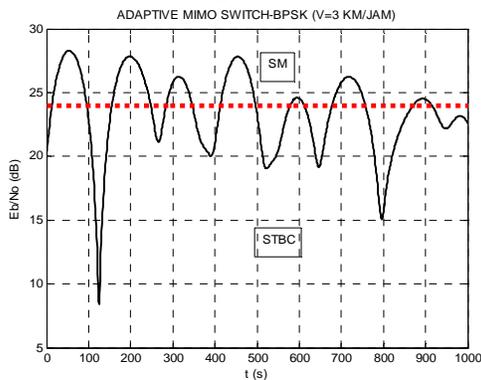
Gambar 4. 6 BER AMS-QPSK : (i) 3 Km/jam dan (ii) 30 Km/jam

Untuk *data rate*-nya (gambar 4.7 (i) sampai (ii)), terlihat bahwa AMS-QPSK dapat mencapai *data rate* ± 2 Msps (kombinasi SM-QPSK) hanya pada kecepatan *user* 3 Km/jam, sedangkan pada kecepatan *user* 30 Km/jam hanya dapat mencapai 1 Msps (kombinasi STBC-QPSK).



Gambar 4. 7 Data Rate AMS-QPSK : (i) 3 Km/jam dan (ii) 30 Km/jam

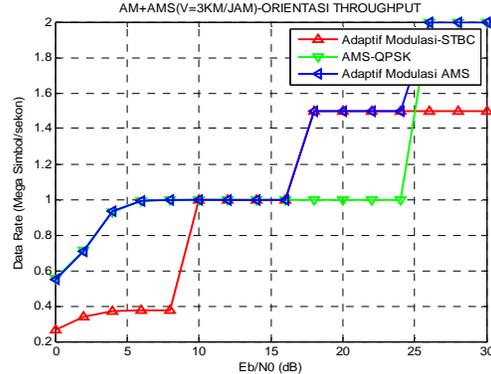
Gambar 4.8 diperlihatkan kondisi sinyal acak dalam selang waktu (periode simbol). Sinyal mampu melewati nilai *threshold* sebagai nilai *switch* STBC→SM yaitu senilai ± 24 dB pada kombinasi AM-BSPK. Sinyal dengan perbandingan daya di bawah ± 24 dB, maka STBC yang dipilih, sedangkan ketika nilai perbandingan daya di atas ± 24 dB, maka SM yang dipilih.



Gambar 4. 8 Threshold AMS-BPSK pada V=3 Km/jam

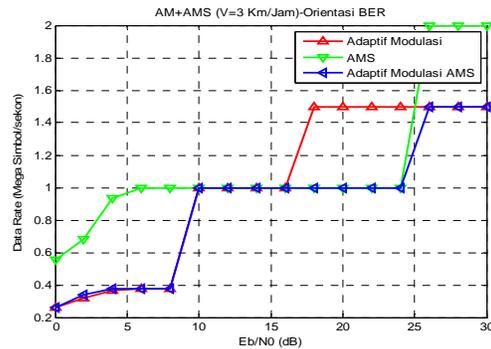
4.3 Gabungan Adaptive Modulation dan Adaptive MIMO Switch

Pada gambar 4.9 diperlihatkan kinerja AM+AMS, jika berorientasi pada *data rate*. Terlihat bahwa pada rentang E_b/N_0 : $\pm 0-16$ dB, sistem mengikuti kombinasi STBC-QPSK (± 1 Msps), rentang E_b/N_0 : $\pm 16-24$ dB mengikuti kombinasi 16QAM-STBC ($\pm 1,5$ Msps) dan $E_b/N_0 > \pm 24$ dB mengikuti kombinasi SM-QPSK (± 2 Msps).



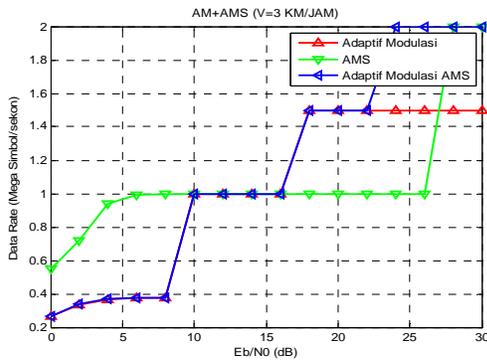
Gambar 4. 9 Kinerja sistem dengan orientasi kebutuhan *data rate*

Sedangkan pada gambar 4.10 diperlihatkan kinerja AM+AMS yang berorientasi pada nilai BER. Pada kasus ini, grafik AM+AMS memilih secara adaptif nilai BER yang paling kecil. BPSK-STBC dipilih pada rentang E_b/N_0 : $\pm 0-9$ dB ($\pm 0,38$ Msps), rentang E_b/N_0 : $\pm 9-24$ dB dipilih QPSK-STBC (± 1 Msps) dan $E_b/N_0 > \pm 24$ dB dipilih 16QAM-STBC ($\pm 1,5$ Msps).



Gambar 4. 10 Kinerja sistem dengan orientasi kualitas (BER)

Skenario selanjutnya adalah mencari *data rate* optimum dengan tetap menjaga nilai BER target, yaitu melakukan pergantian mapper atau MIMO hanya pada kondisi nilai BER target terpenuhi, seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.11. Terlihat bahwa dalam rentang E_b/N_0 : $\pm 0-9$ dB kinerja AM+AMS optimum mengikuti kinerja AM+AMS yang berorientasi BER, tetapi setelah $E_b/N_0 > \pm 9$ dB mengikuti kinerja AM+AMS yang berorientasi *data rate*.



Gambar 4. 11 Data rate optimum dengan tetap menjaga kualitas

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- 1 Penggunaan AM atau AMS akan meningkatkan performansi sistem sesuai orientasinya (BER atau *Data rate*) dengan asumsi kanal bersifat *quasi static* dimana koefisien kanal yang terdistribusi *Rayleigh* adalah tetap selama 1 *frame* kirim dan berubah secara *random* untuk *frame* berikutnya.
- 2 Pada sistem AM, MIMO-OFDM memberikan performansi yang lebih baik dibandingkan dengan modulasi tetap untuk jenis teknik transmisi yang sama. Untuk orientasi BER, maka kinerja AM memberikan *gain* rata-rata sebesar $\pm 6,5$ dB (STBC) dan ± 7 dB (SM) dibanding modulasi tetap. Sedangkan untuk orientasi *data rate* AM memberikan rata-rata peningkatan *data rate* rata-rata sebesar $\pm 0,75$ Msps (STBC) dan $\pm 1,4$ Msps (SM) dibanding modulasi tetap.
- 3 Pada sistem AMS, MIMO-OFDM memberikan performansi yang lebih baik jika dibandingkan dengan teknik MIMO tetap untuk jenis modulasi yang sama. Untuk orientasi BER, maka kinerja AMS akan memberikan peningkatan *gain* rata-rata sebesar $\pm 7,25$ dB (BPSK), ± 9 dB (QPSK) dan $\pm 9,25$ dB (16QAM) dibanding teknik MIMO tetap. Sedangkan untuk orientasi *data rate*, teknik AMS akan memberikan peningkatan nilai *data rate* rata-rata sebesar $\pm 0,37$ Msps (BPSK), ± 1 Msps (QPSK) dan ± 2 Msps (16QAM).
- 4 Untuk sistem gabungan AM+AMS dengan orientasi BER, maka kinerja AM+AMS akan memberikan *gain* rata-rata sebesar $\pm 1,5$ dB dibanding kasus AM-STBC. Sedangkan untuk orientasi *data rate*, maka sistem AM+AMS akan didapat nilai *data rate* rata-rata sebesar $\pm 0,5$ Msps dibanding AM-STBC.

5.2 Saran

- 1 Penggunaan teknik AM dan AMS untuk akses jamak OFDMA, sehingga dapat dianalisis pengaruh dari *Multiple Access Interference* (MAI).
- 2 Perlu diteliti algoritma adaptif yang lain dalam melakukan proses adaptasi. Sehingga dapat dilakukan perbandingan algoritma mana yang lebih baik.

- 3 Mencoba untuk diterapkan sistem *power control*, sehingga kinerja sistem semakin bagus.
- 4 Perlu dianalisis kapasitas *user* untuk penerapan teknik AMS.

Daftar Pustaka

- [1] Sunsuke Hara and Ramjee Prasad, "Multicarrier Technique for 4G Mobile Communication", Artech House, 2003
- [2] Han.C, Doufexi, Armour.S, K.H.Ng and Mc.Geehan, "Adaptive MIMO-OFDMA For Future Cellular Systems in Realistic Outdoor Environment", Thesis, University of Bristol, 2007.
- [3] Efendi.R, "Limited Feedback Precoding and MIMO Spatial Multiplexing for 802.16e Application", Thesis, IT Telkom, 2007.
- [4] Ioannis.D, "STBC for multiple Transmit Antennas over time-selective fading channel" Thesis, Louisiana State University, 2006.
- [5] Pradana.Bobby, "Analisis Sistem MIMO-OFDM dengan alokasi daya dan jenis modulasi menggunakan Teknik Bayesian", Thesis, IT Telkom, 2008.
- [6] Jeffrey.G.Ghosh.A and Muhamed.R, "Fundamental of WiMax, Understanding Broadband Wireless Networking", Prentice Hall, 2007.
- [7] Hamdaner, "Performance Study of Channel Coding Low Density Parity Check (LDPC) at MIMO-OFDM System", Thesis, IT Telkom, 2006.
- [8] Taffazoli.R, "WiMax and 3 GPP LTE", Centre of Communication Systems Research, University of UK, 2007.
- [9] Jinliang.H, "Adaptive MIMO Systems in 2 x 2 Uncorrelated Rayleigh Fading Channel", IEEE, 2007.
- [10] Wahyudi.R, "Design and Performance Analysis of Algorithm to combine Sub-Channelization and Adaptive Modulation Technique for Broadband Wireless Access IEEE 802.16e", Thesis, IT Telkom, 2006.
- [11] Muquet.B, Biglieri.E, Goldsmith.A and Sari.H, "MIMO Technique for Mobile WiMax Systems", SEQUANS Communication White Paper, 2006.
- [12] Chae.C., Forenza.A and Heath Jr., "Adaptive MIMO Transmission Technique", Journal Spring Vol.4 No.1, 2005.
- [13] Xia.P, Zhou.S and Giannakis.G, "Adaptive MIMO-OFDM Based Partial Channel Information", IEEE Transaction on signal processing, Vol.52, No.1, 2004.
- [14] Ariyanti.Sri, "Analisa Kinerja Penerapan Subkanalisasi Pada Sistem MIMO Sesuai Standar IEEE 802.16e", Thesis, IT Telkom 2008.
- [15] Theodore S.Rappaport, "Wireless Communication", Prentice Hall, 2002.