



Analisis Pengaruh Penerapan Skema Space-Time-Block-Code Alamouti pada Sistem Komunikasi MIMO-OFDM Berbasis WARP

Mahmud Idris^{a,*}

^a Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Jambi, Jl. Lingkar Barat II Kota Jambi, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 15 Desember 2017
Diterima setelah direvisi 20 Januari 2018
Disetujui 26 Februari 2018

Kata kunci:

MIMO-OFDM
STBC Alamouti
WARP

Abstract-MIMO-OFDM is a combination of smart antenna technology (Multiple input multiple output) and multiplexing technology (Orthogonal frequency division multiplexing). The MIMO technique is capable of improving the data throughput and range of communication without additional bandwidth and transmit power where independent parallel channels are altered in spatial domains. while OFDM is a multi carrier transmission technique (many frequencies) that streamline bandwidth. Where each frequency is orthogonal to each other, so that overlapping does not cause interference, OFDM can convert a frequency selective multipath fading channel into a flat fading channel, space time block code (STBC) is used as a coding technique to get as high signal quality as possible on the sender and receiver. The system performance is seen in the measurement of the 2x2 natural resource STBC scheme on a MIMO-OFDM system based on wireless open access research platform (WARP) under environmental conditions (indoor and outdoor), Assuming the LOS scheme does not have a multipath path between TX and RX. The measurement result shows the comparison graph of bit error rate (BER) during indoor and outdoor conditions with change of distance of 4 meter, 5 meter, and 6 meter measurement result when BER = -35 dBm at 4 meter distance in outdoor condition yields value BER = 7.083×10^{-3} whereas the indoor measurement BER value = 1.458×10^{-3} from the MIMO-OFDM STBC scheme measurement results when outdoor conditions are worse in comparison with indoor conditions

Intisari-MIMO-OFDM adalah gabungan teknologi smart antenna (Multiple input multiple output) dan teknologi multiplexing (Orthogonal frequency division multiplexing). Teknik MIMO mampu meningkatkan throughput data dan range (jangkauan) komunikasi tanpa lebar pita (bandwidth) frekuensi dan daya pancar tambahan dimana kanal paralel independen diubah dalam domain spatial. sedangkan OFDM merupakan teknik transmisi multi carrier (banyak frekuensi) yang mengefisienkan bandwidth. Dimana tiap frekuensi adalah orthogonal satu sama lain, sehingga terjadinya overlapping tidak menyebabkan interferensi. OFDM dapat mengubah kanal multipath fading frekuensi selektif menjadi kanal flat fading, space time block code (STBC) digunakan sebagai teknik pengkodean untuk mendapatkan kualitas sinyal setinggi mungkin pada pengirim dan penerima. Kinerja sistem dilihat pada pengukuran skema STBC alamouti 2x2 pada sistem MIMO-OFDM berbasis wireless open access research platform (WARP) pada kondisi lingkungan (indoor dan outdoor), Dengan asumsi skema LOS tidak memiliki lintasan multipath antara TX dan RX. Hasil pengukuran menampilkan grafik perbandingan bit error rate (BER) pada saat kondisi indoor dan outdoor dengan perubahan jarak 4 meter, 5 meter, dan 6 meter hasil pengukuran pada saat nilai BER = -35 dBm pada jarak 4 meter pada kondisi outdoor menghasilkan nilai BER = 7.083×10^{-3} sedangkan pengukuran indoor nilai BER = 1.458×10^{-3} dari hasil pengukuran skema STBC sistem MIMO-OFDM pada saat kondisi outdoor lebih jelek di bandingkan dengan kondisi indoor.

* Corresponding Author:

E-mail: mahmud@politeknikjambi.ac.id (Mahmud Idris)

1. Pendahuluan

Teknologi telekomunikasi merupakan salah satu teknologi yang berkembang dengan sangat cepat. Khususnya komunikasi *wireless* saat ini sangat membutuhkan akses berkecepatan tinggi dengan kualitas sinyal yang baik serta tahan terhadap gangguan dan interferensi. Gangguan yang biasa terjadi pada sistem komunikasi *wireless*, pada saat pengiriman sinyal yang merambat pada pemancar dan penerima yang melewati lintasan yang berbeda-beda serta kondisi lingkungan yang sering berubah mengakibatkan sinyal pada sistem penerima mengalami penghamburan dan sinyal mengalami pelemahan. Gangguan interferensi apa bila bersifat negatif maka daya sinyal yang diterima mengalami penurunan yang sering di sebut juga dengan *multipath fading*. *Multipath fading* terjadi ketika sinyal memiliki lebih dari satu jalur ada sinyal yang langsung ke penerima dan ada sinyal yang terlebih dahulu dipantulkan oleh penghalang seperti objek terestrial yang menyebabkan sinyal yang di terima oleh penerima tidak sama dengan sinyal yang dikirim, karena ada sinyal pantul dan hamburan [1].

Salah satu teknik yang bisa digunakan untuk mengatasi *multipath fading* adalah *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). OFDM merupakan teknik modulasi *multicarrier*, suatu teknik yang menggabungkan modulasi dengan multiplexing dimana antara *subcarrier* yang satu dengan yang lain saling tegak lurus (*orthogonal*) [2]. Masing-masing *subcarriers* tersebut dimodulasikan dengan teknik modulasi konvensional pada rasio simbol yang rendah. Dengan menggunakan rasio simbol yang rendah sehingga hanya sedikit pengaruh *intersymbol interference* dari *multipath fading* maupun gangguan akibat *noise* [2]. Dengan adanya sifat *orthogonal* maka *subcarrier* yang berdekatan dapat dibuat tumpang tindih (*overlapping*) tidak menimbulkan efek *intercarrier interference* (ICI). Penggunaan *bandwidth* akan menjadi lebih efisien. Kanal yang semula bersifat *frequency selective fading* dengan penggunaan OFDM akan dirasakan seperti kanal *flat fading* oleh masing-masing *subcarrier*, sehingga perlakuan kanal *multipath fading* yang mengakibatkan *distorsi* berkurang [3].

Multi antenna ditempatkan pada sisi *transmitter* dan *receiver* yang di sebut juga sebagai *multiple input multiple output* (MIMO). Sistem MIMO mampu meningkatkan *troughput* data dan *range* (jangkauan) komunikasi tanpa lebar pita (*bandwidth*) frekuensi dan daya pancar tambahan. Yang prinsip kerjanya memperbanyak sinyal informasi yang di pancarkan untuk meningkatkan performansi sistem komunikasi dan mengurangi error yang dapat terjadi akibat kanal transmisi. Semakin banyak antenna yang digunakan pada bagian pengirim dan penerima, maka SNR dapat diperoleh secara maksimal sehingga akan diperoleh nilai BER yang kecil [4][2].

Penelitian yang telah dilakukan tentang implementasi sistem komunikasi MIMO-OFDM. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Gordon Stiiber dkk tentang *Broadband MIMO-OFDM wireless communication*. *Wireless open access research platform* (WARP), merupakan sebuah modul FPGA yang dapat diperluas untuk penelitian jaringan nirkabel canggih. WARP dirancang untuk menyediakan sumber daya yang dibutuhkan untuk mengimplementasikan algoritma nirkabel canggih pada semua *layer* jaringan. Platform ini terdiri dari sejumlah komponen utama. Pertama, WARP dibuat dengan disain perangkat keras khusus, mengintegrasikan sumber daya pengolahan berbasis FPGA dengan

antar muka radio. Kedua, platform ini didukung dengan modul khusus yang memudahkan pengguna dari berbagai pengolahan hardware dan sumber daya peripheral. Ketiga, platform ini mendukung modul-modul digunakan untuk membangun berbagai aplikasi penelitian, termasuk implementasi real time dari physical layer dan MAC layer [7].

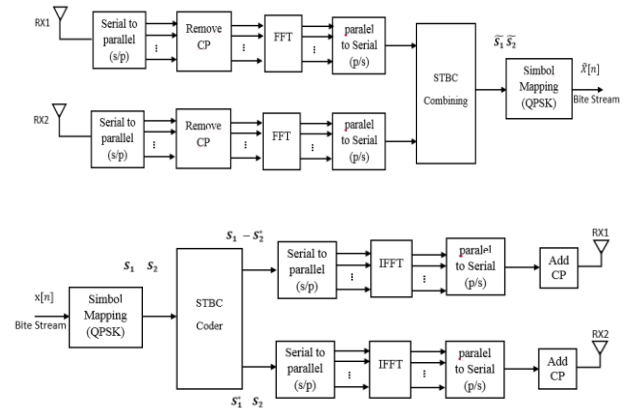
Bedasarkan penelitian yang telah ada dan paparan di atas, pada penelitian ini akan dilakukan Implementasi sistem komunikasi MIMO-OFDM berbasis WARP. Di mana akan dilakukan implementasi sistem OFDM akan ditambah dengan MIMO (*Multiple Input-Multiple Output*) STBC Alamouti dengan modulasi QPSK, keluaran yang akan di teliti dari hasil dan dianalisis pada sistem ini adalah pengukuran nilai *bit error rate* (BER) terhadap perubahan jarak antara node (meter) pada kondisi *indoor* dan *outdoor*. Dan kemudian data pengukuran di analisis untuk mengetahui kinerja dari sistem implementasi sistem MIMO-OFDM dengan skema STBC Alamouti.

2. Metodologi

2.1 Skema STBC alamouti pada sistem MIMO-OFDM

Beberapa antenna dapat digunakan pada pemancar dan penerima, yang dikenal dengan istilah sistem MIMO. MIMO dikenal untuk meningkatkan kapasitas. Untuk transmisi data rate yang tinggi, karakteristik *multipath* yang menyebabkan saluran MIMO menjadi frekuensi selektif. OFDM dapat mengubah frekuensi kanal MIMO selektif seperti menjadi satu set saluran MIMO frekuensi datar sejajar, dan untuk mengurangi kompleksitas penerima. Kombinasi dari dua teknik yang kuat, MIMO dan OFDM, sangat menarik, dan memiliki *broadband* skema akses nirkabel yang paling menjanjikan.

Model sistem MIMO-OFDM merupakan modifikasi dari sistem *MIMO V-BLAST* [UPH] yang pada awalnya hanya memiliki satu frekuensi pembawa (*carrier*). Dengan sistem *MIMO-OFDM* setiap antenna pemancar dan penerima akan disisipkan modulator dan demodulator OFDM. Pada gambar 1 memperlihatkan blok diagram sistem transmisi MIMO-OFDM Alamouti menggunakan 2 antenna. Output dari STBC encoder tersebut kemudian dibagi menjadi dua keluaran, Transmisi data di keluaran antenna Tx1 dan Tx2 menggunakan skema STBC alamouti.



Gambar 1. Gabungan teknik tranmisi MIMO-OFDM STBC Alamouti dengan 2 antenna

Output dari STBC encoder dibagi menjadi dua untuk setiap antenna seperti yang dijelaskan untuk kasus sederhana MIMO space-time coding [5]. Dari [8] diterapkan untuk sistem OFDM, STBC tersebut dapat dinyatakan dalam matrik:

Table 1
Matriks STBC

	Antena 1	Antena 2
Time t	S_1	S_2
Time t-T	$-S_2^*$	S_1^*

Dimana S menyatakan simbol dan $*$ menyatakan bilangan kompleks konjugat. Untuk mengirimkan dua simbol dibutuhkan dua *time slot*, disaat pada antenna kedua urutan simbol dibalik, dikonjugasikan, dan salah satunya dinegatifkan, bertujuan untuk memudahkan pemisahan kedua simbol pada penerima sehingga deteksi dua simbol yang semula harus dilakukan bersamaan pada sinyal campuran dapat dipecahkan menjadi dua proses deteksi simbol yang terpisah. Data masukan (*bit stream data*) dimultipleksing terlebih dahulu sebanyak M antenna pemancar. Kemudian bit data dilewatkan ke masing modulador *OFDM*. Pada modulador *OFDM* bit yang masuk dikonversikan dulu ke bentuk paralel. Modulasi dilakukan pada tiap – tiap *sub carrier*. Sinyal yang telah termodulasi diteruskan ke *IFFT*, untuk pembuatan simbol *OFDM*. Penggunaan *IFFT* ini memungkinkan pengalokasian frekuensi yang saling tegak lurus (orthogonal). Kemudian simbol – simbol itu diubah lagi ke bentuk serial. Sehingga baru dipancarkan. Pada sistem transmisi dari penerima Data yang diterima pada masing-masing antenna penerima selanjutnya masuk ke demodulator *OFDM*.

2.2 Skema STBC alamouti sistem MIMO-OFDM pada WARP

Skema transmit diversity diusulkan oleh STBC Alamouti [6] didasarkan pada sistem yang hanya berisi dua antenna pemancar. dia simbol data S dibagi menjadi kelompok-kelompok dari dua simbol masing-masing S_1 dan S_2 . Dalam slot waktu berturut-turut, satu antenna mengirimkan S_1 diikuti oleh S_2 , sedangkan antenna kedua mentransmisikan simbol $-S_2^*$ dan S_1^* . Dengan asumsi kondisi flat fading, Fading coefficients dari antenna 1 dan 2 didefenisikan $h_1(t)$ dan $h_2(t)$, masing – masing pada waktu t , dengan mengasumsikan bahwa koefisien konstan di dua periode transmisi simbol data. Mendefinisikan simbol data vektor $S = [S_1 S_2]^T$ serta menerima vektor $r = [r_1 r_2]^T$, r menjadi

$$r = Hs + n \tag{1}$$

Dapat dinyatakan dalam bentuk matrik sebagai berikut :

$$H = \begin{bmatrix} h_1 & -h_2 \\ h_2^* & h_1^* \end{bmatrix} \tag{2}$$

Vektor sinyal yang diterima pada receiver array pada periode simbol pertama adalah:

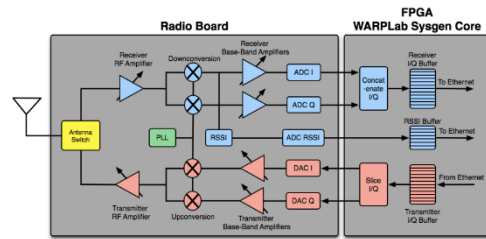
$$y_1 = \sqrt{E_s} H \begin{bmatrix} S_1 / \sqrt{2} \\ S_2^* / \sqrt{2} \end{bmatrix} + n_1 \tag{3}$$

dan vektor sinyal yang diterima pada periode simbol kedua adalah:

$$y_2 = \sqrt{E_s} H \begin{bmatrix} -S_2^* / \sqrt{2} \\ S_1^* / \sqrt{2} \end{bmatrix} + n_2 \tag{4}$$

2.3 Wireless open access research platform

Wireless Open Access Research Platform (WARP) dikembangkan di laboratorium CMC, Rice University. WARP menyediakan platform yang scalable dan dapat dikonfigurasi terutama di disain untuk prototype algoritma komunikasi nirkabel untuk aplikasi yang berorientasi pada edukasi dan research. WARP dapat diprogram dan fleksibel membuatnya mudah untuk mengimplementasikan *protocolphysical* dan *networklayer* [UPH][7]. Gambar 2 menunjukkan WARPLab.

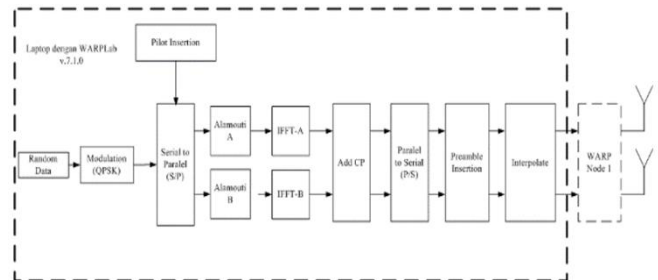


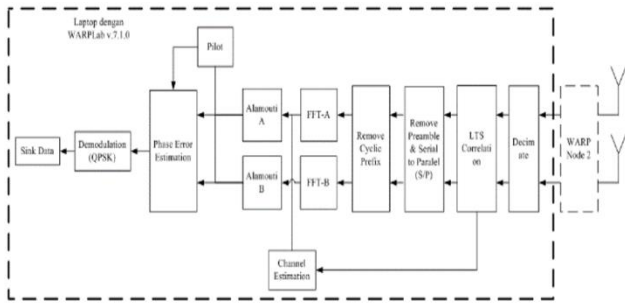
Gambar 2. Design arsitektur WARPLab

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penerapan skema STBC alamouti pada sistem MIMO-OFDM

OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) merupakan suatu teknik *multiplexing* yang membagi-bagi bandwidth menjadi beberapa frekuensi *sub-carrier*. OFDM merupakan bentuk khusus dari *multi-carrier modulation*. Secara umum, diagram blok transmisi sederhana OFDM adalah seperti ditunjukan pada Gambar 1.





Gambar 3. Pengukuran implementasi MIMO-OFDM Skema ALAMOUTI dengan WARP

Dalam sistem MIMO-OFDM STBC alamouti digunakan beberapa parameter untuk dapat menjalankan sistem tersebut pada WARP Parameter yang digunakan seperti pada Tabel 2.

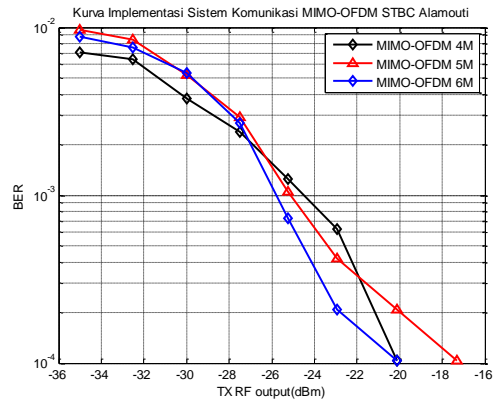
Table 2
Parameter pengukuran

Parameter	Nilai
Bit rate	24 Mbps
QPSK Symbol rate per carrier (baud rate)	12 MBd
Jumlah subcarrier	64 (48 data + 4 pilot)
OFDM symbol rate	250 kBd
Ratio cyclic prefix	25 %
Bit Terkirim	16384 bit
Jarak node Tx dan Rx	Bervariasi
Setting Gain pada WARP:	
- Tx Baseband:	3
- Tx RF:	0- 60 (-35 d Bm s/d -4.7 d Bm)
- Rx Baseband:	2
- Rx RF:	2
Jenis Obstacle	Jaring - jaring kawat

Ada dua *output* yang akan diukur dari penerapan skema STBC Alamouti 2x2 pada sistem MIMO-OFDM berbasis WARP. Pengukuran kinerja dilakukan pada dua kondisi lingkungan (*indoor* dan *outdoor*) dengan menggunakan skema *line-of-sight* (LOS). Gambar 3 menunjukkan blok pengukuran BER Skema STBC Alamouti 2x2 sistem MIMO-OFDM berbasis WARP. Rasio *biterrorrate* didapatkan dari jumlah bit informasi *error* pada penerima dibandingkan dengan jumlah *bit* yang dikirimkan pada pemancar. Dengan merubah-ubah jarak antara node 1 dan node 2 maka kita akan peroleh grafik perbandingan antara BER dan jarak antar *node* (meter).

3.2 Hasil penerapan skema STBC alamouti pada sistem MIMO-OFDM

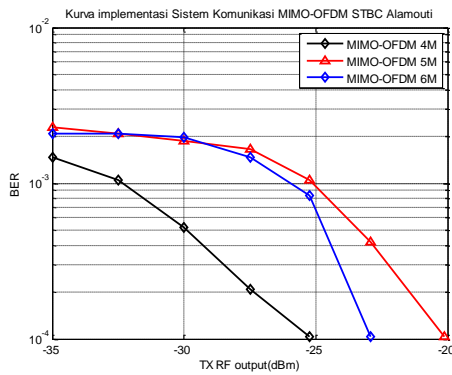
Hasil dari penerapan skema STBC Alamouti sistem MIMO-OFDM pada WARP yang akan analisis adalah kinerja *bit error rate* (BER) terhadap daya pancar. Pada kondisi *indoor* dan *outdoor* ini akan di analisis BER pada perubahan jarak 4 meter, 5 meter dan 6 meter dimana skema yang digunakan yaitu *line-of-sight*, skema LOS ditunjukkan pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Perbandingan BER terhadap daya pancar pada perubahan jarak meter untuk lingkungan *indoor*

Hasil pengukuran perbandingan BER terhadap daya pancar pada perubahan jarak 4,5, dan 6 meter *indoor* di tunjukkan pada Gambar 4. Jarak minimal pengukuran adalah 4 meter dikarenakan pada jarak 2 meter pada daya pancar -35 dBm nilai BER sudah 0 dan pada jarak 4 meter nilai BER pada daya pancar -35 dBm adalah 1.458×10^{-3} . Dilihat dari hasil pengukuran pada gambar 4.14 dan tabel pada lampiran 1 kinerja sistem komunikasi MIMO-OFDM pada jarak 4 meter lebih baik dari pada jarak 5 dan 6 meter itu dilihat dari BER yang dihasilkan pada saat daya pancar -25.25 dBm untuk jarak 4 meter BER bernilai 1.08×10^{-4} sedangkan saat jarak 5 meter BER bernilai 1.042×10^{-3} dan untuk jarak 6 meter BER bernilai 8.33×10^{-4} terlihat bahwa nilai BER terbaik didapatkan pada jarak 4 meter, dan saat perubahan jarak daya pancar harus lebih besar untuk mendapatkan nilai BER yang lebih baik tapi pada saat jarak 6 meter nilai BER lebih baik dari pada jarak 5 meter terlihat pada nilai BER terkecil yang di dapatkan adalah 1.04×10^{-4} pada jarak 4 meter dibutuhkan daya pancar -25.25 dan untuk 5 meter -20.125 sedangkan pada jarak 6 meter dibutuhkan daya pancar -22.9372 terlihat bahwa jarak 6 meter lebih baik dari pada 5 meter terlihat bahwa sistem komunikasi MIMO-OFDM STBC Alamouti ini baik terhadap perubahan jarak.

Hasil pengukuran perbandingan BER terhadap daya pancar pada perubahan jarak 4,5, dan 6 meter *outdoor* di tunjukkan pada Gambar 5. Hasil pengukuran nilai BER pada kondisi *outdoor* saat pengukuran menghasilkan BER lebih jelek di bandingkan dengan *indoor* dapat dilihat pada nilai BER pada saat -35 dBm pengukuran *outdoor* jarak 4 meter menghasilkan nilai BER 7.083×10^{-3} sedangkan pengukuran kondisi *indoor* nilai BER bernilai 1.458×10^{-3} dan untuk nilai BER terkecil 1.04×10^{-4} pada saat *outdoor* didapat pada saat daya pancar -20.125 dBm sedangkan pada kondisi *indoor* didapat pada saat daya pancar -25.25 dBm. Untuk perbandingan jarak kondisi *outdoor* pada gambar 4.12 dapat



Gambar 5. perbandingan BER terhadap daya pancar pada perubahan jarak meter untuk lingkungan *outdoor*

dilihat pada jarak 4 meter lebih baik dari pada jarak 5 dan 6 meter dilihat dari nilai BER pada saat daya pancar mulai dari -35 dBm sampai -27.5 dBm, dan pada saat daya pancar lebih dari -27.5 dBm samapi -20.125 dBm nilai BER terbaik didapat pada saat jarak 6 meter. Untuk nilai BER masing-masing dari jarak didapat nilai BER terkecil adalah 1.04×10^{-4} pada jarak 4 meter di dapat pada daya pancar -20.125 dBm dan untuk jarak 5 meter didapatkan pada daya pancar -17.3125 dBm pada jarak 6 meter didapat nilai BER 1.04×10^{-4} pada saat daya pancar -20.125 dBm.

4. Simpulan

Kesimpulan penerapan skema STBC alamouti 2x2 pada sistem komunikasi MIMO-OFDM yang telah disimulasi menggunakan MATLAB. Hasil yang diperoleh dari simulasi adalah grafik perbandingan *bit error rate* terhadap E_b/N_0 . Nilai BER yang diperoleh dari simulasi menunjukkan penerapan skema STBC alamouti 2x2 pada sistem komunikasi MIMO-OFDM kondisi *indoor* lebih baik dibandingkan dengan penerapan skema STBC alamouti 2x2 pada sistem komunikasi MIMO-OFDM kondisi *outdoor* di lihat dari hasil perbandingan *bit error rate* terhadap E_b/N_0 pada gambar 4 dan 5, pada jarak 4 meter nilai BER pada saat -35 dBm pengukuran kondisi *outdoor* menghasilkan nilai BER 7.083×10^{-3} sedangkan pengukuran kondisi *indoor* nilai BER bernilai 1.458×10^{-3} dan untuk nilai BER terkecil 1.04×10^{-4} pada saat *outdoor* didapat pada saat daya pancar -20.125 dBm sedangkan pada kondisi *indoor* didapat pada saat daya pancar -25.25 dBm.

Referensi

[1] Akbar M. Sayeed, "Multiuser Detection in Fast-Fading Multipath Environments". *IEEE Journal On Selected Areas In Communications*, Vol. 16, 9, 1998.

[2] Andrews, J.G. Ghosh, A. and Muhamed, R. "Fundamentals of WiMAX". Pearson Education, Inc. New Jersey, 2007.

[3] Uma Shanker Jha and Ramjee Prasad. "OFDM Towards Fixed and Mobile Broadband Wireless Access", Artech House, Inc, 2007.

[4] Gesbert, David et al. "From Theory to Practice: An Overview of MIMO Space-Time Coded Wireless Systems". Tutorial Paper, *IEEE Journal On Selected Areas In Communication* Vol. 21, 3, 2003.

[5] S. M. Alamouti. "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications". *IEEE J. Sel. Areas Commun*, Vol. 16, 1451, 1998.

[6] Jankiraman, Mohinder. "Space-Time Codes and MIMO Systems", Artech House, Inc, 2004.

[7] <http://warp.rice.edu/trac/>.

[8] S.M Alamouti. "A simple transmit diversity technique for wireless communications". *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. Vol. 16, 1451-1458, 1998.