

Implementasi dan Evaluasi Kinerja *Multi Input Single Output Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (MISO OFDM) Menggunakan WARP

Galih Permana Putra, Titiek Suryani, dan Suwadi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: titiks@ee.its.ac.id, suwadi@ee.its.ac.id, galih13@mhs.ee.its.ac.id

Abstrak—Teknologi komunikasi nirkabel terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan manusia akan koneksi informasi yang cepat, pengiriman data yang berkapasitas besar dan dapat diandalkan. Di dalam proses tersebut banyak sekali gangguan yang dapat mempengaruhi penurunan kinerja komunikasi diantaranya adalah *multipath fading* [1]. *Multi Input Single Output* (MISO) merupakan salah satu teknik *space diversity* yang menggunakan banyak antena dengan tujuan untuk mengatasi *multipath fading*. Adapun pada proses transmisi digunakan teknik *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing* (OFDM) yang bertujuan memberikan keuntungan dalam hal efisiensi pada saat transmisi data dan mampu menghindari *Inter Symbol Interference* (ISI). Pada penelitian ini akan dibandingkan kinerja sistem MISO OFDM dan SISO OFDM yang akan disimulasikan dan diimplementasikan pada modul *Wireless Open Access* Penelitian Platform (WARP) untuk mengevaluasi kinerja BER sebagai fungsi dari daya pancar dan jarak variasi. Parameter yang digunakan di dalam pengukuran berdasarkan IEEE 802.11 a/g karena menggunakan frekuensi 2,4 Ghz.

Terdapat dua skema pengukuran yaitu SISO OFDM dan MISO OFDM dengan variasi jarak 4,6 dan 8 meter dengan variasi daya pancar -35 s/d -4 dBm dengan peningkatan *gain* 5 kali secara berkala. Dari dua skema yang dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak antara pemancar dan penerima maka dibutuhkan penambahan *gain* untuk menjaga kualitas data yang dikirimkan. Disamping itu, terdapat perbedaan nilai *gain* untuk mencapai nilai BER = 10^{-3} dibutuhkan penambahan *gain* = - 33 sedangkan pada SISO OFM dibutuhkan penambahan *gain* = -18.

Kata Kunci— MISO ,OFDM, WARP, IEEE 802.11g

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan manusia akan koneksi informasi yang cepat, berkapasitas besar dan dapat diandalkan. Berbagai penelitian telah dilaksanakan untuk menghasilkan pengembangan transmisi yang memiliki efisiensi *spectral* yang lebih tinggi serta mempunyai kelebihan dalam ketangguhan terhadap berbagai gangguan kanal nirkabel dibandingkan dengan yang telah diaplikasikan pada saat ini.

Perkembangan teknologi tersebut dapat dilihat dengan adanya beberapa perubahan dimana pada awalnya hanya menggunakan satu antena pada pengirim dan satu antena pada penerima *Single input Single Output* (SISO), kemudian teknologi ini berkembang dengan teknik MISO yang memanfaatkan diversitas antena dengan tujuan untuk

memperbaiki sistem kekebalan terhadap interferensi dengan *resource* radio yang sama yang digabungkan dengan teknik OFDM yang memberikan keuntungan dalam hal efisiensi *bandwidth* dan keunggulan dalam menghadapi gangguan lintasan jamak, serta modulasi adaptif memungkinkan sistem mengubah mode modulasinya untuk mendapatkan *bit rate* yang optimal sehingga secara teoritis dapat meningkatkan *signal to noise ratio* (SNR) dan *bit rate* data yang ditransmisikan.

Pada penelitian kali ini bertujuan untuk membandingkan evaluasi kinerja teknik MISO OFDM dan SISO OFDM pada jarak 4, 6 dan 8 m yang akan diimplementasikan dengan perangkat WARP dengan menggunakan standar IEEE 802.11g karena frekuensi kerja yang digunakan 2,4 Ghz dan dalam proses operasionalnya menggunakan *software* Matlab.

II. TEORI PENUNJANG

A. Transmit Diversity dengan Metode Alamouti

Transmit diversity merupakan salah satu jenis *space diversity* dengan menggunakan banyak antena pada sisi pemancar. Alamouti telah berhasil menemukan desain kode sederhana dalam *transmit diversity* yang disebut dengan *Space Time Block Code* (STBC). Metode ini mampu meningkatkan performansi BER, *data rate* atau kapasitas dari sistem komunikasi tanpa kabel dengan tidak membutuhkan *bandwidth* tambahan [2]. Metode ini juga dapat digunakan untuk meningkatkan jarak atau jangkauan dari sistem tanpa kabel, dengan kata lain metode ini efektif dalam aplikasi yang kapasitas sistemnya dibatasi oleh *multipath fading*.

Pada tahap *encoding* dan *transmission sequence* dua buah sinyal ditransmisikan secara bersamaan dari dua antena pemancar yang berbeda [3]. Sinyal yang ditransmisikan dari antena pemancar nol dinotasikan sebagai S_0 dan untuk antena pemancar satu dinotasikan sebagai S_1 . Pada periode simbol berikutnya sinyal ($-S_1^*$) ditransmisikan dari antena pemancar nol, sedangkan simbol (S_0^*) ditransmisikan dari antena pemancar pertama. Tanda * merupakan operasi kompleks *conjugate*. *Sequence* ini ditunjukkan dalam tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1.
Encoding dan Transmission Sequence

	Antena 0	Antena 1
Waktu t	S_0	S_1
Waktu t+T	$-S_1^*$	S_0^*

Kanal pada waktu t dimodelkan dengan *complex multicative distortion* dan dinotasikan dengan $h_0(t)$ untuk antena pemancar nol dan $h_1(t)$ untuk antena pemancar satu. Dengan mengasumsikan *fading* dan bersifat konstan antara dua simbol yang berurutan dapat ditulis:

$$h_0(t) = h_0(t) = h_0 = \alpha_0 e^{j\theta_0} \tag{1}$$

$$h_1(t) = h_1(t+T) = h_1 = \alpha_1 e^{j\theta_1} \tag{2}$$

dimana T merupakan durasi simbol. Sinyal yang diterima dapat diekspresikan sebagai berikut:

$$r_0 = r(t) = h_0 s_0 + h_1 s_1 + n_0 \tag{3}$$

$$r_1 = r(t+T) = h_0 s_1^* + h_1 s_0^* + n_1 \tag{4}$$

Dimana r_0 dan r_1 masing-masing adalah sinyal yang diterima pada waktu t dan $t + T$ sedangkan n_0 dan n_1 merupakan *noise* pada penerima.

B. Prinsip OFDM

Pada OFDM, *bandwidth* sinyal dibagi menjadi banyak *sub channel* yang ditransmisikan secara paralel untuk menghilangkan efek *delay spread* [4]. *Sub-channel* yang berdekatan saling *overlapped* dengan menjaga sifat *orthogonalitas* sehingga *bandwidth* lebih efisien. Di depan simbol OFDM di tambahkan *cyclic prefix* untuk menghilangkan *InterSymbol Interference*[ISI]. Standar IEEE 802.11 g digunakan karena menggunakan frekuensi kerja 2,4 Ghz.

C. Mapper dan demapper Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

Pada penelitian ini proses *mapping* menggunakan modulasi QPSK atau *quadrature-PSK* dimana informasi yang akan dikirimkan diubah menjadi simbol QPSK. Tujuan dari *mapping* ini adalah untuk mendapatkan 4 *phase output* yang berbeda dimana pada prosesnya dibutuhkan 4 kondisi input yang berbeda dengan menggunakan bit input lebih dari 1 bit tunggal. Dalam hal ini, yaitu menggunakan 2 bit, sehingga ada 4 kondisi yang mungkin yaitu: 00, 01, 10 dan 11. Singkatnya dalam modulasi QPSK menghasilkan output berupa *simbol* dimana dalam 1 *simbol* mewakili 2 bit. Pada *demapping* proses yang terjadi berkebalikan dari *mapping*, yaitu perubahan dari *simbol-simbol* menjadi suatu bit. Dimana 1 *simbol* mewakili 2 bit.

D. IFFT dan FFT

Proses IFFT dan FFT merupakan inti dalam sistem OFDM dengan konsep *multicarrier*. Pada proses IFFT berfungsi untuk membangkitkan frekuensi *carrier* yang saling *orthogonal* satu sama lain. Jumlah titik IFFT pada implementasi bernilai 2^n , dengan n adalah bilangan bulat positif. Titik IFFT bisa diset sesuai dengan jumlah *subcarrier* yang digunakan atau lebih besar. Dalam implementasi di WARP nanti, jumlah titik IFFT merupakan jumlah dari *subcarrier* yang berisi data input dan *guard subcarrier* yang berisi data dengan nilai 0. Sementara blok FFT berfungsi sebagai osilator lokal pada penerima yang akan memisahkan antara frekuensi *carrier* dengan simbol-simbol OFDM yang berbeda pada frekuensi tersebut. Jumlah titik FFT sama seperti jumlah titik IFFT. Berdasarkan [5]

persamaan untuk proses IFFT pada pemancar untuk *sample* ke- n di simbol OFDM ke- m yaitu:

$$s_{m,n} = \sqrt{\frac{1}{N}} \sum_{k=0}^{N-1} A_{m,k} e^{j2\pi \frac{kn}{N}}, 0 \leq n \leq N - 1 \tag{5}$$

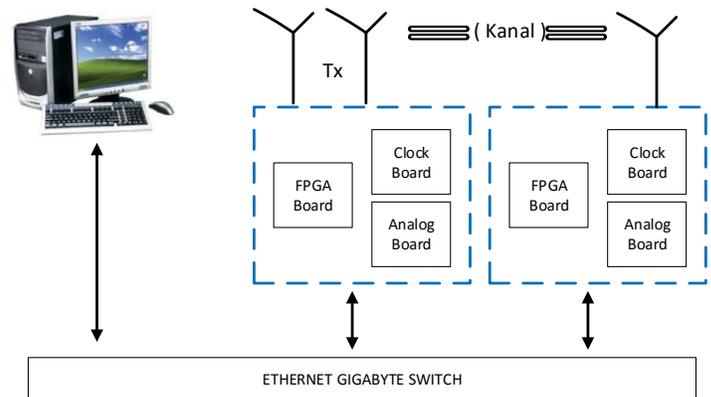
Dimana:

N = Ukuran IFFT

$A_{m,k}$ = Simbol data hasil modulasi pada *subcarrier* ke- k di simbol OFDM ke- m .

III. DESAIN SISTEM MISO OFDM

Proses integrasi pada matlab dengan menggunakan modul WARP merupakan tahap awal yang bertujuan untuk menyiapkan perangkat agar sistem MISO OFDM dapat digunakan. Pada tahap ini dibutuhkan beberapa perangkat agar sistem MISO OFDM dapat bekerja dengan baik. Secara *Hardware Architecture* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Proses Integrasi Matlab pada WARP

Pada konsep desain perancangan sistem MISO OFDM pada tugas akhir ini dibangun dari sistem pemancar dan sistem penerima yang akan diimplementasikan dengan menggunakan modul WARP. Pada sisi pemancar proses MISO OFDM dimulai dengan pembangkitan data acak yang akan di-*mapping* dengan skema modulasi QPSK. Dalam modulasi tersebut setiap dua bit informasi di *mapping* menjadi satu simbol, *mapping* bit informasi menjadi simbol-simbol kemudian ada penambahan pilot dan mengalami STBC *encoding* sebelum proses IFFT kemudian ada penambahan *cyclic prefix* dan *preamble* sebelum ditransmisikan melalui modul WARP dengan menggunakan dua buah antena.

Adapun pada sisi penerima proses yang terjadi berkebalikan dengan proses pemancar dimana data tersebut akan diterima oleh satu buah antena yang akan mengalami beberapa proses diantaranya adalah pelepasan *preamble* dan *cyclic prefix* serta ada proses estimasi kanal dan estimasi fase *error*. Kemudian sebelum di *demapping* terdapat proses STBC *decoding* sehingga data dapat dihasilkan.

A. Proses pada sisi pemancar

Seperti yang telah di pelajari diatas pada sisi pemancar terdapat beberapa proses yang di alami oleh sinyal hingga menjadi sebuah data dan kemudian di ubah menjadi sinyal lagi untuk di pancarkan. Adapun proses tersebut antara lain:

1. Pembangkitan sinyal secara acak
2. Modulasi QPSK
3. Penambahan Pilot
4. Perubahan dari serial ke paralel
5. IFFT
6. Penambahan *Cyclic prefix*
7. Perubahan dari paralel ke seri
8. Interpolasi

B. Proses pada sisi penerima

Pada sisi penerima terdapat beberapa proses sehingga memperoleh data yang diinginkan, diantaranya antara lain:

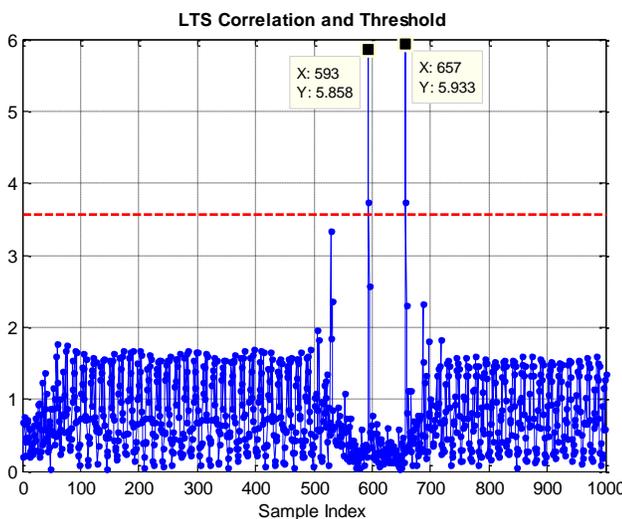
1. Proses Desimasi
2. Proses *Cross Correlation* antara *preamble* pada penerima dan LTS pada pemancar
3. Proses penghilangan *Cyclic prefix*
4. Proses FFT
5. Proses *Equalizer*
6. Proses konversi Paralel ke serial

IV. ANALISA DATA

A. Korelasi LTS

Pada Gambar 2 terlihat terdapat 2 nilai puncak yang dihasilkan dari korelasi LTS. Sementara untuk garis merah menandakan nilai *threshold* yang diijinkan. Nilai *threshold* yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu 0.6 dari nilai puncak.

Nilai puncak tersebut menandakan lokasi dari 2 buah LTS yang digunakan dalam sistem tersebut. Nilai puncak tersebut berada pada *sample* ke 593 dan 657, yang memiliki selisih dari kedua nilai tersebut yaitu 64 sesuai dengan banyaknya *sample* dalam 1 buah LTS. Nilai puncak tersebut akan berbeda-beda pada setiap pengukuran. Selanjutnya dari kedua nilai tersebut dapat diketahui letak *simbol* OFDM yang pertama.



Gambar 2. Hasil korelasi LTS.

B. Analisa BER terhadap variasi jarak pada MISO OFDM

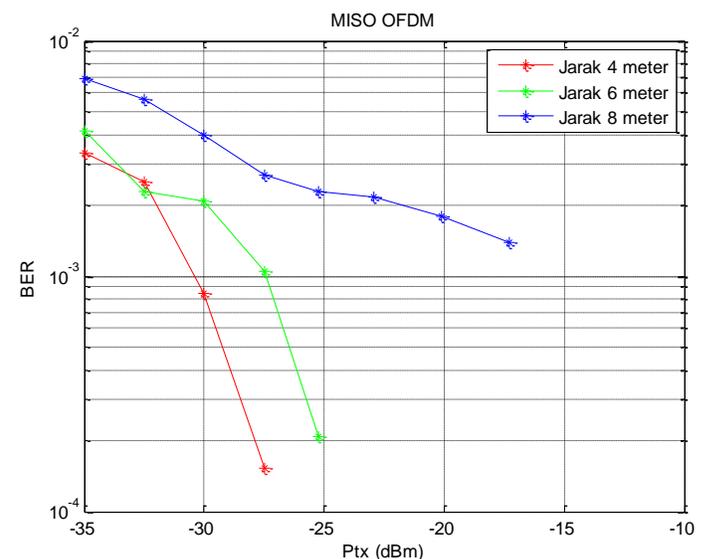
Pengukuran yang pertama dilakukan pada jarak antara WARP TX dan RX sejauh 4 meter. Berdasarkan Gambar 3, bisa dilihat pada jarak 4 meter hasil kurva BER menunjukkan nilai BER yang semakin kecil dengan semakin meningkatnya nilai *gain*. Saat nilai *gain* = 0 dB, maka nilai BER yang didapat

adalah 0,00330. Hal ini menunjukkan bahwa pada modul WARP *gain* pemancar tidak dikuatkan sama sekali atau dikuatkan 0 kali sehingga memiliki nilai daya pancar yang rendah yaitu -42 dBm. Kemudian dilakukan perubahan terhadap nilai *gain* dengan kelipatan 5 kali sampai nilai *gain* maksimal yaitu 60. Terdapat perubahan nilai BER pada saat *gain* = 5 dB, yaitu menjadi 0,00250. Hasil tersebut menunjukkan perbaikan pada nilai BER ketika nilai *gain* ditingkatkan yang sesuai dengan teori yang ada. Selanjutnya pada saat daya pancar -27,5 dBm nilai BER = 0 hal ini menunjukkan bahwa ketika *gain* = 20 dB atau dikuatkan 20 kali maka nilai BER yang didapatkan adalah 0.

Pengukuran berikutnya dilakukan pada jarak antara WARP TX dan RX sejauh 6 meter. Pada Saat nilai *gain* = 0 dB, maka nilai BER yang didapat adalah 0,004200. Kemudian dilakukan perubahan nilai *gain* sebesar 5 dB dengan daya pancar sebesar -39 dBm yang menghasilkan nilai BER sebesar 0,002300. Nilai BER tersebut menunjukkan penurunan yang cukup besar dari nilai BER yang sebelumnya sebesar 0,0019. Pada pengukuran ini nilai BER = 0 didapatkan saat daya pancar -25,25 dBm. Nilai BER = 0 hal ini menunjukkan bahwa ketika *gain* = 25 dB atau dikuatkan 25 kali.

Pengukuran berikutnya dilakukan pada jarak antara WARP TX dan RX sejauh 8 meter. Pada saat *gain* = 0 dB nilai BER yang didapat adalah 0,00690. Setelah mengalami penguatan *gain* = 40 atau daya pancar -17 dBm terdapat nilai BER = 0. Jika dibandingkan dengan jarak sebelumnya perubahan nilai BER pada jarak 8 m cukup kecil saat penambahan nilai *gain*, sehingga pada saat nilai *gain* terbesar tidak mencapai nilai BER = 10^{-3} .

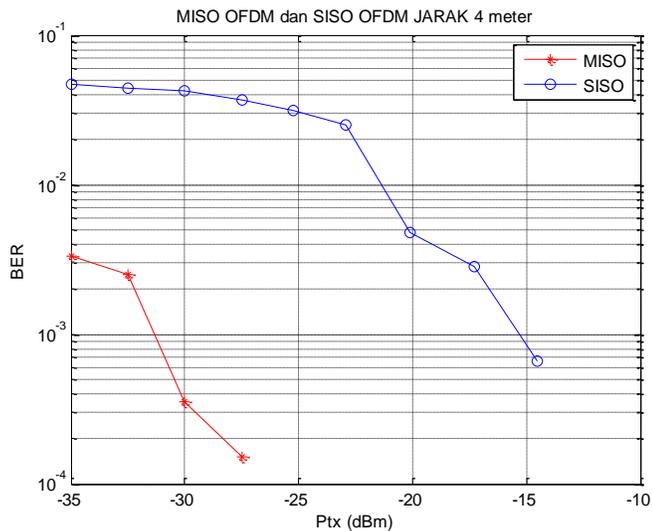
Dapat diambil kesimpulan bahwa dari pengambilan data ini bahwa perubahan jarak yang semakin jauh akan menyebabkan nilai BER semakin naik. Jika nilai *noise* pada saat pengukuran diasumsikan sama, maka perubahan jarak yang semakin besar akan menyebabkan sinyal mengalami peredaman yang besar pula. Peredaman tersebut akan menyebabkan nilai *Signal to Ratio* (SNR) mengalami penurunan sehingga menyebabkan nilai BER naik.



Gambar 3. Grafik kurva BER MISO OFDM

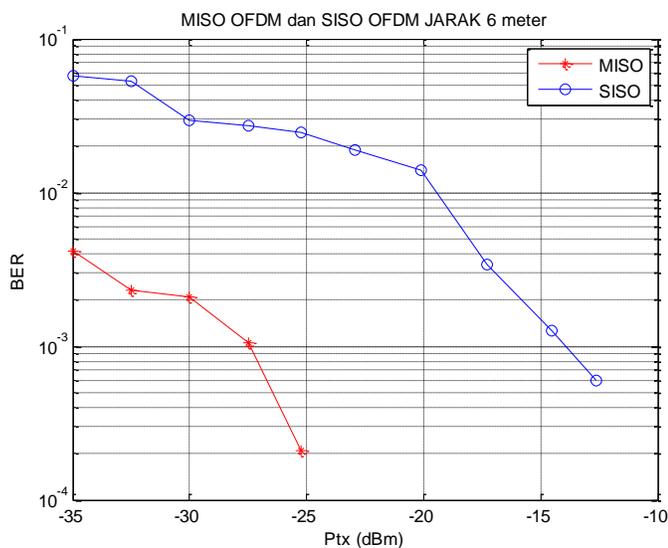
C. Analisa perbandingan MISO OFDM dengan SISO OFDM

Pada Gambar 4. dapat dilihat bahwa pengukuran pada SISO OFDM maupun MISO OFDM pada jarak 4 meter hasil yang didapat sesuai dengan teori dimana nilai BER yang didapatkan akan semakin kecil dengan semakin meningkatnya nilai gain, akan tetapi MISO OFDM memiliki nilai yang lebih baik di bandingkan dengan SISO OFDM di mana pada MISO OFDM nilai BER = 0 terjadi pada saat daya pancar -27 dBm sedangkan pada SISO OFDM daya pancar -14,5 dBm sehingga dibutuhkan penguatan yang lebih tinggi lagi.



Gambar IV. Kurva BER SISO dan MISO OFDM jarak 4 meter

Dari gambar 4 juga dapat dilihat untuk mencapai nilai BER = 10⁻³, SISO OFDM membutuhkan daya pancar -16 dBm sedangkan untuk MISO OFDM membutuhkan daya pancar -32 dBm sehingga daya pancar yang dibutuhkan lebih kecil untuk MISO OFDM.

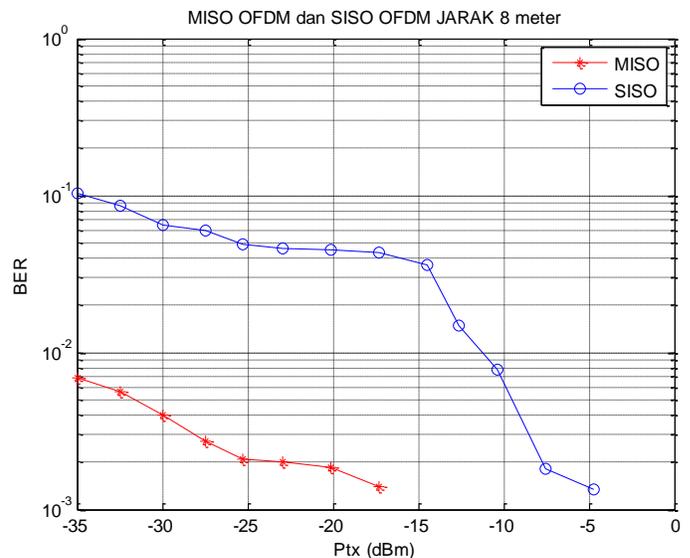


Gambar 5. Kurva BER SISO dan MISO OFDM jarak 6 meter

Berdasarkan Gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa pengukuran pada SISO OFDM maupun MISO OFDM pada jarak 6 meter hasil yang didapat memiliki selisih nilai BER yang cukup besar, dimana ketika penguatan 0 dB untuk MISO

OFDM bernilai 0,004200 dan untuk SISO OFDM bernilai 0,0569223. Nilai BER = 0 terjadi pada saat daya pancar 25 dBm untuk MISO OFDM sedangkan pada SISO OFDM nilai BER = 0 didapat setelah daya pancar -12 dBm. Jika diamati pada Gambar 5 selisih nilai BER yang cukup besar terjadi dari nilai penguatan 0 dB sampai dengan 60 dB. Nilai BER=10⁻³ pada SISO OFDM didapatkan pada daya pancar -28 dBm sedangkan untuk MISO OFDM terjadi saat daya pancar sebesar -14 dBm.

Hasil Gambar 6 terlihat bahwa kinerja pada SISO OFDM maupun MISO OFDM pada jarak 8 meter memiliki selisih nilai BER yang cukup besar, dimana ketika penguatan 0 dB untuk MISO OFDM bernilai 0,006900 dan untuk SISO OFDM bernilai 0,10324156. Sehingga pada Gambar 6 terlihat perbedaan kurva yang cukup jauh saat SISO OFDM dan MISO OFDM. Meskipun nilai BER berbeda begitu jauh, akan tetapi nilai BER keduanya tidak bisa mencapai nilai 10⁻³. Sehingga dapat dianalisa bahwa pada jarak 8 meter pada MISO OFDM masih dibutuhkan penguatan daya yang lebih tinggi lagi dan belum bisa mengatasi gangguan yang disebabkan oleh noise.



Gambar 6. Kurva BER SISO dan MISO OFDM jarak 8 meter

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran pada skema SISO OFDM untuk mendapatkan nilai BER = 0 dibutuhkan daya pancar senilai -12 dBm pada jarak 4 meter, -10,4 dBm pada jarak 6 meter dan pada jarak 8 meter tidak mendapatkan BER = 0. Sedangkan pada MISO OFDM untuk mendapatkan nilai BER = 0 dibutuhkan daya pancar senilai -25,25 dBm pada jarak 4 meter, -22,9 dBm pada jarak 6 meter daya pancar senilai -14,5 dBm, sehingga dapat disimpulkan bahwa MISO OFDM lebih baik pada SISO OFDM. Disamping itu nilai BER juga dipengaruhi oleh nilai daya pancar dan jarak antara sumber dan tujuan. Semakin besar nilai daya pancar, nilai BER semakin kecil sementara semakin besar jarak antara sumber dan tujuan, semakin besar nya nilai BER.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suwadi, Titiek Suryani, dan Ida Anisah, Performance analysis of cooperative communication systems using wireless open access research platform for indoor and outdoor environment, "journal of theoretical and applied information technology", 31st January 2016. Vol.83. No.3.
- [2] Tarokh, V, Jafarkhani,H, dan Calderbank, A.R, "Space-Time block codes from orthogonal design", IEEE Trans, inform.Theory,Vol 45,no 5,pp.1456-1467,July 1999.
- [3] Alamouti, Siavash M., "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications", IEEE journal on select areas in communications., vol. 16 no 8, hal 1451-1458, oct 1998.
- [4] Titiek Suryani, Suwadi, Hasan, "Implementation and Performance Evaluation of Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) using WARP" IEEE International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications 2015.
- [5] Abhayawardhana,V.S.IJ Wassell, "*Common Phase Error Correction with feedback for OFDM in WirelessCommunication*", IEEE Global Telecommunications Conference,2002.