

ANALISIS KINERJA OSTBC (Orthogonal Space Time Block Code) DENGAN RATE $\frac{1}{2}$ DAN $\frac{3}{4}$ MENGGUNAKAN 4 DAN 3 ANTENA MODULASI M-PSK BERBASIS PERANGKAT LUNAK

Nizal Fanani, Yoedy Moegiharto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Telekomunikasi Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Email : ical.garez@gmail.com

²Staff Pengajar Jurusan Teknik Telekomunikasi Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Kampus ITS Jln. Raya ITS, Sukolilo 60111

Email : yomoegiharto@eepis-its.edu

ABSTRAK

Pada komunikasi wireless memiliki salah satu ciri yaitu fenomena multipath fading, dibutuhkan suatu teknologi yang mampu membuat sinyal pantulan tidak menghilangkan sinyal utama. Penggunaan multi antenna pada sisi transmitter dan receiver diharapkan mampu menghasilkan peningkatan kualitas layanan komunikasi wireless tersebut. Teknik ini dikenal sebagai MIMO (Multiple Input Multiple Output). Salah satu skema MIMO adalah STBC (Space Time Block Code), yang memiliki subkelas yaitu OSTBC (Orthogonal Space Time Block Code). Prinsipnya OSTBC yaitu mengirimkan beberapa replika sinyal informasi pada kanal independent fading dalam format sinyal yang ortogonal, sehingga di penerima minimal ada satu sinyal yang tidak mengalami fading terburuk. Sehingga dengan itu proses pengiriman data lebih cepat dan lebih handal dan ditandai dengan BER (Bit Error Rate) yang rendah.

Kata Kunci : Multipath fading, OSTBC (Orthogonal Space Time Block Code), rate

1. PENDAHULUAN

Jaringan komunikasi wireless atau nirkabel merupakan teknologi berbasis setandar IEEE 802. Perkembangan teknologi diharapkan memungkinkan akses terhadap layanan multimedia melalui koneksi nirkabel dengan jarak perangkat lebih jauh dan memungkinkan memancarkan berbagai sinyal dalam jarak yang sangat berdekatan tanpa khawatir bahwa sinyal akan saling mengganggu atau berinterferensi sehingga kita dapat menumpangkan lalu lintas data dengan kecepatan tinggi dalam berbagai kanal.

Fenomenal fundamental yang menyebabkan telekomunikasi nirkabel sulit adalah adanya interferensi dan multipath fading. Interferensi adalah gangguan yang muncul pada sinyal akibat gangguan dari sinyal lain. Fading merupakan fluktuasi amplitudo secara cepat disebabkan di terimanya lebih dari satu sinyal akibat dari multipath propagation. Fenomenal inilah yang menyebabkan transmisi nirkabel menjadi tantangan di bandingkan dengan wireline. Meningkatkan kualitas atau mengurangi error rate efektif pada kanal multipath fading adalah pekerjaan yang sulit. Permasalahan yang muncul adalah bagaimana meningkatkan efisiensi spectrum kanal dan menekan bit error rate pada sistem nirkabel menggunakan teknik Transmisi Diversity berbasis OSTBC (Orthogonal Space Time Block Code) dengan rate $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ menggunakan 4 dan 3 antenna modulasi M-PSK melalui rayleigh fading.

2. Modulasi PSK

Modulasi adalah proses perubahan suatu gelombang periodik sehingga menjadikan suatu

sinyal mampu membawa suatu informasi. Dengan proses modulasi, suatu informasi (biasanya berfrekuensi rendah) bisa dimasukkan ke dalam suatu gelombang pembawa, biasanya berupa gelombang sinus berfrekuensi tinggi. Terdapat tiga parameter kunci pada suatu gelombang sinusoidal yaitu : amplitudo, fase dan frekuensi. Ketiga parameter tersebut dapat dimodifikasi sesuai dengan sinyal informasi (berfrekuensi rendah) untuk membentuk sinyal yang termodulasi.

Phase Shift keying (PSK) adalah modulasi digital yang menyampaikan data dengan mengubah atau memodulasi fase dari sinyal carrier. Dalam proses modulasi ini fase dari frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan status sinyal informasi digital. Sudut fase sangat berpengaruh untuk stabilitas frekuensi pada penerima. Guna memudahkan untuk memperoleh stabilitas pada penerima, maka dipakai suatu teknik yang koheren dengan PSK yang berbeda-beda.

3. Quaternary Phase Shift Keying(QPSK)

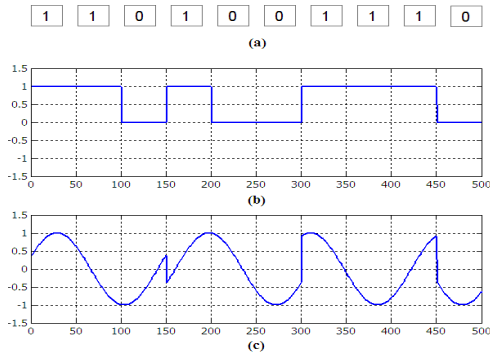
Quaternary Phase Shift Keying (QPSK) merupakan bentuk lain dari sistem modulasi sudut dengan envelope konstan. QPSK merupakan teknik M-ary encoding dimana M=4 (Quaternary) dan dapat mengkodekan dua bit per symbol. QPSK dua kali mengirimkan data rate dalam bandwidth yang diberikan daripada BPSK tetapi pemancar dan penerima QPSK adalah lebih rumit dibanding BPSK.

QPSK memungkinkan mempunyai empat output phase untuk sebuah single carrier. Karena mempunyai empat output phase yang berbeda, maka harus mempunyai empat kondisi input

berbeda. Agar mempunyai empat kondisi input yang berbeda, maka setiap deretan bit input diambil setiap 2 group bit. Dengan 2 group bit, maka kondisi input yang mungkin adalah 00, 01, 10 dan 11. Setiap dibit (dua) bit code code menghasilkan satu dari empat output phase yang dihasilkan.

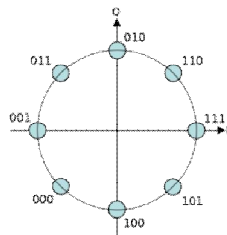
3. Eight Phase Shift Keying (8PSK)

Eight-PSK (8-PSK) merupakan teknik M-ary encoding dimana $M = 8$. Dengan modulator 8PSK akan menghasilkan delapan perbedaan phase output. Untuk menghasilkan delapan phase output yang berbeda, maka diperlukan pengelompokan 3 bit input yang dinamakan tribits ($2^3 = 8$). Tiap simbol dari modulasi 8PSK berisi 3 bit binari.



Gambar 1. (a) Data binari, (b) Sinyal binari, (c) Sinyal binari yang di modulasi 8PSK

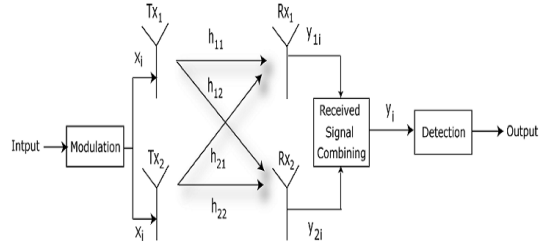
Sebagai catatan, bahwa tribit kode pada phase yang berdekatan mempunyai perbedaan hanya satu bit yang berbeda. Gambar berikut menunjukkan konstelasi 8-PSK. Maka kondisi input yang mungkin adalah tribit 001, 010, 011, 100, 101, 110, dan 111. Setiap tribit (tiga) bit code code menghasilkan satu dari delapan output phase yang dihasilkan.



Gambar 2 : Gambar diagram konstelasi 8PSK

4. Multiple Input Multiple Output (MIMO)

Multiple Input Multiple Output (MIMO) Sistem ini menggunakan sejumlah N antena pemancar dan sejumlah M antena penerima untuk dapat mentransmisikan sinyal informasi dari beberapa pengirim ke beberapa penerima. Untuk memperoleh Space diversity MIMO digunakan beberapa antena seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 3. Space Diversity MIMO

Dengan teknologi MIMO, sebuah receiver atau transmitter menggunakan lebih dari satu antena. Tujuannya adalah untuk menjadikan sinyal pantulan sebagai penguat sinyal utama sehingga tidak saling menggagalkan. Kelemahan utama dari space diversity adalah bahwa sinyal berbeda perlu diberikan pada fading yang independent. Hal ini berarti antena harus ditempatkan pada jarak tertentu sehingga sinyal yang diterima atau ditransmisikan melalui kanal yang tidak berkorelasi. Jika antena ditempatkan tanpa pengaturan jarak yang sesuai maka semua antena akan melalui jalur yang hampir sama. Sehingga salinan sinyal yang diterima akan berkorelasi. Hasilnya keuntungan diversitas tidak dapat diperoleh.

Kelemahan yang lain yaitu MIMO yaitu adanya waktu interval yang menyebabkan adanya sedikit delay pada antena akan mengirimkan sinyal, meskipun pengiriman sinyalnya sendiri lebih cepat. Waktu interval ini terjadi karena adanya proses di mana system harus membagi sinyal mengikuti jumlah antena yang dimiliki oleh perangkat MIMO yang jumlahnya lebih dari satu.

5. Space-Time Block Code (STBC)

Space time block code merupakan teknik transmisi diversity yang mampu meningkatkan BER, data rate atau kapasitas komunikasi tanpa kabel dengan tidak membutuhkan bandwidth tambahan. Metode ini juga dapat digunakan untuk meningkatkan jarak atau jangkauan dari sistem nirkabel. Dengan kata lain metode ini efektif dalam aplikasi yang kapasitas sistemnya di batasi oleh multipath fading. Sebuah STBC biasanya diwakili oleh sebuah matriks. Setiap baris mewakili sebuah slot waktu dan setiap kolom merupakan salah satu antena transmisi dari waktu ke waktu

$$\begin{matrix} \text{transmit antennas} \\ \left[\begin{array}{cccc} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1n_T} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2n_T} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ s_{T1} & s_{T2} & \cdots & s_{Tn_T} \end{array} \right] \end{matrix}$$

time-slots

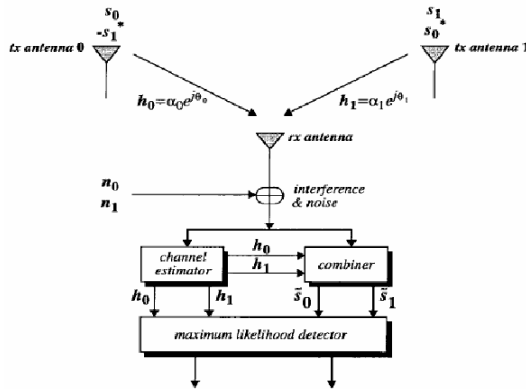
Gambar 4. Matrik kanal Time slot terhadap Transmit Antena

Alamouti adalah STBC yang paling sederhana dari semua STBC. *Alamouti* dirancang untuk mengirimkan dua sistem antena dan memiliki kode matriks dimana * menunjukkan konjugasi kompleks.

(1)

Ini adalah STBC sangat istimewa, merupakan satu-satunya STBC yang mencapai *rate-1*. *Alamouti* adalah STBC yang dapat mencapai keuntungan *diversity gain* tanpa perlu mengorbankan data *rate*-nya. ini hanya berlaku untuk simbol modulasi kompleks. Karena hampir semua diagram konstelasi mengandalkan Namun bilangan kompleks, properti ini biasanya memberikan kode Alamouti itu keuntungan yang signifikan atas STBC tingkat tinggi meskipun mencapai kinerja tingkat kesalahan yang lebih sedikit.

Untuk lebih meningkatkan kualitas sinyal dengan diversity sinyal dapat disusun secara multi-dimensi seperti sistem space-time pada gambar 2 yang diperkenalkan oleh Alamouti. Disini digunakan dua antena pemancar dan sebuah antena penerima dimana masing-masing pemancar mengirimkan dua informasi sinyal yang sama secara bergantian. Metode ini mampu meningkatkan keuntungan diversity sehingga dapat memperbaiki performansi BER.



Gambar 5. Alamouti STBC 2 pemancar 1 penerima

6. Orthogonal Space Time Block Code (OSTBC)

Alamouti telah menjadi dasar untuk menciptakan *OSTBC* untuk lebih dari dua antena transmit. Pertama-tama, *Tarokh* mempelajari kinerja kesalahan yang terkait dengan matriks unitary. Kemudian dari hasil terkait dengan *OSTBC* dan membentuk link penting bagi teori desain orthogonal – orthogonal yang lain.

Orthogonal STBC merupakan subkelas penting STBC linier yang menjamin bahwa *ML* (*Maximum Likelihood*) mendeteksi simbol yang berbeda. *ML* memisahkan dan pada saat yang sama

menstransmisikan skema dengan urutan *diversity* sama. Sebuah *OSTBC* adalah sebuah linier *space time block codes C* yang memiliki properti unitary sebagai berikut:

$$C^H C = \sum_{n=1}^N |C_n|^2 I \quad (2)$$

Menurut rumus diatas transmisi *C* adalah matriks orthogonal satu sama lain. Itu berarti bahwa di setiap blok, urutan sinyal dari setiap dua antena yang mengirimkan adalah *orthogonal*. *Orthogonal* ini memungkinkan kita untuk mencapai teknik *diversity* dan mengirimkannya pada saat yang sama, memungkinkan penerima untuk memisah sinyal yang ditransmisikan dari antena yang berbeda dan memungkinkan menggunakan decoding *ML* secara sederhana. Berikut adalah matrik dari *OSTBC* dengan 3 antena pemancar:

$$C_{3,1/2} = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \\ -c_2 & c_1 & -c_3 \\ -c_3 & c_4 & c_1 \\ -c_4 & -c_3 & c_2 \\ c_1^* & c_2^* & c_3^* \\ -c_2^* & c_1^* & -c_3^* \\ -c_3^* & c_4^* & c_1^* \\ -c_4^* & -c_3^* & c_2^* \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$C_{3,3/4} = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & \frac{c_3}{\sqrt{2}} \\ -c_2^* & c_1^* & \frac{c_3}{\sqrt{2}} \\ \frac{c_3}{\sqrt{2}} & \frac{c_4}{\sqrt{2}} & \frac{(-c_1 - c_1^* + c_2 + c_2^*)}{2} \\ \frac{c_4}{\sqrt{2}} & -\frac{c_3}{\sqrt{2}} & \frac{(c_2 + c_2^* + c_1 - c_1^*)}{2} \end{bmatrix} \quad (4)$$

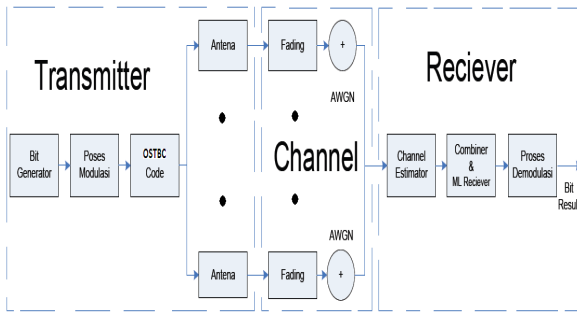
Kode masing-masing mencapai rate 1/2 dan tingkat 3/4. Kedua matriks memberi contoh kenapa kode-kode selama lebih dari dua antena harus mengorbankan ratet tetapi itu adalah satu-satunya cara untuk mencapai orthogonal. Satu masalah khusus dengan *C3,3/4* adalah bahwa daya tidak merata pada tiap antena pemancar. Ini berarti bahwa sinyal tersebut tidak memiliki *envelope* konstan dan daya masing-masing antena harus mengirim secara bervariasi, dan tidak diinginkan. Berikut matrik dari *OSTBC* dengan 4 antena pemancar:

$$C_{4,1/2} = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 & c_4 \\ -c_2 & c_1 & -c_4 & c_3 \\ -c_3 & c_4 & c_1 & -c_2 \\ -c_4 & -c_3 & c_2 & c_1 \\ c_1^* & c_2^* & c_3^* & c_4^* \\ -c_2^* & c_1^* & -c_4^* & c_3^* \\ -c_3^* & c_4^* & c_1^* & -c_2^* \\ -c_4^* & -c_3^* & c_2^* & c_1^* \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$C_{4,3/4} = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & \frac{c_3}{\sqrt{2}} & \frac{c_4}{\sqrt{2}} \\ -c_2^* & c_1^* & \frac{c_3}{\sqrt{2}} & -\frac{c_4}{\sqrt{2}} \\ \frac{c_3}{\sqrt{2}} & \frac{c_4}{\sqrt{2}} & \frac{(-c_1 - c_2^* + c_2 - c_1^*)}{2} & \frac{(-c_2 - c_1^* + c_1 - c_2^*)}{2} \\ \frac{c_3}{\sqrt{2}} & -\frac{c_4}{\sqrt{2}} & \frac{(c_2 + c_2^* + c_1 - c_1^*)}{2} & -\frac{(c_1 + c_1^* + c_2 - c_2^*)}{2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Kode-kode masing-masing rate 1/2 dan rate 3/4, seperti pada 3 antena. C_{4,3/4} memiliki masalah daya yang sama tidak merata seperti C_{3,3/4}.

6. PERANCANGAN SISTEM



sistem sebagai berikut :

Maka terdapat beberapa proses yang harus dilakukan sebelum sinyal informasi atau bit yang diperoleh pada sisi penerima yang dipancarkan oleh transmitter melalui teknik diversity *Orthogonal Space Time Block Code*.

Dalam pembuatan system *Orthogonal Space Time Block Code* untuk mendapatkan hasil BER dari antenna, modulasi dan rate yang berbeda diperlukan beberapa parameter sehingga system tersebut dapat dijalankan. Parameter – parameter system tersebut adalah sebagai berikut:

1. Jumlah frame length yang ditransmisikan
2. Jenis Modulasi
3. Bentuk matrik kanal pada Encoding
4. Nilai fading yang dibangkitkan pada kanal *Rayleigh fading*
5. Decoding pada sinyal yang telah di terima
6. Penghitungan nilai BER

6.1 Perencanaan pada System Pengirim dan Penerima

Pada tahap ini akan dilakukan beberapa proses sebelum sinyal informasi di transmisikan melalui *transmitter*. Dan kemudian sinyal informasi akan dilewatkan melalui kanal yang dipengaruhi oleh adanya *noise* dan interferensi dari masing masing *user*. Sinyal informasi dibangkitkan secara acak menggunakan *randint* pada matlab. Fungsi ini digunakan untuk membangkitkan urutan biner “0” dan “1” secara acak, terdistribusi uniform dan saling bebas, dengan demikina bit informasi di bangkitkan dengan probabilitas bit yang sama. bit yang akan di bangkitkan adalah sebesar N=16000

Pada proses ini data bit kecepatan tinggi akan di bagi menjadi data bit kecepatan rendah dimana data input serial disusun didalam ukuran word yang diperlukan dalam transmisi untuk kemudian di modulasikan secara parallel dengan menempatkan tiap data word pada satu carier transmisi, Jika data input sbanyak N dinotasikan sebanyak d[i] dengan nilai i=0,1,2,...,N pada proses serial parallel konverter data d[1] dimasukkan ke kanal satu kemudian d[2] ke kanal dua dan seterusnya sesuai dengan jumlah (n) kanal parallel yang digunakan. Dalam matlab untuk proses serial parallel ini menggunakan fungsi *reshape*.

7. Implementasi dan Pengujian

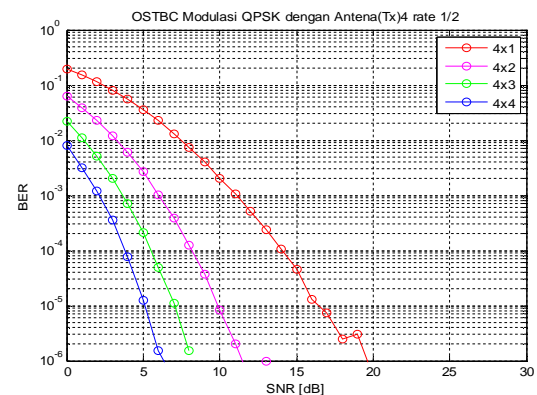
7.1 Implementasi Sistem

Dari simulasi yang dibuat di hasilkan gambar sintyal dari masing- masing output blok serta nilai *Bit Error Rate* (BER) terhadap SNR(dB) dari sistem OSTBC untuk modulasi M-PSK. BER merupakan suatu parameter dalam sistem komunikasi digital yang akan dianalisa untuk mengetahui kinerja dari sitem tersebut. Dimana BER yang terjadi dihitung menggunakan metode *Monte Carlo* selain itu analisa BER dilakukan untuk mengetahui efektivitas dari antenna penerima yang dipakai sistem OSTBC

7.2 Pengujian dan Analisa

a. Analisa Data sistem OSTBC menggunakan 4 antenna pemancar rate 1/2 dengan modulasi QPSK.

Pada pengujian kinerja OSTBC untuk modulasi QPSK menggunakan 4 antenna pengirim rate 1/2 melalui kanal *Rayleigh fading* dilakukan dengan jumlah antenna penerima yang berbeda sehingga didapatkan *Bit Error Rate* (BER) sebagai fungsi SNR. untuk nilai SNR mulai 0 sampai 20 dB hasil pengujian simulasi adalah sebagai berikut:



Gambar 6. OSTBC Modulasi QPSK dengan 4 antenna Tx rate 1/2

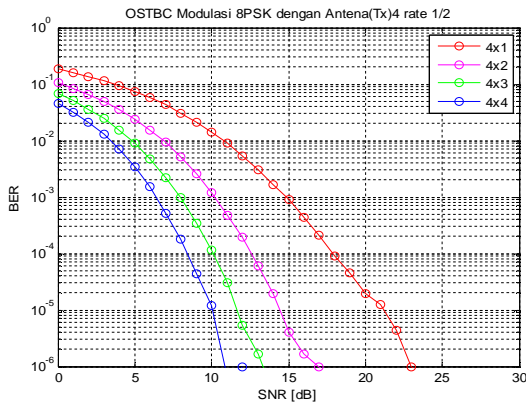
Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi penerima Maximum Likelihood Sistem OSTBC

dengan modulasi QPSK. Nilai *bit error rate* didapatkan dari kinerja OSTBC dimana saat nilai BER 10^{-3} , nilai SNR untuk 1, 2, 3 dan 4 antenna penerima adalah 14dB, 8dB, 5.5dB dan 4dB. Kinerja menunjukkan bahwa penggunaan antenna penerima dan modulasi memengaruhi nilai BER 10^{-3} , semakin banyak penerima semakin baik nilai BER.

Kinerja 4 antenna penerima memiliki nilai BER lebih kecil daripada 3, 2 dan 1 penerima karena pada sistem OSTBC semakin banyak antenna semakin cepat dalam coding dan penransmisian data.

b. Analisa Data sistem OSTBC menggunakan 4 antenna pemancar rate $\frac{1}{2}$ dengan modulasi 8PSK.

Pada pengujian kinerja OSTBC untuk modulasi 8PSK menggunakan 4 antenna pengirim rate $\frac{1}{2}$ melalui kanal *Rayleigh fading* dilakukan dengan jumlah antenna penerima yang berbeda sehingga didapatkan *Bit Error Rate (BER)* sebagai fungsi SNR. untuk nilai SNR mulai 0 sampai 20 dB hasil pengujian simulasi adalah sebagai berikut:



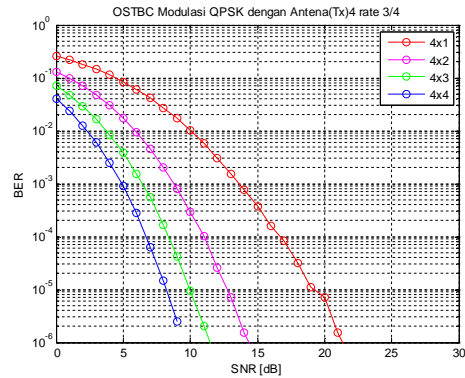
Gambar 7 OSTBC Modulasi 8PSK dengan 4 antenna Tx rate $\frac{1}{2}$

Gambar 7 menunjukkan hasil Sistem OSTBC dengan modulasi 8PSK. Nilai *bit error rate* didapatkan dari kinerja OSTBC dimana saat nilai BER 10^{-3} , nilai SNR untuk 1, 2, 3 dan 4 antenna penerima adalah 18dB, 12dB, 10dB dan 8dB.

Pada OSTBC Modulasi 8PSK dengan 4 antenna Tx rate $\frac{1}{2}$ memiliki hasil nilai BER lebih jelek di banding menggunakan modulasi QPSK. Karena 8PSK memiliki 3bit tiap simbol sedangkan QPSK memiliki 2bit dalam tiap simbol membuat deteksi kesalahan lebih baik sehingga nilai BER lebih kecil.

c. Analisa Data sistem OSTBC menggunakan 4 antenna pemancar rate $\frac{3}{4}$ dengan modulasi QPSK.

Pada pengujian kinerja OSTBC untuk modulasi QPSK menggunakan 4 antenna pengirim rate $\frac{3}{4}$ melalui kanal *Rayleigh fading* dilakukan dengan jumlah antenna penerima yang berbeda sehingga didapatkan *Bit Error Rate (BER)* sebagai fungsi SNR. untuk nilai SNR mulai 0 sampai 20 dB hasil pengujian simulasi adalah sebagai berikut:



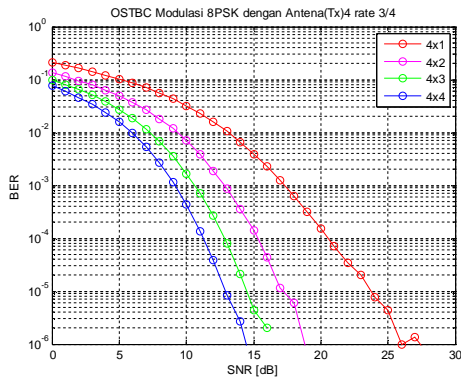
Gambar 8 OSTBC Modulasi QPSK dengan 4 antenna Tx rate $\frac{3}{4}$

Gambar 8 menunjukkan hasil Sistem OSTBC dengan menunjukkan hasil Sistem OSTBC dengan modulasi QPSK. Nilai *bit error rate* didapatkan dari kinerja OSTBC dimana saat nilai BER 10^{-3} , nilai SNR untuk 1, 2, 3 dan 4 antenna penerima adalah 16dB, 12dB, 8dB dan 6dB.

Hasil pengujian tetap menunjukkan penggunaan antenna penerima yang lebih banyak tetap memiliki nilai BER lebih baik. Kali ini menggunakan matrik kanal rate $\frac{3}{4}$. Berbeda dengan rate $\frac{1}{2}$ yang terdiri dari 4 simbol 8 time slot, matrik kanal rate $\frac{3}{4}$ terdiri dari 3 simbol 4 time slot yang menjadikan pengkodean lebih cepat. Tetapi hasil pengkodean tidak lebih baik dari matrik kanal $\frac{1}{2}$.

Analisa Data sistem OSTBC menggunakan 4 antenna pemancar rate $\frac{3}{4}$ dengan modulasi 8PSK.

Pada pengujian kinerja OSTBC untuk modulasi 8PSK menggunakan 4 antenna pengirim rate $\frac{3}{4}$ melalui kanal *Rayleigh fading* dilakukan dengan jumlah antenna penerima yang berbeda sehingga didapatkan *Bit Error Rate (BER)* sebagai fungsi SNR. untuk nilai SNR mulai 0 sampai 20 dB hasil pengujian simulasi adalah sebagai berikut:



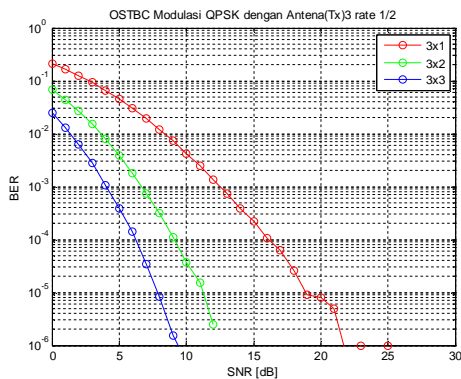
Gambar 9 OSTBC Modulasi 8PSK dengan 4 antena Tx rate $\frac{3}{4}$

menunjukkan hasil sistem OSTBC dengan modulasi 8PSK. Nilai *Bit Error Rate* (BER) didapatkan dari kinerja OSTBC dimana saat nilai BER 10^{-3} , nilai SNR untuk 1,2 3 dan 4 antena penerima adalah 19dB, 15,5dB, 13dB dan 11dB.

Penggunaan antena yang lebih banyak tetap mempengaruhi nilai BER. Perbandingan dengan menggunakan modulasi 8PSK dengan QPSK menggunakan rate $\frac{3}{4}$ memberikan hasil bahwa meski dengan rate $\frac{3}{4}$ modulasi 8PSK tetap memiliki nilai BER lebih jelek dari modulasi QPSK. Rate hanya mempengaruhi kecepatan coding dalam teknik diversitas OSTBC.

d. Analisa Data sistem OSTBC menggunakan 3 antena pemancar rate $\frac{1}{2}$ dengan modulasi QPSK.

Pengujian selanjutnya menggunakan 3 antena pemancar dalam teknik diversitas OSTBC. Pada pengujian kinerja OSTBC untuk modulasi QPSK dengan rate $\frac{1}{2}$ melalui kanal *Rayleigh fading* dilakukan dengan jumlah antena penerima yang berbeda sehingga didapatkan *Bit Error Rate* (BER) sebagai fungsi SNR. untuk nilai SNR mulai 0 sampai 20 dB hasil pengujian simulasi adalah sebagai berikut:

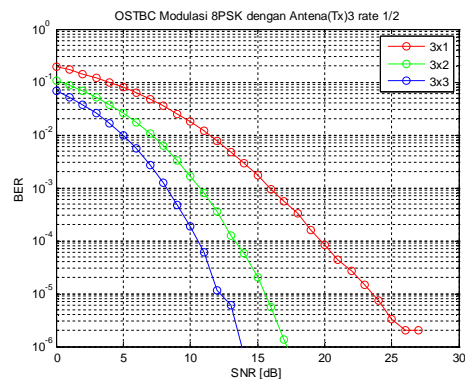


Gambar 10 OSTBC Modulasi QPSK dengan 3 antena Tx rate $\frac{1}{2}$

Gambar 10 menunjukkan hasil Sistem OSTBC dengan modulasi QPSK. Nilai *bit error rate* didapatkan dari kinerja OSTBC dimana saat nilai BER 10^{-3} , nilai SNR untuk 1,2 dan 3 antena penerima adalah 14dB, 8dB dan 6dB.

e. Analisa Data sistem OSTBC menggunakan 3 antena pemancar rate $\frac{1}{2}$ dengan modulasi 8PSK.

Pada pengujian kinerja OSTBC untuk modulasi 8PSK menggunakan 3 antena pengirim rate $\frac{1}{2}$ melalui kanal *Rayleigh fading* dilakukan dengan jumlah antena penerima yang berbeda sehingga didapatkan *Bit Error Rate* (BER) sebagai fungsi SNR. untuk nilai SNR mulai 0 sampai 20 dB hasil pengujian simulasi adalah sebagai berikut:



Gambar 11 OSTBC Modulasi 8PSK dengan 3 antena Tx rate $\frac{1}{2}$

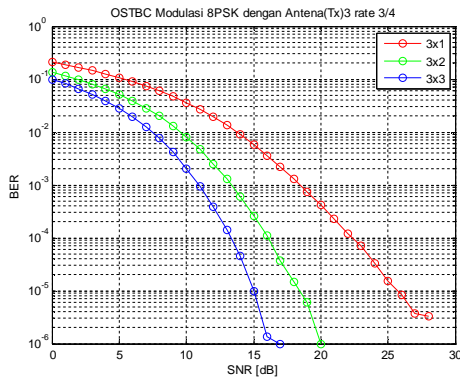
Gambar 11 menunjukkan hasil Sistem OSTBC dengan modulasi 8PSK. Nilai *bit error rate* didapatkan dari kinerja OSTBC dimana saat nilai BER 10^{-3} , nilai SNR untuk 1,2 dan 3 antena penerima adalah 19dB, 13dB dan 10dB..

Tetap menunjukkan penggunaan antena penerima yang lebih banyak memiliki nilai BER lebih kecil. Penggunaan modulasi QPSK dengan 8PSK sangat berpengaruh meski memakai jumlah antena penerima yang sama akan mempengaruhi nilai perbandingan SNR terhadap BER

Pada OSTBC Modulasi 8PSK dengan 3 antena Tx rate $\frac{1}{2}$ memiliki hasil nilai BER lebih jelek di banding menggunakan modulasi QPSK. Karena 8PSK memiliki 3bit tiap simbol, sedangkan QPSK memiliki 2bit dalam tiap simbolnya membuat deteksi kesalahan lebih baik sehingga nilai BER lebih kecil.

f. Analisa Data sistem OSTBC menggunakan 3 antena pemancar rate $\frac{3}{4}$ dengan modulasi QPSK.

Pada pengujian kinerja OSTBC untuk modulasi QPSK menggunakan 3 antena pengirim rate $\frac{3}{4}$ melalui kanal *Rayleigh fading* dilakukan dengan jumlah antena penerima yang berbeda sehingga didapatkan *Bit Error Rate (BER)* sebagai fungsi SNR. Untuk nilai SNR mulai 0 sampai 20 dB hasil pengujian simulasi adalah sebagai berikut:



Gambar 12 OSTBC Modulasi QPSK dengan 3 antena Tx rate $\frac{3}{4}$

Gambar 12 menunjukkan hasil Sistem OSTBC dengan modulasi QPSK. Nilai *bit error rate* didapatkan dari kinerja OSTBC dimana saat nilai BER 10^{-3} , nilai SNR untuk 1,2 dan 3 antena penerima adalah 18dB, 12dB dan 8dB.

Hasil pengujian tetap menunjukkan penggunaan antena penerima yang lebih banyak tetap memiliki nilai BER lebih kecil. Kali ini menggunakan matrik kanal rate $\frac{3}{4}$. Berbeda dengan rate $\frac{1}{2}$ yang terdiri dari 4 simbol 8 time slot, matrik kanal rate $\frac{3}{4}$ terdiri dari 3 simbol 4 time slot yang menjadikan pengkodean lebih cepat. Tetapi hasil pengkodean tidak lebih baik dari matrik kanal $\frac{1}{2}$.

g. Analisa Data sistem OSTBC menggunakan 3 antena pemancar rate $\frac{3}{4}$ dengan modulasi 8PSK.

Pada pengujian kinerja OSTBC untuk modulasi 8PSK menggunakan 3 antena pengirim rate $\frac{3}{4}$ melalui kanal *Rayleigh fading* dilakukan dengan jumlah antena penerima yang berbeda sehingga didapatkan *Bit Error Rate (BER)* sebagai fungsi SNR. Untuk nilai SNR mulai 0 sampai 20 dB hasil pengujian simulasi adalah sebagai berikut:

Gambar 13 OSTBC Modulasi 8PSK dengan 3 antena Tx rate $\frac{3}{4}$

Pada gambar 13 menunjukkan hasil sistem OSTBC dengan modulasi 8PSK. Nilai *Bit*

Error Rate (BER) didapatkan dari kinerja OSTBC dimana saat nilai BER 10^{-3} , nilai SNR untuk 1,2 dan 3 antena penerima adalah ± 20 dB, 16dB dan 14dB.

Penggunaan antena yang lebih banyak berpengaruh pada nilai BER. Perbandingan dengan menggunakan modulasi 8PSK dengan QPSK menggunakan rate $\frac{3}{4}$ memberikan hasil bahwa meski dengan rate $\frac{3}{4}$ modulasi 8PSK tetap memiliki nilai BER lebih besar dari modulasi QPSK. Rate hanya mempengaruhi kecepatan coding dalam teknik diversitas OSTBC.

8. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa pada bab 4 maka kinerja system diversitas OSTBC (*Orthogonal Space Time Block Code*) dengan rate $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ menggunakan 4 dan 3 antena modulasi M-PSK melalui kanal *Rayleigh Fading* untuk mendapatkan *Bit Error Rate (BER)* sebagai fungsi dari SNR, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari data dan analisa penggunaan modulasi yang baik adalah menggunakan QPSK
2. Jumlah antena pemancar dan antena penerima mempengaruhi kecepatan pengiriman data dan nilai BER. Semakin banyak maka akan semakin cepat dan nilai BER semakin kecil.
3. Penggunaan modulasi mempengaruhi nilai SNR dan BER semakin sedikit jumlah simbol/bit pada suatu modulasi semakin kecil nilai BER jadi semakin baik dalam pengiriman data.
4. Penggunaan matrik kanal rate $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ mempengaruhi kecepatan encoding suatu teknik diversitas. Coding matrik kanal $\frac{3}{4}$ lebih cepat daripada matrik kanal $\frac{1}{2}$ tapi hasil coding tidak lebih baik.
5. Perbandingan pada system OSTBC hanya dapat di bandingkan pada SNR 4dB, karena 4 dB adalah nilai terkecil dari BER system OSTBC 4x4 dan 3x3.

9. SARAN

Program simulasi kinerja pada kinerja OSTBC (*Orthogonal Space Time Block Code*) dengan rate $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ menggunakan 4 dan 3 antena modulasi M-PSK melalui kanal *Rayleigh Fading* yang telah selesai masih terdapat kekurangan sehingga masih harus diperbaiki dan dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada penelitian selanjutnya sehingga perlu dilakukan perbaikan dalam hal berikut:

1. Bit informasi yang dikirimkan harus lebih banyak tetapi proses untuk mendapatkan probabilitas kesalahan bit akan membutuhkan waktu yang cukup lama.
2. Teknik diversitas OSTBC dapat di kembangkan menjadi Quasi OSTBC

10. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siavash M. Alamouti, "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 16, no. 8, October 1998.
- [2] Vahid Tarokh, Hamid Jafarkhani, A. Robert Calderbank, "Space Time Block Coding For Wireless Communication : Performance Result", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.17, no. 3, March 1999.
- [3] Biljana Badic, "Space-Time Block Coding for Multiple Antenna Systems", eingereicht an der technischen universit at wien fakult a f ur elektrotechnik und informationstechnik, November 2005.
- [4] Weifeng Su, Xiang-Gen Xia, and K. J. Ray Liu, "A systematic design of High-Rate complexorthogonal Space-Time Block Codes", *IEEE Communications Letters*, vol. 8, no. 6, June 2004