

BAB IV

HASIL SIMULASI

4.1 Kondisi Sistem

Pada perancangan simulasi ini, performansi dari MIMO OFDM dengan pengkodean STBC yang akan dilihat adalah *Bit Error Rate* (BER) terhadap SNR dan *throughput* terhadap SNR, dengan menggunakan jumlah antena yang berbeda pada *transmitter* dan *receiver*.

Jumlah antena *transmitter* dan *receiver* dibatasi 4 buah antena yang diwakili oleh matrik G dan H. Matrik G menunjukkan *space time block code* dengan *code rate* $\frac{1}{2}$ untuk jumlah tertentu antena *transmitter*. Sedangkan matrik H menunjukkan *space time block code* dengan kecepatan $\frac{3}{4}$ dengan tiga dan empat antena *transmitter*. Pada kondisi ideal antena diasumsikan, jarak antar antenna MIMO pada *transmitter* $d_{TX} = \lambda/2$, dan jarak pada antena *receiver* juga $d_{RX} = \lambda/2$. [13]

Pada simulasi, frekuensi kerja yang digunakan untuk komunikasi WLAN ini adalah 2.4 GHz. Dan diasumsikan topologi jaringan menggunakan jaringan *ad hoc*, yang menghubungkan perangkat komunikasi secara *peer to peer* tanpa menggunakan *access point*.

Sedangkan beberapa parameter simulasi yang diasumsikan dalam perancangan ini adalah :

1. Sinyal masukan merupakan sinyal yang dibangkitkan secara acak.
2. Kanal yang dipakai pada sistem adalah *flat fading* dengan distribusi *Rayleigh Fading*.
3. Modulasi yang digunakan adalah MPSK
4. Pengkodean yang dilakukan sebelum ditransmisikan adalah pengkodean STBC dengan skema Tarokh

Selanjutnya beberapa parameter yang digunakan pada simulasi ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter simulasi

Jumlah Simbol	1e3
Frekuensi	2.4 GHz
Bandwith	11 Mbps
Jaringan	Ad Hoc
Modulsi	MPSK
Coding Rate	$\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$
Jumlah Antena TX	2 sampai 4
Jumlah Antena RX	1 sampai 4
SNR	0 sampai 20 dB

Pada simulasi ini digunakan satu program utama, dan lima program pendukung yang merupakan inisialisasi matrik G dan H, serta satu program OFDM. Untuk matrik G dengan *code rate* $\frac{1}{2}$ menggunakan 3 antena *transmitter* yang berbeda yaitu G2 menunjukkan jumlah antena *transmitter* 2, G3 menunjukkan 3 buah antena *transmitter*, sedangkan G4 menggunakan 4 buah antena *transmitter*. Dan matrik H dengan *code rate* $\frac{3}{4}$ menggunakan 2 buah antena *transmitter* yang berbeda. H3 untuk 3 buah antena *transmitter* dan H4 untuk 4 buah antena *transmitter*.

Proses yang dilakukan pada simulasi, adalah pertama dimasukkan input data yang merupakan bit digital yang dibangkitkan secara acak, kemudian dimodulasi dengan modulasi PSK yang menggunakan konstelasi yang berbeda. Selanjutnya sinyal tersebut dikodekan dengan menggunakan STBC dengan inisialisasi matrik G dan H. Selanjutnya sinyal tersebut tergantung matrik G atau H dilewatkan pada OFDM sebelum ditransmisikan. Ditransmisikan pada kanal dengan asumsi kanal *flat fading* dengan distribusi *Rayleigh fading*. Lalu sinyal tersebut diterima pada *receiver*, disini juga terjadi proses pemilihan jumlah antena *receiver* yang digunakan (terbatas 4 antena *receiver*). Kemudian sinyal tersebut dikembalikan ke sinyal semula dengan menggunakan *decoder* STBC. Selanjutnya dihitung BER dan *throughput* yang kemudian hasil perhitungannya digambarkan.

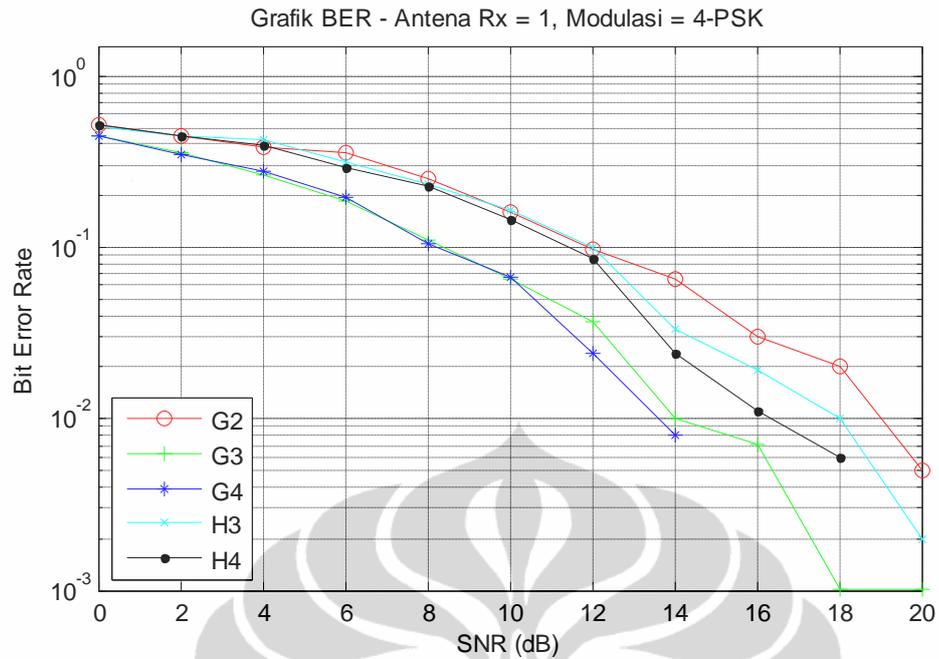
Untuk menggambarkan performansi dari sistem MIMO STBC ini ada beberapa kondisi yang diperlihatkan yaitu :

1. Simulasi untuk melihat BER terhadap SNR dengan kondisi :
 - a. Menggunakan jumlah antena yang berbeda pada *transmitter* dengan 1 antena *receiver* dan modulasi 4 PSK.
 - b. Menggunakan jumlah antena yang berbeda pada *transmitter* dengan 2 antena *receiver* dan modulasi 4 PSK.
 - c. Menggunakan 4 antena *transmitter* dan 2 antena *receiver* dengan jumlah konstelasi pada PSK yang berbeda.
2. Simulasi untuk melihat *Throughput* terhadap SNR dengan kondisi
 - a. Menggunakan jumlah antena yang berbeda pada *transmitter* dengan 1 antena *receiver* dan modulasi 4 PSK.
 - b. Menggunakan jumlah antena yang berbeda pada *transmitter* dengan 2 antena *receiver* dan modulasi 4 PSK.
 - c. Menggunakan 4 antena *transmitter* dan 2 antena *receiver* dengan jumlah konstelasi pada PSK yang berbeda.

4.2 Simulasi BER Terhadap SNR

4.2.1 Menggunakan Jumlah Antena Yang Berbeda Pada *Transmitter* Dengan 1 Antena *Receiver* Dan Modulasi 4 PSK.

Dibawah ini ditunjukkan gambar performansi hasil simulasi BER terhadap SNR dengan menggunakan 1 antena receiver. Dari gambar ini terlihat bahwa penambahan jumlah antena pada *transmitter* akan memperbaiki BER. Ini disebabkan karena dengan menggunakan antena *transmitter* yang lebih banyak, pemisahan simbol pada proses decoding akan lebih akurat. Dengan penambahan antena *transmitter* nilai BER akan semakin kecil. Namun terlihat pada matrik G3 dan matrik G4 pengaruhnya tidak terlalu besar. Juga pada gambar terlihat bahwa dengan menggunakan matrik G3 dan G4 dengan *code rate* $\frac{1}{2}$ mempunyai BER yang lebih baik dibanding matrik H3 dan H4 (*code rate* $\frac{3}{4}$). Pada matrik G3 dan G4 simbol dan periode simbol yang dikirimkan lebih panjang sehingga pada proses decoding, kesalahan yang timbul akan lebih kecil. Pada BER 10^{-2} terjadi peningkatan gain sebesar 5.5 dB pada matrik G2 dibandingkan dengan matrik G4.



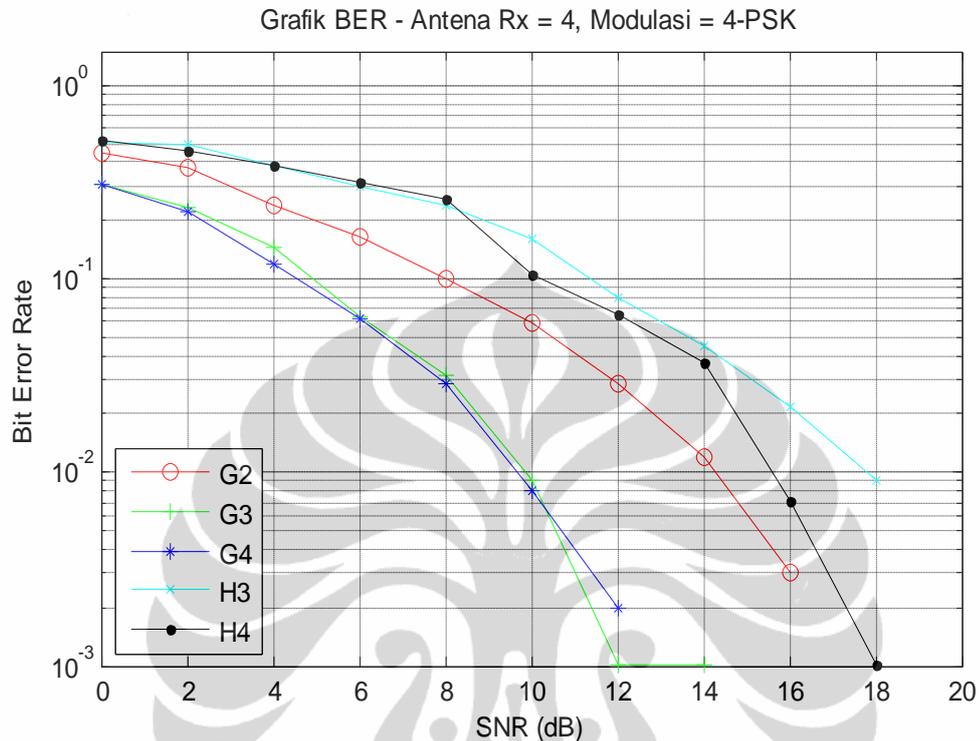
Gambar 4.1 Hasil simulasi BER vs SNR untuk jumlah antena *transmitter* yang berbeda dengan 1 antena *receiver*

Hasil simulasi BER terhadap SNR ini dapat diperjelas dengan menggunakan tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.2 Hasil simulasi BER vs SNR untuk jumlah antena *transmitter* yang berbeda dan 1 antena *receiver*

SNR	BER				
	G2	G3	G4	H3	H4
0	0.5215	0.4494	0.4494	0.5215	0.5215
2	0.4494	0.3574	0.3483	0.4525	0.4525
4	0.3964	0.2953	0.2753	0.4224	0.3464
6	0.3594	0.1962	0.1962	0.3183	0.2943
8	0.2513	0.111	0.1041	0.2292	0.2292
10	0.1662	0.067	0.06704	0.1662	0.1451
12	0.1011	0.037	0.02402	0.111	0.08604
14	0.06507	0.01	0.008	0.03303	0.02402

4.2.2 Menggunakan Jumlah Antena Yang Berbeda Pada *Transmitter* Dengan 2 Antena *Receiver* Dan Modulasi 4 PSK.



Gambar 4.2 Hasil simulasi BER vs SNR untuk jumlah antena *transmitter* yang berbeda dan 2 antena *receiver*

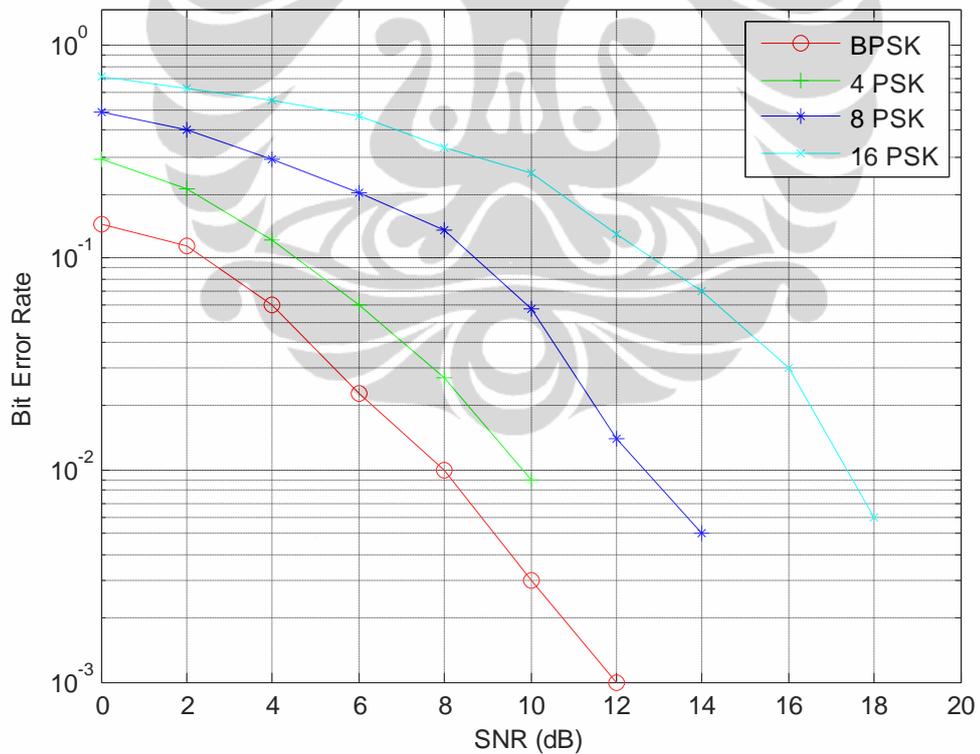
Dari gambar 4.2 terlihat penambahan jumlah antena pada *transmitter* akan memperbaiki BER. Disini terlihat dengan penambahan antena *transmitter* nilai dari BER akan semakin kecil. Dan jika dibandingkan dengan gambar 4.1 BER yang dihasilkan lebih baik jika menggunakan 2 antena *receiver* daripada 1 antena *receiver*. Dengan menggunakan 2 antena *receiver* kesalahan simbol pada proses *decoding* dapat lebih diperkecil seperti pada teknik *diversity*. Namun terlihat juga bahwa dengan menggunakan matrik yang mempunyai *code rate* $\frac{1}{2}$ mempunyai BER yang lebih baik dibanding matrik dengan *code rate* $\frac{3}{4}$. Hal ini ini dapat diperjelas dengan tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Hasil simulasi BER vs SNR untuk jumlah antena *transmitter* yang berbeda dan 2 antena *receiver*

SNR	BER				
	G2	G3	G4	H3	H4
0	0.4434	0.3053	0.3053	0.5175	0.5175
2	0.3794	0.2332	0.2232	0.4935	0.4565
4	0.2412	0.1451	0.1191	0.3854	0.3854
6	0.1662	0.06406	0.06206	0.3163	0.3163
8	0.1001	0.03203	0.02903	0.2382	0.2553
10	0.059	0.009	0.008	0.1602	0.105

4.2.3 Menggunakan 4 Antena *Transmitter* Dan 2 Antena *Receiver* Dengan Jumlah Konstelasi Pada MPSK Yang Berbeda.

Grafik BER - Antena Rx = 2, Matrik = G4



Gambar 4.3 Hasil simulasi BER vs SNR untuk 4 antena *transmitter* dan 2 antena *receiver* pada konstelasi MPSK yang berubah

Pada gambar terlihat bahwa dengan menggunakan BPSK mempunyai BER yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan 4 PSK, 8 PSK ataupun 16 PSK. Hal ini disebabkan dengan semakin banyaknya konstelasi pada MPSK akan menyebabkan sinyal informasi yang dikirimkan lebih banyak, sehingga kesalahan bit yang terjadi juga akan lebih banyak. Disini terlihat dengan menggunakan BPSK mempunyai BER yang lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan 4 PSK, 8 PSK atau 16 PSK. Ini juga dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini.

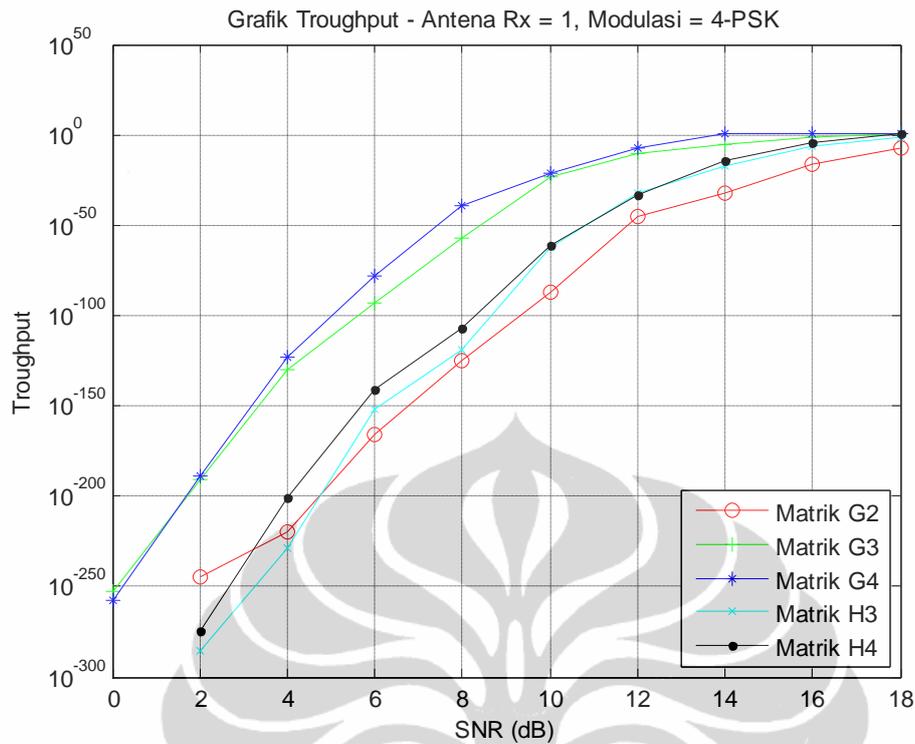
Tabel 4.4 Hasil simulasi BER vs SNR untuk 4 antena *transmitter* dan 2 antena *receiver* pada konstelasi MPSK yang berubah

SNR	BER			
	BPSK	4 PSK	8 PSK	16 PSK
0	0.145	0.295	0.488	0.724
2	0.115	0.212	0.406	0.628
4	0.06	0.121	0.293	0.551
6	0.023	0.06	0.201	0.464
8	0.01	0.027	0.136	0.329
10	0.003	0.009	0.058	0.249

4.3 Simulasi *Throughput* Terhadap SNR

4.3.1 Menggunakan Jumlah Antena Yang Berbeda Pada *Transmitter* Dengan 1 Antena *Receiver* Dan Modulasi 4 PSK.

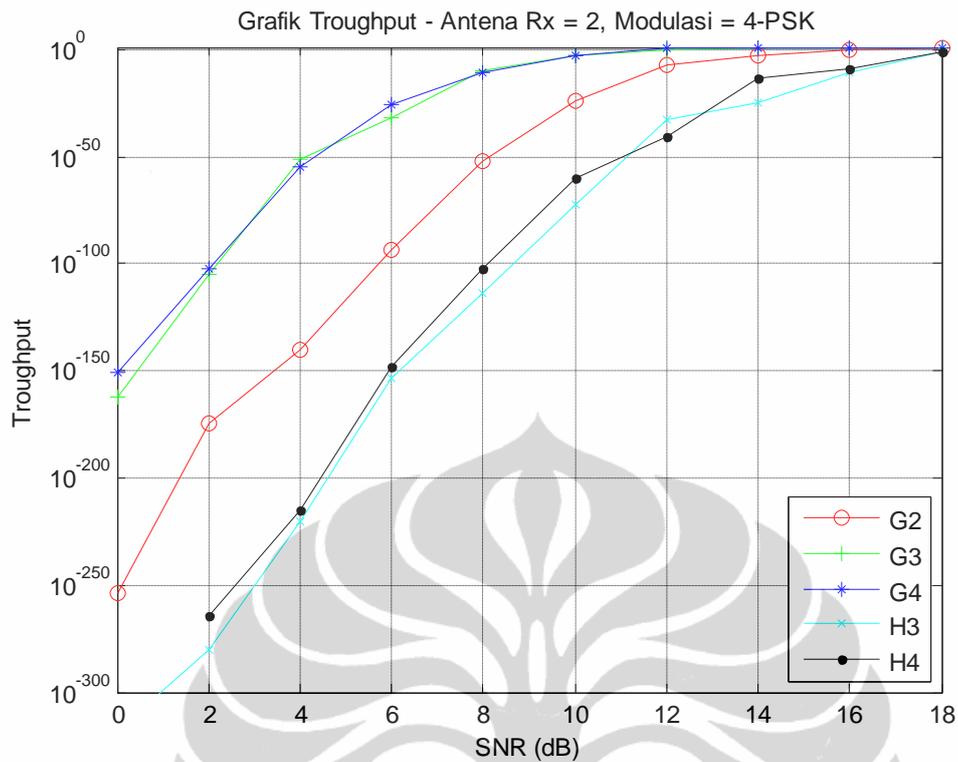
Pada gambar dibawah ini terlihat bahwa penambahan jumlah antena pada *transmitter* akan memperbaiki *throughput*. Terlihat bahwa penambahan antena *transmitter* nilai *throughput* akan semakin besar. Juga pada gambar terlihat bahwa dengan menggunakan matrik G3 dan G4 mempunyai *throughput* yang lebih baik dibanding matrik H3 dan H4.



Gambar 4.4 Hasil simulasi *throughput* vs SNR untuk jumlah antena *transmitter* yang berbeda dan 1 antena *receiver*

4.3.2 Menggunakan Jumlah Antena Yang Berbeda Pada *Transmitter* Dengan 2 Antena *Receiver* Dan Modulasi 4 PSK.

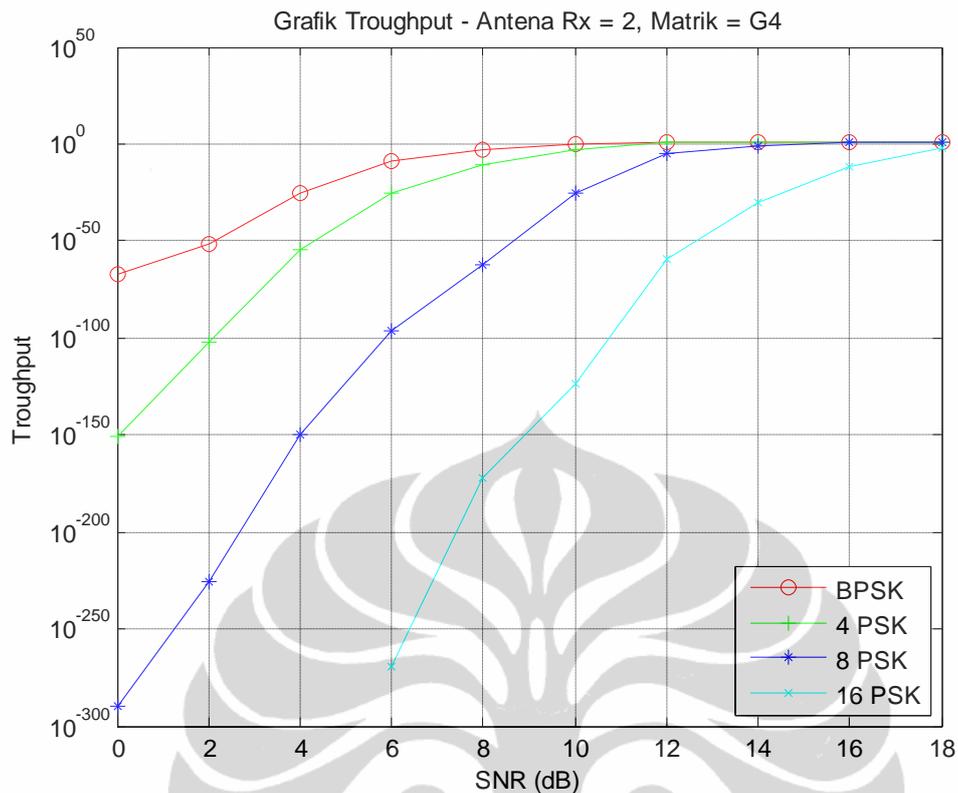
Dari gambar 4.5 di bawah ini terlihat penambahan jumlah antena pada *transmitter* akan memperbaiki *throughput*. Dari gambar terlihat dengan penambahan antena *transmitter* nilai dari *throughput* akan semakin besar. Jika dibandingkan dengan gambar 4.4 *throughput* yang dihasilkan lebih baik jika menggunakan 2 antena *receiver* daripada 1 antena *receiver*.



Gambar 4.5 Hasil simulasi *Throughput* vs SNR untuk jumlah antena *transmitter* yang berbeda dan 2 antena *receiver*

4.3.3 Menggunakan 4 Antena *Transmitter* Dan 2 Antena *Receiver* Dengan Jumlah Konstelasi Pada MPSK Yang Berbeda.

Pada gambar dibawah terlihat bahwa dengan menggunakan BPSK mempunyai *throughput* yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan 4 PSK, 8 PSK atau 16 PSK. Disini terlihat dengan menggunakan BPSK mempunyai *throughput* yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan 4 PSK, 8 PSK atau 16 PSK.



Gambar 4.6 Hasil simulasi *throughput* vs SNR untuk 2 antena *transmitter* dan 4 antena *receiver* pada konstelasi MPSK yang berubah

4.4 Analisis Hasil Simulasi

Hasil simulasi menunjukkan penambahan jumlah antena *transmitter* dan dengan bertambahnya konstelasi pada MPSK, serta perbedaan *code rate* akan mempengaruhi performansi dari sistem MIMO OFDM pada komunikasi WLAN, analisis untuk hal ini adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh perubahan jumlah antena

Apabila jumlah antena ditambah maka nilai dari *Bit Error Rate* (BER) akan berkurang, hal ini karena proses pengiriman deretan informasi dari antena *transmitter* pada pengkodean STBC menggunakan simbol yang sama pada setiap antena, namun mendapat perlakuan yang berbeda. Dengan semakin banyak antena *transmitter* simbol yang sama dikirimkan lebih banyak sehingga proses pemisahan simbolnya kembali pada decoder akan lebih mudah. Menyebabkan simbol yang salah menjadi lebih sedikit.

2. Pengaruh kecepatan pengiriman

Apabila menggunakan *code rate* $\frac{1}{2}$ mempunyai *Bit Error Rate* (BER) yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan *code rate* $\frac{3}{4}$. Hal ini disebabkan, dengan menggunakan *code rate* $\frac{1}{2}$ simbol yang dikirimkan lebih banyak dan periode simbol lebih panjang dibandingkan menggunakan *code rate* $\frac{3}{4}$. Dan karena simbol yang dikirimkan sama maka proses decoding, untuk proses pemisahan kembali simbolnya akan lebih mudah, sehingga kesalahan dapat diminimalkan.

3. Pengaruh perubahan konstelasi pada MPSK

Dengan menggunakan BPSK akan mempunyai *Bit Error Rate* (BER) yang lebih baik dibandingkan menggunakan 4 PSK, 8 PSK atau 16 PSK. Hal ini disebabkan dengan semakin banyaknya konstelasi maka sinyal informasi yang dikirimkan dapat lebih banyak, namun hal ini akan menyebabkan proses pada decoder akan lebih sulit, sehingga kesalahan bit yang terjadi akan lebih banyak.