

ANALISIS UNJUK KERJA CODED OFDM MENGGUNAKAN KODE CONVOLUTIONAL PADA KANAL AWGN DAN RAYLEIGH FADING

F. L. H. Utomo,¹ N.M.A.E.D. Wirastuti,² IG.A.K.D.D. Hartawan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: fajarhutumoo@yahoo.com¹, dewi.wirastuti@ee.unud.ac.id², igakdiafari@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) memecah data serial berkecepatan tinggi menjadi data paralel dengan kecepatan yang lebih rendah, kemudian data-data tersebut dibawa oleh subcarrier yang saling orthogonal. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui unjuk kerja sistem uncoded OFDM dan coded OFDM. Penelitian dilakukan pada sistem uncoded OFDM atau OFDM tanpa teknik pengkodean maupun dengan sistem coded OFDM atau OFDM dengan menggunakan teknik pengkodean. Teknik pengkodean yang digunakan adalah teknik pengkodean Convolutional. Teknik pengkodean Convolutional bekerja dengan menambahkan informasi atau bit-bit tambahan pada data yang akan ditransmisikan. Dari simulasi yang dilakukan, nilai BER 10^{-3} pada sistem uncoded OFDM tercapai saat Eb/No mencapai 10 dB. Kemudian pada simulasi sistem coded OFDM dengan teknik pengkodean Convolutional nilai BER 10^{-3} tercapai pada saat nilai Eb/No mencapai 6 dB.

Kata kunci: *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), Convolutional.*

1. PENDAHULUAN

Sistem Telekomunikasi telah menempati suatu kedudukan yang penting dan strategis dalam kehidupan manusia. Dengan sistem telekomunikasi, informasi dapat dengan cepat, akurat dan mudah didapat. Teknologi komunikasi telah memungkinkan manusia untuk menembus batasan jarak dan waktu. Perkembangan teknologi yang demikian pesat di berbagai bidang salah satunya terbukti dengan adanya telepon sebagai alat komunikasi untuk saling berhubungan antar manusia. Pertumbuhan komunikasi digital yang sangat cepat membuat kebutuhan akan transmisi berkecepatan tinggi meningkat.[1]

Teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* merupakan salah satu teknologi yang digunakan dalam mendukung dan mewujudkan tuntutan akan layanan komunikasi yang cepat dan baik. Dimana OFDM merupakan sebuah teknik transmisi atau modulasi yang menggunakan beberapa frekuensi (*multi-carrier*) yang saling tegak lurus (*orthogonal*). Prinsip utama dari OFDM adalah skema modulasinya membagi sederetan data informasi yang berkecepatan tinggi menjadi beberapa deret data informasi yang berkecepatan

rendah yang tersusun secara paralel, sehingga memperlebar durasi simbol dan mampu mengurangi pengaruh ISI (*Inter Symbol Interference*).[1]

Dalam komunikasi nirkabel, data yang dikirimkan oleh pengirim tentu akan mendapatkan derau/noise dari kanal yang dapat menyebabkan kerusakan pada data. Kesalahan pada saat pentransmisian data merupakan hal yang sering terjadi, oleh karena itu perlu adanya sebuah teknik pengkodean kanal untuk mendapat nilai *Quality Of Service (QOS)* yang diharapkan.[1]

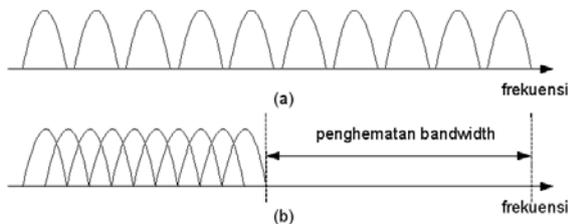
Tujuan penelitian ini adalah melakukan simulasi sistem *coded OFDM* yang dengan teknik pengkodean Convolutional.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*

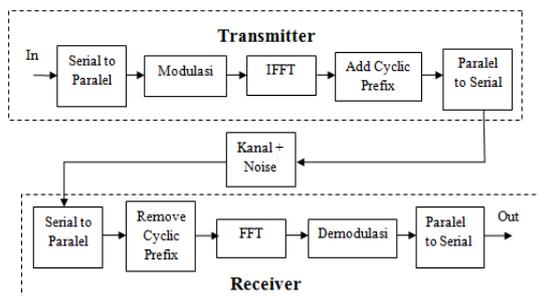
OFDM merupakan teknik pentransmisian data berkecepatan tinggi dengan menggunakan beberapa sinyal *carrier* secara paralel dalam pemodulasiannya. Sehingga data yang ditransmisikan akan mempunyai kecepatan yang lebih rendah. Teknik seperti ini dapat menghemat *bandwidth* kanal sistem komunikasi. Pada teknik transmisi OFDM setiap *sub-carrier* tidak

ditempatkan berdasarkan *bandwidth* yang ada, tetapi *sub-carrier* tersebut disusun untuk saling *overlapping*. Dengan menggunakan teknik *overlapping* ini dapat menghemat *bandwidth* kanal sampai dengan 50%.[1] Penghematan *bandwidth* tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1 *Single carrier* (a),
multi carrier (b)

Prinsip utama dari OFDM adalah pembagian aliran data kecepatan tinggi ke dalam sejumlah aliran data kecepatan rendah kemudian dikirimkan secara bersamaan melalui *sub-carrier*. Sistem OFDM sederhana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Sistem OFDM

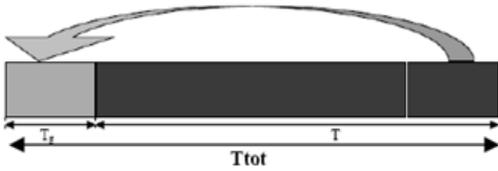
Berikut merupakan penjelasan blok-blok sistem OFDM pada Gambar 2.

1. *In*
In merupakan input data.
2. Konversi Serial ke Paralel
Blok serial ke paralel berfungsi untuk mengubah aliran data yang terdiri dari satu baris menjadi beberapa baris dan beberapa kolom.
3. Modulasi
Modulasi digunakan untuk menumpangkan sinyal informasi terhadap sinyal carrier atau pembawa.
4. *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT)
Sinyal yang telah termodulasi tersebut kemudian diaplikasikan ke dalam IFFT untuk pembuatan simbol OFDM.

5. Penyisipan *Guard Interval* (GI)
Untuk mencegah *Inter Symbol Interference* (ISI) digunakan *Guard Interval* yang bernama *Cyclic Prefix*. *Cyclic Prefix* menambahkan simbol dengan cara menyalin beberapa simbol dari akhir *frame* IFFT untuk dimasukkan pada awal *frame*.
6. Konversi Paralel ke Serial
Sebelum masuk ke dalam kanal transmisi, simbol OFDM yang masih dalam bentuk stream paralel dikonversi ke bentuk stream serial sinyal baseband OFDM.
7. Kanal Transmisi
Kanal digunakan untuk pentransmisan data antara pengirim ke penerima.
8. Konversi Serial ke Paralel
Sinyal yang telah melalui kanal transmisi dikonversi kembali dari bentuk stream serial ke bentuk stream paralel.
9. Pengeluaran *Guard Interval* (GI)
Pada blok ini *Guard Interval* yaitu *Cyclic Prefix* dibuang kembali sehingga akan diperoleh simbol asli.
10. *Fast Fourier Transform* (FFT)
Pada blok ini sinyal yang diterima akan dipisahkan dari frekuensi *carriemya*.
11. Konversi Paralel ke Serial
Pada blok ini, bit-bit informasi yang masih berupa matriks jumlah *subcarrier* x jumlah simbol diubah kembali ke bentuk semula dengan cara dikonversi dari bentuk paralel ke bentuk serial.
12. Demodulasi
Pada blok ini sinyal kemudian diubah kedalam bentuk bit-bit informasi dengan melakukan proses demodulasi.

2.2 *Cyclic Prefix*

Cyclic Prefix merupakan salinan dari bagian akhir simbol OFDM yang kemudian ditambahkan di awal simbol. Masalah utama dalam sistem komunikasi *wireless* adalah adanya suatu kanal *multipath*. Dalam kanal *multipath*, suatu sinyal dapat mengalami tundaan sehingga dapat menyebabkan *Intersymbol Interference* (ISI). Syarat agar tidak terjadi ISI yaitu durasi dari *cyclic prefix* harus lebih panjang dari durasi tundaan *multipath*. Alasan *guard interval* terdiri dari salinan akhir simbol OFDM adalah agar penerima nantinya mengintegrasikan masing-masing *multipath* melalui angka integer dari siklus sinusoid ketika proses demodulasi OFDM dengan FFT. [2] Berikut Gambar 3 yang menunjukkan *Cyclic Prefix* pada OFDM:



Gambar 3 Cyclic Prefix pada OFDM

$$T_{tot} = T + T_g \quad \dots(1)$$

Dimana, T_{tot} merupakan total panjang simbol OFDM, T merupakan panjang simbol OFDM tanpa *cyclic prefix*, dan T_g merupakan panjang *cyclic prefix*.

2.3 Kode Konvolusi

Kode Konvolusi (*Convolutional Code*) adalah jenis kode yang memiliki perbedaan mendasar dari *block code* dimana urutan bit informasi tidak dikelompokkan dalam blok-blok yang berbeda sebelum dikodekan. Proses yang terjadi adalah bit informasi sebagai masukan secara kontinyu di *mapping* kedalam urutan bit *output encoder*. [5]

Proses pembuatan kode yang diterapkan yaitu dengan melakukan operasi biner yang khusus pada bit-bit masukan, sehingga bit-bit sumber dikatakan di konvolusi untuk menghasilkan deretan bit keluaran. Hal ini juga menyebabkan bit-bit keluaran tidak hanya bergantung pada bit-bit yang di proses, namun juga bergantung pada deretan sebelumnya dari bit-bit sumber dengan demikian membutuhkan suatu bentuk memori. Dalam prakteknya bentuk memori ini dapat berupa *shift register* dengan panjang tertentu yang disebut dengan *constraint length*. Teknik ini mampu meningkatkan *coding gain* yang lebih besar di dibandingkan dengan jika digunakan *block coding* dengan kompleksitas yang sama. [3]

Pada pengkodean konvolusi, tiap *codeword* selain bergantung pada pesan yang bersesuaian juga tergantung pada m blok pesan sebelumnya. Satu set *codeword* dengan k *input*, n *output* dan tingkat memori m disebut dengan kode convolutional (n,k,m) .

Berdasarkan pendefinisian bahwa kode konvolusi adalah kode (n,k,m) , dapat diketahui parameter-parameter utama

dalam membangun kode konvolusi diantaranya:

1. Laju Kode Konvolusi (R)

Laju kode Konvolusi merupakan rasio antara masukan informasi bit dengan keluaran bit yang terkode. Persamaannya dapat ditulis sebagai berikut: [4]

$$R = k/n \quad \dots(2)$$

Dimana R merupakan laju kode Konvolusi, k merupakan jumlah bit *input* kode Konvolusi, dan n merupakan jumlah bit *output* kode Konvolusi.

2. Panjang Memori (K)

Panjang memori adalah jumlah elemen tundaan dalam kode Konvolusi yaitu memori dengan masukan bit sekarang pada kode Konvolusi atau dapat disebut juga sebagai panjang kode Konvolusi. Panjang memori dapat dituliskan dengan persamaan berikut: [4]

$$K = m + 1 \quad \dots(3)$$

Dimana K merupakan panjang memori, dan m merupakan memori.

2.4 Viterbi Decode

Salah satu teknik pendekodean untuk Convolutional encode adalah Viterbi decode atau algoritma Viterbi. Algoritma viterbi merupakan teknik pendekodean yang sesuai dengan sebuah sinyal yang berada dalam saluran AWGN. Cara kerja teknik dekoding ini adalah mengembalikan bit asli yang sebelumnya telah terkode oleh kode konvolusi dengan prinsip mencari kemungkinan bit yang paling mirip atau dapat disebut *maximum likelihood*. Proses dekoding dapat disamakan dengan membandingkan deretan bit yang diterima dengan semua kemungkinan bit terkode, dari proses perbandingan tersebut akan dipilih bit yang paling mirip antara deretan bit yang diterima dengan kemungkinan deretan bit bit yang ada. [3]

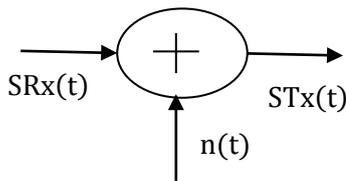
Algoritma Viterbi pada umumnya dapat diwakili oleh diagram trellis. Kode konvolusi tersebut mempunyai empat keadaan yang diletakkan sepanjang sumbu vertikal, sedangkan transisi antara state-state ini direpresentasikan dengan

garis-garis vertikal dan diagonal yang melintang yang bergerak ke arah kanan seiring dengan penambahan waktu.

2.5 AWGN

AWGN merupakan singkatan dari *Additive White Gaussian Noise*. AWGN merupakan *noise* yang berada dan terjadi pada kanal rentang spektrum frekuensi dan merupakan *noise thermal* yang sifatnya menjumlah. [1]

Model kanal ini dapat digambarkan seperti Gambar 4 berikut:[1]



Gambar 4 Model Kanal AWGN

Pada gambar 4 dapat dilihat, jika sinyal yang kirim $STx(t)$, pada kanal akan dipengaruhi oleh derau $n(t)$ sehingga sinyal yang diterima menjadi:[1]

$$SRx(t) = STx(t) + n(t) \quad \dots(4)$$

Dimana $SRx(t)$ merupakan sinyal yang diterima, $STx(t)$ merupakan sinyal informasi, dan $n(t)$ merupakan sinyal *noise*.

2.6 Rayleigh Fading

Dalam sistem komunikasi bergerak, perambatan sinyal antara pemancar dan penerima melalui berbagai lintasan yang berbeda mengakibatkan kuat sinyal penerimaan menjadi bervariasi. Karena rendahnya antenna penerima dan adanya struktur bangunan yang mengelilingi penerima, menyebabkan fluktuasi yang cepat pada penjumlahan sinyal-sinyal *multipath*. Fluktuasi amplitudo sinyal yang terjadi adalah acak dan tidak dapat ditentukan sebelumnya besar dan kapan terjadinya. Menurut distribusi statistic hal tersebut dikenal dengan distribusi *Rayleigh*. Distribusi *Rayleigh* merupakan salah satu distribusi yang dapat menjadi model untuk mewakili *fading*. *Rayleigh fading* terjadi jika tidak ada jalur *Line Of Sight* (LOS) yang dominan antara pengirim dengan penerima. [1]

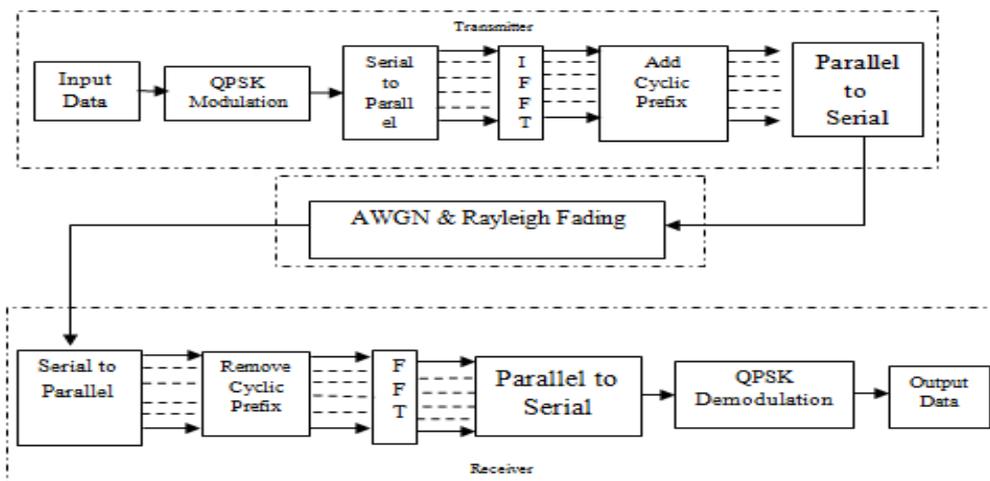
3. METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Simulasi

Simulasi yang dilakukan dengan menggunakan sistem OFDM tanpa teknik pengkodean serta menggunakan sistem OFDM yang kemudian ditambahkan dengan sistem pengkodean Convolutional.

3.1.1 Pemodelan Sistem *Uncoded* OFDM

Gambar 5 berikut merupakan blok diagram sistem *uncoded* OFDM atau sistem OFDM tanpa menggunakan teknik pengkodean.[1]



Gambar 5 Pemodelan Sistem *Uncoded* OFDM

Berikut merupakan penjelasan blok-blok sistem *uncoded* OFDM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

1. Pembangkitan Data Masukan

Pembangkitan data masukan dilakukan secara acak. Data yang dibangkitkan ialah data bit biner acak sebanyak 10^6 .

2. Modulasi

Pada simulasi ini digunakan modulasi QPSK. Dimana bit masukan dibagi menjadi 2 bit untuk 1 simbol. QPSK menghasilkan 4 kondisi yang mungkin yaitu 00, 01, 10, 11.

3. Konversi Serial ke Paralel

Blok serial ke paralel berfungsi untuk mengubah aliran data yang terdiri dari satu baris menjadi beberapa baris dan beberapa kolom. Hasil dari konversi serial ke paralel berupa matriks bit-bit dengan jumlah baris menyatakan jumlah *subcarrier* yang akan digunakan. Pada penelitian ini jumlah *subcarrier* yang digunakan ialah sebanyak 52.

4. *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT)

Sinyal yang telah termodulasi tersebut kemudian diaplikasikan ke dalam IFFT untuk pembuatan simbol OFDM sehingga panjang simbol menjadi 64. Penggunaan IFFT ini memungkinkan pengalokasian frekuensi yang saling *orthogonal*.

5. Penyisipan *Guard Interval* (GI)

Guard Interval yang digunakan pada penelitian ini bernama *Cyclic Prefix*. *Cyclic Prefix* menambahkan simbol dengan cara menyalin beberapa simbol dari akhir *frame* IFFT untuk dimasukkan pada awal *frame*. Panjang *cyclic prefix* adalah $\frac{1}{4}$ dari

panjang simbol OFDM sehingga panjang simbol OFDM menjadi 80.

6. Konversi Paralel ke Serial

Sebelum masuk ke dalam kanal transmisi, simbol OFDM yang masih dalam bentuk stream paralel dikonversi ke bentuk *stream* serial sinyal *baseband* OFDM.

7. Kanal Transmisi

Pemodelan kanal yang digunakan dalam simulasi ini adalah model kanal AWGN dan *Rayleigh Fading*.

8. Konversi Serial ke Paralel

Sinyal yang telah melalui kanal transmisi dikonversi kembali dari bentuk stream serial ke bentuk stream paralel agar dapat diproses pada blok-blok operasi penerima selanjutnya.

9. Pengeluaran *Guard Interval* (GI)

Pada blok ini *Cyclic Prefix* dibuang kembali sehingga akan diperoleh simbol asli yang sesuai dengan pengiriman semula.

10. *Fast Fourier Transform* (FFT)

Pada blok ini sinyal yang diterima akan dipisahkan dari frekuensi *carriemya*.

11. Konversi Paralel ke Serial

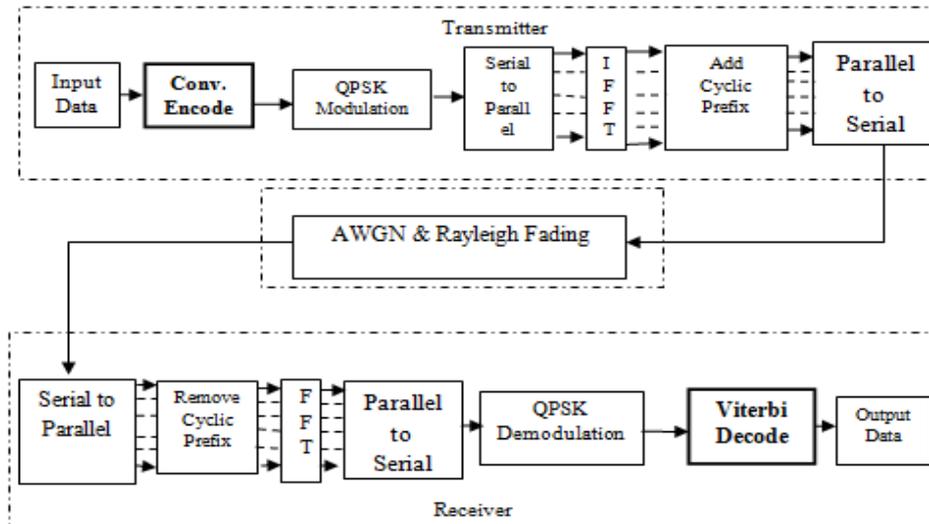
Pada blok ini, bit-bit informasi yang masih berbentuk paralel kemudian diubah ke dalam bentuk serial.

12. Demodulasi

Pada blok ini sinyal kemudian diubah kedalam bentuk bit-bit informasi dengan menggunakan demodulasi QPSK.

3.1.2 Pemodelan Sistem *Coded* OFDM

Gambar 6 berikut menunjukkan pemodelan sistem *coded* OFDM menggunakan teknik pengkodean Convolutional.



Gambar 6 Pemodelan Sistem Coded OFDM

Pemodelan sistem *coded* OFDM yang ditunjukkan pada Gambar 6 merupakan pemodelan seperti pada Gambar 5. Namun, terdapat perbedaan pada sisi pengirim dan penerima. Perbedaan tersebut ialah terdapat penambahan blok *Encode* pada sisi pengirim dan blok *Decode* pada sisi penerima. Berikut penjelasan dari kedua blok tersebut:

1. Convolutional Encode

Pada penelitian ini, *Constraint Length* yang digunakan sebanyak 3 bit. Bit informasi sebagai masukan secara kontinu di *mapping* kedalam urutan bit *output encoder*. Dengan laju kode sebesar $\frac{1}{2}$, berarti setiap 1 masukan akan menghasilkan 2 bit keluaran.

2. Viterbi Decode

Kemudian pada blok *decode*, digunakan dekoder yaitu algoritma Viterbi. Proses dekoding dilakukan dengan membandingkan deretan bit yang diterima dengan semua kemungkinan bit terkode.

3.2 Parameter Simulasi

Parameter-parameter pada simulasi ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

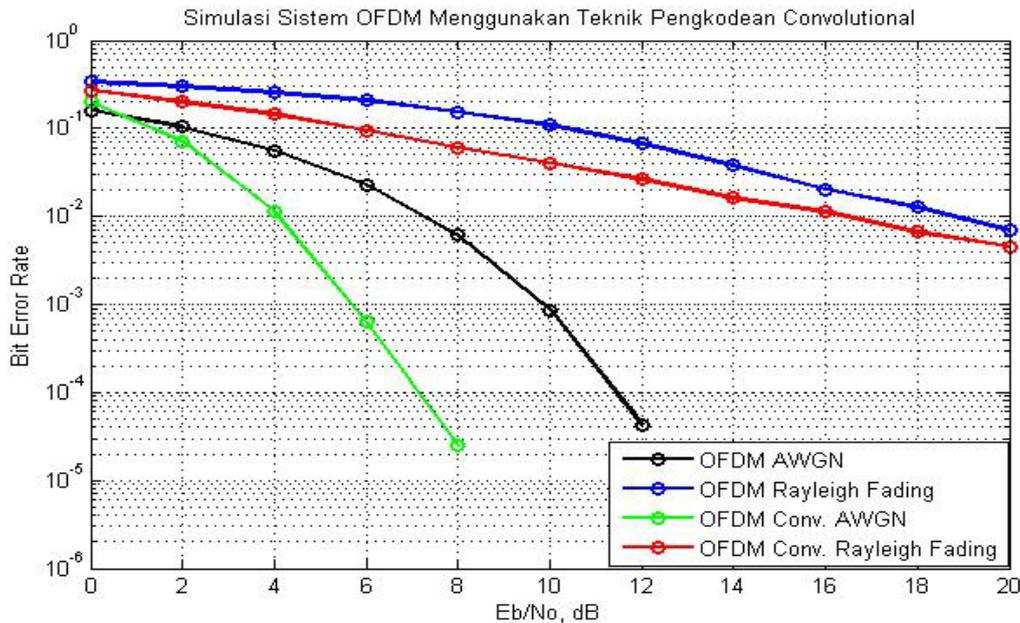
Tabel 1 Parameter Simulasi

Parameter	Nama / Nilai Yang Digunakan
Bit yang Dibangkitkan	10^6
Ukuran / Panjang Simbol OFDM (L)	80
Jumlah <i>Subcarrier</i>	52
Jumlah Simbol FFT	64
<i>Guard Periode Type</i>	<i>Cyclic Prefix</i>
Panjang <i>Cyclic Prefix</i>	1/4
Tipe Modulasi	QPSK
Tipe Enkoder	Convolutional
Laju Kode (R)	$\frac{1}{2}$ bit per simbol
<i>Constraint Length</i> (K)	3 bit
Tipe Dekoder	Viterbi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Simulasi Sistem *Uncoded* OFDM dan *Coded* OFDM

Simulasi ini dilakukan dengan sesuai tahapan pemodelan sistem *Uncoded* dan *Coded* OFDM yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Simulasi ini menampilkan grafik perbandingan nilai BER vs E_b/N_0 yang ditunjukkan pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7 Hasil Simulasi Sistem *Uncoded* dan *Coded* OFDM

Dari simulasi yang telah dilakukan, dapat dilihat sesuai dengan Gambar 7 bahwa pada sistem *coded* OFDM dengan menggunakan teknik pengkodean Konvolusi, kesalahan pendeteksian bit pada penerima sudah tidak terjadi pada saat nilai E_b/N_0 mencapai 8 dB sedangkan pada sistem *uncoded* OFDM kesalahan pendeteksian bit pada penerima sudah tidak terjadi pada saat nilai E_b/N_0 mencapai 12 dB. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa unjuk kerja sistem *coded* OFDM lebih baik dari pada sistem *uncoded* OFDM baik melalui kanal AWGN maupun *Rayleigh Fading*.

5. SIMPULAN

Pada sistem *coded* OFDM dengan menggunakan teknik pengkodean Konvolusi, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa unjuk kerja sistem tersebut lebih baik dari pada sistem *uncoded* OFDM baik melalui kanal AWGN maupun kanal *Rayleigh Fading*. Nilai BER 10^{-3} pada sistem *coded* OFDM dengan teknik pengkodean Konvolusi melalui kanal AWGN tercapai pada saat nilai E_b/N_0 mencapai 6 dB. Pada kanal *Rayleigh Fading*, sistem *coded* OFDM dengan teknik pengkodean Konvolusi menunjukkan unjuk kerja yang lebih baik dari sistem *uncoded* OFDM.

Nilai BER 10^{-2} pada sistem *coded* OFDM dengan teknik pengkodean Konvolusi melalui kanal *Rayleigh Fading* tercapai pada saat nilai E_b/N_0 mencapai 16 dB.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hakim, M. L., dkk., Analisis Kinerja Sistem MIMO-OFDM Pada Kanal *Rayleigh* dan AWGN dengan Modulasi QPSK. Jurnal TRANSMISI, Vol 12, No.4. 2010.
- [2] Prasad, R., 2003. *OFDM For Wireless Communication Systems*. Boston: Artech House Publisher.
- [3] Kuncoro, B. A., 2008. Analisis Kinerja *Convolutional Coding* dengan *Viterbi Decoding* pada Kanal *Rayleigh* Tipe *Frequency Non-Selective Fading*. Bandung: Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung.
- [4] Termizi, A., 2010. *Convolution Encoder For Forward Error Correction*. Pahang: Faculty of Electrical & Electronic Engineering University Malaysia.
- [5] Panggabean, S. F., 2009. Analisis Kinerja Sistem OFDM Pada Jaringan HFC Dengan Menggunakan Spesifikasi DOCSIS. Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara.