

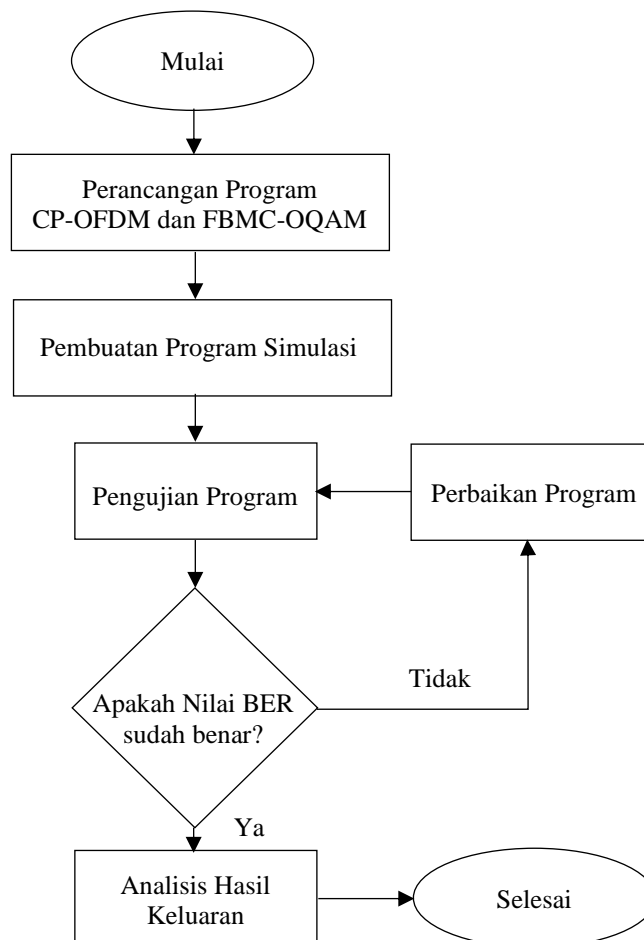
BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alat Yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan suatu program simulasi dalam menganalisis perbandingan kinerja antara sistem OFDM dan FBMC menggunakan modulasi OQAM. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software* MATLAB R2015a.

3.2 Alur Penelitian

Rancangan proses penyelesaian skripsi, mengenai simulasi program perbandingan OFDM dan FBMC dengan menggunakan MATLAB, dijabarkan dalam diagram alir (*flowchart*) yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

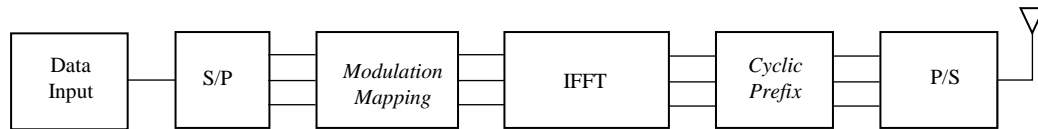


Gambar 3.1 Flowchart Rancangan Simulasi Program

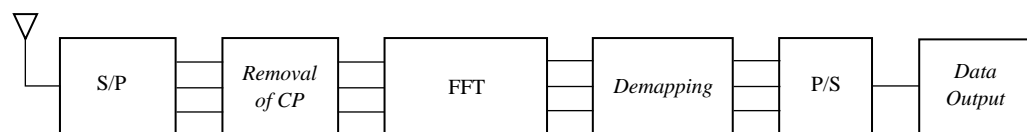
3.3 Pemodelan Sistem

3.3.1 Cyclic Prefix-OFDM

Pemodelan pengirim dan penerima sistem CP-OFDM dijelaskan pada blok diagram sebagai berikut:



Gambar 3.2 Blok diagram CP-OFDM pada antenna pengirim



Gambar 3.3 Blok diagram CP-OFDM pada antenna penerima

1. *Data Input*

Pada tahap ini akan diberikan sinyal *input random* sebagai masukan dari sistem sebanyak 52.000 bit. Variabel *n frames* memiliki harga yang dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan, variabel *subcarrier* memiliki nilai tertentu sesuai dengan jumlah *subcarrier* yang telah ditetapkan, dan variabel bit per simbol memiliki nilai 4 untuk jenis modulasi 16 QAM dan 6 untuk jenis modulasi 64 QAM. Variabel bit per simbol dapat berubah sesuai dengan tingkat modulasi yang diinginkan.

2. *Serial to Parallel*

Pada serial to parallel, *stream* yang telah termodulasi akan diubah menjadi *N subcarrier*, sehingga *stream* yang memiliki *high data rate* akan menjadi *N subcarrier* yang memiliki *low data stream*.

3. *Modulation Mapping*

Pada proses ini *stream* dari sinyal OFDM dimodulasi secara terpisah dengan pilihan teknik modulasi 16-QAM. Pada teknik modulasi 16 QAM,

terdapat 4 bit informasi dalam 1 simbol. Sedangkan untuk teknik modulasi 64 QAM, terdapat 6 bit informasi dalam 1 simbol.

4. IFFT (*Invert Fast Forrier Transform*)

Blok ini berfungsi untuk merubah data dari domain frekuensi ke domain waktu dengan menggunakan teknik *Invers Fast Fourier Transform* (IFFT). Tujuan dari proses ini adalah untuk membuat orthogonalitas antara *subcarrier*, sehingga spektrumnya dalam domain frekuensi dapat dibuat saling tumpang tindih. Setiap *subcarrier* akan dimodulasikan dengan IFFT sehingga *subcarrier* yang sebelumnya *frequency domain* akan berubah menjadi *time domain*. Jumlah *subcarrier* yang digunakan sebanyak 52. Modulasi dengan IFFT juga akan menyebabkan superposisi pada sinyal – sinyal yang dikirimkan. Adapun persamaan umum yang digunakan untuk IFFT sebagai berikut:

$$X[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] \cdot W_N^{-nk} \quad (3.1)$$

5. *Cyclic Prefix*

Penambahan *guard interval* pada domain waktu dengan menggunakan *cyclic prefix* yang akan mengurangi *intersymbol interference* (ISI) antara simbol – simbol OFDM. Penambahan CP akan memperlebar simbol OFDM dengan menyalin bagian terakhir dari simbol OFDM untuk kemudian diletakkan pada bagian depan simbol yang ditransmisikan.

6. *Parallel to Serial*

Pengubah paralel ke seri di sisi pengirim, berfungsi untuk mengubah keluaran dari yang semula bentuknya data paralel menjadi bentuk seri, untuk dapat dikirimkan menjadi 1 baris.

7. **Kanal AWGN**

Kanal transmisi yang digunakan pada simulasi ini adalah kanal AWGN. Pada kanal AWGN diasumsikan memiliki derau yang terdistribusi normal

(*Gaussian*). Derau AWGN terdistribusi normal dengan nilai rata-rata adalah nol. Derau ini bersifat acak dan bersifat menambahkan sinyal asli.

8. *Serial to Parallel*

Pengubah data seri menjadi paralel di sisi penerima, berfungsi untuk mengubah keluaran dari antenna penerima bentuk paralel. Untuk dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu proses *removal cyclic prefix*.

9. *Removal of Cyclic Prefix*

Mengosongkan *guard interval* dengan penghapusan *cyclic prefix*, sehingga puncak *guard interval* hilang.

10. *Fast Forrier Transform (FFT)*

Blok FFT berfungsi untuk melakukan konversi dari deretan simbol-simbol OFDM menjadi bilangan kompleks sesuai dengan konstelasi *mapping* M-ary QAM pada pemancar. Adapun persamaan umum FFT yang digunakan:

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} X[n] \cdot W_N^{nk} \quad (3.2)$$

11. *Demapping*

Pada proses ini tiap-tiap *carrier* dari sinyal OFDM didemodulasi secara terpisah dengan pilihan teknik demodulasi 16-QAM.

12. *Parallel to Serial*

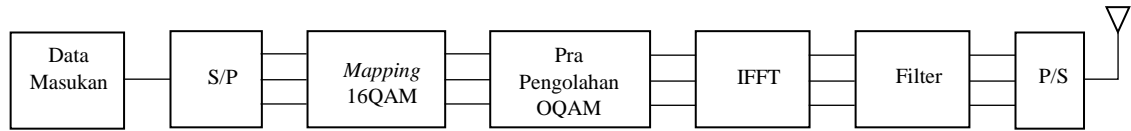
Pada *parallel to serial*, N *subcarrier* yang setiap *subcarrier* telah diubah menjadi *frequency* domain akan diubah menjadi suatu *stream*, sehingga N *subcarrier* yang memiliki *low data stream* akan menjadi *stream* yang memiliki *high data rate*.

13. *Data Output*

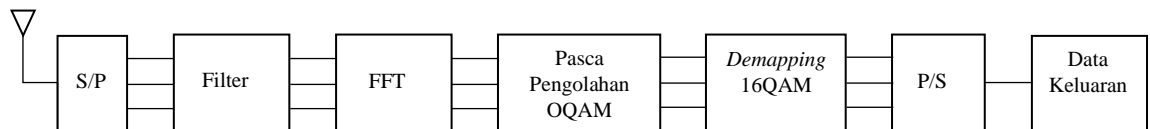
Pada tahap ini akan mengeluarkan nilai *output* dalam bentuk grafik BER. Perhitungan BER dilakukan dengan membandingkan data *input* dengan data *output* sehingga didapatkan jumlah bit yang *error*, dan diperoleh besarnya.

3.3.2 Pemodelan Sistem FBMC-OQAM

Pemodelan pengirim dan penerima sistem FBMC OQAM dijelaskan pada blok diagram sebagai berikut:



Gambar 3.4 Blok diagram FBMC-OQAM pada antenna pengirim



Gambar 3.5 Blok diagram FBMC-OQAM pada antenna penerima

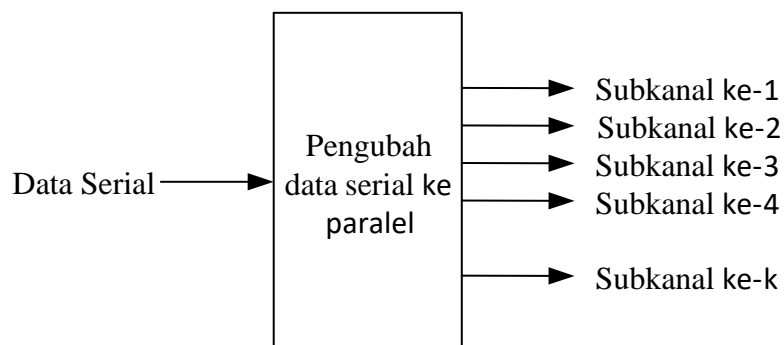
Berikut ini merupakan penjelasan blok diagram FBMC-OQAM:

1. Data Masukan

Data yang dimasukkan ke dalam proram simulasi ini merupakan simbol acak berupa bilangan biner yaitu 1 dan 0 berbentuk bit random sebanyak 52000 bit.

2. Pengubah Data Seri Ke Paralel (S/P)

Bagian ini berfungsi untuk mengubah bentuk, dari bentuk data bit seri ke dalam bentuk paralel dengan mengelompokkan bit-bit tersebut sesuai dengan level modulasi yang digunakan. Proses Pengubahan dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pengubahan data seri ke paralel

3. Mapping 16-QAM

Pada bagian ini akan dilakukan modulasi 16 QAM dari hasil keluaran pengubah S/P. Mapping 16 QAM dilakukan untuk mengubah data masukan biner menjadi bentuk bilangan kompleks $S_k = I_k + jQ_k$, dengan k adalah variabel simbol, I adalah *inphase* atau bilangan riil dan Q adalah quadrature atau bilangan imajiner. Modulasi dasar yang digunakan pada simulasi ini menggunakan pemetaan 16 QAM. Maka, setiap simbol yang diterima pada *mapping* ini terdiri dari empat bit.

Tabel 3.1 Mapping 16-QAM

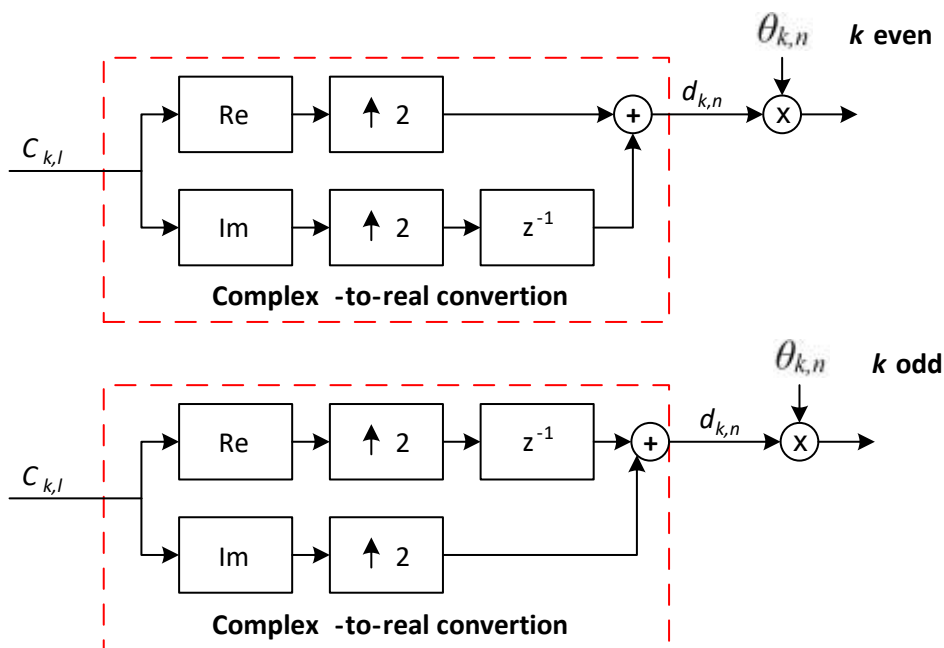
No	Biner 4 bit				Bilangan Kompleks (x)
	Bit-4	Bit-3	Bit-2	Bit-1	
1	0	0	0	0	$0,3162 + 0,3162 i$
2	0	0	0	1	$-0,3162 + 0,3162 i$
3	0	0	1	0	$0,3162 - 0,3162 i$
4	0	0	1	1	$-0,3162 - 0,3162 i$
5	0	1	0	0	$0,9486 + 0,3162 i$
6	0	1	0	1	$-0,9486 + 0,3162 i$
7	0	1	1	0	$0,9486 - 0,3162 i$
8	0	1	1	1	$-0,9486 - 0,3162 i$
9	1	0	0	0	$0,3162 + 0,9486 i$
10	1	0	0	1	$-0,3162 + 0,9486 i$
11	1	0	1	0	$0,3162 - 0,9486 i$
12	1	0	1	1	$-0,3162 - 0,9486 i$
13	1	1	0	0	$0,9486 + 0,9486 i$
14	1	1	0	1	$-0,9486 + 0,9486 i$
15	1	1	1	0	$0,9486 - 0,9486 i$
16	1	1	1	1	$-0,9486 - 0,9486 i$

4. Pra Pengolahan OQAM

Pada bagian ini simbol akan dipisah menjadi simbol ganjil dan simbol genap. Diketahui untuk ganjil dan genapnya simbol dilihat dari urutannya. Kemudian simbol tersebut diolah menggunakan 2 operasi yaitu:

1. Proses perubahan bilangan kompleks menjadi bilangan riil.
2. Proses perkalian dengan $\theta_{k,n}$.

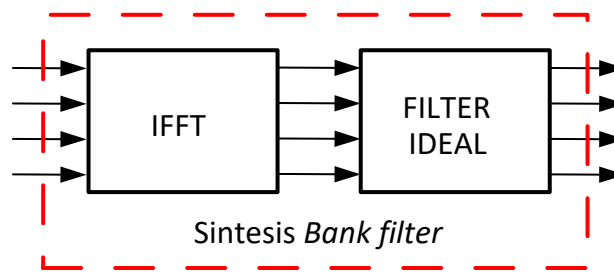
Pada operasi pertama simbol ganjil genap yang terdiri dari bilangan riil dan imajiner masing – masing akan dipisahkan. Lalu masing-masing bilangan riil dan imajiner mengalami peningkatan jumlah (2 kali *upsampling*) yang diikuti dengan pergeseran setengah fasa sebesar 90° . Penjelasannya dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Pra Pengolahan OQAM untuk saluran ganjil dan genap [35]

5. Sintesis Bank filter

Proses Sintesis *Bank filter* seperti pada Gambar 3.8, terdiri dari 2 proses yaitu proses kebalikan transformasi fourier dan proses filter atau *bank filter*. Filter pada simulasi ini diasumsikan menggunakan filter ideal atau filter kotak. Sehingga simbol yang ada, akan langsung diteruskan tanpa adanya data yang dihilangkan.



Gambar 3.8 Proses sintesis *bank filter*

6. Pengubah Paralel ke Seri (P/S)

Pengubah paralel ke seri di sisi pengirim, berfungsi untuk mengubah keluaran dari sintesis *bank filter* yang semula bentuknya data paralel menjadi bentuk seri, untuk dapat dikirimkan menjadi 1 baris.

7. Pemodelan Kanal Transmisi

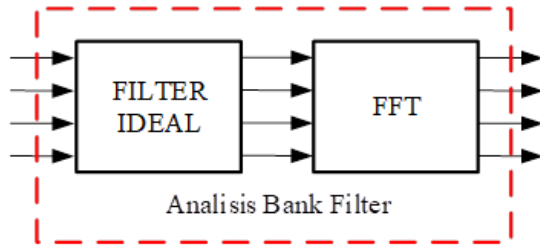
Kanal transmisi yang digunakan pada simulasi ini adalah kanal AWGN. Pada kanal AWGN diasumsikan memiliki derau yang terdistribusi normal (*Gaussian*). Derau AWGN terdistribusi normal dengan nilai rata-rata adalah nol. Derau ini bersifat acak dan bersifat menambahkan sinyal asli.

8. Pengubah Data Seri menjadi Paralel (S/P)

Pengubah data seri menjadi paralel di sisi penerima, berfungsi untuk mengubah keluaran dari antenna penerima bentuk paralel. Untuk dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu proses analisis *bank filter*.

9. Analisis *Bank filter*

Proses Analisis *Bank filter* merupakan kebalikan dari proses sintesis *bank filter*. Analisis *bank filter*, terdiri dari 2 proses yaitu proses transformasi *fourier* dan proses filter.

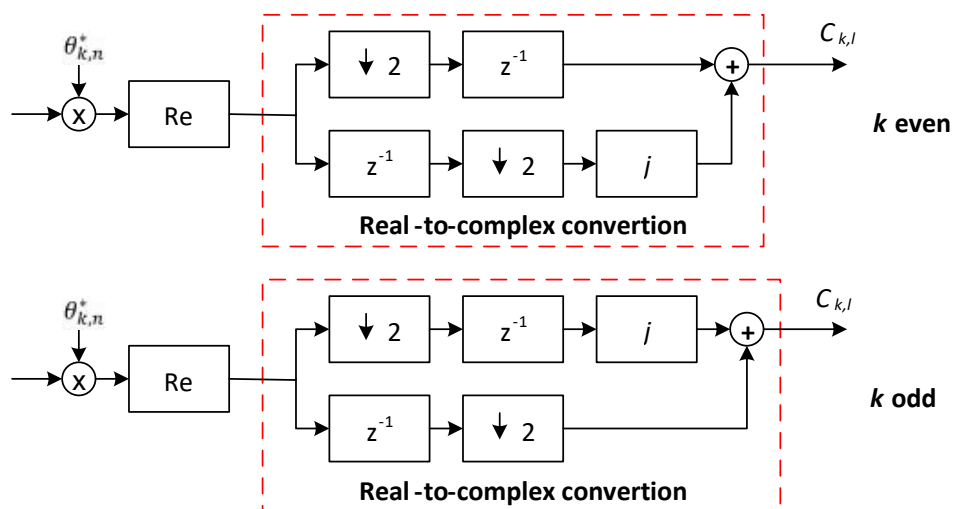


Gambar 3.9 Proses analisis *bank filter*

Filter pada bagian penerima, diasumsikan juga menggunakan filter ideal atau filter kotak. Sehingga, simbol yang ada akan langsung diteruskan tanpa adanya data yang dihilangkan.

10. Pasca Pengolahan OQAM

Pasca pengolahan OQAM merupakan kebalikan dari bagan pra pengolahan OQAM. Blok pasca pengolahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar, yang memiliki dua struktur yang berbeda berdasarkan urutan kanal ganjil atau genap. Penjelasannya dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Pasca Pengolahan OQAM Untuk Saluran Ganjil dan Genap [35]

11. Demapping 16 QAM

Pada bagian penerima, terjadi proses kebalikan yaitu dari *mapping* 16 QAM, yaitu proses *demapping* 16 QAM. Pada proses ini, setiap simbol akan dipetakan kembali untuk membentuk empat bit data kembali. Proses

pengambilan keputusan pada *demapping* 16 QAM, digunakan untuk menentukan simbol mana yang sebenarnya dikirimkan oleh antenna pengirim. Pengambilan keputusan diperlukan karena adanya pengaruh kanal dan derau yang mengakibatkan simbol QAM di bagian penerima menjadi tidak asli dibandingkan keluaran *mapping* 16 QAM pada pengirim. Hasil pengambilan keputusan ini, berupa komponen riil dan imajiner yang kemudian dikembalikan kembali menjadi bit-bit data. Adapun aturan pengambilan keputusan seperti Tabel 3.2 berikut ini:

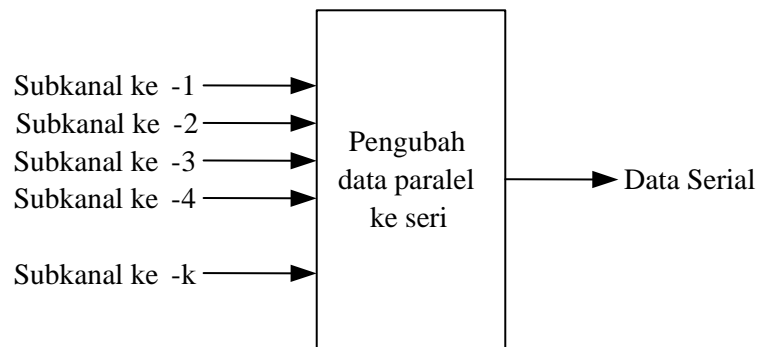
Tabel 3.2 Demapping 16-QAM

No	Riil (x)	Imajiner (y)	Keluaran
1	$0,6324 > x > 0$	$0 < y < 0,6324$	0 0 0 0
2	$-0,6324 < x < 0$	$0 < y < 0,6324$	0 0 0 1
3	$0,6324 > x > 0$	$0 > y > -0,6324$	0 0 1 0
4	$-0,6324 < x < 0$	$0 > y > -0,6324$	0 0 1 1
5	$x > 0,6324$	$0 < y < 0,6324$	0 1 0 0
6	$x < -0,6324$	$0 < y < 0,6324$	0 1 0 1
7	$x > 0,6324$	$0 > y > -0,6324$	0 1 1 0
8	$x < -0,6324$	$-0,6324 < y < 0$	0 1 1 1
9	$0,6324 > x > 0$	$y > 0,6324$	1 0 0 0
10	$-0,6324 < x < 0$	$y > 0,6324$	1 0 0 1
11	$0,6324 > x > 0$	$y < -0,6324$	1 0 1 0
12	$-0,6324 < x < 0$	$y < -0,6324$	1 0 1 1
13	$x > 0,6324$	$y > 0,6324$	1 1 0 0
14	$x < -0,6324$	$y > 0,6324$	1 1 0 1
15	$x > 0,6324$	$y < -0,6324$	1 1 1 0
16	$x < -0,6324$	$y < -0,6324$	1 1 1 1

12. Pengubah Paralel menjadi Serial (P/S)

Blok pengubah paralel menjadi seri ditunjukkan pada Gambar 3.11. Fungsinya adalah untuk mengubah bentuk dari yang semula bentuk bit paralel menjadi bit seri, dengan mengelompokkan empat bit – empat bit biner

keluaran dari *demapping* 16 QAM, menjadi satu baris sebagai keluaran dari proses demapping 16-QAM ke data serial bit.



Gambar 3.11 Pengubah data paralel menjadi seri

13. Data Keluaran

Hasil bit - bit biner keluaran sinyal tersebut, dapat digunakan untuk membandingkan bit keluaran dengan bit masukan untuk mendapatkan nilai SNR terhadap BER.

3.4 Parameter Simulasi

Parameter yang digunakan dalam simulasi ini, sebagaimana tertera pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Parameter OFDM dan FBMC

Simbol	Parameter	Nilai
ntx	Jumlah antena pengirim	1
nrx	Jumlah antena penerima	1
M	Modulasi Dasar	16-QAM
ml	Jumlah level modulasi	4
nbits	Jumlah Bit	52000
snr_db	Signal to Noise Ratio	0:2:20