

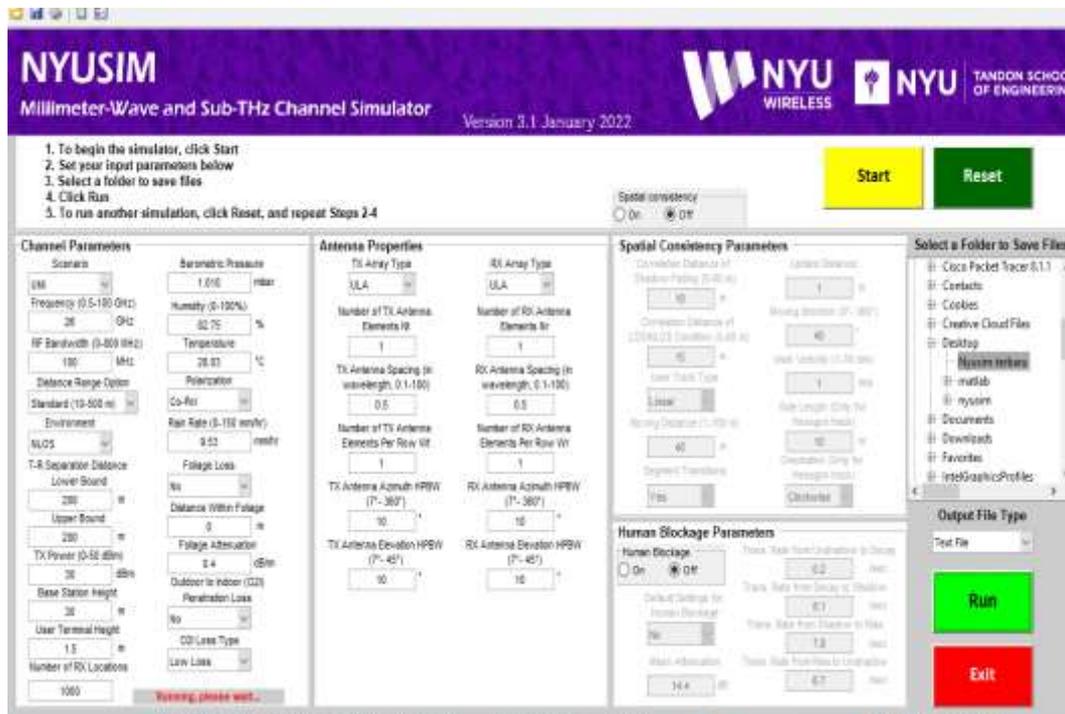
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat yang Digunakan

3.1.1. New York University Wireless Simulator (NYUSIM)

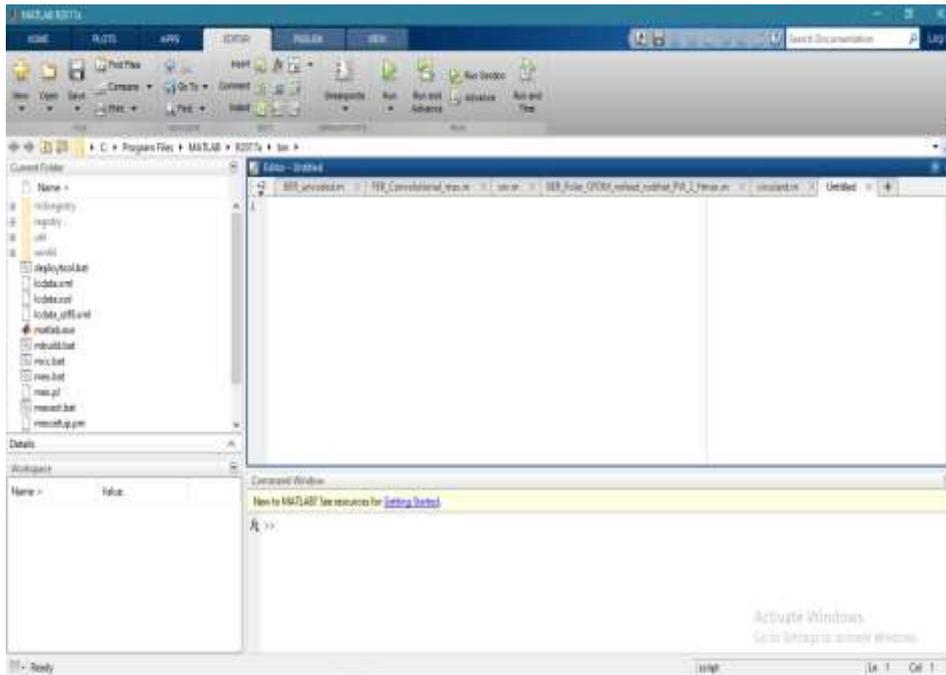
Pada penelitian kali ini menggunakan salah satu *software* simulator bernama *New York University Simulator* (NYUSIM). NYUSIM mempunyai beberapa fitur parameter yang dapat digunakan seperti frekuensi, *bandwidth*, skenario lingkungan, daya pemancar dan sebagainya. *Software* ini juga dapat membantu mensimulasikan model kanal seperti *Wideband Temporal/SSCM*. Pada Gambar 3.1 merupakan Tampilan pada NYUSIM.



Gambar 3.1 Tampilan NYUSIM v2.1

3.1.2. Matlab versi 2017a

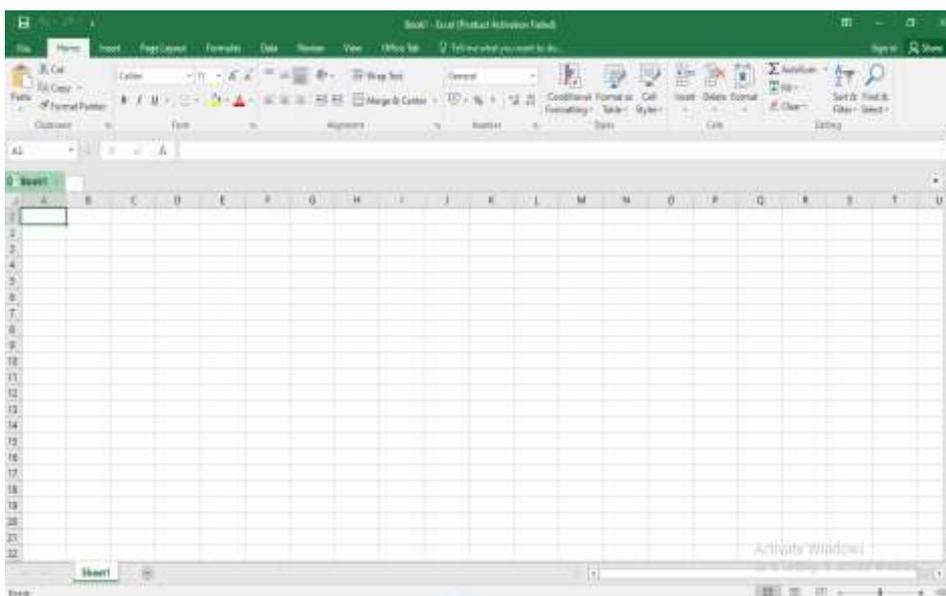
MATLAB merupakan suatu *software* pemrograman yang didesain khusus guna mengolah angka dan Bahasa pemrograman. MATLAB menggunakan bahasa berbasis matriks sehingga sangat banyak digunakan untuk menganalisis data, membuat algoritma, serta menciptakan pemodelan dan aplikasi. *Output* akhir yang dihasilkan oleh *software* MATLAB berupa grafik dan hasil numerik (angka). Pada Gambar 3.2 merupakan tampilan awal pada MATLAB.



Gambar 3.2 Tampilan Awal *Software* MATLAB

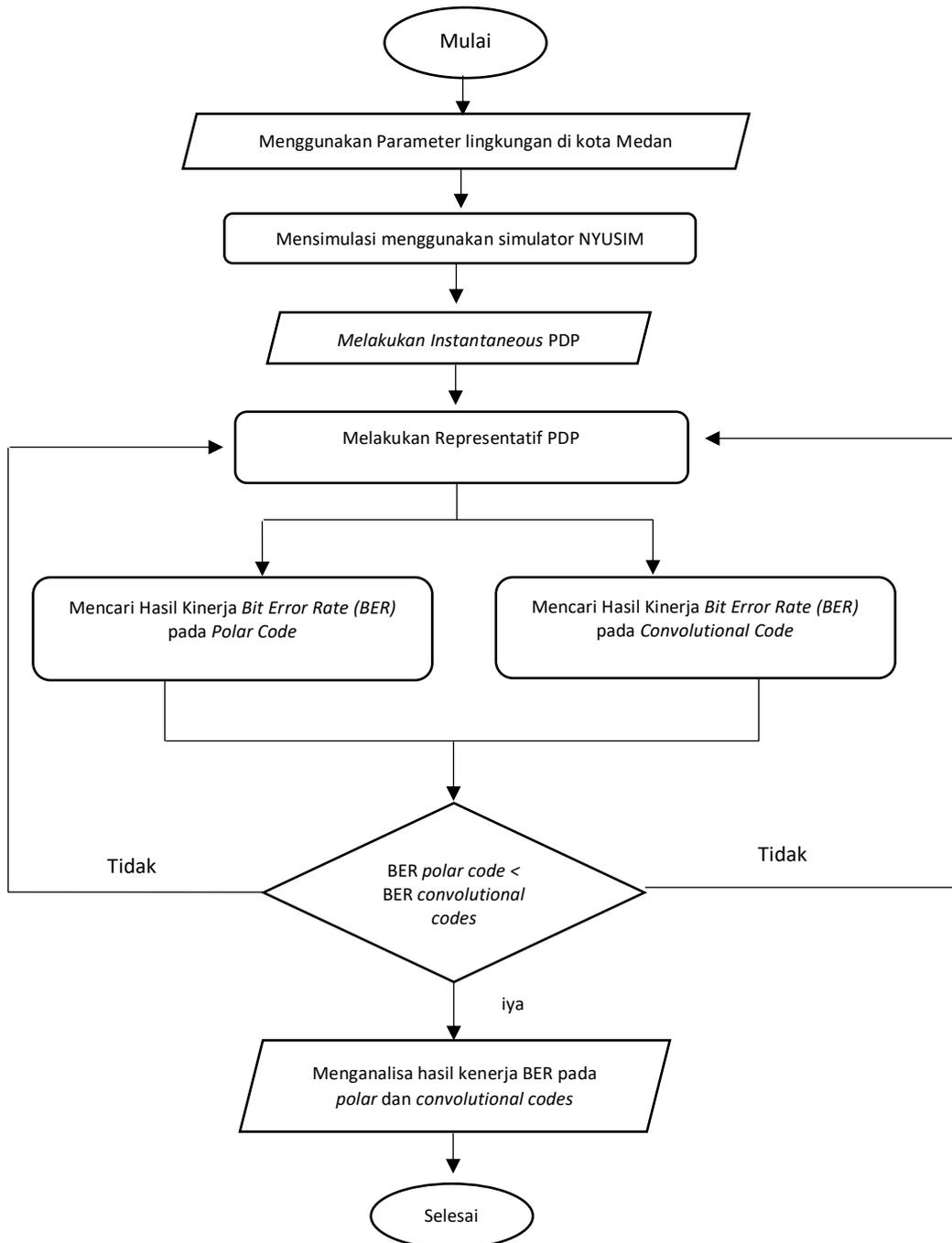
3.1.3. Microsoft Excel

Microsoft Excel adalah suatu aplikasi yang berfungsi untuk mengolah angka pada *spreadsheet* yang terdiri dari baris dan kolom untuk mengeksekusi perintah. *Microsoft excel* ini akan digunakan untuk menuliskan hasil angka yang diperoleh pada penelitian kali ini. Gambar 3.3 merupakan tampilan pada *Microsoft excel*.



Gambar 3.3 Tampilan *Microsoft Excel*

3.2 Alur Penelitian



Gambar 3.4 *Flowchart* Penelitian.

Pada simulai kali ini mengusulkan pengujian untuk menganalisis performasi nilai BER pada kanal *SSCM*. Hal tersebut dilakukan dalam beberapa step diantara lain seperti perancangan sistem, simulasi, pengujian simulasi, dan analisis hasil pengujian. Pada Gambar 3.4 merupakan gambaran *flowchart* dari penelitian kali ini.

3.4 Environment Parameter

Pada simulasi kali ini menggunakan frekuensi 26 GHz dan *bandwidth* sebesar 100 MHz. Kemudian pada *Distance Range Option* yang digunakan 10-500 meter, pada *lower band* dan *upper band* menggunakan jarak 200 meter, dengan server penerima sebanyak 1000. Step pertama adalah dengan mendapatkan data parameter *environment*. Dilihat pada Tabel 3.1 yang menunjukkan data dari parameter yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian ini. Tabel tersebut merupakan parameter dari kondisi iklim di kota Medan contohnya suhu, kelembapan, curah hujan dan tekanan udara. Data ini dihasilkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan data yang akan diteliti mulai dari bulan Januari – April tahun 2022. Data tersebut akan menjadi masukan yang akan digunakan pada *software* NYUSIM.

Tabel 3. 1 *Environment* Parameter Kota Medan

Parameter	Nilai Rata-rata
Curah Hujan	9.53 mm/hr
Suhu Udara	28.03 °C
Kelembaban udara	82.75%
Tekanan Udara	1.010 mbar

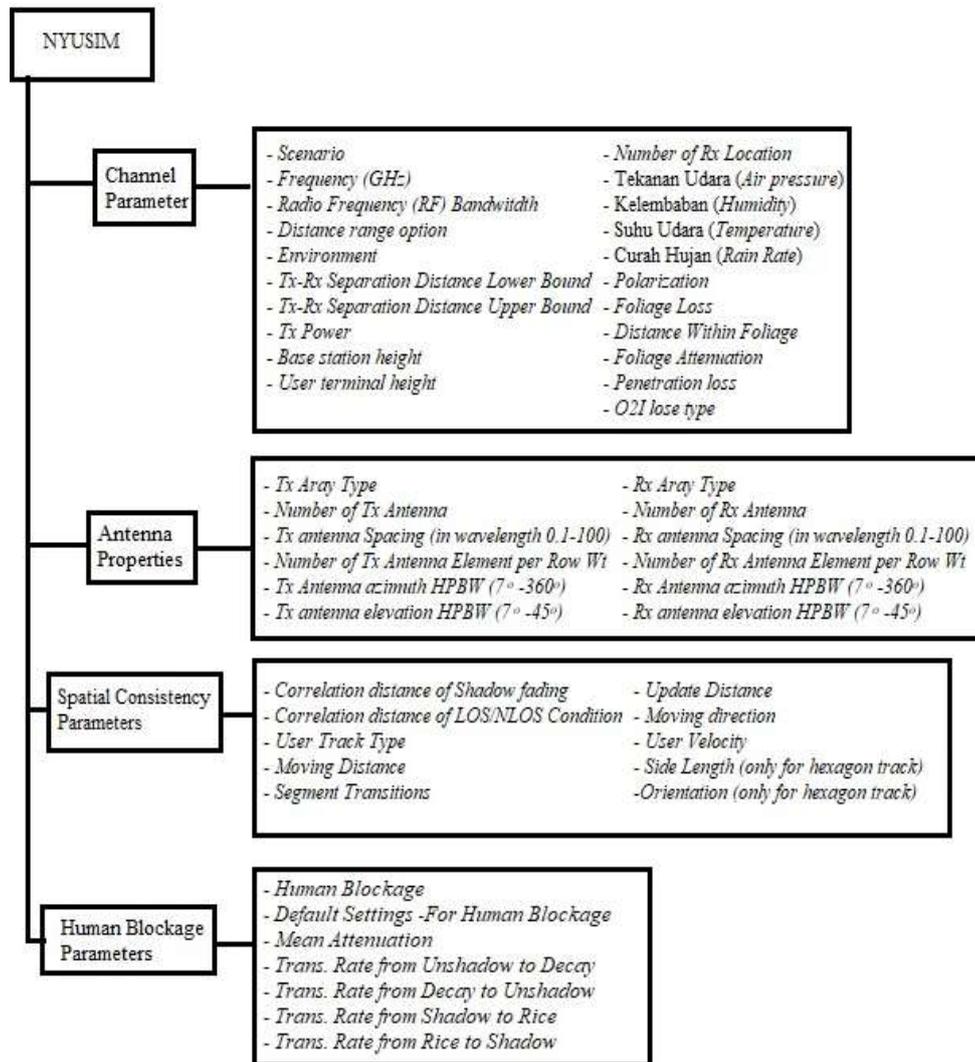
Pada Tabel 3.2 dibawah menjelaskan parameter yang digunakan pada simulasi MATLAB. Tabel 3.2 diatas menjelaskan pada penelitian kali ini menggunakan *FFT size* sebesar 128. *Coding rate* yang digunakan pada *uncoded* sebesar 1 dan pada *channel coding polar* dan *convolutional codes* sebesar ½. CDF (*Cumulative Distribution Function*) yang digunakan sebesar 90% dan *threshold* yang digunakan sebesar -140.

Tabel 3.2 Simulasi Parameter

Parameter	Nilai
<i>FFT size</i>	128
<i>Coding rate uncoded</i>	1
<i>Coding rate polar codes</i>	1/2
<i>Coding rate convolutional codes</i>	1/2
CDF	90%
<i>Threshold</i>	-140

3.5 Simulasi Menggunakan NYUSIM

Step selanjutnya melakukan simulasi model kanal menggunakan *Software New York University Simulator* (NYUSIM). Pada percobaan ini harus memasukkan parameter antara lain contohnya seperti frekuensi, *bandwidth* kanal, skenario lingkungan dan lain sebagainya. Simulasi ini mengharapkan *output* berupa *instantaneous* PDP yang terdiri dari daya dan *delay* untuk setiap *path*. Pada Gambar 3.5 merupakan diagram parameter masukan pada NYUSIM.



Gambar 3.5 Diagram Parameter Masukan pada NYUSIM

Pada NYUSIM terdapat 4 jenis masukan parameter yaitu *Channel Parameter*, *Antenna properties*, *Spatial Consistency Parameter*, dan *Human Blockage*. Pada *channel* parameter berisi 19 parameter masukan dan *channel* parameter ini meng-*input* parameter mengenai *channel* propagasi. Tabel 3.3 merupakan parameter *input* NYUSIM pada *Channel*.

Tabel 3.3 Parameter *Input* NYUSIM pada *Channel*

No	Channel Parameter	Nilai
1	Scenario	Urban Microcell (UMi)
2	Frequency (GHz)	26 GHz
3	Radio Frequency (RF) Bandwidth	100 MHz
4	Distance range option	Standard (10-500 m)
5	Environment	Non Line of Sight (NLOS)
6	Tx-Rx Separation Distance Lower Bound	200 m
7	Tx-Rx Separation Distance Upper Bound	200 m
8	Tx Power	30 dBm
9	Base station height	30 m
10	User terminal height	1.5 m
11	Number of Rx Location	1000
12	Tekanan Udara (Air pressure)	1.010 mbar
13	Kelembaban (Humidity)	82.75%
14	Suhu Udara (Temperature)	28.03 °C
15	Curah Hujan (Rain Rate)	9.53 mm/hr
16	Polarization	Co-Pol (Co-Polarization)
17	Foliage Loss	-
18	Distance Within Foliage	0 m
19	Foliage Attenuation	0.4 dB/m
20	Penetration loss	-
21	O2I lose type	Low loss

Pada parameter ini memiliki *scenario* yang dibagi menjadi 3 bagian *Urban Microcell (UMi)*, *Urban Macrocell (Uma)*, dan *Rural Macrocell (RMa)*. Kemudian pada *Environment* terdapat 2 pilihan yaitu *line-of-sight (LOS)* atau *non-line-of-sight (NLOS)*. *Lower Bound of T-R Separation Distance* merupakan jarak terkecil antara Tx dan Rx dengan satuannya yaitu m sedangkan *Upper Bound of T-R Separation Distance* merupakan kebalikan dari *Lower Bound of T-R Separation Distance*.

Kemudian Tx Power yang memiliki *default value* sebesar 30 dBm namun pada NYUSIM dapat digunakan pada 0-50 dBm dan banyak lagi parameter yang dapat digunakan pada NYUSIM seperti yang terdapat pada Gambar 3.5.

Parameter masukan selanjutnya adalah *Antenna properties*, pada *antenna properties* memiliki 12 parameter *input* yang terkait tentang susunan antena Tx dan Rx. Selanjutnya parameter *Spatial Consistency* Parameter ini memiliki 10 parameter *input* yang terkait dengan implementasi konsistensi spasial dan yang terakhir adalah parameter *Human Blockage*, parameter ini berisi 6 parameter *input* yang terkait dengan *human blockage shadowing loss*. Parameter *input antenna properties* terdapat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Parameter *Input* NYUSIM pada *Antenna properties*

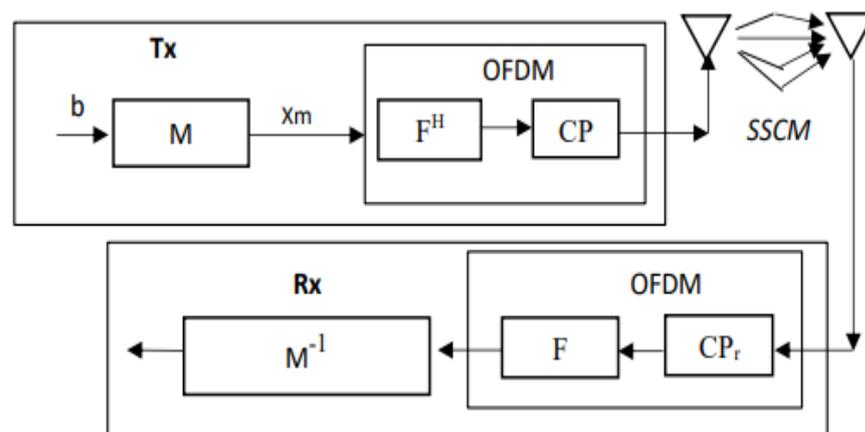
No	<i>Antenna Properties</i>	Nilai
1	<i>TX Aray Type</i>	ULA (<i>Uniform Linear Array</i>)
2	<i>Number of TX Antenna</i>	1
3	<i>TX antenna Spacing (in wavelength 0.1-100)</i>	0.5
4	<i>Number of Tx Antenna Element per Row</i> <i>Wt</i>	1
5	<i>Tx Antenna azimuth HPBW (7° -360°)</i>	10
6	<i>Tx antenna elevation HPBW (7° -45°)</i>	10
7	<i>RX Aray Type</i>	ULA (<i>Uniform Linear Array</i>)
8	<i>Number of RX Antenna</i>	1
9	<i>RX antenna Spacing (in wavelength 0.1-100)</i>	0.5
10	<i>Number of Rx Antenna Element per Row</i> <i>Wt</i>	1
11	<i>Rx Antenna azimuth HPBW (7° -360°)</i>	10
12	<i>Rx antenna elevation HPBW (7° -45°)</i>	10

Pada Tx/Rx *Array Type* memiliki 2 pilihan yaitu ULA (*Uniform Linear Array*) dan URA (*Uniform Rectangular Array*). Kemudian *Number of TX/Rx Antenna Elements* dapat digunakan mulai dari 1-128. Selanjutnya *TX Antenna Spacing* yang merupakan jarak antara antena TX yang berdekatan pada *array*

dalam hal panjang gelombang pembawa, nilai yang dapat digunakan yaitu 0,1 samapi 100 namun yang umum digunakan sebesar 0,5 dan banyak lagi parameter-parameter yang dapat di inputkan pada parameter *Antenna properties* ini. Pada simulasi ini hanya menggunakan 2 parameter dari 4 parameter. Pada penelitian ini tidak menggunakan *Spatial Consistency Parameter* dan juga pengaruh dari *human blockage*.

3.6 Pemodelan Sistem

3.6.1. Pemodelan Sistem pada *Uncoded*



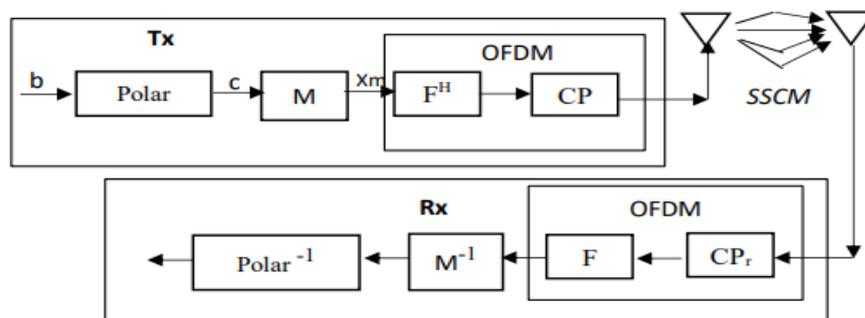
Gambar 3.6 *Block Diagram* Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem yang terlihat pada Gambar 3.6 adalah pemodelan sistem pada *Uncoded*, *uncoded* artinya tidak menggunakan *channel coding*. Tetapi pada kondisi *uncoded* akan tetap menggunakan teknik *multicarrier* OFDM. Simulasi ini bertujuan untuk memperoleh hasil kinerja *bit error rate* (BER) dalam kondisi *uncoded*. Simulasi kali ini menggunakan model kanal *Wideband Temporal/SSCM* pada simulator NYUSIM. Modulasi yang digunakan yaitu *Binary Phase Shift Keying* (BPSK). Pada Gambar 3.6 merupakan *block diagram* pemodelan sistem dalam kondisi *uncoded*.

Transmitter bit informasi yaitu b akan dibangkitkan pada sisi *transmitter* secara acak. Pada modulasi akan dilakukan proses penumpangan sinyal informasi ke sinyal *carrier*, kemudian pada modulator akan menghasilkan simbol x_m yang berisi bit-bit informasi. Simbol *output* yang dihasilkan dari modulator akan di transmisikan menggunakan IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) pada blok F^H dengan panjang blok sebesar 128.

Block CP berfungsi sebagai penambah *Cyclic Prefik (CP)*-OFDM dimana fungsi *Cyclic Prefik* adalah untuk memastikan pengiriman bit sudah terkirim dengan lengkap. Simbol OFDM kemudian dikirimkan pada kanal. Bit-bit informasi ditransmisikan melewati kanal yang telah dimodelkan. Pada sisi penerima akan dilakukan proses berkebalikan dengan sisi pengirim. Pada blok CP_r akan menghapus *Cyclic Prefik* kemudian dilanjutkan dengan proses FFT F sebelum masuk ke demodulasi M^{-1} simbol akan didemodulasi M^{-1} menggunakan demodulator BPSK. Kemudian akan dilakukan analisis kinerja BER pada sistem.

3.6.2. Pemodelan Sistem pada *Polar Code*



Gambar 3.7 *Block Diagram* Pemodelan Sistem

Simulasi ini menggunakan teknik *multicarrier* OFDM pada sistem 5G. Parameter validasi yang diujikan adalah *bit error rate* (BER) dan menggunakan model kanal *Wideband Temporal/SSCM* pada simulator NYUSIM. Modulasi yang digunakan yaitu *Binary Phase Shift Keying* (BPSK). Pada Gambar 3.7 menunjukkan struktur pemodelan sistem yang akan digunakan pada *polar codes*.

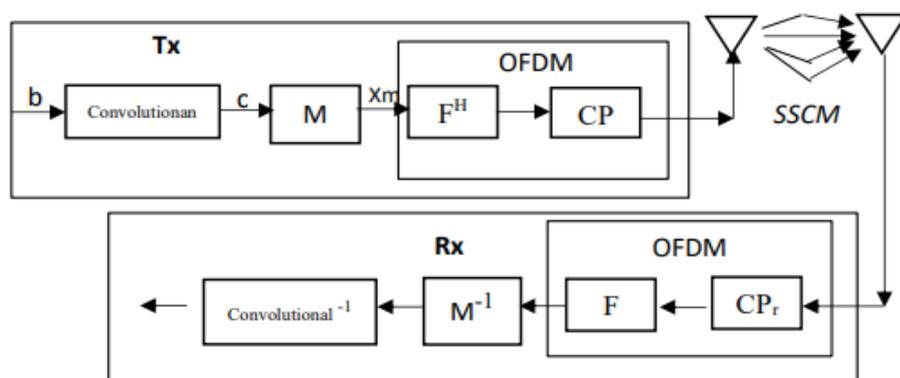
Transmitter bit informasi yaitu b akan dibangkitkan pada sisi *transmitter* secara acak. Kemudian dilakukan pengkodean menggunakan *channel coding* yaitu *polar codes* dengan *coding rate* yang digunakan $R = \frac{1}{2}$. Pada modulasi akan dilakukan proses penumpangan sinyal informasi ke sinyal *carrier*, kemudian pada modulator akan menghasilkan simbol x_m yang berisi bit-bit informasi.

Simbol *output* yang dihasilkan dari modulator akan di transmisikan menggunakan IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) pada blok F^H dengan panjang blok sebesar 128. Fungsi pada *Block CP* sebagai penambah *Cyclic Prefik*-OFDM dimana fungsi *Cyclic Prefik* adalah untuk memastikan pengiriman bit sudah terkirim dengan lengkap. Simbol OFDM kemudian dikirimkan pada kanal. Bit-bit

informasi ditransmisikan melewati kanal yang telah dimodelkan berdasarkan kondisi lingkungan kota Medan. Pada sisi penerima akan dilakukan proses berkebalikan dengan sisi pengirim.

Pada blok CP_r akan menghapus *Cyclic Prefik* kemudian melakukan proses FFT F sebelum masuk ke demodulasi M^{-1} simbol akan didemodulasi M^{-1} menggunakan demodulator BPSK. *Channel coding* dijadikan *decoder* C^{-1} untuk bit akhir sebagai proses akhir CP-OFDM. Kemudian akan dilakukan analisis kinerja BER pada sistem.

3.6.3. Pemodelan Sistem pada *Convolutional Code*



Gambar 3.8 *Block Diagram* Pemodelan Sistem

Penelitian ini menggunakan teknik *multicarrier* OFDM pada sistem 5G. Parameter validasi yang diujikan adalah *bit error rate* (BER) dan menggunakan model kanal *Wideband Temporal/SSCM* pada simulator NYUSIM. Modulasi yang digunakan yaitu *Binary Phase Shift Keying* (BPSK). Pada Gambar 3.8 menunjukkan struktur pemodelan sistem yang akan digunakan pada *convolutional codes*. Hal ini yang akan digunakan untuk simulasi pengujian BER.

Transmitter bit informasi yaitu b akan dibangkitkan pada sisi *transmitter* secara acak. Kemudian dilakukan pengkodean menggunakan *channel coding* yaitu *convolutional codes* dengan *coding rate* yang digunakan $R = 1/2$. Pada modulasi akan dilakukan proses penumpangan sinyal informasi ke sinyal *carrier*, kemudian pada modulator akan menghasilkan simbol x_m yang berisi bit-bit informasi.

Simbol *output* yang dihasilkan dari modulator akan di transmisikan menggunakan IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) pada blok F^H dengan panjang blok sebesar 128. *Block* CP berfungsi sebagai penambah *Cyclic Prefik*-OFDM dimana fungsi *Cyclic Prefik* adalah untuk memastikan pengiriman bit sudah

terkirim dengan lengkap. Simbol OFDM kemudian dikirimkan pada kanal. Simbol OFDM kemudian ditransmisikan pada kanal. Bit-bit informasi ditransmisikan melewati kanal yang telah dimodelkan berdasarkan kondisi lingkungan kota Medan.

Pada sisi penerima akan dilakukan proses berkebalikan dengan sisi pengirim. Pada blok CP_r akan menghapus *Cyclic Prefik* kemudian dilanjutkan dengan proses FFT F sebelum masuk ke demodulasi M^{-1} simbol akan didemodulasi M^{-1} menggunakan demodulator BPSK. *Channel coding* dijadikan *decoder* C^{-1} untuk bit akhir sebagai proses akhir CP-OFDM. Kemudian akan dilakukan analisis kinerja BER pada sistem.

3.7 *Instantaneous PDP*

Instantaneous PDP yang dihasilkan melalui NYUSIM dengan percobaan 1000 Rx sehingga hasil *instantaneous* yang diperoleh sebesar 1000 *instantaneous*. *Instantaneous PDP* bertujuan untuk meningkatkan keakurasian nilai representatif PDP karena nilai *channel* akan terus berubah selama dalam proses pentransmisian. Simulasi pada percobaan menggunakan NYUSIM diperoleh hasil *instantaneous PDP*. Pada sumbu x merupakan *delay* (ns) pada tiap *path* dan sumbu y merupakan daya (dBm).

3.8 *Representatif PDP*

Step selanjutnya yaitu melakukan perhitungan untuk memperoleh nilai pada *representative PDP*. langkah-langkah untuk merepresentatif PDP diantaranya:

1. Melakukan pembulatan untuk semua PDP_i , i adalah angka indeks dari PDP, $i = \{ 1, 2, \dots, K \}$ K adalah total dari percobaan PDP. Dengan rentang pembulatan $\Delta T \leq 1/B$ dimana $\Delta T = 5$ ns.
2. Menjumlahkan semua *path* pada *delay* yang sama untuk setiap PDP_i .
3. Melakukan CDF (*Cumulative Distribution Function*) sebesar 90% pada daya dari semua PDP untuk dijadikan representatif daya.
4. Melakukan *threshold* sebesar -140 dB dari PDP representatif. Nilai *threshold* ini adalah nilai inisialisasi untuk sistem *small scale fading*.
5. Normalisasi untuk mendapatkan representatif PDP akhir

Tabel 3. 5 *Power Delay Profile Asli*

Tap k	Power σ_{k^2}	Delay τ (ns)
1	σ_{1^2}	0
2	σ_{2^2}	4
3	σ_{3^2}	8
4	σ_{4^2}	12
6	σ_{5^2}	16
7	σ_{6^2}	19
8	σ_{7^2}	22

Tabel 3.6 *Power Delay Profile Setelah Pemetaan Delay*

Tap k	Power σ_{k^2}	Delay τ (ns)
1	σ_{1^2}	0
2	σ_{2^2}	5
3	σ_{3^2}	10
4	σ_{4^2}	10
6	σ_{5^2}	15
7	σ_{6^2}	20
8	σ_{7^2}	20

Tabel 3.7 Hasil *Delay Profile*

Tap k	Power σ_{k^2}	Delay τ (ns)
1	σ_{1^2}	0
2	σ_{2^2}	5
3	$\sigma_{3^2} + \sigma_{4^2}$	10
4	σ_{5^2}	15
6	$\sigma_{6^2} + \sigma_{7^2}$	20

3.9 Perhitungan *Bit Error Rate*

Perhitungan *Bit Error Rate* (BER) pada penelitian kali ini telah dituliskan pada persamaan (2.31 -2.33). Pada penelitian ini membutuhkan perbandingan nilai kinerja BER antara *polar codes* dan *convolutional codes*. BER yang tinggi dapat menjelaskan bahwa laju data suatu sistem telekomunikasi lebih lambat dan

menyebabkan waktu transmisi secara keseluruhan lebih lambat untuk jumlah data yang ditransmisikan, artinya semakin besar hasil kinerja BER yang dihasilkan maka kinerja sistem akan semakin buruk.