

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Alat Yang Digunakan

Pada perancangan penelitian ini membutuhkan beberapa alat dan bahan untuk membuat perencanaan jaringan 5G.

#### 3.1.1 PERANGKAT KERAS (*HARD WARE*)

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 1 laptop dengan spesifikasi terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Spesifikasi Laptop	OS	Windows 11
	Processor	Intel core i5
	RAM	8GB
	Hardisk	512GB

#### 3.1.2 PERANGKAT LUNAK (*SOFT WARE*)

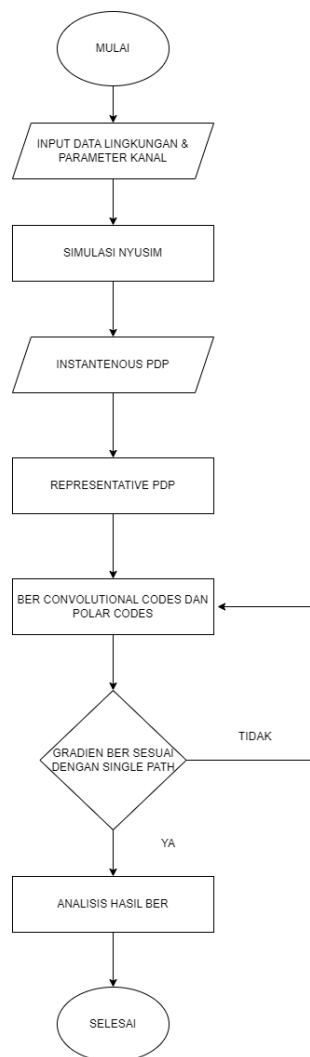
Perangkat lunak sebagai *tool* dan aplikasi yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 *Tool* dan Aplikasi

No	<i>Software</i>	Versi	Fungsi
1	NYUSIM	2.01	Simulasi untuk mendapatkan <i>Instantaneous PDP</i>
2	MATLAB	2016a	Simulasi <i>channel coding</i> , <i>Representative PDP</i> , <i>Outage</i> <i>Performance</i> dan Grafik

### 3.2 Alur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan dalam perencanaan jaringan 5G. Alur penelitian ini digunakan sebagai pedoman penulis dalam pelaksanaan penelitian ini agar hasil yang dicapai tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditentukan sebelumnya. Proses tahapan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 *Flowchart BER Polar Codes & Convolutional Codes*

Pada Gambar 3.1 merupakan *flowchart* yang menunjukkan ringkasan dari gambaran dalam pengerjaan skripsi dari awal perencanaan sampai dengan akhir. Pada topik pengerjaan tugas akhir ini berfokus pada analisis akhir *convolutional codes* dan *polar codes*, awalnya peneliti harus *input data environment* dan

*channel parameter* terlebih dahulu. Kemudian langkah selanjutnya peneliti melakukan simulasi menggunakan NYUSIM.

Selanjutnya peneliti melakukan *instantaneous* PDP yaitu keluaran dari hasil NYUSIM berupa daya dan *delay*. Hasil dari *instantaneous* PDP akan memberikan hasil *representative* PDP yang kemudian dapat melanjutkan untuk menilai BER sebagai evaluasi. Setelah itu apabila hitungan BER tidak sesuai maka hitungan dengan *convoluitonal* dan *polar codes* diulang kembali hingga mendapat hasil sesuai yang diinginkan. Jika perhitungan analisis hasil sesuai, maka penelitian dinyatakan selesai dan berhasil.

### 3.2.1 Parameter Lingkungan

Pada penelitian ini menggunakan frekuensi 26 GHz dengan validasi nilai *Bit error rate (BER) convolution codes* dan *polar codes*.

Tabel 3.3 Parameter Lingkungan Rata-rata Provinsi Jawa Tengah 2021

Parameter	Nilai
Suhu	28,62 °C
Kelembapan Udara	78,16 %
Tekanan Udara	1010,23 mbar
Curah Hujan	0,15 mm/hr

Penggunaan frekuensi 26 GHz pada sistem 5G ini sensitif terhadap pengaruh alam, seperti suhu, kelembaban udara, tekanan udara dan curah hujan. Sehingga penelitian ini mengumpulkan data lingkungan yang diperoleh dari BPS Provinsi Jawa Tengah sebagai masukkan data pada *software* NYUSIM. Dimana parameter diambil nilai rata rata dari Juli 2021 – Desember 2021 yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

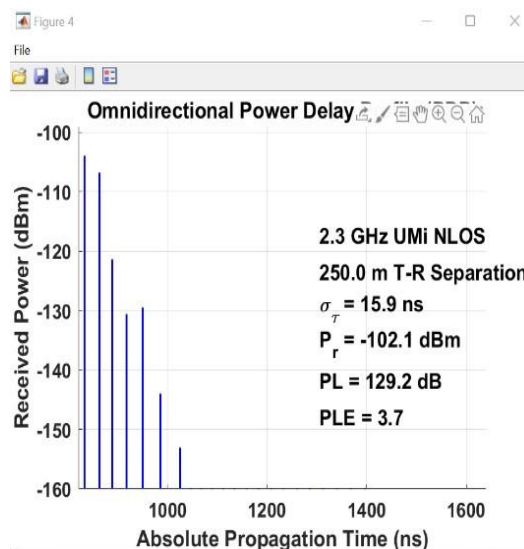
### 3.2.2 Simulasi NYUSIM versi 2.01

Pada Penelitian ini akan menggunakan *software* NYUSIM versi 2.01

untuk pemodelan kanal 5G. NYUSIM memiliki fitur-fitur yang berfungsi untuk mengatur parameter yang digunakan, diantaranya merupakan *bandwidth*, *frekuensi*, daya pemancar, skenario, jarak antara pemancar dan penerima, parameter *environment*. Penelitian ini akan menggunakan frekuensi sebesar 26 GHz, *bandwidth* sebesar 198 MHz dengan menggunakan skenario *urban micro* (Umi) karena menggunakan frekuensi 26-28 GHz, keluaran dari NYUSIM adalah *Instantaneous* PDP yang terdiri dari daya dan *delay* untuk setiap *patch*. Penelitian ini akan melakukan 1000 Rx *instantaneous* PDP untuk digunakan dalam penentuan PDP *representative*.

### 3.2.3 *Instantaneous* PDP

Keluaran dari simulasi NYUSIM adalah *instantaneous* PDP yang terdiri dari daya dan *delay* untuk setiap *patch*



Gambar 3.2 Contoh *instantaneous* PDP

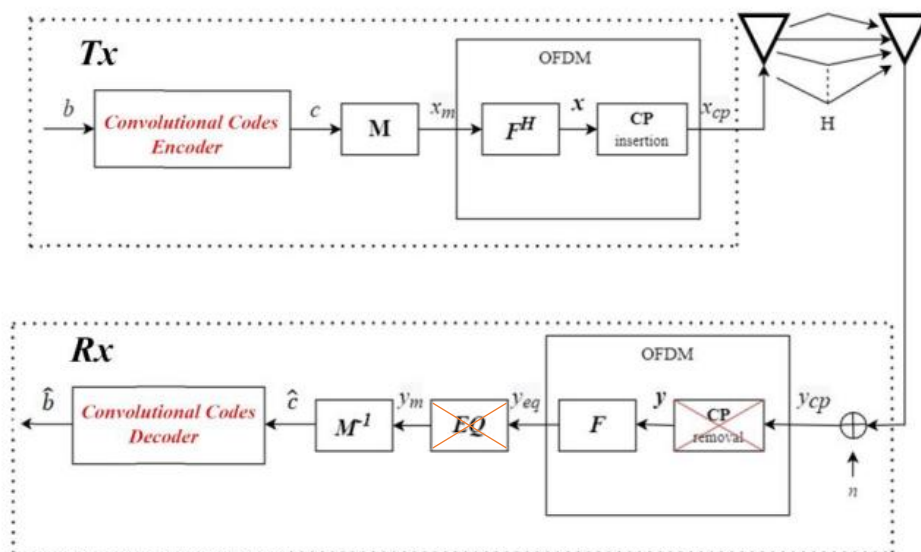
Dapat dilihat pada Gambar 3.2 merupakan contoh keluaran *instantaneous* PDP. *Instantaneous* PDP dari penelitian ini dengan masing-masing percobaan 1000 Rx sehingga diperoleh 1000 *Instantaneous* PDP yang bertujuan untuk akurasi *representatif* PDP dikarenakan nilai *channel* akan berubah-ubah terhadap waktu untuk perhitungan *capacity* dan *channel*.

### 3.2.4 Representatif PDP

Tahap berikutnya adalah melakukan perhitungan untuk memperoleh *representative* PDP. Perhitungan diperoleh menggunakan *instantaneous* PDP dari hasil simulasi terhadap suhu, tekanan udara, kelembapan, suhu dan curah hujan. Berikut adalah langkah-langkah yang digunakan untuk merepresentatif PDP yang sudah dilakukan pada penelitian:

- 1) Pembulatan *delay* untuk PDPi dengan rentang pembulatan  $\Delta T \leq 1/B$ .
- 2) Waktu *delay* di tambahkan ke semua PDPi.
- 3) Menggunakan CDF percentil 90 dari *power* yang sesuai dari semua PDP.
- 4) Menggunakan *threshold* dari PDP *representative*. *Threshold* tersebut diasumsikan sebagai sensitivitas 5G di Indonesia.
- 5) Normalisasi *Pathsim* untuk mendapatkan PDP akhir.
- 6) Menggunakan *Scaling method* untuk mendapatkan ukuran FFT *size* yang dibutuhkan (FFT *ori*) agar semua *path* yang diperoleh dapat memenuhi persyaratan panjang CP harus lebih besar atau sama dengan total *path* asli ([21]).

### 3.2.5 Kinerja BER dengan Convolutional Codes



Gambar 3.3 Permodelan sistem 5G menggunakan *convolutional codes*

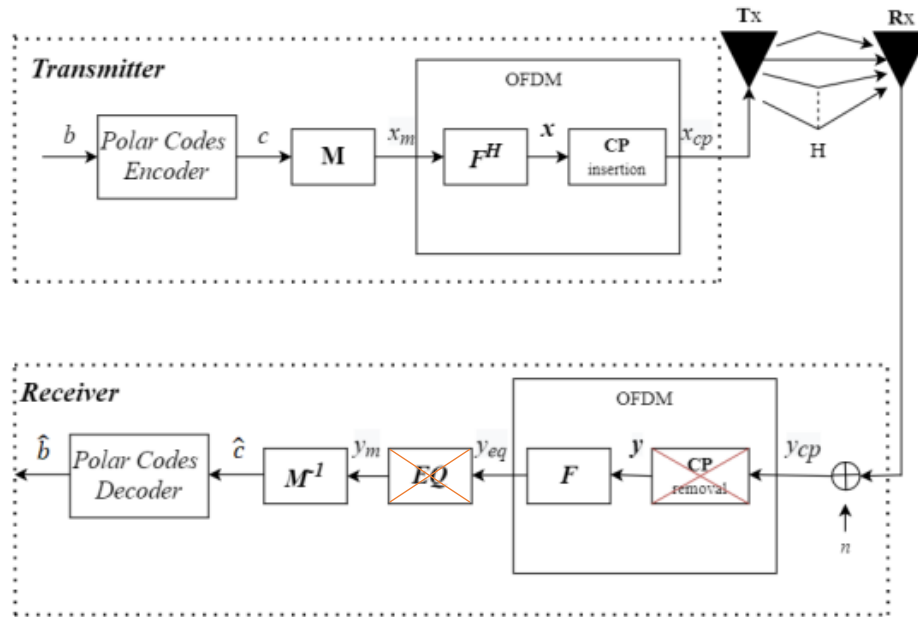
Pada gambar 3.3 merupakan sebuah struktur permodelan sistem 5G menggunakan *convolutional codes* untuk memvalidasi hasil dari *outage performance* pada kanal 5G. Parameter validasi yang diujikan adalah BER berdasarkan penerapan penerapan modulasi BPSK.

Pada sisi *transmitter bit* informasi  $b$  dibangkitkan secara acak sebanyak  $bit$  tertentu dengan probabilitas kemunculan bit 0 dan 1. Setelah  $bit$  masuk kemudian dilakukan pengkodean menggunakan *channel coding convolutional codes* yang digunakan untuk deteksi *error* dan koreksi *error*. Hasil  $bit$  yang telah dilakukan pengkodean (*codeword*), selanjutnya akan dilakukan proses modulasi penumpangan sinyal informasi ke sinyal *carrier*, kemudian pada modulator  $M$  menghasilkan simbol  $x_m$  yang berisi *bit-bit* informasi.

Simbol keluaran dari modulator ditransmisikan menggunakan IFFT pada blok FH dengan panjang blok sebesar 512. Pada blok CP simbol  $x$  memiliki fungsi untuk menambahkan *cyclic prefix* dengan panjang yang sama atau lebih dari jumlah *path* dengan keluaran simbol  $x_{cp}$ . Simbol OFDM kemudian ditransmisikan pada kanal *multipath fading*. Model kanal *representative* digunakan sebagai kanal multipath  $H$ .

Pada sisi penerima  $bit$  informasi yang ditransmisikan berkebalikan dengan sisi pengirim, yaitu dengan melewati kanal dan sampai di penerima akan terkena *noise* dan *cyclic prefix* pada sisi penerima akan dihapus agar tidak dibaca sebagai informasi kemudian akan menghasilkan keluaran simbol  $y$ . Selanjutnya adalah proses pemisahan atau pelepasan simbol OFDM pada *Fast Fourier Transform* (FFT), untuk penelitian ini tidak masuk pada *blok* EQ dan masuk untuk dimodulasi pada *blok*  $M^{-1}$  menggunakan *demodulator* BPSK untuk memperoleh estimasi  $bit \hat{c}$ . Kemudian akan dilakukan proses *decoding* dengan *convolutional codes* agar informasi yang didapatkan sesuai dengan informasi yang dikirim. Selanjutnya akan dilakukan analisis performansi sistem menggunakan parameter BER.

### 3.2.6 Kinerja BER dengan *Polar Codes*



Gambar 3.4 Permodelan sistem 5G menggunakan *polar codes*

Pegujian penelitian menggunakan *software* MATLAB untuk melakukan simulasi sistem. Pada skenario pengujian dilakukan dengan beberapa variabel tertentu, seperti SNR  $\gamma = 0 - 40$  dB untuk *kanal fading*. Jumlah iterasi yang diperlukan, setelah parameter tersebut dimasukkan, performansi diuji berdasarkan panjang blok sebanyak 512 bit. Kemudian akan diuji dalam performansi BERnya. Setelah panjang blok ditentukan, dilakukan proses sistem komunikasi berdasarkan sistem blok yang sudah dibuat. Kemudian *bit* tersebut dimodulasikan dengan modulasi BPSK sehingga menjadi bentuk simbol yang dapat dikirimkan. Penelitian ini menggunakan sistem OFDM dengan *cyclic prefix* (CP-OFDM) pada model kanal 5G. Parameter yang divalidasi pada penelitian ini adalah *bit error rate* (BER) dengan implementasi modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK).

Dapat diamati pada Gambar 3.4 yang menunjukkan skema sistem CP-OFDM menggunakan teknik pengkodean *kanal polar codes* yang akan digunakan ntuk menguji kinerja BER pada kanal 5G. Berdasarkan Gambar 3.4, bit informasi *b* dibangkitkan dari sisi pemancar (*transmitter*) secara acak sebanyak jumlah *bit* tertentu dengan probabilitas kemunculan bit 0 dan 1.

Kemudian aliran bit dikodekan menggunakan *channel coding polar codes* dengan *channel coding rate*  $R=1/2$  untuk menghasilkan *codewords*. Setelah itu *codewords* yang telah diperoleh dimodulasi menggunakan modulator BPSK pada blok  $M$  untuk menghasilkan simbol  $x_m$  yang berisi bit-bit informasi. Simbol keluaran dari modulator kemudian ditransformasikan oleh sistem OFDM menggunakan *Invers Fast Fourier Transform* (IFFT) pada blok  $FH$ . Penelitian ini divalidasi menggunakan FFT dengan panjang blok  $N = 512$  yang digunakan untuk mengubah simbol dari domain frekuensi menjadi simbol dalam domain waktu  $x$ . Pada blok *CP insertion bit* informasi pada simbol  $x$  ditambahkan *cyclic prefix* dengan panjang yang sama atau lebih dari jumlah path sehingga menghasilkan keluaran dengan simbol  $x_{cp}$ . Kemudian simbol  $x_{cp}$  ditransmisikan melalui model kanal 5G. Model kanal direpresentasikan menggunakan kanal *multipath fading*.

Pada sisi penerima (*receiver*) bit-bit informasi yang telah ditransmisikan akan dipengaruhi oleh *noise*. *Cyclic prefix* yang dibawa bersama bit informasi akan dihapus oleh blok CP removal sehingga tidak terdeteksi sebagai informasi. Kemudian menghasilkan keluaran simbol  $y$  yang akan ditransformasikan kembali menggunakan FFT  $F$ . Proses ekualisasi menggunakan minimum *mean square error* (MMSE). MMSE akan membandingkan simbol terima dengan simbol kirim, di mana hasil perbandingannya akan dikuadratkan dan digunakan untuk memperkirakan posisi simbol kirim yang sebenarnya. Simbol  $y_m$  yang telah di ekualisasi akan didemodulasi oleh blok  $M^{-1}$  untuk memperoleh estimasi bit  $\hat{c}$  menggunakan demodulator BPSK. Proses akhir yaitu *decoding* pada *channel coding polar codes* untuk mengembalikan nilai  $\hat{c}$  ke dalam bentuk *bit-bit* informasi  $\hat{b}$  untuk memastikan apakah *bit-bit* yang diterima adalah *bit* 0 atau 1 sesuai dengan *bit* informasi yang ditransmisikan.

### 3.2.7 Perhitungan *Bit Error Rate*

Perhitungan Pada Penelitian ini menganalisis kinerja BER dengan sistem CP-OFDM pada  $R = 1/2$  (*polar codes*)  $R = 1/2$  (*convolutional codes*). Kinerja



BER dianggap benar jika kurva BER memiliki *gradien* yang sama dengan kurva teori BER pada modulasi BPSK. BER dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{BER} = \frac{Be}{Bt} \quad (1)$$

Keterangan :

*Be* : *Bit* yang *error*

*Bt* : *Bit* yang di transmisikan