

BAB 3

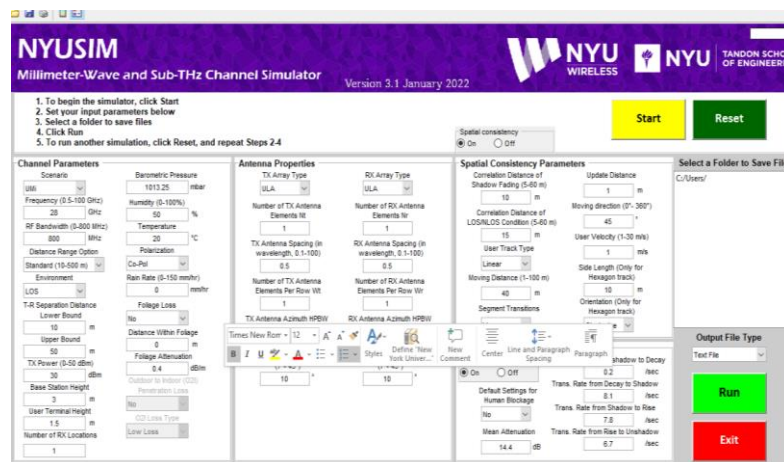
METODE PENELITIAN

3.1 ALAT YANG DIGUNAKAN

Dalam penelitian ini, berbagai *software* yang digunakan untuk melakukan simulasi dan analisis. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *New York University Wireless Simulator (NYUSIM)*, yang digunakan untuk memodelkan sistem 5G dengan menggunakan model kanal. Melalui simulasi menggunakan NYUSIM, didapatkan hasil *Channel Impulse Response (CIR)* yang akurat. Selain itu, perhitungan dan simulasi dalam penelitian ini menggunakan kode program Matlab untuk mempermudah analisis parameter perancangan sistem yang digunakan. Hasil analisis yang diperoleh dari aplikasi Matlab akan diolah menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*.

3.1.1 *New York University Wireless Simulator (NYUSIM) versi 3.1*

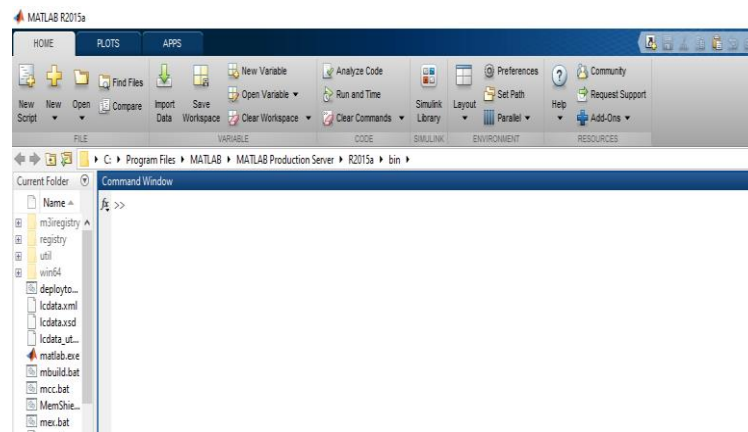
Dalam penelitian ini, menggunakan *software* NYUSIM versi 3.1 untuk memodelkan kanal 5G. NYUSIM merupakan aplikasi simulasi kanal berbasis MATLAB yang dirancang untuk menggambarkan karakteristik kanal 5G. Parameter masukan yang digunakan dalam aplikasi NYUSIM didasarkan pada spesifikasi Teknologi 5G, serta data lingkungan yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika (BPS) kota Medan.



Gambar 3. 1 Tampilan NYUSIM Versi 3.1

3.1.2 *Matlab* versi R2015a

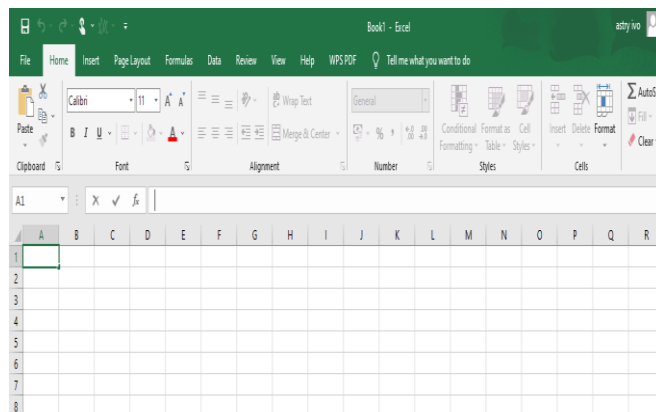
Pada penelitian ini, menggunakan perangkat lunak Matlab versi R2015a. Aplikasi matlab digunakan untuk menganalisis data numerik dan membuat grafik, sehingga memudahkan dalam menganalisis hasil dari parameter melalui perancangan sistem 5G. *Output* dari parameter yang diinput ke dalam matlab, akan menampilkan grafik.



Gambar 3. 2 Tampilan Matlab versi R2015a

3.1.3 *Microsoft Excel*

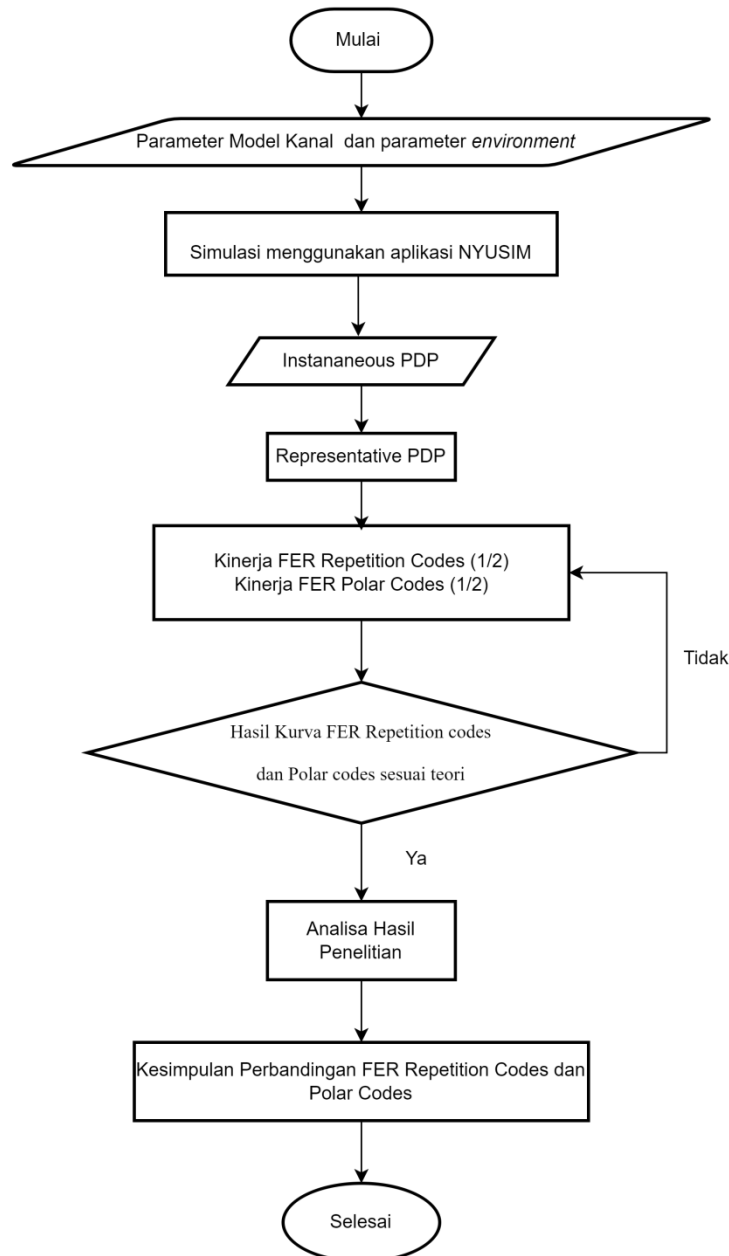
Microsoft Excel digunakan sebagai *software* yang dirancang untuk memproses dan melakukan perhitungan pada data numerik. Tujuan utamanya adalah untuk menyederhanakan pengurutan, perhitungan, dan pengelompokan data. Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus yang ditulis dalam lembar kerja (*spreadsheet*). Data yang diolah berdasarkan *input* data untuk menghasilkan *output* berupa *Power Delay Profile* (PDP).



Gambar 3. 3 Tampilan Microsoft excel

3.2 ALUR PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat alur atau tahapan yang menjadi pedoman bagi penulis dalam melakukan penelitian agar sesuai dengan alur (*flowchart*) penelitian yang dirancang. Berikut merupakan *flowchart* sebagai alur penelitian yang akan dilakukan, dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 3. 4 Flowchart Penelitian

Gambar 3.4 menampilkan diagram sebagai alur dari penelitian ini, dengan menggunakan skenario analisis dan pengujian mengenai perbandingan performansi *Frame Error Rate* (FER) pada *repetition codes* dan *polar codes* dalam teknologi 5G. Langkah pertama penelitian menggunakan studi literatur untuk mengembangkan teori yang relevan. Selanjutnya, tahap kedua melakukan pengumpulan data parameter lingkungan di kota Medan, termasuk suhu, kelembapan, curah hujan, dan tekanan udara, berdasarkan data dari BPS Kota Medan untuk periode Juli - Desember 2022. Setelah data lingkungan terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi menggunakan simulator NYUSIM. Data lingkungan dimasukkan ke dalam simulator dengan mempertimbangkan statistik rata-rata, sehingga diperoleh *Instantaneous PDP (Power Delay Profile)*. *Instantaneous PDP* dihitung melalui simulasi ini untuk mendapatkan *representative PDP* yang akurat. Selanjutnya, penelitian akan mengevaluasi kinerja FER pada sistem CP-OFDM (*Cyclic Prefix Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) untuk menguji *channel repetition codes* dan *polar codes*. Dengan mengamati hasil FER, penelitian akan membandingkan antara kedua metode *channel coding* yang lebih mampu dalam mengatasi *error*. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja *repetition codes* dan *polar codes* dalam menghadapi kondisi lingkungan kota Medan pada teknologi 5G, dengan demikian memberikan gambaran dalam penggunaan *channel coding* yang efektif untuk sistem komunikasi nirkabel masa depan.

3.2.1 Parameter pemodelan kanal dan parameter Lingkungan

Penelitian ini menggunakan frekuensi 2.1 GHz dengan *bandwidth* 100 MHz dan menggunakan kanal *Statistical Spatial Channel Model* (SSCM) untuk memvalidasi nilai FER (*Frame Error Rate*) dari *repetition codes* dan *polar codes*. Tahap pertama penelitian ini adalah mengumpulkan parameter lingkungan yang akan digunakan sebagai *input* dalam aplikasi NYUSIM. Parameter lingkungan tersebut meliputi curah hujan, suhu, kelembapan, dan tekanan udara. Proses pengumpulan data dimulai dengan mengambil data dari Badan Pusat Statistik kota Medan untuk periode bulan Juli - Desember 2022. Setelah data lingkungan terkumpul, penelitian melanjutkan dengan memasukkan data rata-rata parameter

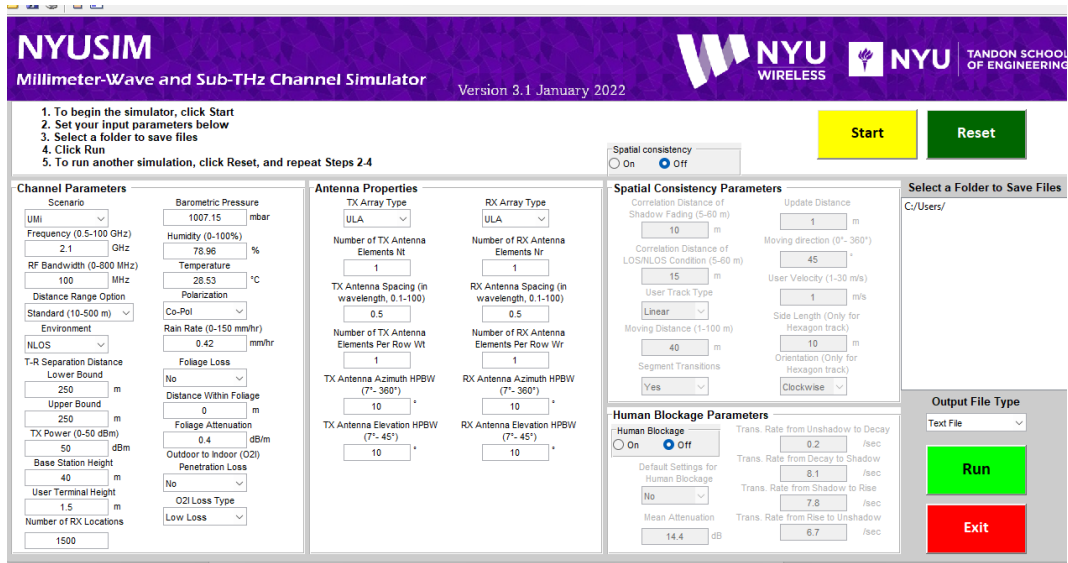
yang digunakan. Simulasi menggunakan data rata-rata dari enam bulan ke dalam perangkat lunak NYUSIM. Tabel 3.1 menampilkan rata-rata parameter lingkungan, dimana data-data ini akan digunakan sebagai *input* dalam simulasi untuk mendapatkan gambaran yang representatif mengenai performansi FER *repetition codes* dan *polar codes* pada kanal SSCM. Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada analisis performansi dua metode *coding* tersebut dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan di wilayah kota Medan, dan diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai efektivitas keduanya dalam teknologi komunikasi nirkabel pada frekuensi dan kondisi tertentu.

Tabel 3. 1 Parameter *Environment* Kota Medan [31]

<i>Parameters</i>	Nilai Rata-rata (<i>Avagare</i>)
Suhu (<i>Temperature</i>)	28,53 ° C
Kelembapan Udara (<i>Humidity</i>)	78,96 %
Tekanan Udara (<i>Barometric Pressure</i>)	1007,15 mBar
Curah Hujan (<i>Rain Rate</i>)	0,42 mm/hr

3.2.2 Simulasi NYUSIM versi 3.1

Dalam penelitian ini, menggunakan perangkat lunak NYUSIM versi 3.1 untuk melakukan pemodelan kanal 5G. Setelah mendapatkan nilai parameter lingkungan, simulasi akan dilakukan menggunakan simulator NYUSIM untuk mendapatkan *instantaneous PDP*. NYUSIM memiliki fitur untuk mengatur parameter yang digunakan dalam simulasi, termasuk skenario lingkungan, frekuensi, lebar pita, jarak antara pemancar dan penerima, serta parameter lingkungan lainnya. Dalam penelitian ini, simulasi akan dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kelembapan, tekanan udara, dan curah hujan. Hasil dari simulasi menggunakan NYUSIM memperoleh *instantaneous PDP* mencakup informasi tentang daya dan *delay* dari setiap *path* sinyal. Penelitian ini mengasumsikan bahwa akan ada 1500 penerima yang digunakan untuk memperoleh 1500 PDP instan. Parameter yang diinputkan ke dalam simulator NYUSIM dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan Tabel 3.2 dalam penelitian ini.



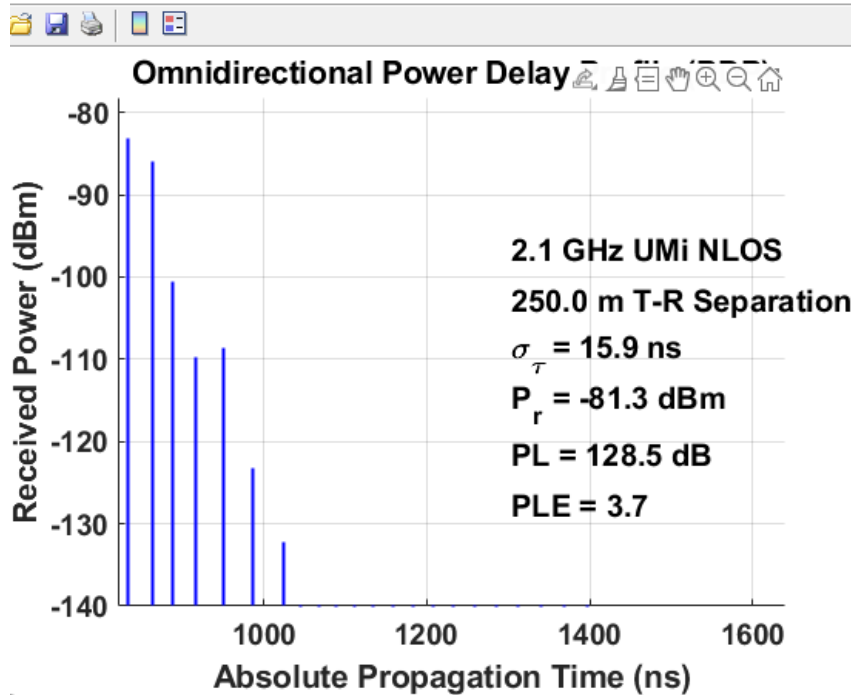
Gambar 3.5 Input Channel Parameters

Tabel 3. 2 Parameter Inputan pada NYUSIM versi 3.1

No	Parameter	Nilai
1	Scenario	Urban Microcell (UMi)
2	Frequency	2,1 GHz
3	Radio Frequency (RF) Bandwidth	100 MHz
4	Environment	Non Line of Sight (NLOS)
5	Tx-Rx Separation Distance Lower Bound	250 Meter
6	Tx-Rx Separation Distance Upper Bound	250 Meter
7	Tx Power	50 dBm
8	Number of Rx Locations	1500 rx
9	Tekanan Udara (Barometric Pressure)	1007,15 mbar
10	Kelembapan (Humadity)	78,96 %
11	Suhu Udara (Temperature)	28,53 ° C
12	Curah Hujan (Rain Rate)	0,42 mm/hr
13	Polarization	Co-Pol (Co-Polarization)
14	Follage loss	-
15	Distance Within Follag	0 m
15	Follage Attention	0,4 dB/m
17	O2I Loss Type	Low Loss

3.2.3 Instantaneous Power Delay Profile (PDP)

Pada Gambar 3.6 menjelaskan *instantaneous* PDP akan menghasilkan *output* yang dihasilkan dari simulasi menggunakan aplikasi NYUSIM yang terdiri dari *delay* (ns) pada sumbu x dan *power* (dBm) pada sumbu y untuk setiap *path* atau jalur yang berbeda-beda.



Gambar 3.6 Instantaneous PDP

NYUSIM menyediakan berbagai fitur yang memungkinkan pengaturan parameter yang digunakan dalam simulasi, termasuk frekuensi, daya pemancar, lebar pita (*bandwidth*), skenario lingkungan, jarak antara *transmitter* dan *receiver*, serta parameter lingkungan lainnya. Penelitian ini menggunakan skenario lingkungan *Urban Micro* (Umi) dan simulasi dilakukan sebanyak 1500 kali untuk mendapatkan pola daya dan tundaan instan (*instantaneous Power Delay Profile* atau PDP) yang digunakan dalam menentukan PDP yang mewakili (*representative*).

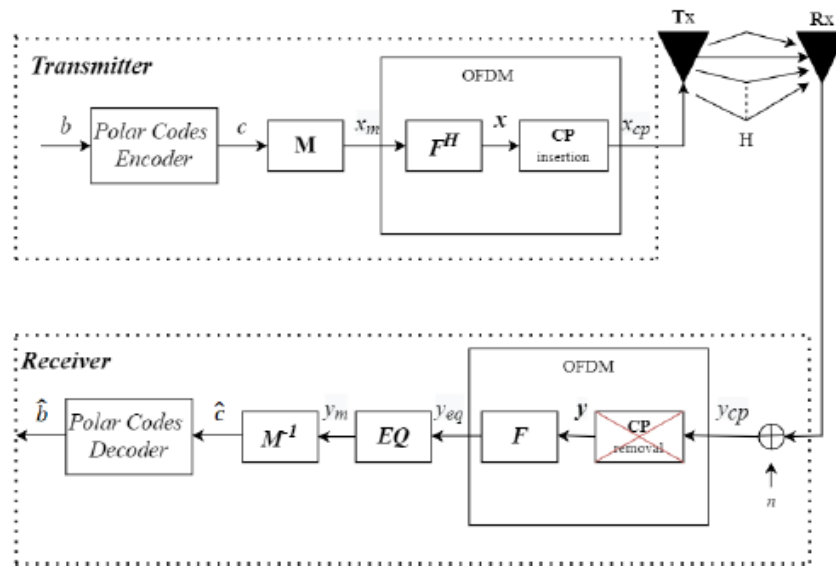
3.2.4 Representatif *Power Delay Profile* (PDP)

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan untuk mendapatkan PDP yang representatif. Proses perhitungan PDP yang representatif dilakukan melalui simulasi menggunakan MATLAB, melalui *input* data pada simulator NYUSIM. Simulasi ini mencakup 1500 PDP *instantaneous* yang mempertimbangkan parameter suhu, tekanan udara, kelembapan udara, dan curah hujan. Berikut adalah langkah-langkah yang telah digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan PDP yang representatif:

1. Pembulatan *delay* untuk PDP_i rentang pembulatan $\Delta T \leq 1/B$, pada penelitian ini menggunakan *bandwidth* sebesar 100 MHz oleh karena itu $\Delta T \approx 10$ ns. Dimana ΔT merupakan jarak *delay* pada setiap *path*.
2. Penambahan semua jalur τ tunda yang sama untuk semua PDP_i .
3. *Cumulative Distribution Function* (CDF) sebesar 90 dari *power* semua yang sesuai PDP_i .
4. Mengatur *threshold* -140 dBm pada setiap *representative* PDP. *Threshold* tersebut diasumsikan sebagai perangkat sensitivitas 5G NR di Indonesia.
5. 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 ($Q \geq \sum Path_{ori}$).

3.2.5 Pemodelan Kanal *Repetition Codes* dan *Polar Codes*

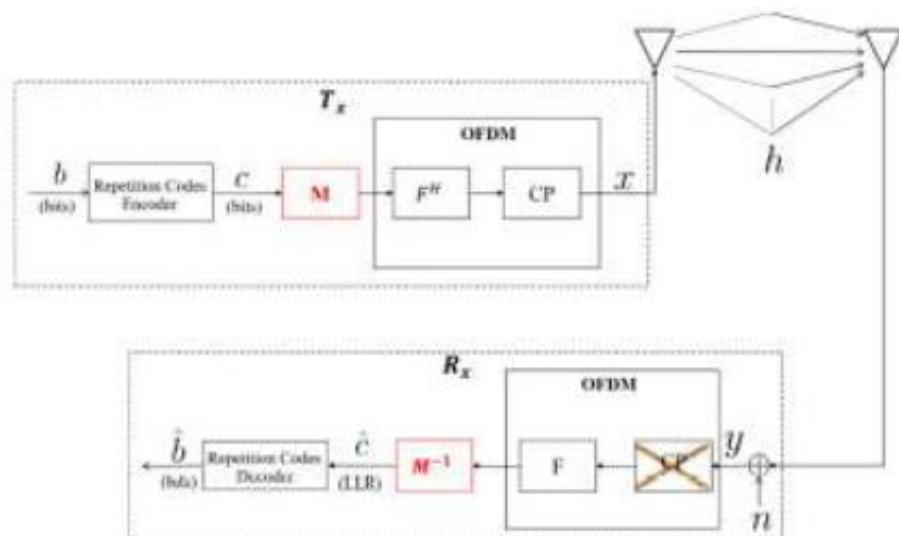
Penelitian ini menggunakan MATLAB untuk melakukan simulasi pada sistem pemodelan kanal 5G. Pada dua pemodelan kanal yang dibuat, penelitian ini akan menguji kinerja *Frame Error Rate* (FER) pada penggunaan kode repetisi (*repetition codes*) dan kode polar (*polar codes*). Setelah menentukan panjang blok yang sesuai, proses komunikasi sistem akan dijalankan berdasarkan pemodelan sistem yang telah dirancang sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah memodulasi bit menggunakan modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) sehingga diubah menjadi bentuk simbol yang dapat dikirimkan melalui kanal. Dalam penelitian ini, panjang blok FFT yang digunakan adalah 128 untuk melakukan simulasi.



Gambar 3.7 Pemodelan Sistem 5G dengan *Channel Coding Polar Podes*

Penelitian ini menggunakan sistem OFDM dengan *cyclic prefix* (CP-OFDM) pada model kanal 5G. Parameter yang divalidasi pada penelitian ini adalah *frame error rate* (FER) dengan implementasi modulasi BPSK (*Binary Phase Shift Keying*). Dapat diamati pada Gambar 3.7 yang menunjukkan skema sistem CP-OFDM menggunakan teknik pengkodean kanal *polar codes* yang akan digunakan untuk menguji kinerja FER pada kanal 5G. Berdasarkan Gambar 3.7, 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 x . Penelitian ini divalidasi menggunakan FFT dengan panjang blok $N = 128$ yang digunakan untuk mengubah simbol dari domain frekuensi menjadi simbol dalam domain waktu x . Pada blok *CP insertion* bit informasi pada simbol x ditambahkan *cyclix 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 direpresentatikan 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 sebelum masuk ke blok *equalization* EQ. 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. Penelitian ini menggunakan *soft demapper* menggunakan *log-likelihood ratio* (LLR) untuk meningkatkan kinerja sistem. Proses terakhir adalah *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.

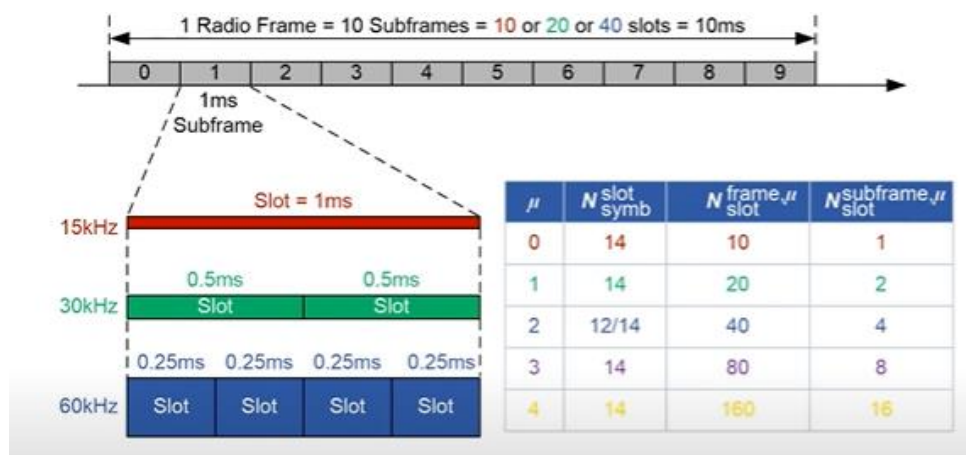


Gambar 3.8 Pemodelan Sistem 5G dengan *Channel Coding Repetition Codes*

Penelitian ini memanfaatkan teknik CP-OFDM pada sistem 5G yang dirancang sehingga memperoleh *representative* PDP untuk OFDM *numerology* 1 akan dievaluasi dan diuji menggunakan konsep CP-OFDM. Parameter validasi yang diujikan adalah FER berdasarkan penerapan modulasi BPSK. Dapat dilihat

pada Gambar 3.8 merupakan pemodelan kanal sistem 5G, *Bits* informasi b dibangkitkan pada sisi *transmitter* secara acak sebanyak jumlah bit tertentu dengan probabilitas kemunculan bit 0 dan 1. Setelah bit dibangkitkan kemudian dilakukan pengkodean dengan menggunakan teknik *repetition codes* yang digunakan sebagai koreksi *error* dan deteksi *error*. Hasil bit yang didapatkan setelah dilakukan *channel coding* atau pengkodean disebut *codeword*. Berikutnya dilakukan proses modulasi yaitu penumpangan sinyal informasi ke sinyal *carrier*, pada modulator MM akan menghasilkan simbol yang berisikan *bit-bit* informasi. Kemudian simbol keluaran dari modulator ditransmisikan menggunakan IFFT pada blok F^H dengan panjang blok sebesar 128. Pada blok CP memiliki fungsi untuk menambahkan *cyclic Prefix* dengan panjang yang sama atau lebih dari jumlah path. Simbol OFDM kemudian ditransmisikan pada kanal *multipath fading* dan model kanal *representative* digunakan sebagai kanal *multipath H*.

Pada sisi penerima proses yang terjadi berkebalikan dengan sisi pengirim. *Bit* informasi yang ditransmisikan melewati kanal dan sampai di penerima akan terkena *noise*, kemudian *cyclic prefix* pada sisi terima akan dihapus agar tidak terbaca sebagai informasi. Selanjutnya adalah proses pemisahan atau pelepasan simbol OFDM pada *Fast Fourier Transform* (FFT). Kemudian simbol akan dimodulasi pada blok M^{-1} dengan menggunakan sistem demodulator BPSK. Kemudian akan dilakukan proses *decoding* agar informasi yang didapatkan sesuai dengan informasi yang dikirim. Selanjutnya akan dilakukan analisis performansi sistem dengan menggunakan parameter FER yang dijelaskan pada Gambar 3.9



Gambar 3.9 Struktur *Frame*

3.2.6 Pengujian *Frame Error Rate* (FER)

Dalam penelitian ini, melakukan analisis dan simulasi *Frame Error Rate* (FER) berdasarkan penggunaan modulasi BPSK dan sistem pengkodean kanal dengan tingkat pengkodean (*coding rate*) pada *repetition codes* dan *polar codes* yang sama dengan $R=1/2$. Perhitungan FER didasarkan pada persamaan (2.19), di mana F_e merupakan jumlah *frame* yang mengalami *error*, dan F_t adalah total jumlah *frame* yang ditransmisikan. Dalam konteks ini, suatu *frame* dianggap *error* jika minimal satu bit di dalamnya mengalami kesalahan (*error*). Nilai FER digunakan untuk mengevaluasi performansi sistem dengan membandingkan hasil *outage performance* dan jumlah *frame error* pada FER untuk mengetahui seberapa banyak *frame* yang mengalami kesalahan saat proses transmisi.