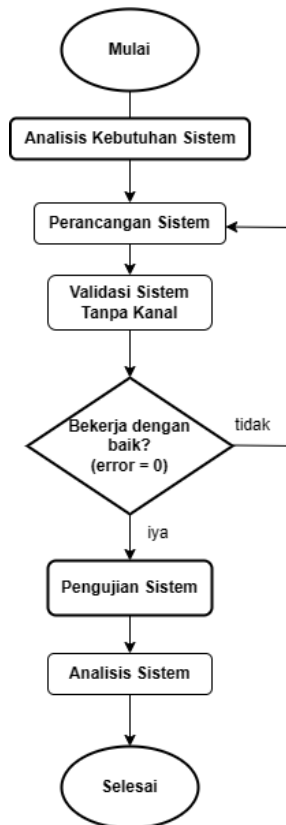


## BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Pada penelitian ini, penulis akan melakukan uji coba untuk mengetahui kinerja dari *hybrid beamforming* menggunakan antenna *Massive MIMO*  $256 \times 256$  dengan menggunakan metode *PZF precoding* dan *RZF precoding* terhadap nilai nilai BER pada pengaruh penggunaan metode PZF dan RZF.

### 3.1 Alur Penelitian

Proses perancangan dan pengujian performansi diukur dan dianalisis menggunakan *software* Matlab R2020a. Lalu, didapatkan hasil berupa nilai BER terhadap pengaruh metode PZF dan RZF. Kemudian, dilakukan analisis terkait hasil yang telah didapatkan. Gambar 3.1 merupakan alur penelitian dari *hybrid beamforming* dalam *Massive MIMO*  $256 \times 256$ .



**Gambar 3. 1** Alur penelitian

### 3.1.1 Analisis Kebutuhan Sistem

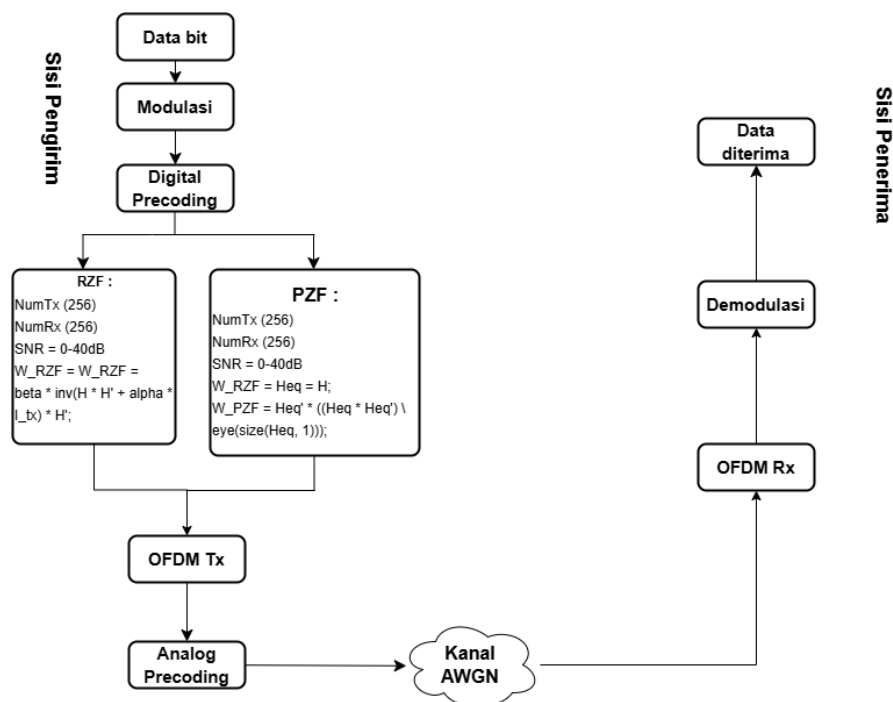
Penelitian ini dilakukan pada *software* Matlab R2020a dan sebuah perangkat keras dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Processor : AMD Ryzen 5 4500U with Radeon Graphics 2.38 GHz
- RAM : 8,00 GB
- System type : 64-bit operating system, x64-based processor
- Storage : 512GB SSD
- OS Windows 11

### 3.1.2 Perancangan Sistem

#### 3.1.2.1 Blok Sistem *hybrid beamforming* dalam *Massive MIMO*

Pada Gambar 3.2 menampilkan perancangan untuk mengetahui kinerja dari *hybrid beamforming* pada *Massive MIMO* dengan menggunakan metode PZF dan RZF dari sisi pengirim dan penerima. Blok sistem ini mengacu pada (Dilli, 2021) yang ditampilkan pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Blok sistem *hybrid beamforming*

Gita Alisrobia Nazarudin, 2024

ANALISIS KINERJA HYBRID BEAMFORMING DALAM TEKNOLOGI MASSIVE MIMO DENGAN MENGGUNAKAN METODE PHASED ZERO FORCING DAN REGULARIZED ZERO FORCING

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

Berdasarkan Gambar 3.2 akan dijelaskan sebagai berikut :

### 3.1.2.1.1 Data bit

Input data bit merupakan masukan data generator dengan bit-bit yang dibangkitkan bernilai 0 dan 1. Bit input pada penelitian ini dihasilkan dari *random* bit pada Matlab dengan *syntax randi*.

### 3.1.2.1.2 Modulasi

Proses modulasi pada tahap ini menggunakan QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*). Modulasi QPSK dipilih karena lebih sederhana dalam pengimplementasiannya dibandingkan modulasi QAM dan lebih rentan terhadap *noise*. Dalam QPSK, dua bit data dikodekan menjadi satu simbol, yang dimana setiap simbol dapat mengambil salah satu dari empat fase berbeda:  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ , atau  $270^\circ$ . Sinyal pembawa dibagi menjadi dua komponen: komponen *In-phase* (I) dan komponen *Quadrature* (Q), yang berjarak  $90^\circ$  satu sama lain. Simbol-simbol kemudian dipetakan ke dua komponen menggunakan cosinus untuk komponen I dan sinus untuk komponen Q. Sinyal modulasi dibentuk dengan menggabungkan komponen I dan Q. Sinyal QPSK yang telah dibentuk akan dikirimkan melalui saluran komunikasi.

### 3.1.2.1.3 Digital Precoding

Tahap ini sinyal yang sudah dimodulasikan akan masuk ke digital *precoding*. Digital *precoder* akan memasukan sinyal *baseband* yang bertujuan untuk memudahkan dalam penyesuaian perubahan kanal dan mengoptimalkan *beamforming* untuk kondisi kanal yang berubah-ubah. Digital *beamforming* akan membentuk *beam* yang sesuai dengan posisi pengguna dengan memanfaatkan informasi kanal yang telah diestimasi untuk melakukan hal ini. Informasi kanal ini diperoleh dari *feedback CSI* yang dikirimkan oleh penerima. *Feedback CSI* merupakan informasi tentang kondisi kanal antara pengirim dan penerima. Informasi ini mencakup parameter-parameter seperti amplitudo, fasa, dan delay. Pada bagian ini penulis menggunakan metode RZF atau PZF *precoding* untuk digital *precoding* dengan menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3

#### 3.1.2.1.4 OFDM Transmitter

Sinyal informasi akan ditransmisikan ke dalam simbol OFDM. Simbol OFDM dihasilkan dengan membagi data ke dalam sejumlah *sub-carrier orthogonal*. Data yang telah dimodulasikan sebelumnya, akan diubah bentuknya dari *serial* menjadi *paralel* untuk diproses dalam OFDM.

#### 3.1.2.1.5 Analog Precoding

Pada proses ini analog *beamformer* akan meningkatkan *gain beam* dan mengurangi interferensi dari pengguna lain. Proses ini dilakukan di domain RF, karena sinyal RF analog biasanya memiliki lebar pita yang lebih besar dibandingkan sinyal digital dibagian *baseband*, maka dari itu, dengan melakukannya di domain RF akan mengurangi beban digital yang terkait dengan pengolahan dan perhitungan *baseband* dan hal ini dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja dari sistem.

#### 3.1.2.1.6 Kanal Additive White Gaussian Noise (AWGN)

Pemilihan kanal AWGN pada penelitian ini karena kanal AWGN adalah kanal yang paling sederhana dan paling umum digunakan dalam simulasi komunikasi. Kanal ini hanya mempertimbangkan gangguan noise yang ditambahkan ke sinyal, tanpa adanya efek lain seperti *multipath fading* atau *shadowing*. Kanal AWGN sangat cocok untuk pengujian awal algoritma atau metode baru. Dengan model kanal yang sederhana, penulis dapat dengan mudah mengidentifikasi potensi masalah atau area yang perlu diperbaiki. Dalam penerapannya, sinyal masukan  $y(t)$  mengalami penambahan *noise* secara acak, sehingga akan menghasilkan sinyal keluaran.

#### 3.1.2.1.7 OFDM Receiver

Pada proses ini, sinyal akan *demultiplexing* menggunakan OFDM. Sinyal OFDM akan dipisahkan menjadi sinyal-sinyal *sub-carrier* dengan menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Lalu, akan diubah menjadi sinyal-sinyal aslinya.

#### 3.1.2.1.8 Demodulasi

Proses demodulasi dilakukan dengan modulasi QPSK kembali. Pada sisi penerima, sinyal QPSK dipisahkan kembali menjadi komponen I dan Q dengan

menggunakan demodulator kuadratur. Komponen I dan Q kemudian dibandingkan dengan fase yang mungkin :  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ , atau  $270^\circ$  untuk menentukan pasangan bit asli.

### 3.1.2.1.9 Data Diterima

Setelah proses demodulasi, bit yang telah dikirim akan diterima pada sisi penerima

### 3.1.3 Validasi Sistem Tanpa Kanal

Pada tahap ini, setelah perancangan sistem akan dilakukan validasi sistem tanpa kanal yang bertujuan untuk memvalidasi apakah sistem yang telah dibuat itu berjalan baik tanpa *error*. Jika berjalan baik, akan lanjut ke tahap selanjutnya yaitu pengujian sistem. Sedangkan jika terdapat *error* pada sistem yang telah dibuat, akan kembali ke tahap perancangan sistem.

### 3.1.4 Pengujian

Untuk melakukan analisis kinerja sistem *hybrid beamforming* pada *Massive MIMO*, pengujian akan dilakukan dengan tiga skenario.

#### 3.1.4.1 Skenario Pengujian

Pengujian skenario dilakukan untuk untuk membandingkan nilai BER terhadap pengaruh penggunaan metode *precoding*. Terdapat 3 skenario yang dilakukan pada penelitian ini, seperti yang akan di tampilkan pada Tabel 3.1

**Tabel 3. 1** Skenario Pengujian

Skenario	Metode
I	<i>Regularized Zero Forcing</i>
	Tanpa <i>hybrid beamforming</i>
II	<i>Phased Zero Forcing</i>
	Tanpa <i>hybrid beamforming</i>
III	<i>Regularized Zero Forcing</i>
	<i>Phased Zero Forcing</i>
	Tanpa <i>hybrid beamforming</i>

Tabel 3.1 merupakan skenario pengujian dari penelitian ini yang akan dijelaskan sebagai berikut :

### 1. Skenario I

Pada skenario I, penelitian ini berfokus untuk mengetahui performansi kinerja metode *Regularized Zero Forcing* (RZF) dalam sistem *Massive MIMO* 256 x 256, dan membandingkannya dengan skenario tanpa penggunaan *hybrid beamforming*. Dalam skenario ini, performansi kinerja RZF diukur berdasarkan *Bit Error Rate* (BER) terhadap *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), dan nilai *coding gain*.

### 2. Skenario II

Pada skenario II, penelitian ini berfokus untuk mengetahui performansi kinerja metode *Phased Zero Forcing* (PZF) dalam sistem *Massive MIMO* 256 x 256, dan membandingkannya dengan skenario tanpa penggunaan *hybrid beamforming*. Dalam skenario ini, kinerja PZF diukur berdasarkan parameter kunci seperti *Bit Error Rate* (BER) terhadap *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), dan nilai *coding gain*.

### 3. Skenario III

Pada skenario III, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performansi kinerja dari metode *Regularized Zero Forcing*, *Phased Zero Forcing*, dan tanpa *hybrid beamforming*. Dalam skenario ini, performansi kinerja dari masing-masing metode diukur *Bit Error Rate* (BER) terhadap *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), dan nilai *coding gain*.

#### 3.1.5 Analisis Hasil

Proses analisis hasil dilakukan untuk menganalisis nilai BER terhadap pengaruh penggunaan metode *Phased Zero Forcing*, *Regularized Zero Forcing*, dan tanpa *hybrid beamforming*.