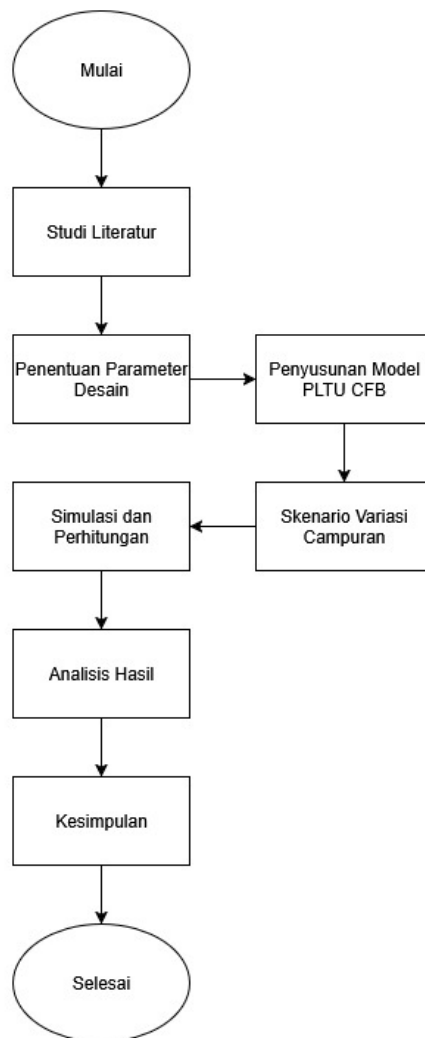


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 *Flowchart* Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Pada Gambar 3.1 dijelaskan tahap-tahap pelaksanaan penelitian tugas akhir. Tahap-tahap penelitian tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

3.1.1 Studi Literatur

Melakukan studi literatur atau studi pustaka yang bertujuan untuk mencari rumusan masalah dan mencari dasar teori yang dapat digunakan untuk dasar acuan dalam memecahkan masalah yang bersumber atau bereferensi dari jurnal nasional, internasional, website maupun dari buku. Mengingat keterbatasan dalam memperoleh data primer langsung dari pembangkit listrik, maka penelitian ini sepenuhnya menggunakan data sekunder dari sumber-sumber terpercaya, seperti jurnal ilmiah dan laporan teknis yang relevan sebagai dasar perhitungan dan analisis.

3.1.2 Penentuan Parameter Desain

Menentukan parameter-parameter utama yang digunakan dalam perancangan model. Parameter tersebut meliputi nilai kalor batubara, laju massa bahan bakar, serta rasio campuran batubara dan batu kapur pada berbagai skenario. Selain itu, ditetapkan juga asumsi efisiensi masing-masing komponen pembangkit, yaitu *boiler*, turbin, generator, berdasarkan referensi sekunder yang terpercaya. Penentuan parameter ini bertujuan agar model yang dibuat dapat merepresentasikan kondisi nyata dari pembangkit yang menerapkan CFB.

3.1.3 Penyusunan Model Desain PLTU berbasis CFB

Menyusun model konseptual Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan menerapkan CFB dengan menggunakan *software* Simulink/Matlab. Model ini merepresentasikan alur konversi energi dari bahan bakar menjadi listrik, dimulai dari proses pembakaran batubara dan batu kapur pada *boiler*, dilanjutkan dengan ekspansi uap pada turbin, dan

diakhiri dengan konversi energi mekanik menjadi energi listrik pada generator. Setiap blok dalam simulink disesuaikan untuk menggambarkan fungsi komponen utama pembangkit sehingga model mampu mensimulasikan kinerja sistem secara matematis.

3.1.4 Skenario Variasi Campuran

Setelah model tersusun, ditentukan beberapa skenario simulasi yang menggunakan rasio campuran batubara dan batu kapur yang berbeda. Skenario ini dirancang untuk menganalisis pengaruh komposisi bahan bakar terhadap efisiensi dan output energi listrik. Variasi skenario ini memungkinkan dilakukan perbandingan kinerja sistem pada berbagai kondisi campuran bahan bakar.

$$m_{coal} = f_{coal} \times m_{total} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$m_{limestone} = f_{limestone} \times m_{total} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$Q_{in} = m_{coal} \times HHV_{coal} \dots \dots \dots (3.3)$$

3.1.5 Simulasi dan Perhitungan

Pada tahap ini, setiap skenario campuran dimasukkan ke dalam model Simulink untuk dilakukan simulasi. Hasil simulasi memberikan keluaran berupa daya listrik yang dihasilkan (MW), energi listrik kumulatif selama periode operasi tertentu (MWh), serta efisiensi total sistem. Perhitungan energi dilakukan menggunakan persamaan konversi dari kJ/s menjadi MWh sesuai dengan durasi operasi. Tahap ini menghasilkan data kuantitatif yang menjadi dasar analisis lebih lanjut.

3.1.6 Analisis Hasil

Data yang diperoleh dari simulasi kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi campuran batubara dan batu kapur terhadap kinerja pembangkit. Analisis difokuskan pada hubungan rasio campuran dengan output daya dan efisiensi sistem. Selain itu, dilakukan juga analisis terhadap emisi gas SO_2 . Diperhatikan pula manfaat penggunaan batu kapur dalam menurunkan emisi sulfur meskipun terdapat kemungkinan penurunan daya akibat berkurangnya fraksi batubara. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam menarik kesimpulan terkait performa desain PLTU CFB.

3.1.7 Kesimpulan

Penarikan kesimpulan berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan yang diperoleh mencakup gambaran desain konseptual PLTU CFB dengan campuran batubara dan batu kapur, serta pengaruh variasi rasio campuran terhadap efisiensi pembakaran dan output energi listrik. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan serta memberikan kontribusi sebagai referensi bagi pengembangan desain pembangkit berbasis teknologi CFB

3.2 Software yang Digunakan

Software yang digunakan pada penelitian ini adalah MATLAB 2024b beserta *toolbox* Simulink sebagai alat bantu proses pemodelan dan simulasi. Penulis memilih aplikasi MATLAB dalam penelitian ini karena mampu dalam perhitungan numerik, pemodelan matematis dan visualisasi data teknik. Pada penelitian ini, MATLAB digunakan untuk:

- Membuat pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan sistem *Circulating Fluidized Bed* (CFB).
- Melakukan simulasi campuran bahan bakar batubara dan batu kapur untuk melihat energi listrik yang dikeluarkan.
- Membuat grafik perbandingan dari hasil pengsimulasian untuk melihat perbedaan hasil simulasi dan dapat dilanjutkan ke tahap analisis.

3.3 Deskripsi Simulasi dan Parameter

Untuk mendukung beberapa proses pada penelitian ini, beberapa parameter utama ditetapkan berdasarkan data literatur serta asumsi yang sesuai dengan kondisi operasional Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan sistem *Circulating Fluidized Bed* (CFB). Parameter pertama adalah laju massa batubara (m_{coal}) yang ditetapkan konstan sebesar 5kg/s. Nilai ini dipertahankan agar suplai energi dari batubara tetap konstan pada setiap variasi campuran, sehingga efek penambahan batu kapur dapat dianalisis tanpa menurunkan daya keluaran. Parameter berikutnya adalah fraksi batubara (f_{coal}) yang divariasikan dari 100% hingga 70% dalam penambahan batu kapur sebesar 0-30% secara bertahap. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana komposisi campuran batubara dan batu kapur mempengaruhi performa sistem.

Jenis batubara pada penelitian ini diasumsikan menggunakan batubara berjenis bituminus yang memiliki nilai HHV sebesar 29,1 MJ/kg. HHV ini digunakan dalam perhitungan energi masuk (Q_{in}) yang merupakan energi yang merupakan produk massa batubara dengan nilai kalor

batubara. Untuk (m_{total}) ditentukan dari hasil perhitungan pembagian massa batubara dengan fraksi batubara, sehingga setiap penurunan fraksi batubara akan meningkatkan massa total yang harus dipasok akibat adanya tambahan batu kapur. Dari hasil tersebut, massa kapur ($m_{limestone}$) dihitung sebagai selisih antara massa total dan massa batubara.

Simulasi dilakukan secara bertahap untuk nilai efisiensi *boiler* dalam rentang 0.84 sampai dengan 0.89 untuk mengetahui perubahan *output* daya.