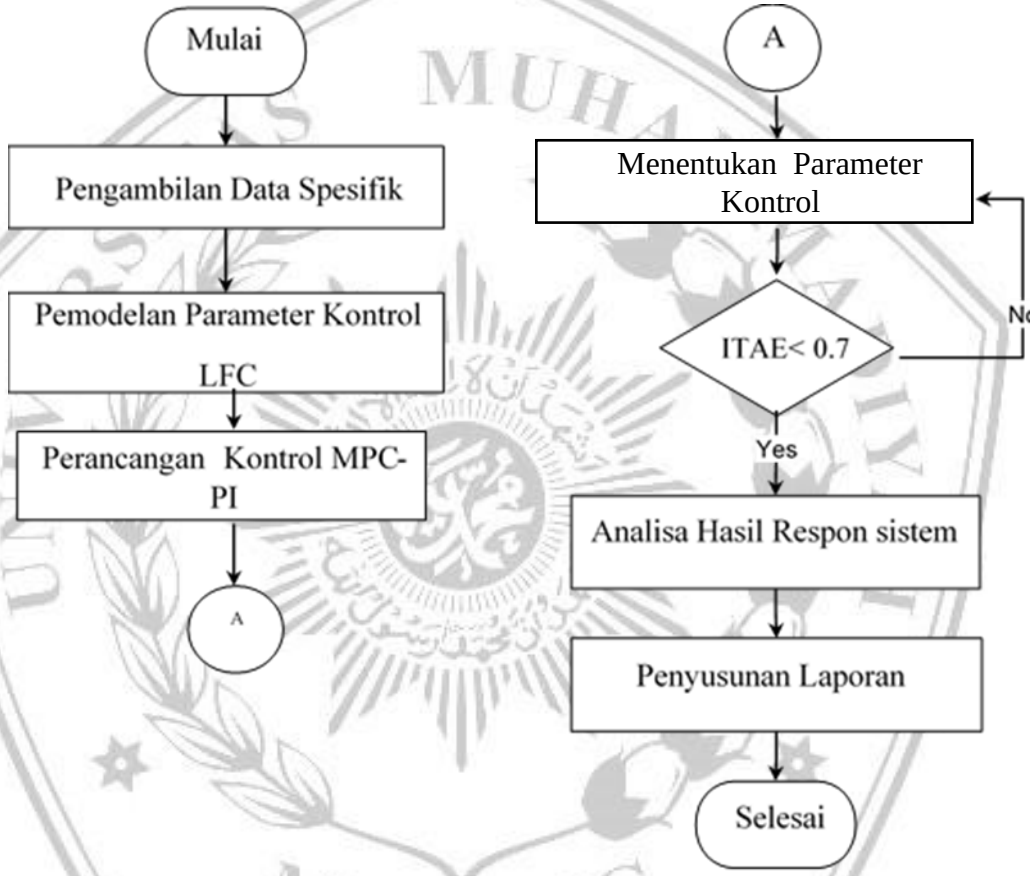
BAB III

METODELOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan secara garis besar,penelitian ini digambarkan dalam bentuk *Flowchart* tahapan penelitian. Adapun Flowchart atau diagram alir ditunjukan pada Gambar 3.1 berikut.

3.1 Flowchart Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodelogi Penelitian

Dari gambar 3.1 di atas dibutuhkan tahapan pengerjaan penelitian, tahapan awal yaitu pengambilan data yang dibutuhkan untuk memodelkan sistem, kemudian merancang sistem LFC dan kontro MPC-PI. Selanjutnya, menentukan parameter kontrol untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Dan terakir menganalisa dan menyusun laporan penelitian.

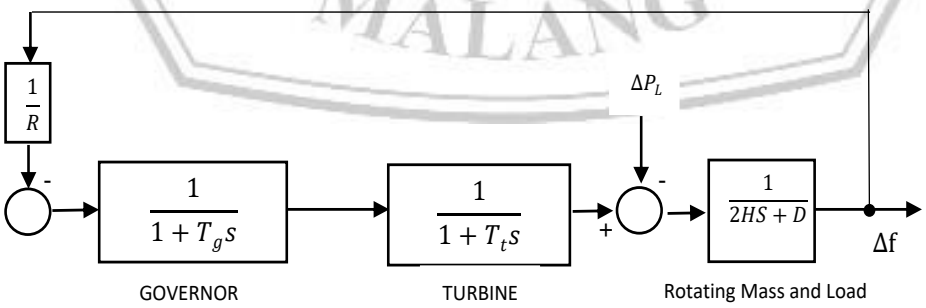
3.2 Studi Literatur

Studi literatur dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dimulai dengan fokus pada beberapa aspek kunci, yaitu sistem tenaga listrik *single area*, penggunaan kontrol PI yang dikombinasikan dengan *MPC* dan evaluasi parameter PI dan MPC untuk mencapai koordinasi optimal. Berikut rangkuman literatur yang relevan:

1. Selanjutnya, fokus ditujukan pada kontroler MPC dan PI. Studi literatur mencakup prinsip dasar keduanya, kelebihan, dan penerapannya dalam sistem LFC.
2. Tujuan utama dari penggabungan kontroler PI dan MPC adalah untuk mencapai koordinasi yang optimal. Oleh karena itu, literatur mencakup parameter-parameter yang perlu dievaluasi dan dibandingkan. Metode perbandingan ini melibatkan pengamatan *overshoot* dan *settling time* dari respons frekuensi.
3. Langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil perbandingan tersebut dengan seksama. Kesimpulan yang diambil dari hasil analisis menjadi bagian integral dari keseluruhan Tugas Akhir ini.
4. Dengan menyusun studi literatur ini, diharapkan Tugas Akhir dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam pemahaman dan optimalisasi sistem LFC *single area* dengan menggunakan kontroler PI dan MPC.

3.3 LFC Sistem Tenaga Listrik Single Area

Dalam Tugas Akhir ini, data mengenai LFC pada sistem tenaga listrik single area diambil dari referensi model Hadi Saadat. Model LFC dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem LFC *Single Area* Hadi Saadat

Tabel 3.1 Parameter Komponen Sistem

Model Komponen	Nilai Parameter
Speed Drop (*R*)	0.05
Damping Constant (*D*)	0.6
Inertia Constant (*H*)	5
Base Power (*MVA*)	500
Governor Time Constant (T_g)	0.2
Turbine Time Constant (T_t)	0.5

Pada simulasi sistem, mengalami dua kasus gangguan berupa perubahan beban, yaitu sebesar 0.2 p.u, 0.5 p.u. *Sistem* LFC pada sistem *single area* merupakan mekanisme pengendalian yang dirancang untuk menjaga keseimbangan antara pembangkitan daya dan beban. Tujuan utama LFC adalah mempertahankan frekuensi sistem agar tetap dalam batas toleransi yang ditentukan, terutama saat terjadi perubahan beban atau gangguan. Model LFC di Tugas Akhir ini, memberikan landasan untuk memahami bagaimana sistem merespons perubahan beban.

Perubahan beban dapat menyebabkan deviasi frekuensi, dan LFC bertugas untuk mengoreksi deviasi tersebut dengan mengatur daya pembangkitan. Parameter-parameter yang digunakan dalam model tersebut, seperti yang tercantum dalam Tabel 3.1 menjadi dasar untuk simulasi dan analisis dalam tugas akhir ini.

3.4 Penambahan Kontrol PI

PI pada sistem LFC melibatkan integrasi kontroler PI untuk memperbaiki kinerja sistem. Kontrol PI bertujuan untuk mengendalikan sinyal frekuensi dan meminimalkan perubahan frekuensi (Δf), mendekatkannya kembali ke nilai nol. Konsep dasar dari kontrol PI adalah untuk menyesuaikan output secara proporsional terhadap kesalahan (selisih antara *set point* dan nilai aktual) dan secara integral terhadap akumulasi kesalahan sepanjang waktu.

Dalam aplikasinya pada LFC, sinyal kontrol yang dihasilkan oleh kontroler PI digunakan untuk mengatur nilai referensi beban pada unit governor, yang sering disebut sebagai set point load governor. *Set point* ini mengontrol berapa banyak

daya yang dihasilkan oleh generator sesuai dengan kebutuhan sistem. Dengan menyesuaikan *set point* ini, kontroler PI dapat mengatur daya pembangkit secara dinamis, mempengaruhi frekuensi sistem.

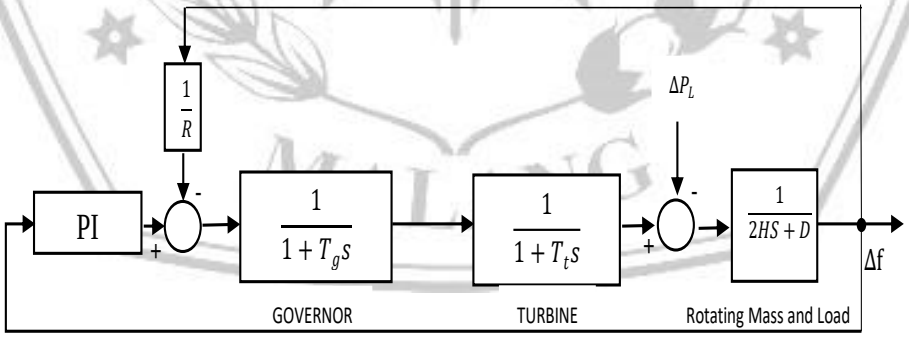
Penentuan parameter PI menggunakan pendekatan metode Ziegler-Nichols, hasil nilai parameter yang didapat daripendekatan tersebut selanjutnya di uji terhadap system (try and error). Hasil dari metode tersebut menghasilkan nilai Kp= 23, Ki= 1,94.

Selanjutnya hasil dari pendekatan metode Ziegler-Nichols di masukkan pada control PI dan di ujicobakan nilai terdekat dari hasil metode tersebut. Sehingga didapatkan parameter control PI yang cocok dengan system, yaitu :

Tabel 3.2 Parameter kontroler PI

K_P	K_I
2.24	0.3

Gambar 3.3 menunjukkan konfigurasi sistem LFC dengan penerapan kontroler PI. Pada gambar tersebut, terlihat bagaimana kontroler PI berinteraksi dengan governor untuk mencapai tujuan kontrol frekuensi. Keseluruhan sistem diatur dan dikendalikan sedemikian rupa sehingga perubahan frekuensi dapat diatasi dan sistem dapat kembali ke kondisi stabil setelah terjadi gangguan.



Gambar 3.3 Sistem dengan kontroler PI

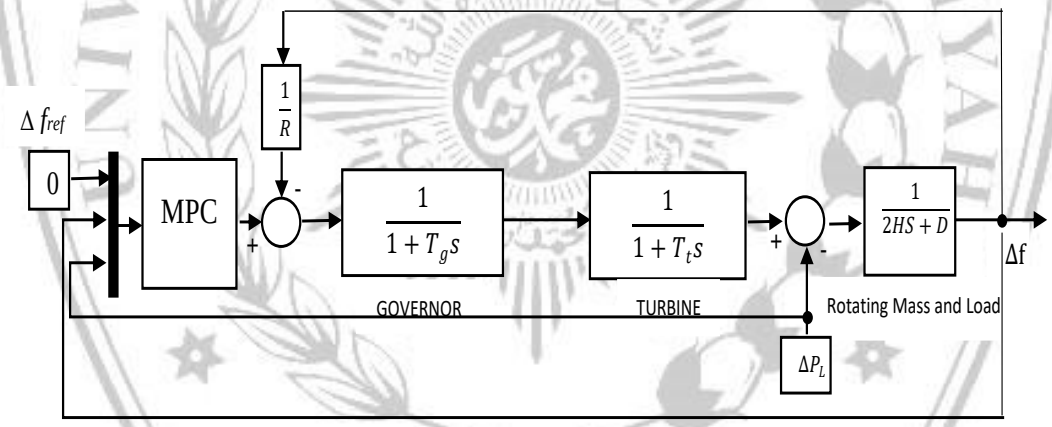
3.5. Model Kontrol Model Predictive Control

Implementasi kontroler *Model Predictive Control* dalam sistem LFC melibatkan penggabungan kontroler MPC ke dalam struktur LFC. Kontroler MPC

bertujuan untuk memprediksi dan mengoptimalkan respons sistem dalam kurun waktu tertentu ke depan. Dalam konteks LFC, kontroler MPC dapat digunakan untuk membuat keputusan pengendalian yang cerdas berdasarkan model internal sistem.

Kontroler MPC pada LFC berperan dalam mengatur sinyal frekuensi untuk mengarahkan perubahan frekuensi (Δf) kembali ke nilai nol. Konsep dasar dari kontroler MPC adalah melakukan prediksi respons sistem, merencanakan aksi pengendalian optimal, dan menerapkannya secara adaptif sepanjang waktu. Dengan kemampuan ini, MPC dapat memberikan kinerja pengendalian yang lebih presisi dibandingkan dengan metode konvensional.

Pada Gambar 3.4, dapat dilihat bagaimana kontroler MPC terintegrasi ke dalam sistem tenaga listrik dua area dengan LFC. Sinyal kontrol yang dihasilkan oleh MPC digunakan untuk mengontrol variabel sistem, termasuk frekuensi. MPC mengambil informasi dari model internal untuk membuat prediksi terhadap respons sistem terhadap aksi kontrol tertentu.



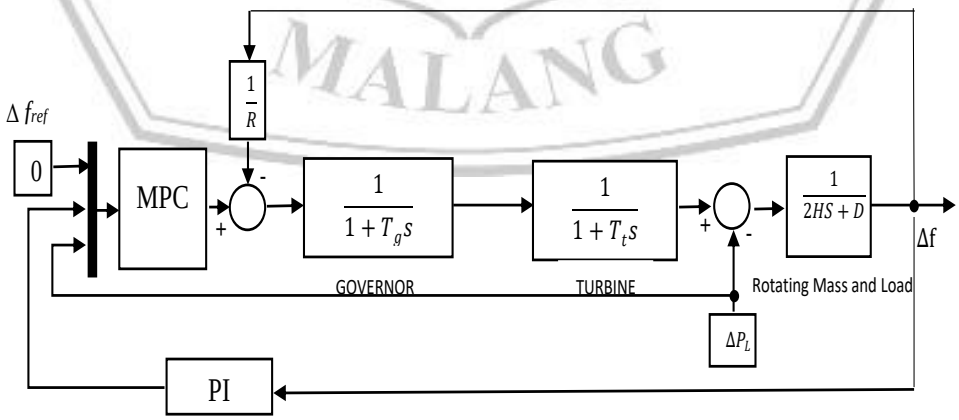
Gambar 3.4 Sistem dengan kontroler MPC

Tabel 3.3 Data parameter MPC

Parameter MPC	**Nilai**
Time Sampling	0.9
Control horizon	3
Prediction horizon	29
Weights on the output signals	1
Weights on manipulated variable rates	0.1
Weights on manipulated variables	0

3.6 Kombinasi Kontrol PI-MPC

Pada Gambar 3.5 kombinasi kontrol MPC dan PI dalam sistem LFC pada sistem tenaga listrik single area. Konsep LFC memiliki tujuan utama untuk mempertahankan frekuensi sistem dalam batas toleransi yang diinginkan setelah terjadi perubahan beban atau gangguan pada sistem tenaga listrik. Kontroler PI dan MPC bekerja bersama untuk mencapai koordinasi optimal dalam mengatasi fluktuasi frekuensi dan menjaga keseimbangan antara daya yang dihasilkan dan daya yang dikonsumsi. Sistem tenaga listrik, kontroler PI dan MPC disimulasikan dalam Simulink, Simulink dikerjakan menggunakan software MATLAB.



Gambar 3.5 Sistem dengan kontroler MPC