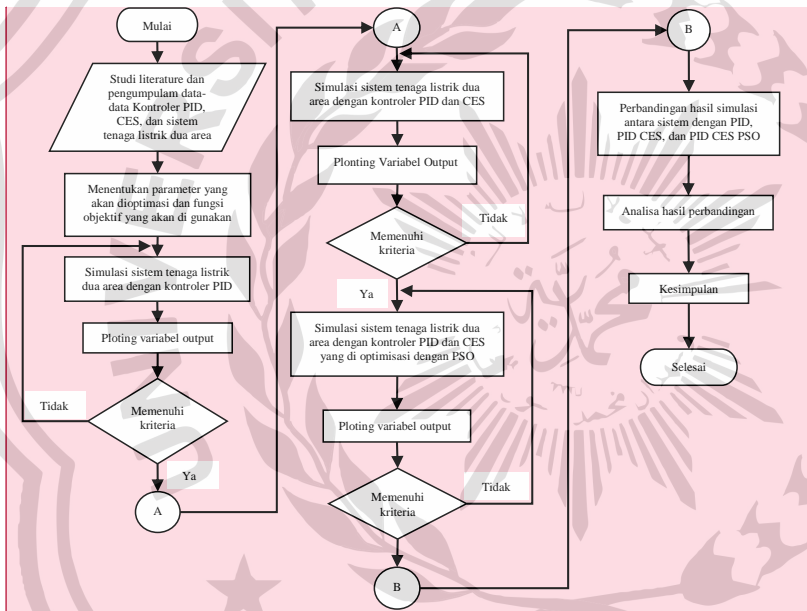


BAB III
METODE PENELITIAN DAN PENGUJIAN

3.1 Flowchart Penelitian

Flowchart penelitian ini berisi tentang tahapan penelitian yang akan dilaksanakan, berikut gambaran flowchart pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut,



Commented [R1]:
Commented [R2R1]:

Gambar 3.1 Flowchart penyelesaian Tugas Akhir

Keterangan Flowchart :

1. Pengerjaan Tugas Akhir dimulai dengan pengumpulan studi literatur dan data-data tentang sistem tenaga listrik dua area, kontroler PID, CES dan PSO.

2. Menentukan parameter yang akan di optimasi dan fungsi yang akan di gunakan untuk simulasi pertama.
3. Melakukan simulasi yang pertama pada sistem tenaga listrik dua area dengan kontroler PID dan di lanjutkan plotting variabel output.
4. Melakukan pengecekan bila hasil simulasi yang pertama memenuhi kriteria maka akan di hasilkan nilai A, jika tidak akan di lakukan simulasi lagi agar mendapatkan nilai yang maksimal.
5. A = Hasil simulasi pertama yang di lakukan pada sistem tenaga listrik dua area dengan kontroler PID dan di lanjutkan ke simulasi ke dua.
6. Melakukan simulasi yang ke dua pada sistem tenaga listrik dua area dengan kontroler PID dan CES, dan di lanjutkan plotting variabel output.
7. Melakukan pengecekan bila hasil simulasi kedua memenuhi kriteria maka akan di lanjutkan ke simulasi ke tiga, jika tidak akan di lakukan simulasi lagi agar mendapatkan nilai yang maksimal.
8. Melakukan simulasi yang ke tiga pada sistem tenaga listrik dua area dengan kontroler PID dan CES yang di optimisasi dengan PSO, dan di lanjutkan plotting variabel output.
9. Melakukan pengecekan pada hasil simulasi ke tiga jika memenuhi kriteria maka akan di lanjutkan ke perbandingan dari hasil semua simulasi, jika tidak akan di lakukan simulasi lagi agar mendapatkan nilai yang maksimal.
10. B = Hasil simulasi ketiga yang dilakukan pada sistem tenaga listrik dua area dengan kontroler PID, CES dan PSO.

11. Melakukan perbandingan hasil simulasi antara sistem kontroler PID (simulasi pertama), Kontroler PID dan CES (simulasi kedua), Kontroler PID, CES, dan PSO (simulasi ketiga).
12. Melakukan Analisa dari hasil perbandingan simulasi untuk mendapatkan hasil simulasi yang maksimal.
13. Penulisan Kesimpulan dari semua pengerjaan tugas akhir yang sudah di kerjakan.

3.2 Studi Literatur

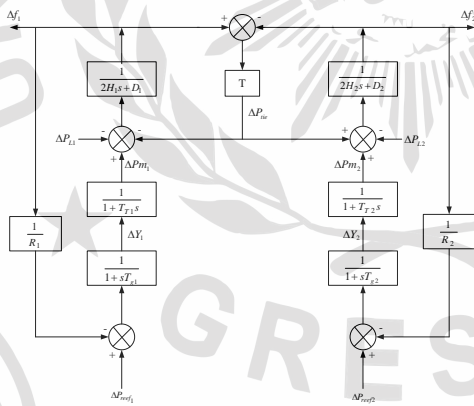
Pengerjaan Tugas Akhir dimulai dengan pengumpulan literatur tentang sistem tenaga listrik dua area, kontroler PID, CES dan PSO. Berdasar literatur yang didapat, model sistem dan parameter sistem yang dioptimisasi ditentukan. Kemudian dilakukan pengujian pada model dan parameter sistem yang didapat sampai kriteria yang diinginkan tercapai. Setelah tercapai kriteria yang diinginkan, dilakukan pemodelan kontroler PID dan dipasang pada sistem. Berikutnya ditambahkan CES untuk mendapatkan respon yang lebih baik. *Gain* PID dan CES tersebut ditentukan dengan metode *trial error*. Untuk mendapatkan koordinasi yang optimal, parameter PID dan CES dioptimisasi menggunakan PSO. Sistem yang menggunakan PID, PID CES, dan sistem yang menggunakan PID CES PSO akan dibandingkan dengan cara mengamati *overshoot* dan *settling time* dari respon frekuensi tiap area dan daya antar area. Hasil perbandingan dianalisis dan disimpulkan sebagai kesimpulan dalam Tugas Akhir.

3.3 Pengujian

Tujuan dari pengujian tugas akhir ini adalah untuk mengetahui sejauh mana kinerja sistem simulasi yang telah dilakukan untuk mengetahui penyebab-penyebab kesalahan sistem simulasi serta menganalisa untuk ke arah perbaikan selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Dalam pengujian ini yang perlu diperhatikan adalah tentang ketepatan sistem simulasi dalam mengakomodasi semua sistem apakah sesuai dengan yang direncanakan atau belum.

3.3.1 LFC Sistem Tenaga Listrik Dua Area

Pada Tugas Akhir ini, digunakan data LFC sistem tenaga listrik dua area Hadi Saadat. Model LFC dapat dilihat pada Gambar 3.2. Data parameter sistem tenaga listrik dua area Hadi Saadat ditunjukkan pada Tabel 3.1.



Gambar 3.2 LFC sistem 2 area Hadi Saadat

Tabel 3.1 Parameter sistem

Area	1	2
Speed Drop (R)	0.05	0.0625
Damping Constant (D)	0.6	0.9
Inertia Constant (H)	5	4
Base Power (MVA)	1000	1000
Governor Time Constant (T_g)	0.2	0.3
Turbine Time Constant (T_t)	0.5	0.6

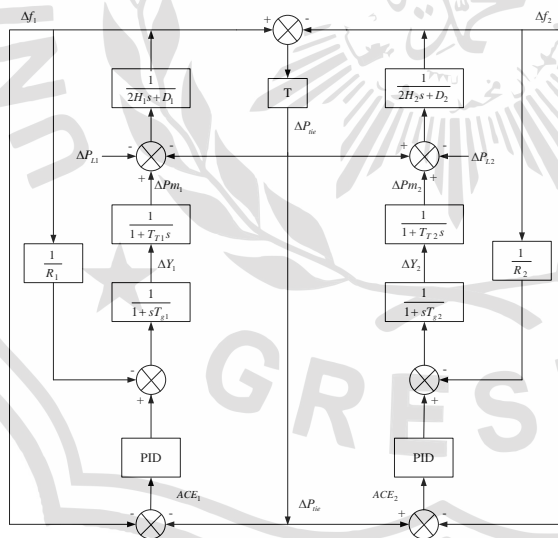
Dalam simulasi sistem pada area 1 diberi 3 kasus gangguan yaitu perubahan beban sebesar 0.01 p.u, 0.05 p.u dan 0.1 p.u. Terjadinya perubahan beban pada area 1 akan mengakibatkan sistem pada area 2 juga terganggu, hal ini dikarenakan semua area saling terinterkoneksi menjadi satu. Setelah itu diamati perubahan frekuensi (Δf) tiap area dan daya antar area P_{tie} .

3.3.2 Penambahan Kontroler PID

Aplikasi kontroler PID pada sistem dilakukan dengan penambahan kontroler PID pada tiap area. Aksi kontrol PID adalah untuk mengatur sinyal ACE agar perubahan frekuensi (Δf) tiap area dan daya antar area (P_{tie}) kembali menuju ke nilai 0. Sinyal kontrol dari PID diinputkan ke nilai referensi beban pada unit governor (*set point load governor*). Sistem tenaga listrik dua area dengan kontroler PID dapat dilihat pada Gambar 3.3.

Untuk mendapatkan osilasi frekuensi yang stabil, maka harus mengatur *gain* kontroler PID. Dari hasil *trial and error* diperoleh parameter PID seperti pada Tab 3.2.

Percobaan dilakukan dengan memasang kontroler PID pada masing-masing area. Dalam simulasi diamati Δf tiap area dan P_{tie} saat terjadi gangguan perubahan beban pada area 1. Terjadinya perubahan beban pada area 1 akan mengakibatkan sistem area 2 mengalami gangguan, hal ini dikarenakan semua saling terinterkoneksi menjadi satu. Gangguan-gangguan yang terjadi diakibatkan oleh adanya perubahan beban tersebut antara lain: osilasi frekuensi tiap area dan daya antar area. Respon yang diamati yaitu berupa Δf tiap area dan P_{tie} pada saat terjadi perubahan beban pada area 1. Kontroler PID digunakan untuk meredam osilasi frekuensi tiap area dan daya antar area.



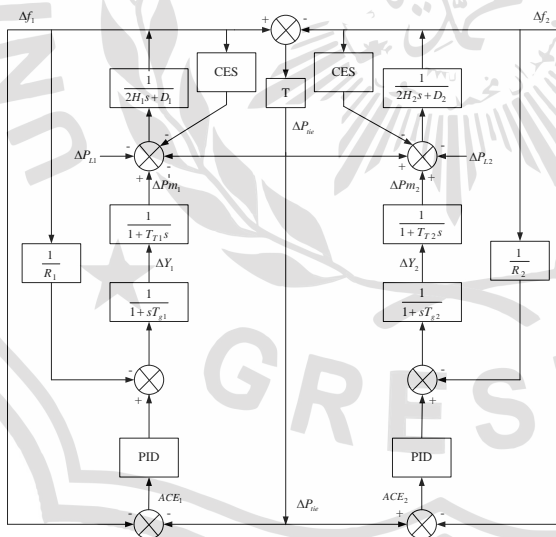
Gambar 3.3 Sistem dengan kontroler PID

Tabel 3.2 Parameter kontroler PID

K_P	K_I	K_D
1	2	1.2

3.3.3 Penerapan CES

Sistem yang dengan kontroler PID akan ditambahi dengan CES. CES mengatur sinyal perubahan frekuensi tiap area (Δf). Output dari CES berupa daya yang diinjeksikan ke sistem. CES dipasang pada tiap area. Sistem dengan kontroler PID dan CES dapat dilihat pada Gambar 3.4. Parameter CES yang digunakan terdapat pada Tabel 3.3.



Gambar 3.4 Sistem dengan kontroler PID dan CES

Tabel 3.3 Data parameter CES

Parameter CES	Nilai
K_{CES}	70
K_{VD}	0.1
T_{dc}	0.05
C	1
T_{dc}	0.026
R	100
E_{d0}	0.5

Setelah CES dipasang pada sistem, respon sistem diamati. Respon yang diamati yaitu berupa perubahan frekuensi tiap area dan daya antar area. Untuk mendapatkan respon sistem yang baik maka diperlukan koordinasi kontroler PID dan CES yang optimal.

3.3.4 Koordinasi Kontroler PID dan CES menggunakan PSO

Pada Tugas Akhir ini, akan di bahas kontroler PID dan CES digunakan untuk LFC pada sistem tenaga listrik dua area. Untuk mendapatkan koordinasi yang optimal, parameter PID dan CES dioptimisasi menggunakan PSO. Data parameter yang digunakan dalam Tugas Akhir meliputi pemodelan dan parameter sistem. Sistem tenaga listrik, kontroler PID dan CES disimulasikan dalam Simulink, sedangkan program dari PSO disimulasikan dalam program M-File. Simulink dan M-File dikerjakan menggunakan *software* MATLAB.

Dalam pencarian nilai optimal menggunakan PSO, permasalahan yang akan dioptimisasi diubah ke bentuk kombinasional terlebih dahulu. Sebuah *graph* dibangkitkan untuk merepresentasikan permasalahan ke dalam bentuk kombinasional. *Graph* yang dibangkitkan untuk menala parameter K_P , K_I , K_D dan K_{CES} . Kombinasi terbaik akan menghasilkan sistem yang memiliki osilasi dengan *overshoot* terkecil dan *settling time* tercepat. Kombinasi terbaik diperoleh melalui evaluasi pada setiap kombinasi dari nilai K_P , K_I , K_D dan K_{CES} . Evaluasi dilakukan dengan menghitung nilai fungsi objektif dari respon sistem. Pada PSO fungsi objektif adalah evaluasi sekelompokan yang dilakukan oleh burung. Dalam penelitian ini, fungsi objektif yang digunakan untuk menentukan fungsi evaluasi adalah *Integral of Time Multiplied Absolute Error* (ITAE) yang ditunjukkan oleh persamaan,

$$ITAE = \int_0^t t |ACE(t)| dt \quad (3.1)$$