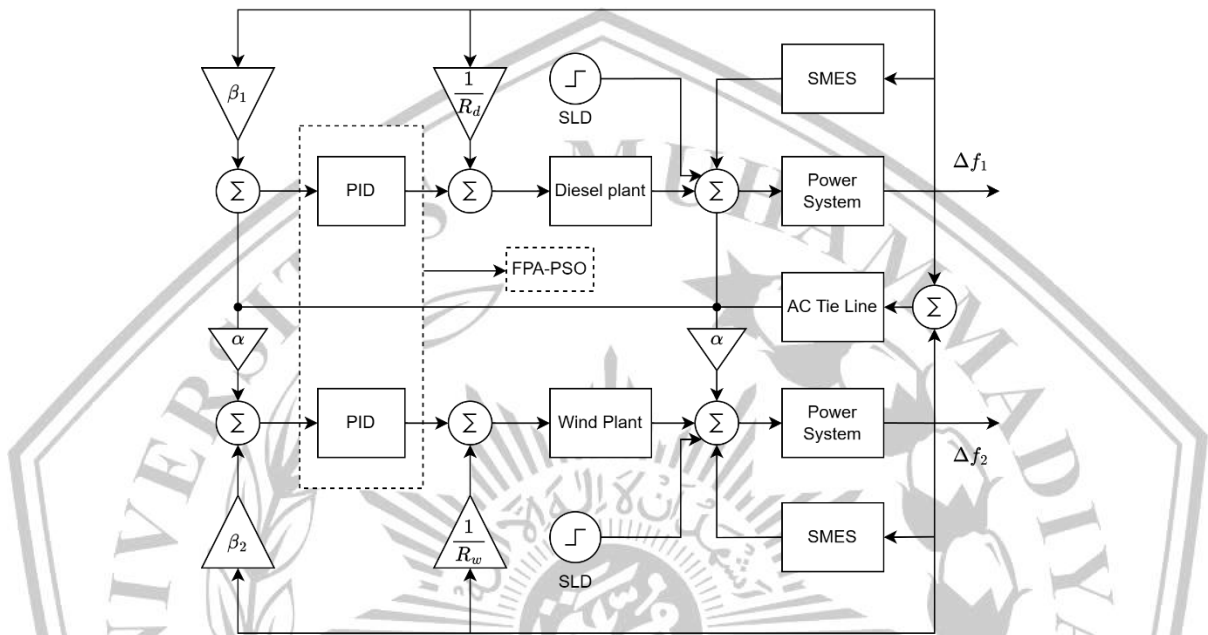


BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada studi ini di sarankan seperti yang tergambar pada diagram blok di bawah ini untuk menjawab rumusan masalah yang dicantumkan pada bab sebelumnya.



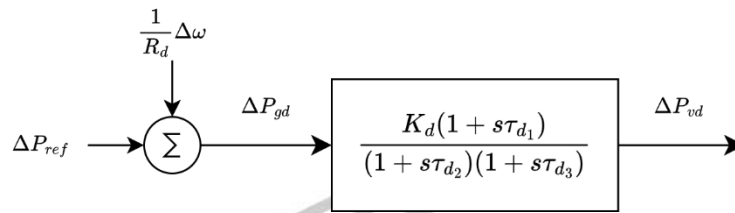
Gambar 3.1. Diagram Blok LFC Multi Area

Terdapat dua kontrol PID yang digunakan dengan masing-masing satu kontrol setiap area dan dilakukan optimasi hibrid menggunakan FPA-PSO. Diesel *plant* adalah area pertama dan *wind plant* sebagai area kedua. Setiap area menggunakan SMES supaya membantu meminimalkan delta frekuensi dengan cara memberikan *input* delta frekuensi seperti yang digambarkan pada Gambar 3.1. Beban yang diberikan berupa sinyal step yang diletakkan pada SLD. Disel *plant* dan *wind plant* dimodelkan ke dalam matematika berupa blok *transfer function* atau fungsi alih dan akan di bahas lebih lanjut pada bab ini. Begitu juga *power sistem*, SMES dan *AC tie line* yang dimodelkan ke dalam blok *transfer function*. Adapun blok gain berupa alfa, beta, dan R.

3.1 Diesel Plant

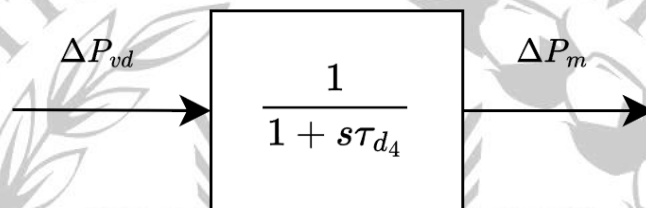
Model dari sistem *governor* dan turbin pada diesel *plant* terdiri dari satu konstanta gain dan empat *time constant*. Konstanta gain diletakkan pada *numerator*

transfer *function* sedangkan satu *time constant* diletakkan di *numerator* dan tiga sisanya diletakkan di *denominator* fungsi alih.



Gambar 3.2. Governor Diesel Plant

Konstanta governor diesel $K_d = 16.5$ sedangkan $\tau_{d1}, \tau_{d2}, \tau_{d3} = 1, 2, 0.025$. nilai tersebut diperoleh dari *paper* [5]. Sedangkan untuk bagian turbin digambarkan sebagai berikut.

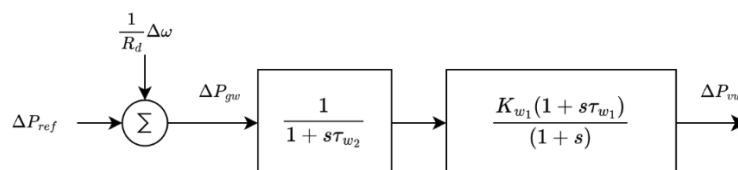


Gambar 3.3. Turbin Diesel Plant

Setelah melalui *governor* dengan *input* ΔP_{gd} ke ΔP_i di mana ΔP_i adalah pompa injeksi sebagai masukan dari turbin diesel *plant* dan menghasilkan ΔP_m yang merupakan *mechanical power output* untuk mengubah besar kecilnya pompa injeksi yang disemprotkan dan dimodelkan seperti pada Gambar 3.3. Ada satu parameter *time constant* $\tau_{d4} = 3$.

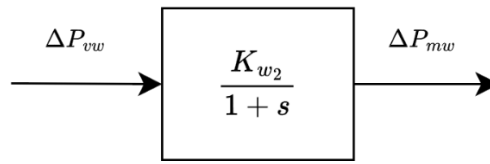
3.2 Wind Plant

Model dari *wind plant* memiliki dua konstanta gain serta dua konstanta waktu. Dua konstanta gain diletakkan pada *numerator* sedangkan dua konstanta waktu masing-masing diletakkan pada *numerator* dan *denominator*. Pada *wind plant* terdiri dari hidraulik *pitch actuator* dan data fit *pitch response*. Hidraulik *pitch actuator* memiliki satu konstanta gain dan dua konstanta waktu. Sedangkan data fit *pitch response* memiliki satu konstanta gain dan tidak memiliki konstanta waktu.



Gambar 3.4. Hydraulic Pitch Actuator

Konstanta $\tau_{\omega_1}, \tau_{\omega_2}, K_{\omega_1}$ masing-masing adalah 0.6, 0.041 dan 1.25. Berikutnya adalah data fit *pitch response* yang digambarkan seperti berikut ini.

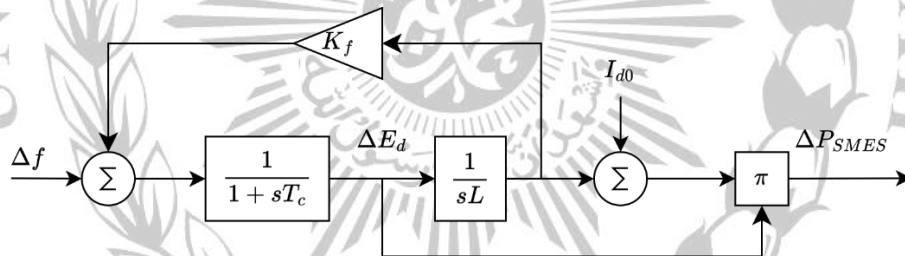


Gambar 3.5. Data Fit *Pitch Response*

Nilai konstanta data fit *pitch response* K_{ω_2} adalah 1.4. Kedua fungsi alih ini dimodelkan untuk melindungi rotor dari kecepatan tinggi dan untuk menjaga output yang stabil. Nilai parameter yang digunakan pada *wind plant* berasal dari *paper* [5].

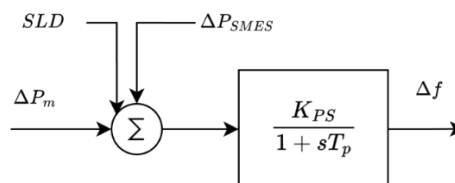
3.3 Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)

SMES digunakan pada sistem tenaga dan dikoneksikan ke *superconducting coil* pada *grid* daya ac. Lilitan induktor SMES (E_d) dikendalikan melalui sinyal masukan dan diberi energi kemudian disimpan lalu dilepaskan. Adapun referensi yang menggunakan sinyal masukan selain *error* frekuensi melainkan diberi masukan melalui sinyal kendali. Berikut adalah gambaran blok diagram dari SMES.



Gambar 3.6. SMES Modelling

Nilai dari konstanta K_f adalah 0.001 sedangkan T_c, L dan I_{d0} masing-masing adalah 0.003, 3, dan 20K. Seluruh nilai yang digunakan berasal dari *paper* [14]. Pada penelitian ini, masukan SMSES diambil dari *error* frekuensi atau delta frekuensi yang diperoleh dari *power system*. Model *power sytem* digambarkan sebagai berikut.

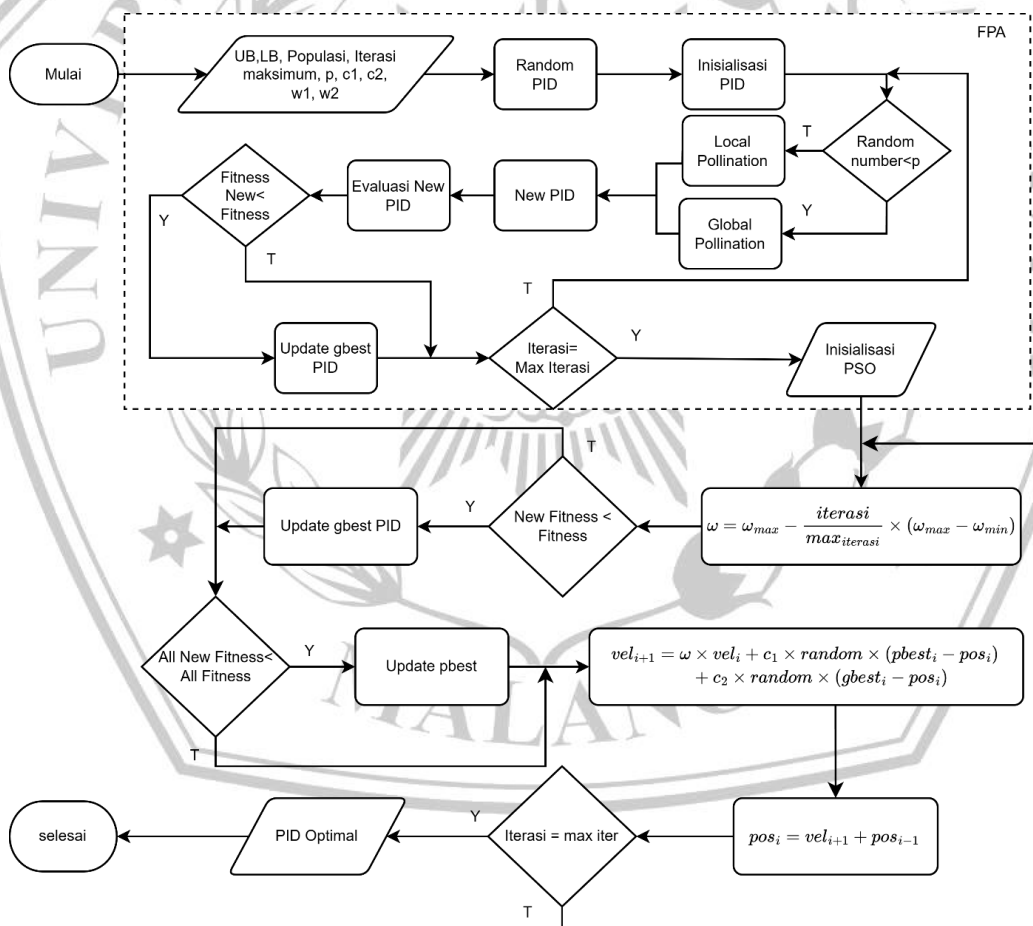


Gambar 3.7. Power System

Ada satu *power system* di masing-masing area seperti yang digambarkan dalam diagram blok Gambar 1. Pada Gambar 3.7, *power system* dapat digunakan di area pertama dan area kedua. Parameter konstanta gain K_{PS} adalah 120 dan T_p bernilai 20. Nilai ini diambil dari *paper* [15].

3.4 Hybrid Optimasi FPA-PSO

Pencarian nilai PID dengan optimasi FPA-PSO dimulai dari FPA terlebih dahulu hingga kemudian nilai final dari FPA, akan digunakan untuk inialisasi pada PSO. Inialisasi ini akan membantu PSO meneruskan pencarian nilai PID yang optimal karena dibantu FPA. Strategi ini sangat membantu untuk menemukan nilai PID yang optimal. Meskipun proses yang dilakukan cukup memakan waktu yang lama (tergantung spesifikasi laptop atau desktop yang digunakan), tetapi tidak menjadi masalah dalam penelitian ini. Berikut diagram alir dari FPA-PSO.



Gambar 3.8. Diagram Alir FPA-PSO

Bagian atas yang ditandai dengan garis putus-putus berbentuk persegi panjang adalah optimasi FPA sedangkan garis yang tidak ditandai adalah PSO. Optimasi

FPA menggunakan penyerbukan lokal dan penyerbukan global untuk mencari nilai PID optimal. Pada PSO menggunakan persamaan matematika bernama *velocity* untuk mencari kandidat nilai PID optimal. *Input* dari PSO dan FPA salah satunya adalah UB dan LB yaitu *upper bound* dan *lower bound* atau batas atas dan batas bawah nilai PID yang tidak boleh kurang maupun lebih dari yang ditentukan. Tidak ada cara khusus untuk menentukan UB dan LB sehingga bisa dengan bebas untuk menentukan nilainya. Proses optimasi ini harus memiliki fungsi objektif untuk menilai seberapa baik nilai PID yang dicari dan diberikan pada sistem LFC *multi area*.

$$OF = ITSE + OS + E_{ss} + t_s \quad (1)$$

Fungsi objektif menggunakan persamaan matematika (1) untuk mencari nilai PID optimal. *OS* adalah *overshoot*, *E_{ss}* adalah *error steady state* dan *t_s* adalah *settling time*.

