

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis pada sistem PLTMH Aek Silang 1 Hutaraja dengan daya 2 MW, diperoleh beberapa kesimpulan penting sebagai berikut:

1. Sistem tanpa kontrol PID menunjukkan performa yang kurang stabil saat terjadi perubahan beban. Frekuensi mengalami deviasi cukup besar, waktu pemulihan lama, overshoot tinggi, dan steady-state error (SSE) signifikan. Contohnya, pada gangguan beban 0,6 pu (1,2 MW), sistem tanpa PID menghasilkan deviasi frekuensi $\pm 2,2$ Hz, overshoot 14%, settling time 13 detik, dan SSE sebesar 1,4 Hz.
2. Dari data yang dihasilkan dalam penggunaan kontrol PID dapat disimpulkan,
 - a. Gangguan Beban 0,4 pu (800 kW):
 1. PID (40,20,5): $\Delta f = 0,95$ Hz, Overshoot = 0,4%, Settling Time = 16 s, SSE = 0,2 Hz
 2. PID (50,30,10): $\Delta f = 0,8$ Hz, Overshoot = 0,3%, Settling Time = 10 s, SSE = 0,15 Hz
 3. PID (60,40,20): $\Delta f = 0,5$ Hz, Overshoot = 0,2%, Settling Time = 7 s, SSE = 0,01 Hz

b. Gangguan Beban 0,5 pu (1 MW):

1. PID (40,20,5): $\Delta f = 1,22$ Hz, Overshoot = 0,54%, Settling Time = 17 s, SSE = 0,27 Hz
2. PID (50,30,10): $\Delta f = 0,99$ Hz, Overshoot = 0,38%, Settling Time = 11 s, SSE = 0,19 Hz
3. PID (60,40,20): $\Delta f = 0,65$ Hz, Overshoot = 0,2%, Settling Time = 4 s, SSE = 0,01 Hz

c. Gangguan Beban 0,6 pu (1,2 MW):

1. PID (40,20,5): $\Delta f = 1,42$ Hz, Overshoot = 0,5%, Settling Time = 16 s, SSE = 0,27 Hz
2. PID (50,30,10): $\Delta f = 1,16$ Hz, Overshoot = 0,42%, Settling Time = 11 s, SSE = 0,21 Hz
3. PID (60,40,20): $\Delta f = 0,05$ Hz, Overshoot = 0,2%, Settling Time = 7 s, SSE = 0,01 Hz

3. Parameter PID optimal yang menghasilkan kinerja terbaik dalam semua variasi gangguan adalah $K_p = 60$, $K_i = 40$, $K_d = 20$. Kombinasi ini mampu memberikan:

1. Deviasi frekuensi minimal (hingga 0,05 Hz)
2. Overshoot rendah (maksimal 0,2%)
3. Waktu pemulihan cepat (4–7 detik)
4. Steady-state error hampir nol (0,01 Hz)

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut, antara lain:

1. Dalam penelitian ini, parameter PID diperoleh dengan metode *trial and error*. Untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi tuning, penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode optimasi seperti Ziegler-Nichols, PSO (Particle Swarm Optimization), atau Genetic Algorithm guna mendapatkan nilai PID yang optimal dan stabil.
2. Simulasi dalam penelitian ini dilakukan dengan gangguan beban step yang ideal. Saran untuk penelitian mendatang adalah mempertimbangkan pengaruh beban nonlinier atau gangguan eksternal lainnya seperti variasi tegangan, fluktuasi aliran air, atau gangguan sistemik yang lebih kompleks agar hasil simulasi lebih merepresentasikan kondisi lapangan.