

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tahap pemodelan, perancangan kendali, optimasi, dan pengujian sistem PLTPH yang telah dilakukan, rumusan dan tujuan penelitian ini dapat dijawab melalui kesimpulan sebagai berikut:

1. Model simulasi PLTPH berbasis SEIG dengan profil beban dinamis telah berhasil dirancang dan diuji pada lingkungan MATLAB/Simulink. Sistem PLTPH yang beroperasi tanpa alat penyeimbang (ELC) riskan terhadap fluktuasi beban. Ketidakseimbangan antara daya konstan yang dibangkitkan dan daya yang dipakai beban menyebabkan sisa energi menumpuk, yang dapat memicu lonjakan frekuensi sistem.
2. Penerapan kontroler SMC-PSO secara efektif mampu menekan *error* dan menghilangkan efek getaran / *chattering* secara drastis, sehingga frekuensi keluaran PLTPH tetap terkunci disekitaran 50 Hz meskipun pemakaian beban harian terus berubah.
3. Integrasi ELC dengan sistem manajemen energi baterai (EMS) berhasil memaksimalkan pemanfaatan sisa daya buangan. Melalui penerapan SoC 40% hingga 80%, sistem terbukti mampu mengelola siklus simpan-pakai daya cadangan secara otomatis.

5.2 Saran

Dalam rangka pengembangan dan penyempurnaan riset di masa mendatang, beberapa saran teknis yang dapat direkomendasikan adalah:

1. Proses komputasi iteratif menggunakan algoritma PSO pada model dinamika PLTPH yang kompleks memakan waktu yang sangat masif, yaitu mencapai 1.824.006,68 detik (ekuivalen dengan 30.400,11 menit). Untuk penelitian selanjutnya, sangat disarankan untuk menggunakan perangkat komputasi (*workstation*) dengan spesifikasi pemrosesan paralel (*multi-core*) atau memanfaatkan metode *cloud computing* guna memangkas durasi optimasi secara signifikan.
2. Penelitian ini menggunakan batasan masalah berupa asumsi bahwa daya keluaran mekanis turbin air bersifat statis atau konstan. Disarankan pada penelitian ke depan untuk memperluas cakupan simulasi dengan memasukkan pemodelan dinamika fluktuasi debit air secara acak (variabilitas *head* dan arus sungai) guna menguji ketangguhan absolut

(*robustness*) kontroler SMC-PSO terhadap gangguan masukan langsung dari sisi sumber energi primer.

3. Mengingat seluruh perancangan dan pengujian sistem baru dilakukan dalam tahap simulasi menggunakan perangkat lunak MATLAB/Simulink, implementasi langsung pada purwarupa perangkat keras (*hardware prototype*) sangat direkomendasikan untuk memvalidasi kinerja kendali dan kualitas daya pada lingkungan pengoperasian yang nyata.

