

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, implementasi, dan pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan analisis dan validasi efisiensi turbin uap dengan membandingkan hasil perhitungan efisiensi dari sistem GPADCS dan perhitungan manual berbasis standar IAPWS-IF97. Hasil pengujian menunjukkan bahwa selisih kedua metode dapat direpresentasikan secara kuantitatif melalui parameter deviasi efisiensi, dengan kriteria validasi yang ditetapkan pada rentang 5% hingga 10%.
2. Berdasarkan studi kasus dan pengujian sistem, nilai deviasi efisiensi yang berada pada rentang 5%–10% dikategorikan sebagai kondisi ideal dan valid, sedangkan deviasi di bawah 5% atau di atas 10% teridentifikasi sebagai kondisi tidak valid. Dengan demikian, sistem mampu melakukan klasifikasi status efisiensi turbin secara objektif dan terukur berdasarkan batas numerik yang telah ditentukan.
3. Sistem penyimpanan data historis (*data logger*) berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan basis data MySQL yang terintegrasi dengan protokol komunikasi MQTT. Data operasional dan hasil perhitungan efisiensi dicatat secara otomatis dan terstruktur berdasarkan timestamp, sehingga memungkinkan analisis kinerja turbin secara kuantitatif terhadap rentang waktu tertentu.

4. Sistem pemantauan efisiensi turbin uap berbasis *Human Machine Interface* (HMI) berhasil diimplementasikan menggunakan platform Python (Streamlit) dan mampu menampilkan data efisiensi secara *real-time* maupun historis. Penyajian data dalam bentuk indikator numerik, tabel, dan grafik tren waktu mendukung proses evaluasi kinerja turbin secara kuantitatif dan mudah dipahami oleh operator.
5. Integrasi antara sumber data GPADCS, perhitungan manual berbasis IAPWS-IF97, protokol MQTT, HMI, dan basis data historis menghasilkan sistem pemantauan efisiensi turbin yang transparan, konsisten, dan independen terhadap sistem kontrol utama. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini mampu mendukung proses pengambilan keputusan operasional dengan menyediakan informasi efisiensi turbin yang tervalidasi secara numerik, sehingga berpotensi meningkatkan keandalan dan efektivitas operasional PLTP PGE Area Karaha.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ada, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Sistem monitoring efisiensi turbin yang dikembangkan dapat diperluas dengan penambahan fitur analisis kondisi abnormal, seperti deteksi deviasi efisiensi yang signifikan atau indikasi gangguan sensor, sehingga sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai sistem pendukung peringatan dini.

2. Basis data historis yang telah dibangun dapat dimanfaatkan untuk analisis performa jangka panjang, seperti evaluasi tren efisiensi musiman atau pengaruh kondisi operasi terhadap kinerja turbin, dengan dukungan metode analisis data yang lebih lanjut.
3. Implementasi sistem pada skala *plant* secara langsung dengan koneksi ke sistem DCS aktual secara online dapat menjadi langkah lanjutan untuk menguji keandalan sistem dalam kondisi operasi yang lebih kompleks dan dinamis.
4. Pengembangan sistem dengan standar keamanan komunikasi data dan manajemen akses pengguna juga disarankan agar sistem dapat diimplementasikan secara lebih luas dan aman di lingkungan industri.

