

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil pengolahan data dan analisis menunjukkan bahwa variasi campuran bahan bakar biomassa sawdust dan batubara berdampak pada kinerja turbin dan emisi gas buang pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU):

1. Variasi campuran biomassa sawdust dan batubara berpengaruh terhadap efisiensi turbin pada seluruh tingkat tekanan, yaitu *High Pressure Turbine* (HPT), *Intermediate Pressure Turbine* (IPT), dan *Low Pressure Turbine* (LPT). Peningkatan persentase biomassa dari 0% hingga 5% menyebabkan penurunan efisiensi secara bertahap pada ketiga tingkat turbin. Penurunan ini disebabkan oleh menurunnya laju aliran, tekanan, dan temperatur uap utama akibat nilai kalor biomassa yang lebih rendah serta kandungan moisture yang lebih tinggi, sehingga enthalpi uap masuk turbin berkurang dan kerja aktual turbin menurun.
2. Daya keluaran turbin cenderung menurun seiring dengan meningkatnya persentase biomassa. Penurunan daya terjadi karena berkurangnya energi panas yang masuk ke *boiler* akibat rendahnya nilai kalor biomassa, sehingga proses pembentukan uap utama menjadi kurang optimal. Hal ini menunjukkan bahwa laju aliran uap utama merupakan parameter kunci yang menghubungkan perubahan komposisi bahan bakar dengan daya yang dihasilkan turbin.
3. Peningkatan proporsi biomassa dalam campuran bahan bakar menyebabkan efisiensi termal turbin mengalami penurunan, yang diikuti dengan peningkatan nilai *turbine heat rate*. Efisiensi termal tertinggi diperoleh pada penggunaan batubara murni, sedangkan nilai terendah terjadi pada campuran biomassa 5%. Penurunan efisiensi ini mencerminkan berkurangnya kemampuan sistem dalam mengonversi energi panas menjadi energi listrik, sehingga kebutuhan energi bahan bakar untuk menghasilkan setiap 1 kWh listrik menjadi lebih besar, yang ditunjukkan oleh meningkatnya nilai *turbine heat rate*.
4. Penggunaan biomassa *sawdust* dalam skema *co-firing* terbukti menurunkan emisi gas buang SO₂, NO_x, CO₂, dan Partikulat Matter (PM₁₀). Penurunan emisi SO₂ dan NO_x dipengaruhi oleh rendahnya kandungan sulfur dan nitrogen pada biomassa serta penurunan temperatur pembakaran. Emisi CO₂ menurun akibat kandungan karbon biomassa yang lebih rendah dibandingkan batubara, sementara emisi PM

berkurang karena kandungan abu biomassa yang lebih kecil dan karakteristik pembakaran yang lebih reaktif. Seluruh nilai emisi yang dihasilkan masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh peraturan lingkungan yang berlaku.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan penelitian, beberapa rekomendasi berikut dapat digunakan untuk melanjutkan penelitian:

1. Penelitian berikutnya disarankan untuk mengevaluasi rentang persentase biomassa yang lebih bervariasi serta melakukan perbandingan dengan jenis biomassa lain yang memiliki perbedaan nilai kalor dan kandungan kelembapan. Hal ini bertujuan untuk memperoleh komposisi campuran bahan bakar yang paling optimal antara kinerja turbin dan penurunan emisi gas buang.
2. Selain itu, diperlukan penerapan perlakuan awal pada biomassa, seperti proses pengeringan atau torrefaksi, guna menurunkan kadar moisture dan meningkatkan nilai kalor bahan bakar. Perlakuan ini diharapkan mampu mengurangi kehilangan energi akibat penguapan air selama pembakaran, memperbaiki kualitas uap utama, serta menekan penurunan efisiensi dan daya yang dihasilkan turbin.