

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan listrik selalu berubah-ubah karena dipengaruhi oleh permintaan konsumen. Permintaan konsumsi energi listrik yang berubah-ubah harus mengikuti jumlah dan ketersediaan beban atau daya listrik yang dihasilkan oleh pembangkit. PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap) merupakan salah satu pembangkit yang memiliki kapasitas terpasang 16,82% (Ketenagalistrikan, 2021) sering mengalami perubahan beban yang diatur oleh pusat pengaturan beban (P2B). Dalam melakukan perubahan beban, maka secara otomatis suplai bahan bakar, udara pembakaran, serta gas buang ikut berubah (Annur, 2017). Hal tersebut akan memengaruhi kinerja dari *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) (Hendri, Prayudi and Roswati, 2018).

Prinsip kerja PLTGU adalah menggabungkan turbin gas dengan turbin uap, yaitu dengan memanfaatkan panas gas buang dari turbin gas yang memiliki temperatur relatif tinggi untuk digunakan membangkitkan uap pada *boiler* sebagai penggerak turbin uap, *boiler* yang digunakan disebut HRSG. Ada beragam konfigurasi HRSG dan salah satunya adalah tiga tingkatan tekanan (*triple pressure*) dimana uap dihasilkan pada tiga tingkat kondisi tekanan yang berbeda, yaitu *High Pressure* (HP), *Intermediate Pressure* (IP), *Low Pressure* (LP), dan dapat menggunakan tambahan *Reheater*.

Ada sejumlah faktor dalam memengaruhi kinerja HRSG, diantaranya laju massa dan gas buang, temperatur gas buang dan uap keluar turbin, tekanan dan komposisi gas buang dan air yang digunakan dalam HRSG, geometri pada HRSG dan kondisi turbin. Pendekatan efisiensi energi dan efisiensi eksergi dapat mengukur kinerja dari HRSG (Nordin and Majid, 2015). Laju perpindahan panas juga dapat memengaruhi efisiensi dari HRSG, semakin tinggi laju aliran panas maka semakin tinggi pula efisiensi HRSG. (Hendri, Prayudi and Roswati, 2018).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui efisiensi HRSG. Penurunan efisiensi energi HRSG terjadi pada HP dan LP HRSG. Dimana efisiensi

energi HP *Superheater* mengalami penurunan sebesar 1,12% dari 68,04% menjadi 66,92% setelah *commisioning* (Yohana and Kuscahyanto, 2010). Pada LP *Superheater* juga terjadi penurunan efisiensi energi sebesar 1,27% dari 7,82% menjadi 6,55% setelah *commisioning*. Penurunan tersebut disebabkan oleh isolasi dinding pipa HRSG, *plugging*, korosi, dan *diverter damper* (Yohana and Priambodo, 2012)

Analisis eksergi digunakan untuk mengidentifikasi penggunaan energi terhadap konsumsi energi aktual dan kehilangan energi. Penelitian mengenai efisiensi eksergi pernah dilakukan, dimana diperoleh hasil efisiensi eksergi sebesar 60.28%, efisiensi energi 47.679% dan laju destruksi eksergi 38.603 MW. Temperatur dan tekanan *ambient* dan laju aliran massa komponen HRSG adalah faktor dalam memengaruhi efisiensi eksergi, efisiensi energi dan laju destruksi. (Afrianto, Utomo and Kiono, 2015). Efisiensi eksergi turbin uap memiliki efisiensi tertinggi sebesar 92%. (Aliyu *et al.*, 2020).

Penggunaan bahan bakar berpengaruh terhadap efisiensi energi HRSG, bahan bahan bakar natural gas memiliki efisiensi HRSG lebih tinggi daripada yang menggunakan HSD (*High Speed Diesel*). Pada saat turbin gas beroperasi menggunakan bahan bakar natural gas, efisiensi energi yang dicapai sebesar 71,13% dan efisiensi termal sebesar 83,15%. Pada saat beroperasi menggunakan bahan bakar HSD efisiensi energi sebesar 70,26 % dan efisiensi termal sebesar 73,35% (Ramadhan, 2015).

Faktor *commisioning* juga berpengaruh terhadap efisiensi HRSG. Efisiensi HRSG sebelum *commisioning* sebesar 79,88% dan saat *commisioning* sebesar 93,31% dengan terjadi peningkatan nilai efisiensi saat *commisioning*, yaitu sebesar 13,43% (Yohana and Kuscahyanto, 2010). Sementara, efisiensi sesudah *commisioning* mengalami penurunan daripada saat *commisioning*. Efisiensi saat *commisioning* sebesar 89,71% dan rata-rata efisiensi setelah *commisioning* adalah 84.19% (Ilmar and Sandra, 2012). Faktor *cleaning* juga berpengaruh pada kinerja HRSG dimana efisiensi HRSG sesudah *cleaning* yang lebih baik daripada sesudah *cleaning*. (Tiasmoro and Noor, 2015).

Kinerja HRSG juga dapat dipengaruhi oleh *overhaul* pada turbin gas. Efisiensi HRSG meningkat sesudah *overhaul* karena pengaruh parameter yang dibutuhkan, seperti suhu *feedwater*, aliran massa gas buang, kemampuan beban, dan aliran massa uap yang dihasilkan. HRSG hanya mampu beroperasi pada beban rendah sebelum *overhaul* dari 50 MW sampai 100 MW, namun setelah *overhaul* mampu bekerja sampai dengan beban tinggi hingga 110 MW (Dewantoro Herlambang *et al.*, 2020).

Suhu lingkungan memengaruhi kinerja HRSG. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan suhu lingkungan pada masing-masing komponen HRSG mengalami fluktuatif, akan tetapi peningkatan suhu lingkungan menyebabkan peningkatan penyerapan panas oleh HRSG dan peningkatan suhu gas buang turbin (El-Badri *et al.*, 2012). Kinerja HRSG selama musim panas dapat ditingkatkan dengan melakukan ekstraksi pada uap HP *superheater* menuju HP evaporator untuk meningkatkan laju aliran massa uap. Dimana pada saat musim panas suhu lingkungan meningkat menyebabkan penurunan kinerja turbin gas dan menyebabkan kinerja HRSG buruk. Hasil didapat bahwa daya yang dihasilkan turbin uap meningkat dari 0,15 menjadi 0,9 MW (Moosazadeh Moosavi *et al.*, 2018). Peningkatan suhu gas buang dan aliran massa gas buang meningkatkan daya serap dan efisiensi sistem HP dan LP HRSG (Adumene and Lebele-Alawa, 2015). Dalam penelitian lain juga menunjukkan bahwa efisiensi HRSG mengalami penurunan saat beban turbin uap mencapai 75% (Najjar, Alalul and Abu-Shamleh, 2020).

Variasi beban turbin gas memengaruhi nilai efisiensi HP HRSG. Hasil efisiensi yang didapat pada beban 70 MW, 80 MW, 94 MW masing-masing sebesar 48,19%, 49,59%, 52,07%. Hasil ini menunjukkan semakin tinggi beban pada turbin gas maka semakin tinggi pula efisiensi pada HP HRSG karena panas yang dapat diserap oleh HRSG (Wahyono and Candra, 2020). Semakin tinggi beban turbin gas juga meningkatkan laju aliran massa air atau uap yang dapat dihasilkan (Elian and Dwiyantoro, 2017). Variasi beban turbin gas berpengaruh terhadap kinerja HRSG tipe *dual pressure*. Didapat bahwa semakin tinggi efisiensi turbin gas yang dioperasikan pada beban tinggi maka semakin rendah efisiensi HRSG karena

pengaruh jumlah gas bekas turbin gas yang mengalir ke HRSG. Semakin banyak gas bekas yang mengalir ke dalam HRSG maka efisiensi HRSG akan semakin besar (Aziz and Suwana, 2006).

Permasalahan yang terjadi adalah adanya perubahan pembebanan yang dilakukan PLTGU X, dimana perubahan tersebut memengaruhi kinerja dari tiap komponen lainnya khususnya HRSG Unit 4.2. Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian ini akan difokuskan pada pengaruh variasi beban turbin gas terhadap kinerja HRSG dengan tipe *triple pressure reheat* di Blok IV Unit 4.2 PLTGU X.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi beban turbin gas terhadap efisiensi energi dan eksergi HRSG?
2. Bagaimana pengaruh variasi beban turbin gas terhadap efisiensi masing-masing sistem HP, IP, LP, RH HRSG?
3. Bagaimana pengaruh variasi beban turbin gas terhadap penyerapan panas HRSG?
4. Bagaimana pengaruh temperatur gas buang masuk ke HRSG terhadap efisiensi siklus daya uap?
5. Bagaimana pengaruh temperatur gas buang masuk ke HRSG terhadap efisiensi eksergi *steam turbine*?
6. Bagaimana pengaruh variasi beban turbin gas terhadap *Heat Rate Transfer* HRSG?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh variasi beban turbin gas terhadap efisiensi energi dan eksergi HRSG.
2. Mengetahui pengaruh variasi beban turbin gas terhadap efisiensi masing-masing sistem HP, IP, LP, RH HRSG
3. Mengetahui pengaruh variasi beban turbin gas terhadap penyerapan panas HRSG.

4. Mengetahui pengaruh temperatur gas buang masuk ke HRSG terhadap efisiensi siklus daya uap
5. Mengetahui pengaruh temperatur gas buang masuk ke HRSG terhadap efisiensi eksersi turbin uap.
6. Mengetahui pengaruh variasi beban turbin gas terhadap *Heat Rate Transfer* HRSG

1.4 Batasan Masalah

Dalam suatu permasalahan diperlukan batasan-batasan agar fokus pembahasan tidak melebar dari inti permasalahan. Batasan-batasan ini didapatkan berdasarkan hasil studi literatur. Berikut ini merupakan batasan masalah yang ada dalam tugas sarjana ini:

1. Perhitungan efisiensi menggunakan data operasional yang di dapat dari unit 4.2 PLTGU X.
2. Kondisi operasi dalam keadaan *steady*.
3. Perubahan energi potensial dan energi kinetik diabaikan.
4. Komponen evaporator dianggap kalor laten.
5. Gas buang turbin dianggap gas ideal udara.
6. *Software* yang digunakan untuk membantu analisis adalah *Cycle Tempo Release 5.0*.

1.5 Manfaat

1. Bagi penulis sendiri dapat mengaplikasikan teori yang didapat selama perkuliahan untuk menganalisis perhitungan pada suatu pembangkit, khususnya mata kuliah sistem pembangkit tenaga, konversi dan konservasi energi, serta termodinamika.
2. Bagi perusahaan diharapkan dapat menjadi referensi tambahan dalam lingkup efisiensi pada HRSG.
3. Bagi pembaca diharapkan penelitian dapat memperkaya wawasan tentang PLTGU khususnya HRSG.

1.6 Sistematika Penelitian

Penelitian ini terusun atas lima bab dengan rincian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum penelitian yang dilakukan kepada pembaca. Bab ini meliputi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan dari masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan pustaka yang digunakan untuk memberikan pemahaman mengenai konsep-konsep dasar dan materi yang digunakan pada penelitian penulis. Pada bab ini menjelaskan sistem pembangkit listrik dengan siklus kombinasi gas dan uap, mencakup studi mengenai dasar pemahaman penggunaan HRSG dalam memanfaatkan gas buang PLTG, karakteristik, mekanisme, dan komponen yang berkaitan dengan HRSG dalam siklus kombinasi di PLTGU. Bahasan ini dituliskan pada bab kedua karena diharapkan pembaca dapat memperoleh informasi untuk memahami penjelasan pada bab-bab berikutnya.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tahap-tahap yang dilakukan penulis dalam menyelesaikan penelitian meliputi spesifikasi HRSG yang akan diuji, pengambilan dan pengolahan data, serta proses menghitung efisiensi.

BAB 4 HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisi hasil pengolahan data dan analisis terhadap hasil yang didapatkan ditinjau dari berbagai aspek.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisikan simpulan yang menyimpulkan seputar penelitian yang telah dilakukan dan juga beberapa saran untuk penelitian ini dalam rangka penyempurnaan atau aspek lain yang perlu ditinjau.