

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan ekonomi di Indonesia menyebabkan kebutuhan energi juga semakin meningkat baik di sektor bahan bakar maupun ketenagalistrikan. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) dalam *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia Final Edition* (2019) menjelaskan bahwa konsumsi energi listrik sebesar 234,618 TWh pada tahun 2018. Berdasarkan skenario BaU (*Business as Usual*) dalam *Outlook Energi Indonesia* (2019), pertumbuhan permintaan tenaga listrik diproyeksikan mencapai sekitar 576,2 TWh pada tahun 2025 dan 2.214 TWh pada tahun 2050 dengan laju permintaan tenaga listrik rata-rata sebesar 7% per tahun selama periode 2018-2050 (DEN, 2019). Untuk memenuhi target permintaan tersebut, diperlukan bauran energi yang merata dimana salah satunya berasal dari Energi Baru Terbarukan (EBT) yaitu panas bumi.

Indonesia memiliki cadangan panas bumi terbesar di dunia, yaitu sebesar 28.910 MW atau sekitar 40% dari energi total panas bumi dunia dan tersebar di 342 lokasi (Darma *et al*, 2010). Untuk mengoptimalkan pemanfaatan potensi tersebut. Pemerintah menyiapkan *roadmap* pengelolaan energi nasional yang dituangkan dalam Peraturan Presiden Nomor 22 tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), pengembangan energi panas bumi untuk pembangkit listrik diproyeksikan sebesar 7,2 GW pada tahun 2025 dan 17,6 GW pada 2050. Saat ini, potensi energi panas bumi di Indonesia yang termanfaatkan sebagai pembangkit listrik baru sebesar 1.948,30 MW yang terdapat pada 13 Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP) (KESDM, 2019).

Salah satu Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP) di Indonesia adalah dataran tinggi Kamojang yang dikelola oleh PT. Indonesia Power Kamojang POMU (*Power Generation and O&M Services Unit*). Total potensi energi panas bumi di Kamojang adalah sebesar 235 MWe (KESDM, 2017). Dataran tinggi Kamojang

memiliki jenis reservoir dengan dominasi uap dengan suhu reservoir berkisar antara 177 – 253,4°C (Laksminingpuri dan Martinus, 2013). Saat ini, PT Indonesia Power Kamojang POMU telah mengoperasikan 3 unit PLTP Kamojang yaitu unit 1,2 dan 3 secara konstan memproduksi listrik sebesar 142 MW untuk didistribusikan dengan jaringan interkoneksi Jawa-Bali. Uap yang digunakan untuk membangkitkan daya sebesar 142 MW tersebut disuplai oleh PT. Pertamina Geothermal Energy melalui 30 sumur produksinya dengan tekanan rata-rata 6,7-6,8 bar absolut (Adiprana dkk., 2015).

Selama beroperasi lebih dari 33 tahun, komponen-komponen pembangkit seperti turbin, generator, *condenser* dan *cooling tower* mengalami penurunan efisiensi dan efektifitas kinerjanya sehingga berakibat banyak terjadi kerugian (*losses*) selama proses konversi energi. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengevaluasi dan mengoptimalkan PLTP Kamojang Unit 3 dengan pendekatan termodinamika menggunakan analisis *exergy*. Yang mana *exergy* adalah kerja maksimum teoritis yang dapat digunakan untuk melakukan kerja, yang terdapat dari selisih antara sistem dan lingkungannya sehingga didapatkan keadaan yang setimbang dengan lingkungannya (Santoso dkk, 2012).

Metode analisis *exergy* merupakan metode analisis sistem termal yang mengkombinasikan antara hukum pertama dan kedua termodinamika. Hasil analisis dengan menggunakan metode ini akan memberikan gambaran yang sesungguhnya tentang besarnya kerugian dari suatu sistem, apa penyebabnya, dan dimana lokasinya sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan peningkatan kinerja sistem secara keseluruhan atau hanya pada komponen-komponennya (Dincer, 2002).

Pambudi *et al* (2014) melakukan analisis *exergy* dan optimasi sistem di PLTP Dieng dengan menghitung laju *exergy* pada masing-masing komponen dan optimasi dilakukan pada tekanan separator untuk mendapatkan kondisi yang optimal. Illah (2016) melakukan analisis *exergy* pada PLTP Kamojang Unit 2 dengan melakukan analisis pengaruh suhu lingkungan terhadap efisiensi *exergy* sistem dan komponen yang mengalami peningkatan secara signifikan adalah turbin uap. Musyarrofah

(2018) juga telah melakukan optimasi tekanan *wellhead* berdasarkan analisis *exergy* di PLTP Kamojang Unit 4 untuk mendapatkan tekanan *wellhead* yang optimal.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini membahas tentang analisis *exergy* pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) PT. Indonesia Power Kamojang POMU. Kajian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem pembangkit saat proses konversi energi serta melakukan simulasi pada *vacuum pressure direct-contact jet condenser* berdasarkan analisis yang telah dihitung. Hal ini untuk mengetahui besarnya *vacuum pressure* yang optimal untuk menghasilkan efisiensi *exergy* dan daya *output* yang maksimal.

1.2. Rumusan Masalah

Siklus Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi secara actual tidak akan pernah mencapai kondisi yang ideal. Hal ini disebabkan adanya irreversibilitas yang sesuai dengan Hukum Termodinamika ke II. Adanya pengaruh dari internal maupun pengaruh dari eksternal sistem menyebabkan terjadinya kerugian sistem (*losses*) sehingga terjadi pemusnahan energi yang berguna (*exergy destruction*) yang menyebabkan turunnya performansi sistem maupun subsistem. Sehingga rumusan masalah yang dapat diangkat dari penelitian ini antara lain:

- a. Bagaimana analisis energi dan *exergy* pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Kamojang?
- b. Bagaimana analisis efisiensi *exergy* sistem dan letak irreversibilitas terbesar pada sistem PLTP Kamojang?
- c. Bagaimana optimasi *vacuum pressure direct-contact jet condenser* terhadap efisiensi *exergy* dan daya keluaran PLTP?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai oleh peneliti dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan analisis energi dan *exergy* pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Kamojang.

- b. Melakukan analisis efisiensi *exergy* sistem dan mengidentifikasi letak terjadinya irreversibilitas terbesar pada komponen Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Kamojang.
- c. Melakukan optimasi *vacuum pressure direct-contact jet condenser* untuk menghasilkan efisiensi *exergy* dan daya keluaran yang maksimal.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini yang diharapkan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

- a. Sumber informasi serta rujukan bagi para praktisi, akademisi, maupun mahasiswa yang akan melakukan kajian analisis energi dan *exergy* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi sebagai upaya peningkatan efisiensi.
- b. Manfaat untuk PT. Indonesia Power UPJP Kamojang adalah sebagai sumber informasi mengenai besar, letak dan penyebab terjadinya *losses* energi pada sistem PLTP serta upaya-upaya yang dapat ditempuh untuk memperbaiki sistem tersebut, sehingga diharapkan dengan perbaikan sistem ini akan meningkatkan performa sistem PLTP dan memberikan keuntungan dari aspek finansial serta mempertahankan *reliability* dari pembangkit itu sendiri.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yang merupakan asumsi umum dari keadaan PLTP PT. Indonesia Power UPJP Kamojang yaitu:

- a. Penelitian dilakukan pada PLTP Kamojang Unit 3 dengan kapasitas terbangkit 55 MW.
- b. Penelitian difokuskan pada analisis energi dan *exergy* dari sistem PLTP.
- c. Kondisi sistem maupun subsistem diasumsikan pada keadaan *steady state*.
- d. Sistem maupun subsistem diasumsikan beroperasi tanpa memperhitungkan kerugian panas.
- e. Perubahan *exergy* kinetik, *exergy* potensial dan *exergy* kimia diabaikan.
- f. Mengabaikan adanya pengaruh *Non-Condensable Gas* dalam kinerja sistem.

- g. *Exergy losses* pada *exhaust demister* yang terdapat kondensat diabaikan karena kondensat akan dibuang ke *drain pit* apabila kondensat yang terdapat dalam *demister* melebihi batas levelnya, jadi *losses* tidak terjadi setiap saat.
- h. Uap panas bumi diasumsikan sama dengan uap air.
- i. Dianggap tidak ada kebocoran dalam sistem.
- j. *Exergy* pada MCWP, *primary pump*, serta motor penggerak *fan cooling tower* diabaikan.