

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi panas bumi dimanfaatkan untuk memanaskan ruangan dan air ketika musim dingin. Karena temperaturnya cukup tinggi, energi panas bumi dapat digunakan sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Saat ini terdapat tiga macam teknologi pembangkit panas bumi yang dapat mengkonversi panas bumi menjadi sumber daya listrik, yaitu *dry steam*, *flash steam*, dan *Organic Rankine Cycle (ORC)* atau *binary cycle*. Ketiga macam teknologi ini pada dasarnya digunakan sesuai dengan kondisi uap yang ada.

Secara umum sumber panas bumi suhu tinggi ($>220^{\circ}\text{C}$) adalah yang paling sesuai untuk produksi listrik. Sistem Uap kering dan *flash steam* adalah sistem yang banyak digunakan secara luas untuk memproduksi listrik dari sumber panas bumi suhu tinggi. Sistem uap kering menggunakan uap sumber panas bumi yang datang dari sumur produksi, dan mengalir secara langsung melewati turbin/generator untuk memproduksi listrik .

Sumber panas bumi suhu menengah, dimana temperatur berkisar antara $100-220^{\circ}\text{C}$, sampai sejauh ini jenis sumber panas bumi suhu menengah adalah yang paling umum ditemukan. Pembangkit listrik tipe *Binary cycle* adalah teknologi yang paling umum digunakan untuk sumber panas bumi suhu menengah. Ada banyak variasi dari pembangkit listrik tipe *Binary cycle* diantaranya adalah *Organic rankine cycle* dan *Kalina cycles*. Pembangkit listrik tipe *Binary cycle* berbeda dengan sistem uap kering dan *flash* sistem, air atau uap dari sumber panas bumi tidak secara langsung melewati turbin/generator. Pada pembangkit listrik tipe *Binary cycle* air dari sumber panas bumi digunakan untuk memanaskan fluida kerja. Fluida kerja tersebut akan menguap dan uap itu akan digunakan untuk menggerakkan turbin/generator. Air dari sumber panas bumi dan fluida kerja tidak secara langsung bercampur tetapi hanya dilewatkan ke alat penukar kalor. (Andry Vega N. 2015)

Binary Cycle Power Plant adalah teknologi yang tepat untuk memanfaatkan limbah panas atau lainnya energi panas yang belum dimanfaatkan terutama *Geo fluid* (150°C) *low temperature* atau yang disebut *Brine*. Didalam *Binary Cycle Power Plant* energi panas dari *Brine* atau *Geo fluid* dipindahkan melalui *Heat exchanger* ke fluida kerja yang digunakan dalam siklus *Rankine*. (Thomas C. Elliot. 1989)

Organic Rankine Cycle (ORC) adalah siklus uap yang dikembangkan dari siklus Rankine, siklus ini bekerja dengan fluida kerja organik seperti *silicon oil*, *hydrocarbon*, dan *fluocarbon*. Tapi yang umum digunakan adalah refrigerant. Dengan menggunakan bahan organik yang memiliki titik didih yang rendah. ORC dapat digunakan untuk mengekstrak energi dari sumber panas bertemperatur rendah. (M. Lukman Hakim. 2018)

Pada penelitian ini sumber panas yang digunakan yaitu *Brine/Geo fluid* atau fasa cair dari hasil separasi pada peralatan separator dari sumur pada pembangkit listrik tenaga panas bumi, karena pada teknologi di PLTP hanya fasa uap kering saja yang akan dimanfaatkan, sehingga fasa cair biasanya akan diinjeksikan kembali ke tanah. Pada sistem ORC ini fasa cair dari proses separasi dari sumur akan dimanfaatkan sebagai alat penukar kalor dengan fluida organik atau yang disebut *Binary cycle*.

Binary cycle dapat digunakan untuk memanfaatkan kembali kalor dengan suhu rendah yang terbuang dari siklus utama Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi untuk membangkitkan energi listrik kembali. Dengan suhu yang rendah ini menjadikan pemilihan fluida kerja dan desain alat penukar kalor yang akan digunakan pada *binary cycle* menjadi faktor penting dalam perancangan *binary cycle*. (Yohanes Suharsoyo. 2019)

Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai analisa termodinamika pada pembangkit listrik tipe *Binary cycle* dengan sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC) kapasitas 100 kw. Penulis menitikberatkan kepada perhitungan termodinamika dan analisa termal dari sistem ORC. Penulis ingin mengemukakan bagaimana perhitungan termodinamika pada sistem ORC yang saat ini sedang dalam tahap pengembangan oleh BPPT (Badan Pengkajian Penerapan Teknologi) yang sekarang telah berganti nama menjadi BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui prinsip kerja dan menghitung serta menganalisa termodinamika pemanfaatan kalor temperatur rendah (*low temperature*) yang di dapat dari *Waste energy thermal* menggunakan fluida kerja n-Pentane pada pembangkit listrik tipe *Binary cycle* dengan sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC) kapasitas 100 kw yang sedang dikembangkan oleh BRIN.

1.3 Metodologi penulisan

Dalam penelitian Tugas akhir ini penulis menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

- Survey lapangan yakni berupa peninjauan langsung ke lokasi tempat pengambilan data di Pembangkit listrik sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC) kapasitas 2kw milik B2TKE BRIN, untuk dilakukan pengamatan dalam proses mendesain sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC) kapasitas 100kw.
- Studi literatur yakni berupa studi kepustakaan, kajian dari buku dan tulisan-tulisan yang terkait dengan penulisan tugas akhir.
- Metode diskusi yakni berupa diskusi antara mahasiswa dengan dosen pembimbing mengenai sistem kerja *Organic Rankine Cycle* (ORC) dan komponen pendukungnya.

1.4 Pembatasan masalah

Pada penulisan tugas akhir ini penulis menitikberatkan batasan masalah antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimana prinsip kerja dan fungsi komponen-komponen utama dari pembangkit listrik tipe *Binary cycle* dengan sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC)
2. Fluida kerja yang digunakan adalah n-Pentane
3. Perhitungan termodinamika dan analisa efisiensi termal dalam pembangkit listrik tipe *Binary cycle* dengan sistem ORC
4. Tidak mengkaji analisa ekonomi (*cost*) dan material atau bahan peralatan dalam pembangkit listrik tipe *Binary cycle* dengan sistem ORC

1.5 State of the art

- M. Lukman Hakim melihat, Sistem ORC yang digunakan sebagai dasar perancangan turbin menggunakan fluida kerja R-141b mempunyai efisiensi sebesar 8.122%. Turbin yang didesain adalah jenis impuls dengan putaran 3000rpm menggunakan satu nozzle dengan diameter 3,798 mm dan diameter cakram sebesar 286,496 mm dengan $Z=56$ buah, $l=7.798\text{mm}$, $b=20\text{mm}$, $s=0.2\text{mm}$, $R=10.590\text{mm}$, $r=4.87\text{mm}$, dan $t=16.064\text{mm}$. Hasil simulasi numerik sudu model 1 dengan nilai $\alpha=16^\circ$, $\beta_1 - \beta_2=3^\circ$ menghasilkan daya yang paing besar dibandingkan model sudu yang lainnya. Daya yang dihasilkan sebesar 5,267.39 Watt.
- Constante M. Invernizzi dkk melakukan penelitian, Terkait stabilitas termal dari representasi fluida kerja yang digunakan sebagai fluida kerja pada sistem *Organic Rankine Cycle* diantaranya adalah n-Pentane, Cyclopentane, dan Toluene. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode '*Static one*', berdasarkan dari data tekanan selama fluida kerja yang digunakan dalam temperatur konstan dan pada pengukuran terhadap perbedaan dalam tekanan uap terhadap perbandingan dengan referensi nilai dari fluida pemanas. Prosedur yang dipakai relative sederhana dan dapat diterapkan pada fluida lainnya, dan hasilnya sangat signifikan dalam perbandingan dan klasifikasi relative kerja fluida sehubungan dengan stabilitas termal mereka. Mengenai ketiga hidrokarbon yang diteliti, hasil Cyclopentane secara termal sangat stabil : pada 350°C , setelah delapan puluh jam, tingkat dekomposisi sekitar dua puluh kali lebih rendah dari nilai yang sesuai untuk n-Pentane. Sampel Toluene tetap menjadi sangat stabil pada temperatur yang lebih tinggi, menegaskan aplikasi potensial dalam apa yang disebut *high temperature rankine cycle*, pada 400°C laju dekomposisi sama dengan n-Pentane pada 315°C , dan Cyclopentane pada 375°C .
- Bambang Teguh.P melihat, *Binary Cycle Power Plant* adalah teknologi yang menguntungkan dalam memanfaatkan limbah dari energi panas yang ada. Di pembangkit ini, energi panas dari *Brine* ditransfer melalui *Heat exchanger* melalui fluida kerja untuk digunakan dalam siklus *rankine* yang konvensional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan energi panas yang tidak

terpakai pada sistem konvensional, dalam upaya meningkatkan efisiensi pada pembangkit listrik tenaga panas bumi yang utama. Dari analisa desain, turbin yang digunakan adalah *single-stage impulse* dengan lima *nozzle* konvergen, diameter rotor 382,3 mm, 60 *blades*, tinggi *blades* 16,5 mm, dan lebar 10 mm. turbin ini dirancang untuk beroperasi di 3000 rpm, dan 65,6% efisiensi turbin. Uji turbin dilakukan dengan menggunakan sistem 2 kw milik BRIN dari pembangkit listrik tipe *Binary cycle*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa turbin menghasilkan daya 1,2 kw berhasil. Ini 8,5% lebih rendah dari efisiensi desain asli oleh karena itu masuk akal turbin dirancang dengan baik.

- Rony melihat, melakukan eksperimen sistem ORC dengan menggunakan fluida kerja R-123. penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan *flow rate* aliran fluida kerja mulai dari *flow rate* 2 GPM- 4 GPM dengan penurunan setiap 0,5 GPM. Daya turbin maksimal yang dihasilkan sebesar 5849 watt dengan efisiensi thermal sebesar 9,1%. efisiensi thermal yang paling besar 9,5% pada *flow rate* 2,5 GPM
- Onur Kardas melihat, melakukan eksperimen sistem *Organic Rankine Cycle* dengan *Recuperative cycle*. Terdapat 13 fluida kerja yang disimulasikan yang mempertimbangkan sifat fisik dan termodinamika, aspek lingkungan dan keamanan. Dari ke 13 fluida tersebut didapatkan 4 jenis fluida yang dipilih untuk analisa lebih lanjut diantaranya R134a, R141b, R245ca, dan R245fa. Efisiensi maksimum siklus ORC sederhana didapatkan sebesar 8,66% sementara untuk siklus dengan recuperator sebesar 9,18%.
- Otong Nurhilal dkk melihat, *Brine* dengan *grade* temperatur rendah dapat di konversikan secara tidak langsung menjadi energi listrik dengan sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC). di pembangkit listrik sistem ORC, uap dilepaskan dari penguapan fluida organik dengan sumber panas dari *brine*. Uap yang dikeluarkan digunakan untuk menggerakkan turbin yang disambungkan ke generator untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah simulasi pembangkit listrik dengan sistem ORC menggunakan fluida kerja n-Pentane. Hasil simulasi dari temperatur *brine* sekitar 165°C dan tekanan 8,001 bar. Diperoleh daya listrik bersih sekitar 1173 KW dengan efisiensi termal siklus 14,61% dan laju alir n-

Pentane sekitar 15,51 kg/s. hasil ini memungkinkan untuk diterapkan disemua sumber Panas Bumi di Indonesia.

1.6 Sitematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan laporan tugas akhir ini penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, metodologi penulisan, batasan masalah, *state of the art*, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan tentang teori-teori dan persamaan-persamaan yang mendasari perumusan masalah, siklus kerja, dan komponen-komponen utama *Binary Cycle Power Plant* dengan sistem *Organic Rankine Cycle*.

BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang diagram alir, metodologi penelitian, penjelasan diagram alir penelitian tugas akhir/skripsi.

BAB 4 : PERHITUNGAN DAN ANALISA

Bab ini memuat tentang perhitungan efisiensi termal dan analisa termodinamika terhadap desain pembangkit listrik tipe *Binary Cycle* dengan sistem *Organic Rankine Cycle*.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisi hasil dari analisis yang telah penulis lakukan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN