

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan teknologi dan industri, permintaan manusia akan gaya hidup dan tingkat konsumsi energi terus bertambah pesat. Untuk memenuhi permintaan tersebut, berbagai perusahaan di belahan dunia mulai menggunakan bahan bakar fosil seperti, tambang, batu bara, minyak, dan gas alam. Tingkat pemakaian energi fosil dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, dan kenaikan emisi gas rumah kaca, yang tentunya hal ini membuat iklim dunia menjadi tidak stabil [1]. Menurut Direktur Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi (EBTKE) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2018), energi fosil kian menipis. Data menunjukkan bahwa ketersediaan batu bara hanya berada di angka 7.3-8.3 miliar ton dan diprediksi akan habis pada tahun 2026 [2]. Penggunaan energi fosil secara terus menerus akan mengakibatkan cadangan energi semakin menipis dan lingkungan semakin tercemar oleh gas beracun seperti CO₂, CO, SO₂, NO_x.

Sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi konsumsi energi fosil yang besar dan juga dampak kerusakan lingkungan, para peneliti telah berhasil mengembangkan siklus kompresi uap dan absorpsi. Siklus refrigerasi absorpsi adalah sistem pendingin yang menggunakan prinsip berbeda dari AC atau kulkas konvensional yang biasa digunakan. Sistem ini tidak memerlukan kompresor mekanik, melainkan memanfaatkan energi panas sebagai penggerak utamanya [3]. Teknologi sistem refrigerasi kompresi uap dan absorpsi memberikan peluang penghematan konsumsi energi fosil dan konservasi lingkungan melalui penggunaan energi sumber panas (termal) yang berasal dari energi panas buang (*waste heat energy*) dan energi terbarukan [4].

Siklus kompresi uap menjadi siklus yang banyak digunakan dalam pengembangan teknologi seperti *air conditioning*, *freezer*, pendingin transportasi, *chiller*, dan lainnya. Beberapa parameter yang ditentukan untuk mengetahui kinerja siklus kompresi uap, seperti, kapasitas pendinginan, kapasitas pemanasan, daya kompresi, koefisien kinerja dan faktor kinerja. Oleh karena itu, efisiensi yang dihasilkan siklus kompresi

uap lebih besar dari siklus absorpsi. Namun, sistem kompresi uap menggunakan jenis refrigeran yang berbahaya seperti *hlorofluorocarbons* (CFCs) dan *hydrochlorofluorocarbons* (HCFCs). Selain itu, penggunaan kompresi tentunya memakan konsumsi energi yang besar, sehingga sistem ini dapat menyebabkan efek rumah kaca, menipisnya lapisan ozon, dan pemanasan global [5].

Inovasi teknologi terus mengalami perkembangan dalam menemukan solusi alternatif yang lebih baik bagi kehidupan, seperti tidak merusak lingkungan, pengurangan emisi gas rumah kaca, dan pemanasan global [6]. Sistem refrigerasi absorpsi adalah salah satu jenis sistem refrigerasi yang dapat memanfaatkan panas dari sel fotovoltaik matahari dan juga panas buang dari sisa pembakaran [7]. Sistem refrigerasi absorpsi memiliki beberapa kelebihan, yaitu tingkat konsumsi energi dan biaya yang rendah dari sistem kompresi uap.

Siklus refrigerasi absorpsi umumnya menggunakan larutan H_2O -LiBr dan NH_3 - H_2O sebagai fluida kerja yang menjadikan sistem yang paling sederhana dari teknologi absorpsi. Siklus ini menggunakan empat komponen utama, yaitu generator, kondensor, evaporator, dan absorber. LiBr- H_2O dan NH_3 - H_2O merupakan jenis larutan yang paling sering digunakan dalam sistem refrigerasi absorpsi.

Pada larutan LiBr- H_2O , LiBr berfungsi sebagai penyerap (absorber) dan H_2O berfungsi sebagai refrigeran. Hal ini dikarenakan H_2O memiliki titik didih yang lebih rendah dibandingkan LiBr. Berdasarkan hasil penelitian Guozhen Xie mengenai performa absorben dari *chiller* absorpsi menggunakan LiBr- H_2O menunjukkan bahwa kapasitas pendinginan memiliki nilai sebesar 52,5%-58,5% dan COP berada di angka 57% [8].

Selain dipengaruhi oleh jenis larutan, parameter komponen juga berpengaruh terhadap nilai COP dan kapasitas pendinginan sistem refrigerasi absorpsi. Salah satu komponen dalam sistem refrigerasi absorpsi adalah pompa gelembung. Pompa gelembung adalah sebuah pompa fluida yang memanfaatkan energi termal untuk memindahkan larutan dari titik rendah ke titik yang tinggi [9]. Pompa gelembung berbeda dengan pompa mekanis umumnya, dimana pompa gelembung adalah teknologi hemat energi karena hanya memanfaatkan panas untuk menggerakkan

cairan. Siklus dan kinerja pompa gelembung bergantung pada komponen pompa, sifat fluida kerja, dan panas yang diberikan.

Dalam siklus refrigerasi absorpsi, generator mendapatkan masukan panas dari luar yang selanjutnya akan memanaskan larutan. Kapasitas panas yang diberikan generator haruslah cukup untuk memastikan bahwa ketika larutan refrigeran telah mencapai titik didih nya, bisa mencapai titik menjadi gelembung dengan aliran yang stabil. Posisi generator biasanya berada di bagian bawah tabung pompa, untuk memastikan transfer panas langsung dan efisien ke cairan. Generator merupakan jantung dari pompa gelembung, yang menyediakan energi panas yang diperlukan dan menjaga sirkulasi larutan dalam sistem.

Terdapat beberapa penelitian eksperimen pompa gelembung yang telah diteliti oleh beberapa peneliti mengenai masukan temperatur inlet generator terhadap kinerja pompa gelembung [10] [11] [12]. Jakob U. melakukan simulasi dan eksperimen mengenai mesin pendingin absorpsi menggunakan $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ dengan kapasitas mesin 1,6 kW. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur inlet generator, kapasitas evaporator melakukan kerja juga semakin besar, namun berbanding terbalik dengan nilai COP yang semakin turun [10].

Jakob U. juga membuat penelitian mengenai eksperimen performa pompa gelembung $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ menggunakan solar panel kapasitas 2,5 kW untuk mesin pendingin absorpsi. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi nya temperatur inlet generator, laju aliran volume larutan lemah NH_3 semakin turun aliran nya. Namun berbanding terbalik dengan laju aliran massa dalam bentuk gas NH_3 yang semakin besar nilai nya [11]. Penelitian yang dilakukan A. Zohar mengenai performa hubungan generator dan pompa gelembung dalam siklus refrigerasi absorpsi difusi. Peneliti membuat tiga model prototipe konfigurasi generator dan pompa gelembung, diantaranya generator dan pompa gelembung yang terpisah, dan tergabung satu komponen. Hasil menunjukkan bahwa COP yang dihasilkan pada komponen yang digabung memiliki nilai yang tertinggi, menjadikannya yang paling efisien[12].

Berdasarkan latar belakang masalah diatas dan penelitian pompa gelembung masih tergolong sedikit, dikarenakan beberapa penelitian berfokus pada semua komponen sistem refrigerasi absorpsi dan banyaknya eksperimen menggunakan larutan $\text{NH}_3\text{-}$

H₂O. Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis berfokus melakukan penelitian analisa pengaruh variasi temperatur generator terhadap laju aliran pada pompa gelembung untuk sistem refrigerasi absorpsi dengan refrigeran H₂O dalam tekanan vakum.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah, yaitu :

1. Diperlukan material yang anti bocor pada setiap komponen agar sistem dapat bekerja secara vakum.
2. Untuk mencapai perubahan cairan refrigeran menjadi gelembung, faktor temperatur inlet dan *submergence ratio* sangat berpengaruh terhadap larutan agar sesuai dengan kapasitas pendingin yang diinginkan.
3. Diperlukan analisis terkait pengaruh masukan panas dan rasio kerendaman terhadap kinerja pompa gelembung berupa laju aliran pada sistem pendingin absorpsi dengan refrigeran H₂O .

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Perancangan hanya berfokus pada komponen pompa gelembung terutama variasi temperatur inlet generator dan *submergence ratio*.
2. Perhitungan, perancangan dan analisis menggunakan program Microsoft Excel, RefProp, dan Origin Lab.
3. Diameter tabung pompa gelembung adalah tetap.
4. Larutan yang digunakan adalah H₂O (Aquades).

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan penelitian pompa gelembung, maka rumusan masalah yang ingin diteliti adalah bagaimana pengaruh variasi temperatur inlet generator dan *submergence ratio* mempengaruhi laju aliran massa larutan dan bagaimana karakteristik aliran yang terbentuk untuk sistem pendingin absorpsi refrigeran H₂O?

1.5 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini diantaranya :

1. Mengetahui pengaruh variasi temperatur generator dan *subbmergence ratio* terhadap laju aliran massa pada pompa gelembung.
2. Mengetahui pengaruh variasi temperatur generator dan *submergence ratio* terhadap *lifting ratio*.
3. Mengetahui karakteristik aliran yang terbentuk pada masing-masing pengujian pompa gelembung.

1.6 Manfaat Penelitian

Sebagai peran nyata dalam pengembangan teknologi khususnya di bidang konversi energi, maka penulis berharap dapat mengambil manfaat dari penelitian pada tugas akhir ini, diantaranya yaitu:

1. Sebagai bahan literatur untuk pengembangan eksperimen lebih lanjut mengenai pompa gelembung
2. Sebagai informasi bagi teknisi yang ingin mengaplikasikan pompa gelembung
3. Mendukung penelitian bagi peneliti dalam peningkatan kinerja pompa gelembung

Intelligentia - Dignitas