

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mobil merupakan salah satu alat transportasi yang sering kita jumpai di DKI Jakarta. Seiring berjalannya waktu terjadi peningkatan jumlah unit kendaraan bermotor khususnya mobil penumpang di DKI Jakarta. DKI Jakarta merupakan provinsi dengan jumlah unit mobil penumpang terbanyak kedua [1]. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta, Terdapat 3.766.059 unit mobil penumpang pada tahun 2022 yang meningkat dari 2.827.399 pada tahun 2017. Peningkatan tersebut sebesar 33% dengan kenaikan tahunan sebesar 5% [2]. Peningkatan jumlah mobil di DKI Jakarta dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah persepsi kenyamanan terhadap penggunaan mobil [3].

Kenyamanan menjadi hal penting bagi manusia, terutama saat berada dalam ruang tertutup. Kenyamanan termal merupakan salah satu aspek kualitas kenyamanan dalam ruang tertutup [4]. Kenyamanan termal dipengaruhi oleh temperatur udara, kelembaban udara, dan aliran udara pada lingkungan [5]. Menurut *American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers*, kenyamanan termal didefinisikan sebagai suatu kondisi pikiran dalam menggambarkan kepuasan terhadap lingkungan termal [6]. Kenyamanan termal sering dikaitkan dengan kesetimbangan panas, dimana kesetimbangan panas merupakan kondisi tubuh saat panas yang dihasilkan sebanding dengan panas yang dikeluarkan dari tubuh [7].

Saat mobil diparkir pada ruang terbuka saat siang hari akan terpapar oleh sinar matahari. Paparan sinar matahari tersebut lama kelamaan akan terjebak ke dalam kabin mobil. Terjebaknya sinar matahari di dalam kabin mobil mengakibatkan terjadi peningkatan temperatur udara di dalam kabin mobil. Penelitian terkait peningkatan temperatur didalam kabin mobil pada mobil yang terparkir di siang hari telah banyak dilakukan [8][9][10]. Peningkatan temperatur udara di dalam kabin mobil dapat mencapai 20-30 °C lebih tinggi daripada temperatur udara sekitar [9]. Bahkan pada penelitian yang dilakukan oleh sukarno et al [11], temperatur kabin mobil mencapai 52,6°C. Temperatur udara sangat bervariasi tergantung pada

kondisi cuaca dan waktu dalam setahun. Pada hari yang cerah di musim panas, kabin mobil memiliki nilai temperatur tertinggi dengan nilai rata-rata  $68^{\circ}\text{C}$  [10]. Kondisi tersebut dapat menyebabkan ketidaknyamanan termal, kerusakan pada kompartemen mobil, masalah kesehatan, dan ancaman kematian bagi penumpang/hewan peliharaan [12]. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alternatif dalam menurunkan temperatur lingkungan kabin mobil saat terparkir di ruang terbuka, salah satunya dengan menggunakan sistem pendingin pasif yaitu sistem pendingin absorpsi.

Sistem pendingin absorpsi merupakan salah satu jenis dari sistem pendingin yang hemat energi karena dapat memanfaatkan panas matahari maupun panas buang sebagai sumber tenaga utama. Sistem pendingin absorpsi disebut juga sebagai siklus yang beroperasi dengan menggunakan kalor (heat-operated cycle). Selain itu, sistem pendingin absorpsi juga menggunakan fluida kerja (refrigeran) yang ramah lingkungan tanpa potensi pemanasan global maupun penipisan ozon. Fluida kerja yang digunakan terdiri dari dua jenis (pasangan) zat yang berbeda yang berfungsi sebagai penyerap (absorber) dan refrigeran (refrigerant). Terdapat beberapa pasangan absorber dan refrigeran yang sering digunakan, yaitu pasangan  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  dan  $\text{H}_2\text{O-LiBr}$  [13][14].

Pada pasangan amonia dengan air, amonia ( $\text{NH}_3$ ) berperan sebagai refrigeran dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) sebagai absorber. Pasangan  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  biasanya digunakan pada aplikasi pendinginan ( $<0^{\circ}\text{C}$ ) dikarenakan memiliki titik beku yang sangat rendah ( $-77^{\circ}\text{C}$  pada 1atm). Amonia memiliki sifat termodinamika dan termofisika yang luarbiasa sebagai refrigeran. Penggunaan pasangan  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  memungkinkan sistem absorpsi beroperasi pada temperatur pembuangan panas yang tinggi, sehingga sistem dapat didinginkan udara. Namun Pasangan  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  membutuhkan temperatur aktivitas tinggi ( $>110^{\circ}\text{C}$ ) untuk menjaga kapasitas pendinginan refrigeran pada temperatur penguapan rendah yang diinginkan. Selain itu, karena perbedaan titik didih yang kecil antara amonia dan air, amonia dan air mendidih dari larutan dalam generator sehingga membutuhkan komponen tambahan seperti *rectification column*, *dephlegmator*, and *sub-cooling heat exchanger*. Pasangan  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  bekerja pada tekanan yang jauh lebih tinggi

daripada tekanan atmosfer dan juga, tidak seperti air pendingin, amonia beracun, mudah terbakar, dan memiliki perilaku korosi terhadap tembaga dan paduannya. Sedangkan, pada pasangan lithium bromida dengan air, air ( $H_2O$ ) berperan sebagai refrigeran dan lithium bromide ( $LiBr$ ) sebagai absorber. Pasangan  $H_2O-LiBr$  hanya digunakan untuk menghasilkan efek pendingin udara (air conditioning) ( $>0^\circ C$ ) karena titik beku air (refrigeran) ( $0^\circ C$  pada 1atm). Pasangan  $H_2O-LiBr$  memiliki kinerja sistem pada temperatur aktivasi yang lebih rendah daripada kinerja sistem pasangan  $NH_3-H_2O$ , yang mana menjadikan kinerja sistem pasangan  $H_2O-LiBr$  lebih baik dan membuat pasangan  $H_2O-LiBr$  lebih cocok untuk pendinginan tenaga surya. Selain itu, nilai COP sistem pendingin absorpsi pasangan  $H_2O-LiBr$  selalu lebih baik daripada pasangan  $NH_3-H_2O$ . Fakta bahwa  $LiBr$  adalah garam (non-volatile) dengan afinitas yang besar terhadap air memiliki volatilitas yang rendah, aksi korosif yang rendah, dan dapat beroperasi pada tekanan rendah (dibawah tekanan vakum) serta menjadikan sistem absorpsi pasangan  $H_2O-LiBr$  untuk beroperasi tanpa memerlukan komponen tambahan seperti *refrigerant vapour rectifier*. Hal tersebut menjadikan pasangan  $H_2O-LiBr$  lebih disukai dari pada pasangan  $NH_3-H_2O$  [15][16][17].

Namun demikian, penggunaan air sebagai refrigeran menyebabkan evaporator dan absorber harus dioperasikan dalam kondisi vakum, yang mana menghasilkan volume spesifik uap tinggi sehingga berakibat pada komponen yang lebih besar [15]. Sistem pendingin absorpsi yang menggunakan pasangan  $H_2O-LiBr$  secara substansial digunakan dalam sistem pendingin berkapasitas sedang dan besar yang dipasangkan pada gedung-gedung [17]. Terdapat beberapa penelitian pada sistem pendingin absorpsi  $H_2O-LiBr$  yang dipasang pada gedung yang diteliti oleh para peneliti [18][19][20][21]. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Yusuf [18], Yusuf melakukan analisa performa pada sistem pendinginan absorpsi  $H_2O-LiBr$  yang menggunakan energi panas matahari di sebuah bangunan perkantoran. Serupa dengan penelitian tersebut, Nurochman et al. [19] melakukan analisa performa sistem pendingin absorpsi  $H_2O-LiBr$  di gedung sanggar ksatria liema bogor. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh El Haj Assad et al. [20] membahas perfoma kerja sistem pendingin absorpsi  $H_2O-LiBr$  dengan memanfaatkan tenaga panas bumi yang akan diimplementasikan pada bangunan

perumahan. Sedangkan, penelitian yang dilakukan oleh Suntoro et al [21], membahas tentang potensi panas buang pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) sebagai sumber tenaga untuk sistem pendingin absorpsi H<sub>2</sub>O-LiBr yang akan digunakan pada ruangan gedung sekitar PLTG, serta menentukan kapasitas dan konfigurasi sistem pendingin absorpsi yang akan digunakan. Disisi lain, penelitian terkait sistem pendingin absorpsi H<sub>2</sub>O-LiBr pada mobil diteliti oleh Soliman et al [22], penelitian tersebut membahas tentang desain generator sistem pendingin absorpsi H<sub>2</sub>O-LiBr menggunakan PCMs yang ditenagai oleh panas buang mobil dan analisa performa kerja sistem pendingin absorpsi dengan variasi kecepatan mesin mobil.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas dan sedikitnya penelitian terkait mesin pendingin absorpsi H<sub>2</sub>O-LiBr untuk kabin mobil yang sedang terparkir. Terutama kurangnya penelitian tentang perencanaan dan perancangan mesin pendingin absorpsi H<sub>2</sub>O-LiBr. Oleh karena itu, pada penelitian ini berfokus pada analisa secara termodinamika dan mendesain mesin pendingin absorpsi H<sub>2</sub>O-LiBr agar dapat diaplikasikan pada kabin mobil yang terparkir dengan menggunakan sebuah *software* pada laptop. Penelitian ini bertujuan agar dapat mendesain sistem pendingin absorpsi H<sub>2</sub>O-LiBr berukuran kecil agar bisa digunakan pada mobil untuk menurunkan temperatur udara dalam kabin mobil sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.

## 1.2 Identifikasi Masalah

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

1. Kenaikan temperatur udara pada kabin mobil yang terparkir disiang hari berkisar 20-30°C dari temperatur lingkungan.
2. Dibutuhkan sistem pendingin pasif yang dapat menurunkan temperatur pada kabin mobil yang sedang terparkir di ruang terbuka.
3. Sistem pendingin absorpsi NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O bekerja pada tekanan yang jauh lebih tinggi daripada tekanan atmosfer dan memiliki sifat beracun, mudah terbakar, dan perilaku korosif terhadap tembaga dan paduannya.

4. Sistem pendingin absorpsi H<sub>2</sub>O-LiBr menggunakan refrigeran yang ramah lingkungan tanpa potensi pemanasan global maupun penipisan ozon, memiliki nilai COP yang lebih baik, cocok untuk pendinginan tenaga surya, memiliki volatilitas yang rendah, aksi korosif yang rendah, dan dapat beroperasi pada tekanan rendah (dibawah tekanan vakum). namun membutuhkan komponen berukuran besar.
5. Belum ada analisa termodinamika dan desain sistem pendingin absorpsi H<sub>2</sub>O-LiBr dalam ukuran yang kecil / portabel.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Perhitungan, perancangan dan analisis termodinamika menggunakan program *Engineering Equation Solver (EES)*.
2. Pada analisa termodinamika, gaya gesek maupun rugi-rugi lain pada saluran penghubung (pipa-pipa) antar komponen utama diabaikan.
3. Perancangan berfokus hanya pada empat komponen utama, yaitu: generator, kondensor, evaporator, dan absorber.
4. Dalam perhitungan tidak disertakan faktor biaya.

### 1.4 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang yang disampaikan, maka akan muncul permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa kalor yang dibutuhkan setiap komponen pada sistem pendingin absorpsi yang dirancang?
2. Berapa nilai COP pada sistem pendingin absorpsi yang dirancang?
3. Bagaimana pengaruh temperatur keluar generator terhadap nilai COP pada sistem pendingin absorpsi yang dirancang
4. Bagaimana desain mesin pendingin absorpsi tersebut?

### 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini diantaranya:

1. Merencanakan sistem pendingin absorpsi secara termodinamika untuk mengetahui kalor yang dibutuhkan setiap komponen.
2. Menghitung nilai COP pada sistem pendingin absorpsi yang dirancang.
3. Menganalisa pengaruh variasi temperatur keluar generator terhadap nilai COP pada sistem pendingin absorpsi yang dirancang.
4. Mendesain komponen-komponen mesin pendingin sistem absorpsi H<sub>2</sub>O-LiBr.

### 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 literatur pada penelitian yang sejenis mengenai pengembangan teknologi khususnya di sistem pendingin absorpsi.
2. Sebagai informasi bagi pengembangan sistem pendingin absorpsi pada mobil.
3. Sebagai informasi penting untuk meningkatkan pengetahuan bagi peneliti dalam bidang terkait.