

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pemanasan global menjadi salah satu masalah utama yang perlu diperhatikan karena dapat meningkatkan suhu di permukaan bumi, hal ini terjadi karena sinar matahari yang masuk ke bumi berubah menjadi energi panas matahari dan diserap oleh gas rumah kaca seperti CO₂, CH₄, N₂O, dan CFC (Aisyah dkk., 2022). (Pratama & Parinduri, 2019) menjelaskan bahwa 29% energi matahari akan dipantulkan dari atmosfer, 20% akan diserap gas-gas di atmosfer, dan sisanya sebesar 51% akan sampai ke permukaan bumi.

(Schulze & Langenberg, 2014) menjelaskan bahwa akibat suhu lingkungan melebihi batas kenyamanan termal, maka penggunaan *air conditioner* (AC) pada bangunan terus meningkat. Peningkatan sarana dan pra sarana seperti itu terus dilakukan untuk meningkatkan kenyamanan manusia dalam beraktifitas (Tri Harso Karyono, 2015). Hal ini diperkuat dengan penelitian yang menjelaskan bahwa pengembangan *heating, ventilating, and air conditioning system* atau disebut sistem HVAC dapat memberikan kenyamanan disebuah bangunan. (Sukarno, Putra, Hakim, dkk., 2021)

Sistem HVAC itu sendiri adalah sistem pengkondisian udara yang berfungsi untuk mengatur temperatur lingkungan pada ruangan tertutup seperti pada bangunan atau sebuah ruangan (Husodo & Br. Siagian, 2014). Selain itu sistem HVAC juga cocok dalam mengatur kelembapan, pola aliran udara, dan kualitas udara (Tomasoa dkk., 2022). Namun akibat dari perbedaaan tingkat kenyamanan antar individu membuat sistem HVAC mengalami perubahan pola beban yang dapat berakibat pada energi yang digunakan semakin tinggi (Chandra dkk., 2020). Hal ini diperkuat dengan data statistik pada tahun 2021 yang menunjukkan konsumsi energi listrik yang mencapai 87,53% (Kementrian ESDM dkk., 2021)

(S. V. KONEV, 1995) dalam (Sugita, 2017) menjelaskan bahwa penggunaan *heat pipe* untuk pemulihan panas dapat meningkatkan efisiensi sistem termal seperti HVAC sehingga mengurangi konsumsi energi. *Heat pipe* merupakan perangkat dengan konduktivitas termal sangat tinggi yang memungkinkan melakukan

perpindahan panas dalam jumlah yang besar secara cepat dan penurunan temperatur relatif kecil (Sugita, 2014). Kinerja *heat pipe* pada sistem HVAC dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti *filling ratio*, fluida kerja, dimensi pipa, dan lain sebagainya (Setyawan dkk., 2022).

Beberapa studi tentang pengaruh parameter desain, analisis eksperimental, dan analisis numerik terhadap kinerja termal *heat pipe* yang dapat mengurangi konsumsi energi pada sistem HVAC telah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Abdulshaheed dkk., 2021) tentang pengaruh *filling ratio* terhadap kinerja *heat pipe*. Pada penelitian tersebut *filling ratio* divariasikan sebesar 3, 5, 10, dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saat *heat pipe* kurang terisi akan terjadi kekeringan yang tinggi pada bagian masukan panas atau evaporator. Sedangkan pada saat terjadi pengisian berlebih, fluida kerja dibagian evaporator akan berdampak buruk pada kinerja termal. Maka *filling ratio* yang optimal pada penelitian tersebut terjadi saat *filling ratio* dioperasikan sebesar 5% karena fluida kerja menutupi dinding evaporator pada saat kondisi pengujian. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Rochman Fachrudin, 2018) memvariasikan fluida kerja pada *thermosyphon* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja termal *thermosyphon*. Dimana dalam penelitiannya, *thermosyphon* yang memiliki prinsip kerja yang sama dengan *heat pipe* menggunakan fluida kerja air, aseton, metanol, dan etanol. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa fluida kerja aseton menghasilkan tahanan termal terendah, hal ini dikarenakan fluida kerja aseton memiliki titik didih terendah dibandingkan fluida kerja lainnya. Hasil lain penelitian tersebut menunjukkan bahwa titik didih pada fluida kerja mempengaruhi kinerja *thermosyphon*, dimana semakin rendah titik didih fluida kerja maka semakin cepat *thermosyphon* bekerja menghantarkan panas dari evaporator ke kondenser.

Penelitian terdahulu, (Putra dkk., 2017) menggunakan *heat pipe heat exchanger* (HPHE) untuk mengetahui kinerja *heat pipe* dalam pemulihan panas dari *exhaust air* pada ruangan simulasi di rumah sakit. HPHE terdiri dari beberapa pipa tembaga yang disusun dalam berbagai konfigurasi yaitu 2, 4, dan 6 dengan jumlah 39 pipa pada 6 baris serta menggunakan fluida kerja air. Temperatur pada saluran udara masuk mulai dari 30°C hingga 45°C dengan kecepatan aliran udara sebesar

1, 1,5, dan 2 m/s. Jumlah panas terbesar diperoleh pada saat HPHE beroperasi pada temperatur udara masuk 45°C yaitu sebesar 1404,29 Kj/Jam dengan efektifitas 0,15. (Sukarno, Putra, Hakim, dkk., 2021) menambahkan konfigurasi yang digunakan pada HPHE yaitu 3, 6, dan 9 baris dengan 4 *heat pipe* di setiap barisnya serta laju udara masuk yang digunakan adalah 1,5, 2, dan 2,5 m/s. Tujuan penelitian tersebut adalah untuk menyelidiki kemungkinan terjadinya pengurangan konsumsi energi dan efektifitas HPHE untuk pemulihan panas dalam sistem HVAC. Analisis kinerja pada penelitian tersebut menggunakan metode ε -NTU untuk mengetahui efektifitas, suhu pada sisi *outlet* evaporator, dan pemulihan energi dari HPHE. Hasil penelitian menunjukkan efektifitas tertinggi HPHE mencapai 62,6% pada saat temperatur udara masuk 45°C. Selain itu hasil kedua penelitian menunjukkan bahwa peningkatan pemulihan energi HPHE dipengaruhi oleh jumlah baris, temperatur udara masuk, dan kecepatan udara masuk dibagian evaporator. Namun efektifitas HPHE pada kedua penelitian tersebut masih kurang baik pada temperatur rendah.

Tinjauan literatur menunjukkan bahwa penggunaan HPHE dapat mengurangi konsumsi energi pada sistem HVAC, namun diperlukan pengembangan untuk meningkatkan kinerja *heat pipe*. Hal ini perlu dilakukan karena sistem HVAC yang terus berkembang serta penggunaan HPHE yang masih kurang efektif pada temperatur rendah. Maka pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan untuk meningkatkan kinerja termal HPHE di temperatur rendah dengan memvariasikan fluida kerja yang mungkin dapat mengurangi konsumsi energi di sistem HVAC. Pengujian dilakukan menggunakan *heat pipe* tunggal dengan menganalisis parameter desain penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sukarno, Putra, Hakim, dkk., 2021). Hasil pengujian *heat pipe* tunggal digunakan untuk analisis teoritis menggunakan *Sp number*. Parameter yang diasumsikan untuk menganalisis adalah kecepatan udara masuk sebesar 1,5, 2, dan 2,5 m/s dan konfigurasi jumlah baris, yaitu 3, 6, dan 9 baris dengan 4 *heat pipe* disetiap barisnya. Sementara itu pada pengujian *heat pipe* tunggal, temperatur pada sisi *inlet* evaporator yang digunakan adalah 30, 35, 40, 45, dan 50°C serta fluida kerja yang divariasikan, yaitu aseton, metanol, dan *deionized water* dengan *filling ratio* sebesar 20%. Tabung *heat Pipe* terbuat dari pipa tembaga dengan panjang pipa 710 mm dan diameter luar pipa

10 mm. Pada bagian dalam pipa dilengkapi dengan struktur *wick sintered*. Hasil dari percobaan tersebut akan menjadi informasi awal atas tahanan termal dan efektifitas *heat pipe* tunggal untuk diaplikasikan sebagai *heat exchanger* pada temperatur rendah disebuah sistem HVAC dengan memvariasikan fluida kerja.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan diatas, maka didapatkan beberapa masalah yang harus diidentifikasi yaitu sebagai berikut:

1. Suhu permukaan bumi meningkat akibat terjadinya pemanasan global.
2. Penggunaan sistem HVAC terus meningkat dikarenakan suhu lingkungan telah melebihi batas kenyamanan termal.
3. Perubahan pola beban pada sistem HVAC membuat konsumsi energi menjadi tinggi.
4. Kinerja termal *heat pipe* pada sistem HVAC dipengaruhi oleh beberapa faktor.
5. HPHE pada aplikasi sistem HVAC masih belum efektif di temperatur rendah.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, peneliti membatasi masalah yang ada yaitu:

1. Dalam meningkatkan kinerja termal *heat pipe*, pengujian dibatasi dengan memvariasikan fluida kerja.
2. Dalam meningkatkan efektifitas HPHE di temperatur rendah, analisis kinerja menggunakan *Sp number* dan tahanan termal berdasarkan parameter desain penelitian sebelumnya.
3. Dalam mengurangi konsumsi energi pada sistem HVAC, HPHE digunakan sebagai sistem pemulihan panas.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan batasan masalah yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dirumuskan masalahnya sebagai berikut:

1. Apakah variasi fluida kerja dapat mempengaruhi tahanan termal pada *heat pipe* tunggal?
2. Apakah tahanan termal pada *heat pipe* dapat mempengaruhi efektifitas HPHE pada temperatur rendah?
3. Apakah penggunaan HPHE sebagai sistem pemulihan panas dapat mengurangi konsumsi energi pada sistem HVAC?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah disampaikan, tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengukur pengaruh variasi fluida kerja terhadap tahanan termal *heat pipe* tunggal melalui pendekatan eksperimental.
2. Menganalisis efektifitas *heat pipe* berdasarkan tahanan termal dengan menggunakan *Sp number* melalui pendekatan eksperimental.
3. Menganalisis pengaruh HPHE sebagai sistem pemulihan panas dalam konsumsi energi pada sistem HVAC melalui pendekatan eksperimental.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan, pengetahuan, dan pengalaman mahasiswa terkait perancangan, perhitungan, manufaktur, dan pengujian *heat pipe* tunggal pada sistem HVAC.
2. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan untuk menggunakan salah satu fluida kerja pada *heat pipe* yang dapat bekerja di temperatur rendah.
3. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai pengetahuan yang bermanfaat di waktu yang mendatang dan dapat dijadikan referensi tentang penggunaan *heat pipe* yang efektif untuk mengurangi konsumsi energi pada sistem HVAC.
4. Dapat menyelesaikan pendidikan S1 pada program studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.