

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pembangunan global secara pesat telah menjadi ciri khas era kontemporer yang diwarnai oleh kemajuan teknologi, globalisasi, dan pertumbuhan ekonomi yang pesat. Peristiwa ini mencakup perkembangan infrastruktur, ekonomi, teknologi informasi, dan kehidupan masyarakat secara umum. Negara-negara di seluruh dunia bersaing untuk mencapai standar kemajuan yang tinggi, menciptakan gejolak dinamis dalam peta perkembangan global (Bosch et al. 2010).

Pertumbuhan ekonomi yang pesat terlihat dalam upaya industrial, urbanisasi, dan investasi dalam sektor-sektor kunci, pembangunan infrastruktur yang monumental, seperti pembangunan gedung pencakar langit, gedung bertingkat siap huni, dan masih banyak lagi (Rachmat, et al. 2016.).

Meskipun pembangunan global ini membawa manfaat, tantangan juga muncul salah satunya terhadap dampak lingkungan. Hal tersebut tidak terlepas dari peran manusia dan juga bahan bakar yang merupakan peran penting dalam perkembangan, ini tentu saja membuat banyak dampak positif untuk lingkungan dan juga manusia. Selain dampak positif terdapat dampak negatif yang timbulkan. Dalam beberapa tahun terakhir, menipisnya energi dan bahan bakar tentu saja membuat kekhawatiran kepada seluruh manusia, kebijakan konvensional menyatakan simpanan cadangan bahan bakar fosil sangat menipis akibatnya akan terjadi kelangkaan dalam beberapa dekade mendatang atau abad ini (Capellán-Pérez et al., 2014).

Ketergantungan terhadap bahan bakar tentu saja mengakibatkan menipisnya ketersediaan sumber energi tersebut. Menipisnya cadangan bahan bakar harus diimbangi dengan penyediaan energi alternatif yang dapat diperbaharui (Proksimat et al., n.d. ), maka dari itu perlu adanya efisiensi energi agar dampak yang ditimbulkan dari perkembangan teknologi ini tidak semakin besar. Konversi energi dan efisiensi energi merupakan aspek utama dari strategi yang

digunakan di beberapa negara karena meningkatnya harga bahan bakar fosil dan masalah lingkungannya (Sukarno et al. 2021). Pengembangan efisiensi energi adalah salah satu tujuan utama dalam pengelolaan sumber daya dan mengurangi penggunaan energi yang berdampak langsung terhadap lingkungan (Perez-Lombard et al., 2011).

Seperti yang kita ketahui gedung bertingkat merupakan salah satu efisiensi yang digunakan diberbagai negara dikarenakan peralatan yang ada di dalamnya membuat penghuninya merasa nyaman. Dengan meningkatnya bangunan bertingkat tentu memerlukan perawatan dan kenyamanan yang diberikan kepada konsumen. Salah satunya menciptakan ruangan yang nyaman dengan dilengkapi pemanas, ventilasi dan pendingin udara (Sukarno et al. 2021). Sistem HVAC merupakan penggunaan energi yang signifikan dan akan terus bertambah seiring dengan pembangunan yang sangat pesat saat ini, 20-40% merupakan konsumsi energi yang ada pada sektor bangunan (Pérez-Lombard et al., 2011). *Air Conditioning* yang disebut AC yang merupakan alat pendingin ruangan memberikan kenyamanan tubuh (Sofyan, 2010), namun kualitas udara di ruangan yang menggunakan AC dapat signifikan mempengaruhi kesehatan (Arjani, 2011). Hampir 90% manusia berada dalam ruangan sehingga kualitas udara di dalam ruangan sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia (Cintya Dewi et al. 2021).

Sistem kontrol yang terkomputerisasi serta penyempurnaan desain komponen elektrik dan mekanik yang terintegrasi secara optimal adalah beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk meningkatkan sistem HVAC pada bangunan (Jouhara et al. 2012). Peran penting yang dimiliki sistem HVAC dalam memberikan kenyamanan suhu di dalam ruangan, membuat permintaanya di gedung pada masa mendatang akan selalu mengalami peningkatan. Namun sistem HVAC pada bangunan memiliki penggunaan konsumsi energi tertinggi sekitar 40% - 60% dari total energi yang ada pada sebuah bangunan (Pérez-Lombard et al., 2008). Pesatnya pertumbuhan penggunaan sistem HVAC merupakan faktor hemat energi, peningkatan efisiensi energi dengan menggunakan sumber energi yang terbarukan merupakan solusi dalam mengatasi krisisnya bahan bakar saat ini.

Sistem HVAC yang memiliki daya konsumsi energi tertinggi pada sebuah bangunan, merupakan bukti nyata jika hal tersebut tidak diefisiensikan akan berdampak besar terhadap lingkungan dan kesehatan manusia itu sendiri. Di masa sekarang ini, *Heat pipe Heat Exchanger* (HPHE) merupakan teknologi yang penting dalam mentransfer panas dalam aplikasi yang berbeda, teknologi *heat pipe* dapat meningkatkan kinerja *thermal* penukar panas dalam pemulihan panas pada HVAC. Dalam sistem HVAC, pemasangan HPHE dapat meningkatkan pemulihan panas pada saluran masuk dan keluar udara dari sistem ducting yang dilalui udara sebelum mencapai perangkat *precooling* Fadillah et al. (2021) Sebelum udara memasuki perangkat pendingin koil dengan menggunakan HPHE, suhu udara segar berkurang dengan mendaur ulang udara dingin dari ruangan Sukarno et al. (2018). Maka demikian, energi yang dikonsumsi untuk pendingin dapat dikurangi, serta waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik embun.

Menurut Jouhara et al. (2012) yang melakukan penelitian pada penukar panas dengan sembilan *thermosyphon* dengan konfigurasi *inline* serta dilengkapi *fin-fin* di sisi kondensor dan evaporator dengan menggunakan air sebagai fluida kerja, dan mendapatkan hasil yang cukup signifikan pada energi yang dihasilkan. Penelitian yang dilakukan oleh (Rongchai et al. 2022), *thermosyphon* merupakan jenis penukar panas bekerja tinggi serta memiliki ketahanan panas yang rendah jadi ketika digunakan dalam aplikasi perpindahan panas, *thermosyphon* dapat berfungsi tanpa perlu adanya pasokan energi eksternal. *Thermosyphon* umumnya digunakan dalam aplikasi hemat energi. *Thermosyphon* beroperasi sama seperti dengan jenis penukar panas lainnya, dimana panas disuplai ke satu ujung dan dipindahkan ke ujung lainnya. Tabung dengan ujung tertutup yang terbuat dari logam merupakan ciri khas dari struktur *thermosyphon*. Agar dapat berfungsi, pada bagian evaporator tempat penyerapan panas harus selalu berada di ujung bawah, namun menariknya, *thermosyphon* dapat diproduksi lebih mudah ketimbang *heat pipe*.

Salah satu cara untuk dapat meningkatkan efisiensi *heat exchanger* adalah dengan memodifikasi sifat perpindahan panas fluida kerjanya, seperti menambahkan *acetone* pada fluida kerja untuk mengubah sifat thermalnya.

Alklaibi et al. (2021) telah mempelajari efisiensi *thermosyphon* dengan kolektor surya plat datar menggunakan fluida dengan tambahan nanopartikel dengan konsentrasi 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, dan 1.0%. Ditemukan bahwa efisiensi perpindahan panas maksimum sebesar 69,85% dapat dicapai pada konsentrasi 1.0%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Abdulshaheed et al. (2021) tentang pengaruh variasi *filling ratio* terhadap kinerja *thermal heat pipe*. Pada penelitian tersebut *filling ratio* yang di variasikan sebesar 3, 5, 10, dan 15%. Hasil yang diperoleh adalah saat *heat pipe* kurang terisi akan terjadi kekeringan yang terjadi pada bagian evaporator, sedangkan jika pengisian berlebih akan berdampak buruk pada kinerja *thermal*. Maka dari penelitian tersebut menunjukkan variasi *filling ratio* 5% mendapatkan hasil yang optimal karena dapat menutupi dinding evaporator. Melalui penelitiannya mengemukakan faktor yang mempengaruhi kinerja *thermal* salah satunya yaitu *filling ratio*. Dimana sirkulasi yang ada di dalam *heat pipe* tidak akan berjalan dengan sempurna apabila evaporator yang dimasukan pada fluida kerja menggunakan *filling ratio* yang minimum. Jika *filling ratio* dengan nilai maksimum pada evaporator dan diberikan beban kalor (*heat load*) yang besar, akan menyebabkan ledakan periodik di dalam evaporator. Hal tersebut dipicu oleh mendidihnya air demineral dan evaporator yang melebihi kapasitas. Maka dari itu, diperlukan kesesuaian *filling ratio* yang diberikan dengan geometri *heat pipe*, laju pendingin di kondensor, serta beban kalor di evaporator. Sedangkan pada penelitian Tong et al. (2016) kemampuan perpindahan panas maksimum dicapai pada *filling ratio* 100%, mengingat pengaruh *filling ratio* terhadap suhu tidak terlalu besar dan signifikan dalam mengejar kemampuan perpindahan panas maksimum.

Pada penelitian Sukarno et al. (2021) menunjukkan bahwa HPHE telah berhasil mengurangi konsumsi yang besar pada sistem HVAC pada masa kini. Namun pada penelitian tersebut hanya menggunakan *heat pipe* sebagai alatnya dan air sebagai fluidanya, dan penelitian tersebut efisien pada temperatur yang tinggi yaitu 35°C - 45°C karena fluida kerja yang digunakan hanya air dan tidak divariasikan. Maka dari itu, penulis melakukan pengembangan lanjutan dengan

menggunakan *thermosyphon* sebagai alatnya dan pengaruh *filling ratio* terhadap kinerja *thermal* dan efektifitas model *thermosyphon*. Metode eksperimen dilakukan dengan cara mengoperasikan *thermosyphon* pada *filling ratio* 20%, 30%, 40% dan 50% dan juga jenis fluida lain agar dapat menentukan jenis cairan apa yang lebih efektif digunakan pada sistem *thermosyphon heat exchanger*.

## 1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka didapatkan identifikasi masalah, sebagai berikut:

1. Penggunaan konsumsi energi pada sistem HVAC sudah terlalu besar, perlu adanya energi *heat recovery* untuk mengurangi konsumsi energi pada sistem HVAC.
2. Kinerja *thermal thermosyphon* pada sistem HVAC dipengaruhi oleh beberapa faktor.
3. Dibutuhkan efektifitas *thermosyphon* sebagai sistem energi *recovery* untuk mengurangi konsumsi energi pada sistem HVAC.

## 1.3. Pembatasan Masalah

Dalam melaksanakan penelitian ini penulis memberikan beberapa batasan masalah, sebagai berikut:

1. Dalam mengurangi konsumsi energi pada sistem HVAC, THE digunakan sebagai sistem *heat recovery*.
2. Dalam meningkatkan kinerja *thermal thermosyphon*, pengujian dibatasi dengan memvariasikan *filling ratio*.
3. Dalam meningkatkan efektifitas THE di temperatur rendah, analisis kinerja menggunakan *Sp number* dan tahanan *thermal* berdasarkan paramter desain penelitian sebelumnya.

## 1.4. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Bagaimana efektifitas sistem THE sebagai *heat recovery* dapat mengurangikonsumsi energi pada sistem HVAC?

2. Bagaimana meningkatkan kinerja *thermosyphon* pada sistem HVAC dengan menggunakan variasi *filling ratio*?
3. Bagaimana meningkatkan efektifitas *thermosyphon* pada temperatur rendah dengan menggunakan kinerja *Sp number* dan tahanan *thermal*?

### 1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengukur pengaruh variasi *filling ratio* terhadap tahanan *thermal thermosyphon* tunggal melalui pendekatan eksperimental.
2. Menganalisis efektifitas *thermosyphon* berdasarkan tahanan *thermal thermosyphon* dengan menggunakan *Sp number* melalui pendekatan eksperimental.
3. Menganalisis pengaruh THE sebagai sistem pemulihan panas dalam konsumsi energi pada sistem HVAC melalui pendekatan eksperimental.

### 1.6. Kegunaan 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 *Thermosyphon* pada sistem HVAC.
2. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan untuk menggunakan *filling ratio* yang sesuai pada *thermosyphon* 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 *thermosyphon* yang efektif untuk mengurangi konsumsi energi pada sistem HVAC.
4. Dapat menyelesaikan pendidikan S1 pada program studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.