

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Potensi energi terbarukan di Indonesia cukup besar namun pemanfaatannya sampai saat ini masih kecil (Marry, 2017). Energi yang digunakan di seluruh dunia hampir 70% dalam bentuk panas, sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil. Permintaan energi dunia meningkat berdasarkan data dari *BP Statistics Review of World Energy*. Dua sumber energi tertinggi adalah minyak bumi dan batu bara. selain tidak dapat di perbarui, bahan bakar fosil ketika di manfaatkan energi juga akan menghasilkan panas, dan Sebagian akan di lepaskan ke lingkungan sebagai limbah panas. Ini menjadi perhatian khusus yang menyebabkan pemanasan global menjadi tidak terkendali. Panas yang tidak terpakai itu perlu dimanfaatkan untuk menjadi energi yang dapat digunakan melalui perangkat perpindahan panas (Sugita *et al.*, 2022).

Awal tahun 1990-an Akachi pertama kali mengusulkan teknologi pipa kalor berdenyut *pulsating heat pipe (PHP)* (H. Akachi, 1990), terdapat 3 jenis pipa kalor berdenyut: (a) pipa kalor berdenyut tertutup, (b) pipa kalor berdenyut tertutup dengan katup, (c) pipa kalor terbuka. Struktur pipa kalor berdenyut terdiri dari pipa kapiler panjang yang ditekuk menjadi beberapa lekukan sesuai dengan kebutuhan lingkungan kerja, yaitu bagian evaporator sisi yang menerima panas, sisi adiabatik, dan bagian kondensor, sisi untuk melepaskan panas (Liu *et al.*, 2015). Teknologi ini terus dikembangkan karena *pulsating heat pipe (PHP)* merupakan perangkat pemindah panas yang cocok sebagai pendinginan perangkat elektronik ataupun sebagai teknologi masa kini yang memanfaatkan energi panas buang lingkungan (Rahman *et al.*, 2016). Dalam pertukaran panas PHP juga terjadi melalui konveksi cairan, fenomena ini membuat keuntungan sehingga PHP lebih baik dibanding jenis pipa kalor lainnya (Nikolayev, 2021)

Kemajuan terbaru dalam bidang teknologi elektronik skala kecil hingga besar lainnya telah mengakibatkan peningkatan yang sangat tinggi, khususnya untuk perangkat elektronik berkinerja tinggi. Meskipun telah mengalami kemajuan yang sangat pesat, masih ada tantangan teknis serius dalam manajemen termal pada perangkat elektronik (Aschenbrenner *et al.*, 2005). Jika panas yang di hasilkan oleh

perangkat elektronik tersebut tidak dikurangi secara maximal dari panas yang dihasilkan, maka temperature komponen perangkat akan terus meningkat secara signifikan, kemudian dapat mengurangi keandalan dan kinerja serta mengakibatkan kegagalan pada perangkat elektronik tersebut (Sohel Murshed & Nieto de Castro, 2017).

Untuk melakukan perpindahan panas kita membutuhkan alat penukar kalor. alat penukar kalor adalah suatu peralatan yang digunakan untuk memindahkan panas dari fluida kerja yang memiliki temperatur lebih tinggi ke fluida yang bertemperatur lebih rendah dimana perpindahan panas dapat terjadi secara langsung (kedua fluida kontak secara langsung) ataupun secara tidak langsung (dibatasi oleh suatu dinding/sekat) (Cahyono Heri P, 2014). Pipa kalor merupakan alat penukar kalor dengan dimensi yang kecil tetapi dapat memindahkan kalor yang besar. Banyak penelitian mengenai pipa kalor, guna memperoleh peningkatan kinerja termalnya dengan memodifikasi fluida, dimensi dan orientasinya. Selain kemampuan pipa kalor dalam menyerap *fluks* panas tinggi, karakter lain dari pipa kalor adalah tidak ada bagian mekanis yang bergerak. Pipa kalor adalah sebuah alat yang memiliki nilai konduktivitas termal tinggi, yang digunakan untuk memindahkan kalor (Wahyudi *et al.*, 2016).

Pipa kalor berdenyut, juga dikenal sebagai pipa kalor yang bergerak bolak-balik secara teratur, pipa kalor berdenyut adalah perangkat perpindahan panas yang efektif dan efisien. Perangkat ini terdiri dari pipa kapiler yang dapat ditekuk menjadi berbagai bentuk sesuai dengan kebutuhan lingkungan kerja. Prinsip kerjanya melibatkan fluida kerja di dalam pipa kapiler tertutup, di mana fluida tersebut secara bergantian mengalami fase cair dan uap. Proses ini menghasilkan aliran bolak-balik yang efektif dalam mentransfer panas dari sumber panas menuju area pendinginan tanpa memerlukan pompa atau komponen mekanis bergerak (Y. Xu *et al.*, 2021).

Dalam perancangan sebuah PHP (*Pulsating Heat Pipe*) ukuran atau dimensi tergantung dari sistem yang di inginkan. Hal ini untuk merancang *heat pipe* sesuai dengan tempat yang di butuhkan dan luasan dari sumber kalor yang akan di serap. Dimensi sangat berpengaruh terhadap kinerja *heat pipe* (Evi Sofia, 2018). Bakhtiar *et al.* melakukan penelitian *Oscillating heat pipe (OHP)* menggunakan pipa kapiler

tembaga dengan diameter dalam 1,7 mm dengan fluida kerja Ethanol dengan filling ratio sebesar 60% dengan sudut kemiringan 30°, 60°, dan 90° (posisi vertikal). kemudian hasil didapatkan bahwa nilai resistansi termal terendah adalah 0.36 K/W pada *input* kalor 76,1 Watt. Resistansi OHP cenderung stabil saat sudut inklinasi dari OHP divariasikan. Dengan hasil pengujian kinerja didapatkan, bahwa PHP sangat mungkin dimanfaatkan sebagai heat recovery pada temperatur 50°C - 70°C (Fadli Bakhtiar Aji, 2016).

Berdasarkan penelitian yang di tulis oleh (Sugita *et al.*, 2022) Penelitian ini dilakukan secara eksperimental untuk mengetahui kinerja pipa kalor berdenut tertutup. Pipa tersebut dibuat dari pipa kapiler berbahan tembaga dengan diameter dalam 2 mm dan diameter luar 3,9 mm, serta menggunakan air destilasi sebagai fluida kerjanya kemudian dengan variasi sudut kemiringan (0°, 30°, 45°, 60°, dan 90°) dan divariasikan dayanya (5W – 30W). Pipa kalor dibentuk dengan tiga tekukan berbentuk U dan dibagi menjadi tiga zona perpindahan panas, yaitu bagian evaporator, adiabatik, dan kondensor. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa sudut kemiringan dapat mempengaruhi kinerja pipa kalor tersebut. Kinerja pipa kalor yang terbaik di dapatkan pada sudut kemiringan 0°.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang di tulis oleh (Charoensawan *et al.*, 2003) CLPHP (*Close Loop Pulsating Heat Pipe*) dibuat dari pipa kapiler tembaga dengan diameter dalam 2,0 mm dan 1,0 mm. Pemanasan dilakukan menggunakan air bersuhu konstan, sementara pendinginan dilakukan dengan campuran air dan etilen glikol dalam perbandingan volume 50:50 pada suhu konstan. Jumlah belokan pada bagian evaporator bervariasi antara 5 hingga 23. Fluida kerja yang digunakan meliputi air, etanol, dan R-123. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa dan jumlah belokan memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja sistem. Selain itu, sifat fluida kerja serta kondisi batas operasi CLPHP (*Closed Loop Pulsating Heat Pipe*) sangat memengaruhi performanya.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan dua jenis fluida kerja yaitu air dan etanol yang dimana dari kedua fluida kerja tersebut memiliki perbedaan sifat thermo fisik. dengan variasi sudut kemiringan (0°, 30°, 45°, 60°, dan 90°) serta variasi daya (10 - 50W) yang nantinya akan di lakukan uji coba kemudian data

datanya di ambil dan di olah untuk dijadikan sebuah kesimpulan tentang pipa kalor berdenyut tersebut.

1.2 Identifikasi Masalah

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

1. Pemanfaatan energi terbarukan contohnya seperti panas yang dihasilkan perangkat elektronik. Banyak orang yang masih memiliki keraguan mengenai keandalan dan keberlanjutan dari alat *Closed loop pulsating heat pipe* (CLPHP).
2. Kinerja CLPHP yang dievaluasi melalui resistansi termal (R_{th}) dan laju perpindahan panas (Q_{out}) dipengaruhi oleh sejumlah parameter operasi, seperti diameter pipa, fluida kerja, jumlah lekukan, daya *input*, dan sudut kemiringan. Tantangan utama yang dihadapi adalah bagaimana meminimalkan nilai R_{th} dan memaksimalkan Q_{out} guna meningkatkan efektivitas perpindahan panas CLPHP pada berbagai kondisi kerja. Diperlukan suatu alat penukar kalor yang memiliki kinerja perpindahan panas yang baik, namun tetap hemat biaya, sehingga dapat diaplikasikan secara luas pada sistem pendinginan perangkat elektronik dan sistem energi lainnya.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini menghasilkan bahasan yang spesifik dan efisien sesuai judul penelitian, maka perlu adanya pembatasan masalah dalam pembahasannya. Adapun batasan – Batasan masalahnya antara lain:

1. Diameter pipa yang digunakan dengan ukuran dalam 2 mm.
2. Menggunakan fluida kerja air destilasi dan etanol sebagai parameter yang akan dilakukan uji coba
3. Jumlah lekukan pada pipa kalor berjumlah 9
4. Sudut kemiringan 0° , 30° , 45° , 60° , dan 90° .
5. Filling ratio fluida kerja dengan jumlah 65%
6. Pengujian dilakukan berfokus pada bagaimana pengaruh kinerja fluida kerja berdampak pada kinerja pipa kalor.
7. Variasi *input* daya 10 – 50W dengan kenaikan setiap 10 Watt

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan Batasan masalah yang telah diidentifikasi, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah fluida air destilasi dan etanol dapat bekerja dengan baik pada proses penukaran kalor?
2. Bagaimana pengaruh fluida kerja terhadap kinerja pipa kalor?
3. Bagaimana pengaruh sudut kemiringan terhadap kinerja pipa kalor berdenyut tertutup ?
4. Bagaimana pengaruh variasi *input* daya terhadap kinerja pipa kalor berdenyut tertutup ?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah yang telah dijelaskan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui apakah air destilasi dan etanol bisa berfungsi baik sebagai fluida kerja
2. Mengetahui pengaruh fluida kerja terhadap kinerja pipa kalor
3. Mengetahui pengaruh sudut kemiringan terhadap kinerja pipa kalor berdenyut tertutup
4. Mengetahui pengaruh variasi *input* daya terhadap kinerja pipa kalor berdenyut tertutup

1.6 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini dapat diambil manfaat khususnya dalam bidang pengembangan. Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang konversi energi.
2. Memperkenalkan alat penelitian ini di lingkungan kampus khususnya bagi prodi teknik mesin.
3. Menjadi referensi penelitian yang berfokus pada bidang konversi energi