

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia menghadapi tantangan besar dalam pemenuhan kebutuhan energi yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan pembangunan ekonomi. Kebutuhan energi nasional sebagian besar masih dipenuhi oleh energi fosil, seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara. Menurut data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), lebih dari 80% konsumsi energi nasional bergantung pada sumber energi tak terbarukan ini (ESDM, 2023). Ketergantungan yang tinggi pada energi fosil menimbulkan berbagai permasalahan, termasuk potensi kelangkaan energi di masa depan serta dampak negatif terhadap lingkungan akibat emisi gas rumah kaca.

Cadangan minyak Indonesia yang terbukti dapat diproduksi hanya mencapai 8,4 miliar *barrel* dari total ketersediaan sebesar 56,6 miliar *barrel*, sementara produksi tahunan mencapai 348 juta *barrel* (ESDM, 2023). Dengan laju produksi dan konsumsi yang tinggi, diperkirakan cadangan ini tidak akan mencukupi kebutuhan dalam beberapa dekade ke depan. Di sisi lain, eksplorasi sumber cadangan minyak baru membutuhkan waktu yang lama, sekitar 15 hingga 20 tahun untuk mencapai tahap produksi komersial. Oleh karena itu, diperlukan diversifikasi sumber energi dengan mengoptimalkan potensi energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Sebagai negara tropis yang terletak di garis khatulistiwa, Indonesia memiliki potensi energi surya yang melimpah. Radiasi matahari harian di Indonesia rata-rata mencapai 4,5 hingga 5,4 kWh/m², memberikan peluang besar untuk memanfaatkan energi matahari sebagai sumber daya alternatif (Tullie Circle, 2009). Potensi total energi surya diperkirakan mencapai 207,6 GW, yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik maupun panas. Meskipun demikian, hingga tahun 2023, kapasitas

terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) baru mencapai 0,135 *GWp*, atau sekitar 0,02% dari total potensi yang dimiliki (ESDM, 2023). Realisasi pemanfaatan yang masih sangat rendah ini menunjukkan masih banyaknya tantangan yang harus diatasi untuk mengembangkan energi surya secara optimal di Indonesia.

Teknologi untuk memanfaatkan energi surya dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama: *fotovoltaik* dan termal surya. Teknologi *fotovoltaik* mengubah energi matahari langsung menjadi listrik, sedangkan teknologi termal surya memanfaatkan panas dari radiasi matahari untuk aplikasi pemanas, seperti pemanas air dan sistem pengering. Dalam konteks ini, teknologi termal surya lebih efisien untuk aplikasi yang membutuhkan suhu menengah hingga tinggi. Meskipun demikian, *solar collector* konvensional yang digunakan untuk memanfaatkan energi matahari masih memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi, yang berkisar antara 15% hingga 30% (Stepherd, 2003). Salah satu tantangan utamanya adalah kehilangan panas yang terjadi selama transfer energi dari tabung kolektor ke fluida kerja, yang mengurangi efisiensi pemanasan dan menurunkan daya guna energi yang diserap.

Heat pipe adalah salah satu solusi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi *solar collector*. Sebagai perangkat yang mampu mentransfer panas dengan sangat cepat, *heat pipe* menggunakan prinsip penguapan dan kondensasi fluida kerja di dalam tabung tertutup. Saat bagian evaporator menerima panas, fluida kerja di dalam *heat pipe* menguap dan mengalir ke bagian kondensor, di mana panas dilepaskan dan uap mengembun kembali menjadi cairan. Proses ini memungkinkan *heat pipe* untuk mentransfer panas dengan hambatan termal yang sangat rendah. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *heat pipe* dalam *solar collector* dapat meningkatkan efisiensi konversi panas hingga mencapai 47% dibandingkan dengan kolektor konvensional (Tullie Circle, 2009).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang ditulis oleh (Gama Yoga, 2005) yaitu dengan metode penelitian menggunakan pengujian *heat pipe* dengan pendinginan kondenser secara konveksi bebas dan konveksi paksa dengan rasio pengisian bervariasi dan variasi kemiringan *heat pipe*, untuk konveksi bebas menggunakan udara atau pendinginan *heat pipe* dengan rasio pengisian fluida kerja 12%, 22%, 36% dan 43%

kemiringan *heat pipe* horizontal dan vertical dengan beban panas yang diberikan ke evaporator sebesar 30 watt, 40 watt, dan 50 watt. Maka hasil dari penelitian ini adalah *heat pipe* dengan fluida kerja masih dapat beroperasi untuk rasio pengisian dari 12% sampai 36%. Untuk konveksi paksa menggunakan *heat pipe* rasio pengisian 22% diperoleh kemiringan *heat pipe* berpengaruh pada perpindahan panas, semakin tegak *heat pipe* maka semakin tinggi kapasitas perpindahan panasnya, kemudian berpengaruh terhadap kecepatan melewati waktu transien, semakin tegak *heat pipe* maka semakin cepat menempuh waktu transien, kemiringan *heat pipe* tidak berpengaruh kuat terhadap temperatur operasi, kemudian perubahan beban panas berpengaruh terhadap kecepatan melewati waktu transien, semakin tinggi beban panas semakin cepat melewati waktu transien dan perubahan beban panas tidak berpengaruh kuat terhadap temperature operasi.

Meskipun penggunaan *heat pipe* dalam kolektor surya menunjukkan potensi yang menjanjikan, performa sistem sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter, seperti jenis *wick (mesh)* dan sudut kemiringan. *Wick* atau sumbu kapiler dalam *heat pipe* berfungsi untuk membantu pengembalian fluida cair dari kondensator kembali ke evaporator melalui mekanisme kapilaritas. Variasi *mesh wick* dapat mempengaruhi aliran kapiler dan laju perpindahan panas. *Mesh* dengan porositas tinggi, misalnya, dapat meningkatkan sirkulasi fluida kerja dan efisiensi perpindahan panas, tetapi juga dapat menyebabkan hambatan kapiler yang lebih besar (Panji Asmara et al., 2021).

Penelitian sebelumnya oleh Rian Saputra (2011) telah menunjukkan bahwa variasi jumlah *mesh* pada *wick* dapat mempengaruhi kinerja *heat pipe* secara signifikan. Dalam studinya, penggunaan screen *mesh wick* dengan jumlah *mesh* yang lebih tinggi, seperti 300 *mesh*, mampu mengurangi temperatur di bagian evaporator hingga 20,63% dibandingkan dengan 100 *mesh*. Penurunan ini disebabkan oleh meningkatnya efisiensi transfer panas akibat berkurangnya hambatan termal dengan meningkatnya jumlah *mesh* pada *wick* (Saputra, 2011). Penelitian ini menunjukkan pentingnya memilih konfigurasi *wick* yang tepat untuk meningkatkan kinerja *heat pipe*, terutama dalam aplikasi yang memerlukan efisiensi tinggi dalam transfer panas.

Hasil dari penelitian Saputra ini menjadi landasan bagi studi eksperimental yang akan dilakukan untuk mengeksplorasi lebih lanjut variasi *wick (mesh)*, dan sudut kemiringan pada *solar collector heat pipe*. Dengan mempelajari kombinasi optimal dari ketiga parameter ini, diharapkan dapat ditemukan konfigurasi yang lebih efisien dalam pemanfaatan energi surya. Peningkatan kinerja sistem akan berkontribusi pada pengembangan teknologi energi terbarukan di Indonesia dan mengurangi ketergantungan pada energi fosil.

Selain variasi *wick*, sudut kemiringan *heat pipe* mempengaruhi distribusi panas dan laju sirkulasi fluida. Penelitian menunjukkan bahwa *heat pipe* dengan posisi vertikal mampu memindahkan panas lebih baik dibandingkan posisi horizontal, karena adanya efek gravitasi yang membantu aliran balik cairan ke evaporator (Wahyu, 2013).

Dengan sistem yang sederhana tentunya menjadi dasar untuk membahas lebih dalam mengenai *heat pipe*. Pada penelitian ini, penulis bertujuan untuk pengoptimalan *heat pipe* dalam sistem pendingin absorpsi untuk mencapai kinerja suhu *heat pipe* yang maksimal. Dengan menganalisis berbagai variasi *wick (mesh)*, sudut kemiringan *heat pipe*, dan pemanasan *heat pipe*, diharapkan dapat ditemukan solusi yang memberikan efisiensi termal pipa panas yang tinggi dan tingkat diferensial panas yang dapat diterima, sehingga kedepannya mampu menjadi pilihan dalam mengumpulkan energi dari sinar matahari yang ramah lingkungan.

Berdasarkan hal tersebut akan dilakukan penelitian untuk mengetahui kinerja dari alat *solar collector heat pipe*, maka dari itu penulis mengangkat judul **Studi Eksperimental Penggunaan Solar collector Heat pipe Dengan Variasi Wick (Mesh) dan Kemiringan.**

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Penggunaan energi fosil masih dominan di Indonesia, dan pemanfaatan energi terbarukan, termasuk energi surya, belum optimal. Masyarakat juga masih

memiliki keraguan mengenai keandalan dan keberlanjutan teknologi energi surya, termasuk aplikasi *solar collector heat pipe*.

2. Efisiensi perpindahan panas pada *heat pipe* dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti variasi *wick (mesh)* dan sudut kemiringan. Tantangan utama adalah mengoptimalkan konfigurasi untuk mengurangi kehilangan panas dan meningkatkan efisiensi perpindahan panas dalam berbagai kondisi operasi.
3. Terdapat kebutuhan untuk memahami lebih dalam mengenai pengaruh variasi parameter desain, seperti jumlah *mesh wick* dan konfigurasi sudut kemiringan, terhadap kinerja *solar collector heat pipe*. Pemahaman ini diperlukan untuk mengoptimalkan desain sistem agar dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi surya.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi *wick (mesh)* yang digunakan adalah 100, 200, dan 300 *mesh*. Sudut kemiringan yang diujikan adalah horizontal (0°), 45° , dan vertikal (90°).
2. Jumlah *heat pipe* yang digunakan adalah 3 buah dengan masing – masing pipa mempunyai ukuran panjang 110 cm, pipa yang digunakan adalah pipa tembaga dengan spesifikasi diameter 0,95 cm dan ketebalannya adalah 0,05 cm. Sumber panas yang digunakan untuk pemanasan *heat pipe* berasal dari radiasi lampu pengering cat. Media pengambil panas untuk pengujian secara konveksi bebas pada bagian condenser adalah air, untuk *heat pipe* dari bagian evaporator sampai dengan condenser menggunakan fin atau sirip agar memperluas bidang penyerapan panas.
3. Fokus pada temperature maksimal *heat pipe* dan simulasi temperature logger sebagai alat bantu untuk pengolahan data.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah diidentifikasi, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: "Bagaimana pengaruh variasi *wick (mesh)* dan sudut kemiringan terhadap efisiensi perpindahan panas dan kinerja *solar collector heat pipe*?"

1.5 Tujuan

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

1. Mengkaji pengaruh variasi jumlah *mesh wick* terhadap efisiensi perpindahan panas pada *solar collector heat pipe*.
2. Menganalisis pengaruh sudut kemiringan *heat pipe* terhadap distribusi panas dan kinerja sistem.
3. Menentukan kombinasi optimal dari variasi *wick (mesh)* dan kemiringan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi surya.

1.6 Kegunaan Penelitian

1. Menyediakan referensi bagi pengembangan teknologi *solar collector heat pipe* sebagai upaya meningkatkan efisiensi penggunaan energi terbarukan di Indonesia.
2. Menambah wawasan dan pengetahuan mahasiswa teknik dalam hal optimalisasi sistem perpindahan panas, khususnya yang memanfaatkan energi terbarukan.
3. Mendukung penelitian lanjutan yang berkaitan dengan peningkatan efisiensi teknologi energi terbarukan serta penerapannya dalam sistem energi ramah lingkungan.

1.7 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penulisan tugas ini dibagi menjadi 3 bagian awal, isi, dan bagian akhir.

1. Bagian awal

Bagian awal proposal skripsi meliputi: cover, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar table, dan daftar lampiran.

2. Bagian isi

Bagian isi tugas disajikan dalam lima bab dengan beberapa sub bab pada tiap bab nya.

BAB I : PENDAHULUAN

Bertujuan mengantarkan pembaca untuk memahami gambaran mengenai latar belakang masalah, identifikasi masalah, pembatasan masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, sistematika penulisan, dan penegasan istilah.

BAB II : Kajian Pustaka dan Landasan Teori

Bagian ini mengemukakan tentang landasan teori, tugas terdahulu yang relevan dengan tugas yang akan dilakukan.

BAB III : Metode Penulisan

Pada bab ini berisi metode yang digunakan dalam melakukan tugas. Di dalam bab ini dibahas tentang waktu dan tempat pelaksanaan, objek penulisan, diagram alir, teknik pengumpulan data dan teknik analisis data.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Berisikan mengenai pengolahan data berdasarkan metodologi penulisan dan tahap - tahap metode analisis terhadap model yang telah dibuat.

BAB V : PENUTUP

Berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan saran – saran yang relevan dengan penulisan yang telah dilakukan,

3. Bagian akhir tugas berisikan daftar pustaka dan lampiran – lampiran.