

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Mobil tipe pickup adalah salah satu tipe yang banyak digunakan di Indonesia. Menurut data resmi dari Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia, jumlah mobil pickup yang terjual pada tahun 2019 mencapai 101.572 unit. Dari sebagian mobil pickup ini, ada yang tidak memiliki varian tanpa AC. Sehingga, terjadi peningkatan temperatur kabin yang setelah mobil pickup digunakan dalam waktu yang lama [1], [2].

Mobil pickup ini akan mengalami peningkatan temperatur dalam kabin mobil, menyebabkan ketidaknyamanan termal selama penggunaan. Di samping hal tersebut, temperatur tinggi juga dapat menyebabkan hilangnya konsentrasi, memicu percikan kebakaran, kerusakan interior, gangguan pernapasan dari penguapan bahan kimia interior mobil dan potensi kecelakaan. Oleh karena itu, diperlukan adanya sistem pendingin efisien untuk menurunkan temperatur kabin mobil pickup selama digunakan [2], [3], [4].

Salah satu contoh sistem pendingin yang efisien adalah sistem *thermoelectric cooler* (TEC). TEC adalah sistem pendingin yang menggunakan Efek Peltier untuk menciptakan aliran panas pada titik pertemuan dua jenis material yang berbeda. Ketika arus listrik mengalir melalui modul TEC ini, satu sisi akan menjadi dingin sementara sisi lainnya menjadi panas. Teknologi ini sering digunakan untuk pendinginan karena tidak memiliki bagian yang bergerak, sehingga lebih tahan lama dan tidak rentan terhadap kebocoran [5].

Dalam aplikasi untuk pendingin kabin mobil, TEC dapat menggantikan sistem pendingin konvensional yang biasanya menggunakan kompresor dan refrigeran. TEC menawarkan beberapa keuntungan, seperti kemudahan instalasi, efisiensi energi yang baik dan tidak memerlukan perawatan yang rumit. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sukarno et al., TEC digunakan bersama dengan *heat pipe* untuk meningkatkan performa sistem pendingin di kabin mobil pickup. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan dua unit sistem pendingin yang terdiri

dari empat modul TEC yang dilengkapi dengan *heat pipe* mampu menurunkan suhu kabin mobil hingga 27,4°C dan menghasilkan nilai COP tertinggi sebesar 1,16 [6].

Beberapa penelitian lain dilakukan untuk mengembangkan sistem pendingin ini. M.F. Basar, M. Musa, M.Y. Faizal dan N.H.A. Razik melakukan penelitian dengan tujuan mengembangkan sistem pendingin mobil portabel untuk mengurangi suhu kabin mobil yang diparkir di bawah terik matahari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil menjaga suhu dalam mobil pada suhu ruangan, memberikan kenyamanan bagi pengguna dan meningkatkan kualitas udara serta kelembapan di dalam kabin mobil [7]. Penelitian yang dilakukan oleh Rifky dan Oktarina Heriyani, juga bertujuan untuk mendapatkan penyerapan panas maksimum di mana suhu minimum di kabin mobil dapat dicapai dengan menggunakan sistem pendingin kabin mobil yang menggunakan energi surya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pendingin kabin mobil yang menggunakan energi surya dapat mencapai suhu terendah 25,60°C dengan koefisien kinerja (CoP) sebesar 0,042 [8].

Penelitian yang dilakukan oleh Mirza Yusuf dan Andika Wisnujati ini membahas tentang bagaimana sistem pendingin ramah lingkungan bekerja untuk mobil di kota menggunakan modul TEC. Sistem pendingin konvensional yang mengandung *Chlorofluorocarbons* (CFCs) dapat merusak lapisan ozon dan juga meningkatkan konsumsi bahan bakar karena beban yang dipaksakan pada mesin. Sedangkan modul TEC lebih ramah lingkungan dan hemat energi. TEC adalah perangkat yang bekerja dengan Efek Peltier, menyebabkan satu sisi modul menjadi panas dan sisi lainnya menjadi dingin jika arus listrik diterapkan. Untuk efek pendinginan terbaik, sisi panas TEC harus didinginkan dengan *heat sink* dan kipas. Hasil penelitian mengonfirmasi bahwa sistem pendingin ini bisa menjadi pilihan yang baik dan bisa menjadi pendingin ruangan yang efektif, efisien dan juga baik untuk lingkungan [9].

Penelitian I Dewa Made Susila dan I Wayan Adi Subagia dilakukan untuk mengkaji penggunaan modul termoelektrik tipe TEC1-12706 untuk pendinginan jok mobil. Modul termoelektrik dipilih karena ramah lingkungan, murah, desain kompak dan tidak bising. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan profil

distribusi temperatur pada *ducting*, *spon* dan permukaan jok mobil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pendingin termoelektrik dapat menurunkan temperatur permukaan jok, meskipun penurunannya masih relatif kecil. Temperatur rata-rata permukaan jok yang tidak diduduki turun sebesar $4,39^{\circ}\text{C}$, sedangkan yang diduduki turun sebesar $2,07^{\circ}\text{C}$. Hambatan aliran udara dingin pada *spon* jok yang padat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi efektivitas pendinginan [10].

Penelitian yang dilakukan oleh Sutoyo, Putri Rachmawati, Muhammad Rafly Reynaldy Pramuditha, bertujuan untuk mengembangkan dan menguji sistem AC bertenaga surya menggunakan konsep *Cooler Peltier* untuk mendinginkan kabin mobil yang diparkir di area terbuka tanpa harus menyalakan mesin mobil. Prototipe AC ini menggunakan empat buah modul TEC tipe TEC1-12706, dengan panel surya sebagai sumber tenaga listrik. Sistem ini diuji pada simulasi ruangan dengan volume 11.298 cm^3 di area terbuka pada siang hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu menurunkan suhu ruangan dari $33,7^{\circ}\text{C}$ menjadi $29,3^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 20 menit. Langkah-langkah eksperimen meliputi perakitan sistem dengan memasang *heat sink*, *cold sink* dan kipas angin pada sisi dingin dan panas TEC, serta pengujian pada *box* miniatur ruang kabin yang diletakkan di tempat terbuka selama tiga hari. Data suhu dicatat mulai dari kondisi tanpa rekayasa hingga peralatan difungsikan. Hasil eksperimen menunjukkan penurunan suhu yang konsisten setiap harinya, dengan suhu awal sekitar $33,7^{\circ}\text{C}$ dan suhu akhir sekitar $29,3^{\circ}\text{C}$ setelah 20 menit. Kesimpulannya, sistem AC bertenaga surya dengan *Cooler Peltier* mampu menurunkan suhu ruangan hingga $4,4^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 20 menit, memberikan rekomendasi positif untuk aplikasi pada kabin kendaraan, terutama dalam mengurangi penggunaan bahan bakar dan emisi udara [11].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian yang dilakukan oleh Ragil Sukarno, Agung Premono, Yohanes Gunawan dan Apri Wiyono bertujuan untuk mengembangkan sistem pendingin termoelektrik berbasis energi surya untuk mobil yang diparkir di bawah sinar matahari langsung. Masalah yang diidentifikasi adalah peningkatan suhu kabin mobil yang drastis saat diparkir di bawah sinar matahari, yang dapat meningkatkan konsumsi energi AC, merusak peralatan interior dan meningkatkan risiko kesehatan bagi penumpang. Langkah penelitian meliputi

pemasangan panel surya fleksibel pada atap mobil untuk menghasilkan listrik sebagai sumber energi sistem pendingin, yang terdiri dari empat pendingin termoelektrik yang dilengkapi dengan *heat sink* dan kipas aksial. Pengujian dilakukan pada mobil penumpang selama 4 jam parkir di siang hari. Hasilnya menunjukkan bahwa suhu kabin mobil berkurang sebesar 6,1°C atau 13% dibandingkan tanpa pendingin, yang akan meningkatkan kenyamanan penumpang dan mengurangi konsumsi energi [4].

Untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan, sistem pendingin TEC dan IEC dapat dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis yang mengaktifkan pendinginan saat mobil mendeteksi temperatur kabin yang melebihi batas nyaman termal dan juga lewat perintah melalui *remote* inframerah. Sistem kontrol ini menggunakan sensor *infrared* dan suhu untuk mendeteksi kondisi kabin dan keberadaan pengguna, serta mengaktifkan sistem sesuai kebutuhan. Dengan demikian, pengguna dapat langsung merasakan kenyamanan saat sebelum memasuki mobil, tanpa harus menunggu pendinginan manual. Implementasi sistem kontrol ini juga dapat mengoptimalkan penggunaan energi, sehingga lebih efisien. Berdasarkan referensi yang sudah disebutkan, diperlukan adanya penelitian mengenai pengujian sistem pendingin *thermoelectric* dan *indirect evaporative* untuk kabin mobil pickup dengan variasi alat penukar kalor dan sistem kontrol.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka didapatkan beberapa masalah yang harus diidentifikasi yaitu:

1. Sebagian kendaraan pickup merupakan varian tanpa AC.
2. Potensi penggunaan TEC pada kabin pickup yang belum dimanfaatkan sepenuhnya, dapat ditingkatkan dengan dikombinasikan dengan sistem pendingin evaporatif.
3. Sistem pendingin TEC yang belum efisien secara penggunaan energi, jika konfigurasi belum sesuai.
4. Sistem Kontrol yang dapat mengaktifkan sistem pendingin TEC saat temperatur mencapai batas tidak nyaman dan melalui perintah *remote* inframerah.

1.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, peneliti membatasi masalah yang ada yaitu:

1. Sistem pendingin dibuat dalam skala laboratorium.
2. Pengukuran modul termoelektrik dibatasi hanya dengan 1 tingkat.
3. Penelitian berfokus pada perubahan temperatur, tanpa membatasi kelembapan relatif akibat pendinginan evaporatif.
4. Pendinginan evaporatif yang diterapkan adalah jenis pendingin evaporatif tidak langsung atau *Indirect evaporative cooling* (IEC).
5. *Coil Heater* akan digunakan untuk merepresentasikan beban pendinginan dalam kabin pickup.
6. Sistem kontrol temperatur yang memulai pendinginan ketika temperatur melewati batas nyaman yang sudah ditentukan dan ketika sensor mendeteksi perintah *remote* inframerah.

1.4. Perumusan Masalah

Untuk mempermudah proses penelitian, terdapat beberapa rumusan masalah yang dapat dinyatakan, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh tiap variasi alat penukar kalor pada sistem pendingin kombinasi termoelektrik dan sistem pendingin evaporatif terhadap penurunan temperatur kabin pickup?
2. Bagaimana pengaruh penambahan sistem kontrol temperatur pada sistem pendingin kombinasi termoelektrik dan sistem pendingin evaporatif terhadap efisiensi energinya?

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui variasi pada kombinasi sistem pendingin berbasis termoelektrik dan evaporatif yang memiliki temperatur kabin hasil pendinginan paling rendah.
2. Mengetahui variasi pada kombinasi sistem pendingin berbasis termoelektrik dan evaporatif yang memiliki nilai COP tertinggi.

3. Mengetahui variasi pada kombinasi sistem pendingin berbasis termoelektrik dan evaporatif yang memiliki konsumsi energi paling rendah.
4. Mengetahui cara pemanfaatan sistem kontrol untuk mengontrol dimulainya sistem pendinginan termoelektrik dan evaporatif.

1.6. Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah:

1. Membantu mencari variasi terbaik dari sistem pendinginan kabin pickup.
2. Memastikan kenyamanan pengguna kendaraan ketika kabin dimasuki.
3. Mengetahui pengaruh penambahan sistem kontrol terhadap sistem pendinginan kombinasi termoelektrik dan evaporatif tidak langsung.

