

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah kendaraan di wilayah DKI Jakarta kian bertambah tiap tahunnya. Menurut data BPS DKI Jakarta, tercatat bahwa pada tahun 2022 jumlah mobil di DKI Jakarta yaitu 3.766.059 unit dibandingkan pada tahun sebelumnya yaitu sekitar 3.544.491 unit. Hal tersebut tidak sebanding dengan pembangunan lahan maupun gedung parkir yang memadai. Keterbatasan gedung parkir dan meningkatnya jumlah kendaraan menjadi penyebab banyaknya kendaraan khususnya mobil yang diparkir di tempat terbuka.

Kendaraan yang diparkir di tempat terbuka ketika cuaca sedang terik, dapat mengakibatkan temperatur dalam kabin meningkat karena terpapar oleh radiasi matahari. Hal tersebut dapat menimbulkan beberapa dampak merugikan, seperti munculnya emisi gas-gas berbahaya bahkan berdampak pada kerusakan interior mobil [1]. Selain itu, kondisi kabin yang panas dapat memunculkan beberapa kasus *heat stroke* dan hipertermia pada anak-anak yang ditinggalkan di dalam kabin dalam jangka waktu lama serta meningkatkan beban pendingin mobil yang akhirnya meningkatkan konsumsi energi untuk AC (*air conditioner*) [1, 2]. Ketika AC dinyalakan sebagian tenaga mesin akan dimanfaatkan oleh kompresor AC agar bisa mendinginkan kabin. Sistem pendingin udara mobil akan mengonsumsi sekitar 0,11 g/s bahan bakar atau sekitar 21,5% dari konsumsi total bahan bakar. Dengan meningkatnya temperatur kabin akibat diparkir di tempat terbuka akan menaikkan beban pendingin yang pada akhirnya meningkatkan konsumsi bahan bakar juga. Mobil yang diparkir di ruang terbuka dan terpapar matahari terus menerus, temperatur di dalam kabinnya dapat mencapai 60°C ketika temperatur sekitarnya 30°C [1]. Bahkan pada mobil yang ditutup dengan *cover* mobil, temperatur tertinggi tercatat sebesar 65,6°C untuk mobil tanpa *cover* dan 49,4°C pada mobil dengan *cover* [3]. Nilai tersebut masih cukup jauh dibandingkan dengan temperatur sekitar sehingga beban pendinginan akan semakin tinggi yang tentunya akan membebani mesin mobil [2, 4]. Terdapat berbagai macam alternatif untuk mengatasi masalah

tersebut, salah satunya adalah dengan menggunakan sistem pendingin sekunder yang berbasis termoelektrik.

Sistem pendingin berbasis termoelektrik memanfaatkan efek peltier dengan mengkonversi energi listrik sehingga muncul sisi panas dan sisi dingin pada dua permukaan yang berbeda [4]. Termoelektrik untuk pengaplikasian sistem pendingin disebut *Thermoelectric Cooling* (TEC). Termoelektrik secara harfiah berarti panas dan listrik, yang berarti termoelektrik menunjukkan suatu peristiwa yang berkaitan dengan panas dan listrik. Hubungan antara panas dan listrik tersebut dijelaskan oleh efek peltier untuk peristiwa konversi listrik menjadi perubahan temperatur dan Seebeck untuk peristiwa konversi kalor menjadi energi listrik [5]. Rifky et.al melakukan eksperimen menggunakan prototipe *city car* dalam skala laboratorium dengan volume $0,43 \text{ m}^3$, dan sumber energi matahari yang diserap oleh panel surya dengan daya keluaran sebesar 60,09 W, COP mesin pendingin termoelektrik sebesar 1,259 menghasilkan temperatur terendah sebesar $23,4^\circ\text{C}$ [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Sukarno et.al, yaitu eksperimen sistem pendingin termoelektrik yang diletakkan didepan *dashboard* dengan sumber energi matahari dilakukan pada mobil penumpang berkapasitas 7 orang dalam keadaan diparkir dibawah sinar matahari selama 4 jam, sistem pendingin termoelektrik berhasil menurunkan temperatur kabin hingga $6,1^\circ\text{C}$ lebih rendah dari temperatur lingkungan dengan mengkonsumsi daya 145,4 W selama 3,5 jam untuk 4 buah modul TEC 12706 [4]. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Gaga Putra et al. menggunakan sistem pendingin yang terdiri 2 buah TEC 12706 diletakkan di bagasi belakang untuk mobil berkapasitas 4 orang dengan sumber energi dari panel surya dapat menurunkan temperatur kabin hingga 10°C dengan konsumsi daya sebesar 339 W [6]

Kinerja dari sistem pendingin termoelektrik dipengaruhi oleh banyak hal diantaranya yaitu posisi dan jumlah modul termoelektrik yang diterapkan. Konfigurasi modul termoelektrik juga akan sangat mempengaruhi kemampuan pendinginan dari sistem yang nantinya akan dirangkai. Terdapat dua jenis konfigurasi modul termoelektrik yaitu satu modul (*single stage*) dan banyak modul (*multi stage*) [7], [8]. Konfigurasi satu atau lebih modul termoelektrik dapat

disesuaikan dengan kebutuhan pendinginan yang berbeda, semakin banyak modul maka perbedaan temperatur antara sisi panas dan tinggi akan semakin besar [7]. Namun di sisi lain, dengan banyaknya susunan konfigurasi modul termoelektrik maka konsumsi energi akan semakin tinggi. Dalam aplikasi alternatif mesin pendingin berbasis termoelektrik, dapat dikombinasikan dengan metode pendinginan lainnya seperti metode pendinginan evaporatif yang sederhana dan hemat energi.

Pendingin evaporatif (*evaporative cooling*) merupakan metode pendinginan tertua dan sederhana. Pendinginan evaporatif dapat dilakukan dengan mengalirkan udara ke permukaan yang basah, agar dapat menguapkan air sehingga terjadi penurunan temperatur pada suatu lingkungan [9], [10]. Penelitian yang dilakukan oleh Nurkholis Hamidi et.al, yaitu melakukan eksperimen untuk menginvestigasi pengaruh jumlah modul termoelektrik yang dikombinasikan dengan pendingin evaporatif. Penelitian tersebut menghasilkan COP aktual tertinggi sebesar 4,62 untuk 3 modul TEC sedangkan 0,316 untuk 4 modul TEC, sistem kombinasi tersebut menghasilkan nilai kelembapan relatif (*relative humidity*) sebesar 89,3% [11]. Jenis pendingin evaporatif yang diterapkan pada penelitian tersebut merupakan pendingin evaporatif langsung. Terdapat dua jenis pendingin evaporatif yaitu pendingin evaporatif langsung (*direct evaporative cooling*) dan tak langsung (*indirect evaporative cooling*) [12]–[14].

Oleh karena itu, berdasarkan beberapa uraian masalah diatas dilakukan pengembangan mesin pendingin alternatif berbasis termoelektrik dikombinasikan dengan pendinginan evaporatif untuk kabin mobil yang sedang terparkir. Mesin pendingin dibuat berdasarkan dimensi mobil penumpang asli yang telah ada dan dibuat dalam skala laboratorium. Pengembangan mesin pendingin berbasis termoelektrik dan pendingin evaporatif bertujuan untuk menurunkan temperatur kabin mobil yang terparkir di tempat terbuka sehingga diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan serta penghematan energi.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari uraian latar belakang diatas, maka terdapat beberapa masalah yang dapat diidentifikasi diantaranya sebagai berikut.

1. Meningkatnya jumlah kendaraan, namun tidak dilengkapi dengan fasilitas parkir yang terlindung dari sinar matahari.
2. Meningkatnya temperatur kabin mobil ketika sedang terparkir di tempat terbuka, sehingga memunculkan risiko kerusakan komponen interior mobil, dan risiko kesehatan akibat peningkatan temperatur pada kabin mobil yang diparkir.
3. Peningkatan beban pendingin pada kendaraan dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar.
4. Menutup mobil menggunakan *cover* masih belum cukup untuk mencegah peningkatan temperatur dalam kabin.
5. Penggunaan pendingin termoelektrik yang belum optimal, sehingga dibutuhkan peningkatan kemampuan pendingin termoelektrik salah satunya yaitu mengombinasikannya dengan sistem pendingin evaporatif.
6. Konsumsi daya pendingin termoelektrik masih cukup tinggi, jika konfigurasi yang diterapkan masih belum sesuai.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini objek permasalahan dibatasi agar bahasan penelitian dan hasil yang didapatkan relevan dan spesifik. Berikut batasan-batasan masalah pada penelitian ini.

1. Sistem pendingin dibuat dalam skala laboratorium, berukuran 1:9 dari ukuran sebenarnya.
2. Penggunaan modul termoelektrik dibatasi sampai 2 tingkat.
3. Penelitian berfokus pada penurunan temperatur, tanpa membatasi kelembapan relatif akibat pendinginan evaporatif.
4. Pendingin evaporatif yang diterapkan merupakan jenis pendingin evaporatif langsung (*direct evaporative cooling*).
5. Pengambilan data dilakukan di luar ruangan yang terpapar langsung sinar matahari agar merepresentasikan kondisi sebenarnya.

1.4 Perumusan Masalah

Untuk memudahkan proses penelitian, terdapat beberapa rumusan masalah yang dinyatakan dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan sistem *evaporative cooling* pada sistem pendingin kombinasi termoelektrik dan *evaporative cooling* terhadap penurunan temperatur kabin mobil yang sedang parkir?
2. Bagaimana performa sistem pendingin kombinasi berbasis termoelektrik dan *evaporative cooling* terhadap penurunan risiko bahaya kesehatan, kerusakan komponen interior mobil, dan temperatur dalam kabin mobil yang diparkir?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penambahan sistem *evaporative cooling* pada kombinasi sistem pendingin berbasis termoelektrik dan *evaporative cooling*.
2. Menggunakan teknologi pendingin termoelektrik atau evaporatif pada kabin mobil untuk menurunkan suhu, mencegah kerusakan interior, dan mengurangi risiko masalah kesehatan.
3. Melakukan optimalisasi dan efisiensi energi untuk mendinginkan kabin mobil yang terparkir.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Mengurangi risiko munculnya gas-gas yang dapat membahayakan pengguna dan menjaga kondisi interior mobil.
2. Membantu mengurangi konsumsi energi untuk mendinginkan kabin mobil.
3. Meningkatkan kenyamanan pengguna dengan kondisi dalam kabin yang dijaga kesejukannya ketika parkir.
4. Mengetahui pengaruh penambahan *evaporative cooling* terhadap penurunan temperatur dalam kabin.