

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mobil merupakan salah satu moda transportasi yang banyak digunakan di Indonesia karena fungsinya dalam memudahkan manusia untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, pada tahun 2021 perkembangan jumlah mobil sebesar 21.950.275 unit meliputi mobil penumpang, mobil bis, dan mobil barang [1]. Penggunaan mobil di Indonesia selain untuk perpindahan manusia digunakan juga dalam melakukan perpindahan barang. Mobil yang digunakan untuk melakukan perpindahan barang salah satu jenisnya yaitu mobil jenis *pick up* atau mobil barang dengan jenis bak terbuka. Mobil menjadi kendaraan yang memanfaatkan bahan bakar fosil sebagai sumber tenaga utama, penggunaan bahan bakar fosil secara berkelanjutan telah menyebabkan cepat habisnya sumber daya tersebut dan menyebabkan pencemaran lingkungan. Dalam beberapa tahun terakhir permintaan bahan bakar fosil untuk mobil (minyak) menyumbang 38% dari permintaan minyak global setiap tahunnya dan mobil juga menyumbang emisi CO² sebanyak 16,4% dari emisi global yang dapat menyebabkan krisis energi di dunia. Sementara itu, krisis energi dan pencemaran lingkungan dapat dikurangi dengan menggunakan teknologi yang lebih ramah lingkungan salah satunya seperti kendaraan listrik *hybrid* [2], [3], [4].

Mobil *pick up* sangat banyak digunakan karena bentuk dan fungsinya dalam memindahkan barang sangat baik. Namun, di Indonesia masih banyak mobil *pick up* tidak menggunakan *air conditioning* (AC). Hal ini dikarenakan penggunaan AC pada mobil *pick up* dapat menimbulkan RPM pada mobil lebih tinggi dan menyebabkan konsumsi bahan bakar menjadi lebih boros. Daya yang dihasilkan juga menjadi lebih rendah ketika kondisi AC menyala [5]. Karena tidak adanya AC pada mobil *pick up* berdampak pada kenyamanan supir yang mengakibatkan beban kerja bertambah. Mobil *pick up* sama seperti pada mobil penumpang yang menggunakan mesin konversi energi jenis motor bakar dalam pengoperasiannya, pada proses pembakaran bahan bakar di mesin pembakaran dalam, menghasilkan limbah panas berkisar antara 30-40% [6]. Karena limbah panas yang dihasilkan

masih sangat tinggi, hal itu dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan teknologi *thermoelectric generator* yang kemudian dapat dijadikan sumber energi untuk menngoperasikan AC pada mobil *pick up*.

Teknologi *Thermoelectric Generator* (TEG) merupakan teknologi yang efektif dalam mengambil panas dari gas buang mobil atau knalpot dengan mengubahnya langsung menjadi tenaga listrik melalui efek *Seebeck* [3]. Keunggulan dari TEG yaitu tidak adanya bagian yang bergerak, senyap ketika beroperasi, dan perawatan yang sederhana [4]. Daya listrik yang dihasilkan oleh TEG dipengaruhi oleh adanya perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin dari TEG.

Banyak peneliti telah melakukan upaya untuk memaksimalkan daya keluaran listrik dari TEG dengan memanfaatkan gas buang mobil atau knalpot Kim et al. [7] menambahkan *heating block* dan *heatsink* diantara *thermoelectric module* (TEM) yang berfungsi untuk memperbesar beda temperatur. Pada saat akselerasi mobil 120 km/h didapatkan beda temperatur 106.4°C dan daya maksimal 3,199 Watt. Cao et al. [8] menambahkan *heatpipe* dalam melakukan peningkatan perpindahan panas, dan mempelajari pengaruh kedalaman pemasangan *heat pipe* dan sudut antara *heat pipe* dengan arah aliran gas buang terhadap kinerja TEG, didapatkan hasil maksimal keluaran daya sebesar 13,08 W. Sukarno [9] melakukan penelitian pada panas buang knalpot sepeda motor menggunakan TEG dengan konstruksi *theroelectric module* (TEM) ditempelkan dengan dudukan *heatsink* sisi panas (*Hot Sink*) yang bersinggungan langsung dengan knalpot dan *heatsink* sisi dingin (*Cold Sink*) yang berfungsi untuk mengendalikan temperatur dari TEM pada sisi dingin agar temperaturnya dapat serendah mungkin, didapatkan hasil arus listrik terbesar pada pengujian putaran mesin 3000 rpm yaitu sebesar 205 mA. Thong et al. [10] membuat konstruksi TEG dengan menambahkan *heatsink* pada sisi panas dan sisi dingin dari TEM. Konstruksi knalpot yang dibuat sebagai sumber panas juga diberikan cekungan berbentuk kotak agar dinding knalpot dapat bersentuhan langsung dengan *hot side heatsink* (HSH). Variasi jumlah sirip pada *heatsink* yang dilakukan sebagai pengujian untuk mendapatkan hasil yang paling optimal dari

konstruksi yang sudah dirancang. *Output power* terbesar yang dihasilkan yaitu sebesar 14,1 W pada kecepatan 60 km/h dengan konstruksi (HSH) yang memiliki jumlah sirip sebanyak 21 sirip dan (CSH) sebanyak 31 sirip. Gürbüz et al. [11] membuat konstruksi dari TEG dengan tiga lapisan yaitu sumber panas berbentuk persegi panjang yang disebut *ex_hex* yang diapit bagian atas bawahnya dengan TEM dan sumber dingin yang disebut *ec_hex*. *Ec_hex* didesain berbentuk persegi panjang dimana didalamnya terdapat pipa berbentuk labirin berbahan tembaga. Pada *ec_hex* dialirkan *engine coolant* di dalamnya dan pada pipa tembaga dialirkan propane. Berdasarkan konstruksi tersebut didapatkan hasil *output* sebesar 90,2 W DC pada pengujian 4500 rpm. Wang et al. [12] membuat konstruksi TEG berbentuk dinding balok yang ditaruh di dalam konstruksi knalpot berbentuk balok yang lebih besar. Tujuan pembuatan konstruksi tersebut adalah untuk memberikan pendinginan secara langsung dengan dialiri air di dalam dinding balok TEG, konstruksi ini disebut dengan *Automotive Direct Coolant Thermoelectric Generator* (ADCTEG). Hasil yang didapat yaitu 29,15 W dan efisiensi konversi rata-rata sebesar 3,17% dari konstruksi ADCTEG.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, penelitian yang dilakukan oleh Thong et al. [10] memiliki konstruksi TEG berupa sambungan bagian knalpot dengan penambahan *heatsink*, variasi jumlah sirip pada *heatsink* diberikan pada penelitiannya dan mendapatkan hasil keluaran daya yang berbeda beda. Lalu penelitian yang dilakukan Cao et al. [8] dengan konstruksi TEG berupa sambungan bagian knalpot yang ditambahkan *heat pipe* berjenis *heat pipe* standar ditaruh di dalam bagian konstruksi TEG bertujuan untuk meningkatkan kinerja perpindahan panas untuk TEM dan dapat menghasilkan daya sebesar 13,08 W. Oleh karena itu penulis melakukan perancangan struktur knalpot berupa sambungan bagian knalpot. Terdapat 4 variasi konstruksi yang dilakukan eksperimen berfokus pada keluaran daya maksimal dari *thermoelectric generator* (TEG). Penelitian yang dilakukan oleh Kim et al. [7] mengenai daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan dua *thermoelectric cooler* (TEC) untuk pendinginan individu pada mobil secara optimal, dan didapatkan hasil yaitu dibutuhkan daya sebesar 25,4 W. Maka dari itu, eksperimen yang dilakukan pada keempat konstruksi TEG yang telah diusulkan juga untuk mengetahui konstruksi mana yang mampu menghasilkan daya

untuk mengoperasikan sistem pendingin individu pada mobil berbasis *thermoelectric cooler* dan kipas.

1.2 Identifikasi Masalah

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

1. Limbah panas knalpot yang dihasilkan dari sistem pembakaran bahan bakar masih besar berkisar antara 30-40%
2. Penggunaan *Air Conditioning* (AC) pada mobil *pick up* akan menyebabkan RPM lebih tinggi dan lebih boros bahan bakar
3. Dibutuhkan teknologi yang dapat memanfaatkan limbah panas knalpot menjadi energi listrik
4. Kemampuan *Thermoelectric Generator* (TEG) dalam menghasilkan daya listrik maksimal

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Pengujian dilakukan pada jenis struktur knalpot berupa sambungan dudukan secara langsung dengan empat jenis konstruksi TEG, yaitu 6 TEG ditambahkan *heatsink*, 6 TEG ditambahkan *heatpipe*, 12 TEG ditambahkan *heatpipe*, dan 12 TEG ditambahkan *heatpipe* dan kipas.
2. Pengujian yang dilakukan hanya skala lab dengan konveksi udara alami yang ada di ruangan lab dan pada temperatur ruangan lab yang konstan.
3. Sumber energi panas yang digunakan berasal dari *heater* yang dapat diatur menggunakan *temperature controller* dengan variasi temperatur 100°C, 120°C, 140°C, 160°C, dan 180°C.
4. Pengujian difokuskan pada beda temperatur dan daya listrik yang dihasilkan oleh TEG.

1.4 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang yang disampaikan, maka akan muncul permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh dari perbedaan setiap konstruksi TEG dalam menghasilkan perbedaan temperatur antara sisi panas TEG dan sisi dingin TEG?
2. Bagaimana pengaruh setiap konstruksi TEG pada masing-masing struktur knalpot dalam menghasilkan keluaran daya listrik maksimal?
3. Bagaimana pengaruh *heatpipe* terhadap kinerja perpindahan panas pada TEG?
4. Apakah setiap konstruksi pada masing-masing struktur knalpot dapat menghasilkan daya listrik yang mampu mengoperasikan *Air Conditioning* (AC) pada mobil *pick up* berbasis *Thermoelectric Cooler*

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini diantaranya:

1. Menganalisis pengaruh kenaikan temperatur terhadap energi listrik yang dihasilkan oleh kinerja TEG pada setiap konstruksi yang diusulkan.
2. Menganalisis pengaruh *heat pipe* terhadap kinerja TEG dalam menghasilkan daya listrik.
3. Menganalisis perbedaan secara statistik dari setiap jenis konstruksi TEG yang diusulkan dalam menghasilkan daya listrik menggunakan uji anova.

1.6 Manfaat Penelitian

Sebagai peran nyata dalam pengembangan teknologi khususnya di bidang konversi energi, maka penulis berharap dapat mengambil manfaat dari penelitian pada tugas akhir ini, diantaranya yaitu:

1. Sebagai literatur pada penelitian sejenis mengenai pengembangan teknologi khususnya di sistem pembangkit daya listrik yang bersumber dari panas.

2. Sebagai informasi bagi pengembangan sistem pemabangkit listrik yang memanfaatkan panas buang knalpot.
3. Sebagai informasi untuk meningkatkan pengetahuan bagi peneliti dalam bidang pengujian sistem pemabangkit listrik berbasis teknologi *thermoelectric generator* (TEG) dan *heat pipe*.

