

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Perkembangan industri otomotif dari tahun ke tahun berkembang sangat pesat. Perkembangan ini sejalan dengan meningkatnya kebutuhan energi yang efisien dan ramah lingkungan (Bhakta dan Kundu, 2024). Hal ini mendorong berkembangnya inovasi dalam pemanfaatan energi yang terbuang sia-sia. Khususnya pada kendaraan bermotor berbahan bakar fosil atau *internal combustion engine*. Ketika kendaraan bermotor digunakan kemudian meningkatnya beban mesin, suhu gas akhir pembakaran akan meningkat, dan panas ini akan dibuang dan hilang melalui *exhaust manifold* (Karabulut dkk., 2024). Dalam sistem pembakaran *internal combustion engine*, sekitar 50% dari energi yang dihasilkan oleh mesin terbuang melalui sistem pendingin dan sistem pembuangan (Ponnusamy dkk., 2018). Hal ini menyebabkan kehilangan energi yang cukup besar. Memanfaatkan panas buang yang dihasilkan mesin secara efektif merupakan langkah penting untuk meningkatkan efisiensi energi (Zhu dkk., 2024).

Energi panas yang dibuang melalui pipa knalpot ini memiliki potensi untuk dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan menggunakan *Thermoelectric generator* (TEG). TEG adalah perangkat yang bisa mengonversi panas menjadi energi listrik secara langsung melalui fenomena yang disebut dengan efek *seebeck* (Zoui dkk., 2020). Perubahan energi panas menjadi listrik ini bergantung pada perbedaan suhu antara sisi panas (*hot side*) dan sisi dingin (*cooling side*) yang dimaksimalkan (Gürçan dan Yakar, 2025).

Selain memanfaatkan panas dari *exhaust manifold*, perbedaan suhu yang dibutuhkan TEG juga dapat diperoleh dengan menggunakan aliran bahan bakar yang dialirkan melalui *heat exchanger*. Penggunaan pendingin dari aliran bahan bakar lebih unggul daripada menggunakan sistem pendingin *heat sink* kipas (Atmoko dkk., 2022). Hal ini mampu menjaga suhu rendah secara stabil, sehingga menghasilkan perbedaan suhu maksimum yang diperlukan untuk output tegangan yang optimal.

Penelitian AlHidayat dkk. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan empat modul TEP-142 T300 pada knalpot motor replika dapat menghasilkan

tegangan maksimum 8 volt tanpa beban, dan 5 volt dengan beban lampu LED 5 V, dengan daya sekitar 0,34 watt. Penelitian ini memperkuat bahwa energi panas buang dari kendaraan bermotor dari *exhaust manifold* dapat dikonversi secara nyata menjadi energi listrik melalui TEG, meskipun efisiennya sangat berpengaruh oleh manajemen suhu di sisi dingin (Cooling side).

Studi lain oleh Bonardo dkk. (2021) merancang pembangkit listrik portabel berbasis *Thermoelectric generator* (TEG) yang memanfaatkan panas buangan knalpot sepeda motor untuk menghasilkan daya hingga ≤ 9 W. Sistem menggunakan 8 modul TEG dengan tipe SP1848-27145 dalam konfigurasi dalam rangkaian seri dan seri-paralel, serta dilengkapi DC/DC converter. Desain alat disesuaikan dengan bentuk knalpot dan mampu mempertahankan ΔT sebesar 60 °C. Hasil menunjukkan bahwa konfigurasi seri lebih optimal dalam mendekati target daya 10 W dengan keandalan dan proteksi sistem yang baik.

Oleh karena itu, penggabungan antara panas buang pada *exhaust manifold* dan pengaturan aliran bahan bakar atau pendingin sebagai sistem manajemen suhu menjadi fokus utama dalam pengembangan TEG yang lebih efisien dan aplikatif untuk kendaraan. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pembangkit listrik berbasis *Thermoelectric generator* (TEG) dengan memanfaatkan panas dari *exhaust manifold* dan aliran bahan bakar menjadi solusi inovatif dalam pemanfaatan energi terbuang pada kendaraan dan turut serta dalam pengembangan teknologi energi alternatif yang efisien dan berkelanjutan.

I.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah merujuk pada latar belakang yang telah penulis dideskripsikan sebelumnya Adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh debit aliran bahan bakar terhadap perpindahan panas yang dihasilkan?
2. Pada variasi debit aliran bahan bakar tertentu, konfigurasi rangkaian modul TEG (seri atau Paralel) manakah yang menghasilkan daya Listrik paling optimal?

I.3. Batasan Masalah

Berdasarkan beberapa rumusan masalah, untuk memperoleh hasil penelitian yang detail dari penelitian yang luas maka perlu dibuat suatu Batasan masalah, antara lain :

1. Jenis kendaraan yang digunakan yaitu sepeda motor 4-tak berbahan bakar bensin konvensional.
2. Modul TEG yang digunakan tipe TEG SP-1848.
3. Tidak dilakukan integrasi langsung ke sistem kelistrikan utama kendaraan.

I.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah di sampaikan, Adapun tujuan penelitian yaitu :

1. Menganalisis pengaruh debit aliran bahan bakar terhadap perpindahan panas pada sistem *Thermoelectric generator* (TEG).
2. Menentukan konfigurasi rangkaian modul *Thermoelectric generator* (Seri atau Paralel) yang menghasilkan daya listrik paling optimal pada variasi debit aliran bahan bakar tertentu.

I.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari melakukan penelitian ini antara lain :

1. Menambah wawasan tentang pemanfaatan energi sisa pada kendaraan bermotor.
2. Menjadi solusi alternatif pembangkit listrik tambahan pada kendaraan.
3. Mendukung pengembangan kendaraan hemat energi dan ramah lingkungan.

I.6. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disusun menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi menjelaskan studi yang relevan, kajian-kajian pustaka dan teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini guna menambah referensi dan rujukan dalam penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi lokasi penelitian dan waktu penelitian, jenis penelitian, alat dan bahan penelitian, diagram alir penelitian, prosedur pengambilan dan pengumpulan data, dan metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan dari hasil tersebut. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kemudian di analisis untuk menjawab rumusan masalah.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, yaitu secara langsung menjawab rumusan masalah. Selain itu, pada bab ini juga membuat saran yang ditunjukkan untuk penelitian selanjutnya atau perbaikan dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Bab ini berisi sumber referensi yang digunakan untuk mendukung penulisan skripsi ini.

LAMPIRAN

Lampiran berisi data dan dokumentasi pendukung penelitian yang tidak dimasukkan ke dalam bab utama.