

Pemanfaatan Panas Buang Knalpot Sepeda Motor Menggunakan Termoelektrik

Abdurrahman Faiz ^{1*}, Fachrul Hidayah ², Muh. Yusuf Yunus ³, Chandra Bhuana ⁴ dan Marhatang ⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*Email korespondensi: hidayahfahrul23@gmail.com

Abstract : *This study investigates the utilization of motorcycle exhaust heat using a Thermoelectric Generator (TEG) as an alternative energy source. Twelve SP1848-27145 TEG modules were installed on the exhaust pipe with aluminum plates and heatsinks. Tests were conducted at idle and running conditions with engine speeds of 2000, 2500, and 3000 rpm. The highest voltage of 7.59 V was achieved at 3000 rpm under no-load conditions, and the maximum power output of 3.78 W occurred at 2500 rpm under load. The results demonstrate that motorcycle exhaust heat can be converted into electrical energy through TEGs, providing a supplementary energy source. However, optimization is needed to increase efficiency and power stability.*

Keywords: *Thermoelectric Generator; Exhaust Heat Recovery; Alternative Energy*

Abstrak: Penelitian ini membahas pemanfaatan panas buang knalpot sepeda motor menggunakan Thermoelectric Generator (TEG) sebagai sumber energi alternatif. Sebanyak 12 modul TEG tipe SP1848-27145 dipasang pada pipa knalpot dengan media plat aluminium dan heatsink. Pengujian dilakukan pada kondisi motor diam dan berjalan dengan variasi putaran mesin 2000 rpm, 2500 rpm, dan 3000 rpm. Tegangan tertinggi sebesar 7,59 Volt diperoleh pada kondisi motor diam tanpa beban pada putaran 3000 rpm, sedangkan daya tertinggi sebesar 3,78 Watt terjadi pada kondisi berbeban di 2500 rpm. Hasil menunjukkan bahwa panas buang knalpot dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui TEG sebagai sumber energi tambahan. Namun, diperlukan optimalisasi sistem pendinginan dan jumlah modul untuk meningkatkan efisiensi dan kestabilan daya.

Kata kunci : Termoelektrik; Panas Buang; Energi Alternatif

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan modern yang terus mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan teknologi, industri, serta aktivitas masyarakat. Sebagian besar pasokan energi listrik di dunia masih bergantung pada sumber energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Ketergantungan terhadap sumber energi tersebut tidak hanya menimbulkan masalah keterbatasan sumber daya, tetapi juga memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti peningkatan emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara [1]. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengembangkan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan serta mampu memanfaatkan energi yang sebelumnya terbuang.

Salah satu potensi energi yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah energi panas buang yang dihasilkan dari berbagai proses industri maupun sistem transportasi. Pada kendaraan bermotor, khususnya sepeda motor, sebagian besar energi dari proses pembakaran bahan bakar dilepaskan ke lingkungan dalam bentuk panas melalui sistem knalpot dan sistem pendingin mesin. Panas buang tersebut sebenarnya masih memiliki potensi energi yang cukup besar apabila dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui teknologi yang tepat [2].

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk memanfaatkan panas buang adalah Thermoelectric Generator (TEG). Teknologi ini bekerja berdasarkan efek Seebeck, yaitu fenomena munculnya tegangan listrik akibat adanya perbedaan suhu antara dua sisi material termoelektrik. Ketika salah satu sisi modul termoelektrik dipanaskan dan sisi lainnya didinginkan, maka akan terjadi aliran elektron yang menghasilkan tegangan listrik [3]. Keunggulan teknologi termoelektrik antara lain tidak

memiliki bagian yang bergerak, memiliki ukuran relatif kecil, serta dapat bekerja secara langsung tanpa memerlukan proses konversi energi tambahan [4].

Pemanfaatan teknologi termoelektrik untuk memanfaatkan panas buang telah banyak diteliti dalam berbagai aplikasi, termasuk pada sistem pembangkit listrik skala kecil dan pemanfaatan panas buang kendaraan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemasangan modul termoelektrik pada sistem knalpot kendaraan mampu menghasilkan energi listrik tambahan yang dapat digunakan untuk mendukung sistem kelistrikan kendaraan maupun aplikasi elektronik sederhana [5]. Selain itu, pemanfaatan panas buang kendaraan juga berpotensi meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan karena sebagian energi yang sebelumnya terbuang dapat dimanfaatkan kembali [6].

Namun demikian, salah satu kendala utama dalam pemanfaatan teknologi termoelektrik adalah besarnya energi listrik yang dihasilkan relatif kecil dibandingkan dengan sumber energi konvensional. Kinerja modul termoelektrik sangat dipengaruhi oleh perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin, karakteristik material termoelektrik, serta desain sistem perpindahan panas yang digunakan [7]. Oleh karena itu, analisis terhadap pengaruh perbedaan suhu terhadap tegangan dan daya listrik yang dihasilkan menjadi penting untuk mengetahui efektivitas penggunaan modul termoelektrik pada sistem knalpot kendaraan.

Pada sepeda motor, temperatur gas buang yang keluar dari knalpot dapat mencapai ratusan derajat Celsius tergantung pada kondisi operasi mesin. Kondisi ini memberikan peluang untuk memanfaatkan panas buang sebagai sumber energi bagi modul termoelektrik. Dengan memasang modul TEG pada permukaan knalpot, panas dari gas buang dapat diserap oleh sisi panas modul, sementara sisi lainnya didinginkan menggunakan udara lingkungan atau sistem pendingin tambahan sehingga menghasilkan perbedaan temperatur yang diperlukan untuk menghasilkan energi listrik [8].

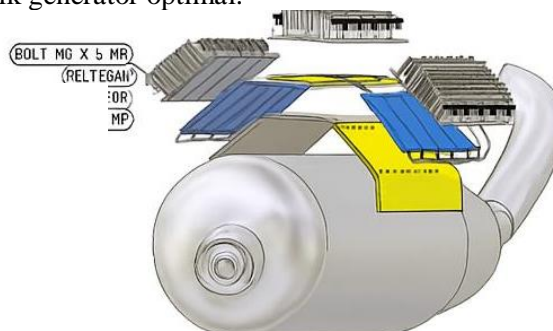
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan panas buang knalpot sepeda motor menggunakan teknologi termoelektrik dengan mempelajari pengaruh perbedaan suhu terhadap tegangan dan daya listrik yang dihasilkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai potensi pemanfaatan energi panas buang pada kendaraan bermotor serta menjadi dasar pengembangan sistem pemanen energi (*energy harvesting*) berbasis termoelektrik pada aplikasi transportasi [9], [10].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Politeknik Negeri Ujung Pandang pada April hingga Juni 2025. Alat utama berupa 12 modul TEG tipe SP1848-27145, heatsink, kipas pendingin, multimeter, dan thermogun. Pengujian dilakukan pada tiga variasi putaran mesin (2000, 2500, dan 3000 rpm) dalam kondisi motor diam dan berjalan. Data yang diukur meliputi temperatur sisi panas dan sisi dingin, tegangan, serta arus listrik baik dalam kondisi berbeban maupun tanpa beban.

A. Tahap Perancangan Alat

Tahap perancangan merupakan proses mendesain alat dengan kata lain membuat pola rancangan alat yang merupakan langkah awal. Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari sistem yang akan berjalan dan mempertimbangkan beberapa rancangan agar pemanfaatan gas buang termoelektrik generator optimal.



Gambar 1. Prototipe Unit Percobaan

Hal-hal yang dilakukan dalam perancangan sistem pembangkit listrik berbasis termoelektrik generator (TEG) dengan memanfaatkan panas gas buang sebagai sumber energi alternatif yaitu bentuk dan penempatan bagian-bagian prototipe sistem pembangkit tersebut. Adapun bagian-bagian yang akan dibuat yaitu :

a. Alat penghubung

Perancangan plat penghubung pada design sistem pembangkit ini merupakan bagian yang dihubungkan langsung dengan knalpot motor dan berfungsi sebagai media penghantar panas dari knalpot ke Peltier, serta berfungsi untuk mengisi celah karena knalpot memiliki bidang yang melengkung, plat yang digunakan adalah plat nikel agar tidak mudah korosi. Plat nikel diukur sesuai ukuran yang diperlukan, menggunakan mistar, kemudian di tandai menggunakan spidol

b. *Peltier*

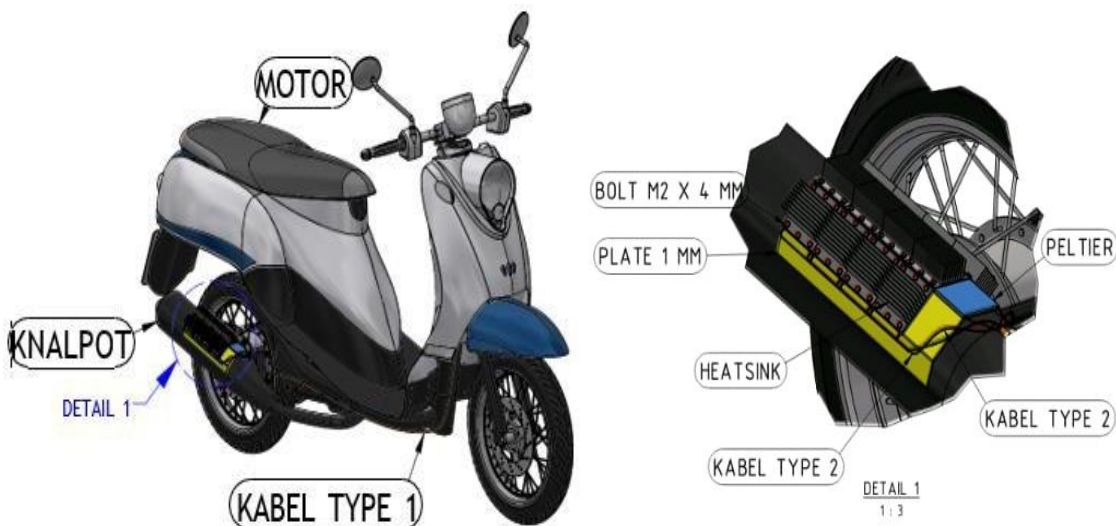
Pemasangan peltier disetiap sisi pada plat nikel yang terhubung ke knalpot serta dihubungkan dengan rangkaian seri , untuk mendapatkan tegangan dan arus yang diinginkan.

c. *Heatsink*

Heatsink yang digunakan adalah heatsink yang sudah memiliki termal pada M3, jadi heatsink hanya tinggal ditempelkan pada peltier, berfungsi sebagai sisi pendingin pada peltier, didinginkan menggunakan udara ketika motor sudah berjalan.

B. Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian pada system pembangkit Listrik berbasis termoelektrik generator (TEG) dengan memanfaatkan panas buang knalpot sepeda motor Adalah sebagai berikut :



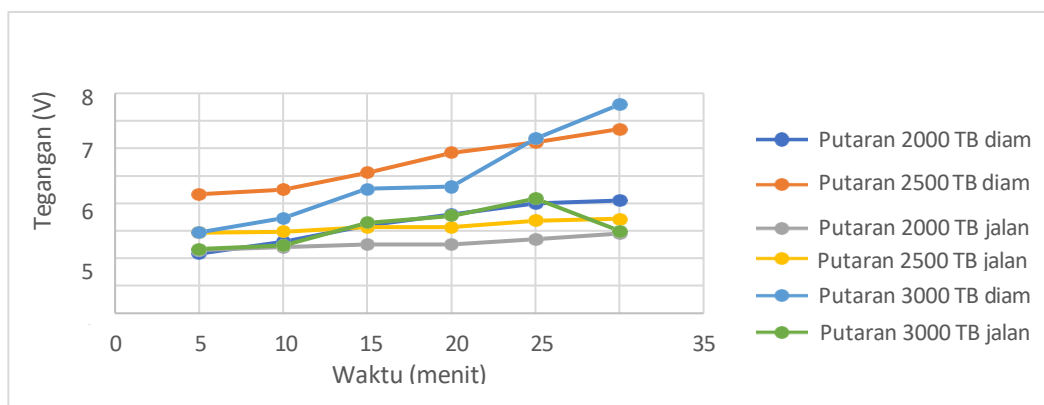
Gambar 2. Pengujian dengan menggunakan indicator berbeban dan tanpa beban

1. Menyiapkan peralatan uji dan alat ukur.
2. Merangkai peralatan pengujian “Pembangkit listrik berbasis termoelektrik generator (TEG) dengan memanfaatkan panas buang pada knalpot sebagai sumber energi alternatif “.
3. Sebelum mesin dinyalakan, memastikan beda temperatur antara sisi modul dalam keadaan 0°C.
4. Menghidupkan mesin dan mengatur pada putaran idle, 2000 rpm, 2500 rpm, dan 3000 rpm. Diwaktu yang sama start pembacaan data. Pengujian dilakukan selama mesin dinyalakan juga berjalan dan pengujian di lakukan setiap 30 menit dan pengujian dengan beban charger di laksanakan dengan keadaan dim dengan variasi putaran yang sama

- dengan waktu yang dilakukan 30 menit.
5. Mengukur temperatur sisi panas kenalpot dan sisi dingin heatsink menggunakan thermogun lalu masukkan dalam tabel pengujian.
 6. Mengukur volt (tanpa beban), volt dan ampere (berbeban) pada percobaan secara seri.
 7. Kemudian mesin dimatikan, untuk pencatatan.
 8. Menunggu hingga temperatur antara sisi dingin dan sisi panas dalam keadaan sama ($\Delta T = 0^\circ\text{C}$), kemudian pengujian diulangi lagi untuk variasi selanjutnya.

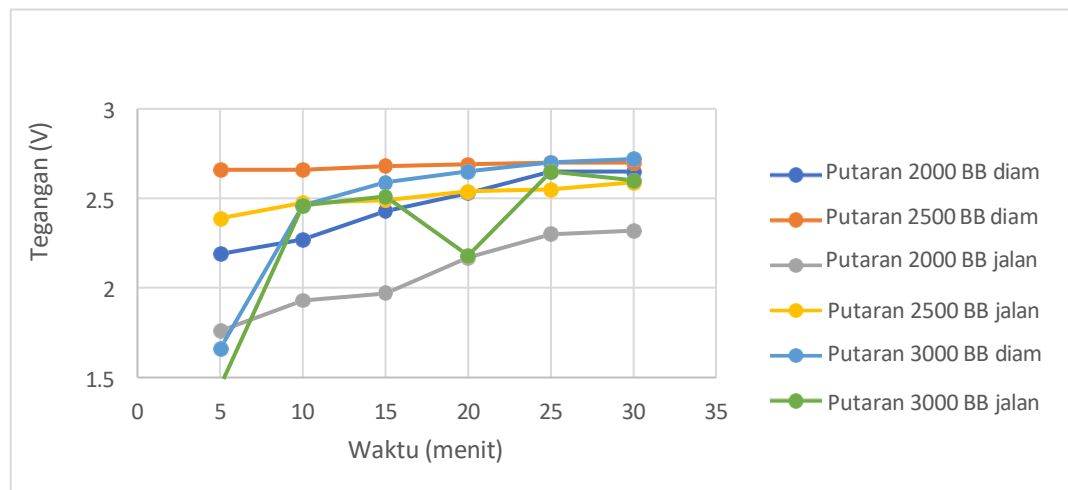
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan pada kondisi motor tidak dijalankan dan di jalankan mulai dari putaran idle 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm , waktu pengukuran mulai dari detik ke-0 Sampai detik ke 1800 (30 Menit). Dari pengujian yang telah dilakukan bisa dilihat bagaimana pengaruh putaran mesin terhadap suhu pada knlapot, sisi panas dan sisi dingin TEG seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.2. Hubungan Tegangan Yang Dibangkitkan Terhadap Waktu Pengukuran Tanpa Beban Dalam Keadaan Motor Tidak Berjalan dan Berjalan.

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa hubungan tegangan yang di bangkitkan memiliki perbedaan dari hasil tegangan yang di bangkitkan. Pada Keadaan diam tanpa beban dapat dilihat bahwa pada putaran 2000 rpm, 2500 dan 3000 rpm dapat di bndingkan bahwa tegangan yang di bangkitkan akan semakin naik seiring putaran mesin tinggi maka terjadi perbedaan temperature yang lebih besar pada kedua permukaan termoelektrik dengan bantuan pendingin sirip heastink menggunakan kipas portable . Sedangkan pada putaran 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm dengan kondisi berjalan tanpa beban tegangan yang di bangkitkan lebih cenderung rendah dikarenakan perbedaan temperatur lingkungan serta angin cenderung yang meningkat melewati kenalpot mejadikan temperatur kenalpot dan sirip hestink menjadikan cenderung lebih rendah di bandingkan dengan keadaan diam yang menggunakan kipas portable untuk mendinginan hestinknya, jadi dapat di ketahui bahwa perbedaan tempperatur dari sisi dingin dan panas sangat berpengaruh dslam membangkitkan tengan dan juga dalam keadaan diam tegangan lebih besar yang di bangkitkan di banding dengan keadaan jalan dan pada grafik yang memiliki penurunan menunjukkan bahwa TEG juga memiliki titik jenuh untuk menghasilkan sebuah tegangan.



Gambar 4.3. Hubungan Tegangan Yang Dibangkitkan Terhadap Waktu Pengukuran Berbeban Dalam Keadaan Motor Tidak Berjalan dan Berjalan

Dari gambar 4.3 dapat dilihat grafik menunjukkan bahwa tegangan yang di bangkitkan akan lebih cenderung menurun ketika menggunakan beban dengan lampu led 3,7 Volt, pada putara 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm pada kondisi diam berbeban menunjukkan bahwa semakin besar putaran mesin maka tegangan yang di hasilkan semakin meningkat di karenakan kinerja motor untuk menghasilkan panas semakin besar maka TEG akan menghasilkan tegangan yang akan meningkat akibat perbedaan temperatur sisi panas dan dingin yang meningkat di karenakan sirip hestink menggunakan bantuan pendingin kipas portable, sedangkan untuk putara 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm dalam keadaan berjalan berbeban agak cenderung lebih rendah dikarenakan temperatur lingkungan yang berbeda serta kecepatan angin dapat menurunkan suhu pada knalpot motor tapi memiliki hal yang sama untuk membangkitkan tegangan yaitu semakin meningkat putaran mesin maka tegangan akan semakin besar yang di bangkitkan. Dapat di bandingkan bahwa perbedaan temperatur sangat berpengaruh dalam menghasilkan tegangan dan juga pada kondisi diam dengan bantuan kipas portable untuk mendingkan sirip heatsink sangat berpengaruh di bandingkan dengan keadaan berjalan agak cenderung lebih rendah di banding dalam keadaan diam. Seiring digunakannya alat ini menunjukkan bawah pada TEG juga memiliki titik jenuh untuk menghasilkan sebuah tegang dimana pada grafik menunjukkan penurunan tegangan yang di hasilkan.

Hasil ini cukup bagus untuk penggunaan 12 modul TEG. Tegangan ini mungkin masih bisa dinaikkan jika proses pendinginan pada sisi dingin bisa lebih optimal. Dengan peningkatan kinerja alat penukar kalor pada sisi dingin, dan penambahan jumlah modul, diharapkan bisa meningkatkan besarnya tegangan yang mampu dibangkitkan oleh konstruk TEG.

IV. KESIMPULAN

- 1 Penelitian ini membuktikan bahwa panas buang knalpot sepeda motor dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan Thermoelectric Generator (TEG) berdasarkan efek Seebeck. Sistem yang dirancang menggunakan 12 modul TEG tipe SP1848-27145 yang dipasang pada pipa knalpot motor dengan tambahan heatsink dan kipas pendingin untuk menjaga perbedaan suhu (ΔT).
- 2 Pada kondisi motor diam, tegangan dan daya yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan kondisi motor berjalan. Hal ini karena pendinginan sisi dingin TEG dengan heatsink dan kipas portable bekerja lebih stabil dibandingkan pendinginan alami akibat hembusan angin saat motor berjalan. Tegangan keluaran meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin karena semakin besar panas yang dihasilkan knalpot, maka semakin besar pula perbedaan temperatur pada kedua sisi

modul TEG. Sistem mampu menyalakan lampu LED 3 watt secara stabil, membuktikan bahwa energi yang dihasilkan bisa digunakan untuk kebutuhan listrik tambahan pada motor.

- 3 Pada percobaan berbeban dengan menggunakan beban charger motor menggunakan termoelektrik dengan bantuan Step Up DC Booster input 0,9-5V digunakan pada percobaan ini menghasilkan bahwa untuk pengecasan HP dapat berhasil dengan maksimal.
- 4 Keterbatasan & Tantangan Getaran motor pada putaran tinggi (3000 rpm saat berjalan) mengurangi kinerja TEG bahkan menyebabkan kerusakan modul karena getaran dan suhu yang tidak stabil. Pendinginan sisi dingin (heatsink) belum optimal, sehingga tegangan keluaran masih relatif rendah. Pendinginan yang lebih baik akan meningkatkan kinerja sistem. Daya yang dihasilkan masih kecil, sehingga belum bisa menggantikan sumber listrik utama kendaraan, tetapi cukup sebagai suplai tambahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Energy Agency, *World Energy Outlook 2023*. Paris, France: IEA, 2023.
- [2] R. Saidur, M. Rezaei, W. K. Muzammil, M. H. Hassan, S. Paria, and M. Hasanuzzaman, "Technologies to recover exhaust heat from internal combustion engines," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, no. 8, pp. 5649–5659, 2012.
- [3] D. M. Rowe, *Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2006.
- [4] H. J. Goldsmid, *Introduction to Thermoelectricity*. Berlin, Germany: Springer, 2010.
- [5] M. He, X. Zhang, and J. Li, "Performance analysis of thermoelectric generators applied to automobile exhaust waste heat recovery," *Energy Conversion and Management*, vol. 133, pp. 24–31, 2017.
- [6] G. Min and D. M. Rowe, "Conversion efficiency of thermoelectric generators," *Energy Conversion and Management*, vol. 48, no. 5, pp. 1525–1535, 2007.
- [7] Y. A. Cengel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 8th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2015.
- [8] S. Lineykin and S. Ben-Yaakov, "Modeling and analysis of thermoelectric modules," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 43, no. 2, pp. 505–512, 2007.
- [9] J. Yang and T. Caillat, "Thermoelectric materials for space and automotive power generation," *MRS Bulletin*, vol. 31, no. 3, pp. 224–229, 2006.
- [10] B. Orr, A. Akbarzadeh, P. Mochizuki, and R. Singh, "A review of car waste heat recovery systems utilising thermoelectric generators and heat pipes," *Applied Thermal Engineering*, vol. 101, pp. 490–495, 2016.