

PEMANFAATAN PANAS BLOK MESIN DAN KNALPOT SEPEDA MOTOR SEBAGAI PENGHASIL SUMBER ENERGI LISTRIK BERBASIS TERMOELEKTRIK GENERATOR

Restiyanti Kobandaha, Asri Arbie dan Dewa Gede Eka Setiawan

*Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jendral Sudirman, Gorontalo, 96128, Indonesia
E-mail: restiyanti.kobandaha@gmail.com*

Abstrak

Penelitian ini memanfaatkan energi panas yang dihasilkan dari mesin kendaraan motor guna mendapatkan energi listrik. Desain perancangan konversi Energi yaitu dengan memperoleh energi panas dikonversi menggunakan Termoelektrik Generator (TEG). Pemasangan TEG dirancang pada knalpot dan blok mesin sepeda motor serta divariasikan susunan dan jumlah kepingannya. Posisi dan kedudukan TEG disusun secara seri dan paralel pada blok mesin dan knalpot. pengukuran rancangan untuk variasi kecepatan keadaan awal knalpot dan blok mesin dimulai pada rentang suhu 35-37°C. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin besar jumlah termoelektrik generator yang dipasang, maka semakin besar pula energi listrik yang diperoleh dalam satuan watt. Dari data yang diperoleh nilai output listrik terbesar dihasilkan oleh 16 keping TEG pada rangkaian seri knalpot yaitu sebesar 0,9326 W, dan pada rangkaian paralel menghasilkan energi sebesar 0,424 W. Untuk rangkaian seri TEG pada blok mesin menghasilkan daya sebesar 0,718 W untuk 5 keping TEG. Untuk rangkaian paralel memperoleh daya sebesar 0,129 W. Efisiensi terbesar pada rangkaian seri di knalpot mencapai 10,198% dan efisiensi rangkaian paralel pada knalpot sebesar 8,005%. efisiensi pada rangkaian seri di blok mesin mencapai 6,322% dan pada rangkaian paralel pada blok mesin mencapai 2,149%. Pada penelitian ini, rangkaian yang disusun secara paralel tidak efisien untuk penghasil energi listrik

Kata kunci: *Termoelektrik generator (TEG); Energi listrik; Rangkaian seri dan paralel*

Abstract

This research utilizes heat energy generated from motorized vehicle engines to obtain electrical energy. The energy conversion design is by obtaining heat energy converted using a Thermoelectric Generator (TEG). The installation of TEG is designed for the muffler and engine block of motorcycles and varies the arrangement and number of pieces. TEG position and position arranged in series and parallel on the engine block and muffler. design measurement for variations in the speed of the initial state of the muffler and engine block starts at a temperature range of 35-37°C. The measurement results show that the greater the number of thermoelectric generators installed, the greater the electrical energy obtained in units of watts. From the data obtained, the largest electrical output value is produced by 16 TEG pieces in the exhaust series circuit, which is equal to 0.9326 W, and in parallel circuits it produces energy of 0.424 W. For the TEG series circuit, the engine block produces a power of 0.718 W for 5 TEG pieces. . For the parallel circuit, it obtains a power of 0.129 W. The greatest efficiency in the series circuit at the exhaust reaches 10.198% and the efficiency of the parallel circuit at the exhaust is 8.005%. efficiency in the series circuit in the engine block reaches 6.322% and in the parallel circuit in the engine block reaches 2.149%. In this study, circuits arranged in parallel are not efficient for producing electrical energy.

Keywords: *Thermoelectric generator (TEG); Electrical energi; series and parallel circuits*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor dalam beberapa tahun ini di Indonesia terus meningkat jika dibandingkan dengan kendaraan lainnya. Sebagian besar

masyarakat Indonesia memilih sepeda motor sebagai sarana transportasi utama dikarenakan cara penggunaannya yang lebih praktis, bentuknya lebih ringkas serta harganya yang relatif lebih murah dibandingkan jenis

kendaraan yang lain. Seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor tersebut, maka tingkat konsumsi energi bahan bakar juga meningkat secara signifikan. Konsumsi bahan bakar pada sebuah mesin pembakaran dalam pada kendaraan bermotor, sebagian panas yang dihasilkan digunakan sebagai output kerja mekanik dan aksesoris, sebagian lagi untuk pendinginan mesin dan kerugian gesekan, dan hampir 40% sisanya dibuang ke atmosfer sebagai gas panas buang melalui knalpot motor [1].

Panas yang dihasilkan oleh sepeda motor dapat dimanfaatkan sebagai penghasil energi listrik. Pemanfaatan ini sangat penting sebagai penunjang kebutuhan dikarenakan kebutuhan listrik yang selalu meningkat seiring berjalannya waktu. Listrik merupakan salah satu kebutuhan yang digunakan untuk memudahkan kehidupan manusia, misalnya untuk penerangan saat malam hari, menjalankan peralatan rumah tangga serta untuk berbagai pekerjaan manusia lainnya. Energi listrik dapat dihasilkan dari berbagai sumber dari yang tidak terbarukan hingga terbarukan, salah satunya dengan mengkonversi energi panas menggunakan Termoelektrik Generator.

Termoelektrik Generator (TEG) merupakan salah satu teknologi pada pembangkitan listrik dari sumber panas. Sampai saat ini pembangkitan listrik dari sumber panas harus melalui beberapa tahap proses. Bahan bakar fosil akan menghasilkan putaran turbin apabila dibakar dengan tekanan yang sangat tinggi. Hasil putaran turbin tersebut akan dipakai untuk memproduksi tenaga listrik. Efisiensi energi pembangkit ini masih rendah akibat beberapa kali proses konversi. Panas yang dihasilkan banyak yang dilepas atau terbuang percuma. Dengan menggunakan termoelektrik, panas yang dihasilkan selama proses diubah menjadi listrik, sehingga panas yang dihasilkan tidak terbuang secara percuma dan energi yang dihasilkan oleh pembangkit menjadi lebih besar, serta efisiensi energi menjadi lebih tinggi [2]. (Eko Naibaho, 2020).

TEG bisa mengubah energi panas menjadi energi listrik secara langsung. Oleh karena itu penulis memanfaatkan penggunaan termoelektrik generator (TEG) sebagai komponen dalam mendapatkan energi terbarukan guna mengatasi berbagai masalah

yang timbul karena adanya krisis energi dan guna memanfaatkan energi panas yang berasal dari kendaraan bermotor. Termoelektrik Generator memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan tidak menimbulkan polusi sehingga sangat ramah lingkungan. Prinsip dasar dari termoelektrik generator adalah memanfaatkan perbedaan suhu yang terjadi di lingkungan menjadi energi listrik. Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai [2]. Dikarenakan banyaknya yang menggunakan sepeda motor dan bisa menghasilkan panas untuk dikonversi, Oleh karena itu peneliti mengambil penelitian tentang termoelektrik generator sebagai pemanfaatan energi panas menjadi energi listrik pada sepeda motor. Ini bisa menjadi energi listrik tambahan yang bisa dihasilkan dari panas sepeda motor, misalkan digunakan sebagai sumber energi alternatif pengganti lampu led, sebagai sistem charger handphone, sebagai pengisian baterai dan masih banyak lagi. Sumber panas yang akan digunakan pada penelitian ini berasal dari panas knalpot dan blok mesin.

Penelitian sebelumnya yang berjudul Exhaust Waste Heat Recovery of I.C Engine By Thermoelectric generator. Penelitian ini memanfaatkan hasil buangan gas panas yang berasal dari mesin diesel untuk menghasilkan energi listrik menggunakan TEG. Hasil penelitian menunjukkan jika perbedaan suhu dinaikkan maka efisiensinya pun akan meningkat. Berdasarkan penelitian ini, dengan menggunakan 4 keping TEG menghasilkan efisiensi sebesar 8,32% [3]. Penelitian serupa juga yang berjudul Exhaust System Generator: Knalpot Penghasil Listrik Dengan Prinsip Termoelektrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Exhaust System Generator dirancang sedemikian rupa agar sebagai generator listrik yang memanfaatkan energi panas pada permukaan knalpot sepeda motor dapat bekerja secara maksimal. Adapun gambar desain rancangan Exhaust System Generator. Dalam pembuatan Exhaust System Generator dilakukan langkah-langkah yang secara garis besarnya dapat diuraikan sebagai berikut: (a) Perencanaan dan perancangan konsep alat, (b) Pengumpulan alat dan bahan, (c) Pembuatan

rangka penyangga, (d) Pemasangan komponen-komponen, (e) Pemasangan pada sepeda motor, (f) Melakukan eksperimen, (g) Pengumpulan data, (h) Pembuatan tabel data, (i) Penarikan kesimpulan [4].

METODE

Pada penelitian ini proses pengambilan data menggunakan data primer (pengambilan secara langsung). Tipe data primer yaitu data yang dikumpulkan dan diolah secara langsung dari objek penelitian. Metode data tipe ini dilakukan dengan mengukur variabel independen dan dependen pada proses pengujian berlangsung yaitu suhu, waktu, kecepatan, tegangan, arus dan daya. Adapun tahapan-tahapan yang harus dilakukan peneliti pada proses pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Memastikan rangkaian komponen sudah terpasang dengan baik dan benar sesuai rancangan.
2. Memastikan multimeter sudah terpasang dengan benar pada daerah yang sesuai dengan rancangan.
3. Pengambilan data dimulai dengan memastikan suhu awal knalpot mencapai 35-37 °C. Kemudian menyalakan motor yang sudah terpasang rangkaian seri termoelektrik generator pada knalpot, namun motor dibiarkan diam atau dengan kecepatan 0 km/jam.
4. Mengambil data tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator termoelektrik pada selang waktu 2 menit hingga 10 menit.
5. Mengubah variasi jumlah TEG dan mengukur kembali arus dan tegangan selama 10 menit.
6. Melakukan pengulangan untuk memvariasikan kecepatan rata-rata motor menjadi 10 km/jam, 20 km/jam, 30 km/jam dan 40 km/jam.
7. Melakukan percobaan langkah 3 sampai 6 untuk rangkaian paralel knalpot
8. Melakukan percobaan 3 sampai 7 untuk rangkaian seri dan paralel pada blok mesin.
9. Data yang akan didapat selanjutnya dianalisis.

Dalam tahap ini, data yang diperoleh diukur secara langsung pada setiap percobaan dengan menggunakan alat pengukuran sesuai dengan parameter pengukuran. Data yang sudah terkumpul pada setiap percobaan akan

dihitung dan dianalisis sehingga dapat diketahui nilai perbandingan energinya, dan didapatkan kesimpulannya. Adapun perhitungan analisis yang digunakan oleh peneliti menggunakan cara sebagai berikut;

1. Menghitung energi listrik yang dihasilkan rangkaian dan yang tersimpan pada baterai dengan menggunakan persamaan berikut.

$$E = V \cdot I \cdot t \tag{1}$$

Keterangan :

E = Energi Listrik (J)

V = Tegangan (V)

I = Kuat Arus Listrik (A)

t = Waktu (s)

2. Menghitung daya yang dihasilkan rangkaian dan yang tersimpan pada baterai dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P = V \cdot I \tag{2}$$

3. Menghitung efisiensi kinerja termoelektrik generator sesuai persamaan berikut.

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \tag{3}$$

Keterangan :

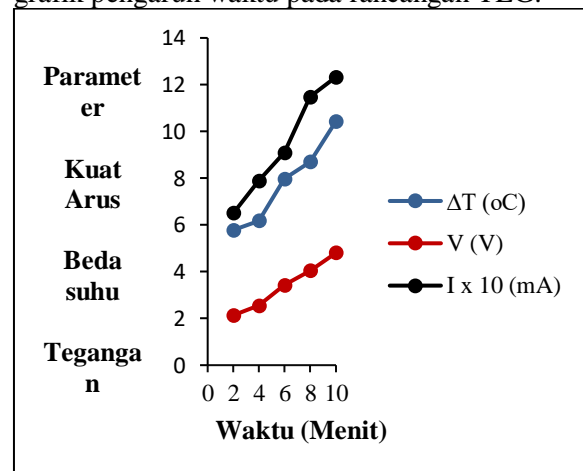
η = Efisiensi Sistem (%)

P_o = Daya Keluaran Sistem (W)

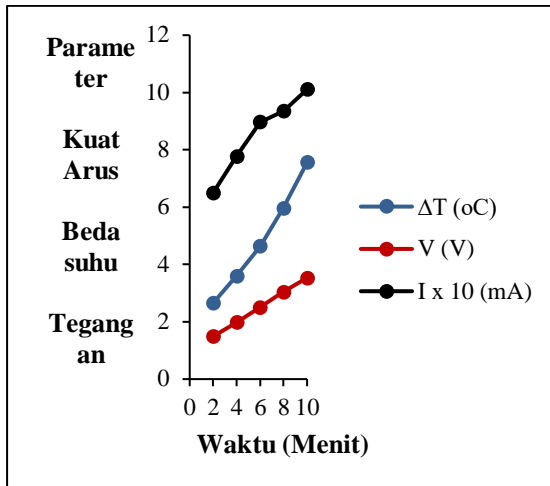
P_i = Daya Masukan Sistem (W) [3].

HASIL DAN PEMBAHASAN

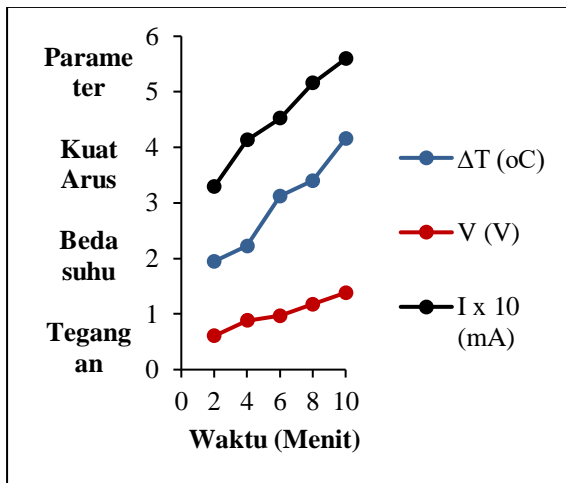
Data yang diperoleh dari penelitian ini berupa arus dan tegangan serta beda suhu antara knalpot/blok mesin dengan pada termoelektrik dengan berbagai variasi diantaranya adalah waktu. Berikut adalah grafik pengaruh waktu pada rancangan TEG.



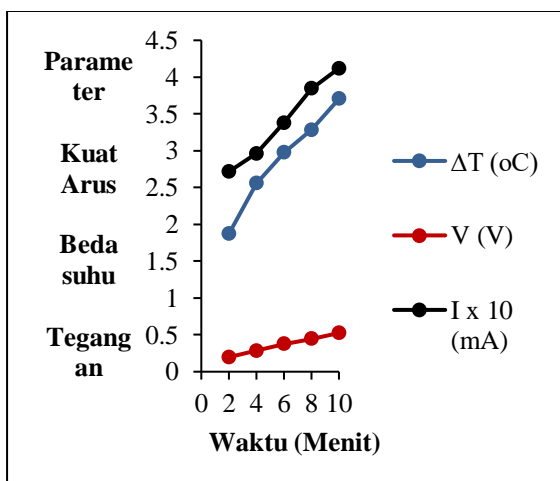
Gambar 1. Grafik pengaruh waktu terhadap beda suhu, tegangan dan kuat arus rangkaian Seri pada knalpot



Gambar 2. Grafik pengaruh waktu terhadap beda suhu, tegangan dan kuat arus rangkaian Pararel pada knalpot



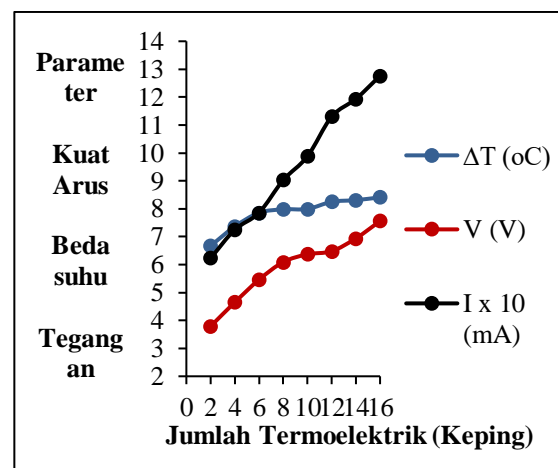
Gambar 3. Grafik pengaruh waktu terhadap beda suhu, tegangan dan kuat arus rangkaian seri pada blok mesin



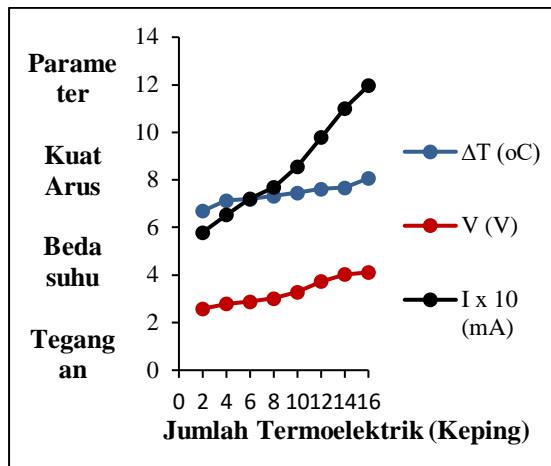
Gambar 4. Grafik pengaruh waktu terhadap beda suhu, tegangan dan kuat arus rangkaian Pararel pada blok mesin

Berdasarkan gambar 1, 2 dan gambar 3, 4, dapat dilihat bahwa pengaruh suhu menyebabkan perubahan suhu, tegangan dan arus yang makin lama makin meningkat. Namun susunan seri pada knalpot dan blok mesin menghasilkan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan susunan paralelnya. Beda suhu, tegangan dan arus yang dihasilkan rangkaian paling besar berada pada menit ke 10 yaitu mencapai 10.44 °C, 4.083 V, dan 123,31 mA pada knalpot yang tersusun seri dan untuk rangkaian seri blok mesin mencapai 4.1599 °C, 1.384 V dan 55.93 mA. Sedangkan untuk rangkaian paralel pada knalpot mencapai peningkatan tertinggi pada menit ke 10 yaitu mencapai 7.56 °C, 3.53 V dan 101.1 mA dan untuk susunan paralel blok mesin mencapai 3.7 °C, 0.5256 V dan 41.2 mA. Adapun nilai yang dihasilkan paling rendah ada pada menit ke 2 yaitu mencapai 5.782 °C, 2.135 V dan 65.03 mA untuk susunan seri knalpot, 1.94 °C, 0.61 V dan 32.89 mA untuk susunan seri blok mesin. Sedangkan untuk susunan paralel pada menit ke 2 mencapai 2.67 °C, 1.49 V dan 62.34 mA pada knalpot dan 1.87 °C, 0.19 V dan 27.156 mA pada susunan paralel blok mesin. Peningkatan tiap 2 menit menghasilkan nilai yang tidak tetap.

Selain pengukuran berdasarkan variasi waktu, yang sangat diperhatikan dari pengukuran ini yaitu dengan melihat hasil dari pengaruh variasi jumlah keping yang diletakkan pada knalpot dan blok mesin.



Grafik 5. Grafik pengaruh jumlah termoelektrik terhadap beda suhu, tegangan dan kuat arus rancangan seri pada knalpot



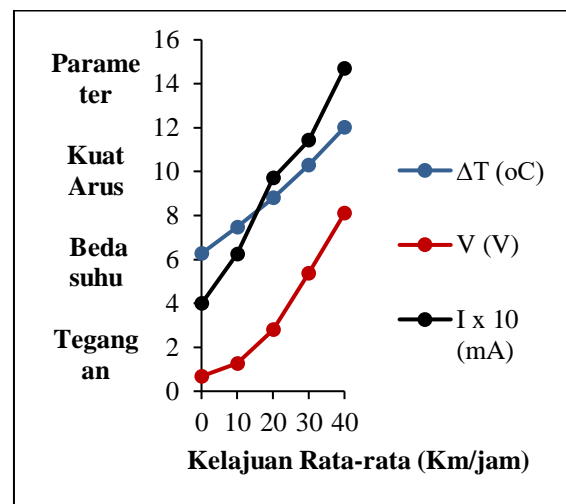
Grafik 6. Grafik pengaruh jumlah termoelektrik terhadap beda suhu, tegangan dan kuat arus rancangan paralel pada blok mesin.

Berdasarkan gambar 5, susunan seri pada knalpot dengan jumlah 2 keping TEG menghasilkan tegangan rata-rata sekitar 2.3 V, arus sebesar 58,62 mA dan beda suhu mencapai 6.672 °C. Dan peningkatan terbesar ada pada 16 keping TEG yang menghasilkan tegangan sebesar 7.56 V, arus sebesar 127.624 mA dan beda suhu 8.41 °C. Sama halnya dengan susunan seri, energi terkecil susunan paralel pada knalpot dihasilkan oleh 2 keping TEG dimana menghasilkan tegangan rata-rata sekitar 2.58 V, arus sebesar 57.95 mA dan beda suhu terkecil mencapai 6.692 °C. Sedangkan untuk energi terbesar pada 16 keping TEG menghasilkan tegangan rata-rata sekitar 4.11 V, arus 119.62 mA dan beda suhu tertinggi mencapai 8.067 °C.

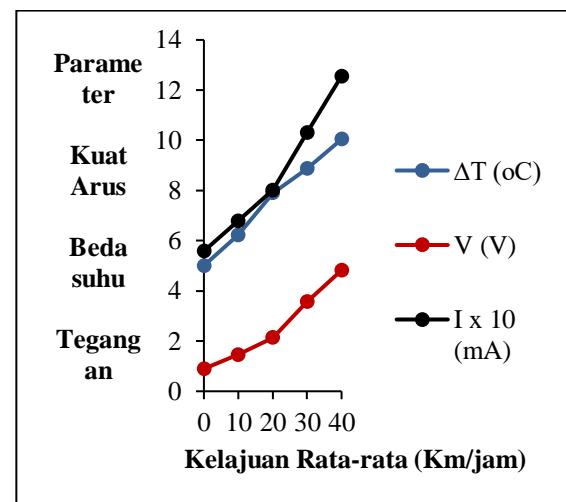
Berdasarkan gambar 6 tegangan dan arus paling besar dihasilkan oleh 5 keping TEG dengan rata-rata tegangan sebesar 2.91 V dan arus 126,904 mA pada rangkaian seri. Pada rangkaian paralel tegangan rata-rata 1.243 V dan arus 104.05 mA. Sedangkan energi paling kecil dihasilkan oleh 2 keping TEG dengan rata-rata tegangan sebesar 1.53 V dan arus 87.452 mA pada rangkaian seri dan pada rangkaian paralel tegangan rata-rata sebesar 0.29 V dan arus 73.292 mA. Dan untuk beda suhu tertinggi yaitu ada pada rangkaian seri mencapai 8.4 °C dan terendahnya mencapai 7.933 °C. Berbeda dengan rangkaian seri, rangkaian paralel menghasilkan nilai beda suhu tertinggi mencapai 8.326 °C dan terendahnya mencapai 7.388 °C. Dari gambar 5

dan 6, keempat grafik mengalami peningkatan yang tidak beraturan.

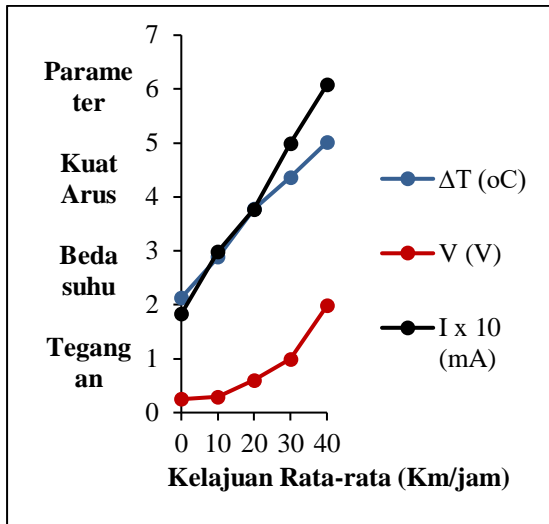
Selain variasi jumlah kepingan TEG dan waktu, data pengukuran rancangan ini diambil juga dari variasi kelajuan rata-rata kendaraan yaitu dimulai dari posisi diam atau kecepatan 0 km/jam, 10 km/jam, 20 km/jam, 30 km/jam hingga 40 km/jam.



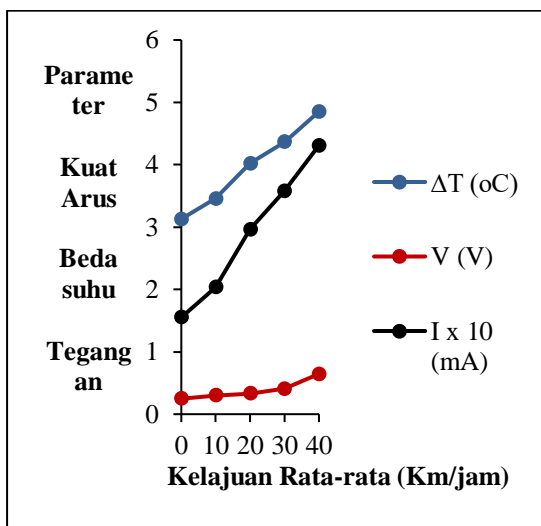
Gambar 7. Grafik pengaruh kelajuan rata-rata terhadap beda suhu, tegangan dan kuat arus secara seri pada knalpot.



Gambar 8. Grafik pengaruh kelajuan rata-rata terhadap beda suhu, tegangan dan kuat arus secara paralel pada knalpot.



Gambar 9. Grafik pengaruh kelajuan rata-rata terhadap beda suhu, tegangan dan kuat arus secara seri pada blok mesin



Gambar 10. Grafik pengaruh kelajuan rata-rata terhadap beda suhu, tegangan dan kuat arus secara paralel pada blok mesin

Berdasarkan gambar 7 dan gambar 8, makin besar kelajuan kendaraan makin besar beda suhu yang dihasilkan sehingga menyebabkan tegangan dan arusnya pun meningkat. rangkaian seri tetap menghasilkan tegangan dan arus yang lebih besar dibandingkan dengan rangkaian paralel. Berdasarkan gambar 7, pada kelajuan 40 km/jam tegangan dan arus yang dihasilkan oleh rangkaian seri knalpot mencapai 8.11 V dan 146.92 mA dengan beda suhu mencapai 12.01 $^{\circ}C$. Sedangkan untuk susunan paralel knalpot tegangannya mencapai 4.821 V dan

arus sebesar 125.6 mA dengan beda suhu 10.04 $^{\circ}C$. Pada kelajuan terendah yaitu 0 km/jam atau dalam keadaan diam, tegangan yang dihasilkan oleh susunan seri knalpot mencapai 0.895 V dan arus 55.87 mA dengan beda suhu 6.27 $^{\circ}C$. Dan untuk susunan paralel knalpot tegangannya mencapai 0.68 V dan arus sebesar 39.85 mA dengan beda suhu mencapai 5.0075 $^{\circ}C$.

Sama halnya dengan variasi kelajuan pada knalpot, pada blok mesin menghasilkan suhu paling tinggi pada kelajuan 40 km/jam dan terendah ada pada posisi diam. Dari gambar 28, pada kelajuan 40 km/jam menghasilkan tegangan 1.98 V dan arus 60.81 mA dengan beda suhu mencapai 5.0125 $^{\circ}C$ pada susunan seri dan pada susunan paralel mencapai 0.646 V dan arus 43.1 mA dengan beda suhu mencapai 4.8525. Pada kelajuan 0 km/jam, tegangan yang dihasilkan mencapai 0.248 V dan arus 18.29 mA pada beda suhu 3.13 $^{\circ}C$ untuk susunan seri dan untuk rangkaian paralel mencapai 0.148 V dan arus 15.52 dengan beda suhu 2.35 $^{\circ}C$. Data keseluruhan dapat dilihat pada lampiran tabel hasil pengukuran.

Efisiensi rancangan TEG pada knalpot dan blok mesin dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Efisiensi Rancangan TEG Pada Knalpot

Susunan Rangkaian	Jumlah TEG	P knalpot (W)	P listrik (W)	η (%)
Seri	2	3.54	0.24	6.67
	4	4.063	0.29	7.137
	6	5.44	0.46	8.455
	8	6.41	0.55	8.58
	10	7.686	0.678	8.823
	12	8.098	0.732	9.035
	14	8.359	0.781	9.340
Paralel	16	9.462	1.077	10.198
	2	2.55	0.150	5.870
	4	2.82	0.182	6.439
	6	3.01	0.208	6.902
	8	3.11	0.223	7.182
	10	3.76	0.281	7.475
	12	3.82	0.294	7.685
14	5.56	0.444	7.979	
16	6.14	0.492	8.005	

Tabel 2. Hasil Pengukuran Efisiensi Rancangan TEG Pada Knalpot

Susunan Rangkaian	Jumlah TEG	P Blok Mesin (W)	P listrik (W)	η (%)
Seri	2	3.21	0.105	3.271
	3	4.15	0.172	4.149
	4	5.01	0.289	5.765
	5	5.85	0.370	6.322
	Paralel	2	2.64	0.021
3		4.31	0.062	1.431
4		5.44	0.095	1.755
5		6.02	0.129	2.149

TEG merupakan suatu komponen yang menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan beda suhu pada permukaannya. Penelitian ini memanfaatkan knalpot dan blok mesin sebagai wadah peletakan rangkaian TEG. Rangkaian yang digunakan adalah rangkaian TEG yang disusun secara seri dan paralel dengan jumlah TEG yang divariasikan. Pada knalpot jumlah TEG divariasikan menjadi 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 dan 16 keping. Hal ini merupakan jumlah yang efisien untuk meletakkan TEG sesuai permukaan dan panjang dari knalpot yang digunakan. Adapun untuk blok mesin jumlah TEG divariasikan menjadi 2, 3, 4 dan 5 keping. Dikarenakan ukuran blok mesin yang kecil sehingga hanya 5 keping yang bisa menampung TEG. Termoelektrik Generator yang divariasikan ini kemudian disusun secara seri dan paralel.

Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data beda suhu, tegangan dan arus listrik dengan variasi waktu, kelajuan rata-rata dan jumlah termoelektrik generator yang disusun secara seri dan paralel. Dari hasil yang didapat semakin lama motor dinyalakan maka akan semakin besar beda suhu TEG yang menyebabkan semakin tinggi pula arus dan tegangan yang dihasilkan rancangan TEG. Hal ini disebabkan perambatan kalor yang berada di knalpot dan blok mesin. Seiring berjalannya waktu maka akan semakin cepat pula perambatannya yang membuat area perambatannya juga makin luas sehingga menyebabkan semakin besar juga perubahan suhu yang dihasilkan oleh rancangan. Namun perpindahan kalor untuk knalpot dan blok mesin itu tidak sama dikarenakan bahannya

yang berbeda, sehingga untuk knalpot bisa menghasilkan suhu mencapai kurang lebih 300°C sedangkan blok mesin yang hanya mencapai kurang lebih hanya 100°C.

Hasil pengambilan data untuk variasi kecepatan yaitu ketika motor dalam keadaan diam, dan bergerak dengan kelajuan rata-rata 10 km/jam, 20 km/jam, 30 km/jam dan 40 km/jam menunjukkan bahwa semakin laju motor maka akan semakin besar pula beda suhu yang dihasilkan oleh rangkaian. Hal ini dikarenakan semakin laju kendaraan bermotor maka makin banyak gas sisa pembakaran mesin yang keluar melalui knalpot dan melewati blok mesin, sehingga hal inilah yang membuat suhunya makin meningkat seiring bertambahnya laju kendaraan. Data hasil pengaruh kecepatan dapat dilihat pada gambar 27 dan gambar 28 yang mana menghasilkan beda suhu rata-rata paling besar ada pada kecepatan 40 km/jam dengan nilai sebesar 12,01 °C. Sedangkan beda suhu terkecil ada pada kecepatan 0 km/jam dengan nilai rata-rata sebesar 5,0075 °C pada knalpot. Dan untuk beda suhu terbesar pada blok mesin mencapai 5,0125 °C pada kelajuan 40 km/jam dan 2,13 °C pada kelajuan 0 km/jam. Begitupun dengan rata-rata beda suhu yang diperoleh selama 10 menit menghasilkan nilai beda suhu terbesar pada kecepatan 40 km/jam dan terendah pada kecepatan 0 km/jam.

Sedangkan untuk pengaruh jumlah keping, berdasarkan gambar 25 dan 26 dapat dilihat bahwa makin sedikit kepingan TEG yang digunakan maka akan makin sedikit pula energi yang dihasilkan. Untuk menghasilkan energi yang besar maka perlu ditingkatkan jumlah keping TEG yang akan digunakan. Dan untuk perbandingan rangkaian seri dan paralel rangkaian, rangkaian seri menghasilkan energi listrik lebih besar dibandingkan dengan rangkaian paralel. Kemungkinan pada rangkaian paralel terjadi arus balik dari listrik yang dihasilkan termoelektrik kepada termoelektrik lainnya, sehingga menimbulkan kerugian daya yang cukup besar. Untuk penelitian selanjutnya mungkin dapat diatasi dengan menambahkan rangkaian penyearah (dioda) pada masing-masing kutub positif dan negatif dari termoelektrik untuk mengantisipasi arus yang kembali ke termoelektrik. Setelah melakukan pengukuran tegangan dan arus rangkaian, selanjutnya dilakukanlah pengujian rancangan sebagai

media penyimpan energi yang ditampung ke dalam baterai. Dari data pengisian baterai pun rangkaian seri menampung lebih banyak energi dibandingkan rangkaian paralel.

Hasil energi listrik yang dihasilkan dapat dibandingkan dengan energi asal sistem. Dari perbandingan ini dapat dilihat efisiensi suatu alat yang digunakan. Dengan adanya efisiensi, pemborosan energi dan capaian penghasil energi yang diukur dapat diidentifikasi. Berdasarkan Tabel 4, efisiensi rancangan seri TEG pada knalpot lebih tinggi dibandingkan dengan rangkaian paralel. Jumlah termoelektrik mempengaruhi efisiensi rancangan. Rancangan seri dengan jumlah TEG 16 keping menghasilkan efisiensi lebih tinggi dibanding dengan jumlah TEG lainnya. Efisiensinya sekitar 10,198% dan untuk rangkaian paralel 16 keping TEG hanya menghasilkan efisiensi sekitar 8,005%. Hal ini dikarenakan banyaknya energi yang terbuang ke lingkungan dan menyebabkan energi yang dikonversi ke listrik hanya sedikit. Untuk penelitian selanjutnya mungkin akan dikembangkan bagaimana meminimalisir energi yang terbuang ke lingkungan dengan menggunakan beberapa komponen tambahan pada rancangan. Begitupun dengan rangkaian TEG pada blok mesin. Rancangan dengan efisiensi paling tinggi adalah rancangan rangkaian seri TEG yang berjumlah 5 keping. Berdasarkan tabel 5 untuk rangkaian seri 5 keping TEG menghasilkan efisiensi sekitar 6,322% dan paralel 5 keping menghasilkan efisiensi 2,149%.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari data dan hasil analisis yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa jumlah kepingan pada rancangan TEG pada knalpot dan blok mesin mempengaruhi energi listrik yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah keping yang digunakan pada rancangan, maka semakin besar pula energi yang dihasilkan. Daya listrik sebanding dengan energi listrik yang dihasilkan. Nilai daya listrik yang dihasilkan untuk 16 keping termoelektrik adalah 0,965 W untuk rangkaian seri dan 0,492 W untuk rangkaian paralel pada knalpot. Sedangkan nilai daya yang dihasilkan untuk 5

keping termoelektrik adalah 0,372 W untuk rangkaian seri dan 0,129 W untuk rangkaian paralel pada blok mesin. Rangkaian seri menghasilkan energi yang besar. Adapun Efisiensi rancangan knalpot yang tersusun seri sekitar 10,198% sedangkan efisiensi termoelektrik yang tersusun paralel sekitar 8,005%. Untuk blok mesin, efisiensi rangkaian tersusun seri sekitar 6,322% dan paralel menghasilkan efisiensi 2,149%.

Adapun saran dalam penelitian ini adalah :

Untuk penelitian berikutnya dapat dilakukan penyempurnaan pada rancangan ini, agar energi yang dihasilkan lebih besar dibanding yang terbuang ke lingkungan.

Menggunakan komponen tambahan guna memaksimalkan energi yang dihasilkan pada rancangan.

Mengembangkan posisi peletakan yang efektif untuk memanfaatkan energi panas pada motor. Seperti knalpot yang bentuk permukaannya melengkung, sehingga tidak semua permukaan termoelektrik generator bersentuhan langsung dengan knalpot.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Sukarno R. 2016. Pemanfaatan Panas Gas Buang Sepeda Motor Sebagai Sumber Energi Alternatif Menggunakan Teknologi Termoelektrik. *J. Konversi Energi dan Manufaktur*. **3**(3): 149.
- 2 Naibaho E. Pemanfaatan Panas Pada Knalpot Sepeda Motor Sebagai Pengisi Ulang Baterai Handphone Dengan Menggunakan Thermoelectric Seebeck Generator. Universitas Sumatra Utara.
- 3 Dudkiewicz E, Szałański P. 2020. Overview Of Exhaust Gas Heat Recovery Technologies For Radiant Heating Systems In Large Halls. *Therm. Sci. Eng. Prog.* **18**(December 2019): .
- 4 Nugroho WA, Haryadi MS, Rudhyanto. 2015. Exhaust System Generator: Knalpot Penghasil Listrik Dengan Prinsip Termoelektrik. *Saintek J. Sains dan Teknol.* **13**(2): 161.