

# Pengaruh perubahan suhu gas buang sepeda motor 150cc terhadap karakteristik modul termoelektrik generator sebagai sumber pengisian daya *smartphone*

Muhammad Bustamiyatno<sup>1</sup>, Winarno Dwi Rahardjo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang  
Sekaran, Gunung Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah 50229  
Email korespondensi: muhbustamiyatno.048@gmail.com

## Abstrak

Bertambahnya jumlah sepeda motor menyebabkan peningkatan jumlah penggunaan bahan bakar minyak (BBM). Sedangkan motor bakar tidak mungkin mengubah semua energi bahan bakar menjadi daya berguna, di mana 40% terbuang ke lingkungan sebagai panas gas buang. Kajian ini bertujuan untuk memanfaatkan suhu gas buang menjadi energi listrik dengan menggunakan dua modul termoelektrik TEG SP1848-27145 SA dan TEC1-12706, masing-masing 8 buah yang dipasang pada leher knalpot sepeda motor 150cc. Hasil kajian dianalisis dengan teknik analisis deskriptif. Hasil kajian menunjukkan bahwa besarnya tegangan, arus dan daya output yang dihasilkan modul TEG berbanding lurus dengan beda suhu yang terjadi. Pada pengujian pengaruh beda suhu terhadap tegangan output modul TEG, tegangan output tertinggi dihasilkan pada  $\Delta T$  43,6°C sebesar 5,08 V. Pada pengujian dengan beban lampu 5W 12V diketahui  $\Delta T$  tertinggi sebesar 39°C menghasilkan output tegangan sebesar 3,05 V, arus sebesar 302 mA dan daya sebesar 0,921 Watt. Sedangkan pada pengujian efektivitas pemanfaatan energi listrik yang dihasilkan, modul TEG dinilai efektif karena sistem yang dirancang berupa rangkaian boost converter mampu mengisi daya *smartphone* dengan tegangan output 5,2 V.

**Kata kunci:** termoelektrik, modul TEG, beda suhu, tegangan, arus.

## Abstract

The increasing number of motorcycles causes the use of fuel to increase. While the combustion engine is not possible to convert all fuel energy into useful power, 40% is wasted into the environment as exhaust gas heat. This research aims to utilize the exhaust gas temperature into electrical energy using two thermoelectric modules TEG SP1848-27145 SA and TEC1-12706 each 8 pieces mounted on the 150cc motorcycle's exhaust neck. The results were analyzed by technical descriptive analysis. The results show that the magnitude of the voltage, current, and the output power produced by the TEG modules are directly proportional to the temperature difference that occurs. The effect of temperature difference tested on the output voltage of the TEG modules, the highest produced at a temperature difference of 43,6°C by 5,08 V. The results of testing on 5W 12V lamp load, the highest temperature difference of 39°C produces an output voltage of 3,05 V, current of 302 mA, and power of 0,921 Watt. Meanwhile the testing effectiveness of the electrical energy utilization considered effective because the system designed in the form of a boost converter circuit is able to charge smartphones with an output voltage of 5,2 V.

**Keywords:** thermoelectric, TEG module, temperature difference, voltage, current.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan jumlah sepeda motor di Indonesia dari tahun-ketahun meningkat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2016, jumlah sepeda motor di Indonesia pada tahun 2016 telah mencapai 105.150.082 unit [1]. Banyaknya populasi penggunaan sepeda motor menyebabkan meningkatnya jumlah bahan bakar minyak (BBM) yang dibakar. Pembakaran BBM pada motor bakar tidak mungkin mengubah semua energi bahan bakar menjadi daya berguna, di mana 40% terbuang ke lingkungan sebagai panas gas buang [5]. Banyaknya energi panas yang terbuang ke atmosfer inilah, pemanfaatan teknologi termoelektrik dapat digunakan untuk mengonversi langsung energi panas dari *exhaust gas* menjadi energi listrik. Dalam mengonversi energi panas menjadi listrik,

termoelektrik menerapkan efek Seebeck. Termoelektrik dapat bekerja apabila terdapat perbedaan suhu pada kedua sisinya. Beda potensial listrik ini meningkat dengan semakin meningkatnya beda suhu [4]. Tegangan terbesar diperoleh ketika suhu beranjak naik, kenaikan sedikit  $\Delta T$  (suhu perbedaan sisi panas dan sisi dingin) memberikan kenaikan tegangan DC keluaran yang signifikan. Sebaliknya, penurunan  $\Delta T$  memberikan penurunan yang signifikan pada tegangan keluaran yang dihasilkan elemen peltier [7].

Termoelektrik generator yang dijual bebas di pasaran salah satunya adalah tipe TEG SP1848-27145 SA. Pengujian performa yang dilakukan oleh Saputro, dkk. dalam kondisi motor keadaan *idle* dan tanpa dilakukan pembebanan TEG SP1848-27145 SA, menghasilkan tegangan 0,92 Volt [6]. Tipe lain

termoelektrik yang ada di pasaran adalah TEC1-12706. TEC1-12706 adalah termoelektrik *cooler* (pendingin) sesuai dengan aplikasi utamanya, walaupun demikian, TEC dapat juga dipakai sebagai generator pembangkit listrik dengan cara “dibalik”, yaitu dengan memberi panas pada sisi permukaannya, maka arus listrik akan dihasilkan pada kedua kutubnya. Kajian yang dilakukan oleh Hernady dan Mahardika, hasil yang didapat untuk 5 buah TEC-12706 yang dipasang seri dan disimpan dalam kotak *acrylic* temperatur batu granit  $78,3^{\circ}\text{C}$ , tegangan  $1,2\text{ V}$ , arus  $2,08\text{ mA}$  dan efisiensi  $5\%$  [3]. Tujuan yang ingin dicapai dari kajian ini adalah untuk mengetahui pengaruh beda suhu terhadap tegangan *output* dan arus *output* modul termoelektrik generator. Serta mengetahui efektivitas energi listrik yang dihasilkan oleh modul termoelektrik generator apabila digunakan sebagai pengisi baterai telepon seluler (*smartphone*).

Kajian yang dilakukan Sukarno, dkk. dengan memvariasikan putaran mesin untuk mengetahui pengaruh hasil keluaran termoelektrik generator. Di mana hasil tertinggi diperoleh pada pengujian  $3000\text{ rpm}$ , diketahui pada perbedaan suhu  $74^{\circ}\text{C}$ , dibangkitkan tegangan  $2.894\text{ mV}$  dan arus listrik  $205\text{ mA}$ . [9]. Farid, dkk. mengkaji tentang pemanfaatan panas buang mesin Toyota tipe 4K menggunakan sistem pembangkit berbasis termoelektrik dengan rangkaian seri. Disimpulkan dari 8 modul termoelektrik menghasilkan tegangan listrik  $6,6\text{ Volt}$  dengan arus listrik  $1\text{ Ampere}$  tetapi setelah diaplikasikan untuk elektrolisis, tegangan menjadi  $2,5\text{ Volt}$  dengan arus listrik  $0,1\text{ A}$ . Tenaga listrik yang diaplikasikan  $6,6\text{ W}$  setelah diaplikasikan dalam elektrolisis menjadi  $0,22\text{ W}$  [2].

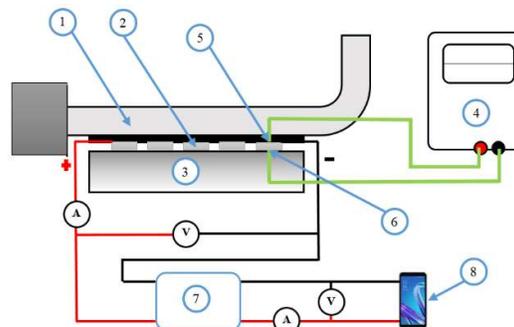
Kajian yang dilakukan Wibowo dan Anggianto dengan merangkai komponen termoelektrik secara paralel serta memvariasikan lama waktu pengukuran dan putaran mesin diketahui bahwa semakin lama waktu pengukuran dan kecepatan putaran mesin yang lebih tinggi akan menghasilkan *output* lebih besar [10]. Sugiyanto, dkk melakukan kajian tentang desain konstruksi TEG sebagai pembangkit listrik mandiri pada knalpot sepeda motor. Termoelektrik dipasang tepat di kepala pipa knalpot sehingga bisa mendapatkan suhu tinggi. Namun tegangan yang dihasilkan hanya sekitar  $0,67\text{ V}$  [8].

## 2. Metode

Kajian ini menggunakan metode eksperimen. Menggunakan dua modul termoelektrik TEG SP 1848 27145 SA dan TEC1-12706 sebanyak masing-masing 8 buah yang dirangkai secara 4 seri 4 paralel dipasang pada bagian leher knalpot sepeda motor. Saat mesin dihidupkan, gas buang akan mengalir di pipa knalpot. Gas bersuhu tinggi ini memanaskan knalpot sehingga panas akan diserap oleh sisi panas dari modul TEG. Di sisi dingin, dilakukan pendinginan konveksi menggunakan *heatsink*. Perbedaan suhu antara sisi

panas dan sisi dingin menghasilkan energi listrik. Energi listrik disimpan di baterai untuk diakumulasikan menjadi energi yang lebih tinggi dan berfungsi sebagai penyedia daya. *Output* dari baterai ditingkatkan tegangannya mencapai  $5,2\text{ V}$  menggunakan *boost converter*.

Alat dan bahan yang digunakan dalam kajian ini terdiri dari *tool set*, multimeter, termokopel, sepeda motor Yamaha New Vixion Lightning 150cc, modul termoelektrik TEG SP1848-27145 SA dan TEC1-12706, *heat sink* dan *boost converter*. Gambar 1 menunjukkan skema pengujian yang diterapkan.



**Gambar 1.** Skema instalasi pengujian beda suhu, tegangan, arus dan pengisian daya *smartphone*.

Keterangan:

1. Leher knalpot
2. Termoelektrik generator
3. *Heatsink*
4. Digital termokopel (titik termokopel diletakkan pada *hot side* dan *cold side* termoelektrik)
5. *Hot side* termoelektrik generator
6. *Cold side* termoelektrik generator
7. Rangkaian *boost converter*
8. *Smartphone*

Adapun 3 parameter yang digunakan dalam kajian ini terdiri dari variabel bebas dalam kajian ini adalah perbedaan suhu yang terjadi selama pengujian. Variabel terikat dalam kajian ini adalah tegangan listrik dan arus listrik. Variabel kontrol dalam kajian ini adalah sepeda motor Yamaha New Vixion Lightning 150cc dalam kondisi standar, bahan bakar menggunakan jenis *pertamax*, suhu ruangan diatur pada  $31^{\circ}\text{C}$ - $34^{\circ}\text{C}$ , *blower* sebagai pendingin tambahan.

Kajian ini menggunakan teknik analisis deskriptif, yaitu menganalisis data dengan mendeskripsikan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa ada maksud membuat simpulan. Data yang dihasilkan, yaitu meliputi beda suhu, tegangan, dan arus.

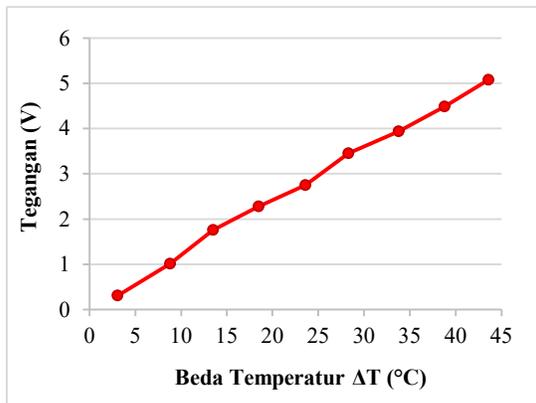
## 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian ini menghasilkan data berupa beda suhu dan tegangan saat modul TEG diuji tanpa beban; beda suhu, tegangan dan arus saat modul TEG diuji dengan beban; tegangan *output boost converter*; arus

pengisian baterai; arus pengisian dengan beban *smartphone*.

**Uji Pengaruh Beda Suhu terhadap Tegangan Output Modul TEG**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan suhu terhadap tegangan *output* yang dihasilkan oleh modul TEG. Pengukuran beda suhu dan tegangan *output* dilakukan setelah modul TEG mulai membangkitkan tegangan sampai dengan nilai tegangan *output* modul TEG stabil di angka tertentu. Data uji tanpa pembebanan disajikan dalam grafik pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pengaruh  $\Delta T$  (°C) terhadap output tegangan listrik modul TEG tanpa pembebanan.

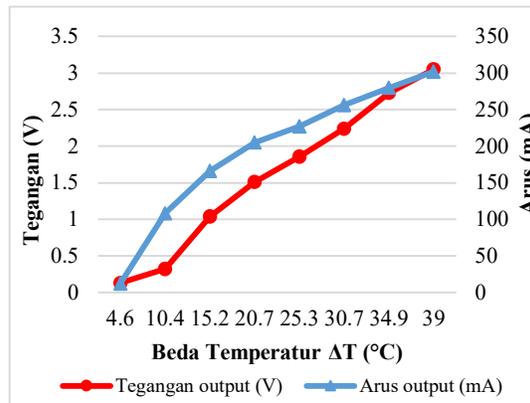
Gambar 2 menunjukkan bahwa ketika mulai terjadi beda suhu ( $\Delta T$ ) antara sisi panas dan sisi dingin, modul TEG seketika akan menghasilkan tegangan listrik. Ditunjukkan pula nilai tegangan yang dihasilkan terus meningkat seiring bertambahnya beda suhu yang terjadi pada modul TEG. Modul TEG pertama kali tercatat mengeluarkan tegangan sebesar 0,31 V pada beda suhu mencapai 3,1°C. Tegangan *output* tertinggi yang tercatat sebesar 5,08 V pada beda suhu 43,6°C. Dari data tersebut diketahui pula bahwa kenaikan sedikit beda suhu mengakibatkan naiknya tegangan *output* yang signifikan. Tetapi dari data tersebut pula tegangan *output* yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi dikarenakan titik pengambilan data suhu yang hanya pada satu titik modul termoelektrik.

Berdasarkan uraian di atas diketahui karakteristik modul TEG yakni tegangan *output* akan naik seiring dengan bertambahnya beda suhu. Modul TEG akan langsung menghasilkan energi listrik seketika saat terjadi beda suhu. Dari hasil kajian juga diketahui bahwa besar panas yang diberikan melalui knalpot sepeda motor akan memberikan beda suhu lebih besar di kedua sisi modul TEG.

**Uji Pengaruh Beda Suhu terhadap Arus Output Modul TEG**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan suhu terhadap tegangan dan arus *output* yang dihasilkan oleh modul TEG, apabila diberi

beban lampu 5 W 12 V. Pengukuran setelah modul TEG mulai membangkitkan tegangan dan arus sampai dengan nilai output modul TEG stabil di angka tertentu.



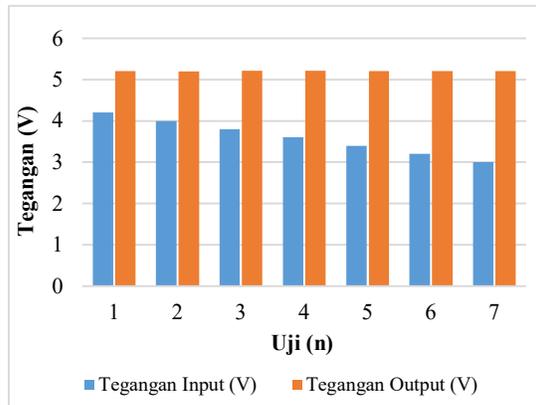
**Gambar 3.** Pengaruh  $\Delta T$  (°C) terhadap output tegangan listrik dan arus listrik modul TEG dengan beban lampu 5 W 12 V.

Gambar 3 merupakan data tegangan dan arus yang dihasilkan modul TEG ketika diberi beban lampu 5 W 12 V. Dengan perbedaan suhu tertinggi yang dicapai antara sisi dingin dan sisi panas berada pada kisaran 39°C didapatkan tegangan sebesar 3,05 V dan arus sebesar 302 mA. Dengan menggunakan perhitungan rumus daya, dapat diketahui daya tertinggi yang dihasilkan sebesar 0,921 Watt.

Efisiensi pada uji coba kali ini setelah dihitung hanya sebesar 0,035%. Efisiensi yang dihasilkan sangat kecil karena masih banyaknya panas yang terbuang ke lingkungan. Sementara hanya sedikit panas yang dimanfaatkan oleh modul TEG yang terbatas hanya sebesar luas permukaan modul termoelektrik saja yang dapat dimanfaatkan.

**Uji Boost Converter**

Pengujian *boost converter* dilakukan dengan memberikan variasi tegangan input dari 4,2 V hingga 3,0 V. Pemilihan rentang tegangan input berdasarkan karakteristik baterai lithium-ion, yang memiliki nilai tegangan kerja 4,2 V dan tegangan *cut-off* 3,0 V. Dengan memberikan variasi ini, kinerja tegangan *output* terhadap perubahan tegangan *input* dapat diketahui.

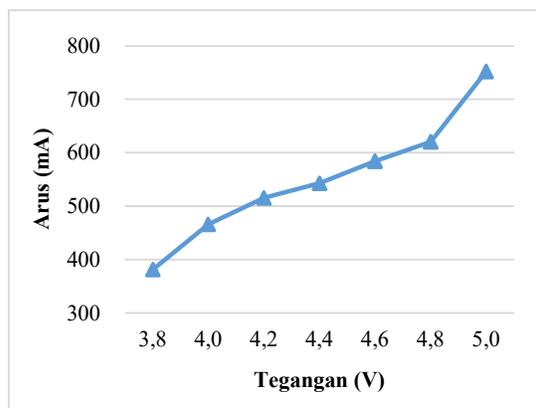


Gambar 4. Grafik output tegangan yang berhasil dinaikkan boost converter.

Gambar 4 menunjukkan bahwa *boost converter* yang dirancang mampu meningkatkan tegangan *input* mencapai tegangan *output* 5,2 V. Hasil uji, seperti diuraikan dalam grafik pada Gambar 5 menunjukkan *boost converter* dapat mempertahankan nilai tegangan *output* pada kisaran 5,2 V dengan nilai tegangan *input* yang bervariasi.

#### Uji Pengisian Baterai

Pengujian pengisian baterai dilakukan untuk menentukan pengaruh tegangan pada arus pengisian untuk mencapai keadaan penuh.



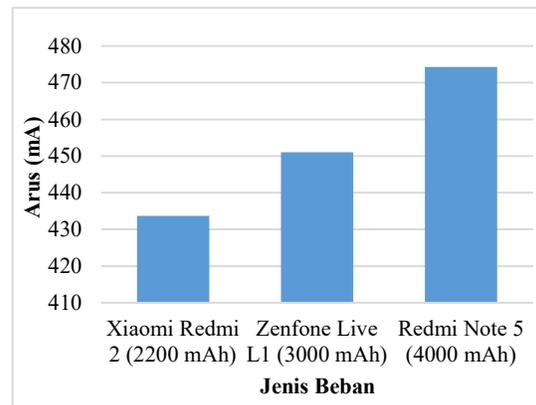
Gambar 5. Grafik pengisian baterai unit elektronik.

Hasil pengujian menunjukkan besarnya tegangan yang digunakan untuk mengisi baterai mempengaruhi arus pengisiannya. Semakin tinggi tegangan yang digunakan, maka semakin besar pula arus pengisiannya. Oleh karena itu, dengan tegangan dan arus yang besar dapat mempercepat waktu pengisian baterai sampai penuh.

#### Uji Efektivitas Pengisian Baterai Smartphone menggunakan Energi Listrik yang dihasilkan Modul TEG

Pengujian ini dilakukan untuk melihat kemampuan alat saat memberikan daya ke beban. Uji dilakukan dengan memberikan variasi beban berupa perangkat

*smartphone* yang memiliki konsumsi arus yang berbeda.



Gambar 6. Grafik pengisian baterai smartphone sebagai beban.

Gambar 6 menunjukkan alat yang telah dibuat mampu menyuplai arus sebesar 434 mA kepada *smartphone* Xiaomi Redmi 2 yang memiliki kapasitas baterai sebesar 2200 mAh. Kemudian *smartphone* Zenfone Live L1 yang memiliki kapasitas baterai sebesar 3000 mAh, alat yang dibuat mampu menyuplai arus sebesar 451 mA. Sedangkan pada *smartphone* Xiaomi Redmi Note 5 yang memiliki kapasitas baterai sebesar 4000 mAh dapat disuplai dengan arus sebesar 474 mA.

Hasil pengujian menunjukkan dengan menggunakan *boost converter* penyaluran energi listrik yang dihasilkan modul TEG mampu menghasilkan tegangan stabil sebesar 5,2 V yang dapat digunakan untuk melakukan pengisian daya *smartphone*. Namun konsekuensi dari sistem yang dipakai adalah waktu pemakaian baterai menjadi lebih cepat habis akibat dari penggunaan *boost converter* sebagai peningkat tegangan. Faktor lain yang mempengaruhi tegangan *output* konverter adalah jumlah beban yang terhubung ke alat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar beban yang terhubung, semakin tinggi pula arus yang terjadi.

#### 4. Kesimpulan

Beda suhu ( $\Delta T$ ) mempengaruhi tegangan *output* modul TEG, di mana semakin tinggi beda suhu, maka tegangan *output* yang dihasilkan akan semakin tinggi. Tegangan *output* yang dihasilkan modul TEG berbanding lurus dengan perubahan beda suhu ( $\Delta T$ ), di mana setiap kenaikan  $1^\circ\text{C}$  akan menaikkan tegangan sebesar berkisar 0,1 V. Beda suhu ( $\Delta T$ ) juga mempengaruhi arus *output* modul TEG, di mana semakin tinggi beda suhu, maka arus *output* yang dihasilkan akan semakin tinggi. Pemanfaatan energi listrik yang dihasilkan modul TEG untuk pengisian baterai *smartphone* pada kajian ini dinilai efektif. Karena sistem yang dirancang pada kajian ini dapat mengisi daya baterai *smartphone* dengan tegangan *output* 5,2V dan arus *output* menyesuaikan kapasitas

baterai *smartphone* yang dipakai. Sistem yang dirancang, yaitu dengan menyimpan energi listrik yang dihasilkan modul TEG ke baterai Li-ion terlebih dahulu, kemudian daya yang sudah tersimpan dinaikkan tegangannya dengan *boost converter* sebelum digunakan untuk mengisi daya baterai *smartphone*.

#### Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik. 2016. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Menurut Jenis Kendaraan Bermotor Tahun 2001, 2006, dan 2016*. <https://www.bps.go.id/site/resultTab>. 29 Oktober 2018 (21:40).
- [2] Farid, A. 2011. Analisa Sistem Pembangkit Berbasis Termoelektrik dengan Rangkaian Seri pada Pemanfaatan Panas Buang Mesin Toyota Tipe 4K. *ENGINEERING* 2(1): 1-7.
- [3] Hernady, D. dan M.A. Mahardika. 2018. Perencanaan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Panas Sinar Matahari Menggunakan Thermoelectric Cooler (TEC) dengan Media Penyimpan Panas Batu Granit. *Prosiding Seminar Nasional XVII ITENAS*. Institut Teknologi Nasional. Bandung. C51-C63.
- [4] Putra, N., R.A. Koestoer, M. Adhitya, Roekettino, dan B. Trianto. 2009. Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik untuk Kendaraan Hibrid. *Makara Journal of Technology*, 13(2): 53-58.
- [5] Rahardjo, W.D. dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Cetakan Pertama. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press.
- [6] Saputro, Y.P. dan F.D. Suprianto. 2018. Pemanfaatan Panas Gas Buang Sepeda Motor untuk Pengisian Baterai Handphone dengan Generator Termoelektrik. *Mechanova*, 4: 1-7.
- [7] Siswanto, M., dan A. Fahriannur. 2017. Preliminary Study Pemanfaatan Energi Panas Mesin Mobil Sebagai Sumber Tegangan Power Bank. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tahun 2017* 53(1). Politeknik Negeri Jember. Jember. 281-285.
- [8] Sugiyanto, S., M.T.N. Umam, dan E. Suciawan. 2015. Rancang Bangun Konstruksi TEG (Thermoelectric Generator) pada Knalpot Sepeda Motor untuk Pembangkit Listrik Mandiri. *Forum Teknik* 36(1): 56-63.
- [9] Sukarno, R. 2016. Pemanfaatan Panas Gas Buang Sepeda Motor sebagai Sumber Energi Alternatif Menggunakan Teknologi Termoelektrik. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ* 3(3): 149-159.
- [10] Wibowo, A. dan P. Anggianto, 2011. Analisa Sistem Pembangkit Termoelektrik dengan Rangkaian Paralel pada Pemanfaatan Panas Buang Mesin Toyota Corolla Efi. *ENGINEERING* 2(1): 1-8.