

**STUDI EKSPERIMENTAL TERMoeLEKTRIK GENERATOR TIPE SP 1848
27145 SA DAN TEC1-12706 DENGAN VARIASI SERI DAN PARALEL PADA
SUPRA X 125 CC**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1 pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

ARI PUTRA PRATAMA

D 200 140 250

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI EKSPERIMENTAL TERMOELEKTRIK GENERATOR TIPE SP 1848
27145 SA DAN TEC1-12706 DENGAN VARIASI SERI DAN PARALEL PADA
SUPRA X 125 CC**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh

Ari Putra Pratama

D200140250

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. Sartono Putro, MT.

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMENTAL TERMOELEKTRIK GENERATOR TIPE SP 1848 27145 SA DAN TEC1-12706 DENGAN VARIASI SERI DAN PARALEL PADA SUPRA X 125 CC

Oleh

Ari Putra Pratama

D 200 140 250

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Jumat, 23 Maret 2018

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

1. Ir. Sartono Putro, MT.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Subroto, MT.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Nurmuntaha A. N, ST, MT.
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunariono, M.T., Ph.D

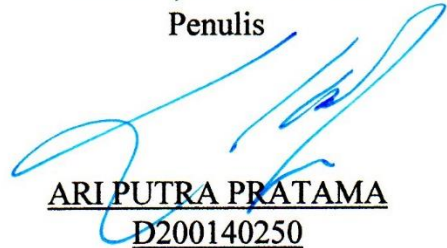
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 27 Maret 2018

Penulis



ARI PUTRA PRATAMA

D200140250

STUDI EKSPERIMENTAL TERMoeLEKTRIK TIPE SP 1848 27145 SA DAN TEC1-12706 DENGAN VARIASI SERI DAN PARALEL PADA SUPRA X 125 CC

Abstrak

Meningkatnya jumlah penggunaan kendaraan bermotor di Indonesia menyebabkan beberapa permasalahan. Berdasarkan siklus energi yang terjadi pada motor pembakaran dalam kurang lebih 100 % hasil pembakaran, 25 % untuk operasional kendaraan, 30 % untuk pendinginan, 40 % gas buang, dan 5 % hilang karena gesekan. Berdasarkan aliran penggunaan energi hasil pembakaran dan siklus ideal motor bakar dapat diketahui potensi pemanfaatan panas gas buang menjadi energi lain. Salah satu pemanfaatan panas gas buang adalah dikonversi menjadi listrik dengan termoelektrik. Penelitian ini memanfaatkan gas buang motor menjadi listrik dengan modul termoelektrik. Termoelektrik yang digunakan adalah termoelektrik tipe SP 1848 27145 SA dan TEC1-12706. Penelitian ini bersifat membandingkan tegangan, arus, dan daya *output* tiap termoelektrik menggunakan variasi putaran mesin *Idle*, 2000 rpm, dan 3000 rpm serta variasi sambungan seri dan paralel. Pada pengujian tanpa pembebanan dapat diketahui bahwa tegangan *output* mengalami kenaikan ketika mesin dinyalakan selama 120 detik baik pada putaran *idle*, 2000 rpm, dan 3000 rpm. Tegangan *output* tertinggi dihasilkan pada putaran 3000 rpm dengan susunan seri, untuk termoelektrik TEC1-12706 sebesar 15,01 V dan SP 1848 27145 SA sebesar 13,48 V. Pada pengujian dengan pembebanan, tegangan, arus, dan daya *output* tertinggi dihasilkan pada putaran 3000 rpm pada susunan seri dengan tegangan *output* tertinggi dihasilkan oleh TEC1-12706 sebesar 2,65 V, arus tertinggi dihasilkan oleh SP 1848 27145 SA dengan susunan seri sebesar 0,24 A, daya *output* tertinggi dihasilkan oleh TEC1-12706 pada susunan seri sebesar 0,6095 W. Besarnya daya *output* yang dihasilkan tiap termoelektrik berbanding lurus dengan beda temperatur yang terjadi.

Kata kunci : Gas buang, Termoelektrik, Tegangan, Arus, Daya

Abstract

The increasing number of motor vehicle usage in Indonesia causes some problems. Based on the energy cycle occurring in the internal combustion engine within approximately 100% of combustion, 25% for vehicle operation, 30% for cooling, 40% exhaust gas, and 5% lost due to friction. Based on the flow of combustion energy usage and ideal cycle of internal combustion engine can be known potential utilization of exhaust heat into other energy. One utilization of exhaust heat is converted to electricity with thermoelectric. This study utilizes exhaust gas into electric motor with thermoelectric module. Thermoelectric used is thermoelectric SP 1848 27145 SA and TEC1-12706. This study is comparing the voltage, current, and output power of each thermoelectric usage variation of Idle engine, 2000 rpm, and 3000 rpm and variation of series and parallel connection. In the test without loading can be seen that the output voltage increases when the machine is turned on for 120 seconds both at idle, 2000 rpm, and 3000 rpm. The highest output voltage is generated at 3000 rpm with series arrangement, for TEC1-12706 thermoelectricity of 15.01 V and SP 1848 27145 SA of 13.48 V. On testing with loading, voltage, current, and high output power is generated at 3000 rpm in the series arrangement with the highest output voltage generated by TEC1-12706 of 2.65V, the highest current is generated by SP 1848 27145 SA with a series array of 0.24 A, the highest output power is generated by TEC1-12706 in the series order of 0.6095W. The amount of output power generated every thermoelectric is directly proportional to the temperature difference that occurs.

Keywords : Exhaust, Thermoelectric, Voltage, Current, Power.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah penggunaan sepeda motor di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang sangat pesat. Tercatat dari data Badan Pusat Statistik (BPS) mengenai jumlah kepemilikan sepeda motor di Indonesia sampai tahun 2016 mencapai lebih dari 105,15 juta unit dan berdasarkan data dari Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI) tercatat jumlah penjualan sepeda motor pada tahun 2017 mencapai lebih dari 5,88 juta unit. Perkembangan jumlah sepeda motor ini tentunya berdampak pada konsumsi bahan bakar yang digunakan dan efisiensi dari pembakaran tersebut. Berdasarkan aliran energi motor pembakaran dalam bahwa kurang lebih 100 % hasil pembakaran, 25 % digunakan untuk operasional kendaraan, 30% didinginkan, 40% ikut keluar bersama gas buang (*exhaust gas*), dan 5% hilang karena gesekan (Eleni Avaritsioti, 2016). Berdasarkan aliran energi pada motor pembakaran dalam dan siklus ideal *otto* diketahui bahwa gas buang kendaraan bermotor memiliki potensi untuk dimanfaatkan menjadi energi lain. Salah satu teknologi yang dapat mengonversi panas menjadi listrik adalah termoelektrik.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar listrik yang dihasilkan oleh termoelektrik generator (TEG) dari pemanfaatan panas gas buang motor 125 cc, disamping itu juga untuk mengetahui perbedaan susunan seri dan paralel ketika diterapkan pada termoelektrik generator.

Nandi, dkk (2009) melakukan penelitian dengan 12 modul termoelektrik generator menghasilkan daya *output* sebesar 8 Watt, Untuk menghasilkan tegangan yang tinggi maka modul *paltier* harus disusun secara seri, sedangkan untuk menghasilkan kuat arus yang tinggi maka modul *paltier* harus disusun paralel.

Pada penelitian Sugiyanto (2014) dengan menggunakan termoelektrik tipe IEVERRED TEG 126-40A sebanyak 3 buah yang diletakkan di *exhaust* motor metic 110 cc menghasilkan tegangan terbuka 3,4 V pada putaranan 4000 rpm dengan susunan seri, dan pada kondisi diberi beban lampu LED tegangan yang dibangkitkan adalah 2,73 V dengan arus 0,02 A pada putaran 4000 rpm. Sugiyanto, dkk (2015) menyimpulkan bahwa pengujian kontruksi TEG pada motor 150 cc menggunakan HZ-14 menunjukkan hasil tegangan yang dibangkitkan langsung naik saat motor dihidupkan dan mengalami kondisi stabil dalam waktu 15 menit dengan tegangan 664-665 mV.

Pada tahun 2016, Klara & Sutrisno melakukan penelitian dengan menggunakan termoelektrik generator tipe TEC yang diterapkan pada pipa gas buang mobil MITSUBISHI tipe 4DR50A sebanyak 6 buah yang disusun secara seri dan paralel. Daya

yang dihasilkan 6 buah *peltier* disusun seri dengan perbedaan temperatur sisi panas dan dingin masing-masing 24 °C, 27 °C, 33 °C, dan 39 °C adalah 15,54 watt, 26,9 watt, 53,1 watt, dan 68,88 watt serta daya yang dapat dihasilkan dari 6 buah *peltier* yang disusun paralel dengan perbedaan temperatur sisi panas dan dingin masing-masing 24 °C, 27 °C, 33 °C, dan 39 °C adalah 21,25 watt, 29,87 watt, 43,63 watt, dan 58,96 watt.

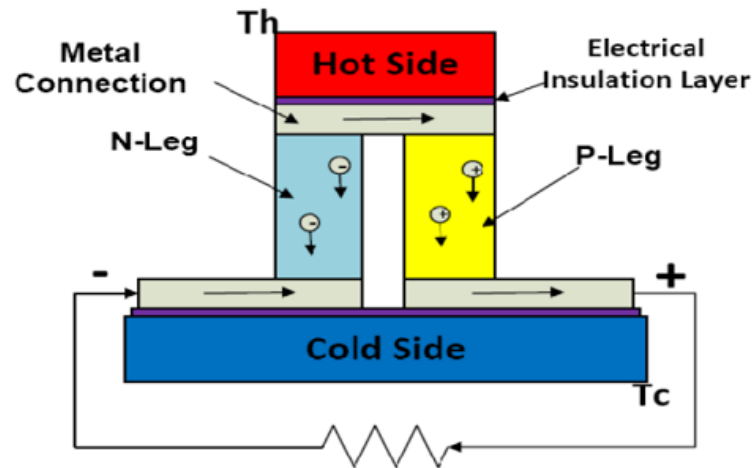
A. Akbarzadeh, dkk (2016) melakukan pengujian dengan mobil 3.0 L V6 dengan menggunakan delapan modul TEG 62 mm x 62 mm menghasilkan daya maksimum sebesar 38 W dengan laju perpindahan panas 1541 W.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Rafika, dkk (2016) melakukan pengujian dengan 4 modul termoelektrik tipe TEC 12706 dan TEG SP 1838 menunjukkan hasil tegangan yang dihasilkan oleh modul termoelektrik TEG SP 1838 lebih besar dibanding dengan modul TEC 12706 yaitu tegangan output yang dihasilkan modul termoelektrik TEG 1838 sebesar 0,391 V sedangkan nilai modul termoelektrik TEC 12706 sebesar 0,379 V. Untuk modul termoelektrik SP 1848 nilai perbedaan temperature (ΔT) sebesar 14,45 °C, daya 0,109 W, arus 0,279 A, sedangkan untuk modul termoelektrik TEC 12706 nilai perbedaan temperature (ΔT) sebesar 14,87 °C, daya 0,055 W dan arus 0,147 A. Dalam penelitian ini juga menjelaskan bahwa semakin besar perbedaan temperatur yang terjadi maka nilai daya *output* dan arus modul termoelektrik semakin besar.

Termoelektrik merupakan suatu alat yang dapat mengonversi secara langsung dari suatu perbedaan suhu menjadi tegangan listrik. Sebaliknya, apabila diberi tegangan listrik akan menghasilkan perbedaan temperatur (Khalid, Syukri, & Gapy, 2016).

Termoelektrik terbuat dari bahan semikonduktor yang disusun sedemikian rupa dengan komponen tipe-n (material yang kelebihan elektron) dan tipe-p (material yang kekurangan elektron). Termoelektrik dapat mengonversi panas menjadi listrik berdasarkan efek *seebeck*.

Termoelektrik generator terdiri dari satu sisi panas (T_h) dan satu sisi dingin (T_c). Pada sisi panas termoelektrik dengan suhu yang lebih tinggi, akan menggerakkan elektron pada batang dengan material semikonduktor tipe-n (material yang kelebihan elektron) menuju sisi dingin dengan suhu yang lebih rendah dan masuk ke batang dengan material tipe-p (material yang kekurangan elektron) melalui *metal connection*. Sehingga akan timbul arus listrik dari pergerakan elektron tersebut.



Gambar 1. Ilustrasi sederhana termoelektrik generator (Karpe, 2016)

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat mengenai pengembangan aplikasi termoelektrik generator sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.

2. METODE PENELITIAN

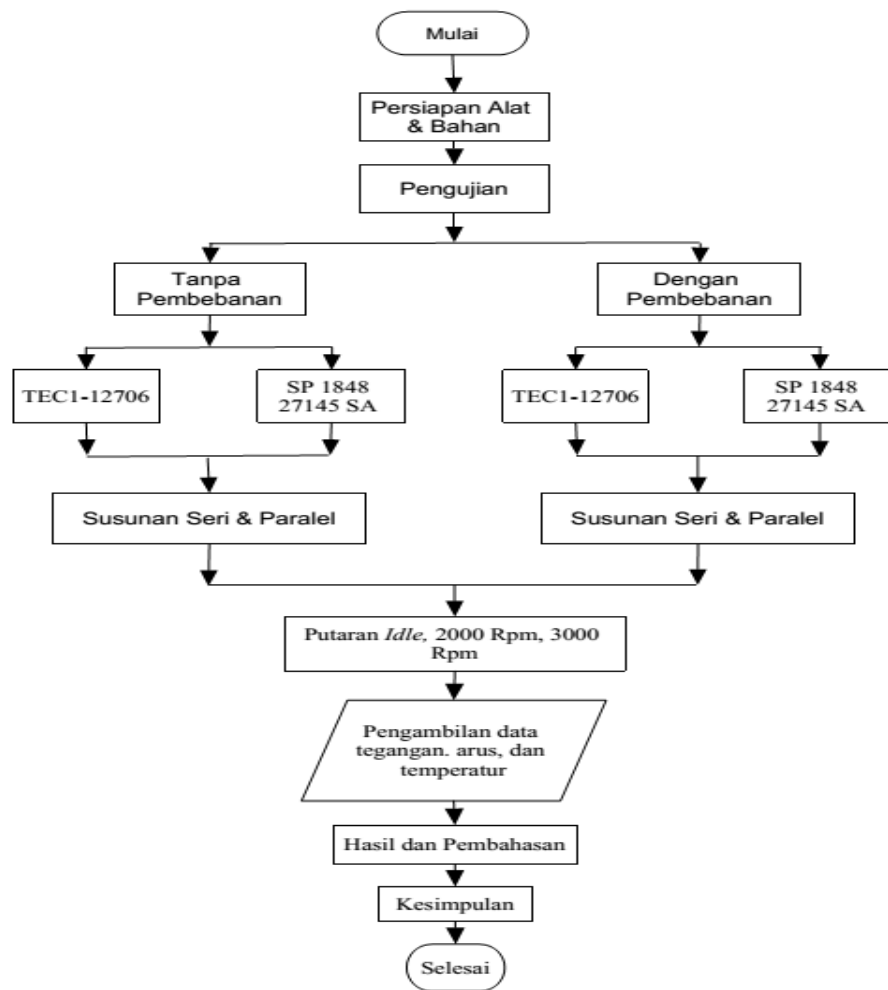
2.1 Alat Penelitian

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Termoelektrik tipe SP 1848 27145 SA | 11. Tachometer digital |
| 2. Termoelektrik tipe TEC1-12706 | 12. Blower |
| 3. Balok aluminium | 13. Knalpot supra x 125 |
| 4. <i>Fin</i> aluminium | 14. Lampu |
| 5. Klem Aluminium | 15. Pipa konektor |
| 6. <i>Waterblock</i> | 16. Selang air |
| 7. <i>Stopwatch</i> | 17. <i>Sealer</i> |
| 8. Termokopel & Termo-reader | 18. Kabel |
| 9. <i>Data Logger</i> | 19. Baterai (<i>Accu</i>) |
| 10. <i>Insulating Wrap</i> | 20. Sepeda motor supra x 125 cc |

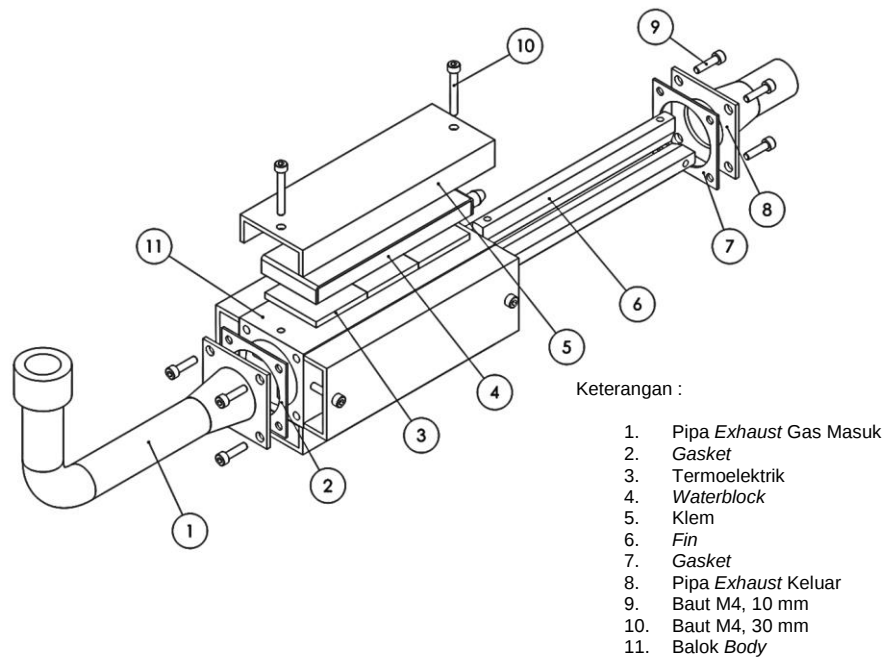
2.2 Bahan Penelitian

1. Gas buang (exhaust gas) motor supra x 125 cc
2. Air pendingin

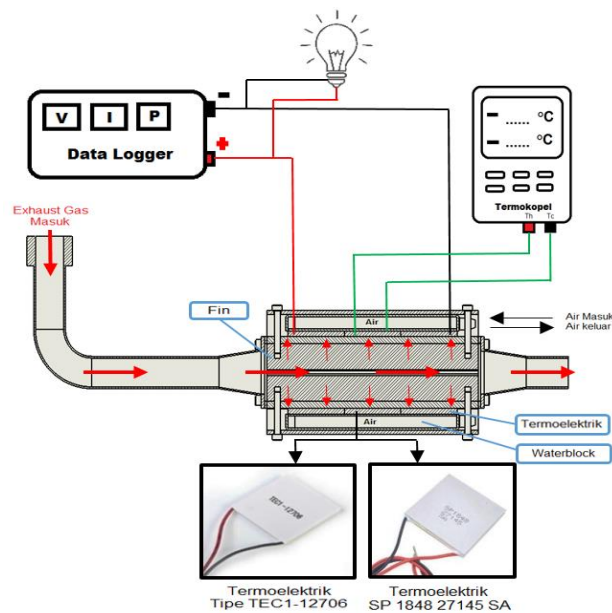
2.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian



Gambar 3. Desain alat uji termoelektrik



Gambar 4. Skema Pengujian

2.4 Tahapan Pengujian

2.4.1 Pengujian Tanpa Pembebanan

2.4.1.1 Pengujian Tanpa Pembebanan Dengan Susunan Seri

1. Memastikan alat uji termoelektrik terinstalasi seperti gambar 3 dan alat ukur yang akan digunakan untuk pengambilan data terinstalasi seperti skema pengujian pada gambar 4.
2. Menyambungkan setiap modul termoelektrik dengan susunan seri.
3. Menghidupkan data *logger*, *thermo reader*, dan *blower*.
4. Mengalirkan air untuk pendingin pada *waterblock*.
5. Sebelum mesin dinyalakan pastikan beda temperatur antara sisi panas (T_h) dan sisi dingin (T_c) pada termoelektrik adalah sama.
6. Menghidupkan mesin dan atur putaran mesin pada putaran *idle*, diwaktu yang sama *start* pada data *logger* untuk memulai perekaman data. Mesin dinyalakan selama 120 detik.
7. Setelah 120 detik mesin dimatikan, namun untuk pencatatan data pada data *logger* dan *thermo reader* tetap berjalan selama 180 detik setelah mesin dimatikan. Jadi total waktu pengujian adalah 300 detik.
8. *Stop* data *logger* dan pindahkan data dari data *logger* yang telah tersimpan dalam memori *card* ke komputer. Hasil pembacaan data

logger berupa file “txt”, untuk melakukan pengolahan data maka data dipindahkan ke program pengolahan data.

9. Menunggu hingga temperatur sisi panas (T_h) dan sisi dingin (T_c) dalam keadaan sama, kemudian pengujian diulangi lagi untuk variasi putaran 2000 rpm dan 3000 rpm.

2.4.1.2 Pengujian Tanpa Pembebanan Dengan Susunan Paralel

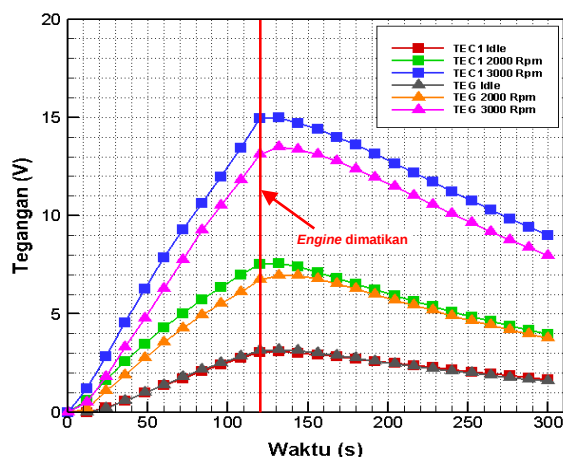
Tahapan pengujian tanpa pembebanan dengan susunan paralel sama dengan pengujian tanpa pembebanan dengan susunan seri. Hanya saja susunan pada sambungan tiap termoelektrik disusun secara paralel

2.4.2 Pengujian Dengan Pembebanan

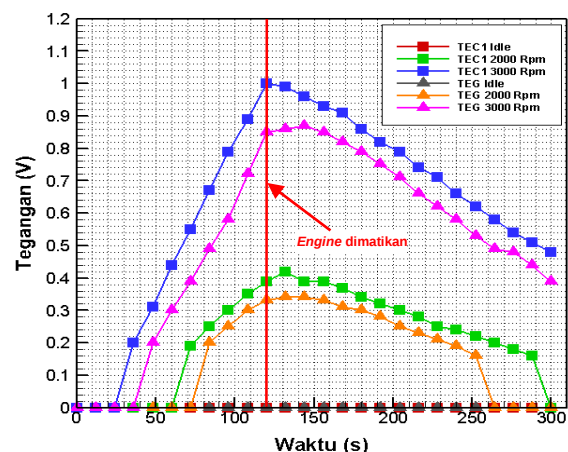
Tahapan pengujian dengan pembebanan sama seperti pengujian tanpa pembebanan baik disusun dengan seri maupun paralel. Hanya saja dalam pengujian dengan pembebanan ini acuan awal pengujian dilakukan ketika temperatur sisi panas termoelektrik (T_h) mencapai 50 °C. Pembebanan dilakukan menggunakan lampu dengan tegangan 2,5 volt dan arus 3 ampere atau setara dengan 7,5 watt.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Tanpa Pembebanan



Gambar 5. Tagangan *output* tiap termoelektrik pada susunan seri

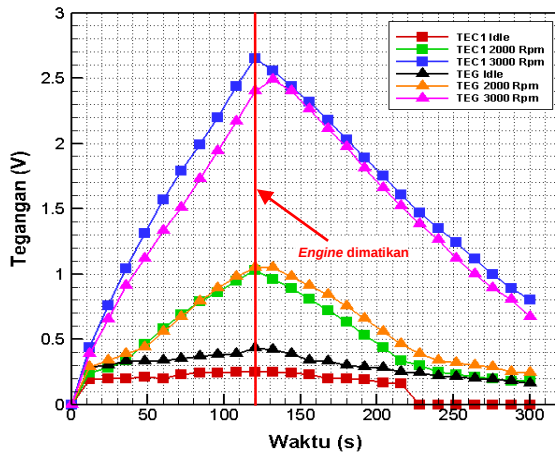


Gambar 6. Tagangan *output* tiap termoelektrik dengan susunan paralel

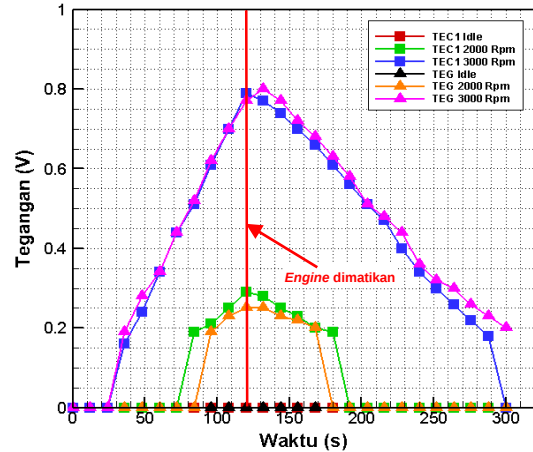
Pada pengujian tanpa pembebanan dapat diketahui bahwa tegangan *output* mengalami kenaikan ketika mesin dinyalakan selama 120 detik baik pada putaran *idle*, 2000 rpm, dan 3000 rpm. Pada putaran *idle* tegangan *output* yang dihasilkan tiap termoelektrik cenderung sama, baik pada susunan seri ataupun paralel. Pada putaran 2000 rpm dan 3000 rpm mulai terlihat perbedaan tegangan *output*, dimana

termoelektrik tipe TEC1-12706 menghasilkan tegangan lebih besar dibandingkan dengan termoelektrik tipe SP 1848 27145 SA. Tegangan *output* tertinggi dihasilkan pada putaran 3000 rpm dengan susunan seri pada waktu 132 detik, dimana untuk TEC1-12706 sebesar 15,01 V dan SP 1848 27145 SA sebesar 13,48 V.

3.2 Pengujian Dengan Pembebanan

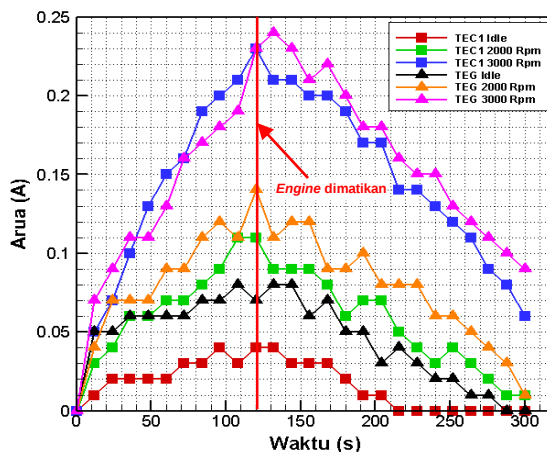


Gambar 7. Tegangan *output* tiap termoelektrik pada susunan seri

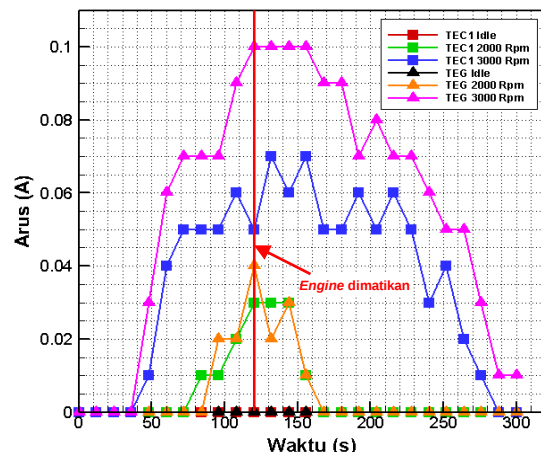


Gambar 8. Tegangan *output* tiap termoelektrik pada susunan paralel

Pada pengujian dengan pembebanan dapat diketahui tegangan *output* pada putaran 2000 rpm dan 3000 rpm mengalami peningkatan ketika mesin dinyalakan selama waktu 120 detik. Untuk putaran *idle* tegangan *output* yang dihasilkan tiap termoelektrik cenderung stabil. Tegangan *output* tertinggi dihasilkan pada putaran 3000 rpm dengan susunan seri, dimana untuk TEC1-12706 sebesar 2,65 V pada waktu 120 detik dan untuk SP 1848 27145 SA sebesar 2,49 V pada waktu 132 detik.



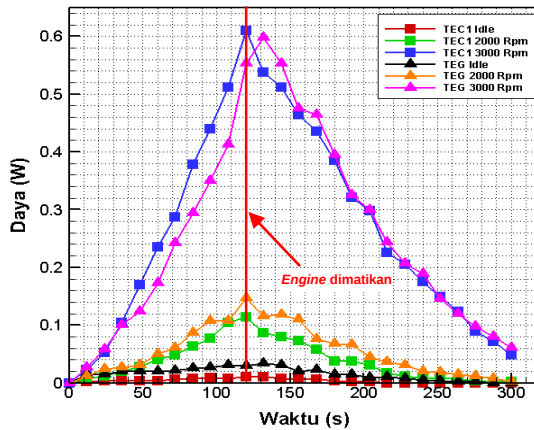
Gambar 9. Arus *output* tiap termoelektrik pada susunan seri



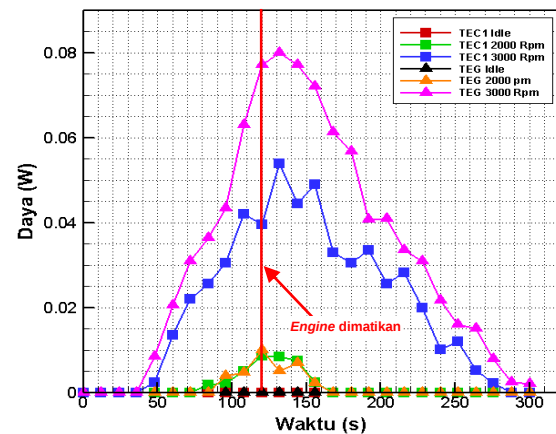
Gambar 10. Arus *output* tiap termoelektrik pada susunan paralel

Pada pengujian dengan pembebanan, dapat diketahui arus *output* yang dihasilkan tiap termoelektrik mengalami kenaikan pada saat mesin dinyalakan selama 120 detik pada putaran *idle*, 2000 rpm, dan 3000 rpm. Termoelektrik SP 1848 27145

SA menghasilkan arus *output* yang lebih tinggi dibandingkn dengan TEC1-12706 pada setiap variasi putaran baik secara seri ataupun paralel. Arus *output* tertinggi dihasilkan pada putaran 3000 rpm pada susunan seri. Termoelektrik SP 1848 27145 SA menghasilkan arus *output* tertinggi sebesar 0,24 A pada waktu 132 detik, sedangkan untuk termoelektrik TEC1-12706 sebesar 0,23 A pada waktu 120 detik.

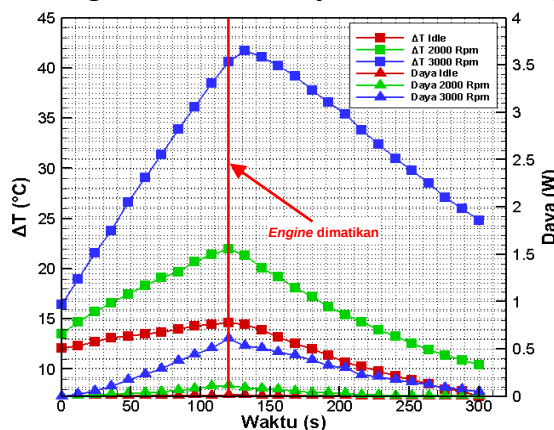


Gambar 11. Perbandingan daya tiap termoelektrik pada susunan seri

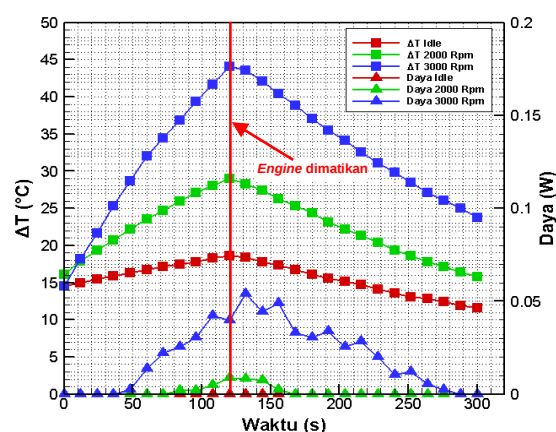


Gambar 12. Perbandingan daya tiap termoelektrik pada susunan paralel

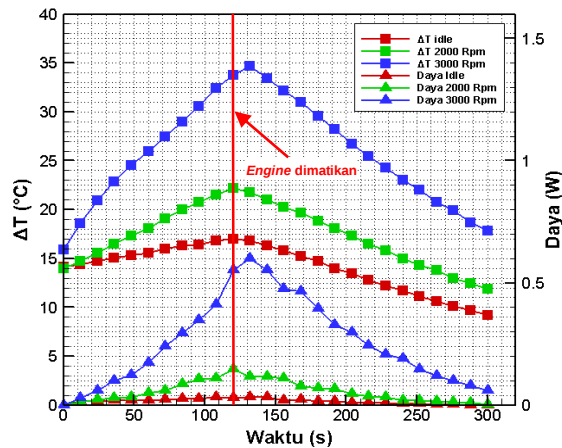
Pada pengujian dengan pembebanan, dapat diketahui daya *output* yang dihasilkan tiap termoelektrik pada putaran 2000 rpm dan 3000 rpm mengalami peningkatan ketika mesin dinyalakan selama waktu 120 detik. Pada putaran *idle* daya *output* yang dihasilkan cenderung konstan. Daya *output* tertinggi dihasilkan pada putaran 3000 rpm, dimana pada susunan seri TEC1-12706 menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan SP 1848 27145 SA yaitu sebesar 0,6095 W. Pada susunan paralel SP 1848 27145 SA menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan TEC1-12706 yaitu sebesar 0,08 pada waktu 132 detik.



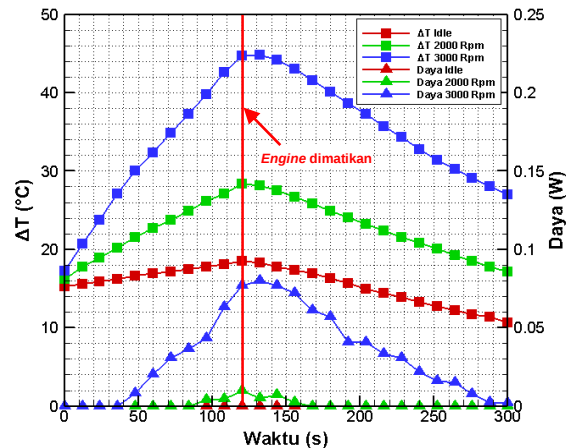
Gambar 13. Hubungan antara beda temperatur (ΔT) dengan daya *output* termoelektrik tipe TEC1-12706 pada susunan seri.



Gambar 14. Hubungan antara beda temperatur (ΔT) dengan daya *output* termoelektrik tipe TEC1-12706 pada susunan paralel.



Gambar 15. Hubungan antara beda temperatur (ΔT) dengan daya *output* termoelektrik tipe SP 1848 27145 SA pada susunan seri.



Gambar 16. Hubungan antara beda temperatur (ΔT) dengan daya *output* termoelektrik tipe SP 1848 27145 SA pada susunan paralel.

Pada gambar 13, 14, 15, dan 16 merupakan grafik hubungan antara beda temperatur (ΔT) terhadap daya *output* termoelektrik tipe TEC1-12706 dan SP 1848 27145 SA yang disusun secara seri dan paralel. Pada grafik ini dapat diketahui bahwa daya *output* tiap termoelektrik (TEC1-12706 dan SP 1848 27145 SA) mengalami kenaikan seiring bertambahnya beda temperatur (ΔT) dan mengalami penurunan seiring berkurangnya beda temperatur (ΔT), dengan kata lain daya *output* tiap termoelektrik berbanding lurus dengan beda temperatur (ΔT). Jadi semakin besar beda temperatur yang dihasilkan maka daya *output* termoelektrik juga semakin besar, begitu sebaliknya.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

1. Pada pengujian tanpa beban tegangan *output* mengalami peningkatan ketika mesin dinyalakan selama 120 detik, dimana termoelektrik tipe TEC1-12706 menghasilkan tegangan *output* lebih besar dibandingkan dengan termoelektrik tipe SP 1848 27145 SA yaitu sebesar 15,01 V dan untuk SP 1848 27145 SA sebesar 13,48 V pada putaran 3000 rpm dengan susunan seri.
2. Pada pengujian dengan pembebanan terjadi kenaikan tegangan, arus, dan daya *output* tiap termoelektrik ketika mesin dinyalakan selama 120 detik, dimana tegangan, arus, dan daya *output* tertinggi dihasilkan pada putaran 3000 rpm dengan susunan seri. Tegangan *output* tertinggi dihasilkan oleh TEC1-12706 sebesar 2,65 V, untuk arus *output* tertinggi dihasilkan oleh SP 1848 27145 SA sebesar 0,24 A, dan untuk daya *output* tertinggi dihasilkan oleh TEC1-12706 sebesar 0,6095 W

3. Daya *output* yang dihasilkan oleh termoelektrik tipe SP 1848 27145 SA dan TEC1-12706 berbanding lurus dengan perubahan beda temperatur.

4.2 Saran

Berdasarkan proses pengerjaan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal antara lain :

1. Menggunakan termoelektrik yang memiliki temperatur kerja yang lebih tinggi dari yang digunakan peneliti, untuk mendapatkan *range* temperatur yang lebih tinggi.
2. Alat ukur yang digunakan pada penelitian dapat dibuat permanen agar sistem pengukuran dapat bekerja secara stabil.
3. Media pendinginan termoelektrik dapat didesain lebih sederhana, agar dapat diterapkan langsung pada kendaraan bermotor.

DAFTAR PUSTAKA

- Avaritsioti, Eleni. (2016). Environmental and economic benefits of car exhaust heat recovery. *Transportation research procedia*, 14, 1003-1012.
- Karpe, S. (2016). Thermoelectric power generation using waste heat of automobile. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4(4), 144–148.
- Khalid, M., Syukri, M., & Gapy, M. (2016). Pemanfaatan energi panas sebagai pembangkit listrik alternatif berskala kecil dengan menggunakan termoelektrik. *Jurnal Online Teknik Elektro*, 1(3), 57–62.
- Klara, S., & Sutrisno. (2016). Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik. *Jurnal Riset dan Teknologi*, 14(1), 113–128.
- Orr, B., Akbarzadeh, A., & Lappas, P. (2016). An exhaust heat recovery system utilising thermoelectric generators and heat pipes. *Applied Thermal Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.11.019>
- Putra, Nandy., dkk. (2009). Potensi pembangkit daya termoelektrik untuk kendaraan hibrid. *Jurnal Teknologi*, 13(2), 53-58.
- Rafika, H., Mainil, R. I., & Aziz, A. (2016). Kaji eksperimental pembangkit listrik berbasis thermoelectric generator (TEG) dengan pendinginan menggunakan udara. *Jurnal sains dan teknologi*, 15(1), 7-11.
- Sugiyanto. (2014). Pemanfaatan panas knalpot sepeda motor metic 110 cc untuk pembangkitan listrik mandiri dengan generator termoelektrik. *Jurnal rekayasa mesin*, 9(3), 105-111.

Sugiyanto., Umam, Muh. Tarum N., & Suciawan, E. (2015) Rancang bangun kontruksi TEG (thermoelectric generator) pada knalpot sepeda motor untuk pembangkitan listrik mandiri. *Jurnal forum teknik*, 36(1), 56-63.

www.bps.go.id (<https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>). Diakses pada 09 Maret 2018.

www.aisi.or.id (<http://www.aisi.or.id/statistic/2017>). Diakses pada 09 Maret 2018.