

**STUDI EKSPERIMENTAL TERMOELEKTRIK GENERATOR (TEG) DENGAN
VARIASI *FIN* DAN *NON FIN* PADA FLUIDA PANAS SUPRA X 125 CC**



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

Oleh:

FAIZAL AL FARISSY

D 200 140 236

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

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI EKSPERIMENTAL TERMOELEKTRIK GENERATOR (TEG)
DENGAN VARIASI *FIN* DAN *NON FIN* PADA FLUIDA PANAS SUPRA X
125 CC**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

FAIZAL AL FARISSY

D 200 140 236

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



Ir. Sartono Putro, MT.

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI EKSPERIMENTAL TERMOELEKTRIK GENERATOR (TEG)
DENGAN VARIASI *FIN* DAN *NON FIN* PADA FLUIDA PANAS SUPRA X
125 CC**

OLEH

FAIZAL AL FARISSY

D 200 140 236

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Sabtu, 24 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. **Amin Sulistyanto, ST, MT.**
(Anggota II Dewan Penguji)

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

Dekan,


Ir. Sri Sunarjono, 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



FAIZAL AL FARISSY

D 200 140 236

STUDI EKSPERIMENTAL TERMOELEKTRIK GENERATOR (TEG) DENGAN VARIASI *FIN* DAN *NON FIN* PADA FLUIDA PANAS SUPRA X 125 CC

Abstak

Meningkatnya populasi penggunaan sepeda motor menyebabkan banyaknya bahan bakar yang dibakar. Berdasarkan aliran energi mesin pembakaran dalam, 100% pembakaran bahan bakar dan udara menghasilkan 25% untuk operasi berkendara, sedangkan 40% keluar sebagai gas buang, 25 % sebagai pendinginan dan 5% gesekan. Besarnya presentase panas gas buang memiliki potensi pemanfaatan panas. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan panas gas buang menjadi energi listrik dengan menggunakan modul termoelektrik. Penelitian ini menggunakan variasi *fin* dan *non fin* yang dipasang pada *heat exchanger* sebagai media penyerap panas, serta menggunakan *waterblock* sebagai media pendinginan. Pada penelitian ini menggunakan 12 buah termoelektrik tipe SP1848 27145 SA yang di instalasikan pada *heat exchanger* dan di pasang pada pipa gas buang Supra X 125 cc. Pengujian dilakukan dengan variasi *fin* dan *non fin* pada putaran mesin *idle*, 2000 rpm, dan 3000 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *non fin* diperoleh hasil lebih tinggi daripada variasi *fin*. Temperatur sisi panas, beda temperatur, tegangan *output*, arus *output* dan daya *output* mengalami kenaikan ketika mesin mulai dinyalakan selama 120 detik dan mengalami penurunan ketika mesin dimatikan selama 180 detik. Pada pengujian tanpa beban diperoleh temperatur sisi panas, beda temperatur dan tegangan *output* tertinggi pada putaran 3000 rpm sebesar 78°C, 34.8°C, dan 14.44 V. Pada pengujian dengan beban diperoleh temperatur sisi panas, beda temperatur, tegangan, arus, dan daya *output* tertinggi pada putaran 3000 rpm sebesar 90°C, 37.8°C, 2.95 V, 0.26 A, dan 0.76 W. Besarnya daya output yang dihasilkan modul termoelektrik berbanding lurus dengan perubahan beda temperatur.

Kata kunci: Gas Buang, *Fin*, Termoelektrik, dan Daya.

Abstract

The increasing population of motorcycle causes the amount of fuel that is burned. Based on the flowing energy of internal combustion engine, 100% fuel and air combustion produce 25% for driving operation, while 40% exit as exhaust gas, 25% as cooling and 5% friction. The amount of exhaust gas has the potential for heat utilization. This research aims to utilize heat of exhaust gas into electrical energy by using thermoelectric module. This research uses fin and non-fin variations that are installed on heat exchanger as heat absorbing media, and use water block as cooling media. In this research using 12 thermoelectric with SP1848 27145 SA type which is installed on heat exchanger and in pairs on exhaust gas pipe Supra X 125 cc. The test is done by variation of fin and non-fin at idle engine rotation, 2000 rpm, and 3000 rpm. The results showed that non fin variation obtained higher result than fin variation. The heat side temperature, temperature difference, output voltage, output current and output power increase when the engine starts up for 120 seconds and decreases when the engine is shut down for 180 seconds. In the load less test the heat side temperature, the temperature difference and the highest output voltage at 3000 rpm rotation are 78° C, 34.8° C and 14.44 V. On the load test the heat side temperature, temperature difference, voltage, current, and the highest output power at 3000 rpm rotation are 90° C, 37.8° C, 2.95 V, 0.26 A, and 0.76 W. The amount of output power generated by thermoelectric module is directly proportional to the change in temperature difference.

Keywords: Exhaust gas, *Fin*, Thermoelectric, and Power.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di Indonesia akhir-akhir ini meningkat begitu pesat, berbagai macam teknologi dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satunya terdapat di bidang transportasi yaitu sepeda motor. Di Indonesia sendiri sepeda motor merupakan salah satu teknologi yang hampir setiap orang memilikinya. Menurut Asosiasi Industri Kendaraan Bermotor (AISI) tercatat sampai tahun 2017 sudah menjual sepeda motor sebanyak lebih dari 5,9 juta unit, dan total dari seluruh sepeda motor di Indonesia berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) sampai tahun 2016 sudah mencapai lebih dari 105,15 juta unit. Banyaknya pengguna sepeda motor menyebabkan meningkatnya bahan bakar minyak yang digunakan dalam proses pembakaran.

Berdasarkan aliran energi mesin pembakaran dalam, 100% pembakaran bahan bakar dan udara menghasilkan 25% untuk operasi berkendara, sedangkan 40% keluar sebagai gas buang, 25 % sebagai pendinginan dan 5% gesekan (Eleni Avaritsioti, 2016). Besarnya presentase gas buang terdapat potensi pemanfaatan limbah energi dari penggunaan sepeda motor. Limbah energi yang dapat dimanfaatkan berupa panas gas buang dari hasil sisa pembakaran. Panas gas buang dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan teknologi Termoelektrik generator (TEG).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap temperatur sisi panas, beda temperatur, tegangan, arus, dan daya *output* dari modul termoelektrik. Serta mengetahui hubungan antara daya *output* dengan beda temperatur modul.

Sugiyanto (2014) meneliti tentang pemanfaatan panas knalpot sepeda motor matic 110 cc untuk pembangkit listrik mandiri dengan menggunakan modul termoelektrik generator tipe IEVERRED TEG 126-40A sejumlah 3 modul. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan terbuka yang dibangkitkan mencapai 3,4 V. pada kondisi dibebani lampu LED tegangan yang dibangkitkan 2,73 V dengan arus sebesar 0,02 A.

Nandi Putra, dkk (2009) pada penelitian menggunakan 12 modul termoelektrik generator (TEG). Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya output maksimum mencapai 8,11 Watt dengan perbedaan temperature rata-rata 42,82⁰C. dibangkitkan 2,73 V dengan arus sebesar 0,02 A.

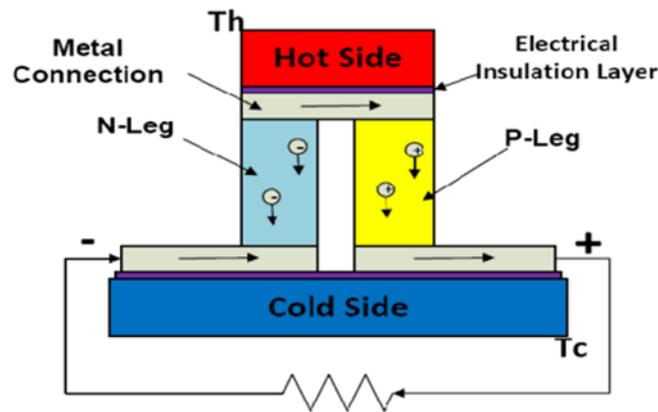
Pada pengujian lainnya Sugiyanto, dkk (2015) melakukan pengujian terhadap knalpot dari motor sport 150 cc dengan menggunakan modul termoelektrik generator tipe HZ-14

dengan dimensi 6,25 cm x 6,25 cm. Hasil pengujiannya menunjukkan bahwa tegangan dibangkitkan langsung naik sesaat setelah sepeda motor dihidupkan. Namun tegangan akan mengalami kondisi stabil berkisar 664-665 mV setelah 15 menit sepeda motor dihidupkan.

Hasra Rafika, dkk (2016) pada penelitian menggunakan 4 buah termoelektrik Tipe TEC12706 dan Tipe TEG SP 1848 dengan sumber panas disimulasikan menggunakan *heater* tegangan 60V, sisi pendingin menggunakan *fan* kecepatan 3,5 m/s. Hasil pengujian menunjukkan bahwa termoelektrik Tipe TEG SP 1848 menghasilkan daya maksimum 0,109 W, arus 0,279 A. sedangkan Tipe TEC12706 menghasilkan daya maksimum 0,055 W, arus 0,147 A, dengan perbedaan temperatur rata-rata 14,87⁰C. Kinerja elemen termoelektrik TEG Tipe SP 1848 lebih besar potensi listrik yang dihasilkan dibandingkan TEC 12706.

Witjaksono Adi (2017) meneliti tentang pemodelan perpindahan panas pada sirip dalam (internal fin) pada pembangkit uap *supheated*. Menggunakan fin(sirip) sebanyak 23 buah. Mengambil kesimpulan bahwa dengan penambahan fin(sirip), rata-rata suhunya semakin meningkat, dengan laju aliran kalor setiap sirip sebesar 4,8 W dan efisiensi sirip sebesar 52%.

Termoelektrik generator merupakan modul termoelektrik yang bekerja berdasarkan efek *seebeck* yang dapat mengubah energi panas menjadi listrik secara langsung. Termoelektrik generator terdiri dari termokopel tipe-n (bahan dengan kelebihan elektron) dan tipe-p (bahan dengan kekurangan elektron), dimana keduanya merupakan bahan semikonduktor. Termoelektrik generetor terdiri dari dua sisi yaitu satu sisi panas (Th) dan satu sisi dingin (Tc). Pada sisi panas termoelektrik dengan temperatur yang lebih tinggi, akan menggerakkan elektron pada termokopel semikonduktor tipe N menuju sisi dingin dengan temperatur yang lebih rendah dan masuk ke termokopel tipe P melalui *metal connection*. Sehingga akan timbul arus listrik dari pergerakan elektron tersebut.



Gambar 1. Ilustrasi termoelektrik generator
(sumber: Karpe, 2016)

Termoelektrik generator (TEG) dapat menghasilkan energi listrik apabila terdapat perbedaan temperatur diantara kedua sisi modul termoelektrik. Satu sisi panas dan sisi lainnya dingin. Oleh sebab itu penulis ingin melakukan penelitian terhadap sumber panas yang masuk ke termoelektrik generator yaitu dengan memberikan variasi *fin* dan *non fin* di dalam *heat exchanger*, agar mendapatkan hasil tegangan, arus dan daya listrik secara maksimal.

2. METODE PENELITIAN

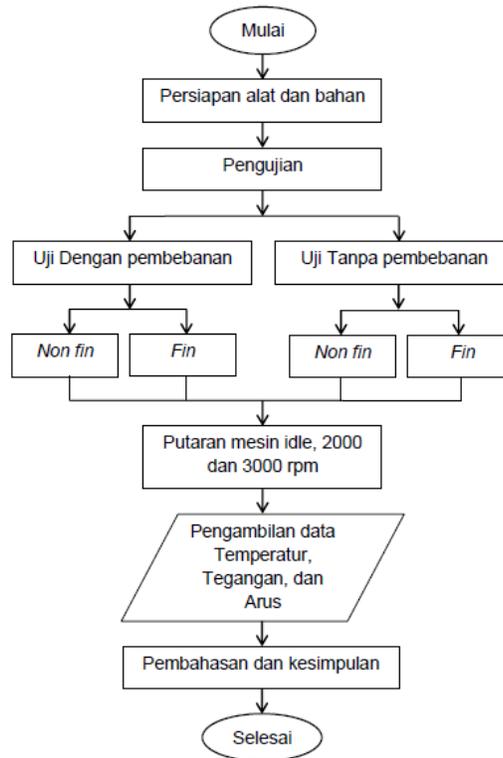
2.1 Alat Penelitian

- | | |
|---|--------------------------------|
| a. Termoelektrik tipe SP 1848
27145 SA | i. <i>Blower</i> |
| b. Balok aluminium | j. Knalpot supra x 125 cc |
| c. <i>Fin</i> aluminium | k. Lampu 7,5 watt |
| d. <i>Waterblock</i> | l. Pipa konektor |
| e. <i>Stopwatch</i> | m. Selang |
| f. Termokopel & termoreader | n. Kabel |
| g. <i>Data logger</i> | o. Sepeda motor supra x 125 cc |
| h. <i>Tachometer</i> digital | p. Baterai (<i>Accu</i>) |

2.2 Bahan Penelitian

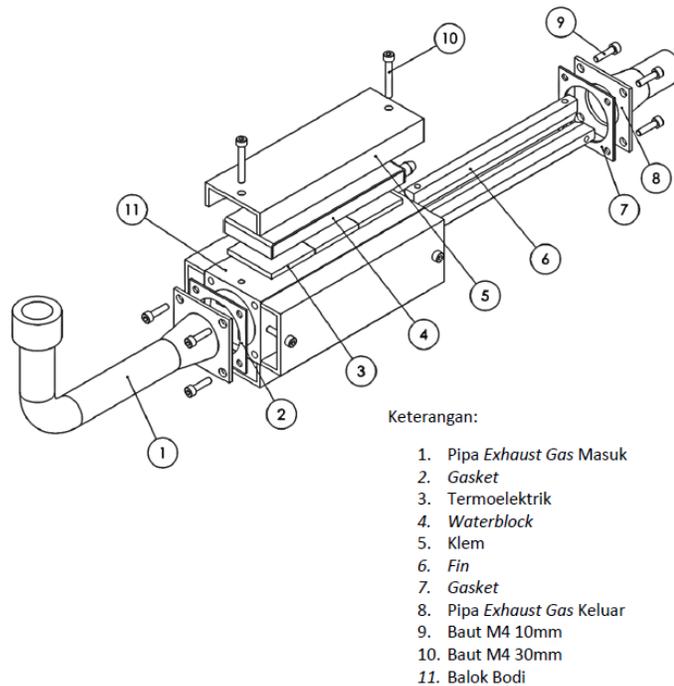
- Panas gas buang motor supra x 125 cc
- Air pendingin

2.3 Diagram Alir Penelitian



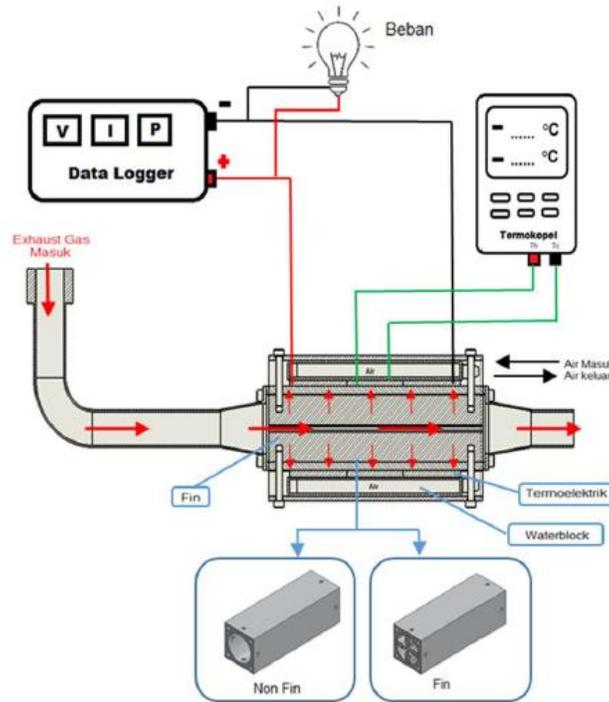
Gambar 2. Diagram alir

2.4 Instalasi Alat Pengujian



Gambar 3. Instalasi alat pengujian

2.5 Instalasi Skema Pengujian



Gambar 4. Instalasi skema pengujian

2.6 Pengujian Termoelektrik

Pengujian dilakukan selama 300 detik, terbagi menjadi 120 detik mesin menyala dan 180 detik mesin dimatikan. Ditentukan lamanya mesin dinyalakan ini berdasarkan temperatur kerja dari modul termoelektrik, dimana untuk modul termoelektrik tipe SP 1848 27145 SA mengalami putus (tidak keluar tegangan) ketika temperatur sisi panas modul mencapai sekitar 110°C. Sehingga ditentukan temperatur aman pengujian yaitu sekitar 90-100°C, dimana temperatur tersebut tercapai dalam waktu 120 detik. Kemudian ditentukannya 180 detik mesin dimatikan digunakan untuk mengetahui perbedaan tren penurunan temperature sisi panas modul termoelektrik antara variasi *fin* dan *non fin*.

2.7 Uji Tanpa Pembebanan

Pengujian tanpa pembebanan dilakukan untuk mengetahui temperatur sisi panas, beda temperatur modul termoelektrik dan untuk mengetahui tegangan *output* tertinggi yang dihasilkan oleh termoelektrik dengan menggunakan variasi *fin* dan *non fin*. Pengujian tanpa pembebanan dilakukan dengan variasi putaran mesin yaitu *idle*, 2000

rpm, dan 3000 rpm. Adapun tahapan pengujian tanpa pembebanan adalah sebagai berikut:

1) Uji tanpa pembebanan dengan variasi *fin*

- a. Memastikan alat uji terinstalasi dengan penambahan *fin*, seperti gambar 3 dan alat ukur telah terinstalasi seperti skema pengujian pada gambar 4.
- b. Menghidupkan data *logger*, *thermoreader* dan *blower*
- c. Mengalirkan air untuk pendingin *waterblock*. Air yang keluar dari *waterblock* langsung terbuang (tidak disirkulasikan lagi ke dalam *waterblock*).
- d. Sebelum mesin dinyalakan, memastikan beda temperatur antara sisi modul dalam keadaan 0°C.
- e. Menghidupkan mesin dan mengatur pada putaran *idle*, 2000 rpm, dan 3000 rpm. Diwaktu yang sama *start* pembacaan data *logger*. Pengujian dilakukan selama 120 detik mesin dinyalakan dan *record* data tiap 12 detik.
- f. Kemudian mesin dimatikan, untuk pencatatan data pada data *logger* dan *thermoreader* selama 180 detik. Jadi total waktu pengujian selama 300 detik.
- g. Memindahkan data hasil pengukuran dari data *logger* yang disimpan pada memori *card* ke komputer. Pembacaan hasil pengukuran dalam bentuk *.txt, untuk melakukan pengolahan data dipindahkan ke program pengolahan data.
- h. 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.

2) Uji tanpa pembebanan variasi *non fin*

Pada pengujian tanpa pembebanan dengan variasi *non fin* sama dengan pengujian tanpa pembebanan dengan variasi *fin*. Akan tetapi dalam pengujian ini *fin* tidak di pasang di alat uji modul termoelektrik.

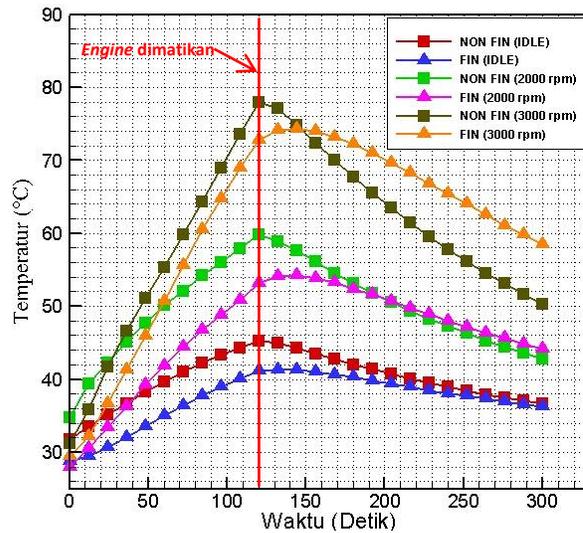
2.8 Uji Dengan Pembebanan

Pengujian dengan pembebanan dilakukan untuk mengetahui temperatur sisi panas, beda temperatur modul termoelektrik dan untuk mengetahui tegangan, arus, dan daya *output* tertinggi yang dihasilkan oleh termoelektrik dengan menggunakan variasi *fin* dan *non fin*. Pengujian dengan pembebanan dilakukan dengan variasi putaran mesin yaitu *idle*, 2000 rpm, dan 3000 rpm. Tahapan uji dengan pembebanan ini sama dengan tahap

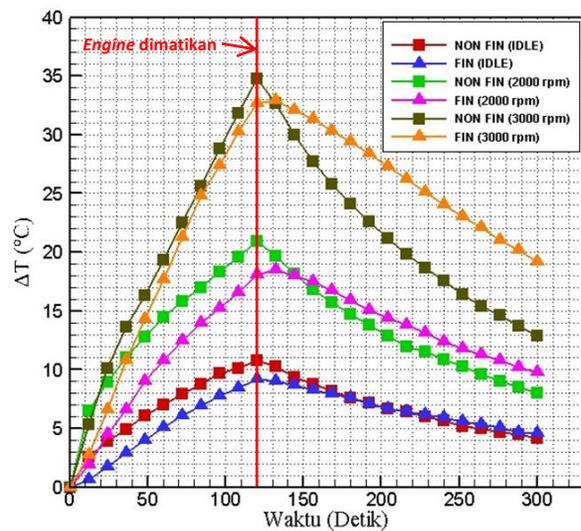
uji tanpa pembebanan. Akan tetapi dalam uji dengan pembebanan ini menggunakan tambahan beban berupa lampu dengan tegangan 2,5 volt dan arus 3 ampere atau setara dengan 7,5 watt. Uji dengan dengan pembebanan dilakukan dengan acuan awal ketika temperatur sisi panas mencapai 50°C, dikarenakan tegangan *output* mulai muncul ketika temperatur sisi panas mencapai sekitar 52°C.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

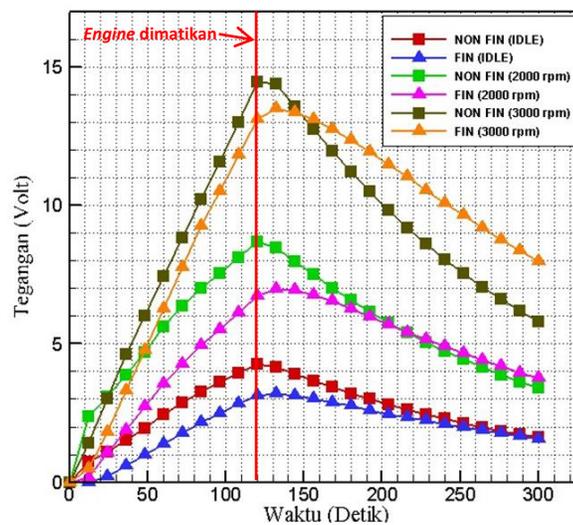
3.1 Uji tanpa pembebanan



Gambar 5. Pengaruh perubahan waktu terhadap temperatur sisi panas (T_h)



Gambar 6. Pengaruh perubahan waktu terhadap beda temperatur (ΔT)

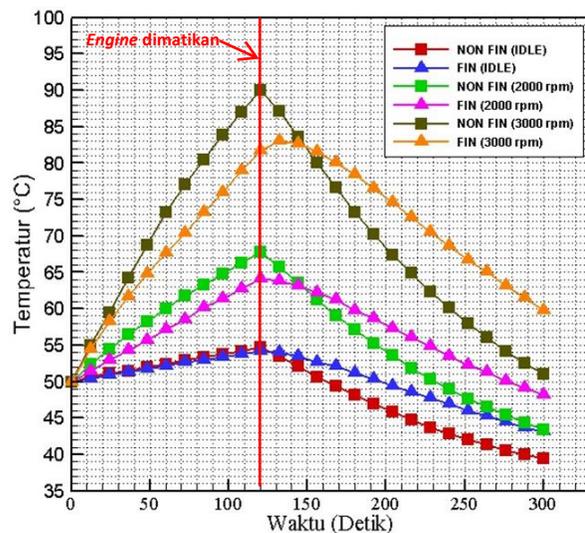


Gambar 7. Pengaruh perubahan Waktu terhadap tegangan output

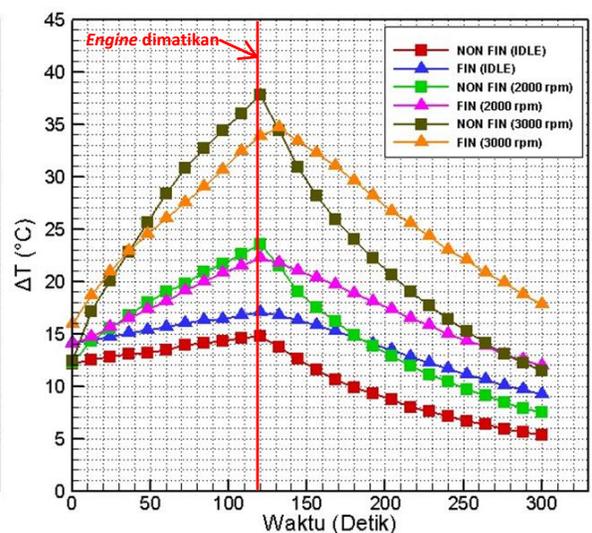
Pada pengujian tanpa pembebanan diketahui bahwa, ketika mesin mulai dinyalakan selama 120 detik, temperatur sisi panas, beda temperatur dan tegangan *output* mengalami kenaikan, baik antara variasi *fin* maupun *non fin*. Akan tetapi variasi *non fin* diperoleh hasil temperatur sisi panas, beda temperatur dan tegangan *output* lebih tinggi dibanding variasi *fin*, baik diputaran *idle*, 2000 dan 3000 rpm. Temperatur sisi panas tertinggi variasi *non fin* diperoleh pada putaran 3000 rpm pada detik ke 120 sebesar 78°C, dengan temperatur sisi panas tersebut dihasilkan beda temperatur tertinggi sebesar 34,8°C dan dihasilkan tegangan sebesar 14,44 V. Sedangkan temperatur sisi panas tertinggi variasi *fin* diperoleh pada putaran 3000 rpm pada detik ke 132 sebesar 74,3°C, dengan temperatur sisi panas tersebut dihasilkan beda temperatur tertinggi sebesar 32,9°C dan dihasilkan tegangan sebesar 13,48 V.

Kemudian setelah mesin dimatikan selama 180 detik, temperatur sisi panas, beda temperatur dan tegangan *output* mengalami penurunan, baik antara variasi *fin* maupun *non fin*. Akan tetapi variasi *fin* mengalami penurunan lebih lambat, sehingga temperatur sisi panas, beda temperatur dan tegangan *output* nilainya lebih tinggi dibanding variasi *non fin* pada saat mesin dimatikan selama 180 detik.

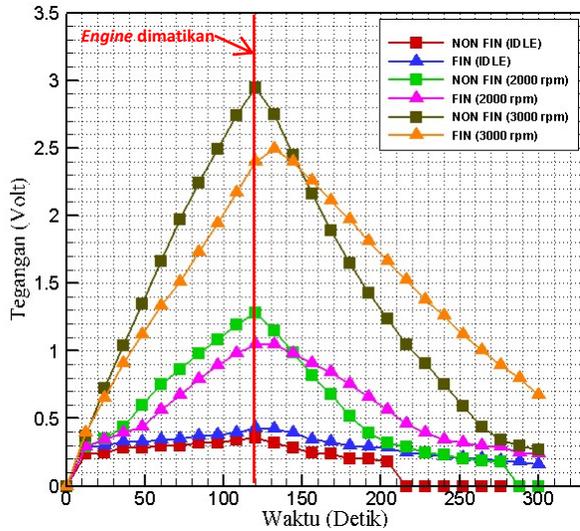
3.2 Uji dengan pembebanan



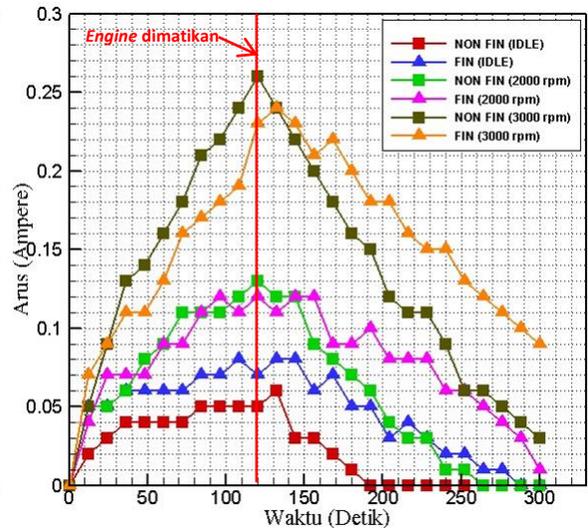
Gambar 8. Pengaruh perubahan waktu terhadap temperatur sisi panas (T_h)



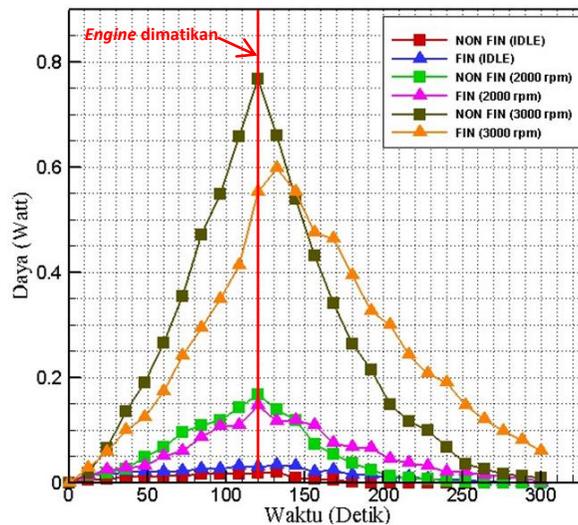
Gambar 9. Pengaruh perubahan waktu terhadap beda temperatur (ΔT)



Gambar 10. Pengaruh perubahan waktu terhadap tegangan *output*



Gambar 11. Pengaruh perubahan waktu terhadap arus *output*

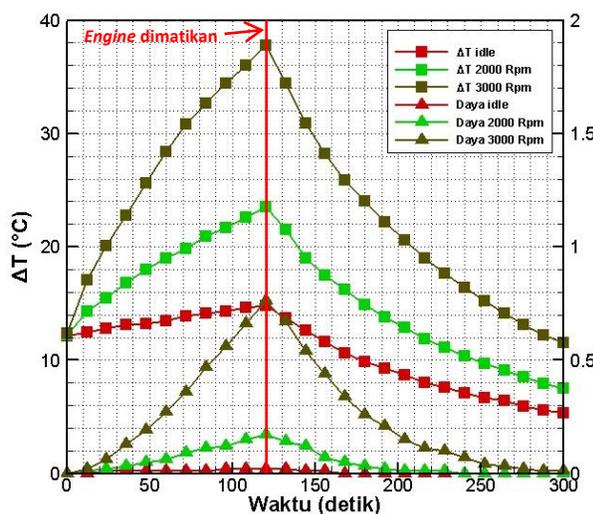


Gambar 12. Pengaruh perubahan waktu terhadap daya *output*

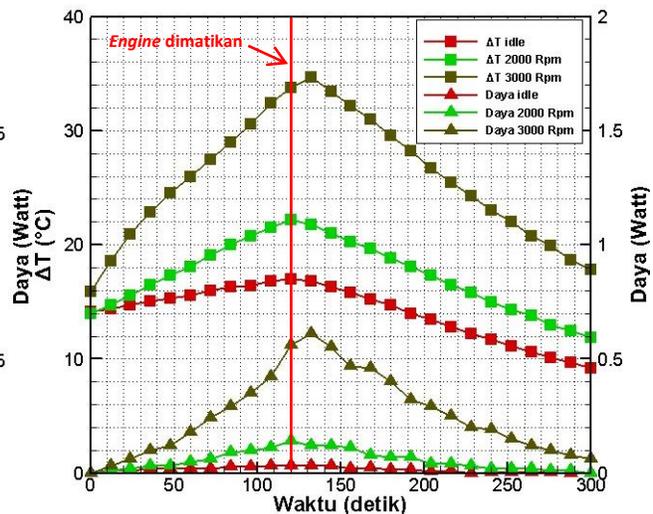
Pada pengujian dengan pembebanan diketahui bahwa, ketika mesin mulai dinyalakan selama 120 detik, temperatur sisi panas, beda temperatur, tegangan, arus, dan daya *output* mengalami kenaikan, baik antara variasi *fin* maupun *non fin*. Akan tetapi variasi *non fin* diperoleh hasil temperatur sisi panas, beda temperatur, tegangan, arus, dan daya *output* lebih tinggi dibanding variasi *fin*, baik diputaran *idle*, 2000 dan 3000 rpm. Hanya saja beda tempertur pada putaran *idle* yang diperoleh dengan variasi *fin* lebih besar dari pada *non fin*. Ini dikarenakan tidak stabilnya temperatur sisi dingin

modul termoelektrik. Temperatur sisi panas tertinggi variasi *non fin* diperoleh pada putaran 3000 rpm pada detik ke 120 sebesar 90°C , dengan temperatur sisi panas tersebut dihasilkan beda temperatur tertinggi sebesar $37,8^{\circ}\text{C}$ dan dihasilkan tegangan, arus dan daya sebesar 2,95 V, 0,26 A, dan 0,76 W. Sedangkan temperatur sisi panas tertinggi variasi *fin* diperoleh pada putaran 3000 rpm pada detik ke 132 sebesar $83,1^{\circ}\text{C}$, dengan temperatur sisi panas tersebut dihasilkan beda temperatur tertinggi sebesar $34,7^{\circ}\text{C}$ dan dihasilkan tegangan, arus dan daya sebesar 2,49 V, 0,24 A, dan 0,59 W.

Kemudian setelah mesin dimatikan selama 180 detik, temperatur sisi panas, beda temperatur, tegangan, arus, dan daya *output* mengalami penurunan, baik antara variasi *fin* maupun *non fin*. Akan tetapi variasi *fin* mengalami penurunan lebih lambat, sehingga temperatur sisi panas, beda temperatur, tegangan, arus, dan daya *output* nilainya lebih tinggi dibanding variasi *non fin* pada saat mesin dimatikan selama 180 detik.



Gambar 13. Hubungan daya *output* dengan beda temperatur (ΔT) variasi *non fin*



Gambar 14. Hubungan daya *output* dengan beda temperatur (ΔT) variasi *fin*

Pada gambar 13 dan 14 menunjukkan grafik hubungan antara daya *output* dengan beda temperatur (ΔT) pada variasi *fin* dan *non fin*. Pada grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar beda temperatur (ΔT) modul termoelektrik, maka daya *output* yang dihasilkan modul termoelektrik juga semakin besar dan begitu juga sebaliknya. Jadi besarnya daya *output* yang dihasilkan modul termoelektrik berbanding lurus dengan perubahan beda temperatur (ΔT), baik pada variasi *fin* maupun *non fin*.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Temperatur sisi panas modul termoelektrik mengalami kenaikan saat mesin mulai dinyalakan selama 120 detik, dimana variasi *non fin* memperoleh temperatur lebih tinggi dibandingkan variasi *fin*, baik pada uji tanpa pembebanan dan uji dengan pembebanan yaitu sebesar 78°C dan 90°C pada putaran 3000 rpm. Ketika mesin dimatikan, penurunan temperatur variasi *fin* cenderung lebih lambat, sehingga temperatur variasi *fin* lebih tinggi dibanding variasi *non fin* selama 180 detik mesin dimatikan.
- 2) Beda temperatur modul termoelektrik mengalami kenaikan saat mesin mulai dinyalakan selama 120 detik, dimana variasi *non fin* memperoleh beda temperatur lebih tinggi dibandingkan variasi *fin*, baik pada uji tanpa pembebanan dan uji dengan pembebanan yaitu sebesar 34,8°C dan 37,8°C pada putaran 3000 rpm. Ketika mesin dimatikan, penurunan beda temperatur variasi *fin* cenderung lebih lambat, sehingga beda temperatur variasi *fin* lebih tinggi dibanding variasi *non fin* selama 180 detik mesin dimatikan.
- 3) Tegangan, arus, dan daya output mengalami kenaikan saat mesin mulai dinyalakan selama 120 detik, dimana variasi *non fin* diperoleh hasil lebih tinggi dibanding variasi *fin*. Pada uji tanpa pembebanan tegangan *output* tertinggi dihasilkan pada putaran 3000 rpm sebesar 14,44 V. Pada uji dengan pembebanan tegangan, arus dan daya *output* tertinggi dihasilkan pada putaran 3000 rpm sebesar 2,95 V, 0,26 A, 0,76 watt.
- 4) Daya *output* yang dihasilkan modul termoelektrik berbanding lurus dengan perubahan beda temperatur (ΔT), baik pada variasi *fin* maupun *non fin*.

4.2 Saran

Peneliti menyadari bahwa masih terdapat permasalahan yang belum terungkap yang berkaitan dengan penelitian ini. Oleh karena itu untuk dapat mengembangkan lebih lanjut penelitian ini maka peneliti memberi saran sebagai berikut :

- 1) Temperatur air pendingin dijaga konstan.

- 2) Perhatikan spesifikasi modul termoelektrik yang digunakan dan posisi penempatannya.
- 3) Gunakan modul termoelektrik yang memiliki ketahanan panas yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Witjaksono. (2017). *Pemodelan perpindahan panas pada sirip dalam (internal fin) pada pembangkit uap superheated*. Departemen teknik fisika. Fakultas teknologi industry. Institute teknologi sepuluh nopember. Surabaya.
- Avaritsioti, Eleni. (2016). *Environmental and economic benefits of car exhaust heat recovery*. Transportation Research Procedia, 14, 1003-1012
- Karpe, Shrutika. (2016). *Thermoelectric power generation using waste heat of automobile*. International Journal of Current Engineering and Technology, 4 (4), 144-148
- 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, Endra. (2015). *Rancang bangun kontruksi TEG (thermoelectric generator) pada knalpot sepeda motor untuk pembangkitan listrik mandiri*. Jurnal forum teknik, 36 (1), 56-63
- www.aisi.or.id. Diakses pada tanggal 9 Maret 2018
- www.bps.go.id. Diakses pada tanggal 9 Maret 2018