

**ANALISIS PENGARUH *FLUIDA* PENDINGIN PADA PEMBANGKIT
LISTRIK SISTIM *THERMOELECTRIC* GENERATOR**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Program Strata Satu Pada
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Otomotif Fakultas
Teknik Universitas Negeri Padang*



OLEH :

**WAHYU CHANDRA
NIM/BP. 16073061/2016**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

SKRIPSI

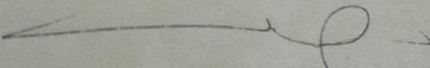
Analisis Pengaruh Fluida Pendingin Pada Pembangkit Listrik

Sistim Thermoelectric Generator

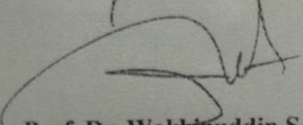
Nama : Wahyu Chandra
NIM/BP : 16073061/2016
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

Padang, Juni 2021

Disetujui Oleh :
Pembimbing


Dr. Remon Lapis, ST, MT, M.Sc. Tech
NIP. 19770918 200812 1 001

Mengetahui :
Ketua Jurusan,


Prof. Dr. Wakhinuddin S, M.Pd
NIP. 19600314 198503 1 003

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Wahyu Chandra
NIM : 16073061

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan Skripsi di depan Tim Penguji
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan Teknik Otomotif
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Dengan Judul

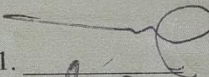
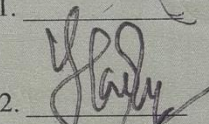
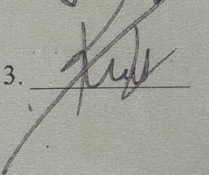
**Analisis Pengaruh Fluida Pendingin Pada Pembangkit Listrik
Sistim Thermoelectric Generator**

Padang, Juni 2021

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Ketua : Dr. Remon Lapisa, ST, MT, M.Sc. Tech
2. Anggota : Dr. Hasan Maksum, M.T
3. Anggota : Rifdarmon, S.Pd, M.Pd.T

1. 
2. 
3. 

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : **ANALISIS PENGARUH *FLUIDA* PENDINGIN PADA
PEMBANGKIT LISTRIK SISTIM *THERMOELECTRIC*
GENERATOR**

Nama : Wahyu Chandra

Nim : 16073061

Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Jurusan : Teknik Otomotif

Fakultas : Teknik

Padang, Mei 2021

Disetujui Oleh

Dosen Pembimbing

Dr. Remon Lapisa, ST, MT, M.Sc. Tech
NIP.19770918 200812 1 001

ABSTRAK

Wahyu Chandra, 2021: Analisis Pengaruh *Fluida* Pendingin Pada Pembangkit Listrik Sistem *Thermoelectric* Generator

Penelitian ini membahas mengenai analisis pengaruh jenis-jenis fluida pendingin pada pembangkit listrik sistem *thermoelektrik* generator. Penelitian ini digolongkan pada penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen, penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk mengungkap hubungan sebab akibat antar variable dengan melakukan manipulasi variable bebas.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengujian yang dilakukan pada modul *thermoelectric* dengan variasi media pendingin yang digunakan yaitu air, coolant, oli dan udara. Pengujian pertama dilakukan dengan media pendingin air dengan hasil tegangan listriknya paling tinggi 4,59 Volt dan arus paling tinggi yaitu 0,1 Ampere dengan perbedaan suhu paling besar 44,4°C. Pada penelitian kedua media pendingin yang digunakan yaitu coolant dengan hasil tegangan listrik paling tinggi mencapai 3,02 Volt dan arus mencapai 0,1 Ampere dengan perbedaan suhu paling tinggi dengan hasil 52,9°C. Pada penelitian ketiga media pendingin yang digunakan yaitu oli dengan hasil tegangan listrik paling tinggi mencapai 3,01 Volt dan arus mencapai 0,1 Ampere dengan perbedaan suhu paling besar yaitu 45,5°C. Pada penelitian keempat atau penelitian terakhir media pendingin yang digunakan hanya udara saja dan menghasilkan tegangan mencapai 2,01 Volt sedangkan arus listriknya mencapai 0,07 Ampere dengan perbedaan suhu paling besar yaitu 3°C.

Kata Kunci: *Thermoelektrik* Generator, Fluida Pendingin, Listrik.

KATA PENGANTAR

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ اللَّهُ بِسْمِ

Alhamdulillah rabbil'alam, puji syukur penulis ucapkan kehadiran ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya kekuatan. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul **“ANALISIS PENGARUH FLUIDA PENDINGIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK SISTEM THERMOELECTRIC GENERATOR”**. Dalam penyusunan proposal penelitian ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd, M.T Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Prof. Dr. Wakhinudin Wakhid, M.Pd Ketua Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Dr. Remon Lapisa, ST, MT, M.Sc. Tech dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, saran-saran, dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan proposal ini.
4. Bapak Drs. Erzeddin Alwi, M.Pd selaku penasehat akademik.
5. Bapak/Ibu dosen dan semua staff pengajar di Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

6. Teristimewa untuk kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan semangat, dorongan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini.
7. Rekan-rekan yang telah memberikan dukungan, kritik dan sarannya kepada penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga bantuan, bimbingan dan petunjuk bapak/ibu, saudara berikan manjadi amal baik dan mendapatkan balasan yang berlipat dari ALLAH SWT. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan dimasa mendatang. Semoga ALLAH SWT senantiasa memberi rahmat, nikmat dan hidayah-Nya. Amin.

Padang, Mei 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian.....	3
F. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. KAJIAN TEORI	
A. <i>Thermoelectric</i> Dan Prinsip Kerjanya.....	5
1. Efek Seeback.....	7
2. Efek Peltier.....	7
B. Sistem Konversi Energi Panas <i>Thermoelectric</i>	8
C. Jenis <i>Thermoelectric</i>	9
1. <i>Thermoelectric</i> Generator	9
2. <i>Thermoelectric</i> Cooler	12
D. Fluida Pendingin (Cairan Pendingin).....	13
1. Oli.....	13
2. Water Coolant	15

3. Air	16
4. Udara	16
E. Modul <i>Step up</i> XL6009E1.....	17
F. Kerangka Konseptual	18
G. Penelitian Relevan.....	19
H. Pertanyaan Penelitian	20

BAB III. MTODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	21
B. Tempat.....	21
C. Objek Penelitian	21
D. Jenis dan Sumber Data	22
E. Instrumen Penelitian.....	22
F. Metode Penelitian.....	29
G. Teknik Pengambilan Data	30
H. Pengelolaan dan Analisis Data.....	31

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan	33
B. Analisa dan Pembahasan	37

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kesimpulan.....	52
B. Saran.....	53

DAFTAR PUSTAKA

Lampiran

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Suhu Pangkal Knalpot.....	11
2. Suhu Gas Buang	11
3. Sifat Termal Fluida.....	16
4. Data Hasil Pengujian <i>Thermoelectric</i> Pada <i>Fluida</i> Pendingin Air.....	30
5. Data Hasil Pengujian <i>Thermoelectric</i> Pada <i>Fluida</i> Pendingin <i>Coolant</i>	31
6. Data Hasil Pengujian <i>Thermoelectric</i> Pada <i>Fluida</i> Pendingin Oli.....	31
7. Data Media Pendingin Air.....	33
8. Data Media Pendingin Coolant	34
9. Data Media Pendingin Oli.....	35
10. Data Media Pendingin Udara	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1.Struktur <i>Thermoelectric</i>	6
Gambar 2. <i>Thermoelectric</i> Generator	10
Gambar 3. <i>Thermoelectric Cooler</i>	12
Gambar 4.Oli.....	14
Gambar 5.Air <i>Coolant</i>	15
Gambar 6.Modul <i>StepUP</i> XL6009E1	17
Gambar 7.Diagram Peneltian	18
Gambar 8.(a) tempat/dudukan <i>thermoelectric</i> , (b) <i>heatsink</i> , (c) <i>exhaust</i> kendaraan, (d) modul <i>thermoelectric</i>	24
Gambar 9. Pengukuran Tegangan	25
Gambar 10.Pengukuran Arus Listrik	26
Gambar 11. Grafik Perubahan Suhu Pendingin Air Terhadap Arus dan Tegangan.....	38
Gambar 12. Grafik Perubahan Suhu Pendingin Coolant Terhadap Arus dan Tegangan.....	39
Gambar 13. Grafik Perubahan Suhu Pendingin Oli Terhadap Arus dan Tegangan	40
Gambar 14. Grafik Perubahan Suhu Pendingin Udara Terhadap Arus dan Tegangan.....	41
Gambar 15. Grafik Pengaruh Media Pendingin Air Terhadap Su	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Semakin bertambahnya populasi kendaraan di Indonesia menyebabkan peningkatan penggunaan jumlah BBM yang akan dibakar oleh mesin kendaraan. Dari pembakaran yang terjadi diruang bakar pada mesin kendaraan, maka akan terdapat energi panas yang terbuang melalui knalpot kendaraan. Jika panas ini tidak dimanfaatkan maka energi panas ini akan terbuang sia-sia ke atmosfer dan akan menyebabkan polusi termal. Seperti halnya mesin yang berbahan bakar bensin, 25% bahan bakar untuk pengoperasian kendaraan, 75% dari total bahan bakar terbuang ke lingkungan, dimana 40% menjadi gas buang kendaraan(Avaritsioti, 2016). Limbah kalor dari knalpot kendaraan memiliki kisaran temperatur rendah 25°C dan 200 °C hingga menengah 300°C dan 590°C (Wirawan, 2012).

Karena banyak energi termal yang terbuang sisa-sia ke atmosfer inilah, maka *thermoelectric* dapat dimanfaatkan untuk mengubah langsung energi panas dari knalpot kendaraan menjadi energi listrik. *Thermoelectric* ini mempunyai nilai ekonomis yang tinggi dan juga tidak menimbulkan polusi sehingga ramah lingkungan. *Thermoelectric* dalam mengubah energi panas menjadi energi listrik memanfaatkan efek *seeback*.

Thermoelectric bisa bekerja apabila terdapat perbedaan suhu pada kedua sisinya. Jika perbedaan suhu semakin besar maka listrik yang dihasilkan oleh *thermoelctric* juga akan semakin besar. Untuk menghasilkan

perbedaan suhu tersebut maka di perlukan *fluida* pendingin untuk menurunkan suhu sisi dingin *thermoelectric*. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan memanfaatkan limbah panas yang ada pada knalpot kendaraan menjadi listrik dengan berbagai macam *fluida* pendingin seperti air, oli dan Radiator *coolant*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh berbagai macam *fluida* pendingin terhadap *output* yang dihasilkan oleh *thermoelectric*. Hasil dari penelitian dipasangkan pada knalpot kendaraan jenis mobil yaitu pada bagian *muffler* dan hal tersebut diharapkan bisa bermanfaat dalam menghasilkan sistem pendingin dan pemanas pada knalpot kendaraan untuk memanfaatkan *thermoelectric* dalam menghasilkan energy listrik, yang kemudian dapat digunakan untuk membantu sistem kelistrikan dikendaraan tersebut terutama pada pengisian baterai.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan berikut ini:

1. *Thermoelectric* bekerja dengan memanfaatkan perbedaan suhu pada kedua sisinya sehingga *fluida* pendingin yang digunakan akan mempengaruhi *output* yang dihasilkan oleh *thermoelectric*.
2. Nilai kalor dari *fluida* pendingin akan mempengaruhi kemampuan pendinginan, sehingga nilai kalor akan mempengaruhi *output* dari *thermoelectric*.

C. Batasan Masalah

Untuk lebih terarahnya penelitian ini, maka permasalahan akan dibatasi pada pengaruh penggunaan *fluida* pendingin berupa air, Radiator *Coolant*, dan oli terhadap output yang dihasilkan oleh *thermoelectric*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas maka dapat ditarik rumusan masalah:

1. Bagaimanakah pengaruh variasi *fluida* pendingin terhadap output yang dihasilkan oleh *thermoelectric* generator?
2. Jenis *Fluida* pendingin apakah yang lebih baik digunakan?
3. Bagaimanakah cara memanfaatkan energi panas yang terbuang pada knalpot kendaraan supaya dapat menjadi energi yang bermanfaat dengan menggunakan sistem *thermoelectric* generator?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui cara kerja *thermoelectric* Generator dalam menghasilkan energi listrik.
2. Untuk mengetahui pengaruh dari variasi *fluida* pendingin yang digunakan terhadap energi listrik yang dihasilkan.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

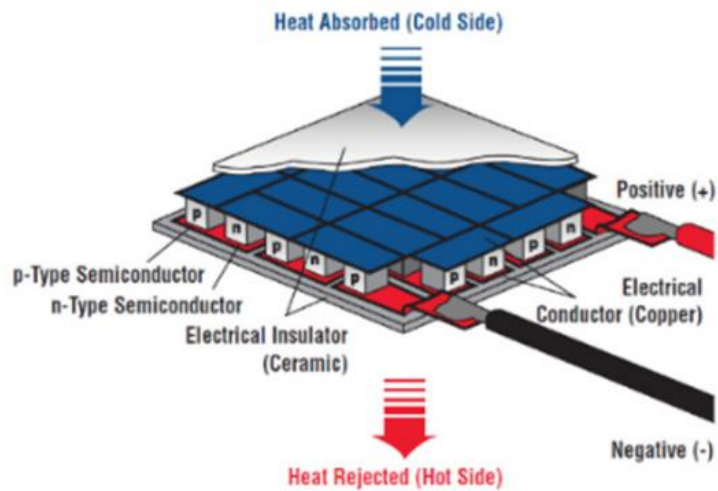
1. Dapat menyediakan sumber energi listrik alternatif dengan memanfaatkan panas yang terbuang sia-sia.
2. Untuk mengetahui *fluida* pendingin apa yang paling baik digunakan.
3. Untuk mengetahui prinsip kerja dari *thermoelectric* generator.

BAB II KAJIAN TEORI

A. *Thermoelectric* dan prinsip kerjanya

Thermoelectric adalah suatu material yang bisa mengkonversi energi panas menjadi energi listrik jika melewati modulnya. Modul *thermoelectric* adalah sebuah alat yang mengubah energi panas menjadi energi listrik atau energi listrik menjadi temperatur (Pasaribu,dkk,2019). Contoh seperti *thermoelectric* generator yang digunakan untuk menghasilkan energy listrik dari energi panas dan *thermoelectric cooler* yang digunakan pada lemari pendingin dimana energi listrik diubah menjadi temperatur.

Thermoelectric biasanya terbuat dari bahan yang bersifat semi konduktor atau *solid-state technology*. *Thermoelectric* itu sendiri memiliki struktur seperti gambar dibawah. Pada gambar dibawah ditunjukkan, material yang kekurangan elektron disebut elemen tipe-P dan elemen yang kelebihan elektron disebut dengan elemen tipe-N. Panas masuk dari salah satu sisi *thermoelectric* dan terbuang pada satu sisi lainnya. Elektron yang berada pada sisi panas memiliki kecepatan gerakan dan aliran yang lebih tinggi di banding dengan sisi dinginnya. Karna adanya pergerakan elektron yang tinggi tersebut maka akan terjadi difusi pada sisi panas ke sisi dingin dan akan menghasilkan medan listrik pada material tersebut.



Gambar 1. Struktur *thermoelectric*

Pada umumnya material *thermoelectric* atau bahan *thermoelectric* yang sudah dipasarkan ada beberapa macam antara lain seperti *silicon germanium*, *lead telluride* dan *bismuth telluride*. Dimana kemampuan dari bahan-bahan tersebut memiliki kemampuan menyerap panas yang berbeda-beda. *Thermoelectric* yang terbuat dari bahan *silicon germanium* memiliki kemampuan menyerap panas dalam suhu 750°C sampai dengan suhu 1000°C . *thermoelectric* dari bahan *lead telluride* bekerja pada suhu 400°C sampai dengan 650°C , Sedangkan *thermoelectric* yang terbuat dari bahan *bismuth telluride* bekerja pada suhu rendah hingga 350°C saja dan umumnya diaplikasikan pada pendinginan atau perpaduan antara pendingin dan panas dengan adanya perbedaan temperatur sehingga menghasilkan energi listrik. Pada *thermoelectric* terjadi dua fenomena yaitu efek *seeback* dan efek *peltier*.

1. Efek *seeback*

Perubahan yang terjadi secara langsung pada saat terjadinya perbedaan suhu lalu menjadi listrik dan mengambil dari nama fisikawan yaitu Thomas Johan Seeback, yang menemukan bahwa jarum kompas akan dibelokkan oleh *loop* tertutup yang terbentuk dari gabungan dua logam di dua tempat, dengan perbedaan suhu antara dua sambungan ini, itu disebabkan oleh respon logam yang berbeda-beda pada setiap perbedaan temperatur, sehingga menimbulkan *loop* arus dan medan magnet (Pasaribu,dkk,2019).

Jadi efek *seeback* adalah peristiwa yang mengubah perbedaan temperatur atau suhu menjadi energi listrik. Jika dua bahan yang berbeda yang kemudian kedua ujungnya disambungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu *loop*. Jika terjadi perbedaan temperatur diantara kedua sambungan ini, maka akan terjadi arus listrik. Prinsip inilah yang digunakan *thermoelectric* sebagai generator (pembangkit listrik).

2. Efek *peltier*

Efek *peltier* merupakan lawan atau kebalikan dari efek *seeback* yaitu jika dua logam yang berbeda kita sambungkan kemudian diberi arus listrik, maka akan terjadi peristiwa pompa kalor atau penyerapan panas dan pelepasan panas (Pasaribu,dkk,2019). Jika kedua sisi *thermoelectric* terdapat perbedaan temperatur maka *thermoelectric*

akan menghasilkan tegangan listrik dan tegangan tersebut dapat kita ukur dengan voltmeter.

Listrik yang dihasilkan oleh *thermoelectric* adalah arus searah atau arus DC. Jika modul *thermoelectric* ini dialiri tegangan listrik maka akan terjadi perbedaan suhu atau temperatur pada salah satu permukaan *thermoelectric*. Tegangan ini yang akan menyebabkan adanya arus listrik yang melalui *thermoelectric* sehingga terjadi efek peltier dan juga peristiwa ini yang disebut dengan pompa kalor.

B. Sistem konversi energi panas pada *thermoelectric*

“*Thermoelectric* generator bukanlah *keeping* pada panel surya yang mengkonversi energi panas menjadi listrik. Pada prinsipnya *thermoelectric* generator yang dikonversikan menjadi energi listrik berupa tegangan dan arus adalah ketika terjadinya perbedaan temperatur antara kedua sisi *peltier* (efek *seeback*) dan tentunya akan terjadi perbedaan temperatur pada kedua sisi *peltier* bila diberi aliran listrik (efek *peltier*)” (Baharuddin, dkk, 2015).

Jadi dapat disimpulkan dari kutipan diatas sistem konversi energi pada *thermoelectric* generator berbeda dengan panel surya. Sistem konversi energi pada *thermoelectric* generator adalah dengan memanfaatkan perbedaan suhu atau temperatur pada sisi panas dan dingin (elemen *peltier*) pada *thermoelectric* sehingga timbul tegangan (efek *seeback*) dan akan menghasilkan temperatur apabila diberi tegangan listrik pada *thermoelectric* (efek peltier).

Perpindahan panas atau perpindahan kalor atau disebut juga dengan *heat transfer* merupakan proses terjadinya perpindahan kalor dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah dan berlangsung sampai adanya kesetimbangan temperatur yang ada pada media tersebut. Perpindahan panas pada penelitian ini menggunakan sistem perpindahan panas secara konduksi yang mana Menurut Arwizet (2014:6) perpindahan kalor (panas) secara konduksi atau *conduction heat transfer* merupakan perpindahan kalor yang terjadi pada benda yang bertemperatur tinggi ke benda yang bertemperatur rendah melalui zat padat atau zat cair yang tidak bergerak atau diam.

Contoh lain dari perpindahan kalor adalah tutup panci yang terasa panas saat di pakai untuk menutup rebusan air, mentega yang akan meleleh ketika dimasukkan ke wajan yang panas, knalpot kendaraan yang akan terasa panas saat mesin kendaraan di hidupkan. Proses perpindahan kalor inilah yang akan dimanfaatkan menjadi suatu energi yang bermanfaat melalui prinsip kerja dari *thermoelectric* generator pada knalpot kendaraan.

C. Jenis *Thermoelectric*

Thermoelectric terdiri dari dua jenis yaitu *thermoelectric* generator dan *thermoelectric cooler*.

1. *Thermoelectric* generator

Pada tahun 1826, *thermoelectric* generator dimulai dari teori fisikawan yang bernama Thomas Johann seeback yang berasal dari

berman, bahwa jika dua buah bahan semikonduktor yang berbeda jenis jika permukaannya memiliki perbedaan temperatur maka akan menghasilkan tegangan. Disaat dua buah kawat disambungkan yang memiliki perbedaan material dan sisi satunya dipanaskan akan menghasilkan arus yang terus menerus. *Thermoelectric* generator dapat kita lihat seperti gambar di bawah ini



Gambar 2. *Thermoelectric* generator

Dimana spesifikasi dari *thermoelectric* dalam penelitian Kristoforus Agastya Munis yang berjudul “Karakteristik Thermoelektrik Generator” yaitu dengan ukuran 40 x 40 mm dengan ketebalan 3,4 mm, mempunyai kode SP 184827145 SA, perbedaan suhu antara sisi dingin dan panas sebesar 53°C, ketahanan terhadap panas bisa mencapai 228°C, dan terbuat dari bahan semikonduktor dengan paduan Pb, Te dan Si/Ge. Sedangkan arus maksimal yang dihasilkan yaitu sampai 7 Ampere dan teagangannya maksimal sampai 15,4 Volt (Pasaribu,dkk, 2019).

Jadi *thermoelectric* generator merupakan *thermoelectric* yang mempunyai prinsip dari efek *seebeck* yang menggunakan panas atau

perbedaan suhu untuk menghasilkan energi listrik. Antara *thermoelectric generator* dan *thermoelectric cooler* keduanya sama-sama menggunakan peltier, bedanya hanya ketahanan terhadap panas saja. Dimana *thermoelectric generator* memiliki bahan yang lebih tahan terhadap panas. Energi panas yang dimanfaatkan pada penelitian ini yaitu berasal dari knalpot mobil dimana suhunya yaitu

Tabel 1. Suhu Pangkal Knalpot

No	Putaran Mesin (Rpm)	Temperatur (°C)
1	1200 (idle)	89,9°C - 92,3°C
2	2000	97,3°C - 103°C
3	3000	201°C - 207,3°C
4	4000	225,4°C - 240,3°C

Sumber :(Putra,dkk,2015)

Tabel 2. Suhu Gas Buang

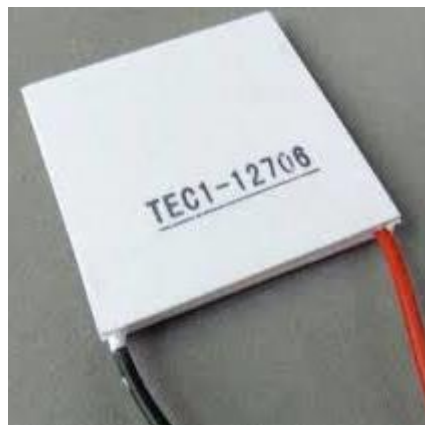
No	Putaran Mesin (Rpm)	Temperatur (°C)
1	1200 (idle)	40,5 0C–41,30C
2	2000	36,1 0C–37,30C
3	3000	201,10C–207,30C
4	4000	225,40C–240,30C

Sumber : (Putra,dkk,2015)

Sedangkan suhu pada tengah knalpot atau *muffler* dalam penelitian Putra,dkk,2015 yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Knalpot Standar Dan Racing Terhadap Tekanan Balik, Suhu Dan Bunyi Pada Sepeda Motor 4tak” dimana didapatkan hasil pada putaran 1200 Rpm didapatkan rata-rata suhunya sebesar 60,03°C, pada putaran 2000 Rpm hasilnya 76,56°C, pada putaran 3000 Rpm yaitu 81,26°C, dan pada putaran 4000 Rpm yaitu 85,4°C.

2. *Thermoelectric cooler*

“Prinsip kerja pendingin thermoelectric atau yang sering disebut *Thermoelectric Cooler* (TEC) adalah penyerapan panas melalui terminal dingin dan dibuang pada terminal panas elemen *thermoelectric*. Penyerapan dan pembuangan panas terjadi akibat arus listrik DC yang mengalir ke beberapa pasang sel semi konduktor tipe-p (energi rendah) dan tipe-n (energi tinggi). Perbedaan temperatur pada sisi terminal dingin dan terminal panas elemen *thermoelectric* terjadi akibat pergerakan elektron yang mengalir dari semi konduktor pada tipe-p yang kekurangan energi dan menyerap kalor untuk menambah energi pada sisi dingin”(Djalmono wahyu,dkk,2019). Gambar fisik dari *thermoelectric Cooler* dapat kita lihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3. *Thermoelectric Cooler*

Dan spesifikasinya yaitu dengan ukuran 40 x 40 mm, ketebalan 3,3 mm, arus maksimal 6 Ampere, tegangan listrik maksimal 14,4 Volt, suhu maksimalnya yaitu 138°C, bahan terbuat dari paduan Bi, Te dan si (Muhammad Khalid, 2016).

Jadi dapat disimpulkan *thermoelectric cooler* cara kerjanya adalah dengan mengubah energi listrik menjadi temperatur atau suhu panas atau dingin. Dimana *thermoelectric* ini menerapkan prinsip dari efek *peltier*, dan kebanyakan dimanfaatkan untuk pendingin kulkas mini, CPU komputer dan *collbox* dan lain-lain yang menggunakan sisi dingin yang dihasilkan oleh *peltier*.

D. Fluida Pendingin (Cairan Pendingin)

Fluida pendingin adalah suatu cairan yang dipakai untuk mengatur atau mengurangi suhu suatu sistim. Cairan pendingin berfungsi untuk menyerap menyerap panas dan mentransformasikan panas tersebut kelingkungan, agar sistim yang didinginkan tetap bekerja pada suhu yang optimal. Pendingin yang baik tidak menimbulkan korosi dan memiliki biaya yang rendah dan juga tidak beracun.

1. Oli

Oli atau pelumas mesin adalah sebagai pencegah atau mengurangi keausan dari gesekan antara benda yang berputar dan juga oli sebagai pendingin, peredam getaran serta pengangkut kotoran pada motor bakar (Arisandi dkk,2012).

Pada dasarnya oli digunakan sebagai pelumas pada mesin kendaraan sekaligus sebagai pendingin dan penyekat pada mesin kendaraan bermotor. Oli mengurangi panas dari proses pembakaran yang dihasilkan oleh gesekan antar komponen agar komponen-

komponen tersebut dapat bekerja dengan baik. Oli yang digunakan pada penelitian ini yaitu seperti gambar dibawah



Gambar 4.Oli

Nama oli/Merk : UNIOIL

SAE/kekentalan : 20W-50

Jenis : Oli motor bensin

Isi : 1 Liter

Standar Oli : SNI

2. *Water Coolant*

water coolant merupakan media pendingin yang dipakai untuk mendinginkan benda kerja dan menjaga suhu kerja mesin pada sistem radiator tetap konstan dan ideal (Hersandi& Arsana,2018).

Water Coolant atau air radiator adalah cairan yang dipakai untuk pendingin benda kerja atau mesin agar tidak terjadi overheating atau

kelebihan panas psds benda keja atau mesin kendaraan. Air radiator yang digunakan pada penelitian ini adalah



Gambar 5. Air Coolant

Merk : Pre-mix Coolant

Isi : 500 ml

Produksi : Indonesia

3. Air

Air adalah zat cair yang memiliki rasa, bau, dan warna yang tersusun dari hydrogen dan oksigen dengan rumus kimia H_2O serta memiliki titik beku $0\text{ }^{\circ}C$ dan titik didih sekitar $100\text{ }^{\circ}C$ (Firmansyah, 2018).

4. Udara

Sejak awal udara telah banyak digunakan sebagai media pendinginan pada suatu system karena jumlahnya yang melimpah serta

konduktifitas termalnya yang cukup baik sehingga udara dipakai sebagai media pendinginan suatu sistem. Sistem pendingin udara ini biasanya memanfaatkan udara yang masuk ke celah sirip kemudian akan membawa panas yang ada pada sirip ke udara bebas sehingga panas pada sirip berkurang. Kelebihan pada pendingin yang menggunakan udara yaitu tidak memerlukan biaya dan perawatannya yang mudah.

Tabel 3. Sifat Termal Fluida

No	Nama Fluida	Titik Didih	Viskositas η (Mpa.S)	Konduktifitas Thermal (W/M ² °C)
1	Air/coolant	100 °C/130°C	1.80	0,556
2	Oli	150 °C	40	0,147
3	Udara	-	0,019	0,024

Pada modul *thermoelectric* dibutuhkan perbedaan suhu agar modul tersebut bisa menghasilkan energi listrik. Seperti yang di katakan oleh Khoiriyah, dkk (2018:318) modul *thermoelctric* bisa menghasilkan energi listrik jika terdapat perbedaan suhu pada masing-masing sisinya, dengan adanya perbedaan suhu tersebut maka modul *thermoelectric* bisa menghasilkan arus listrik negatif dan positif. Maka dari itu pada penelitian ini agar terciptanya perbedaan suhu pada tiap sisi *thermoelectric* akan diberi *fluida* pendingin. *Fluida* pendingin yang digunakan adalah air, oli dan *coolant*. Dari ketiga *fluida* tersebut akan dibandingkan mana *fluida* yang lebih baik untuk digunakan sebagai *fluida* pendingin pada modul *thermoelectric*.

E. Modul *stepup* XL6009E1

Pada penelitian ini peneliti menggunakan sebuah modul *stepup* untuk menaikkan tegangan atau memperbesar tegangan keluaran dc. Modul tersebut akan menaikkan tegangan inputnya sehingga output yang keluar dari modul tersebut menjadi lebih besar dari inputnya tadi. Jadi di harapkan modul ini bisa menaikkan tegangan keluaran dari modul *thermoelectric* sehingga bias membantu pengisian baterai pada kendaraan.



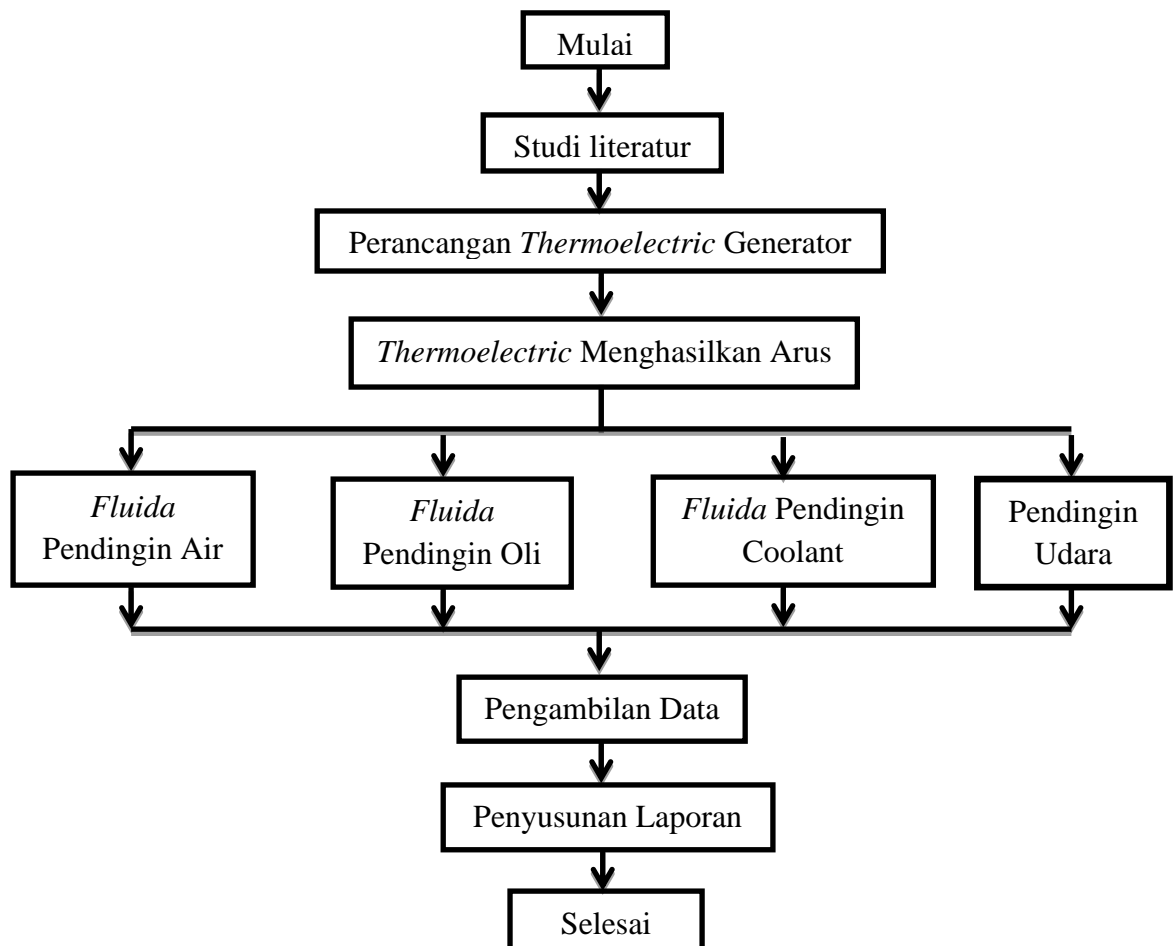
Gambar 6. Modul *stepup* XL6009E1

Spesifikasi dari modul ini (Naufal Tri Wibowodkk, 2021) adalah sebagai berikut:

Ukuran	: 43mm x 21mm x 14mm
Tegangan input	: 3-32 Volt
Tegangan output	: 5-35 Volt
Arus input	: Max 3 Ampere
Arus Output	: Max 3 Ampere
Suhu Operasi	: -40°C - 85°C

F. Kerangka konseptual

Kerangka berfikir dalam penelitian ini dipakai agar dimudahkan untuk menjelaskan teoritis tentang konsep analisis pemanfaatan panas kendaraan dalam menghasilkan energi listrik dengan menggunakan *thermoelectric* generator. Kerangka berfikir dalam penelitian ini dapat di lihat pada gambar dibawah



Gambar 7. Diagram Penelitian

G. Penelitian relevan

Penelitian relevan ini diambil untuk memperkuat teori-teori yang telah ditemukan pada kajian teori dengan tidak menyamakan seluruh isi yang ada pada penelitian tersebut. Adapun penelitian yang relevan dengan penelitian ini yaitu:

1. Baharuddin dan Agli Hariyanto (2015), “Konversi *energy* panas penggerak utama kapal berbasis *thermoelectric*”. Pada penelitian ini dengan menggunakan dua buah peltier dan memanfaatkan panas mesin kapal dapat menghasilkan Tegangan sebesar 4.01 volt dan mampu menghasilkan Arus sebesar 2 Ampere pada putaran mesin 2500 rpm.
2. Pada penelitian Rafika dkk(2016),” Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis *Thermoelectric* Generator Dengan Pendingin Menggunakan Udara”. Pada penelitian ini dengan menggunakan udara sebagai media pendinginan dengan hasil pengujian menunjukkan bahwa pada *thermoelectric* tipe TEG SP 1848 menghasilkan daya maksimum 0,55W, Arus 0,297 A, sedangkan tipe TEC 12706 menghasilkan daya maksimum 0,109 W arus 0,147 A, dengan perbedaan temperatur rata-rata 14,87 °C. Kinerja elemen *thermoelectric* TEG tipe SP 1848 lebih besar potensi listrik yang dihasilkan dibandingkan TEC 12706.
3. Pada penelitian Ryanuargo dkk(2013),”Generator Mini Dengan Prinsip *thermoelectric*Dari Uap Panas Kondensor Pada Sistem

Pendingin". Pada penelitian ini menggunakan uap panas kondesor pada sistem pendingin dan menghasilkan suhu rata-rata 34°C , dihasilkan tegangan 3,14 Volt dan daya sebesar 0,16 Watt.

Dari beberapa penjabaran diatas dapat disimpulkan bahwa pada penelitian relevan diatas terdapat perbedaan dengan yang diuji oleh peneliti, diantaranya yaitu pemasangan *thermoelectric* dipasangkan pada mesin kapal dan pada penelitian relevan selanjutnya menggunakan TEC 12706 dan pada penelitian relevan ketiga dengan memanfaatkan uap panas kondensor pada sistem pendingin. Karena pada penelitian sebelumnya arus listrik yang dihasilkan masih kecil, maka pada penelitian ini dimaksudkan untuk dapat menganalisa seberapa besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh modul *thermoelectric* dengan memanfaatkan beberapa jenis *fluida* pendingin yang digunakan serta dengan memasang modul *stepup* XL 6009 E1 pada rangkaian *thermoelectric* yang mana nantinya dipasangkan pada kenalpot kendaraan jenis mobil.

H. Petanyaan penelitian

Adapun pertanyaan penelitian dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana cara kerja *thermoelectric* generator menghasilkan listrik?
2. Bagaimana pengaruh beda *fluida* pendingin terhadap listrik yang dihasilkan?

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Metode penelitian adalah teknik atau cara yang dipakai dalam penelitian, metode penelitian dapat memberikan gambaran secara tersirat mengenai tipe, pendekatan atau jenis desain dari suatu penelitian (Widodo,2018). Penelitian ini digolongkan pada penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen, penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk mengungkap hubungan sebab akibat antar variable dengan melakukan manipulasi variable bebas(Winarso,2011:60). Penelitian eksperimen adalah rancangan atau desain yang dipakai untuk pengujian hipotesis yang paling ketat dan sangat cermat, eksperimen digunakan secara khusus untuk mengungkap hubungan sebab-akibat.

B. Tempat

Tempat dan waktu penelitian ini dilakukan dari 1 Januari –30 Januari 2021. Tempat pelaksanaan penelitian ini dilakukan di *workshop* teknik otomotif FT UNP.

C. Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini yaitu modul *thermoelectric* generator dan *fluida* pendingin yang digunakan diantaranya air, *coolant* dan oli.

D. Jenis dan Sumber Data

Pada penelitian yang akan dilakukan jenis data yang dipakai adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang didapat langsung pada saat melakukan penelitian dilokasi penelitian(Burhan Bungin,2011:132). Data primer yang ada dipenilitan ini adalah arus dan tegangan yang di dapat pada saat penelitian yang dihasilkan oleh *thermoelectric* generator pada setiap jenis media pendingin yang digunakan.

Data sekunder yaitu data yang didapat dari sumber kedua (Burhan Bungin,2011:132). Data sekunder dipenelitian ini adalah semua data yang mempunyai hubungan dengan topik peneltian yang didapat dari sejumlah sumber atau referensi sebagai data pendukung didalam penelitian.

E. Instrumen Penelitian

Adapun beberapa instrument yang dipakai didalam peneltiaan ini diantara lain:

1. Alat dan bahan yang digunakan

- a) *Thermoelectric* generator

Thermoelectric digunakan sebagai modul atau alat yang mengkonversi atau mengubah energi panas yang ada pada *exhaust* kendaraan menjadi energi listrik yang nanti akan digunakan sebagai pembantu pengisian baterai.

b) Thermometer digital

Thermometer digital digunakan sebagai alat untuk mengukur perubahan temperatur yang terjadi pada modul *thermoelectric* generator pada sisi panas dan sisi dingin.

c) *Heatsink*

Heatsink dipakai sebagai sisi dingin peltier ke udara bebas.

d) Modul *stepup* XL6000E1

Modul ini adalah alat elektronik yang berfungsi untuk menaikkan *output* yang dihasilkan oleh modul *thermoelectric*.

e) Multimeter digital

Multimeter berfungsi untuk mengukur besar *output* yang dihasilkan oleh *thermoelectric*.

f) Baterai

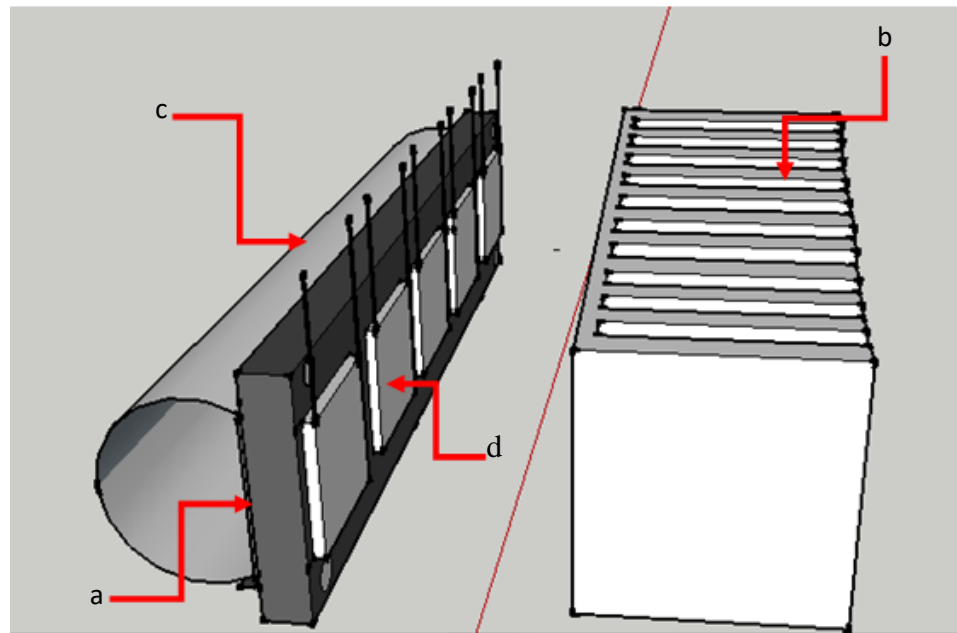
Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh modul *thermoelectric*. Baterai yang dipakai adalah baterai yang bias digunakan pada kendaraan umumnya yaitu baterai 12 volt.

g) Media pendingin

Media pendingin yang digunakan antara lain adalah oli,air dan *coolant*.

2. Rangkaian alat

Alat dan bahan kemudian dirangkai dan di pasang pada exhaust kendaraan.

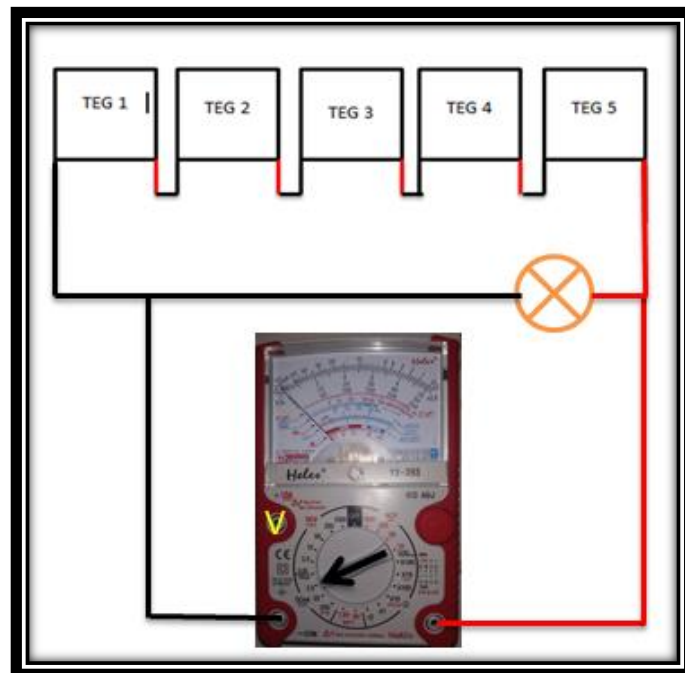


Gambar 8. (a) tempat/dudukan *thermoelectric*, (b) *heatsink*, (c) *exhaust* kendaraan, (d) modul *thermoelectric*

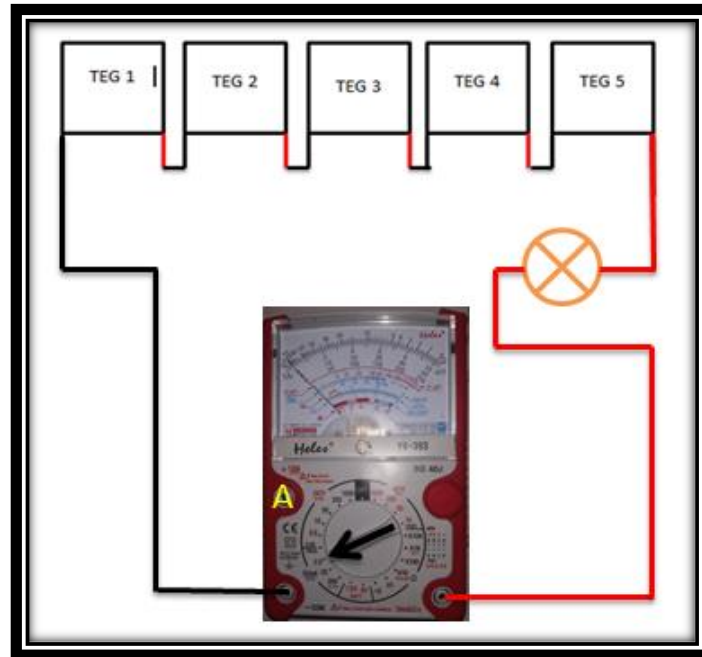
Pada gambar diatas dapat kita lihat bahwa tanda huruf (a) adalah kedudukan atau tempat terpasangnya modul *thermoelectric*, (b) adalah *heatsink*nya sebagai sisi dingin dari *thermoelectric* ke udara bebas, (c) *exhaust* kendaraan merupakan tempat keluaran dari sisa pembakaran mesin kendaraan dan sekaligus tempat di pasangny rangkaian alat tersebut dan juga sebagai dudukan terikatnya *thermoelectric*, (d) modul *thermoelectric* pengkonversi energi panas *exhaust* menjadi listrik.

Untuk mengetahui seberapa besar listrik yang dikeluarkan dari *step-up* diperlukan multimeter yaitu alat ukur listrik yang digasikan

oleh modul *thermoelectric* generator. Pada rangkaian tersebut dapat dijelaskan bahwa pada saat modul *thermoelectric* menghasilkan energi listrik, energi listrik tersebut akan menuju ke modul *step-up*. Pada modul *step-up* akan menaikkan tegangan listrik yang masuk ke modul *step-up* agar bisa mencapai 12 volt. Selanjutnya arus tersebut akan dimanfaatkan seperti membantu pengisian baterai pada kendaraan. Cara pengukuran tegangan listrik dan arus listrik yang dikeluarkan oleh modul *thermoelectric* generator yaitu seperti gambar dibawah ini



Gambar 9. Pengukuran Tegangan Listrik



Gambar 10. Pengukuran Arus Listrik

3. Proses Pembuatan Alat

Pada tugas akhir ini penelitian dilakukan dengan memanfaatkan panas knalpot mobil menjadi energi listrik dengan menggunakan modul *Thermoelectric Generator*, untuk menghasilkan energi listrik modul ini memerlukan perbedaan suhu pada kedua sisinya. Agar bisa mengetahui pengaruh dari perbedaan suhu tersebut, maka saat pengambilan data diberi variasi media pendingin pada modul tersebut supaya adanya perbedaan antara sisi dingin dan sisi panas pada knalpot tersebut.

Tahap-tahap dalam pembuatan *prototype* alat konversi energi tersebut adalah

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan dipakai untuk membuat prototype tersebut diantaranya plat aluminium dengan panjang 26 cm dan lebar 6 cm, *heatsink* sepanjang 26 cm, modul *Thermoelectric* Generator, modul Step-Up dan lem Dextone.
2. Melubangi plat aluminium dengan ukuran 40 mm X 40 mm, berfungsi sebagai tempat terpasangnya atau dudukan modul *Thermoelectric* Generator.
3. Memotong plat aluminium sebagai tempat menampung media pendingin untuk mendinginkan sisi dingin modul *Thermoelectric* Generator.
4. Memotong plat besi sebagai pengikat alat konversi energi tersebut pada knalpot mobil sesuai bentuk dan ukuran knalpot yang dipakai.
5. Memasang modul *thermoelectric* Generator dengan cara direkatkan dengan lem dextone pada plat aluminium yang telah dilubangi tadi sekaligus menyambungkan kabel-kabelnya dengan rangkaian seri.
6. Merekatkan plat aluminium yang dipotong tadi sebagai tempat media pendingin dengan tutupnya *heatsink*. Kemudian pada plat aluminium tersebut di buat lubang sebagai tempat pemasukan media pendingin.
7. Setelah semuanya selesai di gabungkan maka langkah selanjutnya adalah pemasangan pada knalpot mobil dan di beri media pendingin yang berbeda pada saat pengambilan data yang berbeda.

F. Metode Penelitian

1. Tahap persiapan
 - a) Mempersiapkan objek penelitian
 - b) Mempersiapkan rangkaian modul *thermoelectric*
2. Tahap pengujian
 - a) Pengujian dengan menggunakan air
 - 1) Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan
 - 2) Melakukan pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan modul *thermoelectric* generator dengan memakai *fluida* pendingin air.
 - 3) Melakukan pengukuran pada sisi panas dan sisi dingin
 - 4) Mengumpulkan semua data yang didapat lalu dimasukkan ke table data penelitian yang telah dibuat.
 - b) Pengujian dengan menggunakan *coolant*
 - 1) Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan
 - 2) Melakukan pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan modul *thermoelectric* generator dengan memakai *fluida* pendingin *coolant*.
 - 3) Melakukan pengukuran pada sisi panas dan sisi dingin
 - 4) Mengumpulkan semua data yang didapat lalu dimasukkan ke table data penelitian yang telah dibuat.
 - c) Pengujian dengan menggunakan oli
 - 1) Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan

- 2) Melakukan pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan modul *thermoelectric* generator dengan memakai *fluida* pendingin oli.
- 3) Melakukan pengukuran pada sisi panas dan sisi dingin
- 4) Mengumpulkan semua data yang didapat lalu dimasukkan ke table data penelitian yang telah dibuat.

G. Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dalam bentuk grafik dan table. Pengambilan data yang dilakukan yaitu tegangan, arus listrik yang di hasilkan oleh modul *thermoelectric* dengan selang waktu pengukuran dua menit tiga puluh detik. Untuk hasil data yang didapat di catat di dalam table seperti berikut:

Tabel 4. Data hasil pengujian *thermoelectric* pada *fluida* pendingin air

Waktu (menit)	Suhu °C			V (Volt)	I (Arus)
	Tc	Th	ΔT		
02:30					
05:00					
07:30					
10:00					
12:30					
n(60)					

Tabel 5. Data hasil pengujian *thermoelectric* pada *fluida* pendingin *coolant*

Waktu (menit)	Suhu °C			V (Volt)	I (Arus)
	Tc	Th	ΔT		
02:30					
05:00					
07:30					
10:00					
12:30					
n(60)					

Tabel 6. Data hasil pengujian *thermoelectric* pada *fluida* pendingin oli

Waktu (menit)	Suhu °C			V (Volt)	I (Arus)
	Tc	Th	ΔT		
02:30					
05:00					
07:30					
10:00					
12:30					
n(60)					

H. Pengolahan dan Analisis Data

Data dari hasil pengujian pada penelitian ini dilakukan secara manual untuk menghitung *output* daya yang dihasilkan oleh modul *thermoelectric* pada setiap penggunaan *fluida* pendingin yang dipakai. Untuk menghitung arus dan tegangan yang dapat di hasilkan dari masing-

masing rangkaian percobaan dapat di hitung dengan menggunakan rumus persamaan:

$$I = \frac{P}{v}$$

Dimana :

I = Arus Keluaran (*Amper*)

P = Daya (*Watt*)

V = Tegangan Keluaran (*Volt*)

Cara mencari tegangan keluaran listrik:

$$V = \frac{P}{I}$$

Dimana :

V = Tegangan Keluaran (*Volt*)

P = Daya (*Watt*)

I = Arus Keluaran (*Amper*)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan

Dari pengambilan data yang dilakukan pada *engine stand* Toyota Avanza dimana memanfaatkan panas knalpotnya dengan variasi media pendingin yang dipakai untuk menghasilkan energi listrik dan memakai rangkaian seri, maka dari percobaan yang dilakukan didapat data dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh modul *Thermoelectric* Generator sebagai berikut :

1. Menggunakan media pendingin Air.

Tabel 7. Data Media Pendingin Air

Air						
No	Menit	Suhu (°c)			Arus (A)	Tegangan (V)
		Data 1	Data 2	Data 3		
1	02:30	32,2	32,2	31,5	0	1,7
2	05:00	44,1	36,6	32	0,01	1,72
3	07:30	62,8	39,1	35,9	0,09	1,77
4	10:00	78,3	44,4	37,7	0,1	1,8
5	12:30	88,9	46,7	39,3	0,1	1,84
6	15:30	90	47,4	40,2	0,09	2,9
7	17:30	92	50,6	44,5	0,09	3,5
8	20:00	94	52,2	44,9	0,09	3,99
9	22:30	95,5	53,9	46	0,09	4,5
10	25:00	97,5	55,1	48,3	0,09	4,59
11	27:30	97,8	57,3	49,1	0,09	4,3
12	30:00	95,7	57,5	49,1	0,09	4,25
13	32:30	96,9	59,1	51,5	0,09	4,28
14	35:00	100,8	58,4	49,1	0,09	4,31
15	37:30	101,1	58,9	49,3	0,09	4,29

16	40:00	105,5	60,1	50,7	0,08	4,24
17	42:30	100,7	62,7	49,9	0,08	4,21
18	45:00	98,3	61,9	49,1	0,08	4,28
19	47:30	102,3	65,4	50	0,08	4,33
20	50:00	103,6	66,8	50,7	0,08	4,39
21	52:30	104,8	69	49,5	0,08	4,36
22	55:00	107,8	70,7	50,6	0,08	4,33
23	57:30	101,3	74,5	51,9	0,08	4,3
24	60:00	106,3	78,3	52,3	0,08	4,35

Keterangan:

Data 1 = Sisi Panas

Data 2 = Sisi Dingin

Data 3 = Sisi luar

2. Menggunakan media pendingin Coolant.

Tabel 8. Data Media Pendingin Coolant

Coolant						
No	Menit	Suhu (°c)			Arus (A)	Tegangan (V)
		Data 1	Data 2	Data 3		
1	02:30	37,2	32,9	32	0,01	0
2	05:00	55,8	35	31,9	0,06	1,9
3	07:30	68	38,1	33,2	0,1	2,5
4	10:00	70,7	40,6	35,2	0,09	2,9
5	12:30	74,8	42	38,3	0,08	3
6	15:30	80	43,6	40	0,09	3
7	17:30	84,4	44,6	40,7	0,09	3
8	20:00	87,4	46	41,9	0,09	3
9	22:30	90,2	47,4	42	0,09	3,02
10	25:00	98,5	51	44	0,08	2,98
11	27:30	98,9	53	45,9	0,08	3

12	30:00	98,1	53,8	45,8	0,08	3
13	32:30	99,1	54,8	46,1	0,08	3
14	35:00	100,7	54,3	47,1	0,08	3
15	37:30	100,9	55,4	48,8	0,08	3
16	40:00	101,1	57	50	0,08	2,5
17	42:30	102,4	56,5	49,2	0,08	2,99
18	45:00	102,6	58	49,5	0,08	2,96
19	47:30	104,2	57,9	49,8	0,07	2,99
20	50:00	101,4	58,3	51,7	0,07	2,99
21	52:30	102	58,6	50,3	0,07	2,99
22	55:00	101,8	60	51,2	0,07	2,98
23	57:30	102,8	59,7	52,5	0,07	3
24	60:00	104,7	59,9	51,8	0,07	3

Keterangan:

Data 1 = Sisi Panas

Data 2 = Sisi Dingin

Data 3 = Sisi luar

3. Menggunakan media pendingin Oli.

Tabel 9. Data Media Pendingin Oli

Oli						
No	Menit	Suhu (°c)			Arus (A)	Tegangan (V)
		Data 1	Data 2	Data 3		
1	02:30	33	33,3	32,7	0,01	2
2	05:00	52	46,5	36,8	0,1	2,5
3	07:30	81,9	58,6	39,8	0,09	2,92
4	10:00	103,4	66,3	39,3	0,09	3
5	12:30	114,1	73	41,4	0,09	3
6	15:30	120,8	75,3	43	0,09	3
7	17:30	120,9	78,1	43,4	0,09	3

8	20:00	122,3	78,8	46,9	0,09	3
9	22:30	123,3	80,1	48,1	0,09	3
10	25:00	121,7	80,7	47,3	0,09	3
11	27:30	124,6	83,2	50,5	0,89	2,95
12	30:00	124,3	82,8	51,1	0,09	3
13	32:30	128,2	84,3	52,6	0,09	3
14	35:00	126,6	84	51,3	0,09	3
15	37:30	125,6	84,5	52,7	0,09	3
16	40:00	127	86,2	53,3	0,09	3
17	42:30	123,3	87	54,9	0,88	2,9
18	45:00	128	86,9	55	0,09	4,28
19	47:30	126,5	87,9	54,5	0,09	4,33
20	50:00	127,1	85,9	53,8	0,09	4,39
21	52:30	125,4	87,3	54,2	0,09	4,36
22	55:00	127	88	55,9	0,09	4,33
23	57:30	128	88,8	56	0,09	4,3
24	60:00	127,3	88,9	55,8	0,09	4,35

Keterangan:

Data 1 = Sisi Panas

Data 2 = Sisi Dingin

Data 3 = Sisi luar

4. Menggunakan media pendingin Udara

Tabel 10. Data Media Pendingin Udara

Udara						
No	Menit	Suhu (°c)			Arus (A)	Tegangan (V)
		Data 1	Data 2	Data 3		
1	02:30	44	44,8	30	0,01	0
2	05:00	55,1	56,2	30,6	0,05	0,02
3	07:30	68,5	70,1	31,2	0,1	1,5
4	10:00	78,6	78,8	31,8	0,07	2
5	12:30	84,5	82,6	32	0,07	2,01

6	15:30	89	88,8	33,2	0	1,8
7	17:30	91,1	90,6	34,1	0	1,8
8	20:00	94,4	94,5	35,1	0	1,8
9	22:30	96,7	98,7	37	0	1,8
10	25:00	100,1	105	39,4	0	1,7
11	27:30	102,8	107,2	39,1	0	1,8
12	30:00	100,4	103,1	38	0	1,6
13	32:30	96,9	99,6	37,9	0	1,6
14	35:00	98,1	98,9	36,4	0	1,6
15	37:30	99,9	100,7	36,9	0	1,6
16	40:00	78,9	80	35,9	0	1,6
17	42:30	101,6	104,6	37,9	0	1,6
18	45:00	78,9	80,2	12,1	0	1,6
19	47:30	94,9	95,8	30,1	0	1,6
20	50:00	102,2	104	39,7	0	1,6
21	52:30	103,7	105	40	0	4,36
22	55:00	103,6	104,4	39,9	0	4,33
23	57:30	103,6	104,6	40,9	0	4,3
24	60:00	103,7	104,5	39,9	0	4,35

Keterangan:

Data 1 = Sisi Panas

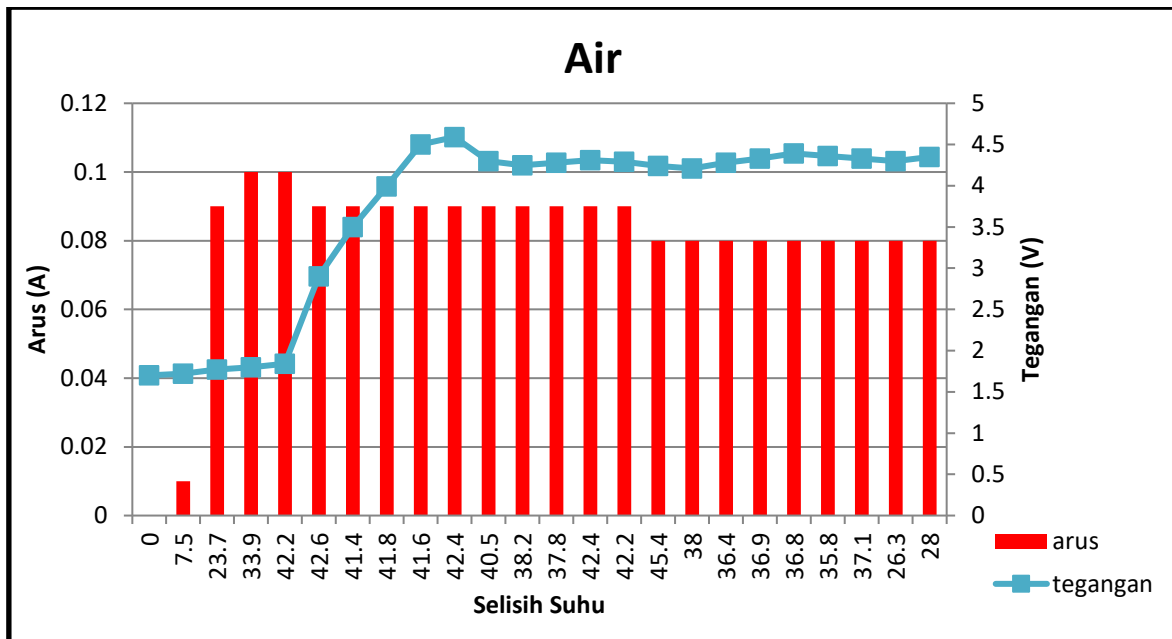
Data 2 = Sisi Dingin

Data 3 = Sisi luar

B. Analisa dan Pembahasan

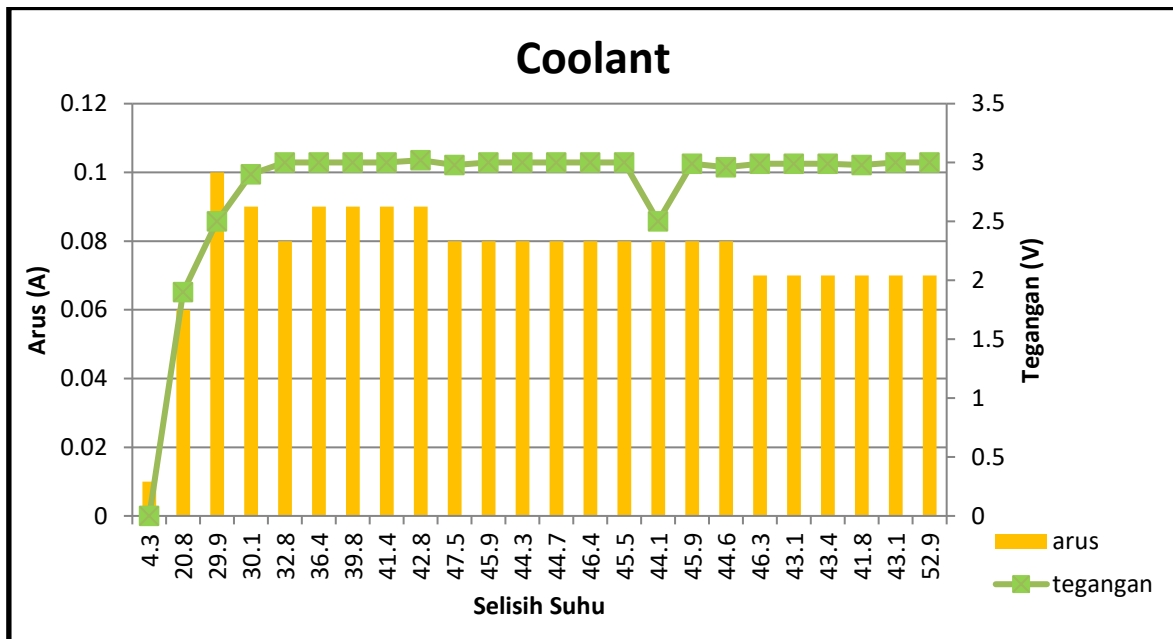
Pada saat pengambilan data yang dilakukan data diambil sebanyak 4 buah data dengan membedakan media pendingin yang digunakan yaitu air, coolant, oli dan udara.

a. Analisis Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Arus dan Tegangan



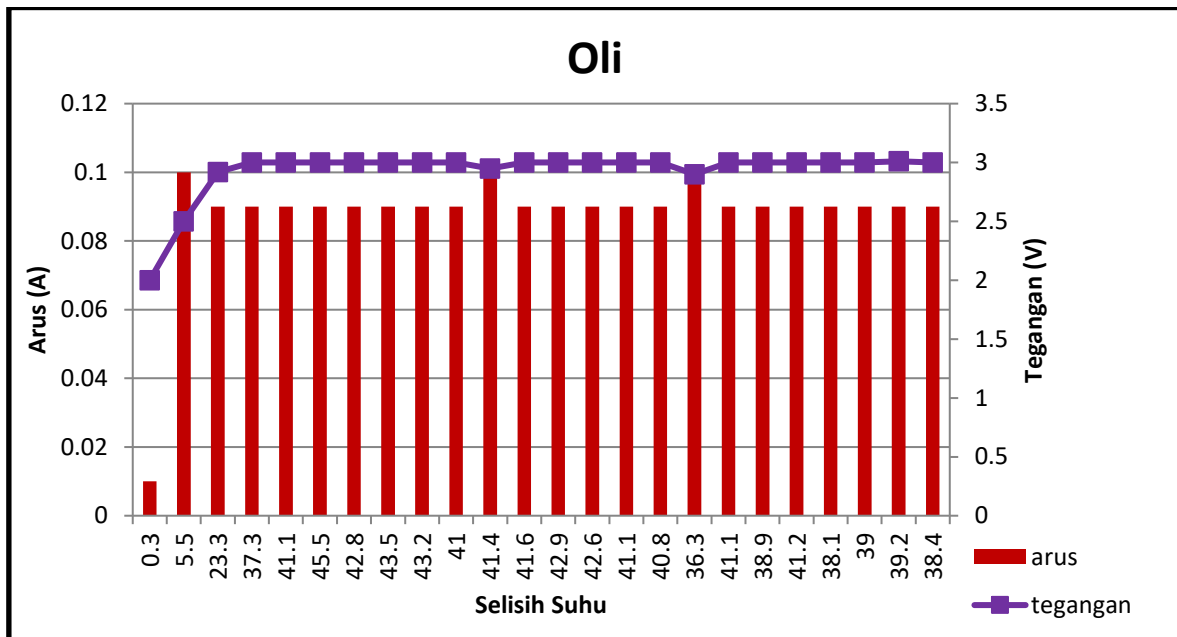
Gambar 11. Grafik Perubahan Suhu Pendingin Air Terhadap Arus dan Tegangan

Berdasarkan grafik 11 tersebut dapat dianalisa bahwa dengan menggunakan media pendingin air dapat menghasilkan energi listrik yaitu arus listrik yang paling besar di hasilkan sekitar 0,1 Ampere dan tegangan listriknya sebesar 4,59 Volt dengan suhu pada sisi panas paling tinggi 107,8°C dan suhu pada sisi dinginnya sekitar 78,3°C dengan perbedaan suhu paling tinggi antara sisi panas dan sisi dingin sekitar 45,4°C.



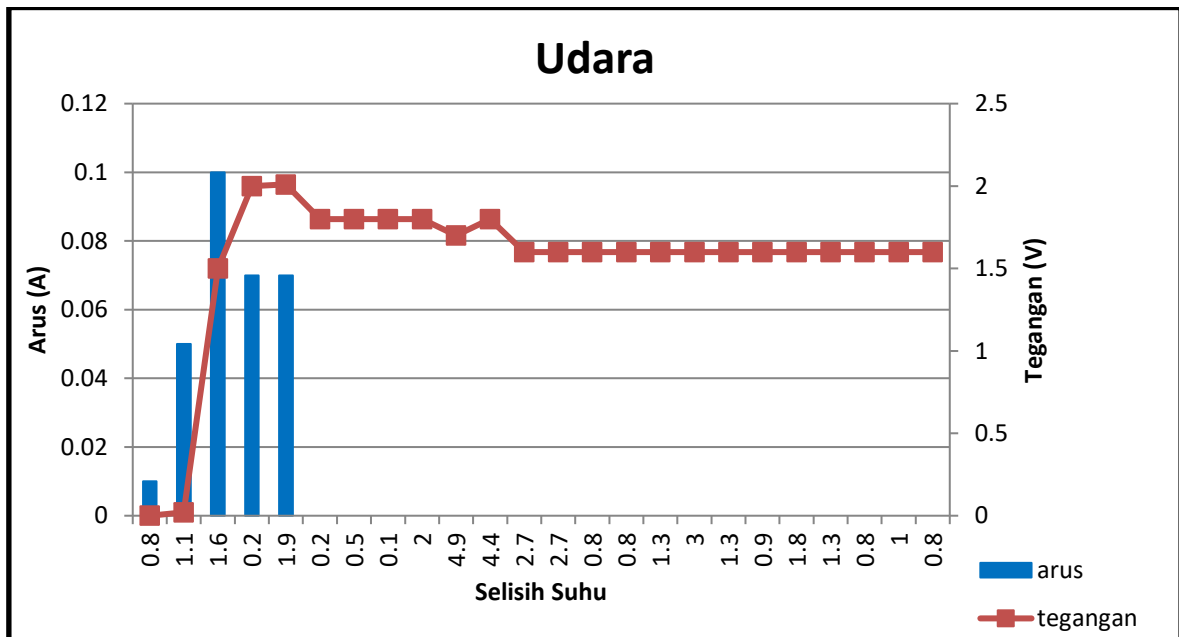
Gambar 12. Grafik Perubahan Suhu Pendingin Coolant Terhadap Arus dan Tegangan

Berdasarkan grafik 12 tersebut dapat dianalisa bahwa dengan menggunakan media pendingin coolant dapat menghasilkan energi listrik yaitu arus listrik yang paling besar di hasilkan sekitar 0,1 Ampere dan tegangan listriknya sebesar 3,02 Volt dengan suhu pada sisi panas paling tinggi 104,7°C dan suhu pada sisi dinginnya sekitar 60°C dengan perbedaan suhu paling tinggi antara sisi panas dan sisi dingin sekitar 52,9°C.



Gambar 13. Grafik Perubahan Suhu Pendingin Oli Terhadap Arus dan Tegangan

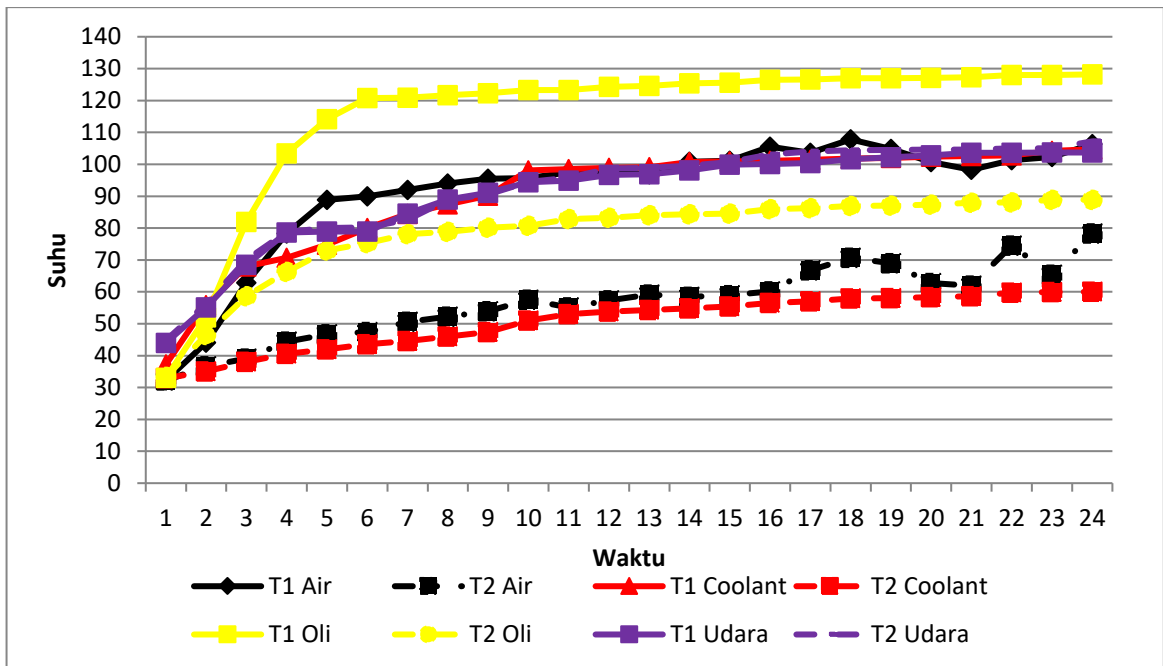
Berdasarkan grafik 13 tersebut dapat dianalisa bahwa dengan menggunakan media pendingin air dapat menghasilkan energy listrik yaitu arus listrik yang paling besar di hasilkan sekitar 0,1 Ampere dan tegangan listriknya sebesar 3,01 Volt dengan suhu pada sisi panas paling tinggi 128°C dan suhu pada sisi dinginnya sekitar 88,9°C dengan perbedaan suhu paling tinggi antara sisi panas dan sisi dingin sekitar 45,5°C.



Gambar 14. Grafik Perubahan Suhu Pendingin Udara Terhadap Arus dan Tegangan

Berdasarkan grafik 14 tersebut dapat dianalisa bahwa dengan menggunakan media pendingin air dapat menghasilkan energy listrik yaitu arus listrik yang paling besar di hasilkan sekitar 0,07 Ampere dan tegangan listriknya sebesar 2,01 Volt dengan suhu pada sisi panas paling tinggi $103,7^{\circ}\text{C}$ dan suhu pada sisi dinginnya sekitar $104,6^{\circ}\text{C}$ dengan perbedaan suhu paling tinggi antara sisi panas dan sisi dingin sekitar 3°C .

b. Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Perubahan Suhu



Gambar 15. Grafik Pengaruh Media Pendingin Air Terhadap Suhu

Dari grafik diatas dapat dianalisa bahwa media pendingin sangat berpengaruh terhadap perubahan suhu pada *thermoelectric* didalam menghasilkan energi listrik. Didalam penelitian yang telah dilakukan digunakan empat media pendingin yaitu air, coolant, oli dan udara.

Pada media pendingin air suhu yang paling tinggi pada sisi panas yaitu $107,8^{\circ}\text{C}$ dan sisi dinginnya $78,3^{\circ}\text{C}$ dengan selisih suhu antara sisi panas dan sisi dingin suhunya $45,4^{\circ}\text{C}$, pada media pendingin coolant suhu sisi panasnya mencapai $104,7^{\circ}\text{C}$ dan sisi dinginnya 60°C dengan selisih antara sisi panas dan sisi dingin suhunya $52,9^{\circ}\text{C}$, pada media pendingin oli suhu sisi panasnya 128°C dan sisi dinginnya mencapai

88,9°C dengan selisih antara sisi panas dan sisi dingin suhunya 45,5°C, dan pada media pendingin udara sisi panasnya mencapai 103,7°C dan sisi dinginnya 104,6°C dengan selisih antara sisi panas dan sisi dingin paling tinggi yaitu 3°C.

Jadi dari keempat media pendingin yang digunakan media pendingin coolant yang paling tinggi memiliki perbedaan suhu sisi panas dan sisi dingin dengan selisihnya 52,9°C, sedangkan media pendingin yang kurang baik adalah media pendingin udara dengan selisih suhu antara sisi panas dan sisi dinginnya 3°C.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan data yang didapat saat penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan modul *Thermoelectric* Generator dan memanfaatkan panas knalpot mobil pada *engine* stand Toyota Avanza dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari penelitian dan analisa yang dilakukan pada modul *thermoelectric* generator mampu menghasilkan tegangan dan arus listrik dengan memanfaatkan panas knalpot kendaraan.
2. Berdasarkan analisa yang dilakukan, media pendingin sangat dibutuhkan agar perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin *thermoelectric* generator bisa mendapatkan perbedaan suhu yang besar sehingga *thermoelectric* bisa bekerja dengan semestinya yaitu bisa menghasilkan arus dan tegangan listrik dimana nantinya bisa dimanfaatkan oleh pengguna untuk keperluan seperti membantu pengisian aki dan lain-lain.
3. Dari data yang didapatkan pada penelitian ini media pendingin air yang menghasilkan tegangan listrik paling tinggi yaitu sebesar 4,59 Volt dan arus paling tinggi sebesar 0,1 Ampere.
4. Pada media udara sangat kecil sekali arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh modul *thermoelectric* karena perbedaan suhu yang kecil juga.

5. Jika menginginkan modul thermoelectric bekerja dengan baik maka kita harus memperhatikan perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dinginnya karna modul thermoelectric bekerja dengan memanfaatkan perbedaan temperatur antara kedua sisinya sehingga menghasilkan listrik.
6. Jadi dari penelitian yang dilakukan jika dibandingkan dengan teori yang ada pada skripsi ini, arus yang dihasilkan hanya mencapai 7% dan tegangan yang dihasilkan hanya sekitar 15% ,diharapkan pada penelitian selanjutnya hasilnya bisa mencapai atau mendekati 100%.

B. SARAN

Dari penelitian yang dilakukan dan hasil yang telah didapatkan dan juga analisa yang dilakukan masih banyak terdapat banyak kekurangan, oleh sebab itu peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Agar menerapkan atau mencoba pada kendaraan lain agar mendapatkan tegangan dan arus listrik yang lebih besar serta penambahan jumlah modul *thermoelectric* tersebut.
2. Untuk penelitian yang lain agar menggunakan media pendingin yang lain agar modul thermoelectric bisa bekerja lebih maksimal lagi.
3. Diharapkan modul thermoelectric tidak hanya dipasang pada knalpot kendaraan saja tetapi juga bisa memanfaatkan sumber panas yang lain pada kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

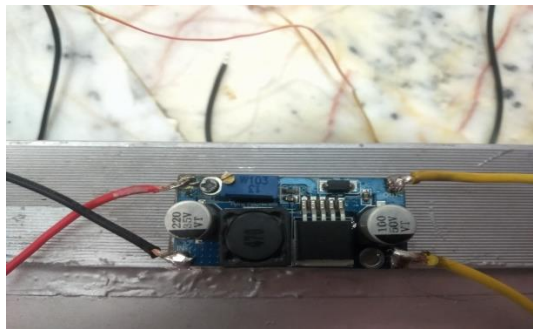
- Arisandi.M, Darmanto, Priangkoso.T. 2012. *Analisa Pengaruh Bahan Dasar Pelumas Terhadap Viskositas Pelumas Dan Konsumsi Bahan Bakar..*. Semarang: Universitas Wahid Hasyim.Hal:56.
- Arwizet. K. 2014. “Perpindahan panas (*Heat Transfer*),”. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Baharudin. 2015. “Konversi Energi Panas Penggerak Kapal Berbasis Thermoelektrik”. Jurnal riset dan Teknologi Kelautan. (Nomor 1 tahun 2015). Hlm. 4--5.
- Bungin. B. 2011. “Metodologi Penelitian Kuantitatif: Komunikasi,Ekonomi,Dan Kebijakan Public Serta Ilmu-Ilmu Social Lainnya”. Jakarta: Kencana.
- Djalmono. W, Khoryanton. A, Muzaki. I. 2019. *Sistem Pendingin Menggunakan Thermalelectric Cooler Guna Menstabilkan Temperatur Box Panel Kontrol Mesin Die Casting*. Jawa Tengah: Politeknik Negeri Semarang. Hal:150.
- Firmansyah. J. 2018. *Eksplanasi Ilmiah Air Mendidih Dalam Suhu Ruang*. Aceh: Universitas Serambi Mekkah. Hal:75-77.
- Hersandi.D.A.D, Arsana. I.M. 2018. *Pengaruh Jenis Fluida Pendinginan Terhadap Kapasitas Radiator Pada Sistem Pendinginan Mesin Daihatsu Xenia 1300cc*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya. Hal: 42.

- Khoiriyah, dkk. 2018. Rancang Bangun dan Karakteristik Generator Termoelektrik dengan Menggunakan Energi Panas Sinar Matahari. SINAFI. ISBN. Hlm. 318
- Mustakim. A. 2018. *Studi Eksperimental Thermoelectric Generator Dengan Variasi Fluida Pendingin Air Dan Udara Pada Supra X 125 cc*. Surakarta: UMS.
- Pasaribu.F.I, Roza.I, Efendi.Y. 2019. *Memfaatkan Panas Exhaust Sepeda Motor Sebagai Sumber Energi Listrik Memakai Thermoelectric*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Hal: 15.
- Rafika, Hasra, dkk. 2016. Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (Teg) Dengan Pendinginan Menggunakan Udara. Jurnal Sains dan Teknologi. ISSN. UNRI. Hlm.2
- Ryanuargo, Anwar. S, Sari. S. P. 2013. *Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin*. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- Wibowo. N.T, dkk. 2021. *Rancang Bangun Thermoelectric Generator Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Memfaatkan Panas Matahari*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya. Hal: 130.
- Widodo. 2018. *Metodologi Penelitian*. Depok: Raja Wali Pers.
- Winarno. 2011. *Metodologi Penelitian Dalam Pendidikan Jasmani*. Malang: UM Press.

Lampiran 1. Dokumentasi saat penelitian pengambilan data



Pemasangan Modul *Thermoelectric* ke dudukannya



Pemasangan Modul Step-Up



Pengambilan Data dengan Media Pendingin Coolant



Pengambilan Data dengan Media Pendingin Oli



Pengambilan Data dengan Media Pendingin Air



Pengambilan Data dengan media Pendingin Udara



Laptop, Multitester dan Termocouple



Pengukuran Arus dan Tegangan Listrik



Pengukuran Putaran Mesin