

**PEMBUATAN DAN ANALISIS ALAT PENGISI DAYA
MENGUNAKAN TERMOELEKTRIK DENGAN
PEMANFAATAN PANAS KNALPOT SEPEDA MOTOR**

SKRIPSI

Oleh :

**RIZKI WIRANATA
15 813 0047**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 8/6/23

Access From (repository.uma.ac.id)8/6/23

**PEMBUATAN DAN ANALISIS ALAT PENGISI DAYA
MENGUNAKAN TERMOELEKTRIK DENGAN
PEMANFAATAN PANAS KNALPOT SEPEDA MOTOR**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

**RIZKI WIRANATA
158130047**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area


Document Accepted 8/6/23


Access From (repository.uma.ac.id)8/6/23

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI


Judul Proposal : Pembuatan dan Analisis Alat Pengisi Daya Menggunakan Termoelektrik Dengan Pemanfaatan Panas Knalpot Sepeda Motor.
Nama Mahasiswa : Rizki Wiranata
NIM : 15.813.0047
Fakultas : Teknik Mesin

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Ir. H. Amirsyam Nasution, MT.
Dosen Pembimbing I


Muhammad Idris, ST., MT.
Dosen Pembimbing II,


DR. Rafiq, S.T., M. Kom., M. Kom.
Dekan


Muhammad Idris, ST., MT.
Ka. Prodi/WD I

Tanggal Lulus : 29 Desember 2022

HALAMAN PERNYATAAN

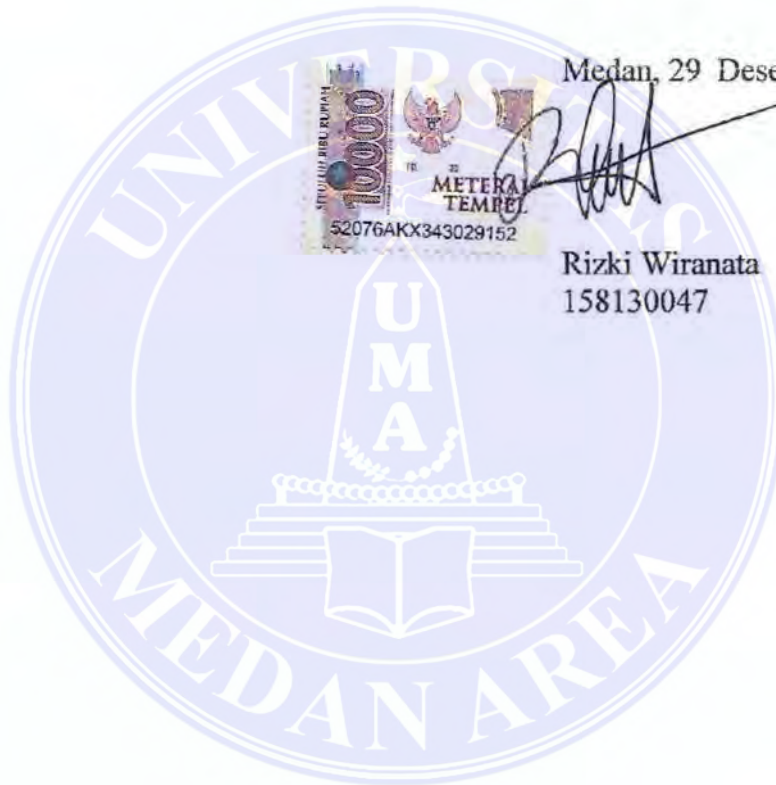
Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 29 Desember 2022



Rizki Wiranata
158130047



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rizki Wiranata
Tempat/tanggal lahir : Kisaran, 05 Januari 1995
Npm : 15.813.0047
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

“ Pembuatan dan Analisis Alat Pengisi Daya Menggunakan Termoelektrik Dengan Pemanfaatan Panas Knalpot Sepeda Motor “,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Dengan demikian surat ini saya buat dengan kesadaran saya sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

Medan, 29 Desember 2022

Hormat Saya,



Rizki Wiranata

ABSTRAK

Termoelektrik merupakan material yang dapat mengubah energi panas menjadi energi listrik. Dengan memasang termoelektrik di dekat knalpot, maka otomatis panas yang keluar dari knalpot akan diubah menjadi energi listrik. Bagaimana alat pengisi daya dari pemanfaatan panas knalpot kendaraan bermotor dapat diuji sesuai kebutuhan. Diawali dari pemilihan bahan dan dimensi, perancangan, pembuatan, perakitan serta pengujian kinerja alat pengisi daya handphone dari pemanfaatan panas knalpot kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan membuat alat untuk mengisi daya handphone atau powerbank dan menganalisis panas knalpot dari perubahan temperatur yang terjadi. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah experimental set up, perakitan alat, pengujian alat dan analisis alat. Hasil dari pembuatan alat pengisi daya handphone menggunakan spesimen tembaga berbentuk persegi panjang dengan dimensi panjang 80 mm, lebar 40 mm, tinggi 40 mm, bisa diletakkan 4 peltier berbentuk persegi dengan dimensi 40 mm x 40 mm, dan tinggi 4 mm, mampu menghasilkan tegangan sebesar $\pm 1,5V$ per 1 peltier nya.

Hasil dari analisis panas knalpot dari perubahan temperatur yang terjadi, pada pengujian 5000 rpm keadaan sepeda motor tidak berjalan dengan perbandingan ΔT 208.2 K, tegangan yang dihasilkan 6.06 V, arus yang dihasilkan 0.223 A, dan daya 1.35 watt. Pada pengujian 5000 rpm keadaan sepeda motor berjalan arus yang dihasilkan 0.25 A, dan daya 1.55 watt. Laju perpindahan panas menyeluruh yang dihasilkan adalah $U = 23.915W/^{\circ}C$ dan laju tahanan termal yang dihasilkan $\Sigma R = 20.433 ^{\circ}C/w$.

Saran pada penelitian ini yaitu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan material yang mampu menyimpan panas, seperti tanah liat atau batu alam agar panas yang dihasilkan tidak terlalu tinggi, sehingga usia pemakaian peltier bisa tahan lebih lama. Pada sistem pendingin harus lebih ditingkatkan pendinginannya, disarankan menggunakan radiator mini, agar pendinginan lebih optimal sehingga perbandingan suhu lebih jauh.

Kata kunci: Termoelektrik generator, efek seebeck, konversi energi.

ABSTRACT

Thermoelectric is a material that can convert heat energy into electrical energy. By installing a thermoelectric near the exhaust, the heat that comes out of the exhaust will automatically be converted into electrical energy. How the charger from the use of motor vehicle exhaust heat can be tested as needed. At the beginning of the selection of materials and dimensions, design, manufacture, assembly, and testing the performance of cellphone chargers from the use of motor vehicle exhaust heat. This study aims to make a device to charge cellphones or powerbanks and analyze exhaust heat from changes in temperature that occur. The method used in this research is experimental set up, assembly of tools, testing of tools and equipment. The results of the manufacture of mobile phone chargers using rectangular copper specimens with dimensions of length 80 mm, width 40 mm, height 40 mm, can be placed 4 peltiers. with a square shape with dimensions of 40 mm x 40 mm, and a height of 4 mm, capable of producing a voltage of $\pm 1.5V$ per 1 peltier.

The results of the analysis of exhaust heat from temperature changes that occur, in the 5000 rpm test the condition of the motorcycle is not running with a ratio of ΔT 208.2 K, the resulting voltage is 6.06 V, the generated current is 0.223 A, and the power is 1.35 watts. In the 5000 rpm test, the condition of the motorcycle running, the resulting current is 0.25 A, and the power is 1.55 watts. The resulting overall heat transfer rate is $U = 23.915W/^{\circ}C$ and the resulting thermal resistance rate is $\Sigma R = 20.433 ^{\circ}C/w$.

Suggestions in this study are: do more research further by using materials that are able to store heat, such as clay or natural stone so that the heat generated is not too high, so that the life of the peltier wearer can be longer. In the cooling system, cooling must be improved, it is recommended to use a mini radiator, so that cooling is more optimal so that it is compared to further temperatures.

Keywords: *Thermoelectric generator, Seebeck effect , energy conversion.*

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Rizki Wiranata dilahirkan di Kisaran pada tanggal 05 Januari 1995 dari ayah Hadi Pranoto dan ibu Nur Handayani. Penulis merupakan putera kedua dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD 017107 Kisaran, Kabupaten Asahan dan tamat pada tahun 2007. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 5 Kisaran jurusan otomotif dan tamat pada tahun 2010. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan Pendidikan di SMK Negeri 2 Kisaran, Jurusan Teknik Mesin dan tamat pada tahun 2013. Pada tahun 2013 penulis bekerja di PT. Adhi Karya (Persero) Tbk, Divisi Kontruksi II dan Divisi III pada tahun 2014. Pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan menjadi mahasiswa di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Proyek Pembangkit Sumatera 2 pada tahun 2019. Dan tamat dari Universitas Medan Area pada tahun 2023.

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pembuatan dan Analisis Alat Pengisi Daya Menggunakan Termoelektrik Dengan Pemanfaatan Panas Knalpot Sepeda Motor” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area (UMA), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmadsyah, S.Kom, M.kom., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Muhammad Idris, ST., MT., Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. Bapak DR. Iswandi, ST., MT., Selaku Sekretaris Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir. H. Amirsyam Nasution, MT., Selaku dosen pembimbing I dan Bapak Muhammad Idris, ST., MT., Selaku dosen pembimbing II, yang bersedia membimbing dan meluangkan waktunya dalam membimbing dan

mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini dapat selesai dalam waktu yang diharapkan oleh penulis.

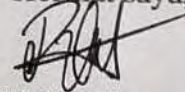
6. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
7. Pegawai Fakultas Teknik khususnya Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
8. Kepada kedua orang tua tercinta Alm. Hadi Pranoto dan Nur Handayani, saudara-saudara saya abang Winata Jaya Kesuma juga adik Agus Prabowo serta keluarga yang memberikan motivasi, pengorbanan, perhatian dan kasih sayang serta dukungan dalam bentuk material maupun doa yang telah diberikan selama ini.
9. Seluruh Teman-teman di fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna adanya, karena masih banyak kekurangan baik dari segi ilmu maupu susunan bahasanya. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi menyempurnakan proposal ini ke arah yang lebih baik lagi.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Konversi Energi Teknik Mesin.

Medan, 29 Desember 2022

Hormat saya,



Rizki Wiranata

Npm: 158130047

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
ABSTRAK	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Landasan Teori.....	4
2.1.1 Termoelektrik	4
2.1.2 Efek Seebeck	5
2.1.3 Prinsip kerja Termoelektrik	6
2.1.4 Spesifikasi Termoelektrik TEC1-12706	8
2.2 Jenis Material Yang Digunakan.....	9
2.2.1 Tembaga.....	9
2.2.2 Konduktivitas Termal Tembaga.....	11
2.2.3 Aluminium	11
2.2.4 Sifat-sifat Aluminium.....	12
2.3 Baut dan Mur	13
2.4 Perpindahan Panas	13
2.4.1 Konduksi	13
2.4.2 Konveksi.....	14
2.4.3 Radiasi	17
2.5 Laju Perpindahan Panas Pada Bidang Silinder Berongga	18
2.6 Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh	19
2.7 Perpindahan Kalor Melalui dinding komposit.....	20
2.8 Konduktivitas Termal	22
2.9 AutoCAD	23
2.10 Perpindahan Panas Knalpot Kendaraan Bermotor.....	23
2.11 Prototipe Alat	24
2.12 Pembuatan.....	25
2.13 Tachometer	25
2.14 Jangka Sorong (Sigmat).....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.1.1 Waktu Penelitian	27
3.1.2 Tempat Penelitian	27
3.2 Alat dan Bahan	27
3.2.1 Alat	27
3.2.2 Bahan	30
3.3 Metode Penelitian	35
3.4 Prosedur Penelitian	37
3.4.1 Pembuatan Alat	37
3.4.2 Proses Pengujian dan Analisis Alat	38
3.4.3 Menghitung Perpindahan Panas	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil	39
4.1.1 Pembuatan Alat	39
4.1.2 Hasil Pengujian Alat Pengisi Daya	39
4.1.3 Perpindahan Panas	40
4.2 Pembahasan	41
4.2.1 Temperatur	41
4.2.2 Tegangan	42
4.2.3 Efek Seebeck	43
4.2.4 Kuat Arus	44
4.2.5 Daya	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel Percobaan Exhaust System Generator	8
Tabel 2.2. Konduktivitas Termal Tembaga.....	11
Tabel 2.3. Sifat Aluminium.....	12
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Tugas Akhir.....	27
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Alat Pengisi Daya Keadaan Diam	39
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Alat Pengisi Daya Keadaan Berjalan	40



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Termoelektrik.....	4
Gambar 2.3. Efeck seebeck.....	5
Gambar 2.4. Struktur TEG.....	6
Gambar 2.5. Spesifikasi Termoelektrik TEC1-12706.....	9
Gambar 2.6. Tembaga.....	10
Gambar 2.7. Perpindahan Panas Konduksi.....	14
Gambar 2.8. Perpindahan Kalor Konveksi Dari Suatu Plat.....	17
Gambar 2.9. Perpindahan Panas Pada silinder Berongga.....	19
Gambar 2.10. Rangkaian Termal Dinding Komposit.....	22
Gambar 2.11. AutoCAD 2017.....	23
Gambar 2.12. Prototipe alat pengisi daya.....	25
Gambar 2.13. Tachometer.....	26
Gambar 2.14. Sigmat.....	26
Gambar 3.1. Multimeter Digital DT-830B.....	28
Gambar 3.2. Termometer Digital.....	28
Gambar 3.3. Mesin Bor.....	29
Gambar 3.4. Gerinda Tangan.....	29
Gambar 3.5. Peltier.....	30
Gambar 3.6. Heatsink.....	31
Gambar 3.7. Socket Usb.....	31
Gambar 3.8. Regulator Step Up.....	32
Gambar 3.9. Kabel Usb.....	32
Gambar 3.10. Baut dan Mur.....	33
Gambar 3.11. Thermal Grease.....	33
Gambar 3.12. Heatsink Plaster.....	34
Gambar 3.13. Handphone.....	34
Gambar 3.14. Tembaga Batang.....	35
Gambar 3.15. Diagram alir.....	36
Gambar 4.1. Hasil akhir alat pengisi daya.....	39
Gambar 4.2. Perbandingan Temperatur.....	41
Gambar 4.3. Perbandingan Tegangan.....	42
Gambar 4.4. Perbandingan Efek Seebeck.....	43
Gambar 4.5. Perbandingan Arus.....	44
Gambar 4.6. Perbandingan Daya.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Analisa Data Pengujian Kinerja Alat Pengisi Daya Handphone.....	53
Lampiran 2 Laju Perpindahan Panas Menyeluruh.....	56
Lampiran 3 Menghitung Jumlah Tahanan Termal.....	57
Lampiran 4 Foto Dokumentasi.....	59
Lampiran 5 Gambar Teknik	60



DAFTAR NOTASI

$T_2(T_h)$	=	Temperatur Panas ($^{\circ}\text{C}$)
$T_1(T_c)$	=	Temperatur Dingin ($^{\circ}\text{C}$)
T_w	=	Temperatur Dinding ($^{\circ}\text{C}$)
T_{∞}	=	Temperatur Fluida ($^{\circ}\text{C}$)
ΔT	=	Perbedaan Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)(K)
Δx	=	Tebal benda perpindahan panas
P	=	Daya Listrik (Watt)
V	=	Tegangan (Volt)
I	=	Arus Listrik (Ampere)
q	=	Laju Perpindahan Panas (W)
k	=	Konduktifitas thermal atau material ($\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$)
s	=	Koefisien Seebeck (V/K)
-	=	Menandakan kalor mengalir ketempat yang lebih rendah dalam skala suhu
h	=	Laju perpindahan panas konveksi (Watt)
K	=	Kelvin
$^{\circ}\text{C}$	=	Derajat celcius
U	=	Laju perpindahan panas menyeluruh ($\text{W}/^{\circ}\text{C}$)
ΣR	=	jumlah tahanan termal $^{\circ}\text{C}/\text{w}$



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di Indonesia yang teknologinya berkembang begitu pesat, banyak sekali berbagai jenis yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, termasuk sepeda motor untuk alat transportasi. Secara umum, sepeda motor merupakan moda transportasi pilihan di Indonesia. Hanya 40% dari bahan bakar yang digunakan benar-benar dibakar di ruang bakar untuk menyalakan mesin; 60% sisanya hanya terbuang sebagai gas panas (asap) yang dikeluarkan oleh knalpot.

Termoelektrik dapat digunakan dalam beberapa cara untuk memanfaatkan energi panas yang hilang di knalpot. Suatu zat yang dikenal sebagai termoelektrik dapat mengubah energi panas menjadi energi listrik. Panas yang dikeluarkan oleh knalpot secara otomatis akan diubah menjadi energi listrik dengan menempatkan termoelektrik di dekatnya. Kemudian, energi listrik ini bisa digunakan untuk beberapa hal, salah satunya untuk mengisi ulang baterai ponsel.

Dalam penelitian ini, sebuah perangkat yang dirancang khusus diciptakan untuk dapat mengubah energi panas gas buang menjadi energi listrik. *Thermoelectric Generator* merupakan komponen utama dari alat ini yang dikenal dengan nama *Exhaust System Generator* (TEG). Namun, belum diketahui seberapa efektif dan efisien energi listrik yang dihasilkan gadget ini nantinya.

Penelitian perlu dilakukan pada perangkat ini dengan maksud dan tujuan utama untuk mencari tahu besarnya efektivitas serta efisiensi dari energi listrik yang dihasilkan oleh *Exhaust System Generator*. Meskipun begitu, variabel yang akan

dicari cukup terbatas pada besarnya tegangan dan kuat arus listrik keluaran dari Termoelektrik. Sebab, hasilnya dapat diketahui hanya dengan membandingkan kedua parameter tersebut dengan spesifikasi keluaran yang diperlukan dan mempertimbangkan kondisi mesin dan waktu yang ditentukan.

Penelitian sebelumnya membuat perangkat menggunakan bahan aluminium (Al) menghasilkan tegangan listrik 0.02 – 0.5 volt, dan kuat arus yang dihasilkan sebesar 0.025 – 0.07 A. Untuk meningkatkan dari hasil penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini akan menggunakan bahan yang berbeda yaitu dengan menggunakan bahan dari tembaga (Cu, dimana nilai konduktivitas termal tembaga lebih besar dari aluminium. (W. A. N. M. S. H. and R 2015)

Studi ini diantisipasi untuk melayani sebagai patokan untuk penelitian masa depan, khususnya yang menekankan penggunaan generator termoelektrik untuk produksi energi. Akibatnya, beberapa keterbatasan penelitian dapat agak dikurangi. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi baru bagi mereka yang ingin menyelidiki kemajuan teknologi pembangkit listrik berbasis *thermoelectric generator*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana charger dari pemanfaatan panas knalpot kendaraan bermotor dapat diuji sesuai kebutuhan, berdasarkan informasi latar belakang yang telah diberikan di atas.

1.3 Batasan Masalah

Mengidentifikasi dimensi dan penempatan perangkat dengan sistem termoelektrik merupakan keterbatasan penelitian. Proses dimulai dengan pemilihan

bahan dan pengukuran, dilanjutkan dengan merancang, memproduksi, merakit, dan menguji kinerja pengisi daya ponsel menggunakan panas dari knalpot kendaraan yang bergerak.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat alat untuk mengisi daya handphone atau powerbank.
2. Menganalisis tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan dari perubahan temperatur yang terjadi.
3. Menganalisis Perpindahan Panas

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat pada tugas akhir ini adalah :

1. Untuk meningkatkan kreatifitas dan penalaran pada pengembangan ilmu teknologi tepat guna.
2. Meningkatkan inovatif mahasiswa dalam menemukan hasil karya yang dapat dimanfaatkan dalam bidang teknologi.
3. Untuk memberikan informasi kepada pembaca tentang pengetahuan bahwa energi panas knalpot kendaraan bermotor dapat diubah menjadi energi listrik yang berguna.
4. Sebagai sumber energi listrik alternative.

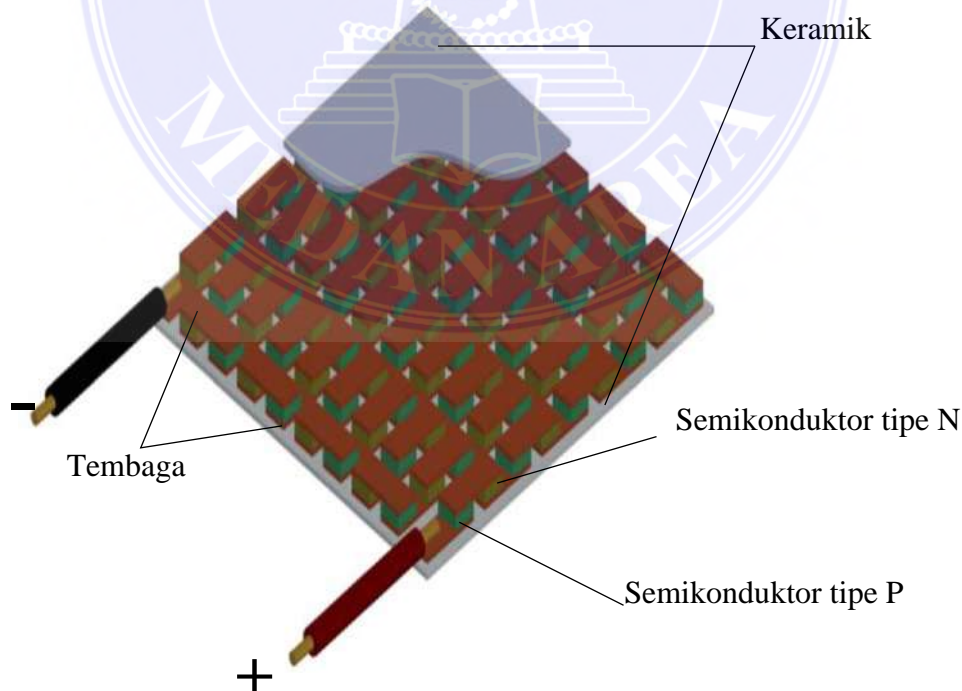
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Termoelektrik

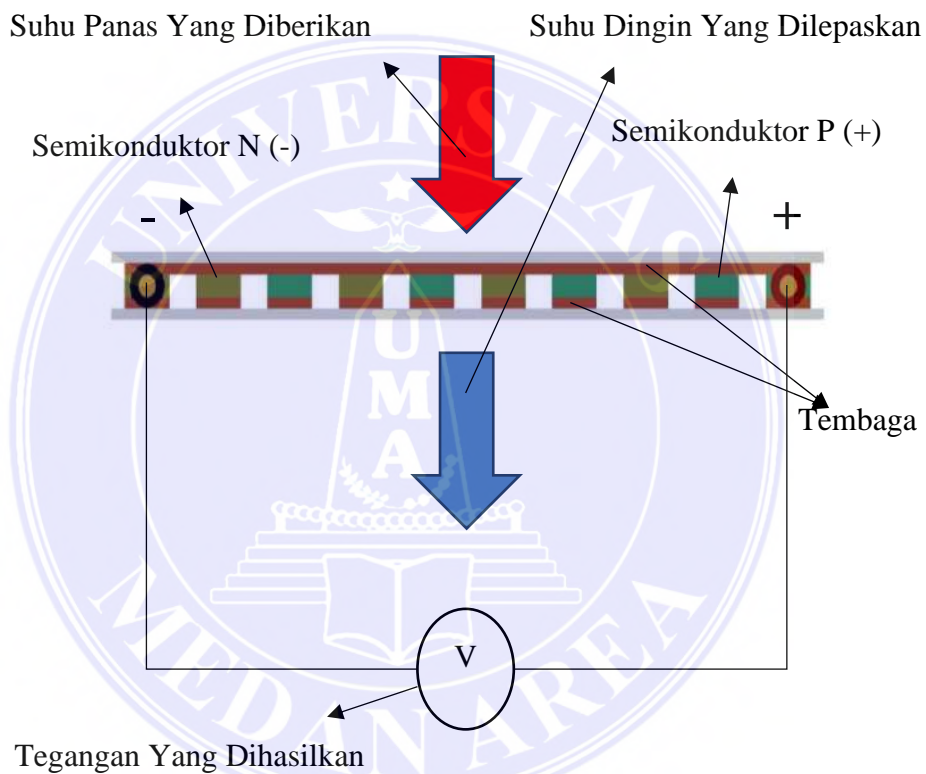
Termoelektrik adalah proses konversi langsung dari suatu perbedaan suhu menjadi tegangan listrik atau sebaliknya. Sebuah perangkat modul termoelektrik menghasilkan tegangan ketika ada suhu yang berbeda di setiap sisi. Sebaliknya, bila termoelektrik diberi tegangan listrik, akan menciptakan perbedaan suhu. (Muammar Khalid, Mahdi Syukri and Mansur Gapy 2016). Struktur termoelektrik bisa dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1. Struktur Termoelektrik

2.1.2 Efek Seebeck

Koefisien *Seebeck* menjelaskan bahwa pada saat termoelektrik dipanaskan, kondisi semikonduktor yang terisi banyak elektron koefisien seebecknya bertanda negatif. Sedangkan semikonduktor yang kekurangan elektron koefisien seebecknya bertanda positif. Jadi koefisien seebeck setiap logam ada yang bernilai positif dan ada yang bernilai negatif. Skema Efek seebeck bisa dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Efeck seebeck

Koefisien *seebeck* tergantung pada perbedaan suhu dan perbedaan tegangan yang dihasilkan tergantung dari nilai koefisien seebeck dan perbedaan temperatur. Perbedaan tegangan dinyatakan dalam persamaan :

$$s = \frac{V}{\Delta T} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

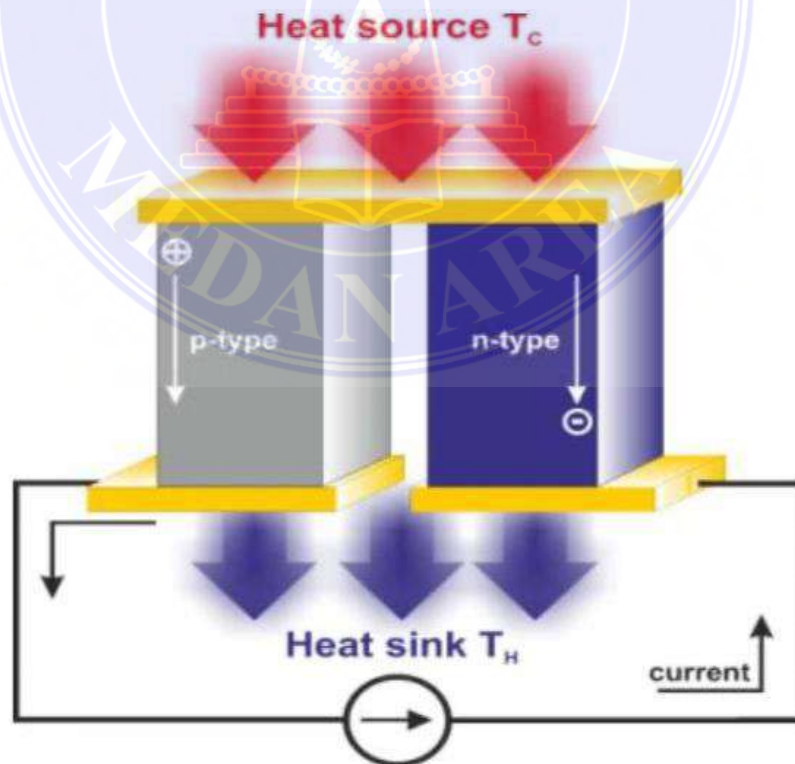
V = Tegangan (V)

S = Koefisien *Seebeck*(V/K)

ΔT = Perbedaan antara suhu panas dan suhu dingin (K)

2.1.3 Prinsip kerja Termoelektrik

Prinsip kerja dari TEG adalah berdasarkan efek *Seebeck* yaitu jika 2 (dua) buah material semikonduktor yang berbeda disambungkan pada salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain. Umumnya bahan semikonduktor yang digunakan pada susunan TEG adalah *Bismuth* dan *Telluride*. Prinsip kerja termoelektrik bisa dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Struktur TEG

Struktur TEG dapat dilihat pada gambar diatas tersebut menunjukkan struktur TEG yang terdiri dari susunan elemen tipe-N (material kekurangan elektron) dan tipe-P (material kelebihan elektron). Panas masuk pada salah satu sisi TEG dan panas tersebut dibuang melalui sisi lainnya. Proses transfer panas tersebut menghasilkan suatu tegangan yang melewati sambungan struktur TEG dan besarnya tegangan yang dihasilkan sebanding dengan perbedaan temperatur. (A. S. Sandy , T. R. Muhammad , I. . K. Mochamad and D. Yohannes 2019)

Termoelektrik merupakan salah satu teknologi *solid state* di mana pada termoelektrik ini tidak ada bagian yang bergerak ataupun fluida yang mengalir dan relatif lebih ramah lingkungan. Saat ini modul termoelektrik telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi sebagai pendingin termoelektrik atau lebih dikenal dengan TEC dengan memanfaatkan efek Termoelektrik generator dan sebagai generator termoelektrik atau biasa disebut sebagai TEG yang berfungsi sebagai pembangkit listrik dengan menerapkan efek *Seebeck*. Perbedaan suhu pada termoelektrik generator didapatkan dengan rumus :

$$\Delta T = T_h - T_c \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

T_h = Suhu panas (°C)

T_c = Suhu dingin (°C)

ΔT = Perbedaan suhu (°C)

Untuk menentukan daya yang dihasilkan oleh prototipe pembangkit listrik menggunakan termoelektrik generator didapatkan rumus :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Bahan termoelektrik adalah bahan yang unik yang dapat mengkonversikan energi panas menjadi energi listrik atau sebaliknya. Tanpa menghasilkan gas beracun karbondioksida maupun polutan lain seperti elemen logam berat. (Sutahja 2011)

Berdasarkan pada pengamatan yang kami laksanakan saat melakukan uji coba *Exhaust System Generator* dengan alat, bahan, dan langkah-langkah yang telah ditentukan, maka didapatkan hasil berupa data besarnya tegangan dan kuat arus listrik yang tersaji dalam bentuk tabel 2.1 berikut ini. (W. A. N. M. S. H. and R 2015)

Tabel 2.1. Tabel Percobaan Exhaust System Generator

No	Keadaan Sepeda Motor	Waktu T	Tegangan Listrik v	Kuat Arus I
1	<i>Idle</i>	60 s	0,02 v	0,025 A
2	<i>Idle</i>	180 s	0,1 v	0,05 A
3	Dijalankan 2.8 m/s	60 s	0,08 v	0,035 A
4	Dijalankan 2.8 m/s	180 s	0,5 v	0.07 A

2.1.4 Spesifikasi Termoelektrik TEC1-12706

Modul termoelektrik TEC1 12706 yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah modul termoelektrik jenis Termoelektrik Cooler dengan 127 pasang

semikonduktor, skema modul termoelektrik dapat dilihat pada gambar 2.4. (Muammar Khalid, Mahdi Syukri and Mansur Gapy 2016)



Gambar 2.4. Spesifikasi Termoelektrik TEC1-12706

Berikut ini spesifikasi modul termoelektrik TEC1 12706 :

- a) Ukuran sisi 40 mm x 40 mm dengan tebal 3.8 mm
- b) Perbedaan temperature sisi panas dengan sisi dingin maksimal (ΔT_{max}) sebesar 66 °C
- c) Arus listrik maksimal yang mengalir (I_{max}) sebesar 6 Ampere
- d) Tegangan listrik maksimal yang diperbolehkan (V_{max}) sebesar 14,4 volt
- e) Material keramik Electrical Insulator yang dipergunakan adalah Alumina (Al_2O_3)
- f) Temperatur maksimal dalam penggunaannya sebesar 138 °C. (Muammar Khalid, Mahdi Syukri and Mansur Gapy 2016)

2.2 Jenis Material Yang Digunakan

2.2.1 Tembaga

Tembaga merupakan salah satu logam ringan yang paling banyak dimanfaatkan oleh manusia selain karena kelimpahannya yang besar di alam juga

disebabkan sifat-sifat yang dimiliki oleh tembaga. Tembaga mempunyai sifat-sifat unggul antara lain mempunyai laju korosi yang lambat, konduktivitas termal dan elektrik yang baik, relatif lunak dan mudah dikerjakan misalnya dicetak, diekstrusi, ditarik, dipres, ditempa dan dirol. Tembaga adalah suatu logam yang diambil dari biji dasar pada Copperpyrites.

Copperpyrites adalah tanah tambang dimana tembaga bereaksi secara kimia dengan besi dan belerang = $CuFeS_2$. Serta logam ini mempunyai kemurnian pada hantaran panas dengan suhu $20^{\circ}C$ sebesar $0,941 \text{ Cal/cm derajat/ detik}$. Dalam pemurnian tembaga untuk keperluan industri biasanya terdapat unsur-unsur gas yang memberikan pengaruh terhadap berbagai sifat.

Oksigen merupakan unsur yang penting yang berhubungan erat dengan kadar hidrogen dan belerang. Tembaga banyak digunakan untuk komponen dan produk elektrik, peralatan rumah tangga, bodi automobil dan pesawat. Sedangkan, laju korosi tembaga yang rendah banyak dimanfaatkan untuk melapisi logam lain yang mempunyai laju korosi tinggi misalnya baja. Pelapisan tembaga pada baja dapat mengontrol atmosfer korosi dari baja, meningkatkan konduktivitas elektrik dan termal baja.(S. M. R. Bagus 2016). Contoh tembaga batang dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5. Tembaga

2.2.2 Konduktivitas Termal Tembaga

Hasil penelitian konduktivitas termal dari logam tembaga, kuningan dan besi dengan metode gandengan dapat ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut. (A. D. A. Irnin 2015)

Tabel 2.2. Konduktivitas Termal Tembaga

No	Jenis logam	Nilai konduktivitas termal percobaan ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)	Nilai konduktivitas termal referensi ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)	Error relatif (%)
1.	Tembaga	346	385	9,9
2.	Kuningan	120	109	10
3.	Besi	80	73	9,6

2.2.3 Aluminium

Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Kekuatan tarik Aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tarik berkisar hingga 600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah ditekuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (drawing), dan diekstrusi. Resistansi terhadap korosi terjadi akibat fenomena pasivasi, yaitu terbentuknya lapisan Aluminium Oksida ketika Aluminium terpapar dengan udara bebas.

Lapisan Aluminium Oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Aluminium paduan dengan tembaga kurang tahan terhadap korosi akibat reaksi galvanik dengan paduan Tembaga. Dalam keadaan murni aluminium terlalu lunak, terutama kekuatannya sangat rendah untuk dapat dipergunakan pada berbagai keperluan teknik. Dengan pemaduan ini dapat diperbaiki tetapi seringkali sifat tahan korosinya berkurang, demikian juga keuletannya. Penambahan titanium pada

aluminium dimaksud untuk mendapat struktur butir yang halus. Biasanya penambahan bersama-sama dengan Cr dalam prosentase 0,1%, titanium juga dapat meningkatkan mampu mesin. (S. M. R. Bagus 2016).

2.2.4 Sifat-sifat Aluminium

Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium. Untuk detail sifat aluminium dapat dilihat pada table 2.3 berikut.

Tabel 2.3. Sifat Aluminium

Nama	Keterangan
Aluminium	Al, 13
Wujud	Padat
Massa jenis	2.70 gram/cm ³
Massa jenis pada wujud cair	2.375 gram/cm ³
Titik lebur	933.47 K, 660.32 °C, 1220.58°F
Titik didih	2792 K, 2519 °C, 4566 °F
Kalor jenis (25°C)	24.2 J/mol K
Resistansi listrik (20°C)	28.2 nΩ m
Konduktivitas termal (300K)	237 W/m K
Pemuaian termal (25°C)	23.1 μm/m K
Modulus young	70 Gpa
Modulus geser	26 Gpa
Poisson rasio	0.35
Kekerasan skala mohs	2.75
Kekerasan skala Vickers	167 Mpa
Kekerasan skala brinell	245 Mpa

2.3 Baut dan Mur

Baut merupakan pasangan dari mur, ia memiliki bentuk berupa batang silinder yang memiliki ulir pada bagian silindernya dan pada salah satu ujungnya terdapat bagian yang disebut dengan kepala baut. Sama seperti pada mur, kepala baut biasanya memiliki bentuk segi enam ataupun segi empat.

2.4 Perpindahan Panas

2.4.1 Konduksi

Konduksi adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat biasanya bergabung dengan konveksi, dan dalam beberapa hal juga dengan radiasi. Persamaan dasar untuk konduksi satu dimensi dalam keadaan studi dapat ditulis:

$$q = -k.A \frac{\Delta T}{\Delta X} \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

- q = laju perpindahan kalor (watt)
- k = konduktivitas termal benda (W/m°C)
- A = luas permukaan perpindahan panas (m²)
- ΔT = selisih temperature overall

Δx = tebal benda perpindahan panas

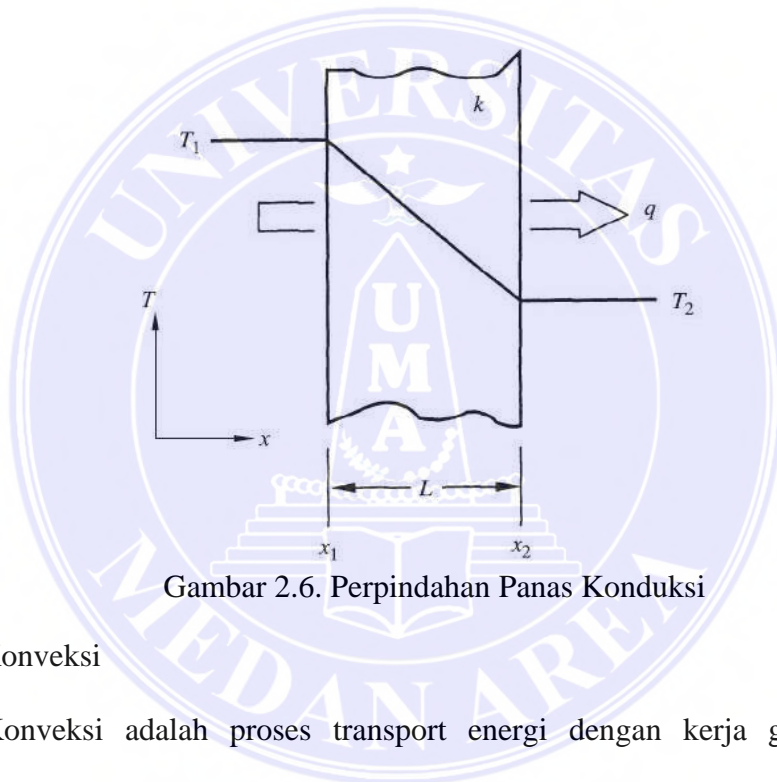
(-) = menandakan kalor mengalir ketempat yang lebih rendah dalam skala suhu

T_1 = temperature benda yang berbatasan langsung dengan panas

T_2 = temperature benda yang berbatasan dengan udara atmosfer

$$q = k.A \frac{T_1 - T_2}{dx} \dots\dots\dots (2.5)$$

Persamaan diatas dapat disederhanakan dalam bentuk gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6. Perpindahan Panas Konduksi

2.4.2 Konveksi

Konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel-

partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu rendah didalam fluida di mana mereka akan bercampur dengan, dan memindahkan sebagian energinya pada partikel-partikel fluida lainnya.

Perpindahan panas secara konveksi antara batas benda padat dan fluida terjadi dengan adanya suatu gabungan dari konduksi dan angkutan (transport) massa. Jika batas tersebut bertemperatur lebih tinggi dari fluida, maka panas terlebih dahulu mengalir secara konduksi dari benda padat ke partikel-partikel fluida di dekat dinding. Energi yang di pindahkan secara konduksi ini meningkatkan energi di dalam fluida dan terangkut oleh gerakan fluida. Bila partikel-partikel fluida yang terpanaskan itu mencapai daerah yang temperaturnya lebih rendah, maka panas berpindah lagi secara konduksi dari fluida yang lebih panas ke fluida yang lebih dingin. Laju perpindahan panas dengan cara konveksi antara suatu permukaan dan suatu fluida dapat dihitung dengan hubungan:

$$q = h.A(T_w - T_{\infty}): \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

q = laju perpindahan panas dengan cara konveksi (Watt)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m² °C)

A = luas penampang (m²)

T_w = Temperatur dinding (°C)

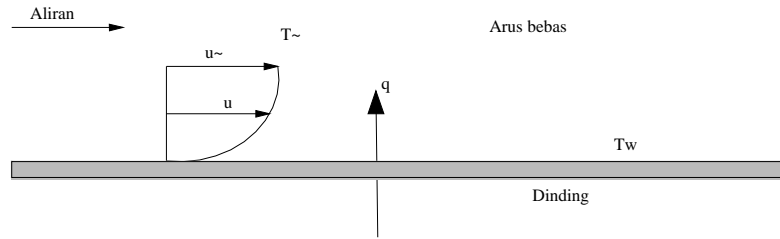
T_∞ = Temperatur fluida (°C)

Koefisien perpindahan panas konveksi h bervariasi terhadap jenis aliran (aliran laminar atau turbulen), sifat-sifat fisik fluida, temperatur rata-rata, juga dipengaruhi oleh mekanisme perpindahan panas konveksi. Banyak parameter yang mempengaruhi perpindahan panas konveksi di dalam sebuah geometri khusus.

Parameter-parameter ini termasuk skala panjang sistem (L), konduktivitas termal fluida (k), biasanya kecepatan fluida (V), kerapatan (ρ), viskositas (μ), panas jenis (C_p), dan kadang-kadang faktor lain yang berhubungan dengan cara-cara pemanasan (temperatur dinding uniform atau temperatur dinding berubah-ubah). Fluks kalor dari permukaan padat akan bergantung juga pada temperatur permukaan (T_w) dan temperatur fluida (T_f), tetapi biasanya dianggap bahwa ($\Delta T = T_w - T_f$) yang penting. Akan tetapi, jika sifat-sifat fluida berubah dengan nyata pada daerah pengkonveksi (convection region), maka temperaturtemperatur absolute T_w dan T_f dapat juga merupakan faktor-faktor penting didalam korelasi.

Perpindahan panas konveksi diklasifikasikan dalam konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection) menurut cara menggerakkan alirannya. Konveksi bebas adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya. Konveksi bebas dapat terjadi karena ada arus yang mengalir akibat gaya apung, sedangkan gaya apung terjadi karena ada perbedaan densitas fluida tanpa dipengaruhi gaya dari luar sistem. Perbedaan densitas fluida terjadi karena adanya gradien suhu pada fluida. Contoh konveksi alamiah antara lain aliran fluida yang melintasi radiator panas.

Di sini laju perpindahan kalor dihubungkan dengan beda suhu menyeluruh antara dinding dan fluida, dan luas permukaan A . Besaran h disebut koefisien perpindahan-kalor konveksi (*convection heat-transfer coefficient*) Dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7. Perpindahan Kalor Konveksi Dari Suatu Plat

2.4.3 Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas tanpa perantara perpindahan panas ini terjadi antara suatu benda dengan benda lainnya yang melalui gelombang-gelombang elektromagnetik tanpa bergantung ada atau tidaknya media atau zat diantara benda yang menerima panas tersebut. Molekul-molekul api yang merupakan hasil dari pembakaran bahan bakar dan udara mengganggu keseimbangan elektromagnetik terhadap aether tersebut, sebagian energy yang timbul dari hasil pembakaran tersebut diserahkan kepada aether kemudian aether menyerahkan ke gelombang elektromagnetik dan setelah itu gelombang elektromagnetik menyerahkan kepada benda atau bidang yang menerima panas atau dipanaskan seperti dinding ketel, dinding tungku, pipa dan sebagainya.

Bila bidang panas tertutup atau terhalang oleh benda lain maka bidang yang akan dipanaskan tidak menerima panas secara pancaran atau terhalangnya perpindahan panas secara pancaran, bila panas mengenai suatu benda maka sebagian dari panas tersebut akan dipantulkan kembali (*reflected*) atau akan dipancarkan kembali (*reradiated*) dan sebagian akan diserap benda tersebut.

$$q_r = eA\sigma(T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana :

q_r = laju perpindahan panas dengan cara radiasi (Watt)

e = emitansi permukaan kelabu

A = luas permukaan (m^2)

σ = $5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

T_1^4 = Temperatur Benda kelabu (K)

T_2^4 = Temperatur Benda hitam yang mengelilinginya (K)

Pembahasan termodinamika menunjukkan bahwa radiator (penyinar) ideal atau benda hitam *blackbody*, memancarkan energy dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan dimana σ ialah konstanta Stefan-Boltzmann dengan nilai $5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$.

Untuk persamaan diatas hanya berlaku untuk radiasi yang dipancarkan oleh benda hitam pertukaran radiasi netto antara dua permukaan berbanding dengan perbedaan suhu absolut pangkat empat yang artinya benda hitam ialah benda yang memancarkan energy menurut hukum T^4 .

2.5 Laju Perpindahan Panas Pada Bidang Silinder Berongga

Secara umum perpindahan panas konduksi pada silinder dapat terjadi ke arah radial (sumbu r) aksial (sumbu z) dan tangential (sumbu θ) dan gradien temperature pada silinder diasumsikan hanya terjadi kearah radial, dengan persamaan ;

$$q_r = - k \cdot A \frac{dT}{dr} \dots\dots\dots(2.8)$$

atau
$$q_r = - 2 \pi k r L \frac{dT}{dr} \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana; dT/dr = gradien suhu dalam arah radial

dengan kondisi batas $T = T_i$ pada $r = r_i$ dan $T = T_o$ pada $r = r_o$

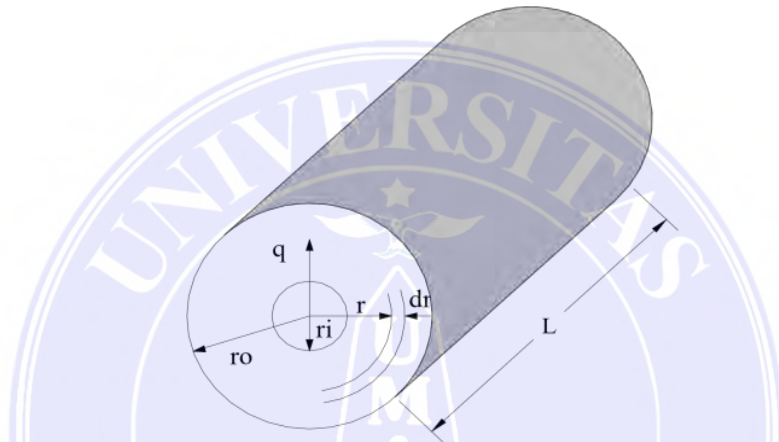
Penyelesaian persamaan (2-6) adalah :

$$q_r = \frac{2 \pi k L (T_i - T_o)}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} \dots\dots\dots(2.10)$$

tahanan termalnya dalam hal ini adalah :

$$q_r = \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi k L} \dots\dots\dots(2.11)$$

Perpindahan panas pada silinder berongga dapat dilihat seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Perpindahan Panas Pada silinder Berongga

2.6 Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh

Aliran kalor menyeluruh sebagai hasil gabungan proses konduksi dan konveksi bisa dinyatakan dengan koefisien perpindahan kalor menyeluruh *U* yang dirumuskan dalam hubungan.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_2}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Koefisien transfer panas overall/meyeluruh sering dinyatakan dalam satuan W/m°C dimana A ialah luas bidang bidang aliran kalor.

Sehingga disubstitusikan menjadi :

$$q = U A \Delta T \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana :

q = laju perpindahan panas overall

U = koefisien transfer panas overall

A = luas permukaan transfer panas

ΔT = selisih temperature overall

Atau persamaan 2.10 menjadi :

$$q = \frac{A(TA-TB)}{\frac{1}{h1} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h2}} \dots\dots\dots(2.15)$$

sehingga disederhanakan menjadi

$$q = \frac{\Delta T}{\Sigma R} \dots\dots\dots(2.16)$$

2.7 Perpindahan Kalor Melalui dinding komposit

Dinding berlapis atau komposit dari jenis yang khas dipergunakan pada tanur yang besar. Lapisan dalam yang bersinggungan dengan gas-gas yang bersuhu tinggi terbuat dari bahan tahan api. Lapisan antaranya terbuat dari bata isolasi; menyusul lapisan luar dari bata merah biasa. Makin besar luas bidang panas dan selisih temperature makin besar pula jumlah panas yang dirambatkan karena jumlah panas yang dirambatkan berbanding lurus dengan luas bidang dan selisih temperature, terlebih bidang panas yang melakukan perambatan panas makin tebal maka makin berkurang jumlah panas yang dirambatkan karena jumlah panas yang dirambatkan berbanding terbalik dengan tebal bidang panas.

Untuk selanjutnya panas yang dibawa merambat oleh dinding ketel tersebut akan diterima oleh molekul-molekul air, uap ataupun udara dengan cara konveksi pula, yaitu penyerahan sebagian panas dari molekul-molekul dinding ketel uap kepada molekul-molekul air, uap ataupun udara. Molekul tersebut dalam keadaan

mengalir/ bergerak bukan dalam kondisi diam, dengan demikian penyerahan panas secara konveksi dan konduksi bersamaan.

$$q = \frac{\text{laju suhu menyeluruh}}{\text{jumlah tahanan termal}} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$q = \frac{T_A - T_B}{\frac{\Delta x_1}{k_1 A} + \frac{\Delta x_2}{k_2 A} + \frac{\Delta x_3}{k_3 A} + \frac{\Delta x_4}{k_4 A}}$$

dimana:

A = luas penampang perpindahan kalor (m²)

T_A = suhu ruang bakar (°C)

T_B = suhu atmosfer (°C)

Δx = tebal benda perpindahan panas

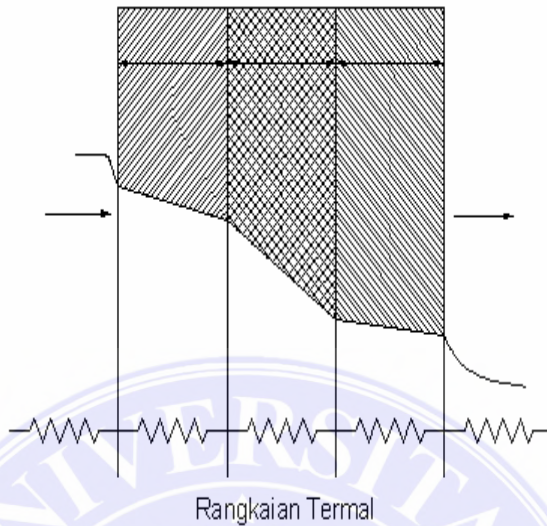
K = nilai konduktivitas bahan (W/m °C)

Seperti terlihat hubungan diatas sangat serupa dengan hukum Ohm dalam rangkaian termal ialah Δx/kA dan tahanannya ialah jumlah keempat suku dalam pembagi, analogi listrik ini dapat pula digunakan untuk memecahkan soal-soal yang lebih rumit baik yang menyangkut tahanan termal dalam susunan seri maupun parallel, persamaan aliran kalor untuk soal itu dapat dituliskan sebagai berikut :

$$q = \frac{\Delta T \text{ menyeluruh}}{\Sigma R_{th}} \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana R_{th} adalah tahanan termal dari bermacam – macam bahan itu, dan aliran panas q adalah beda suhu dibagi tahanan termal dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah.

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{T_1 - T_2}{R} \dots\dots\dots (2.19)$$



Gambar 2.9. Rangkaian Termal Dinding Komposit

2.8 Konduktivitas Termal

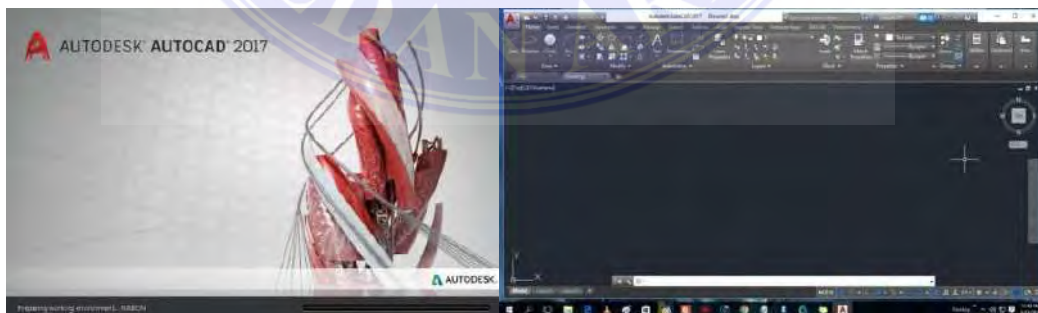
Konduktivitas panas suatu bahan adalah ukuran kemampuan bahan untuk menghantarkan panas (termal) nilai konduktivitas termal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Misalnya selembar pelat memiliki tampang lintang A dan tebal Δx , kedua permukaannya dipertahankan pada suhu yang berbeda

Tetapan kesebandingan (k) adalah sifat fisik bahan atau material yang disebut konduktivitas termal. Persamaan diatas merupakan persamaan dasar tentang konduktivitas termal. Berdasarkan rumusan itu maka dapatlah dilaksanakan pengukuran dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas termal berbagai bahan, pada umumnya konduktivitas termal itu sangat tergantung pada suhu. Pada umumnya nilai k dianggap tetap, namun sebenarnya nilai k dipengaruhi oleh suhu.

Mekanisme konduksi termal pada gas cukup sederhana energi kinetik molekul ditunjukkan oleh suhunya jadi pada bagian bersuhu tinggi molekul-molekul mempunyai kecepatan yang lebih tinggi daripada bagian yang bersuhu rendah. Molekul-molekul itu selalu berada dalam gerakan rambang atau acak, saling bertumbukan satu sama lain dimana terjadi pertukaran energi dan momentum. Perlu diingat bahwa molekul-molekul itu selalu berada dalam gerakan rambang walaupun tidak terdapat gradien suhu dalam gas itu. Jika suatu molekul bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah maka molekul itu mengangkut energy kinetik ke bagian system yang suhunya lebih rendah.

2.9 AutoCAD

AutoCAD adalah perangkat lunak komputer *CAD* untuk menggambar 2 dimensi dan 3 dimensi yang dikembangkan oleh *Autodesk*. Biasa digunakan untuk menggambar atau mendesain beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan dan berfungsi. Disini peneliti menggunakan *software AutoCAD 2017* dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut.



Gambar 2.10. AutoCAD 2017

2.10 Perpindahan Panas Knalpot Kendaraan Bermotor

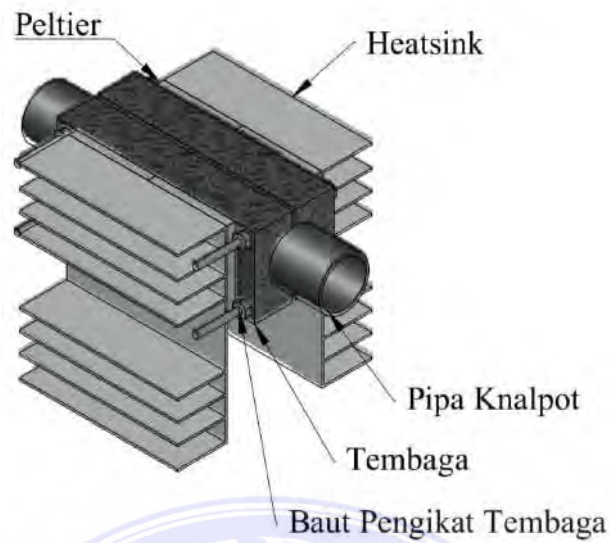
Sektor transportasi merupakan sector penghasil panas gas buang yang besar di mana efisiensi kendaraan bermotor sekitar 35-40%, sementara sisanya dibuang

kelingkungan begitu saja. Padahal menurut Konsep Seebeck, energy panas tersebut bisa dimanfaatkan menjadi sumber energi listrik. Konsep Seebeck menggambarkan bahwa jika dua buah material logam semi konduktor yang tersambung berada di lingkungan dengan dua temperature berbeda, maka pada material tersebut akan mengalir arus listrik atau gaya gerak listrik.

Konsep apabila ini diterapkan pada kendaraan bermotor dengan gas buang pada mesin motor bakar berkisar antara 200-300°C dan temperature lingkungan berkisar antara 30-35°C, akan menghasilkan gaya gerak listrik yang kemudian dapat digunakan untuk menghasilkan listrik yang dapat disimpan di dalam baterai. Ketika mesin menyala dan menghasilkan panas dari mesin dan pada satu sisinya mendapat suhu udara lingkungan yang lebih rendah maka akan menghasilkan aliran listrik DC. Arus listrik akan mengalir pada handphone yang sudah terpasang pada socket kabel handphone sehingga baterai handphone akan mengalami pengisian arus listrik. (Indriatma2016)

2.11 Prototipe Alat

Desain prototipe alat pengisi daya menggunakan bahan tembaga batangan dengan dimensi awal panjang 100 cm, lebar diameter 63.5 mm (2 ½”) kemudian dilakukan perubahan bentuk atau dibubut menjadi bentuk segi empat dengan dimensi panjang 100 mm, lebar 40 mm x 40 mm dan diameter lubang tengah 25,4 mm, heatsink dengan dimensi 80 mm x 95 mm x 25 mm sebanyak 2 pcs, termoelektrik dengan dimensi 40 mm x 40 mm x 3.8 mm sebanyak 4 pcs. Sketsa prototipe alat pengisi daya dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut.



Gambar 2.11. Prototipe alat pengisi daya

2.12 Pembuatan

Pembuatan adalah kegiatan menciptakan /memproses sesuatu. Kegiatan ini bertujuan untuk menciptakan sesuatu dengan beberapa cara atau langkah yang sesuai dengan benda yang akan dibuat.

2.13 Tachometer

Tachometer adalah sebuah alat pengujian yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran per menit (RPM) dari poros engkol mesin.

Kata tachometer berasal dari kata Yunani tachos yang berarti kecepatan dan metron yang berarti untuk mengukur. Perangkat ini pada masa sebelumnya dibuat dengan dial, jarum yang menunjukkan pembacaan saat ini dan tanda-tanda yang menunjukkan tingkat yang aman dan berbahaya. Pada masa kini telah diproduksi tachometer digital yang memberikan pembacaan numerik tepat dan akurat dibandingkan menggunakan dial dan jarum.

Berikut contoh tachometer yang dipakai pada penelitian ini bisa di lihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12. Tachometer

2.14 Jangka Sorong (Sigmat)

Jangka Sorong (Sigmat) adalah perkakas ukur yang ketelitiannya dapat mencapai seperseratus milimeter. Jangka sorong terdiri dari dua bagian, yaitu bagian diam dan bagian bergerak. Pembacaan hasil pengukuran sangat bergantung pada keahlian dan ketelitian pengguna maupun alat. Berikut contoh Jangka Sorong yang dipakai pada penelitian ini bisa di lihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13. Sigmat

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing seperti terlihat pada table 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Tugas Akhir.

NO	Kegiatan	2020	2020	2020	2021	2022	2022
		SEPT	OKT	NOV	FEB	OKT	DES
1	Penyusunan Proposal Skripsi						
2	Seminar Proposal						
3	Pembuatan Alat						
4	Analisis Alat						
5	Seminar Hasil						
6	Sidang						

3.1.2 Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Bengkel Makmur jln Sugeng /Pendidikan Sei Rotan, Deli Serdang, Sumatera Utara.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a). Mesin Bubut

Mesin bubut digunakan untuk membubut lubang pada specimen tembaga batang, dan membentuk permukaan tembaga batang yang semula berbentuk bulat menjadi segi empat.

b). Multimeter Digital DT-830B

Volt dan amp diukur menggunakan multimeter digital setelah perangkat disatukan dan dipasang ke knalpot. Total ada 1 buah. Spesifikasi multimeter DT-830B adalah DCV 200m-2000m-V 0,5%, ACV 200-750V 1,2%, DCA m-200m-10A 1,2%, OHM k-Diode Periksa 3V / 0.8mA, Gelombang Persegi 50Hz, hFE Vce3V, Ib10A dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Multimeter Digital DT-830B

c). Termometer Digital

Sebagai instrumen utama dalam tugas akhir ini, termometer digital digunakan untuk memantau suhu panas knalpot sepeda motor. Thermometer digital ini dapat mengukur suhu -50°C hingga 400°C . Jumlah yang dipakai 1 pcs dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah.



Gambar 3.2. Termometer Digital

d). Mesin Bor

Mesin Bor digunakan untuk membuat lubang pada spesimen tembaga sebagai lubang untuk baut pengikat dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah.



Gambar 3.3. Mesin Bor

e). Gerinda

Gerinda digunakan untuk memotong atau memisahkan spesimen menjadi dua bagian dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah.



Gambar 3.4. Gerinda Tangan

3.2.2 Bahan

Pada penelitian kali ini bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

a) Peltier

Peltier dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah, digunakan sebagai generator pembangkit listrik. Jumlah yang dipakai 4 pcs. Berikut ini spesifikasi modul termoelektrik TEC1 12706 :

- 1) Ukuran sisi 40 mm x 40 mm dengan tebal 3.8 mm
- 2) Perbedaan temperature sisi panas dengan sisi dingin maksimal (ΔT_{max}) sebesar 66 °C
- 3) Arus listrik maksimal yang mengalir (I_{max}) sebesar 6 Ampere
- 4) Tegangan listrik maksimal yang diperbolehkan (V_{max}) sebesar 14,4 volt
- 5) Material keramik Electrical Insulator yang dipergunakan adalah Alumina (Al_2O_3)
- 6) Temperatur maksimal dalam penggunaannya sebesar 138 °C.



Gambar 3.5. Peltier

b) Heatsink

Heatsink adalah perangkat pengontrol panas pasif yang menyerap panas yang dihasilkan atau dipancarkan oleh spesimen tembaga dan mentransfernya ke media fluida di sekitarnya, yang mungkin berupa cairan atau udara dapat dilihat pada gambar 3.6 dibawah.



Gambar 3.6. Heatsink

c) Soket USB

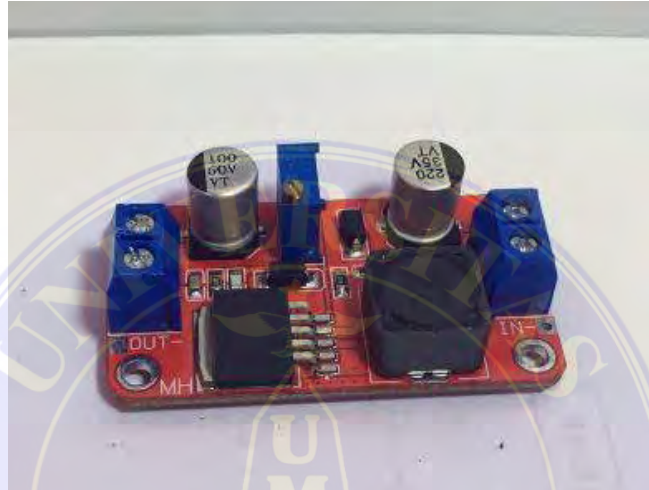
Perangkat pengisi daya ponsel terhubung ke soket USB melalui pengatur step-up setelah ditenagai oleh sumber arus Peltier dapat dilihat pada gambar 3.7 dibawah.



Gambar 3.7. Socket Usb

d) Regulator Step Up

Untuk dapat mengisi daya baterai ponsel, tegangan sumber listrik harus dinaikkan dari 1 V yang diterima selama penelitian menjadi 5 V dengan menggunakan pengatur step up. Jumlah yang dipakai 1 pcs dapat dilihat pada gambar 3.8 dibawah.



Gambar 3.8. Regulator Step Up

e) Kabel USB

Kabel USB digunakan untuk mentransfer arus dari sumber arus soket USB ke ponsel untuk mengisi baterai. Jumlah yang dipakai 1 pcs. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3.9. Kabel Usb

f) Baut dan Mur

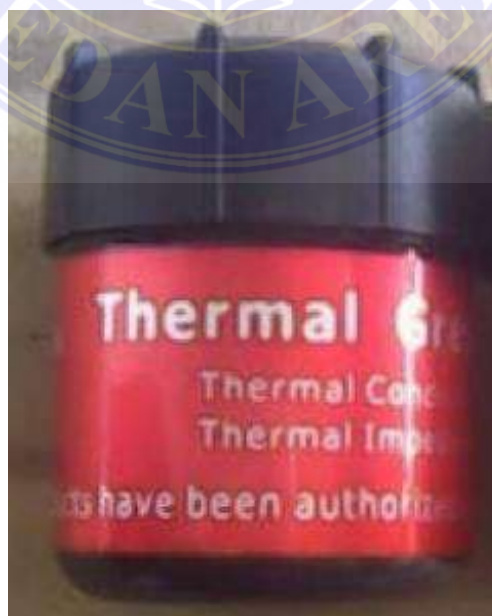
Benda yang akan berfungsi sebagai pengisi daya ponsel diamankan dengan baut dan mur. Jumlah yang dipakai 4 pcs. Seperti yang terlihat pada gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.10. Baut dan Mur

g) Thermal Grease

Untuk mencegah panas dari benda uji kuningan agar tidak langsung terserap ke dalam peltier maka digunakan thermal grease untuk menutupi peltier. Jumlah yang dipakai 1 pcs. Seperti yang terlihat pada gambar 3.11 dibawah ini.



Gambar 3.11. Thermal Grease

h) Heatsink Plaster

Heatsink direkatkan atau diikat ke spesimen kuningan menggunakan plester heatsink. Jumlah yang dipakai 1 pcs. Seperti terlihat pada gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3.12. Heatsink Plaster

i) Handphone

Untuk menentukan apakah pengisi daya ponsel dapat digunakan, ponsel Nokia digunakan sebagai subjek uji. Jumlah yang dipakai 1 pcs. Seperti yang terlihat pada gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.13. Handphone

j) Tembaga Batang

Untuk mencegah panas dari knalpot diserap langsung oleh peltier, digunakan batang tembaga dapat dilihat pada gambar 3.14 dibawah sebagai spesimen untuk

mengangkut panas dari knalpot ke peltier. Jumlah yang dipakai 1 pcs. Spesifikasi tembaga yang dipakai yaitu :

1. Tembaga (Cu)
2. Diameter $2\frac{1}{2}$ " = 63.5 mm
3. Panjang 100 mm

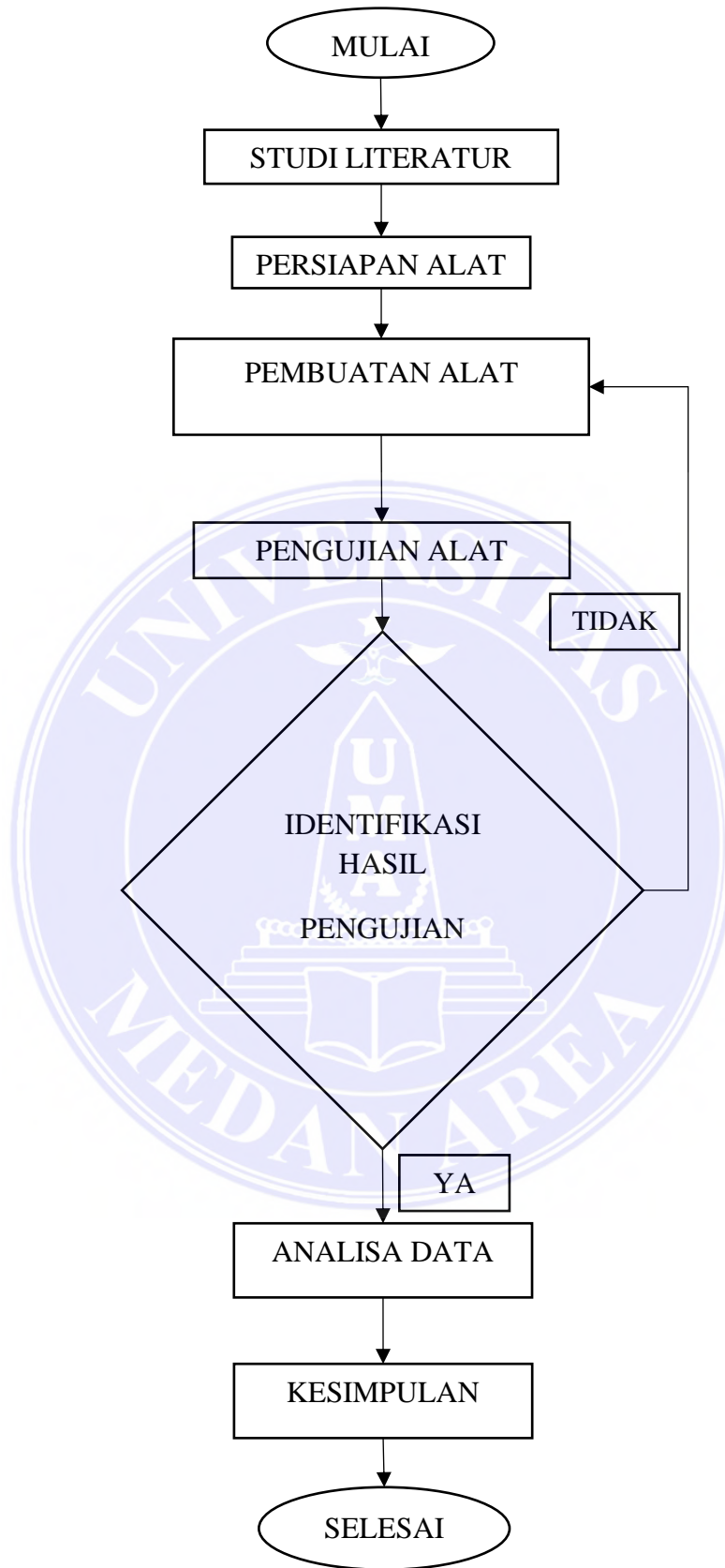


Gambar 3.14. Tembaga Batang

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara eksperimen, yaitu melalui pengamatan langsung, sehingga memperoleh data kausal, akurat, dan empiris. Dalam penelitian ini, Pengukuran dilakukan untuk menghasilkan data berupa tegangan dan arus yang berasal dari perbedaan suhu. Data dalam bentuk digital diolah dan dianalisis untuk mendapatkan nilai daya, efisiensi dan koefisien Seebeck termoelektrik.

Data tersebut kemudian diubah menjadi grafik dan persamaan garis untuk memudahkan pemahaman, perbandingan, dan analisis. Setelah itu melakukan analisa dan kajian ulang terhadap data yang telah didapat untuk meyakinkan bahwa data telah valid, dan akurat, kemudian menyatakan kesimpulan dari keseluruhan kegiatan hingga hasil data karakteristik yang telah didapat. Berikut diagram alir proses dari penelitian yang akan di laksanakan seperti gambar 3.15.



Gambar 3.15. Diagram alir

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Alat

- a) Mempelajari proses kerja alat yang akan dibuat.
- b) Menentukan dimensi alat.
- c) Membuat gambar teknik dengan model prototipe menggunakan software AutoCAD.
- d) Menggambarkan desain alat yang dilengkapi ukuran dengan software AutoCAD.
- e) Lakukan pembuatan dan perakitan alat
- f) Persiapkan tembaga batang
- g) Lubangi bagian tengah tembaga dengan proses pemesinan (pembubutan) sesuai ukuran yang direncanakan
- h) Bentuk sisi luar menjadi segi empat dengan yang direncanakan menggunakan mesin sekrap.
- i) Belah menjadi 2 bagian
- j) Bor setiap sudut untuk tempat baut pengikat
- k) Setelah ukuran sesuai yang direncanakan, alat siap di rakit
- l) Berikan lem pada sisi peltier yang akan di beri panas, kemudian tempelkan ke tembaga.
- m) Usahakan permukaan kedua peltier sama rata.
- n) Sebelum menempelkan peltier pada benda uji yang telah diberi thermal grease, tuang thermal grease ke atas sampel tembaga.
- o) Tempelkan perekat di pinggir peltier.
- p) Setelah mengoleskan pasta perekat ke peltier, letakkan heatsink di atasnya.

- q) sambungkan kabel secara seri dari keempat peltier.
- r) Untuk mengencangkan baut pengikat spesimen, terlebih dahulu pasang alat ke knalpot.
- s) Hubungkan port USB dengan kabel dari peltier yang disediakan.
- t) Alat pengisi daya handphone siap digunakan.

3.4.2 Proses Pengujian dan Analisis Alat

- a) Mengukur temperatur heatsink saat keadaan sepeda motor tidak berjalan dan keadaan sepeda motor berjalan
- b) Mengukur temperatur tembaga saat keadaan sepeda motor tidak berjalan dan keadaan sepeda motor berjalan
- c) Mengukur voltase pada alat pengisi daya saat keadaan sepeda motor tidak berjalan dan keadaan sepeda motor berjalan
- d) Mengukur arus pada alat pengisi daya saat keadaan sepeda motor tidak berjalan dan keadaan sepeda motor mberjalan
- e) Masing – masing pengukuran dilakukan dengan variasi putaran mesin yaitu 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm dan 5000 rpm
- f) Setiap rpm lakukan pengukuran dengan variasi waktu 60 s, 180 s, 360 s.

3.4.3 Menghitung Perpindahan Panas

- a) Menghitung laju perpindahan panas menyeluruh
- b) Menghitung jumlah tahanan termal

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- 1) Hasil dari pembuatan alat pengisi daya handphone menggunakan spesimen tembaga berbentuk persegi panjang dengan dimensi panjang 80 mm, lebar 40 mm, tinggi 40 mm, bisa diletakkan 4 peltier berbentuk persegi dengan dimensi 40 mm x 40 mm, dan tinggi 4 mm, mampu menghasilkan tegangan sebesar $\pm 1,5V$ per 1 peltier nya.
- 2) Hasil dari analisis panas knalpot dari perubahan temperatur yang terjadi, pada pengujian 5000 rpm keadaan sepeda motor tidak berjalan dengan perbandingan $\Delta T = 208.2 K$, tegangan yang dihasilkan 6.06 V, arus yang dihasilkan 0.223 A, dan daya 1.35 Watt. Pada pengujian 5000 rpm keadaan sepeda motor berjalan dengan perbandingan $\Delta T = 216.6 K$, tegangan yang dihasilkan 6.16 V, arus yang dihasilkan 0.25 A, dan daya 1.55 Watt.
- 3) Hasil laju perpindahan panas menyeluruh yaitu: $U = 23.915W/^{\circ}C$. Dan jumlah tahanan termalnya yaitu : $\Sigma R = 0.433 ^{\circ}C/w$.

5.2 Saran

- 1) Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan material yang mampu menyimpan panas, seperti tanah liat atau batu alam agar panas yang dihasilkan tidak terlalu tinggi, sehingga usia pemakai peltier bisa tahan lebih lama.

- 2) Pada sistem pendingin harus lebih di tingkatkan pendinginannya, disarankan menggunakan radiator mini, agar pendinginan lebih optimal sehingga perbandingan suhu lebih jauh.



DAFTAR PUSTAKA

- A. D. A. Irnin , "Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan, dan Besi dengan Metode Gandengan," *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF)*, vol. 6 No.1, pp. 30-34, 2015.
- A. P. Muhammad , "Pototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan Dan Seng," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9 No.2, pp. 251-258, 2020.
- A. S. Sandy , T. R. Muhammad , I. K. Mochamad and D. Yohannes , "Alternatif Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Prinsip Termoelektrik Generator," *Tesla*, vol. 21 No.1, pp. 57-61, 2019.
- A. S. W. I. R. S. P. D. U. and N. I. , "Mengenmbangkan Potensi Pembangkit Daya yang Memanfaatkan Panas Gas Buang Kendaraan Bermotor untuk Diterapkan Menjadi Charger atau Alat Pengisi Ulang baterai Handphone," 2014.
- GINANJAR, Ayong Hiendro, Dedy Suryadi, "Perancangan dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Dengan Menggunakan Kompor Surya Sebagai Media Pemusat Panas".
- Indriatma, "Analisa Perpindahan Panas Dalam Rotary Kiln Unit III PT. Antm, Tbk (PERSERO) UBPN Sultra," *Enthalpy*, vol. 2 No.2, pp. 56-61, 2016.
- K. Khilyatul , Mustaqima, S. F. A. M. Aji , T. M. Mukhammad and . I. K. Naufal, "Rancang Bangun Dan Karakteristik Generator Termoelektrik Dengan Menggunakan Energi Panas Sinar Matahari," *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SINAFI)*, pp. 317-322, 2018.
- Muammar Khalid, Mahdi Syukri and Mansur Gapy, "Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik," vol. 1 No.3, pp. 57-62, 2016.
- Sutahja, "Penelitian Bahan Termoelektrik Bagi Aplikasi Konversi Energi Dimasa yang akan datang," 2011.
- S. E. N. M. and E. S. , "Pengembangan Perangkat Konversi Energi Panas Menjadi Energi Panas," p. 38.
- S. M. R. Bagus, "Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 Dan Aluminium Al 6063," *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, vol. 4 No.2, pp. 15-30, 2016.
- Wardoyo, "Studi Karakteristik Pembangkit Listrik Thermoelektrik Melalui Pemanfaatan Panas Knalpot Sepeda Motor Sport 150 cc.," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, vol. II, pp. 70-75, 2016.
- W. A. N. M. S. H. and R. , "Exhaust System Generator: Knalpot Penghasil Listrik Dengan Prinsip Termoelektrik," *Saintekno*, p. 161, 2015.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Analisa Data Pengujian Kinerja Alat Pengisi Daya Handphone

Hasil analisa data pengujian kinerja alat pengisi daya handphone adalah :

- a) Mencari Koefisien Seebeck Idle dalam Waktu 60 Detik pada Rpm 2000
Keadaan Motor tidak Berjalan.

Mencari koefisien seebeck menggunakan rumus persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$s = \frac{v}{\Delta T}$$

Mencari koefisien seebeck harus mengubah celcius ke kelvin terlebih dahulu

:

$$T_h = 32.3 \text{ }^\circ\text{C} + 273,15 = 305.45 \text{ K}$$

$$T_c = 63 \text{ }^\circ\text{C} + 273,15 = 336.15 \text{ K}$$

Mencari perbedaan temperatur menggunakan rumus persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$\Delta T = T_h - T_c$$

$$\Delta T = 336.15 \text{ K} - 305.45 \text{ K}$$

$$\Delta T = 30.7 \text{ K}$$

Mencari koefisien seebeck menggunakan rumus persamaan 2.1 sebagai berikut

$$s = \frac{V}{\Delta T}$$

$$s = \frac{0.36 \text{ V}}{30.7 \text{ K}}$$

$$s = 0.011726384 \text{ V/K}$$

- b) Mencari Daya Idle dalam Waktu 60 Detik pada Rpm 2000 Keadaan Motor tidak Berjalan.

Mencari daya atau menghitung menggunakan rumus persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

$$P = 0.36 \text{ V} \times 1$$

$$P = 0.36 \text{ V}$$

- c) Mencari Koefisien Seebeck Idle dalam Waktu 360 Detik pada Rpm 2000 Keadaan Motor tidak Berjalan.

Mencari koefisien seebeck menggunakan rumus persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$s = \frac{V}{\Delta T}$$

Mencari koefisien seebeck harus mengubah celcius ke kelvin terlebih dahulu

:

$$T_c = 40.7 \text{ }^\circ\text{C} + 273,15 = 313.85 \text{ K}$$

$$T_h = 151.8 \text{ }^\circ\text{C} + 273,15 = 424.95 \text{ K}$$

Mencari perbedaan temperatur menggunakan rumus persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$\Delta T = T_h - T_c$$

$$\Delta T = 399.35 \text{ K} - 310.55 \text{ K}$$

$$\Delta T = 111.1 \text{ K}$$

Mencari koefisien seebeck menggunakan rumus persamaan 2.1 sebagai berikut

$$s = \frac{v}{\Delta T}$$

$$s = \frac{1.87 \text{ V}}{111.1 \text{ K}}$$

$$s = 0.016831683 \text{ V/K}$$

d) Mencari Daya Idle dalam Waktu 360 Detik pada Rpm 2000 Keadaan Motor tidak Berjalan.

Mencari daya atau menghitung menggunakan rumus persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

$$P = 1.87 \text{ V} \times 1$$

$$P = 1.87 \text{ V}$$

Lampiran 2 Laju Perpindahan Panas Menyeluruh

Laju perpindahan panas menyeluruh dapat kita hitung dengan persamaan 2.13

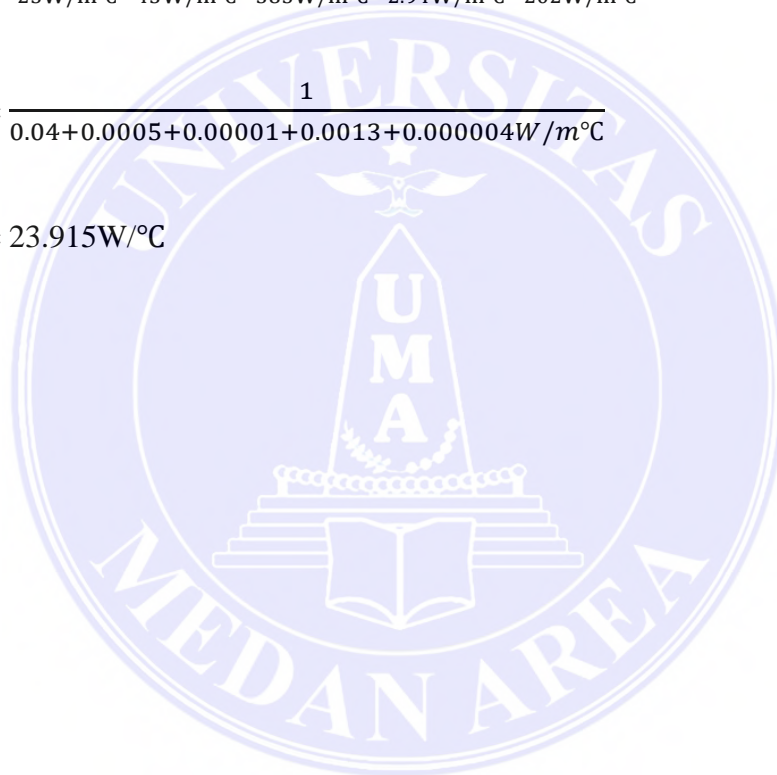
yaitu:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\Delta x}{k_1} + \frac{\Delta x}{k_2} + \frac{\Delta x}{k_3} + \frac{\Delta x}{k_4} + \frac{\Delta x}{k_5}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{25\text{W/m}^{\circ}\text{C}} + \frac{0.0254\text{m}}{43\text{W/m}^{\circ}\text{C}} + \frac{0.0075\text{m}}{385\text{W/m}^{\circ}\text{C}} + \frac{0.004\text{m}}{2.94\text{W/m}^{\circ}\text{C}} + \frac{0.001\text{m}}{202\text{W/m}^{\circ}\text{C}}}$$

$$U = \frac{1}{0.04 + 0.0005 + 0.00001 + 0.0013 + 0.000004\text{W/m}^{\circ}\text{C}}$$

$$U = 23.915\text{W}/^{\circ}\text{C}$$



Lampiran 3 Menghitung Jumlah Tahanan Termal

Jumlah tahanan termal diperoleh dari setiap lapisan, dalam penelitian ini lapisan yang dimaksud berjumlah lima lapisan tahanan, dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan 2.6, 2.8, dan 2.11 sebagai berikut:

$$R_1 = \frac{1}{h A}$$

$$= \frac{1}{25 \times 0,08 \text{ m} \times 0,0254 \text{ m}}$$

$$= 20 \text{ }^\circ\text{C}/\text{w}$$

$$R_2 = \frac{\ln r_o/r_i}{2 \pi k l}$$

$$= \frac{\ln 0,0254/0,02 \text{ m}}{2 (3,14) 43 \frac{\text{W}}{\text{m}}^\circ\text{C} 0,08 \text{ m}}$$

$$= \frac{0,239}{21,603}$$

$$= 0,0011 \text{ }^\circ\text{C}/\text{w}$$

$$R_3 = \frac{\Delta x_3}{k A}$$

$$= \frac{0,0075 \text{ m}}{385 \frac{\text{W}}{\text{m}}^\circ\text{C} \times 0,08 \times 0,04 \text{ m}}$$

$$= 0,006 \text{ }^\circ\text{C}/\text{w}$$

$$R_4 = \frac{\Delta x_4}{k A}$$

$$= \frac{0.004 \text{ m}}{2.94 \frac{\text{W}}{\text{m}}^{\circ\text{C}} 0.08 \times 0.04 \text{ m}}$$

$$= 0,425 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{w}$$

$$R_5 = \frac{\Delta x}{k A}$$

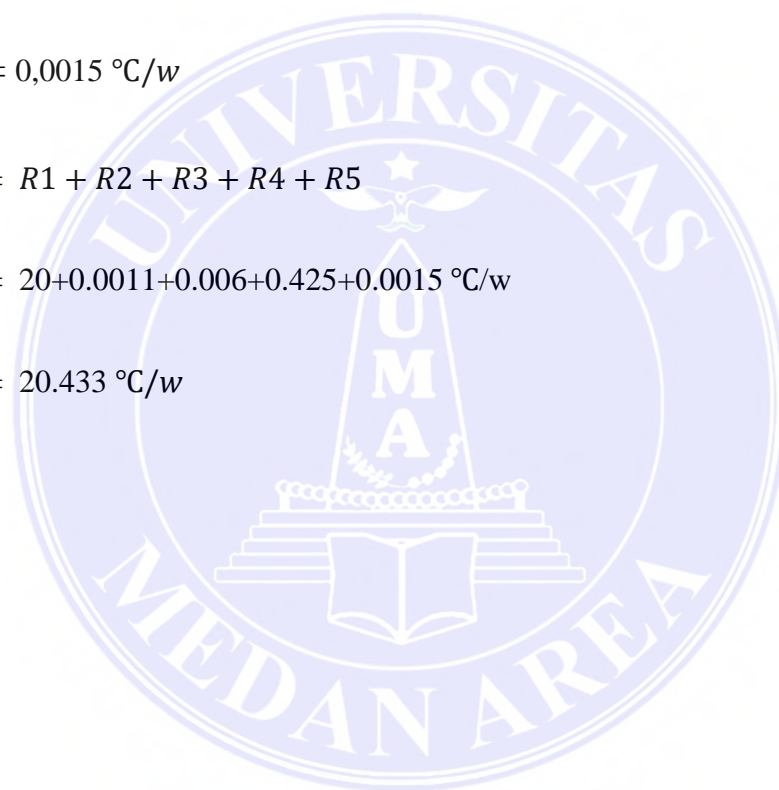
$$= \frac{0.001 \text{ m}}{202 \frac{\text{W}}{\text{m}}^{\circ\text{C}} 0.08 \times 0.04 \text{ m}}$$

$$= 0,0015 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{w}$$

$$\Sigma R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$\Sigma R = 20+0.0011+0.006+0.425+0.0015 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{w}$$

$$\Sigma R = 20.433 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{w}$$



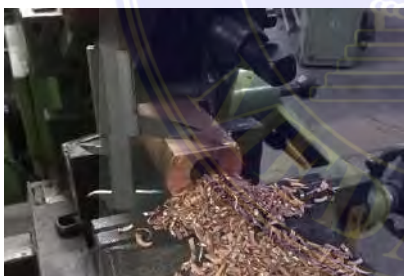
Lampiran 4 Foto Dokumentasi Pembuatan Dan Analisis Alat Pengisi Daya Menggunakan Termoelektrik Dengan Pemanfaatan Panas Knalpot Sepeda Motor



Tembaga batang sebelum di bubut



Proses membuat lubang tengah pada tembaga batang dengan mesin bubut



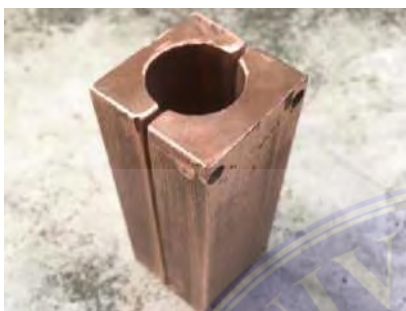
Proses merubah sisi tembaga yang semula bulat menjadi rata dengan mesin sekrap



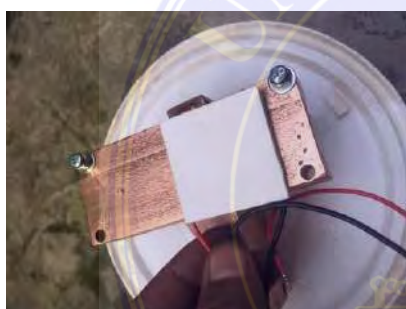
Proses membuat lubang di tiap sudut, yang nantinya sebagai tempat baut pengikat dengan mesin bor duduk



Proses membelah benda kerja menjadi dua bagian dengan gerinda tangan



Tampilan benda kerja setelah proses pemesian. Dan siap untuk di rakit peltier



Proses pemasangan peltier



Proses pemberian pasta heatsink pada peltier



Proses pemasangan heatsink pada peltier



Tampilan rpm saat idel



Tampilan putaran mesin 3000 rpm



Tampilan putaran mesin 4000 rpm



Tampilan putaran mesin 5000 rpm



Tampilan pengambilan data temperatur pada sisi kenalpot (sisi panas)



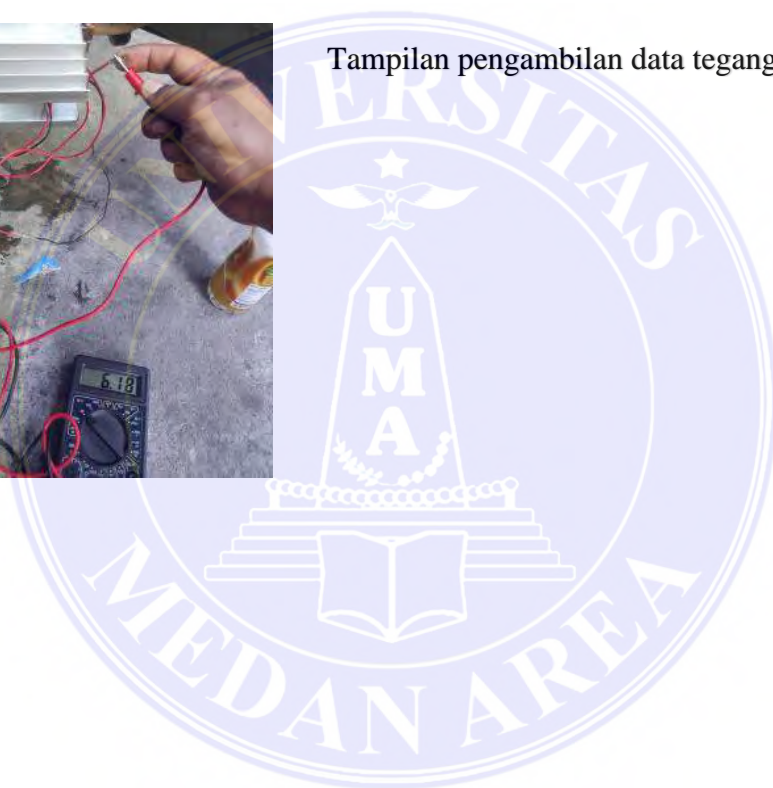
Tampilan pengambilan data temperatur pada sisi heatsink (sisi dingin)



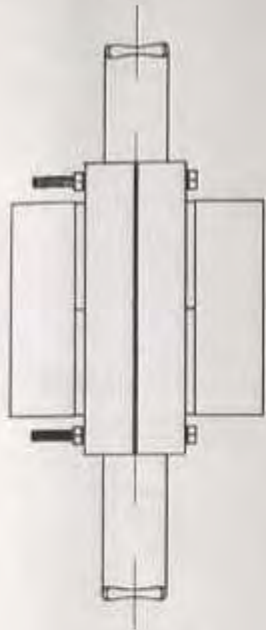
Tampilan pengambilan data arus



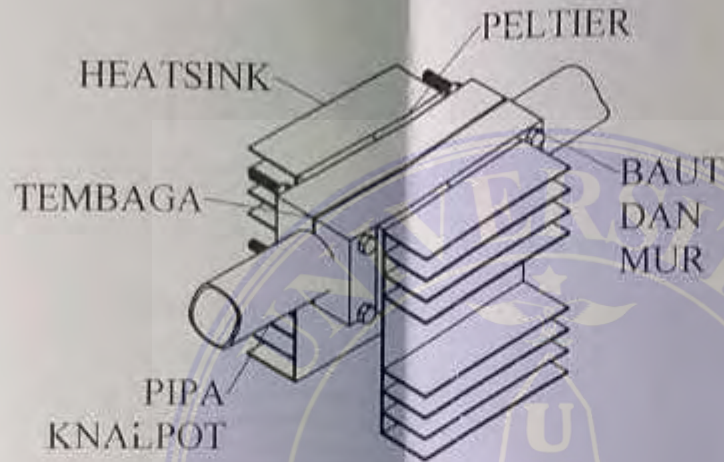
Tampilan pengambilan data tegangan



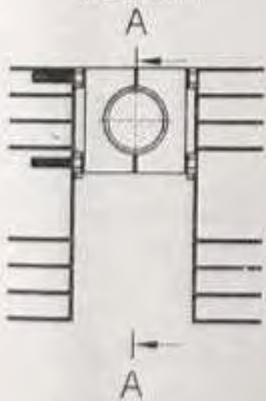
PANDANGAN ATAS



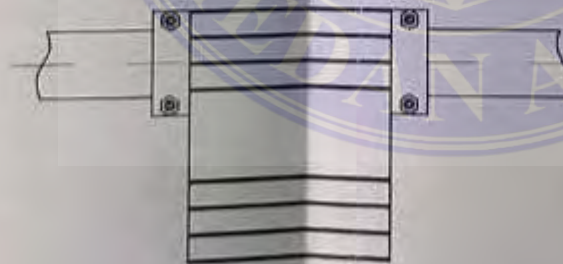
PANDANGAN 3D



PANDANGAN DEPAN



PANDANGAN SAMPING




POTONGAN A-A (1:2)



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

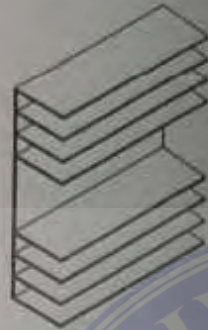
	SKALA	1:1	NAMA	RIZKI WIRANATA	PERINGATAN
	SATUAN	mm	NPM	1511007	
TANGGAL	20/03/2023	DIPERIKSA	ALAT PENGISI DAYA BERBASIS TERMOELEKTRIK DENGAN PENYALURAN PANAS KNALPOT SEBESAR 300MM		
UNIVERSITAS MEDAN AREA FAKULTAS TEKNIK TERBUKA MEDAN					

Document Accepted 8/6/23

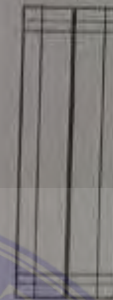
PANDANGAN ATAS HEATSINK



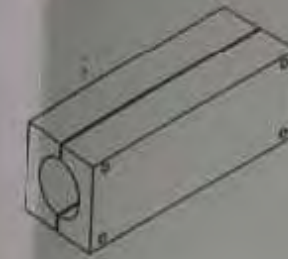
PANDANGAN 3D HEATSINK



PANDANGAN ATAS TEMBAGA



PANDANGAN 3D TEMBAGA



PANDANGAN DEPAN HEATSINK



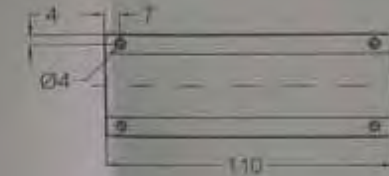
PANDANGAN SAMPING HEATSINK



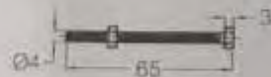
PANDANGAN DEPAN TEMBAGA



PANDANGAN SAMPING TEMBAGA



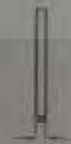
PANDANGAN DEPAN BOUT DAN MUR



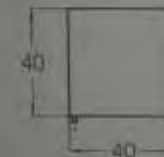
PANDANGAN SAMPING BOUT DAN MUR



PANDANGAN DEPAN PELTIER

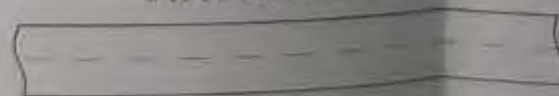


PANDANGAN SAMPING PELTIER



PANDANGAN DEPAN PIPA KNALPOT

PANDANGAN SAMPING PIPA KNALPOT



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

	SKALA	1/2	NAMA	RIZKI WIRANATA	PERINGATAN
	SATUAN	mm	NPM	1541301000000000	
	LANGGAL	100%	DIPERIKSA		
THE PAPER AND DRAWING ARE THE PROPERTY OF THE UNIVERSITY OF MEDAN AREA.			ALAT PENGISI DAYA MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK DENGAN BEBAN SAJAN UNAN		
			ENAGLOT N° 018/0010/01		NO : A3

Document Accepted 8/6/23