

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Panas pada Knalpot Motor

Hadied Hadiansyah*, Emilia Roza, Rosalina

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jakarta.
Jl. Tanah Merdeka No.6 Pasar Rebo Jakarta Timur
Telp : +62-21-8400341, Faks : +62-21-8411531

E-mail : hadied.jawa@gmail.com*; emilia_roza@uhamka.ac.id; rosalina.husnul@yahoo.com

Abstrak – Handphone sebagai penunjang bisnis ojek on line tidak bisa kehabisan daya, sehingga dibutuhkan suatu pembangkit listrik yang bisa mengisi baterai tanpa harus berhenti terlebih dahulu. Metode yang dilakukan adalah merancang prototype pembangkit listrik tenaga panas pada knalpot yang merubah energi panas pada knalpot sepeda motor menjadi energi listrik. Apakah tegangan keluaran dari peltier bisa mencapai 2-3 volt. Mana yang lebih stabil antara menggunakan 1 peltier atau 2 peltier. Metode yang dilakukan adalah mengukur tegangan output pada 1 peltier dan tegangan keluaran 2 peltier yang dirangkai seri. Pengujian dilakukan pada perancangan pembangkit listrik tenaga panas saat knalpot motor yang dinyalakan selama 60 menit dengan mengukur tegangan output peltier dan modul charger. Tegangan yang dihasilkan pada peltier saat menggunakan 1 peltier dan pada saat tegangan keluaran 2 peltier dirangkai seri > 2 volt yaitu 2.05 Volt dan 2.46 Volt. Tegangan keluaran pada 2 peltier yang dirangkai seri > 1 peltier tetapi pada modul charger tegangan yang dihasilkan lebih stabil pada saat menggunakan 1 peltier dari pada 2 peltier.

Kata kunci: pembangkit listrik, peltier, tegangan output

1 Pendahuluan

Handphone yang awalnya hanya berfungsi sebagai alat komunikasi, berkembang menjadi alat penunjang bisnis on line. Salah satu bisnis yang memerlukan handphone dalam bertransaksi adalah ojek on line. Fungsi ini menuntut pengendara motor harus selalu stand by berada dekat dengan handphonenya. Penggunaan handphone yang maksimal membutuhkan daya baterai yang tidak pernah habis.

Salah satu masalah utama yang sering ditemui para pengendara sepeda motor adalah kehabisan daya baterai handphone, pada saat menjemput pelanggan dengan lokasi yang belum diketahui. Hal ini bisa diatasi dengan membuat pembangkit listrik dengan merubah energi panas pada knalpot sepeda motor menjadi energi listrik. Energi alternatif ini diharapkan dapat membantu para pengendara sepeda motor tetap bisa mengisi baterai handphone tanpa harus berhenti dalam waktu yang lama.

Pada penelitian “Pemanfaatan panas pada kompor gas LPG untuk pembangkit listrik menggunakan Thermoelektrik Generator” panas dikonversi menjadi energi listrik menggunakan efek Seebeck yang terdapat pada termoelektrik dapat menghasilkan tegangan sebesar

4.17 Volt [1]. Penelitian tersebut menjadi dasar dalam merancang pembangkit listrik energi panas knalpot sepeda motor menggunakan termoelektrik generator atau peltier. Tegangan output dari menggunakan 1 peltier dan 2 peltier yang tegangan keluarannya dirangkai seri diharapkan adalah antara 2–3 Volt yang akan diperkuat dengan modul step-up untuk menghasilkan tegangan stabil ± 5 Volt. Dari kedua kondisi tersebut mana yang tegangan pada modul charger tegangan yang lebih stabil.

2 Dasar Teori

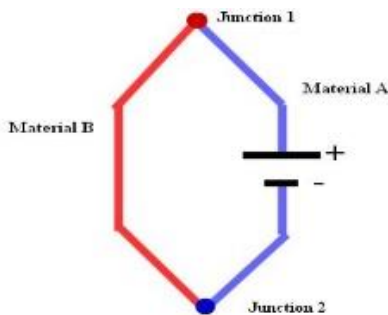
2.1.1 Efek Termoelektrik

Efek termoelektrik adalah proses perubahan energi panas (perubahan temperatur) menjadi energi listrik atau sebaliknya. Ada tiga efek utama dalam efek termoelektrik yaitu Seebeck, Peltier dan Thomson. Efek Seebeck mengubah perbedaan temperatur menjadi tegangan atau kekuatan listrik. Perubahan kekuatan listrik akibat perubahan temperatur disebut dengan koefisien Seebeck. Efek Peltier merupakan kebalikan dari efek Seebeck yaitu perbedaan temperatur yang menghasilkan kekuatan listrik. Sedangkan efek Thomson berkaitan dengan perbedaan suhu dan EMF dalam suatu pengantar homogen.

2.1.2 Efek Seebeck

Seebeck generator adalah perangkat generator listrik yang langsung mengkonversikan panas yang timbul akibat perbedaan suhu dari dua buah logam (besi dan tembaga) menjadi energi listrik. Penyebab efek Seebeck adalah karena elektron dari energi bebas meningkat dengan meningkatnya suhu dalam bahan termoelektrik [2]

Jika di antara besi dan tembaga yang dipanaskan tersebut diletakkan jarum kompas maka jarum kompas akan bergerak. Hal ini terjadi karena, aliran listrik yang dihasilkan pada logam akan menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek Seebeck.



Gambar. 1. Diagram efek seebeck

Bila suatu rangkaian yang terdiri dari dua buah logam tidak sejenis dan temperatur pada sambungan-sambungan dari kedua kawat tersebut berbeda maka akan ada arus listrik [3]. Tegangan ΔV yang dihasilkan berasal dari persamaan 1.

$$\Delta V = \int SAB.dT \quad (1)$$

Dimana :

ΔV = Tegangan yang dihasilkan (volt)

SAB= Koefisien Seebeck (volt/K)

T1 & T2 = Temperatur dari dua persambungan (K)

Koefisien Seebeck merupakan besaran nonlinier sebagai fungsi dari temperatur dan bergantung pada bahan dan stuktur molekul material. Tanda positif dan negatif dari koefisien Seebeck dipengaruhi oleh muatan pembawanya. Jika koefisien Seebeck secara efektif konstan untuk jangkauan temperatur yang diukur, maka koefisien Seebeck dituliskan dengan persamaan (2).

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (2)$$

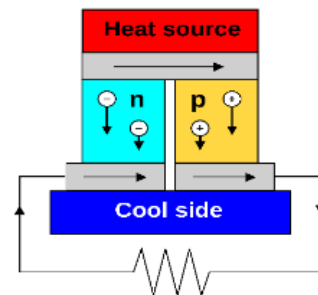
Dimana :

ΔV = Tegangan yang dihasilkan (volt)

ΔT = Perbedaan temperature (K)

S = Koefisien Seebeck (volt/K)

Tegangan yang dihasilkan ini sebanding dengan perbedaan temperatur diantara dua *junction*. Semakin besar perbedaan temperatur, semakin besar tegangan diantara *junction*. Perbedaan kerapatan pembawa muatan akan menimbulkan difusi elektron dari daerah rapatan muatan yang tinggi ke daerah rapatan muatan yang rendah dan temperatur tinggi ke temperatur rendah. Hal ini disebabkan karena kepadatan elektron dari material logam yang berbeda. Inilah yang menyebabkan arus mengalir berlawanan dan menimbulkan tegangan (EMF) yang disebut dengan fenomena *thermoelectric*. Tetapi jika *junction* pada material ini dialiri dengan temperatur yang sama, maka difusi elektron pada *junction* juga sama. Karena arus berlawanan dan bernilai sama maka jumlah arusnya adalah nol (Gambar 2).

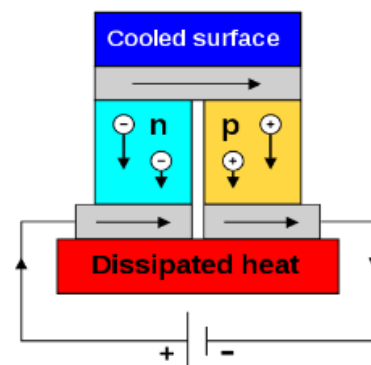


Gambar. 2. Skema efek seebeck

Prinsipnya efek Seebeck yang menggunakan perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin generator thermoelectric [4] akan digunakan untuk mengubah panas buangan dari kendaraan motor listrik menjadi energi listrik oleh generator thermoelectric (TEG). Selanjutnya, energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mengisi baterai handphone.

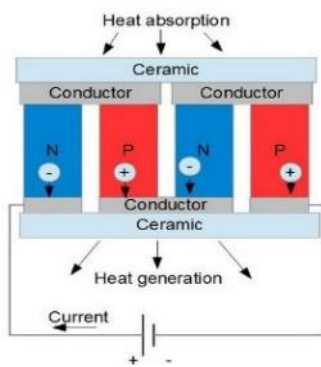
2.1.2 Efek Peltier

Efek peltier mengkonversikan energi listrik menjadi perubahan suhu. Prinsip kerja Efek peltier merupakan kebalikan dari efek seebeck, dimana energi panas diserap pada satu sambungan konduktor dan dilepaskan pada sambungan konduktor lainnya ketika arus listrik dialirkan pada suatu rangkaian tertutup [5]. Terlihat pada (Gambar 3).



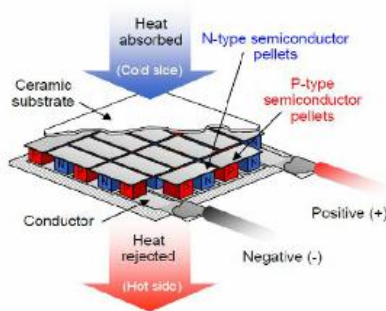
Gambar. 3. Skema efek peltier

Struktur elemen peltier terdiri dari semikonduktor tipe p dan tipe n dipertemukan melalui logam-logam yang bersifat menghantarkan listrik (konduktor) yang disusun secara berdampingan. Pada masing-masing sisi diberikan penyekat (biasanya terbuat dari bahan keramik substrat) sebelum ditempelkan ke lempeng tipis sebagai thermal konduktor. Struktur elemen peltier kemudian dihubungkan dengan sumber tegangan, perbedaan energi antara kedua semikonduktor tersebut menyebabkan electron dari semikonduktor tipe n ke tipe p melewati pembatas. Elektron yang sampai pada tipe p akan berkombinasi dengan hole dengan melepaskan energi dalam bentuk panas. Sebaliknya, pada bagian n, electron akan melepaskan diri dari ikatan valensinya dengan menyerap energi. (Gambar 4).



Gambar. 4. Struktur Elemen Peltier

Arus yang melewati pembatas, baik arah maju ataupun mundur, akan menghasilkan perbedaan suhu. Perbedaan suhu tersebut akan menghasilkan tegangan listrik atau efek Seebeck (Gambar 5).



Gambar. 5. Aliran Arus Pada Elemen Peltier

Interkoneksi antara semikonduktor pada elemen peltier terbuat dari konduktor menyebabkan arus dapat mengalir dalam kedua arah, berbeda dengan dioda yang interkoneksinya (*depletion layer*) hanya membuat arus mengalir dalam satu arah saja.

2.1.3 Jenis Peltier

1. *Thermoelectric Cooler (TEC)* *Thermoelectric cooler* adalah komponen elektronika yang menggunakan efek Peltier untuk membuat aliran panas (heat flux) pada sambungan (junction) antara dua jenis material yang berbeda. Thermoelektrik cooler ini banyak

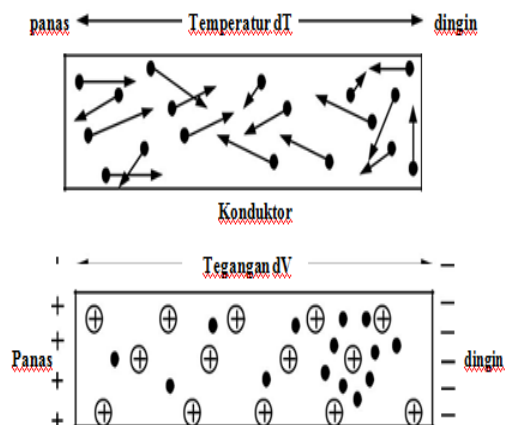
dimanfaatkan sebagai pendingin CPU computer, kulkas mini, cool Box serta banyak lagi peralatan yang memanfaatkan sisi dingin yang dihasilkan pada peltier. Komponen ini bekerja sebagai pompa panas aktif dalam bentuk padat yang memindahkan panas dari satu sisi ke sisi permukaan lainnya yang berseberangan, dengan konsumsi energi listrik tergantung pada arah aliran arus listrik. Komponen ini dikenal dengan nama Peltier device, Peltier heat pump, solid state refrigerator, atau thermoelectric cooler (TEC).

2. *Thermoelectric Generator (TEG)* *Thermoelectric Generator* adalah perangkat solid state yang mampu mengubah fluks panas (perbedaan suhu) langsung menjadi energi listrik melalui fenomena yang disebut efek Seebeck (suatu bentuk efek thermoelectric).

2.2 Elemen Termoelektrik

Pada prinsip efek termoelektrik apabila batang material logam dipanaskan dan didinginkan pada 2 kutub batang logam, elektron pada sisi panas akan bergerak aktif dan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan dengan sisi dingin logam. Dengan kecepatan yang lebih tinggi tersebut, maka elektron dari sisi panas akan mengalami difusi ke sisi dingin yang menyebabkan timbulnya medan listrik pada logam tersebut [1].

Elemen termoelektrik terdiri dari semikonduktor tipe-p (material yang kekurangan elektron) dan tipe n (material yang kelebihan elektron) dihubungkan dalam suatu rangkaian listrik tertutup yang diberi beban. Pergerakan Ion pada logam yang diakibatkan dari perbedaan temperatur akan menimbulkan tegangan. Perbedaan temperatur antar *junction* dari material semikonduktor itu menyebabkan perpindahan elektron atau terjadi difusi dari sisi panas menuju sisi dingin. *Heat flow* yang terjadi pada sisi panas terdiri dari tiga komponen. *Heat flow* yang melalui material termoelektrik karena sifat konduktivitas dari material logam. Panas yang terserap pada sisi panas dari termoelektrik karena efek peltier dan panas yang disebabkan oleh daya yang dihasilkan dari termoelektrik. Ditunjukkan pada (Gambar 6).



Gambar. 6. Pergerakan logam semikonduktor

2.3 Energi Panas

Energi panas merupakan energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Satuan untuk panas adalah joule. Panas bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah. Setiap benda memiliki energi yang berhubungan dengan gerak acak dari atom atau molekul penyusunnya. Konduksi terjadi akibat adanya perpindahan energi dari partikel yang memiliki energi lebih tinggi ke partikel yang energinya lebih rendah. Perpindahan kalor secara konduksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q = kA \frac{(T_1 - T_2)}{l} \quad (3)$$

Keterangan:

q = laju perpindahan kalor (watt)

$(T_1 - T_2)/l$ = gradian perpindahan kalor (k/m)

k = konduksi termal (W/m.K)

A = luas permukaan benda (m^2)

Perpindahan kalor secara konduksi dapat dianalogikan bahwa laju kalor mengalir dari suhu tinggi (T_1) ke suhu yang lebih rendah (T_2) yang menembus luas bidang (A) dengan ketebalan (l) yang memiliki nilai konduktifitas termal bahan (K).

2.4 Hubungan Joule dengan kWh

Peninjauan hubungan joule dengan kWh dapat kita peroleh dengan cara sebagai berikut :

$$P = \frac{W}{T} \quad (4)$$

Keterangan :

P = daya listrik (W)

W = energi listrik (kWh)

T = waktu (jam)

Satuan kWh sering dipakai pada perhitungan energi yang digunakan dirumah – rumah atau pabrik.

2.5 Temperatur

Temperatur adalah suatu penunjukan nilai panas atau dingin yang dapat diperoleh atau diketahui dengan menggunakan suatu alat yang dinamakan termometer. Termometer adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur dan menunjukkan temperatur. Tujuan pengukuran temperatur adalah untuk :

1. Mencegah kerusakan pada alat – alat tersebut.
2. Mendapatkan mutu produksi atau kondisi operasi yang diinginkan.
3. Pengontrolan jalannya proses.

2.6 Baterai

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan yang dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik dimana didalamnya berlangsung elektro kimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud reaksi kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan proses regenerasi

elektroda – elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel.

1. Li – Ion (Lithium Ion) Baterai jenis ini yang paling banyak digunakan pada laptop, tablet, dan smartphone karena ringan. Harganya ekonomis mampu menyimpan energi listrik yang lumayan besar, zat berbahaya pada baterai jenis ini hampir tidak ada, namun baterai ini mudah meledak terutama jika diberi api. Oleh karena itu jika baterai Li – Ion sudah rusak jangan dibuang ditempat sampah dan jangan dibakar.
2. Baterai Li – Po (Lithium – Ion Polymer) Baterai Li – Po adalah singkatan dari Lithium Polymer, baterai ini bersifat cair (liquid), menggunakan elektrolit polimer yang padat, dan mampu menghantarkan daya lebih cepat, dari jenis baterai ini adalah hasil pengembangan dari lithium ion . baterai Li – Po ini disebut sebagai baterai ramah lingkungan.

2.7 Heatsink (Logam Pendingin)

Heatsink (Logam Pendingin) adalah logam yang terbuat dari aluminium atau tembaga, yang biasa ditemukan diatas processor yang menancap di Motherboard. Selain digunakan untuk mendinginkan prosesor, heatsink juga digunakan untuk mendinginkan Chipset, RAM, VGA Card HDD dan sebagainya.



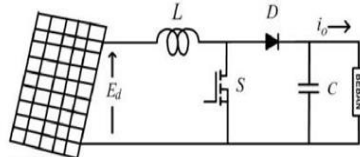
Gambar. 7. Heatsink (Logam Pendingin)

Heatsink digunakan untuk membantu meningkatkan pelepasan kalor pada sisi dingin sehingga meningkatkan efisiensi dari modul tersebut. Potensi pembangkitan daya dari modul termoelektrik tunggal akan berbeda-beda bergantung pada ukuran, konstruksi dan perbedaan temperaturnya. Perbedaan temperatur yang makin besar antara sisi panas dan sisi dingin modul akan menghasilkan tegangan dan arus yang lebih maksimal. Tiap modul mampu menghasilkan tegangan rata-rata 1-2V DC dan bahkan sampai 5V DC bergantung pada variasi delta temperaturnya, tetapi umumnya satu modul termoelektrik menghasilkan 1.5-2V DC

2.8 Step-Up (Konverter DC Penaik Tegangan)

Konverter DC tipe penaik tegangan merupakan sebuah topologi yang mempunyai fungsi sebagai penaik tegangan keluaran. Jadi konverter DC tipe penaik tegangan berfungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dibanding tegangan masukannya. Konverter ini banyak diaplikasikan untuk pembangkit listrik tenaga

surya maupun turbin angin. Contoh dari konverter DC DC penaik tegangan yaitu DC DC dengan IC XL6009 dan IC LM2621. Berikut merupakan gambar rangkaian dari konverter DC-DC penaik tegangan.



Gambar 8 Rangkaian penaik tegangan

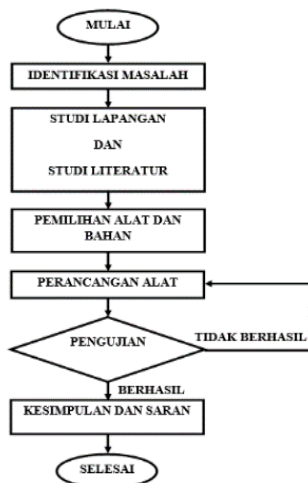
Konverter DC tipe penaik tegangan dengan IC XL6009 ini mempunyai tegangan masukan antara 3,2 V hingga 32 V DC yang nantinya dapat mengubah menjadi tegangan keluaran yang lebih tinggi yaitu antara 4 V hingga 38 V DC. Besarnya arus berkelanjutan pada modul ini adalah sebesar 1,5 A dengan arus puncak sebesar 4A. Modul konverter DC tipe penaik tegangan IC XL6009 ini dapat mengatur tegangan keluaran yang diinginkan dengan cara memutar sekrup potensiometer dengan catatan bahwa perbedaan tegangan masukan dan keluaran yaitu sebesar 1.5 V.

2.9 IC (Integrated Circuit)

IC (*Integrated Circuit*) adalah suatu komponen elektronik yang dibuat dari bahan semi konduktor, dimana IC merupakan gabungan dari beberapa komponen seperti resistor, kapasitor, dioda dan transistor yang telah terintegrasi menjadi sebuah rangkain berbentuk chip kecil.

3 Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam perancangan seperti terlihat pada gambar 9.



Gambar. 9. Kerangka Penelitian

3.1 Pemilihan Alat dan Bahan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam perancangan sebagai berikut :

- a. Thermometer digital
- b. Multimeter digital
- c. Gerinda tangan

- d. Bor tangan
- e. Tang potong
- f. Obeng plus
- g. Obeng min
- h. Solder listrik

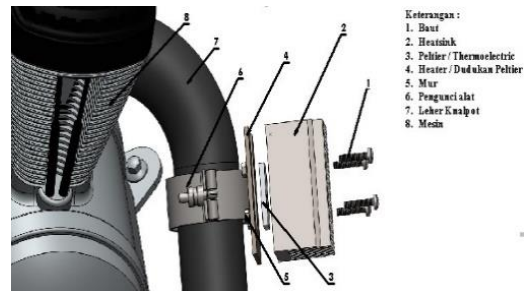
Bahan perancangan yang digunakan sebagai berikut :

- a. Peliter TEG SP 1848 27145 SA
- b. Modul step-up
- c. Modul proteksi charger
- d. Alumunium
- e. Heatsink
- f. Timah
- g. Solasi
- h. Pasta thermal
- i. Baut dan mur
- j. Kabel
- k. Dual Meter
- l. Thermocouple

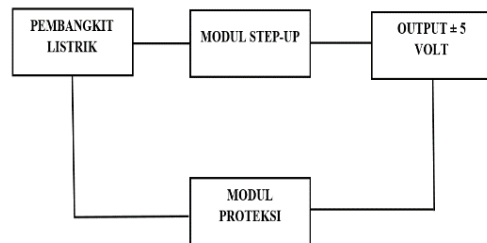
3.2 Perancangan Alat

3.3.1 Desain dan Blok Perancangan

Langkah awal dari perancangan alat adalah membuat desain dari gambar keseluruhan bentuk alat, dengan tujuan untuk mengetahui tata letak dari bagian-bagian alat yang dibuat (gambar 10) serta memudahkan dalam membuat diagram blok perancangan (gambar 11)



Gambar. 10 . Desain Perancangan



Gambar. 11. Diagram blok perancangan

Blok diagram perancangan menjelaskan alur kerja dari alat, dijelaskan sebagai berikut: Pembangkit listrik yang merupakan inputan awal dari tenaga panas pada knalpot, dirancang agar pada saat pemasangan pada leher knalpot dapat menghasilkan konstruksi yang presisi sehingga dapat memaksimalkan proses perpindahan panas dari leher knalpot menuju elemen peltier. Tegangan

keluaran pada peltier akan dinaikan dan distabilkan oleh modul step-up sehingga menghasilkan tegangan sebesar ± 5 volt. Tegangan akan di kontrol oleh modul proteksi yang berfungsi memproteksi charger apabila tegangan lebih dari 5 volt dan mendischarge atau memutuskan pada saat baterai hanphone telah terisi penuh.

4 Temuan dan Pembahasan

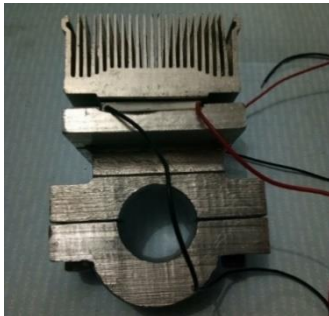
Perancangan dari keseluruhan alat terlihat pada gambar 12 yaitu dibagian stang sepeda motor terdapat box modul dan thermocoupe digital untuk memudahkan pada saat pengujian, dibagian leher knalpot, terdapat pembangkit listrik dan thermometer digital.



Gambar. 12. Hasil dari keseluruhan perancangan

4.1 Pembangkit Listrik

Bahan untuk kontruksi pembangkit listrik ini adalah alumunium, dengan tujuan agar lebih cepat menghantarkan panas dan melepaskan panas sehingga elemen peltier dapat bekerja dengan baik. Diameter pembangkit listrik (gambar 13) menyesuaikan diameter leher knalpot motor agar tidak mengganggu kinerja sepeda motor, memudahkan pada saat pemasangan dan pelepasan pembangkit listrik pada leher knalpot sepeda motor tersebut.



Gambar. 13. Pembangkit Listrik

Spesifikasi dari kontruksi pembangkit listrik yaitu 83x71x117 mm, diameter lubang leher knalpot 36 mm dan berat kontruksi 795 gram. Pembangkit listrik terdiri dari beberapa komponen, yaitu :

- a. Breket pengunci
- b. Dudukan Peltier

- c. Peltier
- d. Heatsink

4.1.2 Modul Charger



Gambar. 14. Modul Changer

Modul charger merupakan bagian elektrikal dari perancangan, dimana modul ini dapat menampilkan tegangan charger handphone sebesar 5 volt ketika menerima tegangan dari pembangkit listrik (elemen peltier), juga dapat menampilkan tegangan dan arus ketika keseluruhan alat perancangan masuk dalam proses pengujian. Modul charger terdiri dari beberapa komponen, yaitu:

- a. Box modul
- b. Dual meter
- c. Modul step-up

4.2 Pengujian

4.2.1 Pengujian Output Peltier

Pengujian peltier bertujuan mengetahui tegangan output yang di hasilkan peltier dari perbedaan temperatur, antara suhu pada penghantar dengan suhu heatsink (gambar 14).



Gambar 14 Pengujian peltier

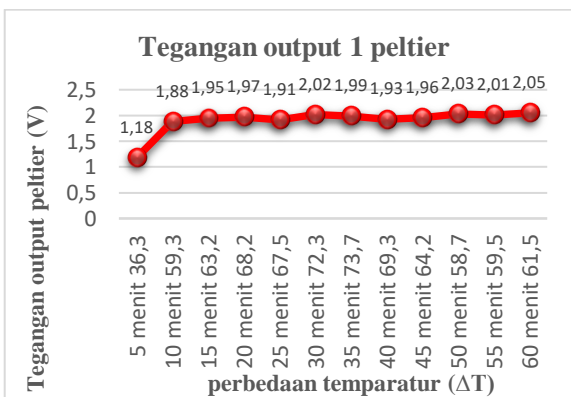
Pengujian peltier dilakukan pada saat menggunakan 1 peltier dengan tegangan output 2 peltier yang dirangkai seri.

1. Pengujian 1 peltier

Tabel 1. Pengujian tegangan output 1 peltier

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)			Tegangan Output peltier (V)
		T1	T2	ΔT	
1	5	76,3	40,0	36,3	1,18
2	10	109,3	50,0	59,3	1,88
3	15	127,9	64,7	63,2	1,95
4	20	141,4	73,2	68,2	1,97
5	25	146,0	76,5	69,5	1,91
6	30	157,0	84,7	72,3	2,02
7	35	161,7	88,0	73,7	1,99
8	40	163,4	94,1	69,3	1,93
9	45	167,0	102,8	64,2	1,96
10	50	169,0	110,3	58,7	2,03
11	55	170,0	110,5	59,5	2,01
12	60	172,5	111,0	61,5	2,05

Pada pengujian menggunakan 1 peltier dilakukan selama 60 menit dengan rentan waktu 5 menit, perbedaan temperatur (ΔT) di dapat dari selisih suhu panas pada panas penghantar (T1) dan suhu pada heatsink (T2) yang akan menghasilkan tegangan *output* pada peltier. Pada pengukuran 5 menit pertama diperoleh T1 76.3°C, T2 40.0°C sehingga ΔT 36.3°C. Tegangan yang dihasilkan pada *output* peltier sebesar 1.18 Volt. Pada menit ke 10, suhu naik menjadi 109.3°C pada penghantar dan 50.0 °C pada heatsink sehingga ΔT 59.3°C. Tegangan yang dihasilkan pada *output* peltier tidak mengalami perubahan (table 1). Sedangkan pada menit ke 60 temperatur panas penghantar dan suhu pada heatsink mengalami kenaikan cukup besar yaitu T1 172.3°C, T2 111.0 °C dan ΔT 61.5°C. Sedangkan tegangan yang dihasilkan pada *output* peltier sebesar 2.05 Volt. (sesuai target)



Gambar 15 Grafik Pengujian peltier (tegangan output 1 peltier)

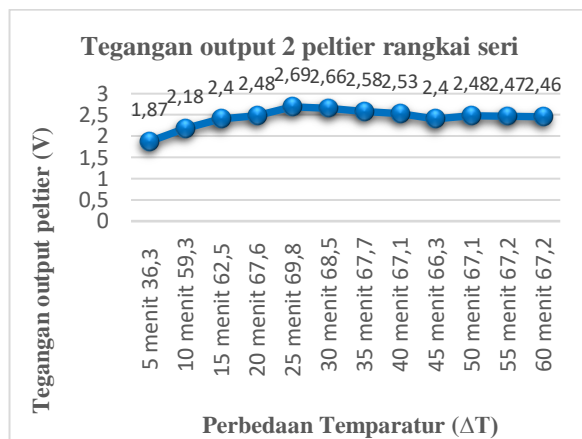
Pada pengujian 1 peltier pada pengukuran 5 menit pertama dicatat dalam suhu pada (ΔT) 36.3°C terlihat pada tegangan *output* peltier sebesar 1.18 Volt. Pada menit ke 10 sampai 60 dengan rata-rata perbedaan suhu 59.3°C, sedangkan rata-rata tegangan *output* peltier yang dihasilkan 1.97 Volt.

2. Pengujian tegangan output 2 peltier yang dirangkai seri

Tabel 2. Pengujian tegangan output 2 peltier dirangkai seri

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)			Tegangan Output peltier (V)
		T1	T2	ΔT	
1	5	76,3	40,0	36,3	1,87
2	10	109,3	50,0	59,3	2,18
3	15	127,0	64,5	62,5	2,40
4	20	141,4	73,8	67,6	2,48
5	25	146,5	76,7	69,8	2,69
6	30	157,0	84,5	72,3	2,66
7	35	161,5	88,0	73,0	2,58
8	40	163,0	94,0	69,0	2,53
9	45	169,0	102,7	66,3	2,40
10	50	170,5	110,9	59,6	2,48
11	55	171,8	111,0	60,8	2,47
12	60	172,5	112,2	60,3	2,46

Pengujian tegangan *output* menggunakan 2 peltier yang dirangkai seri dilakukan selama 60 menit dengan rentan waktu 5 menit, perbedaan temperatur (ΔT) didapat dari selisih suhu panas penghantar (T1) dan suhu pada heatsink (T2) yang menghasilkan tegangan *output* pada peltier. Pada 5 menit pertama terukur suhu pada T1 76.3°C dan T2 40.0°C sehingga didapatkan ΔT 36.3°C. Tegangan *output* peltier sebesar 1.87 Volt. Pada waktu 10 menit temperatur suhu penghantar dan suhu pada heatsink mengalami kenaikan dimana T1 109.3°C, T2 50,0 °C sehingga ΔT 50,0°C. Tegangan *output* peltier naik menjadi 2.18 volt (tabel 2). Sedangkan pada pengukuran selama 60 menit temperatur panas penghantar dan suhu pada heatsink mengalami kenaikan temperatur yang cukup besar yaitu T1 172.5°C, T2 112.2°C dan ΔT 60.3°C. Sedangkan tegangan pada *output* peltier sebesar 2.46 Volt.



Gambar 16 Grafik peltier (tegangan output 2 peltier dirangkai seri)

Pada pengujian tegangan *output* 2 peltier yang dirangkai seri pada pengukuran 5 menit pertama dicatat suhu pada ΔT 36.3°C terlihat pada tegangan *output* peltier sebesar 1.87 volt, pada menit ke 10 suhu pada ΔT 59.3°C tegangan yang dihasilkan > dari menit ke 5 yaitu 2.18 volt. Pada menit ke 15 sampai menit ke 60, perbedaan temperatur dan tegangan pada *output* peltier mulai stabil,

rata-rata peltier suhu 67,1 °C dan rata-rata tegangan yang dihasilkan *output* peltier 3,02 Volt.

4.2.2 Pengujian Output Modul

Pengujian modul bertujuan mengetahui nilai tegangan *output* pada peltier dan modul pada saat *output* modul *charger* disalurkan ke baterai (gambar 17).



Gambar 17 Pengujian modul charger

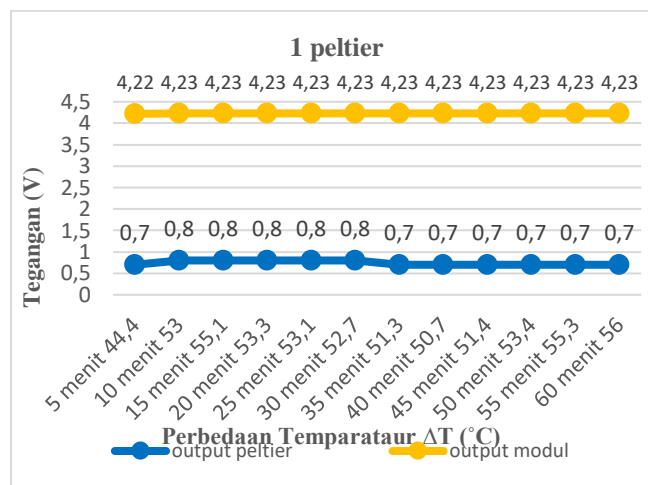
1. Pengujian pada 1 Peltier

Tabel. 3. Pengujian modul charger pada penggunaan 1 peltier

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)			Tegangan (V)		Arus (A)	
		Pada saat pengisian			Pada saat pengisian		Pada saat pengisian	
		T1	T2	ΔT	Output Peltier	Output Modul	Output Peltier	Output Modul
1	5	89,9	45,4	44,4	0,7	4,22	0,08	0,04
2	10	115,5	62,5	53,0	0,8	4,23	0,10	0,06
3	15	132,0	76,9	55,1	0,8	4,23	0,10	0,06
4	20	140,8	87,5	53,3	0,8	4,23	0,09	0,05
5	25	148,6	95,5	53,1	0,8	4,23	0,09	0,05
6	30	152,7	100,0	52,7	0,8	4,23	0,08	0,05
7	35	156,3	105,0	51,3	0,7	4,23	0,08	0,04
8	40	158,7	106,0	50,7	0,7	4,23	0,08	0,04
9	45	158,8	107,4	51,4	0,7	4,23	0,08	0,04
10	50	161,4	108,0	53,4	0,7	4,23	0,08	0,04
11	55	164,6	109,3	55,3	0,7	4,23	0,08	0,04
12	60	164,0	111,8	56,0	0,7	4,23	0,08	0,04

Pengujian menggunakan 1 peltier dilakukan pengukuran selama 60 menit dengan rentan waktu 5 menit, perbedaan temperatur (ΔT) di dapat dari selisih suhu panas pada penghantar (T1) dan suhu pada heatsink (T2) yang dapat menghasilkan perbedaan tegangan output pada peltier. Pada 5 menit pertama terukur T1 89,9°C dan T2 45,4°C sehingga ΔT 44,4°C. Tegangan dan arus yang dihasilkan pada *output* peltier adalah 0.7 Volt dan 0.08 Ampere, sedangkan tegangan dan arus *output* pada modul 4.22 volt, 0.04 ampere. Pada menit ke 10, suhu pada penghantar dan heatsink mengalami kenaikan yaitu T1 115,5°C, T2 62,5°C sehingga didapatkan ΔT 53,0°C. Tegangan dan arus pada *output* peltier yaitu 0.8 volt, 0.08 ampere. Sedangkan tegangan dan arus pada *output* modul adalah 4.23 Volt dan 0.06 ampere. Pada pengukuran menit ke 60, suhu pada panas penghantar dan heatsink mengalami kenaikan yang cukup besar yaitu T1 164,0°C,

T2 111,8°C sehingga ΔT 56,0°C. Tegangan dan arus pada *output* peltier 0.7 Volt dan 0.08 ampere. Sedangkan tegangan dan arus pada *output* modul terukur 4.23 Volt dan 0.04 Ampere.



Gambar. 18. Grafik pengujian modul 1 peltier

Pada pengujian modul *charger* menggunakan 1 peltier terlihat bahwa pada 5 menit pertama ΔT 44,4°C, tegangan dan arus pada *output* peltier 0.7 volt dan 4.22 Volt. Suhu mulai stabil pada menit ke 10 sampai 60 dengan rata-rata ΔT 44,4°C, tegangan pada *output* peltier 0.7 Volt, dan tegangan pada *output* modul 4.23 Volt.

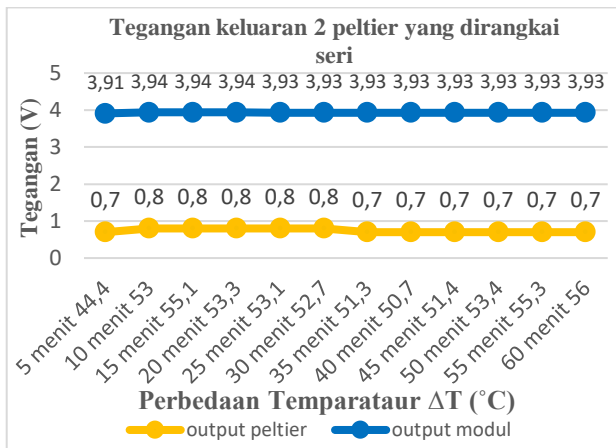
2. Pengujian pada 2 Peltier Dirangkai Seri

Tabel. 4. Pengujian modul charger 2 peltier dirangkai seri

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)			Tegangan (V)		Arus (A)	
		Pada saat pengisian			Pada saat pengisian		Pada saat pengisian	
		T1	T2	ΔT	Output Peltier	Output Modul	Output Peltier	Output Modul
1	5	89,9	40,0	43,2	0,9	3,91	0,06	0,03
2	10	117,2	50,2	67,0	0,9	3,94	0,07	0,04
3	15	143,3	65,4	77,9	0,9	3,94	0,07	0,04
4	20	158,4	70,1	88,3	0,9	3,94	0,06	0,03
5	25	169,6	75,0	94,4	0,7	3,93	0,05	0,03
6	30	172,2	80,2	92,0	0,7	3,93	0,05	0,03
7	35	174,5	82,4	92,1	0,7	3,93	0,05	0,03
8	40	176,2	85,7	90,5	0,7	3,93	0,05	0,03
9	45	178,4	90,6	87,8	0,7	3,93	0,05	0,03
10	50	180,1	95,2	84,9	0,7	3,93	0,05	0,03
11	55	182,2	98,1	84,1	0,7	3,93	0,05	0,03
12	60	184,5	100,1	84,4	0,7	3,93	0,05	0,03

Pengujian menggunakan 2 peltier yang dirangkai seri dilakukan pengukuran selama 60 menit dengan rentan waktu 5 menit, perbedaan temperatur (ΔT) di dapat dari selisih suhu pada panas penghantar (T1) dengan suhu panas pada heatsink (T2) yang akan menghasilkan perbedaan tegangan *output* pada peltier. Pada 5 menit pertama terukur suhu T1 89,9°C, T2 40,0°C sehingga didapatkan perbedaan suhu 43,2°C. Tegangan dan arus

yang dihasilkan pada *output* peltier sebesar 0.9 volt dan 0.06 ampere. Tegangan dan arus *output* modul 3.91 volt dan 0.03 ampere. Pada menit ke 10 suhu pada penghantar dan heatsink mengalami kenaikan yaitu T1 117.2°C, T2 50.2°C sehingga didapatkan ΔT 67.0°C. Tegangan dan arus pada *output* peltier 0.9 volt dan 0.07 ampere. Sedangkan tegangan dan arus pada *output* modul adalah 3.94 volt dan 0.04 Ampere. Pada pengukuran menit ke 60, suhu pada panas penghantar dan heatsink mengalami kenaikan temperatur yang cukup besar yaitu T1 184.5°C, T2 100.1°C sehingga didapatkan ΔT 84.4°C. Tegangan dan arus pada output peltier 0.7 volt dan 0.05 ampere. Sedangkan tegangan dan arus pada *output* modul terukur 4.93 volt dan 0.03 ampere.



Gambar. 19. Grafik pengujian modul 2 peltier dirangkai seri

Pada pengujian modul menggunakan 2 peltier tegangan *output* yang dirangkai seri terlihat bahwa pada menit ke 5 sampai 20 rata-rata perbedaan suhu adalah 51.4°C dan pada tegangan *output* peltier 0.8 volt terlihat bahwa rata-rata tegangan yang dihasilkan pada *output* modul 3.93 Volt. Sedangkan pada menit ke 25 sampai 60 rata-rata perbedaan suhu adalah 52.9°C dan tegangan keluaran pada *output* peltier mengalami penurunan menjadi 0.7 Volt. Sedangkan tegangan keluaran pada *output* modul tetap stabil 3.93 volt.

5 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada perancangan pembangkit listrik tenaga panas pada knalpot motor yang dinyalakan selama 60 menit, dapat ditarik kesimpulannya sebagai berikut :

- Tegangan yang dihasilkan pada peltier saat menggunakan 1 peltier sebesar 2.05 Volt.
- Tegangan dihasilkan pada saat tegangan keluaran 2 peltier yang dirangkai seri sebesar 2.46 Volt.
- Tegangan keluaran pada 2 peltier yang dirangkai seri lebih besar dari 1 peltier tetapi pada modul charger tegangan yang dihasilkan lebih stabil pada saat menggunakan 1 peltier dari pada 2 peltier.(tabel 3 dan 4)

Kepustakaan

- [1] S. Sugiyanto, "Pemanfaatan panas pada kompor gas LPG untuk pembangkitan energi listrik menggunakan generator termoelektrik," *Jurnal teknologi*, 2012.
- [2] F. A. S. W. S. D. P. Sri Purwiyanti, "Aplikasi Efek Peltier Sebagai Kotak Pemanas dan Pendingin Berbasis Mikroprosesor Arduino Uno," *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, Vols. Volume 11, No. 3, 2017.
- [3] S. A. S. P. Ryanuargo, "Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensator pada Sistem Pendingin," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. Vol. 10 No.4, pp. 180-185, 2013.
- [4] K. L. K. C. Li Siyang, "Development of a Motor Waste Heat Power Generation System Based on Thermoelectric Generators. 3Power Electronics Research Centre, Department of Electrical Engineering The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong.," in *International Symposium on Electrical Engineering (ISEE)*, 2016.
- [5] Z.-x. H. J.-k. G. S.-d. W. Xu ZHANG, "The Match Of Output Power And Conversion Efficiency Of Thermoelectric," in *Eighth International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, 2016.