



MEMANFAATKAN PANAS EXHAUST SEPEDA MOTOR SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK MEMAKAI THERMOELECTRIC

UTILIZING EXHAUST HEAT OF MOTORCYCLE AS A SOURCE OF ELECTRIC ENERGY USING THERMOELECTRIC

Faisal Irsan Pasaribu¹⁾, Indra Roza²⁾ & Yuwanda Efendi³⁾

1) Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

2) Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Harapan Medan, Indonesia

3) Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

Diterima: Agustus 2019; Disetujui: Agustus 2019; Dipublikasi: Agustus 2019

*Corresponding Email: indraroza.ir@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini berdasarkan pengamatan pada umumnya sekitar 30% energi utama pada sepeda motor terbuang sebagai limbah panas melalui gas buang (exhaust), yang mana energi panas tersebut dapat dimanfaatkan untuk diubah menjadi sumber energi listrik menggunakan thermoelectric, alat ini dapat mengkonversi energi panas yang terbuang menjadi sumber energi listrik yang dapat digunakan, disini juga peneliti menganalisa rangkaian yang paling optimal dalam menghasilkan output tegangan, arus listrik dan daya listrik, dan juga mempelajari perubahan temperatur suhu panas terhadap output yang dihasilkan. Variable bebas yang divariasikan yaitu jenis rangkaian, waktu pengambilan data pada siang dan malam juga nilai koefisien dari thermoelectric. Dari semua data dan juga pengamatan yang telah dilakukan, bahwa temperatur menjadi faktor yang sangat berpengaruh dalam menghasilkan output tegangan dan arus listrik, semakin besar gradien suhu (ΔT) yang dihasilkan, maka akan semakin besar nilai output pada thermoelectric. Pada rangkaian paralel daya yang dihasilkan lebih besar yaitu 19,24 Watt namun tegangan yang dihasilkan lebih kecil yaitu 1,743 Volt, sedangkan pada rangkaian seri daya listrik yang dihasilkan sebesar 13,51 Watt namun nilai tegangannya lebih besar yaitu 6,69 Volt, dan nilai koefisien tertinggi pada penelitian ini yaitu sebesar 0,19977 V/K. Temperatur exhaust 90oC dengan enam peltier terangkai paralel direkomendasikan pada sepeda motor untuk mendapatkan daya listrik paling optimal..

Kata Kunci: Thermoelectric, efek seebeck, temperatur, jenis rangkaian

Abstract

This research is based on observations in general, about 30% of the main energy in motorbikes is wasted as waste heat through exhaust gases, which can be utilized to be converted into electrical energy sources using thermoelectric, this tool can convert wasted heat energy into a source of electrical energy that can be used, here the researchers also analyze the most optimal circuit in producing an output voltage, electric current and electric power, and also study the temperature changes in the temperature of the heat produced. The independent variables that are varied are the type of circuit, time of day and night data retrieval as well as the coefficient value of the thermoelectric. From all the data and observations that have been made, that temperature is a very influential factor in producing output voltage and electric current, the greater the temperature gradient (ΔT) produced, the greater the output value on the thermoelectric. In the parallel circuit the power generated is greater that is 19.24 Watts but the voltage produced is smaller that is 1.743 Volts, while in the series of electric power generated is 13.51 Watts but the voltage value is greater that 6.69 Volts, and the coefficient the highest in this study is 0.19977 V / K.

Exhaust temperature 90oC with six parallel coupled peltiers is recommended on motorbikes to get the most optimal electric power.

Keywords: *Thermoelectric, seebeck effect, temperature, circuit type*

How to Cite: Pasaribu, F, I, Roza, I, Efendi, Y. (2019). Memanfaatkan panas exhaust sepeda motor sebagai sumber energi listrik memakai thermoelectric. *JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering)*. 3 (1): 13-29

PENDAHULUAN

Penggunaan sepeda motor di Indonesia sudah menjadi hal yang umum. Hampir setiap rumah di Indonesia mempunyai sepeda motor, bahkan ada beberapa rumah yang memiliki lebih dari satu sepeda motor, dan setiap hari juga mereka menggunakannya untuk keperluan sehari-hari, baik untuk bekerja, berpergian atau pun hanya sekedar jalan-jalan saja. Namun penggunaan bahan bakar pada sepeda motor tidaklah sepenuhnya dapat digunakan, 30% bahan bakar tersebut terbuang menjadi limbah panas yang tentu cukup merugikan, jika sekitar 6% dari panas gas buang ini dikonversi menjadi daya listrik, kurang lebih sama besar dengan *driving energy* yang digunakan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar sekitar 10%. Salah satu teknologi yang dapat mengkonversi limbah panas ini menjadi sumber energi listrik *thermoelectric* generator (TEG). Teknologi ini juga menjanjikan alternatif pembangkitan listrik yang luar biasa karena mempunyai beberapa kelebihan. Beberapa kelebihan dari TEG ini antara lain adalah sangat dapat diandalkan (biasanya melebihi 100.000 jam operasi kondisi steady) tanpa suara saat dioperasikan karena tidak memiliki bagian mekanik yang bergerak, tidak

membutuhkan pemeliharaan lebih, sederhana, kompak dan aman, memiliki ukuran yang sangat kecil dan sangat ringan, mampu beroperasi untuk skala kecil dan lokasi terpencil, ramah lingkungan, dan sumber energi yang fleksibel. Kelebihan-kelebihan tersebut menyebabkan studi mengenai aplikasi *generator thermoelectric* banyak dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah memanfaatkan energi panas yang terbuang untuk dapat dikonversi menjadi sumber energi listrik menggunakan *thermoelectric*, mengetahui besar energi yang dihasilkan saat rangkaian berbeda, mengetahui pengaruh suhu terhadap energi listrik yang dihasilkan dan menganalisa kenaikan tegangan pada setiap 1 derajat celsius.

TINJAUAN PUSTAKA

Konsep *Thermoelectric*

Modul termoelektrik merupakan sebuah susunan material *thermoelectric* yang dapat mengkonversi energi panas yang melewati modul tersebut menjadi energi listrik. Modul *thermoelectric* yaitu alat yang mengubah energi panas dari gradien temperatur menjadi energi listrik atau sebaliknya dari energi listrik menjadi gradien temperatur. Banyak pembahasan biasanya berkisar figure-of-merit atau ZT

dari bahan *thermoelectric* dan dampak terhadap efisiensi perubahan panas ke listrik pada aplikasi *thermoelectric generator* atau *thermoelectric cooling*.

Thermoelectric generator diawali dari teori fisika Jerman bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1826, bahwa dua buah bahan semikonduktor yang berbeda jenis bila masing-masing permukaan memiliki beda (gradien) temperatur maka akan menghasilkan tegangan. Kondisi ini kemudian dikenal sebagai efek seebeck yang dinotasikan dengan rumus :

$$S = \frac{V}{\Delta T} \quad (1)$$

Dimana S adalah koefisien seebeck (V/K), V sebagai tegangan yang dihasilkan (volt) dan ΔT adalah beda temperatur sisi panas dan sisi dingin (kelvin). Besarnya koefisien ini akan mempresentasikan kinerja *thermoelectric*.



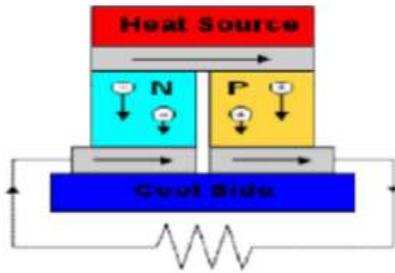
Gambar 1. Skema elemen Peltier

Pada gambar 1, terlihat elemen peltier terdiri dari kaki-kaki dengan dua

jenis material semikonduktor yaitu tipe-n (material yang kelebihan elektron) dan tipe-p (material yang kekurangan elektron). Elektron pada ujung sisi kaki yang dipanaskan memiliki energi kalor yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan ujung kaki yang dingin. Elektron yang dengan energi kalor yang lebih besar akan menyebar sampai ujung kaki-kaki yang lebih dingin.

Efek Seebeck

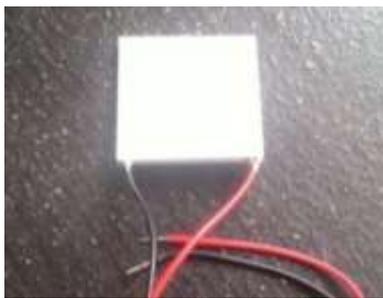
Efek *Seebeck* adalah perubahan secara langsung dari perbedaan temperatur ke listrik dan mengambil nama fisika Jerman-Estonia, Thomas Johann Seebeck, yang pada tahun 1821 menemukan bahwa jarum kompas akan dibelokkan oleh loop tertutup yang dibentuk oleh gabungan dua logam di dua tempat, dengan perbedaan temperatur antara persambungan. Ini disebabkan respon logam berbeda-beda terhadap perbedaan temperatur, menimbulkan loop arus dan medan magnet. Seebeck tidak menyadari ada arus listrik yang terlibat, maka dia menyebut fenomena tersebut dengan efek *thermomagnetic*. Fisikawan Denmark, Hans Christian Orsted memperbaiki kesalahan dan menciptakan istilah *thermoelectric*. Tegangan yang dihasilkan oleh efek ini dalam orde $\mu\text{V/K}$.



Gambar 2. Skema efek seebeck

Spesifikasi

Banyak macam *thermoelectric* yang ada dipasaran, namun yang masuk dan ada di Indonesia tidak begitu banyak. Salah satu model yang ada dipasaran seperti gambar berikut



Gambar 3. Thermoelectric

Adapun spesifikasinya seperti berikut:

- Dimentions : 40 x 40 x 3.9mm
- I_{max} - 7A
- V_{max} - 15.4V
- Q_{cmax} - 62.2W
- 1.7 Ohm resistance
- Max Operating Temp: 180°C
- Min Operating Temp: - 50°C

Bahan Semikonduktor

Bahan semikonduktor sendiri merupakan elemen dasar dari komponen elektronika, seperti transistor, IC serta diode. Semikonduktor merupakan bahan dengan konduktivitas listrik yang berada diantara isolator dan konduktor dengan besar energi gap < 6 eV[5]. Mengetahui karakteristik yang unik ini maka peran semikonduktor sangatlah penting dalam dunia elektronika, disebabkan konduktivitasnya yang dapat diubah-ubah dengan menyuntikkan materi lain (biasa disebut dengan dopping). Semikonduktor sangat luas pemakaiannya, terutama sejak ditemukannya transistor pada akhir tahun 1940-an. Oleh karena itu semikonduktor dipelajari secara intensif dalam fisika zat padat. Namun dalam penelitian ini hanya akan membahas bahan semikonduktor *Thermoelectric* (Peltier) saja.

Bahan semikonduktor *Thermoelectric* bekerja dengan memanfaatkan efek peltier, yang merupakan kebalikan dari dari efek *Seebeck*. Efek peltier terjadi dimana jika dua logam yang berbeda disambungkan kemudian arus listrik dialirkan pada sambungan tersebut, maka akan terjadi fenomena pompa kalor atau proses penyerapan panas dan pelepasan energi panas. Salah satu komponen elektronika yang bekerja

menggunakan prinsip tersebut adalah modul peltier, sehingga dalam modul peltier akan terjadi dua kondisi di kedua sisi modul *thermoelectric* peltier dengan sisi panas untuk proses pelepasan panas dan kondisi dingin pada sisi penyerapan panas. Prinsip inilah yang digunakan *thermoelectric* sebagai pendingin/pompa kalor.

Semikonduktor adalah bahan pilihan untuk *thermoelectric* yang umum dipakai. Bahan semikonduktor *thermoelectric* yang paling sering digunakan saat ini adalah *Bismuth Telluride* (Bi_2Te_3) yang telah diolah untuk menghasilkan blok atau elemen yang memiliki karakteristik individu berbeda yaitu N dan P. Bahan *thermoelectric* lainnya termasuk Timbal *Telluride* (PbTe), *Silicon Germanium* (SiGe) dan *Bismuth-Antimony* (SbBi) adalah paduan bahan yang dapat digunakan dalam situasi tertentu. Namun, *Bismuth Telluride* adalah bahan terbaik dalam hal pendinginan.

Bismuth Telluride memiliki dua karakteristik yang patut dicatat. Karena struktur kristal, *Bismuth Telluride* sangat anisotropic. Perilaku anisotropic perlawanan lebih besar daripada konduktivitas termalnya. Sehingga anisotropic ini dimanfaatkan untuk pendinginan yang optimal. Karakteristik lain yang menarik dari *Bismuth Telluride*

adalah kristal *Bismuth Telluride* (Bi_2Te_3) terdiri dari lapisan heksagonal atom yang sama.

Sepeda Motor

Sepeda motor adalah kendaraan beroda dua yang digerakkan oleh sebuah mesin. Letak kedua roda sebaris lurus dan pada kecepatan tinggi sepeda motor tetap stabil disebabkan oleh gaya giroskopik. Sedangkan pada kecepatan rendah, kestabilan atau keseimbangan sepeda motor bergantung kepada pengaturan setang oleh pengendara. Penggunaan sepeda motor di Indonesia sangat populer karena harganya yang relatif murah, terjangkau untuk sebagian besar kalangan dan penggunaan bahan bakarnya serta biaya operasionalnya cukup hemat. Prinsip kerja motor bensin adalah mesin yang bekerja memanfaatkan energi dari hasil gas panas hasil proses pembakaran, dimana proses pembakaran berlangsung di dalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja menjadi tenaga atau energi panas.

Pada sepeda motor terdapat exhaust atau biasa disebut juga knalpot, Terlebih pada kendaraan roda dua, part ini sangat kelihatan mencolok menjadi bagian sepeda motor. Dan untuk sekarang ini, knalpot memiliki sejumlah model dan

bentuk yang beragam. Hal tersebut karena untuk mendapatkan dorongan tenaga dan juga tampilan. Namun diluar itu, sebenarnya seperti apa fungsi dari knalpot motor ini. Dari beberapa informasi yang berhasil dihimpun, ternyata knalpot memiliki banyak fungsi untuk sebuah sepeda motor

a. Peredam suara mesin

Karena mesin sepeda motor menggunakan teknologi kombusi atau meledakan bahan bakar untuk diubah menjadi tenaga gerak. Ledakan tersebut pastinya mengeluarkan suara yang cukup keras dan mengganggu. Untuk itu butuh komponen guna meredammnya yang disebut knalpot. Peredaman suaranya sendiri juga bervariasi, ada yang disetting dengan suara yang masih agak keras namun 'merdu'. Knalpot seperti ini biasanya digunakan untuk motor sport atau untuk balap. Sementara untuk peredaman yang sangat pelan, biasanya untuk motor standard pabrikan biasanya memiliki suara yang cukup pelan bahkan nyaris tidak terdengar.

b. Meningkatkan tenaga mesin

Tidak dipungkiri karena knalpot sifatnya untuk meredam, jadi menghambat gas buang hasil pembakaran mesin. Peredaman tersebut menjadikan tenaga mesin berkurang. Namun dengan settingan yang pas dan perhitungan yang tepat, knalpot justru bisa jadi pendongkrak tenaga mesin sepeda motor. Untuk peredam gas buang yang bisa mendongkrak tenaga mesin sepeda motor ini biasanya disebut dengan knalpot racing. Dan biasanya memiliki raungan suara yang lebih keras dibandingkan dengan knalpot standard bawaan pabrikan.

c. Mengurangi polusi udara

Untuk era sekarang ini teknologi terbaru knalpot sudah menggunakan catalytic converter yang berfungsi untuk membantu mengkonversi karbon yang keluar melalui gas buang kendaraan bermotor. Hal ini dapat membantu untuk meningkatkan efisiensi emisi gas buang yang dikeluarkan dan dapat mengurangi peningkatan dari polusi udara

Berdasarkan fungsinya, *exhaust* sendiri memiliki suhu panas yang dihasilkan oleh sisa pembakaran sepeda motor, energi panas inilah yang akan dimanfaatkan menjadi energi listrik menggunakan *thermoelectric*.

Heatsink

Heatsink ini merupakan logam dengan design yang khusus terbuat dari alumuniun dan juga tembaga yang berfungsi untuk memperluas proses transfer panas dari sebuah prosesor. Komponen- komponen cpu yang biasanya dipakai untuk menyerap panas ini biasanya terbuat dari bahan aluminium yang biasanya banyak dipadukan dengan pemakaian fan pada heatsink untuk lebih mengoptimalkan penyerapan panas yaitu dengan mengalirkan panas dari heatsink ke luar cpu, proses ini akan menyebabkan meningkatnya performa kerja komputer. *Heatsink* digunakan untuk membantu meningkatkan pelepasan kalor pada sisi dingin sehingga meningkatkan efisiensi dari modul tersebut. Potensi pembangkitan daya dari modul *thermoelectric* 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 besar.

Pada peltier, heatsink digunakan untuk menyalurkan/menghantarkan panas ke permukaan sisi peltier, sehingga panas yang diperoleh menjadi maksimal dan juga merata, dan juga heatsink harus memiliki permukaan yang rata dan halus, sebab jika permukaan tidak rata maka suhu yang disalurkan tidak akan maksimal dan akan berpengaruh pada daya yang dihasilkan nantinya. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi, biasanya heatsink dilapisi oleh pasta thermal, ini dilakukan agar suhu yang dikirimkan menjadi lebih maksimal dan efisien. Heatsink bisa kita dapatkan di toko-toko elektronik, biasanya dijual di toko onlinedengan harga yang bervariasi, tergantung dari ukuran dan juga kualitas heatsink tersebut.



Gambar 4. Heatsink

Coldsink

Coldsink merupakan benda yang digunakan untuk mengurangi suhu panas pada satu peralatan elektronik, umumnya ini digunakan pada IC, CPU dan juga peltier. *Coldsink* ini fungsinya hampir sama

dengan *heatsink*, yaitu sama-sama menyerap suhu, bedanya adalah jika *heatsink* digunakan untuk menyalurkan panas ke peltier, namun *coldsink* digunakan untuk menurunkan atau bahkan menghilangkan suhu panas pada peltier. Hal ini dilakukan agar perbedaan suhu yang terjadi pada peltier tetap terjaga, agar energi listrik yang dihasilkan menjadi lebih optimal dan peltier tidak *overheat*, karena jika peltier terlalu panas akan menyebabkan kerusakan yang fatal, sehingga peltier tidak dapat digunakan kembali. Dalam penggunaannya, *coldsink* terkadang diberi tambahan berupa *fan* untuk memaksimalkan kinerja dari *coldsink* itu sendiri. Pada penggunaannya di penelitian ini *coldsink* juga diberikan pasta termal, tetap berbeda dengan dengan *heatsink*, disini *coldsink* menggunakan pasta termal yang mampu mengurangi suhu panas dari peltier.

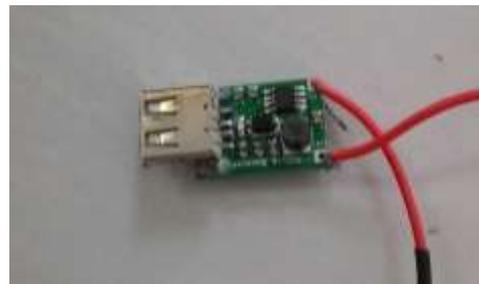


Gambar 5. Coldsink

Boost Converter DC to DC

Boost Converter adalah sebuah teknik *Power supply switching Step-Up* yang

merupakan konverter daya dari DC ke DC dengan tegangan output lebih besar dari tegangan input. Ini merupakan teknik *switched-mode power supply* (SMPS) yang mengandung setidaknya dua semikonduktor switching (dioda dan transistor) dan setidaknya satu elemen penyimpanan energy seperti kapasitor, induktor, atau kombinasinya. Filter biasanya terbuat dari kapasitor (namun kadang-kadang berada dalam kombinasi dengan induktor juga) biasanya ditambahkan untuk output *converter* sehingga dapat mengurangi riak tegangan output.



Gambar 6. Boost Converter

Pada peltier alat ini berfungsi untuk menaikkan tegangan menjadi 5 volt. Saat peltier menghasilkan energi listrik, maka alat akan secara otomatis menaikkan tegangannya menjadi 5 volt, namun tegangan yg di input minimal harus mencapai 0,9 volt ataupun 2 volt, tergantung dari jenis booster yang digunakan. Alat ini juga memiliki batasan maksimal arus yang bisa diterima, yaitu

600 mAH untuk *booster* yang minimal tegangannya 0,9 volt, dan 1200 mAH untuk tegangan 2 volt. Setelah nilai tegangan dinaikkan menjadi 5 volt, nantinya akan digunakan untuk mencharge handphone ataupun yang lainnya, dan kecepatan mengisi daya pada alat handphone tergantung dari besar arus yang dihasilkan, semakin besar arus yang dihasilkan maka akan semakin cepat daya terisi.

Perpindahan Panas Secara Konduksi

Perpindahan panas konduksi, dimana proses perpindahan panas terjadi antara benda atau partikel-partikel yang berkontak langsung melekat satu dengan yang lainnya, tidak ada pergerakan relatif diantara benda-benda tersebut. Misalnya panas yang berpindah di dalam sebuah batang logam akibat pemanasan salah satu ujungnya seperti terlihat pada gambar, ujung A menjadi naik temperaturnya walaupun yang dipanasi ujungnya adalah ujung B. Gambar menunjukkan prinsip dari laju perpindahan panas konduksi pada dinding pelat.

Panas mengalir secara konduksi dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah. Laju perpindahan panas dinyatakan dengan hukum Fourier.

$$q_k = k \frac{A}{L} (T_1 - T_2) \quad (2)$$

Rangkaian Seri

Pada dasarnya, Baterai dapat dirangkai secara Seri maupun Paralel. Tetapi hasil Output dari kedua Rangkaian tersebut akan berbeda. Rangkaian Seri Baterai akan meningkatkan Tegangan (Voltage) Output Baterai sedangkan Current/Arus Listriknya (Ampere) akan tetap sama. Hal ini Berbeda dengan Rangkaian Paralel Baterai yang akan meningkatkan Current/Arus Listrik (Ampere) tetapi Tegangan (Voltage) Outputnya akan tetap sama.

$$V_T = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (3)$$

Rangkaian Paralel

Berbeda dengan rangkaian seri yang disusun secara sejajar atau berurutan, pada rangkaian parallel ini rangkaian tidak disusun secara sejajar. Dengan kata lain pada input setiap komponen semuanya berasal dari sumber yang sama. Salah satu contoh dari rangkaian parallel ini yaitu lampu lalu lintas.

$$I_{total} = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (4)$$

Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya

tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu. Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja.

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (5)$$

METODE PENELITIAN

Dalam pembuatan alat pemanfaatan panas *exhaust* sepeda motor sebagai sumber energi listrik menggunakan *thermoelectric* bahan dan peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bahan yang digunakan :

- Enam buah *thermoelectric*
- Heatsink ukuran 20 x 7 cm
- Kertas *thermal*
- Sepeda motor 110 cc
- Coldsink ukuran 19 x 10 cm
- Klem 2 buah

Peralatan yang digunakan :

- Multimeter digital
- Bor
- Thermometer
- Obeng



Gambar 7. Bahan Penelitian

Untuk membuat pembangkit energi listrik menggunakan *thermoelectric* alat dan bahan sudah dijelaskan. Kemudian alat dan bahan tersebut dirangkai dengan cara seperti berikut :

- a. Membuat empat lubang pada sisi kanan dan kiri *Heatsink* sebagai tempat memasukkan baut
- b. Memberikan atau memasang kertas *thermal* pada *thermoelectric* yang berguna untuk menempelkannya ke *heatsink*
- c. Memasang *thermoelectric* pada permukaan *heatsink*, yang mana sudah diberi kertas *thermal* agar *thermoelectric* menempel dengan baik dan tidak mudah lepas.
- d. Memasang terminal kabel di bagian tepi *heatsink*.
- e. Masukkan kabel-kabel *thermoelectric* ke slot terminal sesuai dengan rangkaian yang digunakan. Rangkaian yang digunakan disini ada dua yaitu seri dan paralel.

- f. Setelah cara ke 1 sampai ke 5 telah dilakukan, maka selanjutnya bahan yang sudah terangkai tadi dipasang ke *exhaust* (knalpot) sepeda motor menggunakan klem dan baut seperti yang terlihat pada gambar 8.

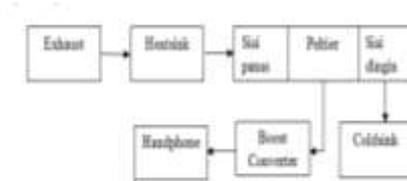


Gambar 8. Alat yang sudah terpasang

Dalam penelitian ini, pengujian dibagi dalam beberapa metode dan juga waktu berbeda. Ada beberapa metode yang perlu dilakukan dalam pengujian alat, hal ini dilakukan untuk mengetahui metode mana yang paling baik untuk mendapat hasil yang paling optimal dalam menghasilkan energi listrik :

1. Pengujian dilakukan dengan variasi rangkaian yaitu: seri dan paralel
2. Pengujian dilakukan saat siang hari dan malam hari
3. Pengujian dilakukan dengan variasi temperatur yaitu 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C dan 90 °C dengan suhu coldsink 30 °C disetiap variasinya.

Berikut ini adalah blok diagram dari penelitian yang telah dilakukan



Gambar 9. Blok Diagram

Saat sepeda motor dinyalakan maka akan menghasilkan energi panas pada bagian mesinnya, terutama pada bagian exhaust/ knalpotnya. Exhaust akan mengirimkan panas ke heatsink secara konduksi yang akan membuat heatsink mengalami perubahan suhu/ kenaikan suhu. Setelah heatsink menjadi panas, maka sisi peltier yang telah ditempelkan pada permukaan heatsink akan terjadi perubahan suhu juga yaitu menjadi panas, saat sisi peltier mengalami perubahan temperatur suhu maka akan menghasilkan output tegangan maupun arus listrik, namun output yang dihasilkan tidak akan maksimal karena hanya ada sedikit gradien suhu yang terjadi pada peltier, maka untuk itu dipasang coldsink untuk mendinginkan sisi yang lain pada peltier, agar gradien temperatur yang dihasilkan menjadi lebih besar, sehingga output yang dihasilkan menjadi lebih maksimal. Setelah output yang dihasilkan telah maksimal boost converter akan menaikkan tegangan yang akan digunakan untuk mengisi handphone.

Disini juga peneliti membuat diagram alir dari penelitian ini, yaitu seperti berikut:



Gambar 10. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

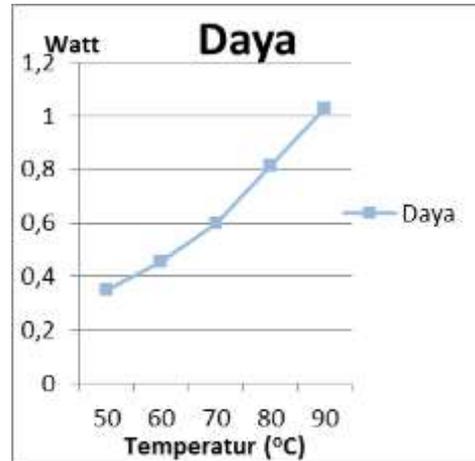
Pengujian dilakukan dengan menggunakan 6 buah peltier yang dirangkai secara seri dan paralel. Pengujian dilakukan dalam 2 waktu, yaitu pada saat siang hari dan juga malam hari. Temperatur Coldsink yang digunakan sebesar 30°C dan waktu yang digunakan selama 10 detik.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan hasil seperti berikut:

Tabel 1. Data Output R.Seri Siang Hari

No	TH	Volt	Ampere	Watt
1	50	3,897	0,090	0,3507
2	60	4,422	0,103	0,4554
3	70	5,055	0,118	0,5964
4	80	5,689	0,143	0,8135
5	90	6,630	0,155	1,0276

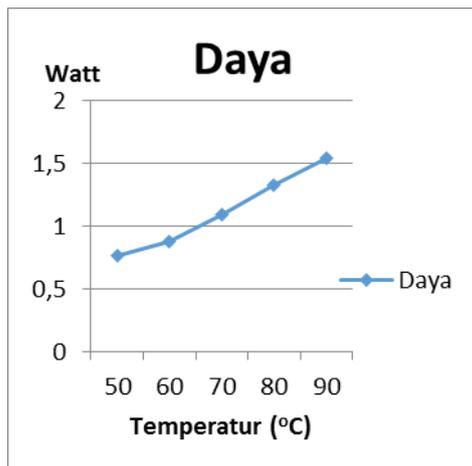
Pada tabel 1 terlihat bahwa semakin tinggi suhu yang diberikan, maka akan semakin besar nilai output yang dihasilkan, adapun grafik data tersebut adalah sebagai berikut:



Grafik 1. Temperatur Terhadap Daya R. Seri Saat Siang Hari

Tabel 2. Data R.Paralel Siang Hari

No	TH	Volt	Ampere	Watt
1	50	0,891	0,857	0,763
2	60	0,925	0,953	0,881
3	70	1,052	1,036	1,089
4	80	1,149	1,157	1,329
5	90	1,277	1,206	1,54



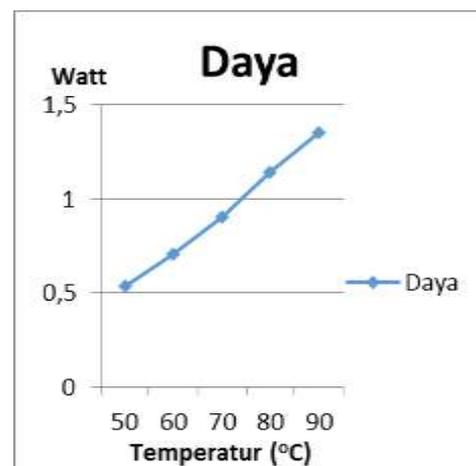
Grafik 2. Temperatur Terhadap Daya R.Paralel Saat Siang Hari

Pada percobaan pertama saat siang hari, rangkaian seri menjadi rangkaian yang paling optimal dalam menghasilkan tegangan listrik namun rendah dalam hal daya listrik seperti yang terlihat pada tabel 1, sedangkan rangkaian paralel menjadi yang paling optimal dalam menghasilkan arus listrik sehingga membuat daya listrik yang dihasilkan menjadi lebih besar seperti yang terlihat pada tabel 2. Hal ini terjadi karena rangkaian seri bisa menaikkan tegangan dengan semakin banyaknya sumber listrik yang ada, namun arus listrik yang ada akan bernilai tetap. Sebaliknya pada rangkaian paralel arus listrik menjadi lebih tinggi karena pada rangkaian ini arus listrik dilipat gandakan sesuai dengan banyaknya sumber listrik yang dirangkai. Pada percobaan pertama ini juga dapat kita lihat bahwa temperatur menjadi faktor yang mempengaruhi tinggi

rendahnya output yang dihasilkan oleh *thermoelectric*, semakin besar *gradien* temperatur yang dihasilkan (ΔT), maka akan semakin besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh *thermoelectric*.

Tabel 3. Data R.Seri Malam Hari

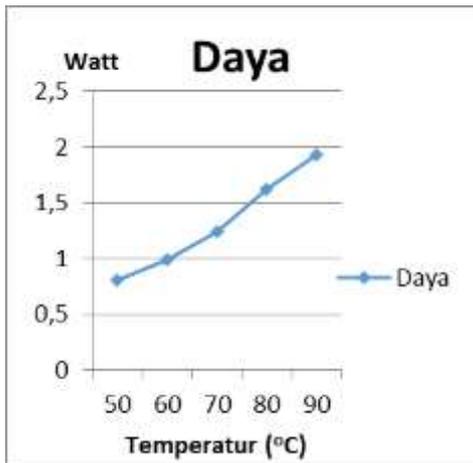
No	TH	Volt	Ampere	Watt
1	50	4,094	0,131	0,536
2	60	4,701	0,150	0,705
3	70	5,300	0,171	0,906
4	80	6,134	0,186	1,140
5	90	6,690	0,202	1,351



Grafik 3. Temperatur Terhadap Daya R.Seri Saat Malam Hari

Tabel 4. Data R.Paralel Saat Malam

No	TH	Volt	Amper e	Watt
1	50	0,857	0,936	0,802
2	60	0,983	1,013	0,995
3	70	1,082	1,152	1,246
4	80	1,289	1,256	1,618
5	90	1,473	1,313	1,934



Grafik 4. Temperatur Terhadap Daya R.Paralel Saat Malam Hari

Pada percobaan kedua, penelitian dilakukan saat malam hari. Rangkaian seri tetap menjadi rangkaian yang paling optimal dalam menghasilkan tegangan listrik dan rangkaian paralel menghasilkan arus listrik dan daya listrik yang paling optimal, hal ini dapat kita lihat pada tabel 3 dan tabel 4. Output yang dihasilkan pada percobaan ini sedikit lebih besar dibandingkan saat siang hari, faktor suhu lingkungan menjadi pembeda pada percobaan kedua ini. Suhu lingkungan yang lebih rendah saat malam hari menjadikan temperatur coldsink menjadi lebih dingin sehingga gradien suhu yang dihasilkan menjadi lebih besar, yang otomatis membuat output tegangan dan arus listrik menjadi lebih tinggi. Seperti halnya pada percobaan yang pertama, faktor temperatur menjadi hal yang

utama dalam menghasilkan tegangan dan arus listrik.

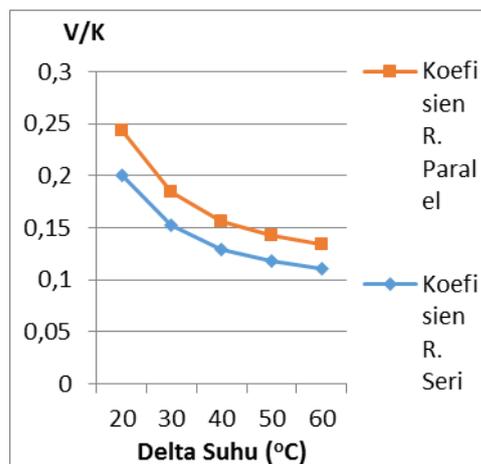
Dari dua percobaan yang telah dilakukan, terlihat bahwa faktor suhu dan jenis rangkaian sangat mempengaruhi besar output yang dihasilkan. Pada rangkaian seri besar tegangan menjadi yang paling dominan, sedangkan pada rangkaian paralel nilai arus dan daya listrik lebih besar dibanding rangkaian seri. Hal ini terjadi karena pada rangkaian seri jika jumlah sumber tegangannya ditambah maka akan membuat nilai tegangannya semakin besar, namun pada rangkaian paralel tegangan tidak akan berubah terlalu besar bahkan bisa tetap karena pada rangkaian ini nilai arus yang akan semakin besar sesuai dengan prinsip yang ada pada baterai.

Dari data-data yang telah disampaikan, maka akan didapatkan nilai koefisien dari thermoelectric, berikut adalah data nilai koefisien yang telah didapatkan

Tabel 5. Koefisien Thermoelectric

No	ΔT	Koefisien R. Seri (V/K)	Koefisien R. Paralel (V/K)
1	20	0,199775	0,0437
2	30	0,15205	0,0318
3	40	0,12943	0,0266

No	ΔT	Koefisien R. Seri (V/K)	Koefisien R. Paralel (V/K)
4	50	0,11823	0,0243
5	60	0,111	0,0229



Grafik 5. Koefisien Thermoelectric

Pada tabel 5 terlihat bahwa nilai koefisien tertinggi adalah 0,199775 V/K, ini berarti setiap ada perbedaan suhu sebesar 1 Kelvin, maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 0,199775 Volt

KESIMPULAN

1. *Thermoelectric* dapat membangkitkan energi listrik dengan cara mengkonversinya dari energi panas pada exhaust menjadi sumber energi listrik yang dapat digunakan untuk keperluan seperti mencas handphone, menghidupkan lampu LED, dll.
2. Saat rangkaian berbeda akan terjadi perbedaan besar output, pada rangkaian paralel daya listrik yang

dihasilkan lebih besar yaitu 1,924 Watt dibandingkan **pada rangkaian seri yaitu sebesar 1,351 Watt.**

3. Pengaruh suhu merupakan faktor paling penting dalam hal menghasilkan energi listrik, semakin besar gradien suhu (ΔT) pada *thermoelectric*, maka akan semakin besar energi listrik yang dihasilkan.
4. Nilai koefisien tertinggi adalah 0.19977 V/K, yang berarti setiap ada perbedaan suhu 1 derajat kelvin pada *thermoelectric*, maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 0,19977 Volt.

SARAN

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan mencari sumber energi panas yang lebih baik lagi.
2. Diharapkan untuk selanjutnya melakukan penelitian dalam keadaan sepeda motor sedang bergerak untuk mengetahui perbedaan besar output yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- J. Vazquez, M. a Sanz-Bobi, R. Palacios, and A. Arenas, "State of the art of thermoelectric generators based on heat recovered from the exhaust gases of automobiles," *7th Eur. Work. Thermoelectr.*, vol. 17, 2002.
- B. I. Ismail and W. H. Ahmed, "Thermoelectric Power Generation Using Waste - Heat Energy as an Alternative Green Technology," *Recent Patents Electr. Eng.*, vol. 2, pp. 27-39, 2009.
- M. Setiawan, Andreas; Taryono; Ayub, "Prototipe

- Generator Termoelektrik Berbahan Bakar Gas the Design , Construction and Testing of a Gas-Fuelled Thermoelectric Generator Prototype,” vol. 11, no. 1, pp. 1-10, 2012.
- A. Tri Fadhila, “Simki-Techsain Vol. 01 No. 01 Tahun 2017 ISSN : XXXX-XXXX,” *Simki-Techsain*, vol. 1, no. 1, pp. 1-7, 2017.
- Y. Oktaviani and Astuti, “Sintesis Lapisan Tipis Semikonduktor Dengan Bahan Dasar Tembaga (Cu) Menggunakan Chemical Bath Deposition,” *J. Fis. Unand Vol.*, vol. 3, no. 1, pp. 53-58, 2014.
- M. Samsiana, Seta; Ilyas sikki, “Seta Samsiana & Muhammad Ilyas sikki Jurnal Imiah Teknik Mesin , Vol . 2 , No . 1 , Februari 2014 , Universitas Islam 45 , Bekasi,” vol. 2, no. 1, pp. 43-49, 2014.
- N. Putra, R. A. Koestoer, M. Adhitya, A. Roekettino, and B. Trianto, “Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik Untuk Kendaraan Hibrid,” *Makara Teknol.*, vol. 13, no. 2, pp. 53-58, 2009.