

PEMANFAATAN PANAS GAS BUANG SEPEDA MOTOR UNTUK PENGISIAN BATERAI HANDPHONE DENGAN GENERATOR TERMOELEKTRIK

Yafet Pribadi Saputro¹⁾, Fandi D. Suprianto²⁾

Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2)}

Phone: +62-31-8439040, Fax: +62-31-8417658^{1,2)}

E-mail : m24412089@john.petra.ac.id¹⁾, Fandi@petra.ac.id²⁾

ABSTRAK

Saat ini transportasi dan handphone menjadi kebutuhan yang harus dipenuhi untuk membantu mempermudah hidup manusia. Fenomena Go-jek di Indonesia merupakan salah satu tanda bahwa transportasi sangat membantu kehidupan manusia. Penggunaan handphone untuk mencari pengemudi Go-jek terdekat dari lokasi merupakan kemudahan yang ditawarkan kepada pelanggan. Pengemudi Go-jek akan mendapatkan lokasi pelanggan melalui handphone yang dimilikinya. Penggunaan handphone terus menerus oleh pengemudi Go-jek akan menyebabkan baterai dari handphone tersebut cepat habis. Oleh karena itu, Tugas Akhir ini akan merancang sistem pemanfaatan panas gas buang sepeda motor untuk pengisian baterai handphone. Pemanfaatan panas gas buang menggunakan modul Thermoelectric Generator. Pada penelitian ini menggunakan 2 jenis thermoelectric yaitu SP1848-27145 SA dan TEG126-40A, dimana TEG126-40A mempunyai spesifikasi yang lebih tinggi daripada SP1848-27145 SA. Penelitian ini akan meneliti jumlah thermoelectric yang dibutuhkan untuk mencukupi kebutuhan pengisian baterai handphone. Hasil pengujian dengan penggunaan 5 modul Thermoelectric SP1848-27145 SA dan 5 modul Thermoelectric TEG126-40A yang dirangkai seri didapatkan tegangan sebesar 11,2 volt dan arus yang masuk ke baterai sebesar 122,1 mA pada kondisi kecepatan 40 km/h.

Kata Kunci:

Panas Gas Buang, Thermoelectric Generator, konversi energi, Pengisi Daya baterai, handphone

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah sepeda motor dari tahun ke tahun semakin meningkat. Kita dapat melihatnya dari bertambahnya jumlah sepeda motor sebesar 22 ribu di seluruh daerah di Indonesia. Menurut data yang diterbitkan Badan Pusat Statistik, jumlah populasi sepeda motor di Indonesia hingga pada tahun 2013 berjumlah 84 juta unit. Asumsi jika setiap harinya motor mengkonsumsi bahan bakar sebesar 2 Liter, maka bahan bakar yang dihabiskan tiap harinya sebesar 168 juta liter. Setiap mesin sepeda motor yang melakukan pembakaran, sebesar 30 % energi yang tersimpan dalam bahan bakar berubah menjadi energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran. Energi panas yang dihasilkan mesin tersebut merupakan energi yang terbuang sia-sia ke lingkungan.

Untuk itu energi panas yang dihasilkan dari pembakaran sebaiknya dapat dimanfaatkan kembali. Salah satu teknologi yang dapat memanfaatkan limbah energi panas yaitu *Thermoelectric Generator* (TEG). Teknologi ini memanfaatkan perbedaan suhu yang terjadi antara suhu tinggi dan suhu rendah sehingga dapat menghasilkan arus listrik. Semakin besar perbedaan suhu tersebut akan membuat arus listrik yang dihasilkan semakin besar. Dengan memanfaatkan panas gas buang

yang dihasilkan pembakaran, dapat diciptakan energi listrik alternatif. Energi listrik yang dihasilkan TEG tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengisi daya baterai dari *handphone* kita, mengingat manusia tidak bisa lepas dari *handphone*. Dengan menggunakan beberapa TEG yang disusun dan dikombinasikan dengan regulator tegangan dan arus maka listrik tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengisi baterai *handphone*.

Hal itu juga sangat bermanfaat bagi pengemudi ojek online yang selalu menggunakan *handphone*-nya untuk menjemput dan mengantarkan pelanggannya. Dengan hal itu, pengemudi ojek *online* tidak perlu khawatir kehabisan baterai saat mengemudikan motornya. Tidak hanya pengemudi ojek *online* saja yang dapat memanfaatkan teknologi ini, tetapi pengendara motor biasa juga dapat merasakan manfaat limbah panas yang dihasilkan mesin melalui teknologi ini.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menemukan cara memanfaatkan panas gas buang menjadi energi listrik agar tidak menjadi limbah energi yang terbuang sia-sia ke lingkungan dan mengubah panas gas buang yang dihasilkan oleh mesin diubah menjadi energi listrik untuk mengisi daya baterai.

1.3. Manfaat

Perancangan sistem ini dapat memberi manfaat yaitu limbah energi panas yang dihasilkan oleh mesin dapat diubah menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk mengisi daya baterai *handphone* agar tidak kehabisan daya saat perjalanan. Sistem ini juga dapat membantu pengendara ojek *online* untuk mengisi daya baterai *handphonenya* yang sering kehabisan baterai saat mengantar dan menjemput pelanggannya dikarenakan *handphone*-nya sebagai petunjuk jalan.

1.4. Tinjauan Pustaka

Keluaran tegangan dari TEG merupakan tegangan listrik DC, sehingga optimalisasi tegangan yang dibangkitkan agar dapat diaplikasikan sebagai sumber listrik pengganti alternator merupakan penggabungan secara seri hasil keluaran tegangan tersebut. Melihat hasil pengujian masing-masing titik tersebut, maka saat keluaran dari ketiga modul dihubungkan seri, didapatkan bahwa putaran mesin pada RPM 4000 menghasilkan tegangan terbesar, yaitu berkisar 3,4 V. Berikutnya putaran mesin pada RPM 3000, tegangan serinya sebesar 3,3 V dan pada putaran idle sebesar 2,4 V. [1]

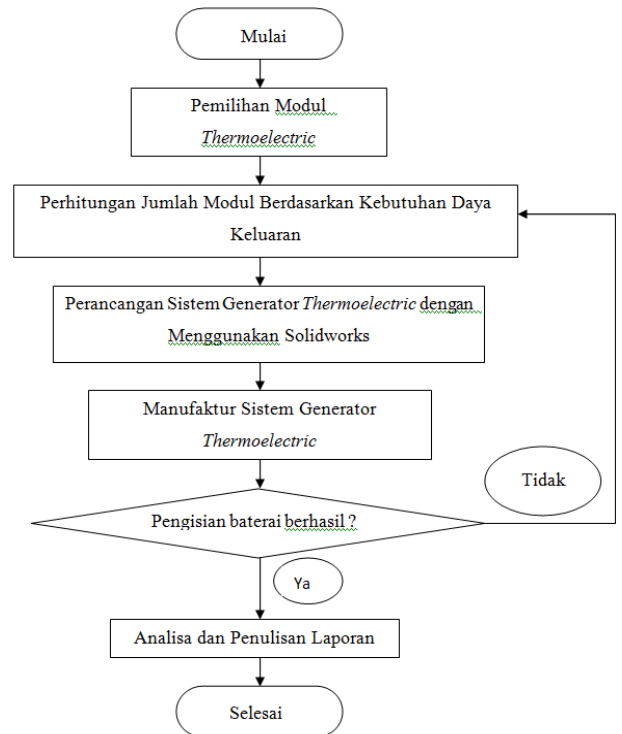
Suhu gas buang sepeda motor lebih rendah dibandingkan kendaraan roda empat dan lebih, untuk itu diawal eksperimen aplikasi teknologi termoelektrik pada sepeda motor, modul *thermoelectric cooler* (TEC) digunakan untuk menggantikan peran TEG karena pertimbangan harga yang lebih murah. Namun TEC ini tidak bisa digunakan untuk aplikasi pemanfaatan panas baug sepeda motor. Kabel keluarannya selalu putus karena sambungan solder tidak mampu menahan panas tinggi.[2]

Pada penelitian berikutnya dengan menggunakan sepeda motor Suzuki Smash 110 cc, dan modul TEG bermaterial Bi2Te3 berjumlah 3 yang dipasang pada *exhaust pipe* berhasil membangkitkan tegangan sambungan terbuka tanpa beban sebesar 4,8 V.[2]

Penelitian ini kemudian diperbaiki dengan melakukan pengujian sepeda motor yang dijalankan, meskipun pada kecepatan yang rendah. Penempatan modul TEG tidak hanya pada sepeda motor Suzuki Smash 110 cc dan Suzuki FXR 150 cc, masih hanya menggunakan 3 modul TEG. Beban listrik sudah digunakan dengan memakai lampu LED 19 pcs, 1,4 Ohm. Hasilnya untuk sepeda motor 110 cc bisa dibangkitkan daya listrik sebesar 0,57 Watt (pada 30 Km/jam) dan untuk sepeda motor 150 cc bisa dibangkitkan daya listrik sebesar 1,2 Watt pada kecepatan 30 Km/jam.[3]

2. Metode Penelitian

2.1. Flowchart Metode Penelitian



2.2. Pemilihan Modul Thermoelectric Generator

Thermoelectric Generator merupakan modul yang akan digunakan dalam pembuatan sistem ini. Modul ini digunakan karena memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam menghasilkan energi listrik dibandingkan *Thermoelectric Cooler*. Dengan memberikan perbedaan suhu di kedua sisi modul tersebut, elektron yang ada di dalamnya akan bergerak sehingga menghasilkan energi listrik. *Thermoelectric Generator* yang dipakai adalah :

2.2.1. Thermoelectric SP1848-27145 SA

Tabel 1. Output yang dihasilkan *Thermoelectric SP1848-27145 SA*

ΔT (°C)	Voltage (Volt)	Current (mA)	Power (Watt)
20	0.97	225	0.22
40	1.8	368	0.66
60	2.4	469	1.13
80	3.6	558	2.01
100	4.8	669	3.21

2.2.2. Thermoelectric Generator TEG126-40A

Tabel 2. Output yang dihasilkan Thermoelectric Generator TEG126-40A

Open Circuit Voltage (V)	9,91
Output Current (A)	0,98
Output Power (W)	5

2.3. Penentuan Jumlah Modul Berdasarkan Penghitungan Daya yang Dibutuhkan

Tetapi dalam kenyataannya, spesifikasi performa *Thermoelectric Generator* yang diberikan oleh perusahaan dengan performa ketika modul *thermoelectric generator* digunakan pasti berbeda. Untuk itu perlu dilakukan pengujian performansi dari modul *thermoelectric generator* SP1848-27145 SA dan TEG126-40A tersebut dengan cara memasang sisi panas dari modul ke pipa leher dari knalpot. Sisi dingin dari modul diberikan *cold sink* yang berbahan aluminium berbentuk sirip.

Dari pengujian performansi dari modul *Thermoelectric Generator* di lapangan didapatkan data sebagai berikut :

- a. Kondisi motor : stasioner
- b. Tegangan yang diperoleh :
 - *Thermoelectric* SP1848-27145 SA : 0,92 volt (tanpa dilakukan pembebanan)
 - *Thermoelectric* TEG126-40A : 1,24 volt (tanpa pembebanan)

Penghitungan keping modul *thermoelectric generator* yang dibutuhkan untuk pengisian daya baterai *handphone* dibutuhkan *Thermoelectric* SP1848-27145 SA sebanyak 6 buah dan *Thermoelectric* TEG126-40A sebanyak 4 buah.

Setelah itu menghitung jumlah *Thermoelectric generator* yang akan dibutuhkan, maka dilakukan percobaan lapangan. Percobaan lapangan dilakukan dengan cara merangkai 5 modul *Thermoelectric generator* berjenis SP1848-27145 SA dan TEG126-40A masing-masing secara seri.

Tabel 3. Percobaan 5 buah Thermoelectric Generator yang dirangkai seri dengan kondisi putaran mesin stasioner

Jenis <i>Thermoelectric</i>	Hasil	
	Tegangan (volt)	Arus (mA)
SP1848-27145 SA	1,61	13,09
TEG126-40A	2,46	13,15

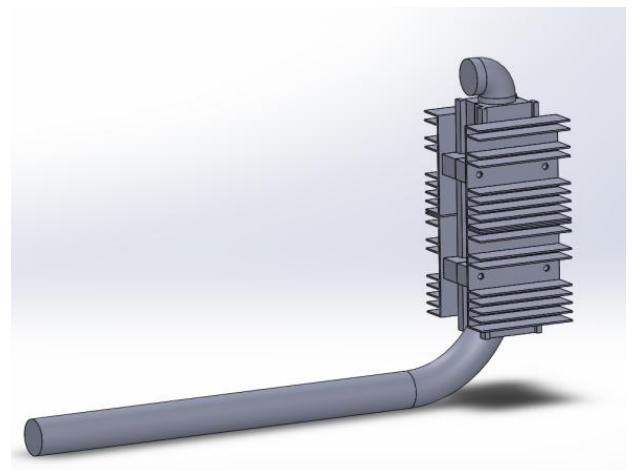
Dari hasil pengujian modul *Thermoelectric Generator* diatas, maka dapat diputuskan penggunaan jumlah modul *Thermoelectric generator* sebanyak 10 buah.

3.4. Perancangan Sistem Generator dengan Solidworks

Pemilihan material untuk *heat sink* menggunakan material aluminium alloy seri 7075. Pada paduan 7075, yang merupakan bahan baku pembuatan pesawat terbang, memiliki kandungan sebesar 5,5% Zn, 2,5% Mg, 1,5% Cu, dan 0,3% Cr. Dalam industri pesawat terbang, material yang banyak digunakan untuk membuat komponen pesawat terbang adalah aluminium 7075 T6. Aluminium ini banyak diaplikasikan pada bagian *front spar, stabilizer, frame* atau bagian dari komponen pesawat terbang yang membutuhkan kekuatan beban lebih. Material aluminium seri 7075 ini digunakan karena material ini mempunyai kekuatan (*stiffness*) yang lebih kuat dibandingkan seri dibawahnya seperti seri 5052 dan 6061. Penggunaan material aluminium berseri rendah akan mempersulit dalam proses *machining* karena mempunyai *stiffness* yang rendah. Hal itu membuat aluminium berseri rendah tidak mudah untuk dibentuk karena mudah hancur ketika di proses.

Pendinginan pada sisi dingin dari *thermoelectric generator* dibantu melalui penggunaan sirip-sirip yang berbahan aluminium (*Cold Sink*). Langkah-langkah Pendesainan :

1. Menggambar modul *thermoelectric generator* sesuai *thermoelectric* modul yang sudah dipilih.
2. Menggambar pipa leher knalpot dengan tujuan sistem tersebut dapat di *assembly* menjadi satu sistem yang dapat dipasang pada pipa leher knalpot.
3. Menggambar *cold sink* yang berfungsi sebagai pendingin pada sisi dingin dari *thermoelectric generator*.
4. Menggambar *heat sink* yang didesain secara khusus
5. Merakit komponen-komponen di atas menjadi satu kesatuan sistem pemanfaatan panas gas buang sepeda motor untuk pengisian daya baterai *handphone*.



Gambar 1. Desain sistem generator

3.5. Manufaktur Sistem Generator

Proses manufaktur pada sistem pemanfaatan panas gas buang sepeda motor untuk pengisian daya baterai terjadi pada *heat sink* dari sistem tersebut. *Heat sink* tersebut mempunyai pola bentuk tertentu sehingga memerlukan proses *machining* dalam pembuatannya. Proses *machining* yang dapat dilakukan dengan menggunakan mesin bubut dan mesin *milling*. Proses *machining* ini diperlukan untuk mencapai bentuk yang diinginkan. Proses-proses *machining* yang dilakukan:

1. Proses *Milling* dilakukan untuk gerakan pemakanan pada balok tersebut. Gerakan pemakanan ini akan membuat sebuah kontur yang sesuai dengan desain yang kita buat.



Gambar 2. Hasil pemakanan aluminium dengan proses *Milling*

2. Proses pemakanan dengan mesin bubut tersebut akan menghasilkan lubang berbentuk lingkaran dengan diameter sebesar diameter pipa leher knalpot. Setelah terciptanya lubang sebesar diameter pipa leher knalpot, dilakukan pemotongan sejajar sumbu x pada sumbu z sehingga didapat 2 balok yang mempunyai tinggi yang sama.



Gambar 3. Hasil pemakanan aluminium dengan proses *turning*

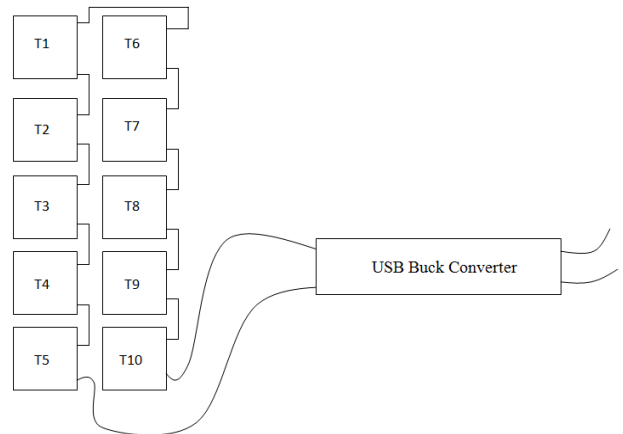
3.7. Proses *Assembly* Sistem Generator

Setelah proses manufaktur tersebut selesai, proses *assembly* dilakukan :

1. Bagian *cold sink* dari modul sistem didapatkan dengan cara membeli *cold sink* tersebut di toko elektronik. *Cold sink* berbahan aluminium tersebut sangat mudah dijumpai pada toko-toko elektronik. Pemilihan *cold sink* bermaterial aluminium dikarenakan sifat aluminium yang dapat menyerap panas dengan baik dan dapat melepaskan panas ke lingkungan dibantu dengan aliran angin. Setelah mendapatkan *cold sink* tersebut, pengeboran untuk lubang baut dilakukan disesuaikan dengan lubang baut pada *heat sink* supaya *heat sink* dan *cold sink* dapat dibaut menjadi satu sistem.
2. *Heat sink* dari sistem di tempelkan pada leher pipa knalpot dan dibaut dengan *heat sink* satunya sehingga *heat sink* tersebut menyelimuti leher pipa dari knalpot.
3. Langkah selanjutnya menempelkan modul *thermoelectric generator* pada *heat sink*.
4. Setelah modul *thermoelectric generator* ditempelkan, mengoleskan *thermal paste* pada permukaan sisi dingin dari modul tersebut.
5. Merangkai 10 modul *thermoelectric generator* secara seri.
6. Setelah itu dilakukan pemasangan *cold sink* dengan cara membaut *cold sink* pada lubang baut yang sudah disediakan pada *heat sink*.
7. Menyambungkan kabel-kabel *Thermoelectric Generator* secara seri, setelah itu menghubungkan kabel modul tersebut ke *USB Buck Converter*.



Gambar 4. Sistem generator yang menempel pada motor



Gambar 4. Rangkaian dari sistem generator

3.8. Proses Pengujian dan Pengukuran Output Sistem Generator

Pengujian model sistem pemanfaatan gas buang sepeda motor untuk pengisian daya baterai *handphone* dilakukan menggunakan AVO meter. Pengambilan data dari pengujian dan pengukuran sistem model ini dilakukan dengan kondisi stasioner dan motor dijalankan. Motor akan dijalankan dengan dengan variasi kecepatan 20 km/h, 40 km/h, dan 60 km/h. Pemilihan variasi kecepatan tersebut dipertimbangkan dari kecepatan motor yang diijinkan saat dikendarai di dalam kota. Prosedur pengambilan data dari pengujian dan pengukuran sistem model dengan kondisi stasioner yaitu :

1. Menyalakan mesin motor dan membiarkan putaran mesin dalam keadaan stasioner.
2. Memasang Avometer sebelum rangkaian USB *Buck Converter* tersebut secara paralel untuk mengukur tegangan inputnya.
3. Mengukur besar tegangan *input* sampai avometer menunjukkan angka yang konstan dan tidak berubah lagi.
4. Setelah mendapatkan besar tegangan *input* yang konstan, mengukur besar arus *input* yang dihasilkan dengan cara memasang avometer secara seri sebelum rangkaian USB *Buck Converter*.
5. Memasang Avometer sesudah rangkaian USB *Buck Converter* tersebut secara paralel untuk mengukur tegangan inputnya.
6. Setelah mendapatkan besar tegangan input yang konstan, mengukur besar arus *input* yang dihasilkan dengan cara memasang avometer secara seri sesudah rangkaian USB *Buck Converter*.

Mengulangi prosedur diatas dengan kondisi motor dijalankan dengan kecepatan 20 km/h, 30 km/h, dan 40 km/h.

4. Hasil dan Pembahasan

Tabel 4. Hasil pengujian sistem generator yang menggunakan *heat sink*

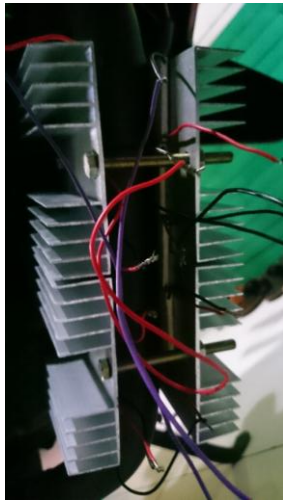
Temp. Hot Side <i>Thermoelectric Generator</i> (°C)	V (km/h)	Output <i>Thermoelectric Generator</i>		Output USB <i>Buck Converter</i>	
		I (mA)	V (V)	I (mA)	V (V)
129,4	idle	1,98	2,12	-	-
146,7	20	10,34	4,91	-	-
162,5	30	11,78	5,87	-	-
171,9	40	12,89	6,15	-	-

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa sistem generator yang menggunakan aluminium sebagai *heat sink* pada keadaan stasioner hanya dapat menghasilkan tegangan sebesar 2,12 V dengan besar temperatur sisi panas dari *Thermoelectric Generator* yaitu 129,4 °C. Tegangan yang dihasilkan pada keadaan stasioner masih belum mencukupi tegangan yang dibutuhkan untuk pengisian daya baterai *handphone* sebesar 5 V. Pada kondisi motor dijalankan dengan kecepatan 20 km/h dan besar temperatur sisi panas dari *Thermoelectric Generator* sebesar 146,7 °C, tegangan yang didapatkan sebesar 4,91 V dan arus sebesar 10,34 mA. Tegangan tersebut masih juga belum mencukupi tegangan minimum baterai untuk melakukan pengisian daya. Pada kondisi kecepatan 30 km/h dan 40 km/h dihasilkan tegangan sebesar 5,87 V dan 6,15 V dengan besar temperatur sisi panas dari *Thermoelectric Generator* sebesar 162,5 °C dan 171,9°C, sedangkan arus yang dihasilkan sebesar 11,78 mA dan 12,89 mA .

Untuk itu dilakukan percobaan menggunakan sistem generator tanpa menggunakan *heat sink*. Didapatkan hasil percobaan sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil pengujian sistem generator tanpa menggunakan *heat sink*

Temp. Hot Side <i>Thermoelectric Generator</i> (°C)	V (km/h)	Output <i>Thermoelectric Generator</i>		Output USB <i>Buck Converter</i>	
		I (mA)	V (V)	I (mA)	V (V)
142,6	idle	13,15	4,60	-	-
160,3	20	14	9,25	85,4	5
178,5	30	14,2	10,12	106,1	4,99
190,2	40	14,3	11,2	122,1	5



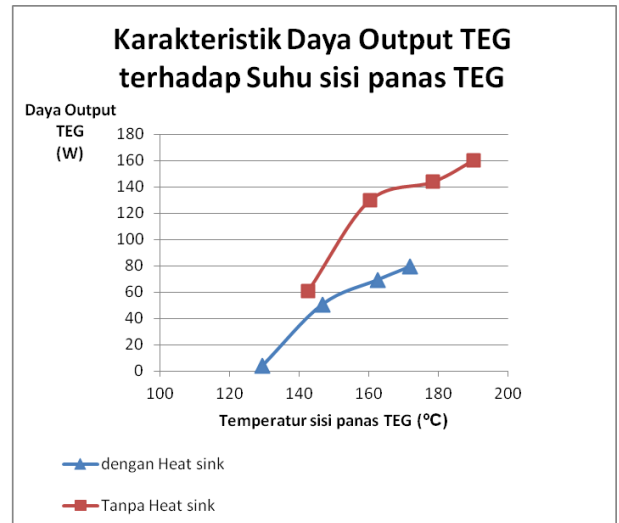
Gambar 4. Sistem generator tanpa *heat sink* alumunium

Pada saat motor dalam keadaan dengan besar temperatur sisi panas dari *Thermoelectric Generator* yaitu 142,6 °C, sistem generator menghasilkan tegangan sebesar 4,6 V dan arus sebesar 13,15 mA

Pada keadaan motor dijalankan pada kecepatan 20 km/h dengan besar temperatur sisi panas dari *Thermoelectric Generator* yaitu 160,3 °C, tegangan dan arus yang dihasilkan sebesar 9,25 V dan 14 mA. Tegangan dan arus yang dihasilkan pada kondisi motor dijalankan dengan kecepatan 20 km/h dapat diubah oleh USB *Buck Converter* menjadi tegangan *output* sebesar 5 V dan arus sebesar 85,4 mA

Pada kondisi motor dijalankan dengan kecepatan 30 km/h dengan besar temperatur sisi panas dari *Thermoelectric Generator* yaitu 178,5 °C, didapatkan tegangan dan arus sebesar 10,12 V dan 14,12 mA. Tegangan dan arus yang dihasilkan pada kecepatan 30 km/h ini dapat diubah oleh USB *Buck Converter* menjadi tegangan *output* sebesar 5 V dan arus sebesar 122,1 mA pada percobaan 1.

Pada kondisi motor dijalankan dengan kecepatan 40km/h dengan besar temperatur sisi panas dari *Thermoelectric Generator* yaitu 190,2 °C, didapatkan tegangan dan arus sebesar 11,2 V dan 14,3. Tegangan dan arus yang dihasilkan pada kecepatan 40 km/h ini dapat diubah oleh USB *Buck Converter* menjadi tegangan *output* sebesar 5 V dan arus sebesar 122,1 mA.



Gambar 5. Grafik karakteristik daya *output* TEG terhadap temperatur sisi panas TEG

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa daya *output* yang dihasilkan *Thermoelectric Generator* melalui sistem model generator yang menggunakan *heat sink* lebih kecil dibandingkan hasil *output* dari model sistem generator tanpa menggunakan *heat sink*. Hal itu disebabkan karena ada beberapa sisi *heat sink* terekspos aliran udara ketika motor dijalankan. Hal itu menyebabkan perpindahan panas yang terjadi pada leher knalpot berfokus ke sisi yang terekspos aliran udara karena sisi yang terekspos secara otomatis mengalami pendinginan. Panas leher knalpot yang dihasilkan tidak merambat ke arah sisi panas dari *Thermoelectric Generator* tetapi merambat ke arah sisi *heat sink* yang terkena aliran angin sehingga panas yang diterima *thermoelectric generator* tidak maksimal.

Hasil *Output* model sistem generator menggunakan *heat sink* berupa arus dan tegangan yang didapatkan sistem generator tersebut pada kondisi putaran mesin stasioner dan kecepatan 20 km/h, 30 km/h, 40 km/h ternyata tidak dapat menjadi tegangan dan arus *input* USB *Buck Converter*. Dari grafik diatas, daya *output* yang dihasilkan *thermoelectric generator* tersebut sangat kecil sehingga daya yang akan digunakan untuk pengisian baterai handphone juga kecil. Arus *output* dari USB *buck converter* yang dihasilkan tidak mencukupi untuk pengisian baterai *handphone*. Tegangan dan arus *output thermoelectric generator* yang dimasukkan kedalam USB *Buck Converter* masih belum dapat diubah menjadi tegangan *ouput* USB *Buck Converter* sebesar 5 V. Daya yang masuk kedalam USB *Buck Converter* terlalu kecil sehingga alat tersebut mengubah tegangan *output* menjadi 5 V dengan besar arus yang sangat kecil. Maka dibutuhkan tegangan *input* yang lebih tinggi supaya daya yang dimasukkan kedalam alat tersebut juga besar. Tegangan *input* yang lebih dari 5 V dapat dikonversikan melalui alat tersebut menjadi 5 V dan sisanya diubah untuk menguatkan arus listrik yang dihasilkan untuk pengisian daya baterai.



Gambar 4. Pengisian Baterai *handphone* berhasil dengan sistem Generator

Hasil percobaan sistem generator tanpa menggunakan *heat sink* alumunium memberikan hasil tegangan dan arus yang lebih baik dibandingkan sistem generator menggunakan alumunium. Sistem generator tanpa menggunakan *heat sink* alumunium dapat menghasilkan tegangan input sebesar 11,2 V dan arus *output* sebesar 122,1 mA pada kecepatan 40 km/h. Hasil percobaan yang lebih baik tersebut disebabkan karena perpindahan panas yang terjadi dari leher knalpot ke sisi panas maksimal. Panas yang diterima oleh sisi panas *thermoelectric generator* sesuai dengan panas yang dihasilkan oleh leher knalpot. Tidak adanya penghambat aliran panas menyebabkan panas yang berpindah dari leher knalpot ke sisi panas *thermoelectric generator* terjadi maksimal. Dengan semakin besar kecepatan motor yang dijalankan menyebabkan pendinginan pada sisi dingin *thermoelectric generator* menjadi semakin baik. Terjadi perbedaan suhu yang semakin besar antara sisi panas dan sisi dingin *thermoelectric generator* sehingga tegangan dan arus yang dihasilkan semakin besar.

5. Kesimpulan

Perancangan sistem pemanfaatan panas gas buang sepeda motor dengan modul generator thermoelektrik dapat digunakan untuk pengisian baterai *handphone*.

1. *Thermoelectric generator* memanfaatkan prinsip perbedaan temperatur antara sisi dingin dan sisi panas. Sisi panas memanfaatkan panas dari leher knalpot dan sisi dingin akan didinginkan dengan aliran udara yang melewati sirip-sirip alumunium.
2. Dengan menggunakan 10 keping *thermoelectric generator* yang dirangkai secara seri menghasilkan tegangan 11,2 V dan 14,2 mA pada kondisi kecepatan 40 km/h. Tegangan dihasilkan akan diubah oleh USB Buck Converter menjadi tegangan 5V. Arus yang dihasilkan oleh USB *Buck converter* sebesar 122,1 mA pada kondisi kecepatan 40 km/h.

6. Daftar Pustaka

1. Sugiyanto. (2013). Pemanfaatan Panas Knalpot Sepeda Motor Matic 110 CC. 8.
2. Sugiyanto, Umam, M. T., & Suciawan, E. (2015). Forum Teknik Vol 36. *Rancang Bangun Konstruksi TEG (Thermoelectric Generator) Pada Knalpot Sepeda Motor untuk Pembangkit Listrik Mandiri* , 56-63.
3. Harwin Saptoadi, Sugiyanto, 2012, *Thermoelectric Generator as an additional Energy Source for Motorcycle Engine*, Proceeding of 5th Regional Conference on New and Renewable Energy, Hanoi, Vietnam
4. Vargas-Almeida, A., Olivares-Robles, M. A., & Camacho-Medina, P. (2013). Thermoelectric System in Different Thermal and Electrical Configurations: Its Impact in the Figure of Merit. *Entropy* , 2163-2180.
5. Vargas-Almeida, A., Olivares-Robles, M. A., & Lavielle, F. M. (2015). Performance of a Composite Thermoelectric Generator with Different Arrangements of SiGe, BiTe and PbTe under Different Configurations. *Entropy* , 7388-7405.