

PEMANFAATAN PANAS GAS BUANG MESIN DIESEL SEBAGAI ENERGI LISTRIK

Sherly Klara

*Dosen Program Studi Teknik Sistem Perkapalan
Jurusan Perkapalan - Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino, Bontomarannu, Kabupaten Gowa
Telp. 081355823265, e-mail: elikapal@yahoo.com*

Sutrisno

*Mahasiswa Program Studi Teknik Sistem Perkapalan
Jurusan Teknik Perkapalan - Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea Makassar, Sulsel 90245*

Abstrak

Pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi saat ini mulai ramai dikembangkan. Salah satunya adalah termoelektrik generator. Termoelektrik generator memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan tidak menimbulkan polusi sehingga sangat ramah lingkungan. Prinsip dasar dari termoelektrik generator adalah memanfaatkan perbedaan suhu yang terjadi di lingkungan menjadi energi listrik. Pada penelitian ini digunakan beberapa peltier yang disusun secara seri maupun parallel pada kondisi putaran mesin variasi mulai dari 1000 RPM sampai 2500 RPM yang bertujuan untuk mengetahui besar energi listrik yang dapat dihasilkan dari perbedaan temperatur pada panas mesin utama kapal hasil pembakaran yang terbuang dengan suhu kamar mesin. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebuah peltier mampu menghasilkan maksimal daya pada kondisi putaran mesin 2500 RPM dengan perbedaan suhu 39 °C sebesar 0,84 Watt, dan susunan 6 buah peltier dirangkai seri memiliki daya yang lebih besar dibandingkan susunan peltier secara parallel pada kondisi putaran mesin yang sama yaitu sebesar 68.88 Watt. Ini menunjukkan sinkronisasi antara perbedaan suhu yang terjadi pada kedua sisi peltier dengan daya listrik yang dihasilkan pada peltier.

Kata Kunci

Termoelektrik, peltier, susunan seri, susunan parallel, perbedaan suhu, putaran mesin, daya.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi saat ini mulai ramai dikembangkan. Salah satunya adalah *thermoelectric generator*. *Thermoelectric generator* memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan tidak menimbulkan polusi sehingga sangat ramah lingkungan. Prinsip dasar dari *thermoelectric generator* adalah memanfaatkan perbedaan suhu yang terjadi di lingkungan menjadi energi listrik.

Di dalam kapal, terutama dalam kamar mesin terdapat banyak sekali komponen yang menghasilkan panas dari hasil pembakaran (*exhaust gas*) yang terbuang percuma. Pada

Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik

mesin utama kapal *efisiensi termal* yang optimal yang bisa dimanfaatkan hanya sekitar 25-30%, sedangkan sisanya terbuang dalam berbagai bentuk seperti 30-35% terbuang sebagai gas buang (*Perpustakaan Digital Politeknik Negeri Bandung*). Tentunya persentase gas buang tersebut memiliki potensi panas yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi baru menggunakan *thermoelectric generator*.

Termoelektrik generator menggunakan sebuah elemen yang disebut *peltier*. Elemen *peltier* pada awalnya banyak digunakan sebagai pendingin CPU computer maupun sebagai pendingin pada *minicoolbox*. Namun seiring perkembangannya yang berdasar pada hasil penelitian yang dilakukan *Thomas Johann Seebeck* (bahwa sebuah jarum kompas akan dibelokkan ketika sebuah rangkaian tertutup yang tersusun dari dua logam yang saling berhubungan di dua tempat dengan perbedaan temperatur antara sambungan yang membuat arus pada rangkaian, dan menghasilkan medan magnet) kini *elemen peltier* banyak digunakan sebagai pembangkit listrik. Termoelektrik terbuat dari *solid state material* (material zat padat) yang dapat mengkonversi energi dari perbedaan temperatur ke beda potensial (efek *Seebeck*), atau dari arus listrik menjadi perbedaan temperature (efek *Peltier*).

TINJAUAN PUSTAKA

Termoelektrik

Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai. Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika material termoelektrik dialiri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan terserap. Dengan demikian, untuk mendinginkan udara, tidak diperlukan kompresor pendingin seperti halnya di mesin-mesin pendingin konvensional.

Untuk keperluan pembangkitan listrik tersebut umumnya bahan yang digunakan adalah bahan semikonduktor. Semikonduktor adalah bahan yang mampu menghantarkan arus listrik namun tidak sempurna. Semikonduktor yang digunakan adalah semikonduktor tipe n dan tipe p. Bahan semikonduktor yang digunakan adalah bahan semikonduktor ekstrinsik. Persoalan untuk Termoelektrik adalah untuk mendapatkan bahan yang mampu bekerja pada suhu tinggi.

Sistem Konversi Energi Panas dengan Termoelektrik

Elemen *peltier* adalah merupakan bagian terpenting dari *thermoelectric generator*, kedua sisi yang terbuat dari keramik memiliki fungsi sebagai sisi panas dan sisi dingin yang kemudian menghasilkan arus positif dan negatif.

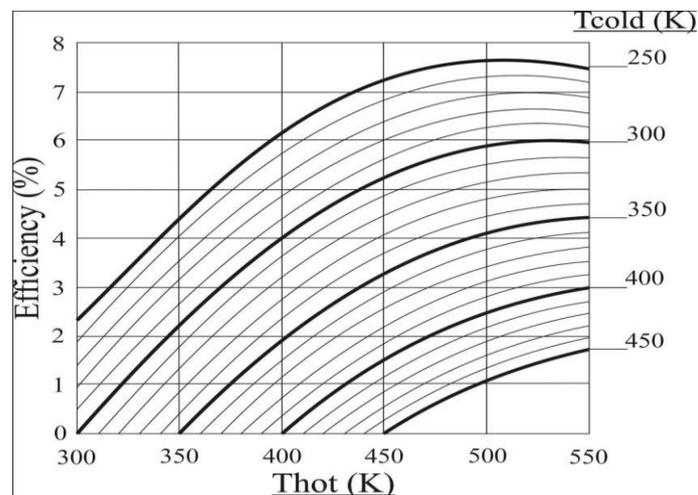
Jika nilai tegangan (V) dan arus (I) telah didapatkan, besar daya *peltier* dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$P = I \times V \quad (1)$$

Dimana:

- P = Daya (Watt)
- I = Arus (Ampere)
- V = Tegangan (Volt)

Sedangkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh *J. Richard Buist and Paul G. Lau* [2], parameter tegangan (V/V_{maks}), arus (I/I_{maks}) yang diperoleh dari pembacaan grafik jika nilai ΔT telah diketahui. Sehingga besar daya (P) dapat ditentukan. Berikut grafik Efisiensi *peltier*:



Gambar 1.
Grafik efisiensi maksimal *peltier*.

Grafik di atas menunjukkan nilai efisiensi dari sebuah *peltier* yang dapat ditentukan dengan memasukkan nilai temperatur pada kondisi panas dan temperatur yang lebih dingin. Dan dapat juga ditentukan jika nilai arus (I), tegangan (V) dan banyaknya kalor yang masuk (Q_{hot}).

Diperoleh nilai efisiensi maksimal *peltier* (E_{maks}):

$$E_{maks} = \text{efisiensi} (\%)$$

Menggunakan persamaan sebagai berikut:

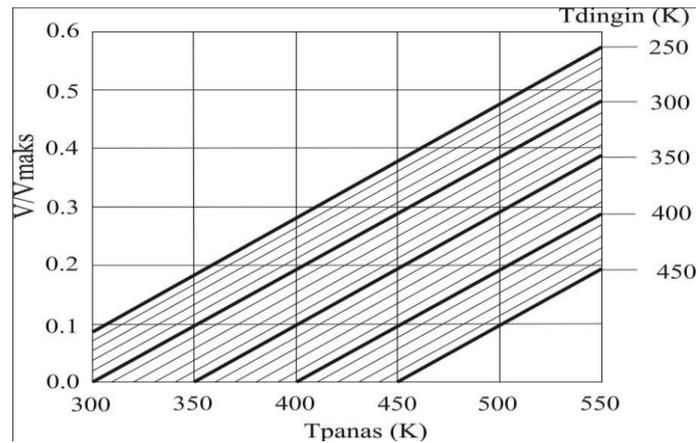
$$E = \frac{I \times V}{Q_{hot}} \quad (2)$$

Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik

Banyaknya kalor yang masuk (Q_{hot}) dapat di tentukan yaitu :

$$Q_{\text{hot}} = \frac{I \times V}{E} \quad (3)$$

Berikut grafik hubungan antara suhu dan tegangan:

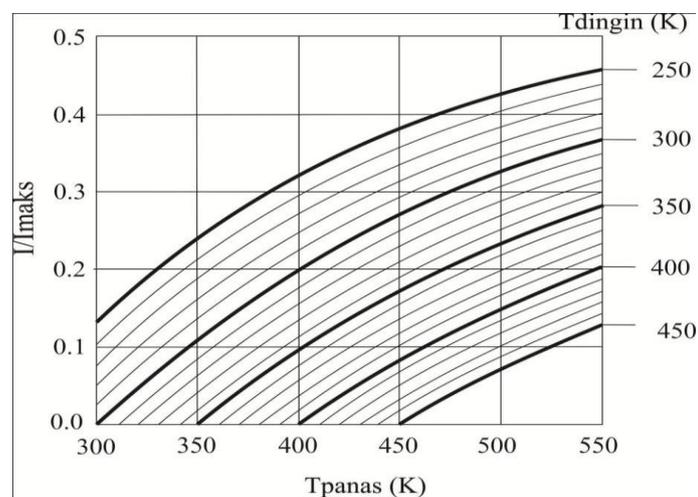


Gambar 2.
Hubungan suhu dengan V (tegangan).

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara perbedaan suhu dengan besar nilai (Tegangan). Jika hanya diketahui besar nilai temperturnya maka dapat ditentukan besar tegangannya dengan persamaan di bawah:

$$V = \frac{V}{V_{\text{maks}}} \times V_{\text{maks peltier}} \quad (4)$$

Berikut grafik hubungan antara suhu dan arus:



Gambar 3.
Grafik hubungan suhu dengan I (arus).

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara perbedaan suhu dengan besar nilai (Arus). Jika hanya diketahui besar nilai temperaturnya maka dapat ditentukan besar arusnya dengan persamaan di bawah:

$$I = \frac{I}{I_{maks}} \times I_{maks\ peltier} \quad (5)$$

Sistem Penyimpanan Daya

Dalam merancang sistem penyimpanan daya dibutuhkan pemahaman tentang berbagai hal yang mendukung diantaranya adalah termoelektrik, baterai, inverter dan solar charge controller

- **Termoelektrik**

Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan Efek *Seebeck* yaitu jika 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain. Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai.

- **Akumulator (*accu* atau aki)**

Akumulator (*accu* atau aki) adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Contoh dari akumulator adalah baterai dan kapasitor. Di dalam standar internasional setiap satu cell akumulator memiliki tegangan sebesar 2 volt, sehingga akumulator 12 volt memiliki 6 cell sedangkan akumulator 24 volt memiliki 12 cell.

- **Inverter**

Inverter adalah sebuah alat yang mengubah listrik arus searah (DC) untuk *alternating current* (AC), AC dapat dikonversi pada setiap tegangan yang diperlukan dan frekuensi dengan menggunakan transformator yang tepat, switching, dan sirkuit kontrol. Ada beberapa tipe inverter yang ada sekarang ini, yang hanya menghasilkan tegangan keluaran kotak bolak-balik (*push-pull inverter*) sampai yang sudah bisa menghasilkan tegangan sinus murni (tanpa harmonisa). Inverter satu fasa, tiga fasa sampai dengan multifasa dan ada juga yang namanya inverter multilevel (kapasitor *split*, diode *clamped* dan susunan kaskade).

- **Solar Charge Controller**

Solar charger controller adalah sebuah alat untuk mengatur tegangan yang masuk ke battery Fungsi dari *solar charge controller* memiliki fungsi yaitu untuk mengatur agar tidak terjadi over charger atau kelebihan pengisian yang dilakukan *peltier* ke baterai.

Secara garis besar system kerja termoelektrik adalah energi panas dikonversi menjadi energi listrik dimana daya dari hasil pengkonversian tersebut akan di alirkan ke baterai.

Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik

Kemudian charging baterai ini akan di kontrol oleh *solar charge controller* untuk indikasi baterai telah dalam kondisi penuh atau tidak. Daya yang tersimpan pada baterai kemudian bisa digunakan dengan menggunakan inverter.

Sistem Pembuangan pada Mesin Diesel

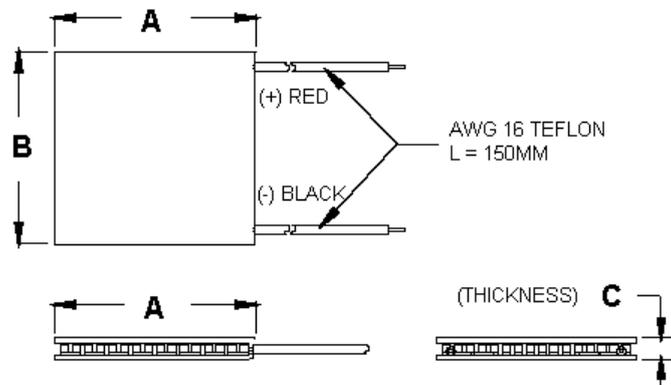
Sistem pembuangan (*exhaust system*) terdiri dari *exhaust manifold*, *exhaust pipe* (knalpot) dan *muffler*. *Exhaust manifold* menampung gas bekas dari silinder dan mengeluarkan ke udara melalui knalpot. *Muffler* menyerap bunyi yang disebabkan oleh keluarnya gas bekas. Sistem exhaust termasuk juga katalitik konverter, dimana gas bekas dibersihkan sebelum dikembalikan ke udara.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini diperlukan:

a. Elemen *peltier*

Elemen *peltier* merupakan bagian terpenting dari prinsip termoelektrik generator. Elemen *peltier* yang digunakan pada penelitian ini memiliki batasan maksimal tegangan 15,4 volt dan arus 6 ampere yang terbuat dari bahan ceramic material Alumina (Al_2O_3) yang mampu menahan suhu hingga $138^{\circ}C$, dan memiliki ukuran seperti digambarkan di bawah ini:



Gambar 4.

Ukuran *peltier* yang digunakan.

b. *Heatsink*

Pada penelitian ini menggunakan *heatsink* yang digunakan sebagai penghantar panas dari pipa buang mesin ke sisi panas *peltier* dan juga dari sisi dingin *peltier* ke udara bebas. Selain itu *heatsink* berfungsi sebagai media penyimpanan elemen *peltier* yang digunakan agar elemen *peltier* tidak bersentuhan langsung dengan pipa buang mesin.

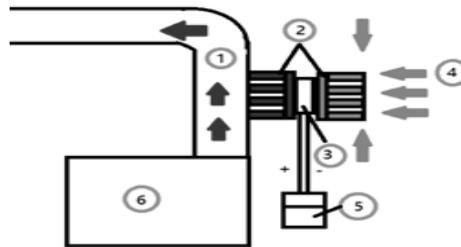
c. Termometer

Termometer digunakan untuk mengukur perubahan suhu yang terjadi di *heatsink* pada putaran mesin tertentu. Kedua sisi *heatsink* diukur pada sisi panas dan sisi dinginnya. Termometer yang digunakan adalah termometer air raksa yang memiliki batas ukur maksimal $110^{\circ}C$ dengan berbahan kaca.

d. Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur besar tegangan dan arus yang terjadi pada *peltier*. Arus DC yang dihasilkan elemen *peltier* tunggal, rangkaian seri dan parallel selanjutnya digunakan untuk menentukan besar daya yang dihasilkan.

Alat-alat yang telah disebutkan di atas kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan *thermoelectric generator* yang kemudian dipasangkan pada pipa buang mesin (bagian mesin yang dipilih). Di bawah ini digambarkan skema peletakan alat:



Gambar 5.

Skema peletakan *thermoelectric generator* pada pipa buang mesin.

Keterangan:

1. Pipa pembuangan yang dilewati gas buang hasil pembakaran mesin
2. *Heatsink* (penghantar)
3. Elemen *peltier*
4. Udara kamar mesin
5. Multimeter
6. Mesin Diesel

Metode perhitungan besarnya daya keluaran yang di hasilkan mengacu pada hasil penelitian. Hasil dari penelitiannya adalah performa dari *thermoelectric generator* ditentukan dari parameter-parameter tegangan (V), arus (I), dan daya yang dihasilkan.

Pengambilan data akan dilakukan pada kondisi yang berbeda, yakni:

a. 1 buah *peltier*.

Sebuah *peltier* akan diukur besar tegangan dan arus yang dihasilkan pada empat putaran mesin yang berbeda yang tentunya akan mengalami empat perbedaan suhu pula.

b. 6 buah *peltier* pada susunan seri dan parallel.

Penelitian ini juga akan menentukan besar tegangan dan arus yang dihasilkan lebih dari satu *peltier* yang kemudian disusun secara seri. Dan juga *peltier* akan disusun secara paralel guna menentukan besar tegangan dan arus yang dihasilkan.

Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik

HASIL DAN BAHASAN

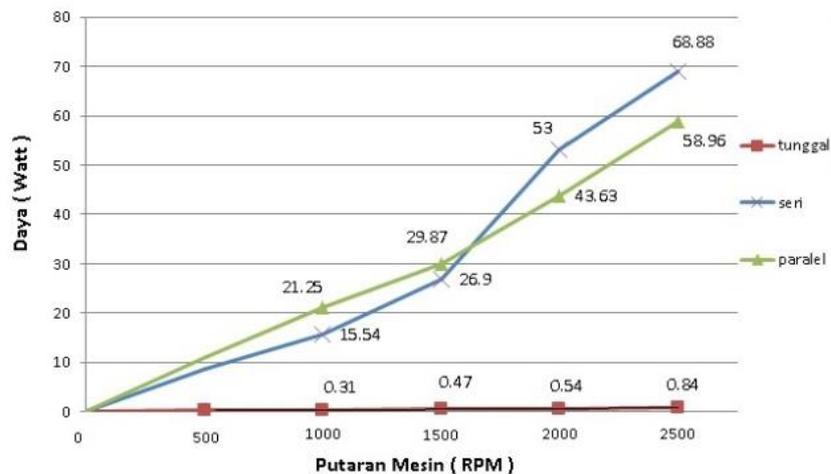
Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh panas dan daya yang dituangkan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 1.

Daya listrik yang dihasilkan oleh *thermoelectric generator*.

No	Putaran Mesin	Rangkaian	Q (W)	Daya (Watt)
1	1000	Tunggal	91164,57	0,31
		Seri	91164,57	15,54
		Paralel	91164,93	21,25
2	1500	Tunggal	82105,6	0,47
		Seri	82105,6	26,9
		Paralel	82105,6	29,87
3	2000	Tunggal	179896,7	0,54
		Seri	179896,7	53
		Paralel	179896,7	43,63
4	2500	Tunggal	161778,8	0,84
		Seri	161778,8	68,88
		Paralel	161778,1	58,96

Dari hasil perhitungan di atas, dapat digambarkan hubungan antara kenaikan putaran mesin terhadap besar daya yang dihasilkan pada masing-masing rangkaian, berikut grafik di bawah ini:



Gambar 6.

Grafik putaran mesin (RPM) dan daya pada rangkaian *peltier*.

Dari gambar 6 diketahui bahwa daya *peltier* yang paling besar dihasilkan pada rangkaian seri jika di bandingkan dengan rangkaian lain pada putaran yang sama. Kenaikan daya yang dihasilkan *peltier* sangat berpengaruh pada kenaikan putaran mesin karena panas yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan kenaikan putaran mesin tersebut. Panas

yang dihasilkan oleh mesin sebagian keluar melalui gas buang sehingga kenaikan putaran mesin akan sangat berpengaruh terhadap suhu gas buang pada knalpot. Hal inilah yang menyebabkan daya listrik yang di konversi oleh *peltier* akan semakin meningkat seiring dengan kenaikan putaran mesin.

Berdasarkan hasil pengolahan data di atas, pada putaran mesin 1000 ,1500, 2000 dan 2500 RPM didapatkan:

- a. Pada kondisi putaran 1000 RPM mesin MITSUBISHI type 4DR50A yang digunakan perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin pada *peltier* tunggal sebesar 24 °C dan menghasilkan daya sebesar 0,31 Watt, sedangkan pada putaran 2500 RPM perbedaan suhu yang terjadi sebesar 39 °C dan menghasilkan daya sebesar 0,84 Watt. Ini menunjukkan bahwa semakin besar perbedaan suhu yang terjadi maka daya dari *peltier* meningkat. Pada *peltier* susunan seri nilai tegangan (V) lebih besar dari nilai arus (I), sedangkan pada *peltier* susunan paralel berlaku sebaliknya. Dari hasil analisis data daya yang dihasilkan *peltier* pada susunan seri lebih besar dibandingkan dengan daya *peltier* pada susunan paralel, yaitu diperoleh daya terbesar yang dapat dihasilkan *peltier* adalah 68,88 Watt pada kondisi putaran mesin 2500 RPM dan perbedaan suhu sebesar 39 °C.
- b. Pada penelitian ini hanya menggunakan *peltier* tipe TEC sehingga menghasilkan daya yang relatif kecil. Nilai efisiensi maksimal yang di dapatkan melalui eksperimen yang terbesar adalah 1,6 % pada putaran 2500 RPM berbeda dengan catalog produk *peltier* Tipe TEC yang digunakan yakni 5%, hal ini bisa disebabkan banyak hal seperti kehilangan panas, pengaruh luas permukaan penerima panas, tidak tercapainya gradient suhu maksimal dan masih banyak lagi lainnya. Tetapi *peltier* telah terbukti mampu mengubah polusi menjadi energi listrik. Elemen *peltier* sangat ramah lingkungan, tidak menimbulkan suara serta mampu bekerja mengubah tiap derajat temperatur yang terbuang selama 200.000 jam. Elemen *peltier* tipe TEG yang memiliki dimensi sama dengan elemen *peltier* tipe TEC bahkan mampu bekerja pada suhu 300°C dan menghasilkan daya yang lebih besar. Termoelektrik generator dengan elemen *peltier* di dalamnya bersifat portable, dimana saja ada panas yang terbuang maka termoelektrik generator menjadikannya lebih bermanfaat.

SIMPULAN

Daya terkecil dan terbesar yang dapat dihasilkan 1 buah *peltier* dengan perbedaan temperatur sisi panas dan dingin 24 °C pada putaran 1000 RPM dan 39°C pada putaran 2500 RPM adalah 0.31 Watt dan 0,84 Watt. Daya yang dapat dihasilkan 6 buah *peltier* disusun seri dengan perbedaan temperatur sisi panas dan dingin masing–masing 24 °C, 27 °C, 33 °C dan 39 °C adalah 15,54 Watt, 26,9 Watt, 53,1 Watt dan 68,88 Watt dan daya yang dapat dihasilkan 6 buah *peltier* disusun Paralel dengan perbedaan temperatur sisi panas dan dingin masing–masing 24 °C, 27 °C, 33 °C dan 39 °C adalah 21,25 Watt , 29,87 Watt , 43,63 Watt dan 58,96 Watt.

Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik

Cara memanfaatkan energi panas buang pada mesin diesel MITSUBISHI type 4DR50A yaitu rangkaian termoelektrik dipasang pada sisi knalpot, semakin banyak *peltier* yang digunakan maka semakin besar daya yang bisa dihasilkan melalui rangkaian termoelektrik.

DAFTAR PUSTAKA

- J. Richard Buist and Paul G. Lau. *Thermoelectric Power Generator Design and Selection from TE Cooling Module Specifications*. TE Technology, Inc., 1590 Keane Drive, Traverse City, MI 49686 USA.
- Supri, Pratiwi Oktaviani, Andreas Setiawan. *Panen energi listrik diantara sungai dan matahari: gagasan pemanfaatan termoelektrik di kalimantan barat*, program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro 52-60, Salatiga 50711, Jawa Tengah, Indonesia.
- Susilo, Danang., Rusminto Tj.W., Eng., dan Agus Indra G. *Peningkatan Daya Keluaran Sel Surya dengan Penjejak Matahari dan Pemantulan Cahaya Matahari sebagai Sumber Daya Pendukung Perusahaan Listrik Negara (PLN)*, Sub judul: Penjejak Matahari Berbasis Sensor Cahaya dan Waktu. Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya.
- Alemi, H., Aghanajafi, C., Kashi, A., *Optimization and Investigation of Multi-Stage Thermoelectric Generation System With Particle Swarm Optimizaton (PSO)*, Toosi University of Technology Iran, 2013.