

Penerapan Termoelektrik Modul Peltier Dengan Fin Sejajar Pada Exhaust Manifold Sepeda Motor

Dyah Arum Wulandari, MT.*, Sugeng Sutrisna, dan Wardoyo, MT.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
Jl. Rawamangun Muka No.1 Jakarta 13220

dyah.arum.wulandari@gmail.com

Abstrak

Minyak bumi sebagai sumber utama bahan bakar semakin menipis sedangkan energi alternatif hingga kini belum bisa menggantikan secara total peran dari energi tak terbarukan. Dengan berpatokan pada 3E, yaitu energi, ekonomi dan ekologi, berbagai penemuan konversi energi tepat guna ditemukan dengan memanfaatkan energi terbuang semaksimal mungkin, dengan biaya yang rendah dalam pemanfaatan energi serta berdampak minimal terhadap lingkungan. Untuk mencapai hasil tersebut, terdapat prinsip konversi energi panas ke listrik yang disebut teori Peltier dimana kini menjadi perangkat bernama modul termoelektrik yang terdiri dari dua macam yakni *Thermoelectric Cooler* dan *Thermoelectric Generator*. *Thermoelectric Cooler* yang didasarkan pada teori Peltier memiliki nama modul Peltier. Walaupun pada dasarnya perangkat ini akan menghasilkan temperatur panas dan dingin pada kedua sisinya jika dialiri arus listrik, tapi pada intinya perangkat ini bersifat *reversible*. Penulis mencoba memanfaatkannya sebagai pembangkit tenaga listrik di sepeda motor sehingga dapat menambah efisiensi dari konsumsi bahan bakar. Penelitian ini bertujuan membuat model alat konversi energi dari panas ke listrik menggunakan termoelektrik modul Peltier tipe TEC 12706. Metode eksperimen di laboratorium digunakan untuk menentukan nilai perhitungan, jenis-jenis bahan yang digunakan dan model yang ditentukan. Lalu melakukan pengujian dan menerapkannya dengan simulasi dan kondisi kendaraan statis tetapi menggunakan pendinginan eksternal dengan blower. Kegunaan termoelektrik TEC 12706, sirip pendingin, profil segitiga aluminium adalah sebagai konverter energi panas menjadi energi listrik. Sementara itu exhaust knalpot motor sport digunakan sebagai sumber panas. Dengan itu, divariasikan pada putaran mesin dan kecepatan pendinginan udara. Hasil yang diperoleh adalah pada kecepatan angin 4,7 m/s maka daya maksimal yang dihasilkan adalah 28,63 W. Sementara untuk kecepatan 5,7 m/s adalah 32,34 Watt dan untuk kecepatan 7,2 m/s adalah 35,08 Watt. Kedepannya, diharapkan bisa diterapkan dengan model, dan bentuk sirip pendingin yang lebih sempurna supaya bisa diterapkan secara massal pada kendaraan bermotor dan menambah nilai efisiensi bensin dengan memanfaatkan energi panas yang terbuang.

Keywords: termoelektrik modul Peltier, sirip pendingin, profil segitiga aluminium, exhaust manifold, pendinginan eksternal.

Pendahuluan

Dunia industri otomotif saat ini sedang menuju krisis energi. Minyak bumi sebagai sumber utama bahan bakar semakin menipis sedangkan energi alternatif hingga kini belum bisa menggantikan secara total peran dari energi tak terbarukan. Di sisi lain, proses produksi energi yang dihasilkan dari minyak bumi belum dapat dimaksimalkan. Seperti energi panas yang dihasilkan dari setiap motor bakar yang dilepaskan begitu saja tanpa adanya usaha pemanfaatan ulang.

Seperti yang diberitakan dari situs berita digital, *Tempo Interaktif*. Sampai awal tahun 2011 konsumsi bahan bakar mengalami kenaikan sebanyak 3,2 juta kilo liter dari kuota 38,5 juta kilo liter yang

dialokasikan pemerintah. Jika dibandingkan pada waktu yang sama pada tahun lalu, kenaikan konsumsi bahan bakar tersebut menyentuh angka 6,09%. Melihat tren kenaikan konsumsi bahan bakar ini dipicu karena kenaikan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sebanyak 6%.

Melihat perkembangan jumlah kendaraan yang semakin tinggi dan terbatasnya jumlah bahan bakar yang ada, tentunya efisiensi bahan bakar yang menyangkut energi sangat diperlukan. *Green Technology* bisa menjadi jawaban atas menipisnya cadangan minyak bumi. Energi yang dikeluarkan oleh kendaraan harus bisa dimanfaatkan kembali.

Berbagai upaya sudah dilakukan para peneliti. Dengan berpatokan pada 3E, yaitu energi, ekonomi

dan ekologi berbagai penemuan konversi energi tepat guna ditemukan. Intinya harus bisa memanfaatkan energi semaksimal mungkin dari yang terbuang, dengan biaya yang rendah dalam pemanfaatan energi serta mempunyai dampak minimal terhadap lingkungan.

Untuk mencapai hasil penemuan tersebut, terdapat prinsip konversi energi panas ke listrik yang ditemukan oleh Jean Charles Peltier. Teori Peltier tersebut dikembangkan dan kini menjadi perangkat yang bernama modul termoelektrik. Salah satu jenis modul termoelektrik yang dibuat yakni *Thermoelectric Cooler*.

Gambar 1 yang didasarkan pada teori Peltier, memiliki nama sesuai dengan penemunya, modul Peltier. Walaupun pada dasarnya perangkat ini akan menghasilkan temperatur panas dan dingin pada kedua sisinya jika dialiri arus listrik, tapi pada intinya perangkat ini bersifat *reversible*. Artinya bisa menghasilkan listrik jika diberi energi panas. Melihat sifatnya yang *reversible* inilah penulis mencoba memanfaatkannya untuk menjadi pembangkit tenaga listrik di sepeda motor.



Gambar 1. Bahan modul termoelektrik

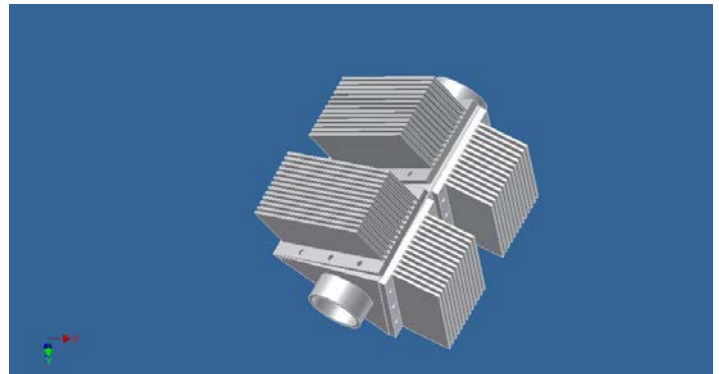
Sebelumnya pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Bambang Yuniarto pada tahun 2010 menjelaskan bahwa bentuk sirip pendingin bisa mempengaruhi laju perpindahan panas yang sedang terjadi. Jika penelitian tersebut dipadukan dengan termoelektrik, maka kita akan bisa melihat seberapa besar efisiensi termoelektrik yang dihasilkan. Dengan catatan bahwa sirip pendingin dipasang pada bagian dingin termoelektrik dengan tujuan agar terjadi gradien panas yang semakin tinggi antara sisi panas dan dingin termoelektrik.

Bila konsep ini dapat diterapkan pada kendaraan beroda dua, tentunya dapat menambah efisiensi dari konsumsi bahan bakar. Ketika modul Peltier ini diterapkan pada kendaraan bermotor, maka setiap liter bahan bakar yang dikonsumsi, tak lagi hanya

menjadi energi gerak, tapi juga bisa menjadi energi listrik lewat energi panas yang tak terpakai lagi.

Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Pelaksanaan penelitian dilakukan di laboratorium perancangan dan otomotif Jurusan Teknik Mesin UNJ dengan menggunakan komputer dan perangkat lunak yang tersedia. Adapun waktu desain, perhitungan dan pembuatan model seperti pada gambar 2 dan simulasi dilaksanakan dari bulan Desember 2011 sampai dengan Mei 2012.



Gambar 2. Konsep rancang bangun

Ada dua variabel yang digunakan dalam penelitian ini, pertama adalah variabel kecepatan kendaraan yang nantinya akan dikonversikan menjadi kecepatan angin dalam meter per sekon. Dan yang kedua adalah kecepatan putaran roda mesin dalam rotasi per menit. Adapun untuk tingkatan dari variabel tersebut adalah kecepatan kendaraan 4,7 m/s, 5,7 m/s dan 7,2 m/s dengan variabel satunya lagi adalah 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, 3500 rpm dan 4000 rpm. Metode pengambilan data ini dilakukan selama lima menit dengan mengambil periode waktu untuk dimasukkan ke dalam tabel per dua menit sekali. Dimulai dari kecepatan putaran mesin yang rendah. Pengambilan data ini dilakukan sejak kondisi steady dan dilakukan terhadap delapan titik dari alat yang diuji. Adapun kedelapan titik itu adalah:

- T_{hot1} Termoelektrik bagian sisi panas
- T_{hot2} Termoelektrik bagian sisi dingin
- T_{hot3} Sirip pada bagian dalam celah
- T_{hot4} Sirip pada bagian ujungnya
- T_{hot5} Leher knalpot sebelum segitiga / panas buang
- T_{hot6} Leher knalpot setelah segitiga / panas buang

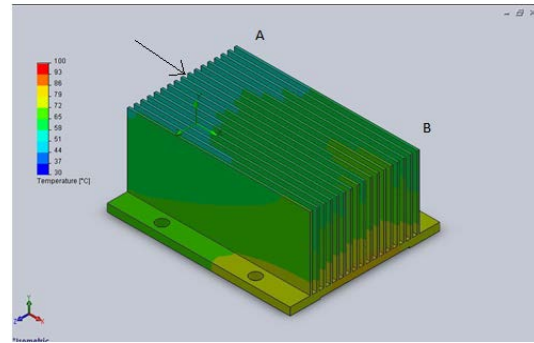
- T_{hot7} Ujung awal segitiga knalpot
- T_{hot8} Ujung akhir segitiga knalpot

Skema Numerik

Setelah semua perakitan alat ukur dan bahan uji pada sepeda motor lengkap, maka langkah selanjutnya adalah penggunaan LabView 8.5 sebagai perangkat lunak untuk membaca sensor panasnya. LabView 8.5 ini digunakan sudah terintegrasi dengan driver dari National Instrument. Kita hanya cukup *install* LabView dan *driver* National Instrumen dan alat siap untuk digunakan. Berikut langkah langkah penggunaan LabView 8.5

1. Buka *software* LabView 8.5
2. Ketika memilih Blank VI maka akan muncul *Block Diagram* dan *Front Panel*
3. Klik kanan pada layar *Block Diagram* kemudian pilih *Input* -> dan *DAQ Assist*
4. Setelah memilih *DAQ Assist* maka akan muncul *box* baru dengan tampilan berbagai sensor. Pilih *Acquire Signals* -> *Analog Input* -> *Temperature* -> *Thermocouple*. Setelah itu akan muncul modul dari NI yang sedang digunakan berikut dengan sensornya.
5. Akan muncul *DAQ Assistant*, jangan lupa atur *Signal Input Range*, *Thermocouple Type* dan *Timing setting* kemudian OK
6. Klik kanan di panah data DAQ, pilih *create, numerical indicator*
7. Kemudian di *loop* dalam satu area
8. Pilih *outputnya*
9. Buat saklar perekaman data
10. Buat *timing* perekaman data
11. Setelah semua siap, tes alat dengan mengambil data temperatur
12. Kemudian untuk mengetes apakah di rangkaian *Block Diagram* berjalan atau tidak adalah masuk ke dalam *Front Panel*. Untuk menjalankannya pilih *Running Continuesly*
13. Jika angka sudah berjalan, berarti sensor bekerja normal. Sekarang semua data tersebut bisa ditampilkan secara grafik
14. Kemudian buatlah *single* saklar. Tujuannya adalah untuk memutuskan dan menyambungkan arus pada alat ukur lewat perangkat LabView.

Hasil dan Pembahasan

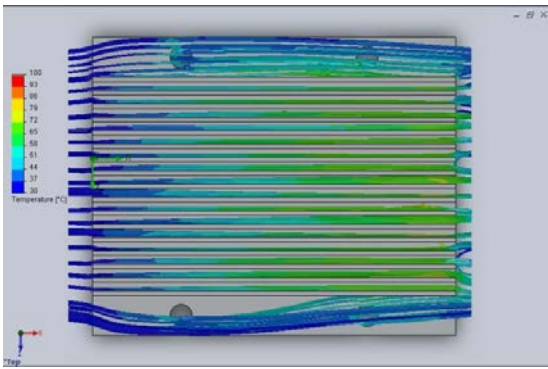


Gambar 3. Penyebaran panas pada kecepatan 7,2 m/s

Pada kecepatan fluida 7,2 m/s ini terlihat kontur panas yang didapat lebih didominasi dengan warna hijau yang artinya dingin. Bahkan di bagian A, terdapat warna biru lebih banyak yang artinya temperatur pada bagian A lebih dingin daripada bagian B.

Uniknya dari penyebaran panas yang didapat kali ini, sudah tidak ada sama sekali warna merah pada bagian dasar sirip pendingin. Yang ada hanyalah warna coklat yang sudah agak memudar. Jika diperhatikan, rupanya, dengan kecepatan fluida 7,2 m/s, bentuk pelepasan panas yang terjadi pada tengah-tengah sirip pendingin bagian A lebih panjang daripada ketika pada kecepatan 5,7 m/s. Proses pendinginannya hampir menyentuh setengah dari panjang sirip. Sehingga pada bagian B, baik tengah sirip, ataupun tepi sirip rata semua dengan warna hijau kebiruan. Hal ini terasa wajar saja, sebab ketika pengambilan data di lapangan dilakukan, penulis masih bisa memegang ujung sirip yang tak terlalu panas.

Pada akhirnya dari lebih dinginnya sirip yang diuji, kinerja termoelektrik yang didapat lebih efektif dibandingkan dengan kecepatan lainnya. Kalau diperhatikan, bentuk penyebaran panasnya yang terjadi, sisi sirip yang lebih dingin selalu ditunjukkan pada bagian atas. Hal ini dikarenakan panas merambat ke bagian atas sirip. Sesuai dengan sifatnya, panas akan merambat ke temperatur yang lebih rendah. Untuk itulah, ketika panas baru merayap ke bagian atas sirip, sudah langsung mendapat pendinginan lewat fluida yang mengalir. Untuk melihat laju perpindahan panas pada fluida, Anda bisa melihatnya di bawah sini.



Gambar 4. Temperatur aliran fluida pada kecepatan 7,2 m/s

Untuk memperkuat hasil dari pengambilan data di lapangan dan simulasi, maka dari itu, penulis ingin menampilkan bagaimana sebenarnya energi yang dihasilkan dari sirip pendingin jenis *extrude* yang digunakan. Perhitungan ini nantinya dibagi menjadi dua yakni menghitung laju perpindahan panas dan efisiensi sirip. Adapun dalam melakukan pengambilan parameter untuk substitusi rumus ada beberapa asumsi yang penulis anggap sama walaupun pada dasarnya tidaklah sama. Berikut asumsinya:

- Pertama adalah asumsi bahwa temperatur pada setiap ujung sirip adalah sama. Pada kenyataannya, temperatur tengah sirip dengan pinggir sirip pendingin pastilah berbeda. Hal ini dilakukan lebih dikarenakan keterbatasan sensor data akusisi termokopel yang digunakan.
- kedua, perpindahan panas secara radiasi tetaplah ada. Tapi untuk penelitian kali ini efek radiasi diabaikan
- Ketiga adalah bentuk analogi sistem perpindahan panas yang terjadi pada alat penulis dengan dianalogikan sebagai rangkaian listrik
 - Ketempat perpindahan panas yang terjadi pada dasar sirip. Pada bagian ini yang terjadi adalah perpindahan panas secara konduksi total.
 - Kelima adalah perpindahan panas pada sirip. Di sini telah terjadi dua jenis perpindahan panas. Pertama adalah konduksi, dan kedua adalah konveksi.

$$R_{total} = \frac{R_1}{\text{---}} \frac{R_2}{\text{---}} \frac{R_3}{\text{---}}$$

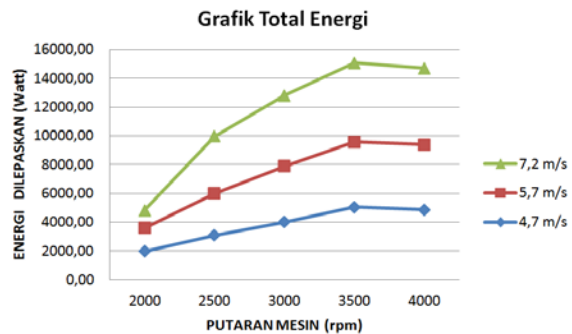
Dimana

- R_1 = tahanan pada prisma segitiga alumunium
- R_2 = tahanan pada termoelektrik
- R_3 = tahanan pada sirip pendingin

Tabel 1. Hasil temperatur pada setiap kecepatan

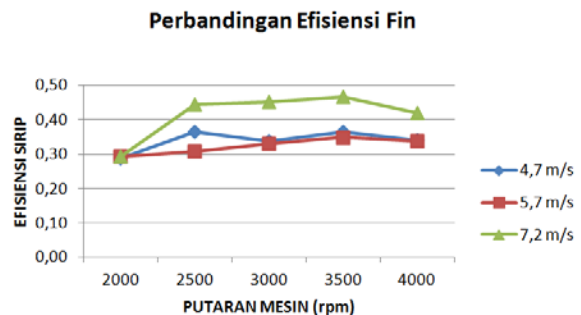
Kecepatan Fluida (m/s)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T _{ling} (°C)
4,7	202,36	102,9	79	51,28	30
5,7	200,22	98,24	76,1	49,8	30
7,2	198,16	94,62	68,22	44,42	30

Setelah menghitung semua energi yang dilepaskan pada sirip pendingin pada setiap kecepatan angin dan putaran mesin. Terlihat bahwa semakin tinggi putaran mesin, dan kecepatan fluida, maka total energi yang dihasilkan semakin besar. Tetapi pada titik putaran mesin, total energi yang dilepaskan cenderung menurun. Untuk lebih jelasnya, bisa melihat grafik yang ada di bawah sini.



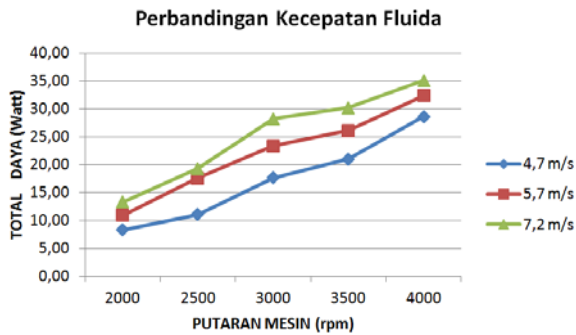
Gambar 5. Grafik Total Energi

Setelah kita menghitung total energi yang dikeluarkan dari setiap heatsink yang digunakan, maka kita perlu menampilkan nilai efisiensi sirip dengan menggunakan persamaan yang sudah dibahas pada bab dua. Dari grafik terlihat bahwa sirip pendingin mengalami penurunan performa setelah putaran mesin 3500 rpm. Dan penurunan ketangguhan tersebut hampir seragam terjadi pada setiap kecepatan fluida. Untuk lebih jelasnya bisa melihat gambar grafik di bawah ini.



Gambar 6. Grafik Efisiensi Sirip Pendingin

Dari hasil data yang kami lakukan lewat percobaan di lapangan, kami mendapatkan beberapa kesimpulan yang ditampilkan dalam grafik daya dan putaran mesin. Sumbu Y menampilkan besaran daya. Semakin tinggi grafik, maka daya yang dihasilkan akan semakin besar. Sementara itu, untuk sumbu X adalah putaran mesin. Semakin ke kanan, maka putaran mesin makin tinggi.



Gambar 7. Perbandingan daya pada setiap kecepatan fluida

Pada kecepatan udara maksimal yaitu 7,2 m/s, didapat hasil bahwa kecepatan fluida ikut mempengaruhi daya yang dihasilkan. Berikut tabelnya.

Tabel 2. Hasil aliran listrik pada kecepatan 7,2 m/s

Kecepatan Fluida (m/s)	Putaran Mesin (rpm)	V _{Total} (Volt)	I _{Total} (Ampere)	P _{Total} (Watt)
7,2	2000	17,28	0,77	13,31
	2500	17,24	1,12	19,27
	3000	22,58	1,25	28,23
	3500	22,18	1,36	30,16
	4000	23,08	1,52	35,08

Meskipun faktor kelipatan kenaikan fluida tidaklah tetap, tapi faktor kelipatan daya yang dihasilkan pada putaran awal 2000 rpm nampaknya mulai bersifat tetap. Perbedaan dari kecepatan 4,7 m/s, 5,7 m/s hingga 7,2 m/s ini menghasilkan kelipatan daya sebesar 3 Watt. Tentunya dengan temperatur sirip pendingin yang lebih dingin. Untuk kecepatan fluida 7,2 m/s menghasilkan 13,31 Watt pada 2000 rpm. Dari perbandingan pada tiga kecepatan fluida, temperatur ujung sirip pendingin di kecepatan ini adalah yang paling rendah, yakni 33°C. Nyaris seragam dengan temperatur udara sekitar yang saat pengujian adalah 32°C. Tidak seperti pada kecepatan fluida terendah, pada kecepatan tinggi rupanya karakteristik dari 3000 rpm ke 3500 rpm mengalami

kendala yang sama. Kenaikan daya yang terjadi tidaklah signifikan hanya terjadi sekitar 2 Watt. Hal itu terlihat dari tegangan yang dihasilkan pada kecepatan 3000 adalah 22,58 dan arusnya adalah 1,25 Ampere.

Sementara keluaran tegangan pada kecepatan 3500 bahkan lebih rendah. Yang meninggi hanyalah arusnya, 1,36 Ampere. Anomali ini bisa saja dari penyebab termoelektrik yang putus pada percobaan sebelumnya. Sehingga ikut mempengaruhi keluaran tegangan total dari delapan termoelektrik. Atau bisa saja sudah ada salah satu termoelektrik yang ketahanannya berkurang. Tapi hingga percobaan kecepatan 7,2 m/s ini dilakukan tak ada termoelektrik yang putus lagi.

Jika diperhatikan, rupanya tegangan maksimal dari delapan termoelektrik yang mampu dihasilkan dengan kecepatan 7,2 m/s dan jenis sirip pendingin extrude adalah 23,08 Volt. Sementara untuk arus yang berhasil dikeluarkan adalah 1,52 Ampere. Pada kecepatan fluida 7,2 m/s dan pada putaran mesin 4000 rpm, rupanya ΔT yang dihasilkan dari kedua sisi termoelektrik lebih besar. Yakni selisih sekitar 104°C. Sementara untuk ujung sirip pendinginnya adalah 44,42°C. Lebih rendah dari kecepatan sebelumnya.

Dari percobaan ke tiga ini penulis berkesimpulan bahwa peranan fluida dalam hal pendinginan sangatlah signifikan. Tapi untuk keluaran tegangan dan arus yang nantinya menghasilkan daya, itu bervariasi. Tergantung dari ketangguhan termoelektrik itu sendiri. Penulis yakin, jika kecepatan fluida ditingkatkan dan variabel putaran mesin tetap, maka daya yang dihasilkan termoelektrik akan semakin besar. Artinya kalau diterapkan pada kendaraan bermotor, semakin cepat laju kendaraan, maka daya yang dihasilkan termoelektrik akan semakin besar.

Kesimpulan

Penelitian ini memberikan banyak hasil yaitu:

1. Perbandingan kecepatan putaran mesin dengan daya yang dikeluarkan termoelektrik TEC 12706 berbanding lurus
2. Perbandingan kecepatan angin sebagai pendingin sirip pendingin juga berbanding lurus dengan daya yang dikeluarkan. Hal itu bisa dilihat dari kecepatan angin 4,7 m/s daya maksimal yang dihasilkan adalah 28,63 Watt. Sementara untuk kecepatan 5,7 m/s adalah 32,34 Watt dan untuk kecepatan 7,2 m/s adalah 35,08 Watt

3. Perbandingan daya yang dikeluarkan pada setiap putaran mesin tidaklah berlaku kelipatan, hal ini lebih dikarenakan faktor eksternal seperti kondisi ruang bakar sebagai panas gas buang serta sirip pendingin sebagai pelepas panasnya
4. Untuk energi kalor yang terbuang dari setiap kecepatan angin hanyalah terpaut sedikit. Hal itu bisa dilihat dari kalor total yang diperlihatkan pada gambar grafik
5. Dalam percobaan, termoelektrik memiliki daya tahan tersendiri. Sehingga dalam beberapa uji coba, beberapa termoelektrik mengalami putus
6. Penyebaran panas pada sirip pendingin tidaklah seragam, hal inilah yang mempengaruhi keluaran daya dari setiap modul TEC 12706

Nomenklatur

- n putaran mesin (rpm)
 v kecepatan (ms^{-1})
 T temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
 Q Laju perpindahan panas (Watt)

Greek letters

- h heat transfer coefficient (W m^{-2})
 \dot{n} Putaran mesin (rpm)

Subsripts

- hot panas

Referensi

Aslimeri, dkk., Teknik Transmisi Tenaga Listrik, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional (2008)

Culp, Archie W., Prinsip-prinsip Konversi Energi, Jakarta: Erlangga (1996)

Eko P, Joessianto., Studi Teknologi Termoelektrik Sebagai Upaya Konservasi Energi pada BTS, Depok: Tesis Universitas Indonesia (2010)

Holman, JP., Perpindahan Kalor, Jakarta: Erlangga, (1997)

Incropera, Frank. P., Fundamental of Heat Transfer, John Willey & Son. Inc, Canada (1981)

Koestoer, Raldi Artono., Perpindahan Kalor untuk Mahasiswa Teknik, Jakarta: Salemba Teknik, (2002)

KoranTempo, Senin 26 Maret 2011 Halaman C2

Kreith, Frank., Prinsip-prinsip Perpindahan Panas, Jakarta: Erlangga (1997)

Product Information of Melcor, Thermoelectric Handbook, USA.

Tipler, Paul., Fisika untuk Sains dan Teknik, Jakarta: Erlangga (1998)

Yayat Supriyatna, dkk., Listrik Otomotif, Bandung: Penerbit Angkasa (1999)

Yunianto, Bambang., Pengujian Perpindahan Panas Konveksi pada Heatsink Plat Jenis Extrude dan Heatsink Plat dengan Slot, Semarang: Makalah Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (2010)

Zemansky, Mark., Kalor dan Termodinamika, Bandung: Penerbit ITB (1986)

<http://www.tempo.co/read/news/2011/02/08/090311860/Konsumsi-BBM-Subsidi-Masih-Tinggi..> diakses pada tanggal 20 Februari 2011,