

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/362229085>

Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Panas terhadap Karakteristik Modul Termoelektrik Generator

Article · January 2011

CITATIONS

3

READS

14

3 authors:



Zuryati Djafar

Universitas Hasanuddin

47 PUBLICATIONS 130 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Nandy Putra

University of Indonesia

164 PUBLICATIONS 7,051 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ral A Koestoer

University of Indonesia

57 PUBLICATIONS 253 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Phase Change Material [View project](#)



Experimental and Software Simulation Study on Passive Cooling System for PWR Safety Development [View project](#)

ISSN 1411 - 9471

Volume 11 nomor 1, Januari 2011

Jurnal TEKNIK **M**ESIN

TERAKREDITASI
Nomor : 43/DIKTI/Kep/2008

JURNAL
TEKNIK MESIN

Volume 11

Nomor 1

Halaman
1 - 85

SURABAYA
Januari 2011

ISSN
1411-9471



Jurnal TEKNIK **ML** ESIN

Volume 11 Nomor 1, Januari 2011

ISSN 1411 – 9471, TERAKREDITASI Nomor : 43/DIKTI/Kep/2008

- Pengaruh Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Prototipe *Socket Prosthesis* Terhadap Kenyamanan Pengguna
Agustinus Purna Irawan, Tresna P. Soemardi, Agus H.S. Reksoprodjo, Widjajalaksmi Kusumaningsih halaman 1 - 7
- Hardenability* Dan Ketahanan Korosi Paduan Fe-7,5Al-15Mn
Ratna Kartikasari, Soekrisno, M. Noer Ilman, Suyitno halaman 8 - 15
- Konversi Oli Bekas Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Metode Pirolisis
I Dewa Ketut Okariawan, I Made Mara, Ida Bagus Alit halaman 16 - 21
- Efisiensi *Heat Recovery* pada Pembakaran Batubara Peringkat Rendah, Cangkang Sawit dan Campurannya
Mahidin, Asri Gani, Khairil halaman 22 - 31
- Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Panas terhadap Karakteristik Modul Termoelektrik Generator
Zuryati Djafar, Nandy Putra, R.A. Koestoer halaman 32 - 41
- Faktor Gesekan dan Energi Pemompaan pada Aliran di Dalam Annulus dengan Silinder Bagian Dalam yang Berputar
Prajitno, Sutrisno, Purnomo, Indarto halaman 42 - 51
- Studi Pembentukan Lapisan Intermetalik Pada Permukaan-dalam Produk Besi Tuang Nodular
Dody Prayitno, Budi Susilowati halaman 52 - 65
- Pengaturan Aliran Udara untuk Meningkatkan Kinerja Tungku Briket Batubara
Abdul Rakhman, Ibnu Ziad halaman 66 - 76
- Analisa Thermogravimetry Pembakaran Briket Char Bambu
Dwi Aries Himawanto, Indarto, Harwin Saptoadi, Tri Agung Rohmat, Sidhi Pratama R halaman 77 - 85
-



Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Panas terhadap Karakteristik Modul Termoelektrik Generator

Zuryati Djafar^{a,*}, Nandy Putra^b, R.A. Koestoer^b

^aTeknik Mesin Universitas Hasanuddin

^bTeknik Mesin Universitas Indonesia

*Mahasiswa Pasca Sarjana Universitas Indonesia

Laboratorium Perpindahan Kalor, "Heat Transfer Research Group"

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok 16424

Phone: +62-081355026518, Fax: 021-7270033, E-mail: ydjafar@yahoo.com

Diterima 30 Desember 2009; diterima terkoreksi 26 April 2010; disetujui 09 Juli 2010

Abstract

Cost required for the procurement of a thermoelectric module of a manufacturing industry (branded) until today, still relatively expensive because it is imported components with a limited number, thus resulting in the emergence of an alternative thermoelectric module which circulate freely in the market with a much cheaper price of 10 times smaller than the thermoelectric modules. However the module does not list a brand and specifications / characteristics (non-branded) from a factory. Therefore, research was conducted to see the characteristics of non-branded thermoelectric module as a thermoelectric generator that is able to convert heat into electrical energy. The method used the experimental method is to provide the four variations of fluid temperature conditions (hot water) as a source of heat in a Circulating Thermostatic Bath (CTB) against the three non-branded thermoelectric modules. Fluid is then flowed into a water block on one side in direct contact with the thermoelectric module and the other side of the thermoelectric module is placed a heatsink-fan. The experimental results are compared with results of existing research. The results showed that in every variation of fluid temperature conditions provide a very large influence on the temperature difference ($T_h - T_c$), which results in increased tension generated. Changes of temperature condition in Circulating Thermostatic Bath (CTB) from 35 °C up to 50°C could increase the temperature difference from 4.25°C up to 15.8°C, and provides the voltage difference from 139.3 mV up to 581.5 mV.

Keywords: temperature variation, characteristic, thermoelectric module

Pemanasan global dan penipisan lapisan ozon yang meningkat dalam tahun-tahun terakhir ini, membuat kesadaran masyarakat dunia untuk mencari solusi terhadap pencemaran udara yang disebabkan oleh alat-alat/komponen pabrik/industri khususnya dalam industri-industri pembangkit energi listrik.

Solusi yang ditawarkan adalah mencari sistem pembangkitan energi listrik, yang menghasilkan efek pencemaran seminimal mungkin. Dalam skala laboratorium, sistem pembangkitan energi listrik/generator berbasis Termoelektrik dapat menjadi solusi terbaik,

dengan tingkat pencemaran yang dapat dikatakan sama dengan nol, dan bentuknya pun dapat fleksibel sesuai kebutuhan.

Dalam aplikasinya, selain sebagai komponen sistem pendinginan, modul Termoelektrik juga digunakan sebagai sistem pembangkit/generator yang erat kaitannya dengan pemanfaatan panas/kalor untuk menghasilkan energi listrik [1].

Saat ini modul termoelektrik banyak beredar di pasaran. Modul termoelektrik yang beredar bebas tersebut mempunyai harga yang jauh lebih murah dibanding harga termoelektrik dari industri semikonduktor



ternama, namun demikian modul tersebut tidak mencantumkan spesifikasi (*non branded*) yang dimiliki [2-3]. Oleh karena itu dipandang perlu untuk melakukan uji spesifikasi sehingga dapat diketahui kemampuan sebenarnya yang dapat dihasilkan dari modul termoelektrik tersebut. Dari hasil pengujian, dapat mengetahui karakteristik yang sebenarnya. Apakah pertimbangan secara ekonomi atau kualitas yang akan digunakan [2-3].

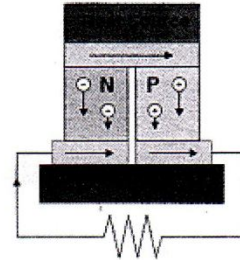
Oleh karenanya, dalam artikel ini akan diuraikan hasil uji karakteristik dari modul termoelektrik tanpa spesifikasi dengan menggunakan variasi temperatur fluida panas pada sisi panas termoelektrik.

TERMOELEKTRIK

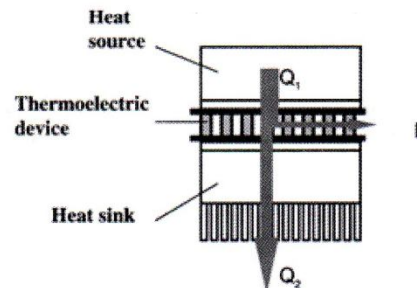
Modul Termoelektrik Generator bekerja berdasarkan prinsip kerja dari efek Seebeck [1], yang pertama kali ditemukan pada tahun 1821 oleh Thomas Johann Seebeck [4], yaitu efek yang terjadi bila terdapat dua material yang berbeda dihubungkan dalam suatu rangkaian tertutup dan pada kedua sambungannya (*junction*) dipertahankan pada temperatur yang berbeda maka arus listrik akan mengalir dalam rangkaian tersebut dan ketika salah satu kawatnya diputuskan lalu disambung dengan sebuah galvanometer, maka akan terlihat perbedaan tegangan dari kedua ujung tersebut. Sehingga dengan demikian dapat dikatakan bahwa perbedaan temperatur dapat mengakibatkan terjadinya perbedaan tegangan yang menghasilkan gaya gerak listrik.

Dengan kata lain bahwa arus listrik akan dihasilkan oleh Modul Termoelektrik, jika terjadi perbedaan suhu antara kedua sisi elemen tersebut (Gambar 1). Di antara sisi elemen peltier tersebut terdapat suatu semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang diapit oleh lapisan keramik tipis.

Sebuah modul Termoelektrik (Elemen Peltier) bisa terdiri dari 3-127 termokopel, dan beroperasi dengan perbedaan temperatur sisi dingin dan panas mencapai 70°C , dan dapat mencapai temperatur sampai -20°C pada sisi dinginnya [5].



Gambar 1. Arus yang dihasilkan elemen termoelektrik karena perbedaan suhu di kedua sisi



Gambar 2. Susunan sebuah Pembangkit daya termoelektrik. Q_1 ; kalor yang diberikan oleh sumber kalor. P; daya listrik yang dihasilkan, Q_2 ; kalor yang diteruskan ke *heatsink* [1]

Dari bentuk, umumnya modul termoelektrik ini berukuran $40\text{mm} \times 40\text{mm}$ atau lebih kecil dan memiliki tebal kurang lebih 4 mm. Umur dari sebuah modul termoelektrik yang sesuai dengan standar industri adalah sekitar 100.000-200.000 jam dan lebih dari 20 tahun jika digunakan sebagai pendingin dan dengan jumlah serta tegangan yang sesuai karakteristik dari setiap modulnya [1].

Penggunaan sebuah sistem pembangkit daya termoelektrik telah mengikuti dasar susunan secara konvensional yang ditunjukkan dalam gambar 2. Sebuah modul Termoelektrik disisipkan antara sumber panas dan *heatsink*. Kalor mengalir dari sumber melewati modul dan dilepaskan ke ambien melewati *heatsink*. Pemberian perbedaan temperatur dapat dijaga dalam melintasi modul, agar daya listrik akan dibangkitkan.



Nilai efisiensi modul termoelektrik dapat ditingkatkan dengan cara penggunaan pendingin seperti *heatsink*, kipas dan *water jacket/block* (gambar 2). Hal ini dimaksudkan agar terjadi perbedaan suhu yang besar diantara kedua sisi tersebut, sehingga menghasilkan arus yang lebih besar.

Potensi pembangkitan daya dari termoelektrik tunggal berbeda-beda tergantung pada ukurannya, konstruksinya dan perbedaan temperatur yang diterima. Semakin besar perbedaan temperatur yang diterima maka arus yang dihasilkan akan semakin besar pula. Termoelektrik dapat digunakan sebagai power supply seperti halnya baterai untuk menghasilkan tegangan atau arus.

Tiap termoelektrik dapat menghasilkan tegangan rata-rata 1-2 volt DC dan bahkan sampai 5 volt DC, tergantung pada variasi pemanasan dan pendinginan. Pada umumnya termoelektrik menghasilkan 1.5 – 2 volt DC. Keuntungan dari sistem ini adalah termoelektrik akan terus menghasilkan listrik selama terjadi perbedaan suhu antara kedua sisi keramik.

Beberapa aplikasi modul Termoelektrik Generator (TEG) telah banyak diterapkan di berbagai bidang, sebuah perusahaan Amerika (Hi-Z Technology, Inc.) telah berhasil mengembangkan delapan modul *peltier* (model HZ-14) yang digunakan pada *glycol generator* dan dapat menghasilkan daya sebesar 60 Watt dengan temperatur ambien 15-30°C dan temperatur operasi berkisar 175-200°C [6]. Besarnya daya yang dihasilkan dikarenakan modul yang digunakan tersebut adalah modul khusus untuk Termoelektrik Generator, bukan modul Termoelektrik Cooling (TEC) dengan besar perbedaan temperaturnya mencapai 170°C.

Dalam sebuah penelitian yang telah dilakukan oleh Eakburanawat *et al.*[7], yang mengembangkan *battery charger* berbasis termoelektrik. Sistem yang dikembangkan menghasilkan daya maksimum sebesar 7,99 Watt. Penelitian tersebut menggunakan sumber kalor panas buang dari tungku api dan juga dinding tungku. Generator termoelektrik ini juga telah dikembangkan untuk diaplikasikan pada laptop. Pembangkit tersebut menggunakan panas yang dihasilkan dari gas

butan [7]. Daya yang dihasilkan adalah sekitar 13,35 Watt.

Nuwayhid *et al.* [8] dalam penelitiannya mengembangkan dan menguji pembangkit termoelektrik pada tungku api tradisional di Libanon dengan menggunakan konveksi bebas pada sisi termoelektrik yang menghasilkan daya sebesar 4,2 Watt.

Dalam laporannya Nandy *et al* [9], telah mensimulasikan sebagai sebuah sumber kalor dengan menggunakan pemanas/*heater* yang divariasikan tegangannya, yaitu 110V dan 220V. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan dua belas elemen *peltier* yang disusun secara seri dengan tegangan pemanas 220V, dapat menghasilkan daya output maksimum 8,11 Watt dengan perbedaan temperatur rata-rata 42,82°C.

Daya yang dihasilkan oleh modul termoelektrik generator sangat bergantung pada perbedaan temperatur yang didapatkan.

Jika perbedaan temperaturnya semakin besar, maka daya keluarannya juga makin besar, hingga titik maksimum efisiensi *peltier* tersebut. Jadi ada kemungkinan walaupun perbedaan temperaturnya sangat besar tetapi daya yang dihasilkan lebih kecil.

Di dalam perencanaan termoelektrik, baik untuk penggunaannya sebagai sistem pendinginan maupun pembangkitan daya menggunakan termoelektrik, terdapat 3 parameter yang harus diperhatikan yaitu:

Q = Beban kalor yang akan dipindahkan (watt);
 T_c = Temperatur permukaan sisi dingin modul (°C);
 T_h = temperature permukaan sisi panas modul (°C).

Beban kalor adalah jumlah total kalor yang harus dipindahkan oleh modul termoelektrik dari objek yang hendak didinginkan/ diambil panasnya ke lingkungan [10].

METODE PENELITIAN

Sesuai dengan tujuan penelitian untuk menentukan karakteristik modul Termoelektrik (elemen Peltier) *non branded* (modul tanpa spesifikasi) sebagai termoelektrik generator, maka pengujian dalam penelitian ini telah dilakukan seperti gambar instalasi pada Gambar 3) di bawah.



Mekanisme Pengambilan Data

Lama pengamatan pengujian dilakukan dalam waktu 1800 detik (30 menit) untuk setiap kondisi temperatur fluida pada *Circulating Thermostatic Bath* (CTB). Variasi kondisi temperatur fluida CTB adalah 35°C, 40°C, 45 dan 50°C.

Modul termoelektrik diletakkan di antara sebuah *water block* dan *heatsink-fan*, di kedua sisi modul termoelektrik (sisi panas dan sisi dingin) diletakkan masing-masing sebuah termokopel tipe K untuk mengukur temperatur sisi panas dan sisi dingin, termokopel ini disambungkan ke alat ukur temperatur ADAMtech *data acquisition* tipe khusus yang dihubungkan ke komputer. Termokopel lainnya ditempatkan pada saluran air masuk dan keluar *water block*. Dua buah termokopel untuk mengukur fluida dalam CTB dan untuk lingkungan (ambien).

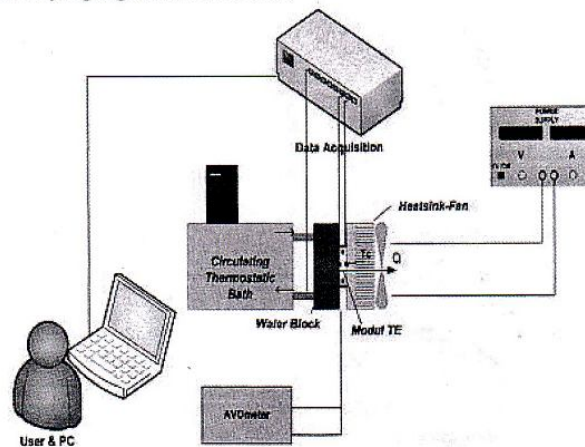
Data pengukuran beberapa temperatur pada ke 6 termokopel tercatat langsung dalam bentuk file notepad dan secara visual dapat dibaca dalam layar komputer dengan bantuan software Advantech yang akan digunakan. Data yang terbaca adalah T_{hot} dan T_{cold} sisi elemen Peltier, T_{air} masuk Water Block, T_{air} keluar Water Block, Temperatur air pada *Circulating Thermostatic Bath* (CTB), Besar arus dan tegangan yang dihasilkan dari kedua junction modul termoelektrik terbaca lewat display AVometer yang digunakan. Data arus,

tegangan dan temperatur-temperatur ini selanjutnya digunakan untuk menghitung besar daya output yang diberikan dan besar selisih temperatur pada kedua sisi modul termoelektrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik terhadap beberapa buah modul termoelektrik tunggal telah dilakukan dengan 4 variasi kondisi temperatur fluida (air) pada *Circulating Thermostatic Bath* (CTB) yakni 35°C, 40°C, 45°C dan 50°C yang diasumsikan sebagai temperatur fluida sumber kalor pada permukaan sisi panas modul termoelektrik.

Perbedaan temperatur antara sisi panas dan dingin yang terjadi pada setiap modul Termoelektrik untuk temperatur fluida 35°C diperlihatkan dalam Gambar 4. Terlihat karakteristik ketiga modul mempunyai kecenderungan yang sama, terjadi peningkatan perbedaan temperatur seiring bertambahnya waktu yang diberikan. Besar perbedaan temperatur rata-rata maksimal untuk ketiga modul termoelektrik, masing-masing diperoleh sebesar 6.2°C, 5.8°C dan 5.45°C. Interval perbedaan temperatur dari ketiga modul termoelektrik berada di antara 4.25°C - 6.2°C.



Gambar 3. Instalasi Pengujian

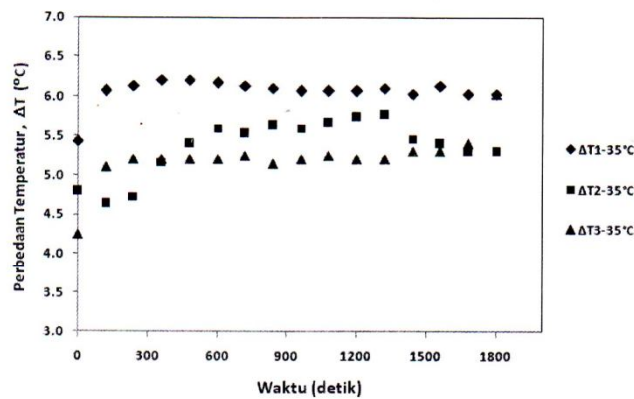


Perbedaan temperatur antara sisi panas dan dingin yang terjadi pada setiap modul Termoelektrik untuk temperatur fluida 35°C diperlihatkan dalam Gambar 4. Terlihat karakteristik ketiga modul mempunyai kecenderungan yang sama, terjadi peningkatan perbedaan temperatur seiring bertambahnya waktu yang diberikan. Besar perbedaan temperatur rata-rata maksimal untuk ketiga modul termoelektrik, masing-masing diperoleh sebesar 6.2°C, 5.8°C dan 5.45°C. Interval perbedaan temperatur dari ketiga modul termoelektrik berada di antara 4.25°C - 6.2°C.

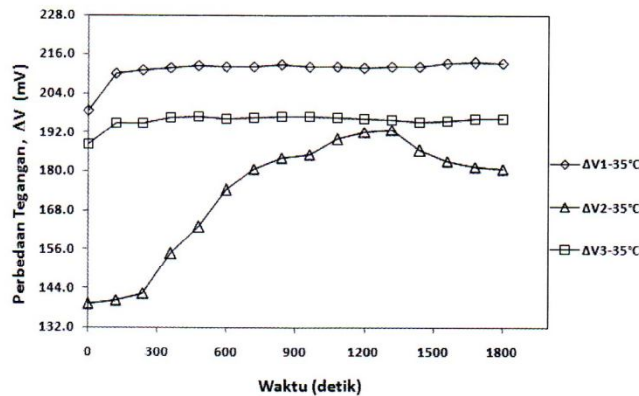
Karakteristik dengan kecenderungan yang sama juga terjadi pada perbedaan tegangan yang diberikan oleh setiap modul

(Gambar 5) yakni terjadi peningkatan perbedaan tegangan seiring pemberian waktu yang diberikan. Namun terdapat perbedaan karakteristik yang terjadi untuk ΔV yang diakibatkan oleh nilai tahanan listrik dari tiap modul termoelektrik tersebut yang tidak konstan (tidak sama besarnya).

Dalam gambar 5 diperlihatkan, untuk temperatur fluida panas 35°C memberikan perbedaan tegangan rata-rata maksimal dari masing-masing modul sebesar 213.3mV, 192.7mV dan 197mV dengan interval perbedaan tegangan dari ketiga modul Termoelektrik berkisar antara 139.3 mV – 213.3 mV.



Gambar 4. $\Delta T(^{\circ}C)$ kedua permukaan modul terhadap waktu (detik) untuk temp.fluida 35°C



Gambar 5. ΔV (mV) ketiga modul terhadap waktu (detik) untuk temperatur fluida 35°C



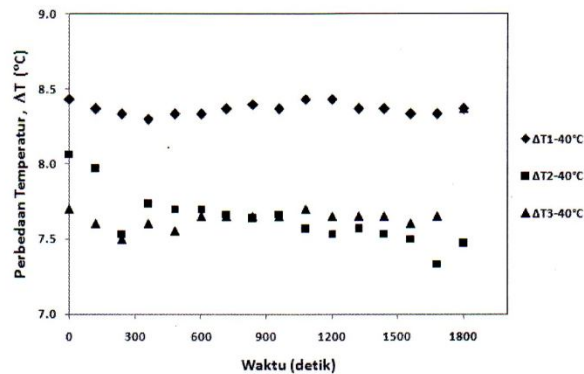
Gambar 6 dan 7 menjelaskan karakteristik modul termoelektrik dengan menggunakan sumber kalor dari fluida panas pada kondisi temperatur CTB 40°C. Karakteristik yang diperlihatkan pada ketiga modul Termoelektrik (gambar 6) adalah sama.

Karakteristik pada variasi kondisi temperatur fluida panas 40°C mempunyai tren grafik yang menurun dari setiap modul seiring pemberian waktu pengamatan.

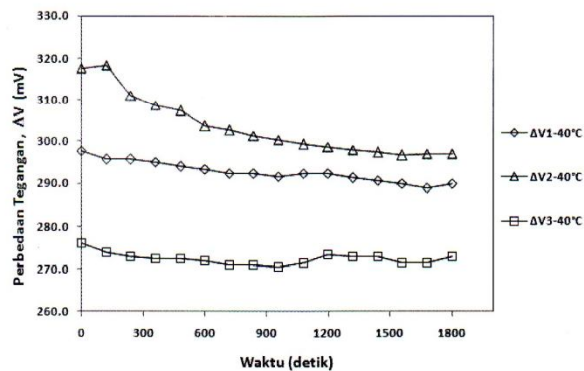
Perbedaan temperatur rata-rata maksimal yang diperoleh dari ketiga modul adalah 8.5°C, 8.1°C, 7.8°C. Interval perbedaan temperatur dari ketiga modul termoelektrik berada pada antara 7.3°C – 8.5°C.

Perbedaan tegangan yang diperoleh pada variasi kondisi temperatur fluida 40°C dalam gambar 7, terlihat tren grafik yang sama dengan perbedaan temperatur ketiga modul. Perbedaan tegangan rata-rata maksimal yang diperoleh untuk ketiga modul tersebut adalah 297.7 mV, 318.3 mV dan 276 mV dengan interval perbedaan tegangan dari ketiga modul Termoelektrik berkisar antara 270.5 mV – 318.3 mV.

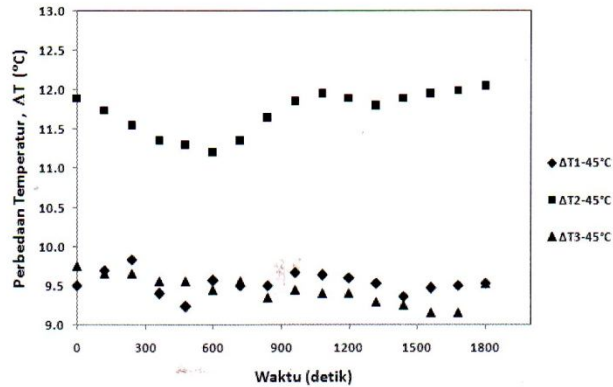
Pada gambar 6 dan 7, memperlihatkan karakteristik perbedaan temperatur dan perbedaan tegangan tidak konstan, hal ini diakibatkan dari besar tahanan listrik dari tiap modul yang tidak sama.



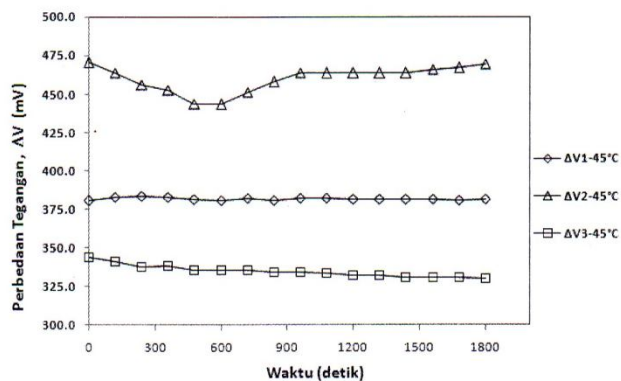
Gambar 6. $\Delta T(^{\circ}\text{C})$ kedua permukaan modul terhadap waktu (detik) untuk temp.fluida 40°C



Gambar 7. ΔV (mV) ketiga modul terhadap waktu (detik) untuk temperatur fluida 40°C



Gambar 8. $\Delta T(^{\circ}C)$ kedua permukaan modul terhadap waktu (detik) untuk temp.fluida $45^{\circ}C$



Gambar 9. ΔV (mV) ketiga modul terhadap waktu (detik) untuk temperatur fluida $45^{\circ}C$

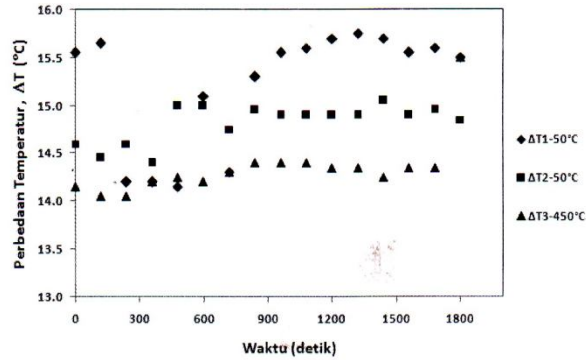
Pengaruh Temperatur fluida $45^{\circ}C$ terhadap karakteristik modul termoelektrik diperlihatkan dalam Gambar 8 dan 9. Terlihat perbedaan temperatur dari ketiga modul mempunyai tren grafik yang sama, berfluktuasi dengan nilai yang cukup signifikan. Pada Gambar 8, diperoleh nilai temperatur rata-rata maksimal dari ketiga modul termoelektrik adalah $9.8^{\circ}C$, $12.05^{\circ}C$ dan $9.8^{\circ}C$ dengan interval perbedaan temperatur dari ketiga modul termoelektrik berada pada antara $9.1^{\circ}C - 12.05^{\circ}C$.

Karakteristik ketiga modul Termoelektrik untuk pengaruh kondisi temperatur fluida panas $45^{\circ}C$ terhadap perbedaan tegangan (Gambar 9) yang dihasilkan juga menunjukkan tren grafik yang

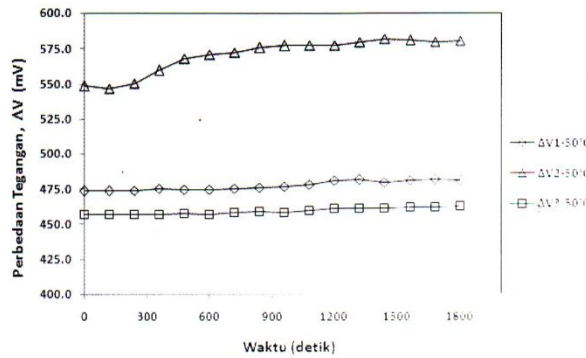
sama dengan perbedaan temperatur yang diperoleh. Perbedaan tegangan rata-rata maksimal dari ketiga modul adalah masing-masing $383.7mV$, $469.5mV$ dan $341mV$ dengan interval perbedaan tegangan dari ketiga modul termoelektrik berkisar antara $330mV - 469.5mV$.

Karakteristik ketiga modul termoelektrik karena adanya pengaruh kondisi temperatur fluida panas $50^{\circ}C$ ditunjukkan dalam gambar 10 dan 11.

Dalam gambar 10, perbedaan temperatur dari ketiga modul menunjukkan kecenderungan peningkatan terhadap waktu yang diberikan dimana peningkatannya terjadi secara fluktuatif, namun fluktuasinya tidak signifikan. Meskipun terjadi fluktuasi namun



Gambar 10. $\Delta T(^{\circ}C)$ kedua permukaan modul terhadap waktu (detik) untuk temp.fluida $50^{\circ}C$



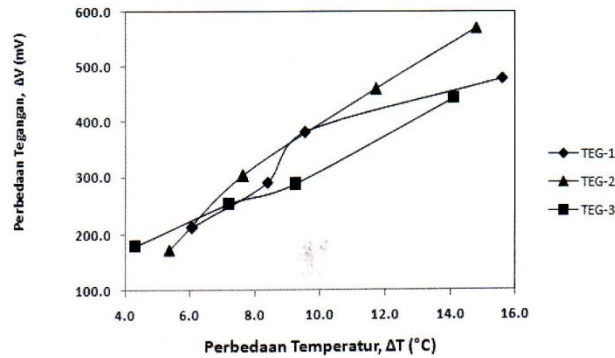
Gambar 11. ΔV (mV) ketiga modul terhadap waktu (detik) untuk temperatur fluida $50^{\circ}C$

nilainya tidak signifikan dalam tiap modul Termoelektrik tersebut. Interval perbedaan temperatur dari ketiga modul Termoelektrik berada di antara $14.0^{\circ}C$ - $15.8^{\circ}C$.

Karakteristik perbedaan tegangan dari ketiga modul Termoelektrik dalam Gambar 11, terlihat mempunyai tren grafik yang hampir sama dengan perbedaan temperatur dalam Gambar 10. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya peningkatan atau penurunan perbedaan temperatur antara kedua sisi panas dan dingin dari modul Termoelektrik akan meningkatkan atau menurunkan perbedaan tegangan yang dihasilkan. Interval perbedaan tegangan dari ketiga modul termoelektrik berkisar antara 473.3 mV - 581.5 mV.

Karakteristik antara perbedaan tegangan yang dihasilkan terhadap perbedaan temperatur yang terjadi dari ketiga buah modul termoelektrik tersebut dapat dengan jelas terlihat dalam Gambar 12.

Dari Gambar 12 terlihat bahwa terjadi peningkatan perbedaan tegangan dengan adanya kenaikan perbedaan temperatur, namun kecenderungan grafik ke 3 modul termoelektrik berbeda besar peningkatannya, hal ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh besar tahanan listrik dan koefisien Seebeck yang berbeda dari masing-masing modul termoelektrik dimana koefisien Seebeck tersebut sangat bergantung pada komposisi material modul.



Gambar 12. Perbedaan Temperatur (ΔT) terhadap Perbedaan Tegangan (ΔV) dari ketiga modul Termoelektrik pada 4 variasi kondisi temperatur Circulating Thermostatic Bath (CTB)

KESIMPULAN

Pengaruh kondisi temperatur fluida panas dalam *Circulating Thermostatic Bath* (CTB) memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap tegangan yang dihasilkan, hal ini dikarenakan fluida panas tersebut berfungsi sebagai sumber kalor.

Hasil pengujian menunjukkan semakin besar kalor yang diberikan memberikan perbedaan temperatur yang lebih besar di antara kedua sisi modul termoelektrik. Selanjutnya perbedaan tegangan yang dibangkitkan sebanding perbedaan temperatur yang diperoleh.

Perubahan 4 kondisi temperatur pada *Circulating Thermostatic Bath* (CTB) dari 35°C sampai 50°C memberikan kenaikan perbedaan temperatur dari 4.25°C s.d 15.8°C, dan memberikan perbedaan tegangan dari 139.3 mV s.d 581.5 mV.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Riffat. S.B, & Ma .Xiaoli., 2003, "Thermoelectrics: a review of Present and Potential Applications" *J. Applied Thermal Engineering*, Vol. 23, 913-935.
- [2]. Zuryati Djafar, Nandy Putra, & Raldi A. Koestoer., 2009, "Karakterisasi Modul Termoelektrik (Elemen Peltier) tanpa Spesifikasi sebagai Termoelemen Sistem Pendingin", *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII*, Universitas Diponegoro, Semarang, 11-14 Agustus.
- [3]. Zuryati Djafar, Nandy Putra, & Raldi A. Koestoer., 2009, *Experimental Study of Characteristic and Performance of Non-Branded Thermoelectric Module*. Proceedings of The 2nd International Meeting on Advances in Thermo-Fluids (IMAT), Nov. 16-17, 35-39.
- [4]. G. Min., & D.M. Roe, 1994, "*Handbook of Thermoelectrics, Peltier devices as generator*", CRC Press LLC, Florida.
- [5]. Putra. Nandy, Siregar.Pattas P, & Koestoer. RA., 2004, "Pengembangan Vaccine Carrier dengan Memanfaatkan Efek Peltier", *Prosiding Seminar Nasional tahunan III* Universitas Hasanuddin Makassar, 6-7 Desember.
- [6]. Anonymous, "HZ-14 Thermoelectric Module", 2008, Hi-Z Technology inc, available at: www.hi-z.com/hz14.php, diakses 14 Desember 2008.
- [7]. J. Eakburanawat, & I. Boonyaroonate, 2006. "Development of a thermoelectric batter-charger with microcontroller-based maximum power point tracking technique" *J. Appl. Energy*, 83/7, 687-704.
- [8]. Rida Y. Nuwayhid, Alan Shihadeh, & Nesreen Ghaddar, "Development ad Testing of a Domestic Woodstove Thermoelectric Generator with Natural Convection Cooling", *J.Energy*



-
- Conversion and Management*, Volume 46, Issues 9-10, 1631-1643.
- [9] Nandy Putra, Raldi Artono Koestoer, M. Adhitya, Ardian Roekettino, dan Bayu Trianto., 2009, "Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik Untuk Kendaraan Hibrid", *J. Makara Teknologi*. Vol. 13, No.2, .53-58.
- [10]. Nandy Putra, & Axel Hidayat, 2006. "Pengembangan Alat Uji Kualitas dan Karakteristik Elemen Peltier", *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin V*,

Universitas Indonesia Depok, 21-23 November.