

Analisa Perpindahan Panas pada Modul Peltier TEC 1-12706 sebagai Penghasil Energi Listrik Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel

La Baride dan La Ode Andriawan

Analisa Perpindahan Panas pada Modul Peltier TEC 1-12706 sebagai Penghasil Energi Listrik Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel

La Baride¹

Progrm Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Dayanu Ikhsanuddin BauBau

e-mail : labaride@unidayan.ac.id

La Ode Andriawan²

Program Studi Teknik mesin

Fakultas Teknik Universitas Dayanu Ikhsanuddin BauBau

e-mail : andhi.andhmildh@gmail.com

ABSTRAK- Energi listrik adalah sumber utama kebutuhan manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, Kebutuhan energi listrik bukan hanya dibutuhkan di daerah perkotaan, namun daerah pedesaan juga memerlukannya, oleh sebab itu berbagai cara dilakukan untuk mendapatkan energi listrik dengan membangun pembangkit-pembangkit energi listrik baik menggunakan energi air (hydro), energi fosil, maupun energi angin. Sumber energi dalam skala mikro yang menghasilkan daya orde milli watt berasal dari solar, vibrasi, thermal dan sumber biologis.

Pembangki energy tenaga mikro tidak saja di pandang dari segi konsumsi nergi, tetapi juga dari sisi perspektif produksi. Salah satu piranti yang menghasilkan energy listrik dari panas adalah elemen peltier. Pembangkit listrik termal ini atau disebut juga elemen Seebeck berbentuk identik dengan elemen Peltier. Pada elemen ini dimanfaatkan efek Seebeck untuk membangkitkan energi listrik jika terdapat perbedaan suhu pada elemen.

Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui laju perpindahan panas yang terjadi pada modul peltier TEC 1-12706 sebagai Penghasil Energi Listrik Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel.

Pada Penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Pelaksanaan penelitian diawali dengan pengadaan bahan, perakitan alat uji dan pengujian.

Hasil penelitian diperoleh : laju perpindahan panas konduksi pada plat aluminium terendah adalah pada waktu pengujian 5 menit sebesar 306 W dan tertinggi adalah pada waktu pengujian 25 menit sebesar 402 W. Laju perpindahan panas konveksi terendah adalah pada waktu pengujian 5 menit sebesar 0,6137 W dan terbesar adalah pada waktu pengujian 25 menit adalah 1,0358 W. Secara keseluruhan laju perpindahan kalor total terendah adalah pada waktu pengujian 5 menit sebesar 306,1216 W dan terbesar adalah pada waktu pengujian 25 menit sebesar 402,1450 W.

Kata Kunci : *Perpindahan Panas, Gas Buang, Peltier*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah sumber utama kebutuhan manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, kebutuhan energi listrik bukan hanya dibutuhkan di daerah perkotaan, namun daerah pedesaan, oleh sebab itu berbagai cara dilakukan untuk mendapatkan energi listrik dengan membangun pembangkit-pembangkit energi listrik baik menggunakan energi air (hydro), energi fosil, maupun energi angin. Beberapa penelitian yang sudah pernah dilakukan untuk menciptakan energi alternatif misalnya dari perbedaan suhu yang ada di bawah laut dimana panas yang ada di bawah laut digunakan untuk membuat perbedaan suhu sehingga diperoleh tegangan yang bisa menghasilkan arus listrik. Pembangkit energi tenaga mikro tidak saja dipandang dari sisi konsumsi energi tetapi juga dari sisi perspektif produksi. Salah satu piranti yang menghasilkan energi dari panas adalah elemen Peltier. Pada elemen ini dimanfaatkan efek Seebeck untuk membangkitkan energi listrik jika terdapat perbedaan suhu pada elemen.

Dalam kehidupan sehari-hari banyak aktifitas baik itu dari diri sendiri maupun dari aktifitas sebuah perangkat atau mesin yang mana akan menghasilkan panas, dan panas tersebut biasanya hanya akan terbuang sia-sia atau hanya diabaikan dan dianggap sebagai akibat aktifitas dari perangkat yang digunakan. Salah satu contoh energi panas yang terbuang percuma adalah energi panas dari gas buang mesin yang di gunakan oleh nelayan yang ada di daerah Sampolawa. Kondisi ini tentunya menarik perhatian untuk bisa di manfaatkan dalam pemberdayaan energi panas yang terbuang, sehingga energi terbarukan mampu terbentuk dari kondisi yang kerap ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Dalm dunia industri pun limbah panas yang dihasilkan dari aktifitas mesin produksi sangatlah besar, jadi sangatlah efektif jika energi yang terbuang itu mampu dimanfaatkan. Teknologi termoelektrik dikenal sebagai cara dalam mengkonversi energi panas (perbedaan temperatur) menjadi energi listrik (generator termoelektrik) secara langsung, atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Agar bisa menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan atau dipasang sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian tersebut akan dihasilkan sejumlah arus listrik. Bahan semi konduktor Termoelektrik bekerja dengan memanfaatkan efek peltier, yang merupakan kebalikan dari dari efek Seebeck.

Berdasarkan dari prinsip-prinsip diatas dalam upaya penciptaan energi terbarukan yang ramah lingkungan maka perlu diadakannya penelitian untuk mengetahui laju perpindahan panas pada generator termoelektrik yang dibangkitkan dengan memanfaatkan panas gas buang mesin Diesel.

II. LANDASAN TEORI

1. Termoelektrik

Thermoelectrik merupakan teknologi pembangkit listrik dengan mengkonversi energi panas (kalor). Pada alat ini digunakan komponen yang bernama "Peltier". Pada umumnya peltier adalah keramik yang bisa menghasilkan energi panas dan dingin jika di beri tegangan. Termoelektrik terbuat dari *solid state material* (material zat padat) yang dapat mengkomversi energi dari perbedaan ke beda potensial (efek seebeck) atau sebaliknya (efek peltier).

2. Elemen Peltier

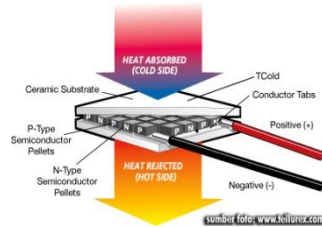
Dalam elektronika terdapat berbagai komponen yang terbuat dari bahan semikonduktor. Semikonduktor sendiri merupakan bagian yang sangat penting dalam modul

Analisa Perpindahan Panas pada Modul Peltier TEC 1-12706 sebagai Penghasil Energi Listrik Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel

La Baride dan La Ode Andriawan

termoelektrik atau modul peltier. Modul termoelektrik terdiri dari banyak sambungan semikonduktor yang dirancang menjadi sebuah divais termoelektrik atau modul.

Elemen peltier adalah merupakan bagian terpenting dari generator termoelektrik, ke dua sisi yang terbuat dari keramik memiliki fungsi sebagai sisi panas dan sisi dingin yang kemudian memiliki arus positif dan negatif.



Gambar 1. Modul Elemen Thermoelektrik

Spesifikasi bagian dan kinerja peltier TEC1-12706 di jelaskan pada tabel berikut ini :

Tabel 1. Spesifikasi bagian peltier TEC1-12706

NO.	Spesifikasi	Nilai
1	Model	TEC1-12706
2	Ukuran	40x40 mm
3	Operasi tegangan dan arus	0-15,2 V dan 0-6 A
4	Operasi suhu	(-30) – 70 °C
5	Konsumsi daya maksimal	60 Watt

Tabel 2. Spesifikasi kinerja peltier TEC1-12706

NO.	Kinerja spesifikasi sisi suhu panas °C	25°C	50°C
1	Qmax (Watt)	50	57
2	Delta Tmax (°C)	66	75
3	Imax (Ampere)	6,4	6,4
4	Vmax (Volt)	14,4	16,4
5	Modul resistansi (Ohm)	1,98	2,30

3. Efek Termoelektrik

Ketika dua buah kawat yang berbeda material disambungkan dan salah satu sisinya dipanaskan akan menimbulkan aliran arus yang terus menerus. Perbedaan temperatur yang terjadi antara dua buah konduktor berbeda material akan menghasilkan perbedaan tegangan antara dua subtansi tersebut. Fenomena yang ditimbulkan ini disebut dengan efek seeback. Efek seeback memiliki dua aplikasi utama yaitu termasuk pengukuran suhu dan power generation. Fenomena ini merupakan dasar dari penemuan selanjutnya yang disebut dengan efek peltier.

Efek peltier merupakan kebalikan dari seeback yaitu aliran elektron dari rangkaian seeback dibalik untuk menghasilkan refrigerasi. Efek peltier yaitu fenomena dimana energi panas dapat diserap pada salah satu sambungan konduktor berbeda material dan dilepaskan pada sambungan lainnya ketika arus listrik dialirkan pada

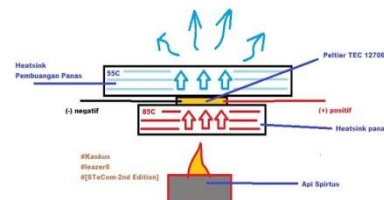
rangkaian tertutup. Efek peltier melibatkan lintasan dari arus listrik yang melewati thermocouple menghasilkan pemanasan atau pendinginan Konversi energi listrik menjadi gradient suhu menggunakan divais termoelektrik disebut dengan pendingin Peltier.

Efek peltier dikendalikan oleh koefisien peltier, yang di definisikan sebagai koefisien seeback dari material semikonduktor dan suhu mutlak. Koefesien peltier dihubungkan dengan efek pendinginan sebagai arus yang melewati material tipe N ke material tipe P, dan efek panas ketika arus lewat dari material tipe P ke material tipe N. Dengan membalikan arah arus saat ini maka akan membalik temperatur dari Current flow Battery Dissimilar Metal ujung panas dan dinginnya. Idealnya, banyaknya panas yang diserap pada sisi dingin dan dibuang pada sisi panas bergantung pada nilai dari koefisien peltier dan aliran arus yang dibawa material semikonduktor. Secara praktik jumlah yang bersih dari panas yang diserap pada ujung yang dingin karena efek peltier akan mengalami penurunan atau pengurangan karena dua faktor yaitu pemanasan konduktor dan pemanasan Joule. Karena perbedaan temperatur antara ujung yang dingin dan panas dari material semikonduktor, panas akan dikonduksikan melalui material semikonduktor ujung yang panas ke ujung yang dingin.

4. Prinsip Kerja Termoelektrik

Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Cara kerja generator ini adalah apabila ada perbedaan suhu diantara kedua sisi peltier maka peltier akan menghasilkan listrik. Pada skala atom, perbedaan temperatur menyebabkan muatan pembawa berdifusi dari permukaan panas menuju ke permukaan dingin.

Misalnya suhu heatsink yang dipanaskan 85°C sedangkan suhu heatsink pembuangan panas 55°C sehingga peltier mengalami selisih perbedaan suhu 30°C, semakin jauh selisih suhunya maka listrik yang di dihasilkan akan naik, namun sebaiknya jika terlalu panas bisa Overheat dan menyebabkan rusaknya solderan batangan bismuth di dalam Peltier.



Gambar 2. Skema Cara Kerja Generator Peltier

Pada gambar diatas merupakan simulasi cara kerja alat, pada gambar Peltier yang diapit oleh kedua heatsink yaitu heatsink panas dan heatsink dingin.

Api spiritus digunakan untuk memanaskan heatsink kecil (heatsink panas), kemudian energi panas/kalor melewati peltier dan kalor tersebut di serap dan di buang oleh heatsink dingin. Dari perpindahan kalor tersebut maka peltier akan

Analisa Perpindahan Panas pada Modul Peltier TEC 1-12706 sebagai Penghasil Energi Listrik Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel

La Baride dan La Ode Andriawan

mengalami perbedaan suhu panas 85°C dan suhu dingin 55°C sehingga dari selisih suhu tersebut peltier akan menghasilkan output tegangan.

Pada dasarnya prinsip kerja alat ini sama dengan mesin panas. Pada mesin diesel maupun mesin bensin, energi yang ada pada bahan bakar dirubah menjadi tekanan uap yang mampu menggerakkan piston. Prinsip yang sama terjadi pada piranti termoelektrik yang mampu merubah perbedaan temperatur menjadi beda potensial, yang dapat menghantarkan arus listrik. Hubungan yang sama juga terdapat pada mesin pendingin, dimana beda potensial dapat menyebabkan perbedaan temperatur pada kedua sisi piranti termoelektrik. Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin.

Prinsip kerja modul termoelektrik adalah berdasarkan efek peltier. Efek peltier akan menciptakan perbedaan suhu yang diakibatkan oleh pemberian tegangan antara dua jenis elektroda yang terhubung ke sampel bahan semikonduktor. Ketika menggunakan modul termoelektrik maka harus didukung dengan proses pembuangan panas pada sisi panas. Apabila suhu panas sama dengan suhu lingkungan, maka pada sisi dingin akan didapatkan suhu yang lebih rendah (puluhan derajat Kelvin). Tingkat pendinginan dapat diturunkan oleh nilai arus yang melewati modul termoelektrik. Dalam termoelektrik, penukar panas elektron bertindak sebagai pembawa panas. Aksi dari pemompaan panas disebabkan karena fungsi dari banyaknya elektron yang melewati P-N Junction.

Generator termoelektrik adalah suatu pembangkit listrik yang di dasarkan pada efek seebeck. Modul termoelektrik berbahan dasar bismuth tellurid umumnya digunakan untuk pendinginan dengan arus listrik DC sebagai masukannya. Dengan modul termoelektrik yang sama tetapi penggunaannya di balik yakni masukannya bukan arus listrik DC tetapi justru energi panas maka di memungkinkan untuk membangkitkan daya listrik. Skema modul termoelektrik untuk pembangkitenergi listrik dapat di lihat pada gambar 3.

besar. Modul-modul termoelektrik dapat juga disambungkan bersama baik secara seri ataupun paralel. Tiap modul mampu menghasilkan tegangan rata-rata antara 1-2V DC dan bahkan 5V DC bergantung pada variasi delta temperatur, tetapi pada umumnya satu modul termoelektrik menghasilkan 1,5-2V DC.

5. Sistem Komversi Energi Panas dengan Termoelektrik

Kalor mengalir dengan sendirinya dari suatu benda yang temperaturnya lebih tinggi ke benda lain dengan temperatur yang lebih rendah. Bagaimanapun, fluida kalor tidak perlu di deteksi. Abad ke-19 di temukan bahwa berbagai fenomena yang berhubungan dengan kerja dan energi. Pertama di lihat bahwa suatu satuan yang umum untuk kalor, yang masih di gunakan sekarang di namakan kalori (kal) dan di definisikan sebagai kalor yang di butuhkan untuk menaikkan temperatur 1 gram air sebesar.

Perpindahan panas dari suatu zat ke zat yang lain sering kali terjadi dalam proses dan industri. Pada kebanyakan pekerjaan, di perlukan pemasukan atau pengeluaran panas untuk mencapai dan mempertahankan ke adaan yang di butuhkan sewaktu proses panas berlangsung. Perpindahan panas dapat di definisikan sebagai perpindahan energi akibat adanya perbedaan suhu pada permukaan dengan lingkungan sekitarnya.

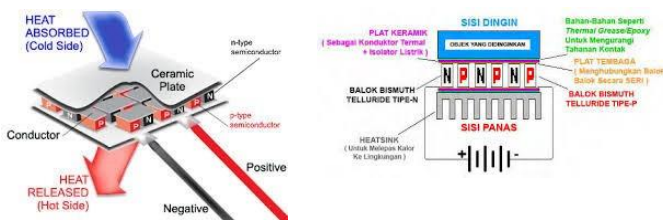
6. Efek Peltier

Jean Charles Peltier pada tahun 1834 telah mendasari efek termoelektrik. Dia mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian. Ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada satu sambungan logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Penemuan yang terjadi pada tahun 1834 ini kemudian dikenal dengan efek Peltier.

Pada saat arus mengalir melalui thermocouple, temperatur junction akan berubah dan panas akan diserap pada satu permukaan, sementara permukaan yang lainnya akan membuang panas. Jika sumber arus dibalik, maka permukaan yang panas menjadi dingin dan sebaliknya. Gejala ini disebut efek peltier yang merupakan dasar pendinginan termoelektrik. Dari percobaan diketahui bahwa perpindahan panas sebanding terhadap arus yang mengalir.

7. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga. Dalam reaksi yang sempurna, maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbondioksida (CO2), uap air (H2O), Oksigen (O2) dan Nitrogen (N2). Dalam prakteknya, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan



Gambar 3. Pembangkit Energi Listrik Termoelektrik

Heatsink di gunakan untuk membantu pelepasan kalor pada sisi dingin sehingga meningkatkan efisiensi dari modul tersebut. Potensi pembangkitan daya dari modul termoelektrik tunggal akan berbeda-beda tergantung pada ukuran, kontruksi dan perbedaan temperatur. Perbedaan temperatur yang makin besar antara sisi panas dan sisi dingin modul akan menghasilkan tegangan arus dan arus yang lebih

Analisa Perpindahan Panas pada Modul Peltier TEC 1-12706 sebagai Penghasil Energi Listrik Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel

La Baride dan La Ode Andriawan

sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbonmonoksida (CO), hidrokarbon (HC), Nitrogenoksida (NOx) dan partikulat. Di samping itu untuk bahan bakar yang mengandung timbal dan sulfur, hasil pembakaran di dalam mesin kendaraan juga akan menghasilkan gas buang yang mengandung sulfurdioksida (SO2) dan logam berat (Pb).

Banyaknya energi panas hasil pembakaran bahan bakar pada mesin yang terbuang ke udara bebas tentunya sangat tidak menguntungkan, maka energi panas yang terbuang melalui saluran gas buang tersebut dapat digunakan untuk sebagai pembangkit listrik thermoelektrik.

8. Kalor

Kalor adalah suatu bentuk energi yang di terima oleh suatu benda yang menyebabkan benda tersebut berubah suhu atau bentuk wujudnya. Kalor juga merupakan energi panas yang di miliki oleh suatu zat. Secara umum untuk mendeteksi adanya kalor yang dimiliki oleh suatu benda yaitu dengan mengukur suhu benda tersebut. Jika suhunya tinggi maka kalor yang di kandung oleh benda sangat besar, begitu juga sebaliknya jika suhunya rendah maka kalor yang di kandung sedikit.

Perpindahan panas (kalor) adalah perpindahan energi karena adanya perbedaan temperatur. Apabila dua benda yang berbeda temperatur saling bersinggungan, maka panas akan mengalir dari benda yang memiliki temperatur tinggi ke benda yang memiliki temperatur yang lebih rendah.

a. Perpindahan Kalor Konduksi

Perpindahan kalor konduksi adalah proses dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur lebih tinggi kedaerah yang bertemperatur lebih rendah di dalam suatu medium (padat, cair, atau gas). Dalam aliran kalor konduksi, perpindahan energi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Berlangsungnya konduksi panas melalui zat dapat di ketahui oleh perubahan temperatur yang terjadi. Konduksi termal pada logam-logam padat terjadi akibat gerakan electron yang terikat dan konduksi thermal mempunyai hubungan dengan konduktivitas listrik.

Di tinjau dari sudut teori molekuler, yakni benda atau zat terdiri dari molekul, pemberian panas pada zat menyebabkan molekul itu bergetar. Getaran ini makin bertambah jika panas di tambah, sehingga tenaga panas berubah menjadi tenaga getaran. Molekul yang bergetar ini tetap pada tempatnya tetapi getaran yang lebih hebat ini akan menyebabkan getaran yang lebih kecil dari molekul di sampingnya, bertambah getarannya, dan demikian seterusnya sehingga akhirnya getaran molekul pada bagian lain benda itu akan naik dan kita liat bahwa panas berpindah ke tempat lain.

Persamaan Dasar Konduksi :

$$q = -k \cdot A \cdot \left(\frac{\Delta T}{dx}\right)$$

Keterangan :

q = Laju Perpindahan Panas	(J/det,W)
k = Konduktifitas Termal	(J/s °C)
A = Luas Penampang	(m ²)
dx = Perbedaan Jarak	(m)

b. Perpindahan Kalor Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/ pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Contohnya adalah kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi dll. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (*free / natural convection*). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa / eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (*forced convection*).

Perpindahan konveksi paksa dalam kenyataannya sering dijumpai, karena dapat meningkatkan efisiensi pemanasan maupun pendinginan satu fluida dengan fluida yang lain.

1) Bilangan Reynolds

Transisi dari aliran laminar menjadi turbulen terjadi apabila :

$$Re_x = \frac{x \cdot U_\infty}{\nu} = \frac{\rho \cdot x \cdot U_\infty}{\mu} > 5 \times 10^5$$

Dimana kecepatan aliran bebas

x = jarak dari tepi depan

$\nu = \mu/\rho$ = viskositas kinematik

Pengelompokan khas diatas disebut angka Reynolds dan angka ini tak berdimensi apabila untuk semua sifat-sifat diatas digunakan perangkat satuan yang konsisten. Pada konveksi plat rata akan mendingin lebih cepat dapat dilihat pada gambar berikut ini :

2) Angka Nuselt

Bilangan Nusselt untuk aliran laminar dalam tabung silinder

$$Nu = 3,66 + \frac{0,065(D/L)Re Pr}{1 + 0,04 [(D/L)Re Pr]^{2/3}}$$

Bilangan Nusselt untuk aliran laminar yang mengalir pada pelat paralel

$$Nu = 7,54 + \frac{0,003(D_h/L)Re Pr}{1 + 0,016 [(D_h/L)Re Pr]^{2/3}}$$

Bilangan Nusselt untuk aliran turbulen yang mengalir pada pelat paralel dengan permukaan halus

$$Nu = \frac{(f/8)(Re - 1000) Pr}{1 + 12,7 (f/8)^{0,5} (Pr^{2/3} - 1)}$$

Dimana f adalah koefisien gesekyang dirumuskan sebagai berikut :

Analisa Perpindahan Panas pada Modul Peltier TEC 1-12706 sebagai Penghasil Energi Listrik Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel

La Baride dan La Ode Andriawan

$$f = (0,790 \ln Re - 1,64)^{-2}$$

Untuk permukaan kasar koefisien gesek yang dirumuskan sebagai berikut :

$$f = -2,0 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Rumus Bilangan Nusselt di atas berlaku untuk $0,5 \leq Pr \leq 2000$ dan $3 \cdot 10^3 \leq Re \leq 5 \cdot 10^6$

3) Aliran laminar dan turbulen dalam tabung

Untuk aliran dalam tabung silinder bilangan Reynold didefinisikan sebagai berikut

$$Re = \frac{\rho v_m D_h}{\mu} = \frac{v_m D_h}{\nu}$$

Dimana v_m adalah kecepatan rata-rata fluida, D_h adalah diameter hidrolis dan ν adalah viskositas kinematika fluida. Sedangkan aliran dalam tabung bukan silinder bilangan Reynoldnya didefinisikan seperti tampak pada gambar berikut.

Laju perpindahan panas konveksi dihitung :

$$q = -hA(T_w - T_\infty)$$

Keterangan :

- Q = Laju Perpindahan Panas (kJ/det atau W)
- h = Koefisien konveksi (W / m².°C)
- A = Luas permukaan perpindahan Panas (ft² , m²)
- T_w = Temperatur Dinding (°C , K)
- T_∞ = Temperatur fluida (°C , K)

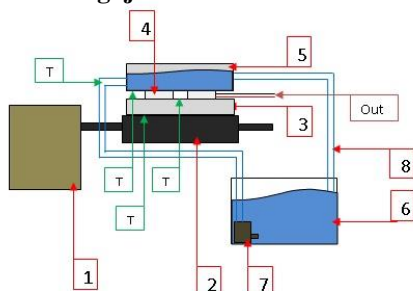
III. METODE PENELITIAN

a. Pengujian Rangkaian Generator

Pengujian di lakukan pada generator listrik modul peltier TEC 1-12706 dengan menggunakan panas gas buang mesin dengan tahapan :

1. Generator listrik modul peltier dirangkai seri
2. Pasang rangkaian generator ke sumber panas gas buang mesin Diesel
3. Pasang termometer pada titik yang akan di ukur
4. Hidupkan mesin
5. Catat data yang tertera pada alat ukur setiap 5 menit

b. Instalasi Pengujian



Gambar 4. Skema alat pengujian

Ket. gambar :

1. Mesin
2. Knalpot
3. Heatsink panas
4. Modul peltier TEC 1-12706
5. Heatsink pendingin
6. Bak penampung air
7. Pompa air
8. Selang

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Tabel 3. Hasil Pengambilan Data

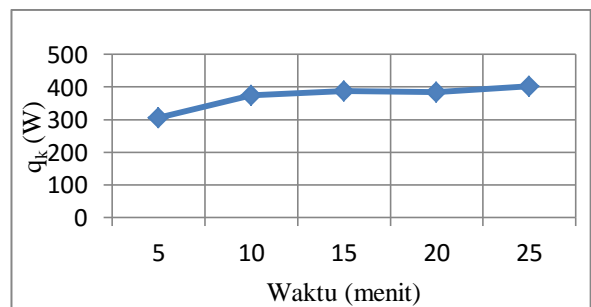
No	Waktu (menit)	Temperatur, °C			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	5	154,00	52,00	31,00	28,00
2	10	180,00	55,00	32,00	29,00
3	15	185,00	56,00	33,00	30,00
4	20	187,00	59,00	37,00	32,00
5	25	197,00	63,00	38,00	33,00

Tabel 4. Hasil Perhitungan Perpindahan Panas

No	Waktu (menit)	q _{k1} (Watt)	q _{k2} (Watt)	q _h (Watt)	q _{tot} (Watt)
1	5	306,00	0,1210	0,6137	306,122
2	10	375,00	0,1325	0,6152	375,133
3	15	387,00	0,1325	0,6166	387,133
4	20	384,00	0,1267	1,0339	384,128
5	25	402,00	0,1440	1,0358	402,145

2. Pembahasan

- 1) Laju perpindahan panas konduksi pada Plat Aluminium



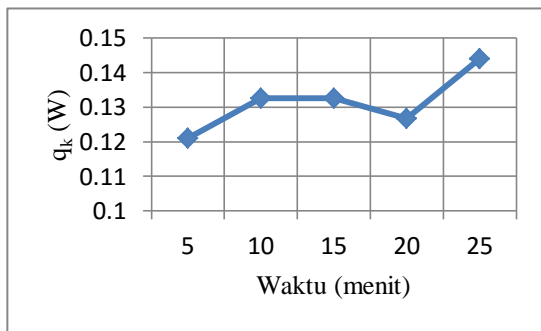
Gambar 5. Laju perpindahan kalor kodusi pada Aluminium terhadap Waktu

Analisa Perpindahan Panas pada Modul Peltier TEC 1-12706 sebagai Penghasil Energi Listrik Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel

La Baride dan La Ode Andriawan

Berdasarkan pada gambar 5 laju perpindahan kalor konduksi terhadap waktu cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu. Dimana semakin lama sebuah pelat aluminium menerima panas dari knalpot mesin maka temperatur yang di hasilkan juga akan semakin meningkat, seperti di perlihatkan pada penelitian ini dimana pada laju perpindahan kalor konduksi terendah adalah pada waktu 5 menit sebesar 306 W dan temperatur tertinggi adalah pada waktu 25 menit sebesar 402 W.

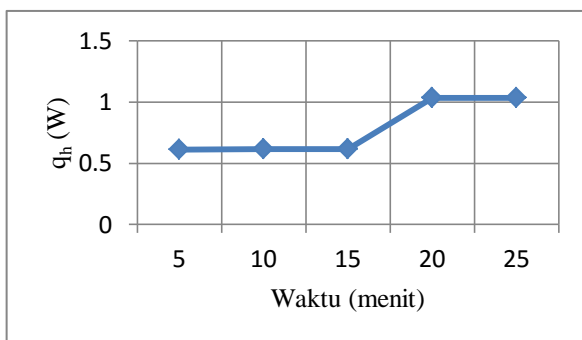
2) Laju perpindahan panas konduksi pada peltier



Gambar 6. Laju perpindahan panas konduksi pada peltier terhadap waktu

Berdasarkan gambar 6 laju perpindahan kalor konduksi terhadap waktu pada peltier, laju perpindahan panas konduksi akan meningkat seiring bertambahnya waktu, seperti di mana laju perpindahan panas konduksi terendah adalah pada waktu 5 menit sebesar 0,121 W dan tertinggi adalah pada waktu 25 menit sebesar 0,144 W.

3) Laju perpindahan panas konveksi

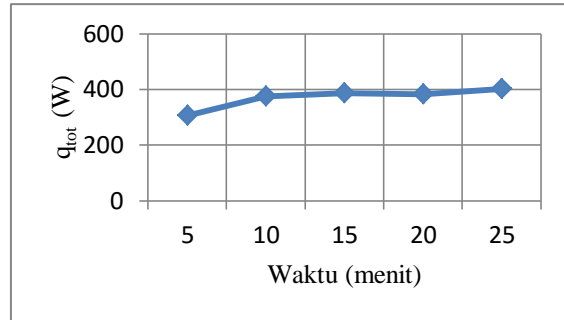


Gambar 7. Laju perpindahan panas koveksi terhadap waktu

Berdasarkan gambar 7 laju perpindahan kalor konveksi terhadap waktu, laju perpindahan panas konveksi meningkat seiring bertambahnya waktu, yaitu laju perpindahan panas konveksi terendah terendah adalah pada waktu 5 menit 0,6137 W dan terbesar adalah pada waktu 25 menit 1,0358 W.

4) Laju Perpindahan Panas Total

Berdasarkan gambar 8 laju perpindahan kalor total terhadap waktu yaitu laju perpindahan kalor terendah adalah pada waktu 5 menit sebesar 306,1216 W dan tertinggi adalah pada waktu 25 menit sebesar 402,1450 W.



Gambar 8. Laju perpindahan panas total terhadap waktu

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Laju perpindahan panas konduksi baik pada alumedium maupun pada peltier cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dimana pada aluminium perpindahan kalor konduksi terendah adalah pada waktu 5 menit sebesar 306 W dan temperatur tertinggi adalah pada waktu 25 menit sebesar 402 W. Pada peltier laju perpindahan panas konduksi terendah adalah pada waktu 5 menit sebesar 0,121 W dan tertinggi adalah pada waktu 25 menit sebesar 0,144 W.
2. Laju perpindahan kalor konveksi meningkat seiring bertambahnya waktu, yaitu laju perpindahan panas konveksi terendah terendah adalah pada waktu 5 menit 0,6137 W dan terbesar adalah pada waktu 25 menit 1,0358 W.
3. Laju perpindahan panas keseluruhan yang terjadi pada generator peltier cenderung meningkat dengan bertambahnya waktu dimana laju perpindahan panas total terendah adalah pada waktu 5 menit sebesar 306,1216 W dan tertinggi adalah pada waktu 25 menit sebesar 402,1450 W.

B. Saran

1. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memanfaatkan sumber panas lain untuk menghasilkan listrik.
2. Penelitian ini dapat pula dikembangkan dengan memvariasikan jumlah modul termoelektrik yang digunakan.
3. Untuk menjaga keawetan dari modul peltier, dalam pemasangan pada knalpot sebaiknya jangan langsung bersentuhan antara plat aluminium tempat dudukan peltier dengan tabung knalpot.

DAFTAR PUSTAKA

Analisa Perpindahan Panas pada Modul Peltier TEC 1-12706 sebagai Penghasil Energi Listrik Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel

La Baride dan La Ode Andriawan

1. Abdurrohman Hafidh Al Fikri, 2016. Efektifitas Modul Peltier Tec-12706 Sebagai Generator Dengan Memanfaatkan Energi Panas Dari Modul Peltier Tec-12706. Program Studi Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Baride, L., & Maturbongs, Y. E. K. 2018. Analisa Ruang Evaporasi Pada Destilator Dua Atap Miring Memanfaatkan Panas Gas Buang Mesin Diesel. *Prosiding Semnastek*.
3. Julianto Teguh, Kusuma R Indra dan Prananda Juniarko 2016. Pemanfaatan Perbedaan Temperatur Pada Main Engine Cooling System Sebagai Energi Alternatif Untuk Pembangkit Listrik Di Kapal. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
4. Khalid Muammar¹, Syukri Mahdi², Gapy Mansur³ 2016. Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik. Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala.
5. Marlia Devi, Saida Deslinda, Ismiyati 2014 Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. S.T.M.T. Trisakti, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
6. Novianarenti Eky¹, Dwi Khusna Dwi², Setya Agung³ 2017. Analisis Hasil Pengujian Efek Seebeck Termoelektrik Dengan Sumber Panas Ubluk Dan Variasi Pendingin Oli, Air Es, Udara Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
7. Pratama Putra Ari, 2018. Studi Eksperimental Termoelektrik Generator Tipe Sp 1848 27145 Sa Dan Tec1-12706 Dengan Variasi Seri Dan Paralel Pada Supra X 125 Cc. Program studi teknik mesin Fakultas teknik Universitas muhammadiyah Surakarta.
8. Sari Poernomo Sri³, Anwar Syaiful², Ryanuargo¹ 2013. Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Tekonologi Industri, Universitas Gunadarma 2, 3 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma.
9. Sumarjo Jojo¹, Santosa Aa², Permana Imron Muhaamad³ ^{1,2,3}, 2017. Pemanfaatan Sumber Panas Pada Kompor Menggunakan 10 Termoelektrik Generator Dirangkai Secara Seri Untuk Aplikasi Lampu Penerangan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl.HS.Ronggowaloyo, Telukjambe Timur Karawang.
10. Tambunan Walfret, Umar La Zuardi, Fuji Dara. Pengembangan dan Optimalisasi Elemen Peltier Sebagai Generator Thermal Memanfaatkan Energi Panas Terbunng.
11. Winarno Joko. Studi Emisi Gas Buang Mesin Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merek Kendaraan Dan Tahun Pembuatan. Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra