

ANALISIS KINERJA MODUL TERMOELEKTRIK GENERATOR SP 1814 HOT SIDE DAN COLD SIDE TERHADAP TEMPERATUR PERMUKAAN ASPAL DAN OUTPUT DARI PELAT BAJA DAN ALUMINIUM

Sahat Pandapotan Simarmata

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru, 28293
Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

Email: sahat.simarmata4638@student.unri.ac.id

Abstrak

Termoelektrik generator merupakan alat pembangkit listrik yang mengkonversikan perbedaan temperatur yang diterima suatu alat sehingga menghasilkan energi listrik. Penelitian ini menggunakan modul termoelektrik tipe SP 1848. Aspal yang digunakan yaitu tipe AC-WC dengan dimensi 300 mm x 300 mm x 100 mm (pxlxt). Untuk memindahkan panas yang diserap aspal menuju termoelektrik digunakan pelat baja dan pelat aluminium yang mana pelat tersebut divariasikan kedalamannya yaitu 2 cm, 4 cm dan 6 cm. Pada pelat baja kedalaman 2 cm, daya maksimal yang dapat dihasilkan sebesar 6,5 W pada saat radiasi matahari sebesar 887 W/m². Kemudian pada kedalaman 4 cm dan 6 cm, daya maksimal yang dihasilkan masing-masing 3,7 mW dan 3,8 mW saat radiasi matahari sebesar 887 W/m². Sedangkan pada pelat aluminium kedalaman 2 cm, daya maksimal yang dapat dihasilkan sebesar 31,3 mW pada saat radiasi matahari sebesar 887 W/m². Kemudian pada kedalaman 4 cm dan 6 cm, daya maksimal yang dihasilkan masing-masing 19,2 mW dan 16,7 mW saat radiasi matahari sebesar 887 W/m². Perbedaan daya antara variasi kedalaman pelat baja ini akibat panas yang berada di dalam aspal lebih lama lepas ke udara dibandingkan dengan pelat dengan kedalaman 2 cm. Dengan energi yang dihasilkan secara kontiniu setiap hari, memungkinkan penelitian ini harus dikembangkan agar dapat dimanfaatkan secara massal.

Kata kunci : Termoelektrik Generator, Radiasi Matahari, Energi alternative.

ABSTRACT

Thermoelectric generator is a power generator that converts the difference in temperature received by a device to produce electrical energy. This study uses a thermoelectric module SP 1848 type. The asphalt used is the type of AC-WC with dimension of 300 mm x 300 mm x 100 mm (pxlxt). To move the heat absorbed by the asphalt to the thermoelectric steel plate and aluminium plate is used where the plates are varied in depth, namely 2 cm, 4 cm and 6 cm. On a 2 cm depth steel plate, the maximum power that can be produced is 6,5 mW when solar radiation is 975 W / m². Whereas at 4 cm and 6 cm depth plates, the maximum power produced is 3,7 mW and 3,8 mW respectively when solar radiation is 877 W / m². Whereas on a 2 cm depth aluminium plate, the maximum power that can be produced is 31,3 mW when solar radiation is 975 W / m². Whereas at 4 cm and 6 cm depth plates, the maximum power produced is 19,2 mW and 16,7 mW respectively when solar radiation is 877 W / m². The power difference between the variations in the depth of the copper plate due to the heat inside the asphalt is longer released into the air compared to the plate with a depth of 2 cm. With energy produced continuously every day, it allows this research to be developed so that it can be used massively.

Keyword : Generator Thermoelectric, solar radiation, alternative.

PENDAHULUAN

Energi pada saat ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Selama ini penyangga utama kebutuhan energi masih mengandalkan minyak bumi. Sementara itu tidak

dapat dihindarkan bahwa minyak bumi semakin langka dan mahal harganya. Dengan keadaan yang semakin menipisnya sumber energi fosil tersebut, sekarang dunia sedang gencarnya memindahkan penggunaan energi yang tidak dapat diperbaharui

menjadi energi alternatif yang tersedia gratis dari alam.

Dari sekian banyak energi yang disediakan oleh alam, energi surya atau energi yang dipancarkan matahari merupakan energi yang paling potensial untuk dikembangkan terutama untuk wilayah Indonesia. Sehingga dibutuhkan pengembangan yang tepat agar energi ini dapat terpakai dengan maksimal. Pemanfaatan panas matahari semakin gencar pengembangannya karena besarnya potensi yang bisa didapatkan. Panas matahari yang dipancarkan sebagian besar diserap oleh bumi dan yang tidak terserap akan lepas kembali ke atmosfer bumi. Salah satu contoh yang paling banyak menyerap panas matahari yaitu aspal jalan (TNO, 2012).

Salah satu metode yang digunakan dalam memanfaatkan energi listrik yang dapat diperbaharui yaitu Termoelektrik generator (Chandra, 2017). Termoelektrik merupakan fenomena mengkonversikan perbedaan temperatur menjadi energi listrik atau dari energi listrik menjadi beda temperatur (Webb, 2015).

Penggunaan termoelektrik generator akan sangat menekan biaya produksi karena pada dasarnya alat ini bekerja hanya mengkonversikan energi panas dan dingin untuk menghasilkan listrik. Tidak ada satupun alat yang bergerak akan membuat perawatan pada alat ini tidak terlalu besar sehingga biaya perawatan juga akan lebih murah (Chiles dan Ferrira, 2016).

Dengan potensi panas inilah dilakukan penelitian dengan memanfaatkan termoelektrik sebagai alat pengubah panas dan dingin menjadi listrik. Panas yang didapatkan dari matahari diserap aspal jalan dan kemudian akan dimanfaatkan untuk kerja termoelektrik. Untuk negara dengan iklim tropis sangat cocok menggunakan energi alternatif ini, karena radiasi matahari sangat besar diterima dibandingkan dengan negara dengan iklim dingin. Radiasi matahari akan lebih besar diterima pada iklim tropis karena matahari dan bumi berada pada garis tegak lurus (Duarte, 2016).

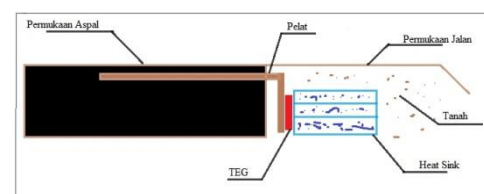
Terkait dengan penelitian pada aspal, Wei Jiang (2016), melakukan sebuah penelitian dengan karakteristik aspal. Penelitian dilakukan pada musim panas dan dingin yaitu pada bulan Agustus dan bulan Desember. Dalam penelitiannya menyebutkan bahwa aspal adalah suatu benda hitam yang mendekati nilai 1 atau sempurna yang

mana benda hitam itu memiliki sifat menyerap panas yang baik. Penelitian yang dilakukannya berfokus kepada masalah temperatur pada aspal berdasarkan pada variasi kedalaman aspal tersebut. Aspal yang dipakai memiliki ukuran 300 mm x 300 mm x 100 mm (pxlxt), maka dia membagi 10 sampel kedalaman. Untuk mendapatkan data terkait temperatur aspal, Wei Jiang dkk meneliti selama 15 jam. Dan didapatkan data bahwa temperatur pada aspal terbagi 2 bagian waktu yaitu masing-masing jam 06.00 – 16.00 dan 16.00 – 21.00. yang mana pada saat jam 16.00 temperatur di permukaan aspal menurun sedangkan temperatur di kedalaman atau dasar aspal mengalami kenaikan, ini terjadi karena temperatur pada permukaan aspal lebih cepat hilang karena konveksi dengan udara disekitar, sedangkan temperatur pada dasar aspal sedikit lebih lama melepaskan panas.

Sammer, dkk (2017) melakukan penelitian yaitu memanen energi dari aspal jalan menggunakan termoelektrik generator. penelitian dilakukan pada bulan April hingga Juli di salah satu Kampus di Texas, Amerika Serikat. Dalam penelitiannya Sammer tidak menggunakan bahan sepenuhnya aspal, namun dia menempatkan pelat baja diatas jalan beton kemudian ditutupi dengan campura aspal setebal 20 mm. dengan menggunakan termoelektrik ukuran 64 mm x64 mm, menghasilkan data maksimal pada bulan Mei. Dengan perbedaan temperatur hingga 7.6C dan didapatkan tegangan sebesar 650 mV dan kuat arus sebesar 22 mA.

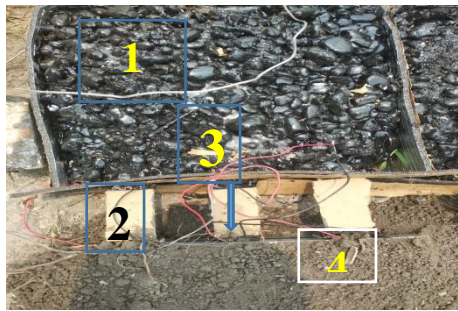
BAHAN DAN METODE

Adapun Bahan yang digunakan yaitu pelat baja dan pelat aluminium sebagai penghantarpanas yg diserap aspal dari radiasi matahari, dimana pelat baja dan aluminium sebaga hot side pada modul TEG.



Gambar 1. Konsep desain (Satria, 2019)

Bahan dan alat



Gambar 2. Bagian penting pada alat uji termoelektrik generator

Pada Gambar 1 Kolektor panas menggunakan 2 jenis pelat yaitu baja dan aluminium dengan ketebalan 2 mm. Sepanjang 250 mm, pelat akan ditanam didalam aspal dengan kedalaman yang telah divariasikan, yaitu pada kedalaman 2 cm, 4 cm dan 6 cm dihitung dari permukaan aspal. Sisa dari panjang pelat akan dibengkokkan dan ditanam didalam tanah sepanjang 180 mm. yang mana ujung dari pelat itu akan ditempelkan termoelektrik generator.

Pada Gambar 2 menunjukkan keterangan pengaturan awal alat. Temperatur yang diamati adalah temperatur pada kedua sisi dari termoelektrik generator, yaitu sisi hot side dan cold side. Panas yang diterima permukaan aspal akan ditransfer oleh pelat tembaga menuju sisi termoelektrik. Pelat tembaga yang menyentuh sisi termoelektrik merupakan temperatur hot side. Sedangkan untuk temperatur cold side yaitu heat sink yang bersentuhan dengan sisi dingin dari termoelektrik tersebut.

Penelitian dilakukan di lingkungan Universitas Riau. Penelitian ini sangat bergantung pada intensitas matahari. Oleh karena itu, penelitian dilakukan saat cuaca cerah agar data yang didapat lebih maksimal.

Temperatur pada aspal sangat di tentukan oleh seberapa banyaknya radiasi matahari yang dipancarkan selama percobaan. Pengujian dilakukan selama 6 jam yaitu dari jam 9.00 pagi hingga jam 15.00 sore. Data diambil setiap 30 menit sekali, jadi ada 12 data yang nanti akan dihitung untuk dianalisa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Radiasi terhadap temperatur hot side

Radiasi yang dipancarkan matahari kemudian diterima oleh permukaan aspal jalan. Sehingga temperatur permukaan akan naik dan mengalir kedalam bagian aspal. Kemudian pelat baja dan aluminium didalam aspal akan mentrasfer panas menuju sisi hot side dari termoelektrik generator. terlihat pada tabel 1 untuk pelat baja dan tabel 2 untuk pelat aluminium bagaimana pengaruh radiasi matahari terhadap temperatur pelat yang merupakan sisi hot side untuk termoelektrik generator.

Tabel 1. Radiasi terhadap temperatur hot side pelat baja

Hour	T Hot Side °C			Ambien t Temp °C	Radiatio n Intensity
	2 cm	4 cm	6 cm		
09.30	31,2	31,2	31,2	27,2	635
10.00	31,5	31,2	31,2	27,5	644
10.30	32,1	32,3	31,9	27,2	669
11.00	32,7	32,7	32,1	27,3	741
11.30	33,1	32,9	32,3	27,1	767
12.00	33,5	33,5	32,7	28,8	783
12.30	34,9	34,9	33,3	28,6	796
13.00	35,8	36,1	35,7	29,2	887
13.30	35,1	35,3	35,3	29,4	781
14.00	34,1	34,4	35,1	29,6	764
14.30	33,7	33,7	34,1	29,1	751
15.00	33,4	33,6	33,9	28,8	733

Tabel 2. Radiasi terhadap temperatur hot side pelat aluminium

Hour	T Hot Side °C			Ambien t Temp °C	Radiatio n Intensity
	2 cm	4 cm	6 cm		
09.30	32,4	32,4	31,2	27,2	635
10.00	32,7	32,6	31,7	27,5	644
10.30	32,9	32,9	32,9	27,2	669
11.00	33,1	33,1	33,1	27,3	741

11.3 0	33, 8	33, 4	33, 8	27,1	767
12.0 0	34, 1	34, 1	33, 6	28,8	783
12.3 0	35, 3	35, 3	35, 3	28,6	796
13.0 0	36, 4	35, 4	35, 4	29,2	887
13.3 0	35, 3	35, 3	35, 3	29,4	781
14.0 0	34, 4	35, 2	35, 4	29,6	764
14.3 0	34, 3	35, 1	35, 3	29,1	751
15.0 0	34, 7	34, 9	34, 2	28,8	733

Pada Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dilihat bahwa temperatur hot side pada baja dan aluminium dengan kedalaman 2 cm lebih cepat menyerap panas karena lebih dekat dengan permukaan aspal. Pada saat nilai radiasi matahari paling tinggi yaitu 887 W/m² saat jam 13.00, temperatur hot side baja juga mengalami suhu paling puncak yaitu 35.8^oC sedangkan hot side aluminium puncak yaitu 36.4^oC. temperatur puncak yang terdapat pada pelat baja dengan kedalaman 4 cm yaitu pada jam 13.30 sebesar 36.1^oC dan untuk pelat kedalaman 6 cm suhu puncaknya yaitu 35.7^oC pada saat jam 14.00.

Temperatur pada pelat dengan kedalaman 2 cm mengalami penurunan seiring dengan semakin berkurangnya radiasi matahari. Namun temperatur pada pelat kedalaman 4 cm dan 6 cm cenderung meningkat walaupun radiasi matahari mengalami penurunan. Ini terjadi karena permukaan aspal kontak langsung dengan udara luar dibandingkan dengan temperatur didalam aspal. Sehingga temperatur hot side pada pelat kedalaman 2 cm juga ikut mengalami penurunan.

Radiasi terhadap temperatur cold side

Tabel 3. Radiasi terhadap temperatur cold side pelat baja

Hour	T Cold Side °C			Ambien t Temp °C	Radiatio n Intensity
	2 cm	4 cm	6 cm		
09.3 0	27, 1	27, 2	27, 1	27,2	635
10.0 0	27, 1	27, 2	27, 2	27,5	644
10.3 0	27, 1	27, 3	27, 3	27,2	669

11.0 0	27, 3	27, 5	27, 5	27,3	741
11.3 0	27, 3	27, 6	27, 6	27,1	767
12.0 0	27, 6	27, 8	27, 8	28,8	783
12.3 0	28, 2	28, 1	28, 2	28,6	796
13.0 0	28, 3	28, 3	28, 3	29,2	887
13.3 0	28, 4	28, 1	28, 1	29,4	781
14.0 0	27, 1	27, 6	27, 8	29,6	764
14.3 0	27, 5	27, 6	27, 4	29,1	751
15.0 0	27, 3	27, 5	27, 1	28,8	733

Tabel 4. Radiasi terhadap temperatur cold side pelat aluminium

Hour	T Cold Side °C			Ambien t Temp °C	Radiatio n Intensity
	2 cm	4 cm	6 cm		
09.3 0	27, 2	27, 2	27, 1	27,2	635
10.0 0	27, 2	27, 2	27, 2	27,5	644
10.3 0	27, 3	27, 3	27, 3	27,2	669
11.0 0	27, 5	27, 5	27, 5	27,3	741
11.3 0	27, 6	27, 6	27, 6	27,1	767
12.0 0	27, 8	27, 8	27, 8	28,8	783
12.3 0	28, 1	28, 1	28, 2	28,6	796
13.0 0	28, 2	28, 3	28, 3	29,2	887
13.3 0	28, 1	28, 1	28, 1	29,4	781
14.0 0	26, 9	27, 6	27, 8	29,6	764
14.3 0	27, 6	27, 6	27, 4	29,1	751
15.0 0	27, 5	27, 5	27, 1	28,8	733

Temperatur cold side diukur pada heat sink yang bersentuhan dengan sisi dingin dari termoelektrik generator. Peran heat sink pada penelitian ini harus diperhatikan, agar perbedaan temperatur pada termoelektrik generator semakin besar. oleh karena itu heat sink dibuat bersirip dan diisi air agar panas

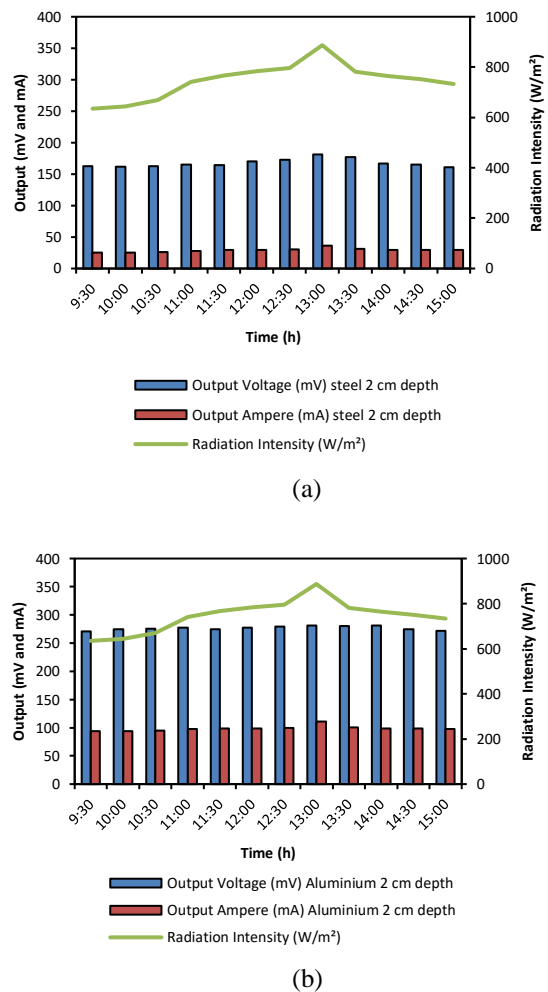
yang diterima dari termoelektrik generator lebih maksimal.

Pada Tabel 3 terlihat bahwa temperatur cold side pelat baja pada tiap variasi tidak terlalu berbeda, yang mana temperatur berkisar antara 27 °C – 28 °C. Temperatur heat sink di control agar selalu konstan dengan cara menutup dengan tanah agar panas matahari tidak mempengaruhi temperatur heat sink tersebut.

.Pada Tabel 4 temperatur cold side pelat aluminium pada tiap variasi tidak terlalu berbeda, yang mana temperatur berkisar antara 26 °C – 28 °C. Temperatur heat sink di control agar selalu konstan dengan cara menutup dengan tanah agar panas matahari tidak mempengaruhi temperatur heat sink tersebut.

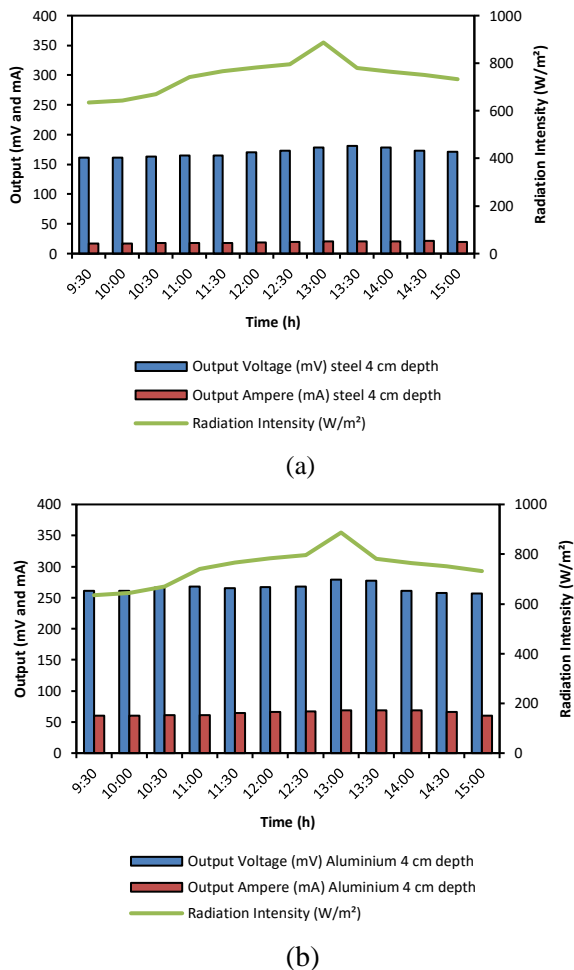
Pengaruh radiasi terhadap daya yang di hasilkan

Pada Gambar 3 menunjukkan pengaruh radiasi terhadap output pada pelat baja dan aluminium pada kedalaman 2 cm. Output yang didapat dari termoelektrik ini adalah tegangan (V) dan kuat arus (A). Pada saat pengambilan data , pelat baja 2 cm mampu menghasilkan tegangan puncak sebesar 181 mV dan kuat arus tertinggi sebesar 36 mA dan nilai radiasi matahari puncak sebesar 887 W/m² . sedangkan pelat aluminium 2 cm mampu menghasilkan tegangan puncak sebesar 281 mV dan kuat arus tertinggi sebesar 111 mA dan nilai radiasi matahari puncak sebesar 887 W/m²



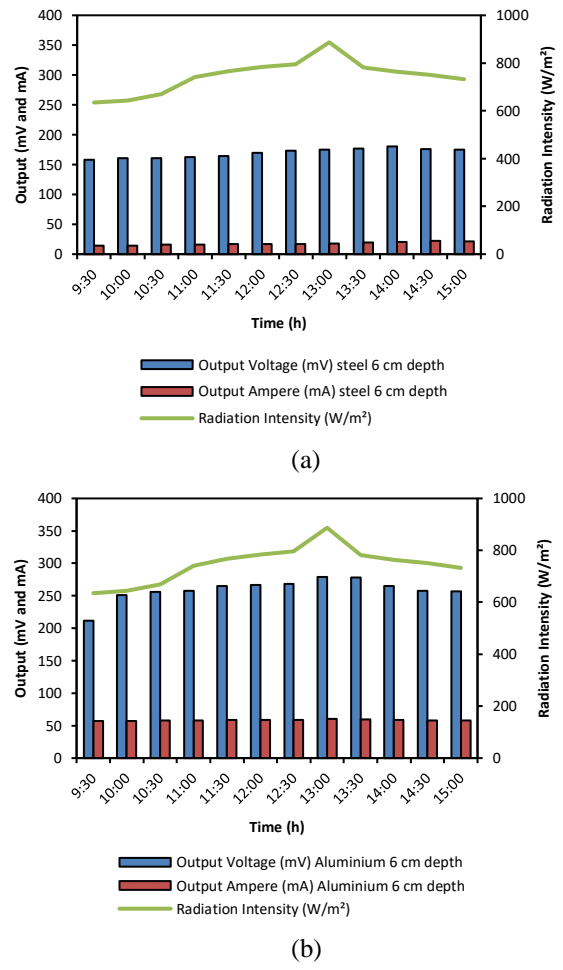
Gambar 3. Pengaruh radiasi terhadap output pada pelat 2 cm (a) baja dan (b)aluminium

Rangkaian termoelektrik generator disusun secara seri sehingga menghasilkan tegangan yang besar namun kuat arus kecil.



Gambar 4 Pengaruh radiasi terhadap output pada pelat 4 cm (a) baja dan (b)aluminium

Pada Gambar 4 menunjukkan pengaruh radiasi terhadap output pada pelat baja dan aluminium pada kedalaman 4 cm. Pada pelat baja 4 cm mampu menghasilkan tegangan puncak sebesar 181 mV dan kuat arus tertinggi sebesar 21 mA dan nilai radiasi matahari puncak sebesar 887 W/m². Sedangkan pelat aluminium 4 cm mampu menghasilkan tegangan puncak sebesar 279 mV dan kuat arus tertinggi sebesar 68 mA dan nilai radiasi matahari puncak sebesar 887 W/m².



Gambar 5. Pengaruh radiasi terhadap output pada pelat (a) baja dan (b)aluminium

Pada Gambar 5 menunjukkan pengaruh radiasi terhadap output pada pelat baja dan aluminium pada kedalaman 6 cm. Tidak jauh berbeda dengan pelat kedalaman 4 cm. Output yang dihasilkan juga mengalami kenaikan walaupun intensitas radiasi matahari berkurang. Namun output yang dihasilkan tidak terlalu besar dari pelat kedalaman 4 cm, karena letak pelat yang terlalu jauh dari permukaan aspal. Sehingga panas permukaan membutuhkan waktu sedikit lebih lama untuk sampai pada kedalaman 6 cm. Pada pelat baja 6 cm mampu menghasilkan tegangan puncak sebesar 181 mV dan kuat arus tertinggi sebesar 22 mA dan nilai radiasi matahari puncak sebesar 887 W/m². Sedangkan pelat aluminium 6 cm mampu menghasilkan tegangan puncak sebesar 279 mV dan kuat arus tertinggi sebesar 60 mA dan nilai radiasi matahari puncak sebesar 887 W/m².

Untuk variasi kedalaman pelat 6 cm di gambar 5, perbedaan temperatur yang terbesar terjadi pada

pengambilan data terakhir jam 13.00 sebesar 7.4°C dan menghasilkan daya sebesar 0.0032 W . Radiasi terhadap daya pada pelat aluminium Dari Gambar 3 sampai Gambar 5 kita melihat pengaruh kedalaman pelat baja dan aluminium terhadap daya yang dihasilkan. Karena pelat kedalaman 2 cm lebih dekat dengan permukaan aspal, maka daya yang dihasilkan lebih cepat dihasilkan pada saat pengambilan data pertama dibandingkan dengan pelat kedalaman 4 cm dan 6 cm. Akibat pengaruh radiasi terhadap output pelat maka daya pada pelat kedalaman 2 cm juga ikut turun karena permukaan aspal berkontak langsung dengan udara luar yang menyebabkan temperatur aspal menurun.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, temperatur lempeng sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh termoelektrik generator. didapatkan bahwa pelat dengan kedalaman 2 cm dinilai lebih baik dari pada pelat dengan kedalaman 4 cm dan 6 cm karena daya yang dihasilkan lebih besar. ini terjadi karena pelat dengan kedalaman 2 cm lebih dekat dengan permukaan aspal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur *hot side* pada pelat aluminium dengan kedalaman 2 cm lebih cepat menyerap panas karena lebih dekat dengan permukaan aspal. Pada saat nilai radiasi matahari paling tinggi yaitu 887 W/m saat jam 13.00, temperatur *hot side* juga mengalami suhu paling puncak yaitu 36.4°C . Sedangkan temperatur puncak yang terdapat pada pelat aluminium dengan kedalaman 4 cm dan 6 cm memiliki suhu puncak yang sama yaitu pada jam 13.00 sebesar 35.4°C . Temperatur *hot side* untuk pelat baja dengan kedalaman 2 cm dengan nilai radiasi matahari paling tinggi yaitu 887 W/m memiliki suhu paling puncak sebesar 35.8°C saat jam 13.00. sedangkan untuk kedalaman 4 cm dan 6 cm pelat baja memiliki suhu puncak sebesar 44.2°C dan 43.1°C saat jam 13.00 dengan nilai radiasi matahari paling tinggi yaitu 887 W/m .

Pelat dengan kedalaman 2 cm dapat menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan pada pelat kedalaman 4 cm dan 6 cm. Hal ini terjadi karena panas yang diterima pelat kedalaman 4 cm dan 6 cm lebih lambat dibandingkan dengan pelat dengan kedalaman 2 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Chandra, S. Sunarno, H dan indarto, B. 2017. *Generator Termoelektrik Untuk Pengisian Aki*. Institut Teknologi Surabaya, Surabaya. Volume 13, Nomor 2
- Chen. JQ, Wang. H, Zhu. HZ. *Analytical approach for evaluating temperature field of thermal modified asphalt pavement and urban heat island effect*. Appl Therm Eng 2017;113:739–48.
- Hamdi, S. 2014. *Mengenal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi*. LAPAN
- Dessouky, S. 2017. *Harvesting of Thermoelectric Energy From Asphalt Pavements*. University of Texas at San Antonio
- Duarte, F. dan Ferreira, A. 2017. *Energy Harvesting On Road Pavements*. State of Art 169, 79-90.
- Jiang, W. Yuan, D. Xu, S. Hu, H. dan Sha, A. 2017. *Energy Harvesting From Asphalt Pavement Using Thermoelectric Technology*. 205, 941-950.
- Kang-Won W, Correia AJ. *A pilot study for investigation of novel methods to harvest solar energy from asphalt pavements*. Goyang City (South Korea): Korea Institute of Construction Technology (KICT); 2010.
- Khaligh A, Onar OC. *Energy Harvesting: solar, wind, and ocean energy conversion systems*. Boca Raton (FL, USA): CRC Press Inc; 2010.
- Kisgyorgy, L. Plesz, B. 2015. *Thermal Energy Of Asphalt Pavements Using Thermoelectric*. 54, 23-35.
- Lanuri Satria, Pembangkit energi listrik memanfaatkan penyerapan panas aspal jalan menggunakan teknologi termoelektrik generator University of Riau, 2019.
- Motamed A, Bahia HU. *Incorporating temperature into the constitutive equation for plastic deformation in asphalt binders*. Constr Build Mater 2012;29:647–58.
- Schreier M, Roschewsky N, Dobler E, Meyer S, Huebl H, Gross R, Goennenwein STB. *Current heating induced spin seebeck effect*. Appl Phys Lett 2013;103(24):1–5.
- TNO. *SolaRoad: paving the way to the roads of the future*. <https://www.tno.nl/media/4574/solaroadtechnology.pdf> [accessed February 6, 2017].
- Xiong HC, Wang LB. *Piezoelectric energy harvester for public roadway: on-site installation and evaluation*. Appl Energy 2016;174:101–7.