

# EFEK KEDALAMAN PELAT TEMBAGA PADA PERKERASAN ASPAL TERHADAP TEMPERATUR LEMPENG DAN DAYA LISTRIK YANG DIPEROLEH OLEH GENERATOR TERMOELEKTRIK

Satria Lanuri

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru, 28293, Indonesia

\*E-mail: [satria.lanuri@student.unri.ac.id](mailto:satria.lanuri@student.unri.ac.id)

## ABSTRAK

Radiasi matahari dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik menggunakan termoelektrik generator. Termoelektrik generator merupakan sebuah semikonduktor tipe-p dan tipe-n akan mengubah panas pada radiasi matahari menjadi energi listrik. Pada penelitian ini untuk mengumpulkan panas matahari digunakanlah aspal jalan sebagai penyerap panas. Panas aspal akan dihantarkan menuju sisi termoelektrik generator dengan menggunakan pelat tembaga. Pada penelitian ini pelat tembaga ditanamkan didalam aspal dengan variasi ketinggian berbeda, yaitu 2 cm, 4 cm dan 6 cm dari permukaan aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur hot side pada tembaga dengan kedalaman 2 cm lebih cepat menyerap panas karena lebih dekat dengan permukaan aspal. Pada saat nilai radiasi matahari paling tinggi yaitu 987 W/m saat jam 12.00, temperatur hot side juga mengalami suhu paling puncak yaitu 38.1 °C. Sedangkan temperatur puncak yang terdapat pada pelat dengan kedalaman 4 cm yaitu pada jam 14.30 sebesar 37.6 °C dan untuk pelat kedalaman 6 cm suhu puncaknya yaitu 37.9 °C pada saat jam 15.00. 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. Sehingga pelat dengan kedalaman 2 cm menghasilkan daya listrik yang lebih besar pada temperatur lempeng yang lebih tinggi.

Kata kunci : Termoelektrik Generator, Radiasi Matahari, Alternatif.

## ABSTRACT

*Solar radiation can be used to produce electrical energy using thermoelectric generators. A thermoelectric generator is a p-type and n-type semiconductor that converts heat to solar radiation into electrical energy. In this study, asphalt road was used as a heat sink to collect solar heat. Asphalt heat will be delivered to the thermoelectric side of the generator using a copper plate. In this study, copper plates were implanted in asphalt with different heights, namely 2 cm, 4 cm, and 6 cm from the asphalt surface. The results showed that the hot side temperature of copper with a depth of 2 cm faster absorbs heat because it is closer to the asphalt surface. When the highest value of solar radiation is 987 W / m at 12:00 p.m., the hot side temperature also experiences the highest temperature of 38.1 °C. While the peak temperature found on the plate with a depth of 4 cm is 14.30 at 37.6 .6C, and for the 6 cm depth plate, the peak temperature is 37.9 °C at 3:00 p.m. Plates with a depth of 2 cm can produce greater power than those on 4 cm and 6 cm depth plates. This happens because the heat received by the scale is 4 cm deep and 6 cm slower than the plate with a depth of 2 cm. So, leaves with a depth of 2 cm produce greater electrical power at higher plate temperatures.*

*Keywords: Thermoelectric Generator, Solar Radiation, Alternative.*

## PENDAHULUAN

Radiasi matahari merupakan pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi pada

matahari. Pancaran sinar matahari membawa energi yang cukup besar untuk kehidupan dibumi. Contohnya tanaman hijau memerlukan matahari untuk melakukan fotosintesis (Hamdi, 2014).

Namun pada saat sekarang energi tersebut sudah diubah menjadi energi yang dapat dimanfaatkan manusia seperti energi listrik. Salah satu contoh untuk memanfaatkan energi tersebut yaitu menggunakan sel surya (Khaligh, 2010). Namun beberapa penelitian juga telah melakukan riset yaitu menggunakan termoelektrik generator (Jiang, 2017 dan Schreier, 2013).

Energi matahari yang masuk kedalam atmosfer bumi akan tinggal dibumi dan sisanya akan kembali lagi ke luar atmosfer. Salah satu benda yang paling banyak menyerap panas matahari adalah permukaan aspal. Dengan pertumbuhan pemakaian aspal pada jalan membuat sebagian besar permukaan daratan tertutup oleh aspal. Sehingga aspal menjadi salah satu benda yang dapat menyimpan energi matahari terbesar. Energi yang tersimpan pada aspal membuat aspal menjadi lebih panas, sehingga penggunaan termoelektrik dan aspal merupakan kombinasi yang cocok untuk dimanfaatkan menjadi energi listrik alternative (Kisgyorgy, 2015).

Termoelektrik generator merupakan sebuah alat yang memanfaatkan perbedaan temperatur di kedua sisinya sehingga energi listrik dihasilkan akibat adanya efek seeback yang terjadi didalam termoelektrik (Motamed, 2012 dan Xiong, 2016).. Sehingga untuk mendapatkan panas pada aspal yang kemudian di transfer pada sisi hot side dari termoelektrik yaitu dengan menggunakan kolektor panas (Duarte, 2017 dan TNO, 2017). Kolektor panas yang digunakan yaitu pelat tembaga dengan ketebalan 2 mm yang di benamkan didalam aspal. Namun hal yang harus diperhatikan yaitu di kedalaman berapa kolektor tembaga harus ditempatkan agar panas yang diterima oleh termoelektrik dapat maksimal. Sehingga daya listrik yang dapat dihasilkan menjadi lebih besar (Chen, 2017, Dessouky, 2017 dan Kang, 2010).

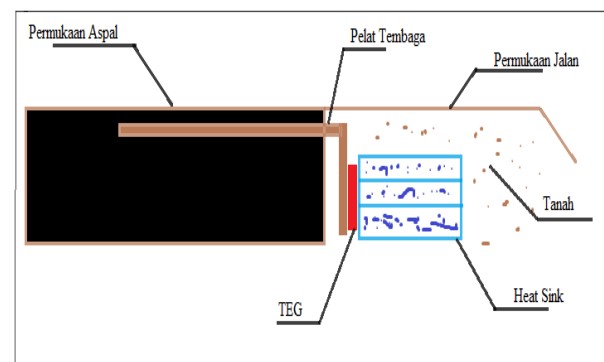
Terkait dengan penelitian pada aspal, Wei Jiang 2016 melakukan sebuah penelitian dengan karakteristik aspal. Penelitian dilakukan pada musim panas dan dingin yaitu pada bulan Agustus dan bulan Desember. Aspal yang dipakai memiliki ukuran 300 mm x 300 mm x 100 mm (pxlxt), maka dia membagi 10 sampel kedalaman. 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.

Pada tahun 2017, Sammer dkk 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 tembaga diatas jalan beton kemudian ditutupi dengan campuran 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.

Penelitian yang dilakukan ini menggunakan aspal tipe AC-WC dengan ukuran yang dibuat 300 mm x 300 mm x 100 mm. 3 bagian aspal dengan ukuran tersebut akan ditempatkan dibawah sinar matahari langsung selama percobaan yaitu selama 6 jam dimulai pada jam 9.00. panas yang diterima aspal akibat radiasi matahari akan diteruskan menuju termoelektrik generator menggunakan pelat tembaga dengan tebal 2 mm. 250 mm pelat akan ditanamkan didalam aspal dan 180 mm sisanya akan diteruskan kedalam tanah yang sudah ditempatkan termoelektrik generator di ujung pelat. Untuk sisi dingin dari termoelektrik generator menggunakan heat sink.

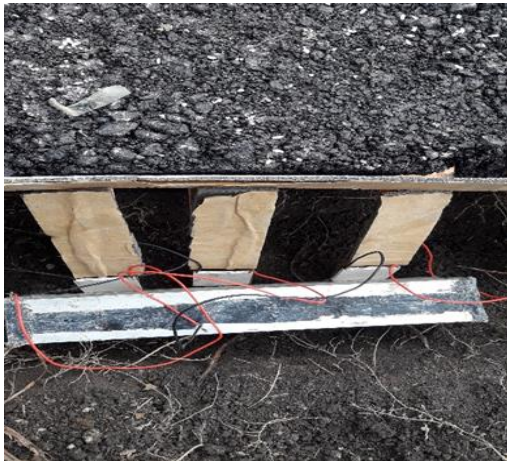
## BAHAN DAN METODE



Gambar 1. Desain Prototipe Pengujian

Kolektor panas menggunakan pelat tembaga dengan ketebalan 2 mm. Sepanjang 250 mm, pelat tembaga 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.

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.



Gambar 2. Alat Uji

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

### 1. 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 tembaga didalam aspal akan mentrasfer panas menuju sisi hot side dari termoelektrik generator. terlihat pada tabel 3 bagaimana pengaruh radiasi matahari terhadap temperatur lempeng tembaga yang merupakan sisi hot side untuk termoelektrik generator.

Tabel 1. Radiasi terhadap temperatur hot side

Hour	T Hot Side °C			Ambient Temp °C	Radiation intensity
	2 cm	4 cm	6 cm		
1	35.5	34.8	34.8	32.2	735
2	36.3	34.9	34.9	32.4	769
3	36.5	35.2	35.2	32.2	842
4	36.9	35.3	35.3	32.5	879
5	37.3	35.3	35.3	32.6	935
6	38.1	35.7	35.7	32.8	987
7	37.9	36.8	36.8	33.2	975
8	37.9	37.1	37.1	33.4	943
9	37.6	37.2	37.2	33.5	896
10	37.5	37.4	37.4	33.3	876
11	37.3	37.6	37.6	33.1	843
12	36.8	37.5	37.5	32.9	822

Temperatur hot side pada tembaga dengan kedalaman 2 cm lebih cepat menyerap panas karena lebih dekat dengan permukaan aspal. Pada saat nilai radiasi matahari paling tinggi yaitu 987 W/m saat jam 12.00, temperatur hot side juga mengalami suhu paling puncak yaitu 38.1 °C. temperatur puncak yang terdapat pada pelat dengan kedalaman 4 cm yaitu pada jam 14.30 sebesar 37.6 °C dan untuk pelat kedalaman 6 cm suhu puncaknya yaitu 37.9 °C pada saat jam 15.00.

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.

### 2. Radiasi Terhadap temperatur cold side

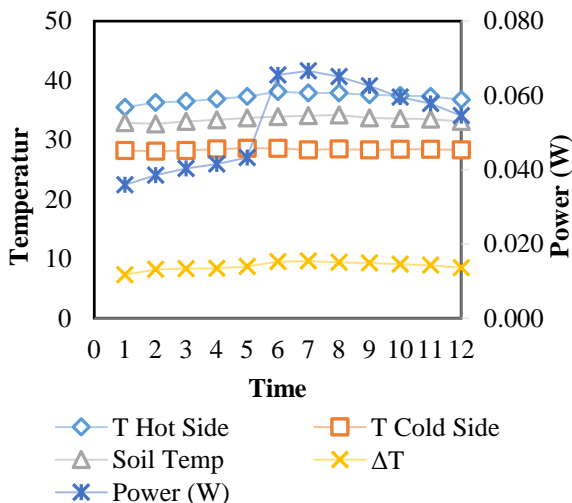
Pada tabel 2 merupakan pengaruh radiasi matahari terhadap temperatur cold side pada termoelektrik generator. temperatur cold side diukur pada heat sink yang bersentuhan dengan sisi dingin dari termoelektrik generator. Peran heat sink pada penelitian ini harus diperhatikan, agar perbedaan temperatur pada termoelektrik generator semakin besar. oleh karena itu heat sink dibuat bersip dan

diisi air agar panas yang diterima dari termoelektrik generator lebih maksimal.

**Tabel 2. Radiasi terhadap temperatur hot side**

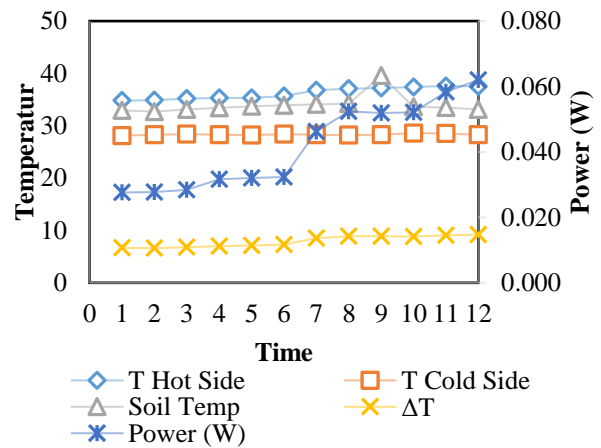
Hour	T Cold Side °C			Ambient Temp °C	Radiation intensity
	2 cm	4 cm	6 cm		
1	28.2	28.1	28.1	32.2	735
2	28.1	28.3	28.1	32.4	769
3	28.2	28.4	28.4	32.2	842
4	28.5	28.3	28.5	32.5	879
5	28.6	28.2	28.6	32.6	935
6	28.6	28.4	28.7	32.8	987
7	28.3	28.3	28.3	33.2	975
8	28.5	28.2	28.5	33.4	943
9	28.3	28.3	28.7	33.5	896
10	28.4	28.6	28.6	33.3	876
11	28.4	28.5	28.3	33.1	843
12	28.3	28.3	28.4	32.9	822

Temperatur cold side pada tiap variasi tidak terlalu berbeda, yang mana temperatur berkisar antara 28 °C – 29 °C. Temperatur heat sink di control agar selalu konstan dengan cara menutup dengan tanah agar panas matahari tidak mempengaruhi temperatur heat sink tersebut.



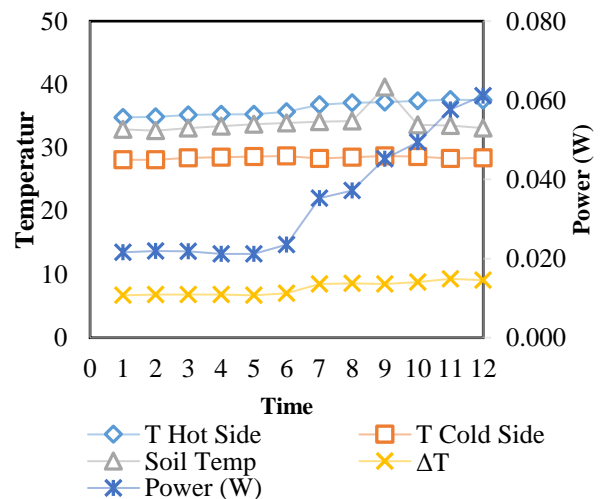
**Gambar 3. Grafik Radiasi Vs Daya Pada Pelat 2 cm**

Gambar 3 menjelaskan bahwa, nilai  $\Delta T$  mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh termoelektrik generator.  $\Delta T$  maksimal yaitu 9.6 °C menghasilkan daya sebesar 0,067 W. Daya yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai  $\Delta T$ . Pada saat jam 12.30  $\Delta T$  yang dihasilkan berada pada titik puncak begitupun dengan daya yang dihasilkan. Namun pada saat nilai  $\Delta T$  mengalami penurunan maka daya yang dihasilkan juga ikut mengalami penurunan. Ini terjadi karena panas yang diterima aspal menjadi lebih sedikit akibat dari menurunnya intensitas matahari. Pada tabel 1 dan 2 telah dijelaskan bagaimana pengaruh radiasi matahari terhadap temperatur lempeng.



**Gambar 4. Grafik Radiasi Vs Daya Pada Pelat 4 cm**

$\Delta T$  pada variasi kedalaman pelat 4 cm cenderung mengalami kenaikan yang terlihat pada gambar 4. Karena temperatur didalam aspal lebih lama terurai maka ini berakibat daya yang dihasilkan pada pelat dengan kedalaman 4 cm tidak mengalami penurunan walaupun radiasi matahari ikut turun. Daya maksimal yang dapat dihasilkan pada pelat kedalaman 4 cm yaitu 0.062 W dengan perbedaan temperatur yang terjadi pada temperatur hot side dan temperatur cold side sebesar 9.2 °C.



**Gambar 5. Grafik Radiasi Vs Daya Pada Pelat 6 cm**

Untuk variasi kedalaman pelat 6 cm di gambar 5, perbedaan temperatur yang terbesar terjadi pada pengambilan data terakhir jam 15.00 sebesar 9.5 °C dan menghasilkan daya sebesar 0.061 W.

Dari gambar 3, 4 dan 5 kita melihat pengaruh kedalaman pelat tembaga 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 panas pelat maka daya pada pelat kedalaman 2 cm juga ikut turun karena permukaan aspal berkontak langsung dengan udara luar yang menyebabkan temperatur aspal menurun. Akibatnya nilai  $\Delta T$  semakin rendah yang mempengaruhi output alat. Namun hal ini tidak terjadi pada pelat kedalaman 4 cm dan 6 cm pada gambar, hal ini terjadi karena panas matahari masih tersimpan didalam aspal.

Temperatur heat sink atau T2 juga sangat mempengaruhi output dari alat, karena heat sink bertujuan untuk menerima panas yang masuk dalam modul termoelektrik generator. Temperatur T2 cenderung konstan pada temperatur 28°C, karena heat sink sudah dirancang sedemikian rupa agar dapat langsung menguraikan panas yang diterima. Jika tidak maka temperatur tanah mendominasi sehingga perbedaan temperatur akan menjadi lebih kecil lagi yang mengakibatkan output alat juga akan semakin kecil.

Dari perbandingan kedalaman ketiga pelat tersebut, maka pelat dengan kedalaman 2 cm dinilai lebih bagus daripada pelat pada variasi kedalaman 4 dan 6 cm. Karena jarak perpindahan panas dari permukaan aspal ke pelat tembaga kedalaman 2 cm lebih pendek, mengakibatkan panas yang diterima termoelektrik generator menjadi lebih besar sehingga daya yang dihasilkan lebih besar.

## 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 tembaga dengan kedalaman 2 cm lebih cepat menyerap panas karena lebih dekat dengan permukaan aspal. Pada saat nilai radiasi matahari paling tinggi yaitu 987 W/m saat jam 12.00, temperatur hot side juga mengalami suhu paling puncak yaitu 38.1 °C. Sedangkan temperatur puncak yang terdapat pada pelat dengan kedalaman 4 cm yaitu pada jam 14.30 sebesar 37.6 °C dan untuk pelat kedalaman 6 cm suhu puncaknya yaitu

37.9 °C pada saat jam 15.00. 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 thermally 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.
- 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.