



**RANCANG BANGUN MIKRO ENERGI DENGAN MEMANFAATKAN
PANAS TUNGKU SATE MENGGUNAKAN TERMoeLEKTRIK**

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana



Disusun oleh:

ENITA SITOPU

200111301048

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2024**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Jakarta, 15 Agustus 2024
Mahasiswa,



Enita Sitopu
200111301048

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Enita Sitopu
NIM : 200111301048
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Mikro Energi dengan Memanfaatkan panas Tungku Sate Menggunakan Termoelektrik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Arie Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng

()

Penguji 2 : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng (

)

Penguji 3 : Arisa Olivia Putri, S.ST., M.IT

()

Ditetapkan di : Universitas Global Jakarta

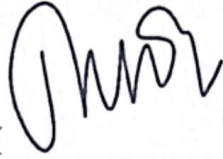
Tanggal : Agustus 2024

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Enita Sitopu
NIM : 200111301048
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Mikro Energi dengan
Memanfaatkan panas Tungku Sate Menggunakan
Termoelektrik

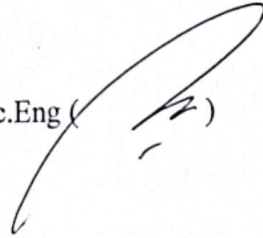
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Mauludi Manfaluthy, S.T., M.T ()

Pembimbing 2 : Legenda Prameswono Pratama, S.S.T., M.Sc.Eng ()

Mengetahui,

Ketua Program Studi : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng ()

Ditetapkan di : Universitas Global Jakarta

Tanggal : 14 Agustus 2024

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. apt. Eddy Yusuf, M.Pharm, selaku Rektor Universitas Global Jakarta.
- (2) Mauludi Manfaluthy, S.T., M.T selaku dosen pembimbing pertama saya yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini
- (3) Legenda Prameswono Pratama, S.S.T., M.Sc.Eng selaku dosen pembimbing kedua dan pembimbing akademik saya yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini
- (4) Brainvendra Widi Dionova, S.ST.,M.Sc.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis, yang telah membantu dan mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini
- (5) Bapa Mama kaka Sinta sitopu, Ernawati Sitopu, Delida Sitopu, Sopar Sitopu, Lela Sitopu dan Nova Sitopu yang telah memberikan bantuan doa dan dukungan material dan moral
- (6) Teman saya Nirmalasari Hutagalung, Delta sundari, Hasri Ariansa, dan Tiara Fortuna yang selalu menemani berjuang dan telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini
- (7) Seluruh Teman teman Elektro Angkatan 2020

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 15 Agustus 2024



Enita Sitopu

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Jakarta Global University, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Enita Sitopu
NPM : 200111301011
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Jakarta Global University Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (None-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

RANCANG BANGUN MIKRO ENERGI DENGAN MEMANFAATKAN PANAS TUNGKU SATE MENGGUNAKAN TERMoeLEKTRIK

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Jakarta Global University berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 15 Agustus 2024

Yang menyatakan



Enita Sitopu

ABSTRAK

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan primer yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat. Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) serta pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat, kebutuhan akan energi listrik meningkat setiap hari. Namun, penelitian tentang pemanfaatan teknologi termoelektrik untuk memanen energi dari panas tungku sate masih terbatas dan belum banyak diaplikasikan secara luas dalam sistem energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang pemanen energi yang memanfaatkan panas buangan dari tungku sate dengan menggunakan modul termoelektrik, agar dapat menghasilkan daya dan tegangan yang cukup untuk menghidupkan kipas DC 12 volt 1 ampere. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Termoelektrik Generator (TEG) mampu menghasilkan tegangan tertinggi sebesar 10V dengan arus 1,06A pada perbedaan suhu tertinggi sebesar 100°C. Dengan menggunakan modul Buck-Boost Converter, tegangan dapat ditingkatkan hingga mencapai 12,6V dengan arus sebesar 1A. Selain itu, penelitian ini juga menemukan bahwa semakin besar perbedaan temperatur dari sumber panas tungku, semakin besar tegangan yang dihasilkan oleh TEG. Pada pengisian baterai, diperlukan waktu 7 jam untuk mengisi dari tegangan awal 11,31V hingga mencapai 12,60V, dan pemakaian baterai selama 5 jam menunjukkan penurunan tegangan dari 12,60V menjadi 11,41V. Dengan demikian, pemanfaatan energi buangan panas tungku sate menggunakan Termoelektrik menjadi solusi untuk membantu kebutuhan daya pada pedagang. Dan kedepannya dapat dilakukan dengan sumber yang berbeda sebagai pengembangan penelitian dan peningkatan daya keluaran yang efektif.

Kata kunci : Termoelektrik Generator, Mikrogrid, Boost converter, Seri dan paralel, Tungku sate Generator Termoelektrik

ABSTRACT

Electrical energy is one of the primary needs that is very important in people's lives. Along with advances in science and technology (IPTEK) and rapid population growth, the need for electrical energy increases every day. However, research on the use of thermoelectric technology to harvest energy from the heat of satay stoves is still limited and has not been widely applied in renewable energy systems. This research aims to design an energy harvester that utilizes waste heat from a satay stove using a thermoelectric module, so that it can produce enough power and voltage to turn on a 12 volt 1 ampere DC fan. The research results show that the Thermoelectric Generator (TEG) is capable of producing the highest voltage of 10V with a current of 1.06A at the highest temperature difference of 100°C. By using the Buck-Boost Converter module, the voltage can be increased to 12.6V with a current of 1A. Apart from that, this research also found that the greater the temperature difference from the furnace heat source, the greater the voltage produced by the TEG. When charging the battery, it takes 7 hours to charge from the initial voltage of 11.31V to reach 12.60V, and using the battery for 5 hours shows a decrease in voltage from 12.60V to 11.41V. Thus, utilizing the waste heat energy from satay stoves using thermoelectricity is a solution to help with the power needs of traders. And in the future it can be done with different sources as research development and increasing effective output power.

Keyword : *Thermoelectric generator, Mikrogrid, Boost converter, series and parallel, generator thermoelectric sate furnace*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II	4
2.1 Landasan Teori	4
2.1.1 Termoelektrik Generator	4
2.1.2 Prinsip Kerja Termoelektrik	7
2.1.3 Spesifikasi Termoelektrik	8
2.1.4 Heatsink	9
2.1.5 Tungku sate	10
BAB III	20
METODE PENELITIAN	20
3.1 Diagram Penelitian	20
3.2 Lokasi & Obyek Penelitian	21
3.3 Blok Diagram Sistem secara Keseluruhan	21

3.5.1	Flowchart Sistem	23
3.5	Perancangan Sistem.....	25
3.5.1	Perancangan kebutuhan Termoelektrik.....	26
3.5.2	Perancangan Buck Boost Converter	27
3.5.3	Perancangan Berapa Lama pengisian Baterai.....	28
3.5.4	Perancangan Berapa Lama Baterai Dapat Bertahan Bila Ada Beban.....	28
BAB IV		30
4.1	Pengukuran rangkain berdasarkan suhu.....	30
4.1.1	Pengukuran rangkain seri berdasarkan Temperatur suhu	30
4.1.2	Pengukuran rangkaian paralel berdasarkan suhu	34
4.2	Pengukuran pengisian baterai tanpa beban	37
4.3	Pengukuran pemakaian baterai ke kipas	42
BAB V		44
5.1	KESIMPULAN.....	44
5.2	SARAN	44
DAFTAR PUSTAKA		xiii
LAMPIRAN.....		xvi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin maju akan berdampak pada perubahan populasi manusia. Hal ini menciptakan tekanan pada keberlanjutan energi di Indonesia dan menyoroti pentingnya mencari alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Tahun terakhir ini energi listrik merupakan persoalan yang krusial di dunia (Mohamad Diki et al., 2022). Konsumsi energi listrik meningkat dari tahun ke tahun di seluruh dunia. Pasokan energi listrik yang berasal dari minyak mentah, gas alam, dan batu bara saat ini terbatas. Hal ini disebabkan karena bahan-bahan tersebut tidak dapat diperbaharui. Ribuan ilmuwan berlomba-lomba melakukan penghematan energi dan menghasilkan energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan langsung oleh masyarakat lokal. Saat ini sedang dikembangkan pembangkit listrik tenaga panas untuk menghasilkan energi listrik dari limbah energi panas. Perangkat dengan fungsi ini adalah elemen Peltier, atau lebih sering disebut elemen termoelektrik, yang beroperasi berdasarkan prinsip efek Seebeck. (Masid et al., 2018)

Sebagian besar pedagang sate masih mengandalkan kipas manual atau harus menggunakan listrik dari PLN, yang tentu saja memerlukan pengeluaran tambahan. Namun, untuk mengatasi permasalahan ini, terdapat potensi besar dalam memanfaatkan panas yang dihasilkan selama proses pembakaran di tungku sate sebagai sumber energi listrik. Pemanfaatan energi panas yang timbul selama pembakaran tungku menjadi listrik merupakan sebuah solusi yang menjanjikan. Teknologi ini menggunakan *Thermoelectric generator (TEG)* yang dapat mengambil panas sebagai sumber energi, yang merupakan salah satu teknologi hijau yang memiliki peran penting sebagai sumber energi alternatif di masa depan. Teknologi TEG memiliki sejumlah keunggulan, seperti keawetan yang tinggi, operasional tanpa suara karena tidak memiliki bagian mekanik yang bergerak, tidak memerlukan pemeliharaan intensif, sederhana, kompak, aman, berukuran kecil dan ringan, dapat beroperasi pada suhu tinggi, cocok untuk skala kecil dan daerah

terpencil, ramah lingkungan, serta sumber energi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. (Manap & Fikri, 2020)

Dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Moh. Masid (2018) yang berjudul “Pemanfaatan panas panci yang terbuang sebagai sumber energi listrik alternatif berbasis termoelektrik generator (teg)” diperoleh kesimpulan bahwa peneliti mendapatkan hasil sebesar 2,2V, 0,46A, 1,41W dan $4,78\Omega$ dengan nyala lampu sedang tanpa penambahan boost converter. Penelitian lain yang menggunakan 2 Termoelektrik dengan rangkaian seri menghasilkan 3,4 V pada arus 2,8 mA, koefisien Seebeck tertinggi yang dihitung adalah 0,226 V/K. Modul boost memungkinkan untuk meningkatkan tegangan menjadi 12,6 V saat beban, dan mengurangi tegangan menjadi 10,5 V saat arus mengalir. Hingga 9-10mA. Tegangan yang dihasilkan oleh TEG berkurang seiring bertambahnya jarak dari sumber panas buang. Output dari elemen *thermoelectric* ini dapat mengoperasikan lampu sepeda motor 12V dari penelitian sebelumnya Berdasarkan beberapa judul yang ada, penggunaan generator termoelektrik juga telah diterapkan pada berbagai sumber panas, seperti penggunaan sumber panas knalpot mesin dan sumber panas panci. Oleh karena itu, peneliti mengangkat judul “RANCANG BANGUN MIKRO ENERGI DENGAN MEMANFAATKAN PANAS TUNGKU SATE MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK” penelitian ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan antara panas yang dihasilkan oleh tungku sate dan pemanfaatan energi listrik, dengan potensi untuk menjadikan proses memasak sate lebih berkelanjutan secara lingkungan dan ekonomi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan antara rangkaian seri dan paralel dalam konversi panas tungku sate menjadi energi listrik menggunakan modul termoelektrik?
2. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai menggunakan energi yang dihasilkan dari panas tungku sate?
3. Berapa lama baterai dapat menghidupkan kipas setelah diisi dengan energi yang dihasilkan dari panas tungku sate?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mendapatkan perbandingan antara rangkaian seri dan paralel dalam konversi panas tungku sate menjadi energi listrik menggunakan modul termoelektrik
2. Untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai menggunakan energi yang dihasilkan dari panas tungku sate
3. Untuk mengetahui lama baterai dapat menghidupkan kipas setelah diisi dengan energi yang dihasilkan dari panas tungku sate

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengurangi pemakaian Listrik dari PLN untuk menyalakan kipas
2. Memanfaatkan panas terbuang pada tungku sate sebagai sumber energi alternatif.

1.5 Batasan Masalah

1. Tidak meneliti banyaknya arang yang digunakan terhadap panas yang dihasilkan
2. Tidak meneliti kombinasi rangkaian seri dan paralel
3. Tidak meneliti tentang kualitas daya yang dihasilkan

DAFTAR PUSTAKA

- Elektro, D. T., Teknik, F., & Surabaya, U. (2018). *GENERATOR TERMOELEKTRIK DENGAN MEMANFAATKAN PANAS*.
- Manap, M. A., & Fikri, A. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Alternatif Menggunakan Termoelektrik dengan Memanfaatkan pada Tungku Pemanas. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 3(2), 53. <https://doi.org/10.33087/jepca.v3i2.41>
- Masid, M., Susanto, T. B., Rahman, A. F., & Martini, I. N. (2018). Pemanfaatan Panas Panci yang Terbuang sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Berbasis Termoelektrik Generator. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin*, 1(2), 1–8.
- Mohamad Diki, Charis Fathul Hadi, Risk Fita Lestari, & Rezki Nalandari. (2022). Pemanfaatan Termoelektrik Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Journal Zetroem*, 4(1), 23–25.
- Ramadhan, M. T., Haryanti, M., & Sugiharto, A. (2021). Potensi Pemanfaatan Sumber Panas Pembakaran Sampah Tempurung Kelapa Sebagai Penghasil Listrik Dengan Prinsip Termoelektrik Generator. *Jurnal Teknologi Industri*, 10(1), 23–28. Aguayo Torrez, M. V. (2021).
- Bertemperatur, C. (2022). *PROSIDING SEMINAR NASIONAL INOVASI (2022) DENGAN SISI PANAS MENGGUNAKAN SETRIKA ISBN :*
- Manap, M. A., & Fikri, A. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Alternatif Menggunakan Termoelektrik dengan Memanfaatkan pada Tungku Pemanas. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 3(2), 53. <https://doi.org/10.33087/jepca.v3i2.41>
- Pras Ley Bustomy, M. W. (2020). Generator Termoelektrik Dengan Memanfaatkan Panas Yang Terbuang Dari Api Pembakaran Untuk Pengisian Baterai Handphone. *Jurnal Teknik Elektro*, 09(02), 451–457.
- Putra, N. R. F., Muntini, M. S., & Anggoro, D. (2019). Pemodelan Dan Fabrikasi

- Modul Thermoelectric Generator (TEG) Berbasis Semikonduktor Bi₂Te₃ dengan Metode Penyusunan Thermoelement untuk Menghasilkan Daya Listrik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2).
<https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.36722>
- Ramadhan, M. T., Haryanti, M., & Sugiharto, A. (2021). Potensi Pemanfaatan Sumber Panas Pembakaran Sampah Tempurung Kelapa Sebagai Penghasil Listrik Dengan Prinsip Termoelektrik Generator. *Jurnal Teknologi Industri*, 10(1), 23–28.
- RIYO SUSANTO, -. (2021). *Rancang Bangun Prototype Generator Termoelektrik Memanfaatkan Panas Terbuang Pada Inkubator*.
- Sumarjo, J., Santosa, A., & Permana, M. I. (2017). *Pemanfaatan Sumber Panas Pada Kompor Menggunakan 10 Termoelektrik Generator Dirangkai Secara Seri*. 11(2), 123–128.
- Syafriyudin, S., Novianta, M. A., & Farisi, A. B. (2021). Rancang Bangun Termoelektrik Generator Menggunakan Knalpot Motor Sebagai Konduktor. *Jurnal Elektrikal*, 8(2), 17–27.
<https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/view/3796%0Ahttps://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/download/3796/2739>
- Haryanto, H., 2015. Perancangan Modul Termoelektrik Generator Menggunakan Peltier. *Jurnal Untirta*, Volume 11, pp. 26-37
- Ginjar, A. & Dedy Suryadi, G. A. H., 2019. Perancangan Dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik dengan Menggunakan Kompor Surya Sebagai Media Pemusat Panas. *Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura*, Pp. 2-5.
- Sasmita, S. A., Ramadhan, M. T., Kamal, M. I., & Dewanto, Y. (2019). Alternatif pembangkit energi listrik menggunakan prinsip termoelektrik generator. *TESLA: J. Tek. Elektro*, vol. 21, no. 1, pp. 57-61.
- Masid, M., Susanto, T. B., Rahman, A. F., & Martini, N. (2018). Pemanfaatan panas panci yang terbuang sebagai sumber energi listrik alternatif berbasis

- termoelektrik generator. Publ. Online Mhs. Tek. Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, vol. 1, no. 2, pp. 1–8.
- Ginanjardkk. 2019. Perancangan Dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Dengan Menggunakan Kompor Surya Sebagai Media Pemusat Panas. Program Studi Sarjana Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
- Coates, erik 2018. “Buck-boost converter”. Dalam <http://www.learnaboutelectronics.org/PSU/psu33.php>. Diakses pada 20 februari 2019.
- Zheng, Jiange, dkk. 2018. “Testing and Optimizing a Stove-Powered Thermoelectric Generator with Fan Cooling”. Materials. China: Zhejiang University of Science and Technology.
- Yan, J., X. L., D. Y., & Y. C. (2018). Review of Micro Thermoelectric Generator. J. Microelectromechanical Syst, 27 no. 1, 1-18
- Zanu Saputra, Nofriyani, Ocsirendi, M. Naufal Almahmudy, Sunita Handayani. (2020). Uji Termoelektrik Generator Dengan Memanfaatkan Media Lapisan Timah Sebagai Penyerap Panas Matahari. 2.
- Wibowo, N. T. (2021, Januari). Rancang Bangun Thermoelectric Generator Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Memanfaatkan Panas Matahari. 10 no. 1.
- R. Irawan, Analisa Penggunaan Heat Pipe Pada Thermoelectric Generator, [Skripsi] Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2012.