

**PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK
PADA DINDING BANGUNAN SEDERHANA
DENGAN GENERATOR TERMOELEKTRIK**

SKRIPSI



Oleh:

Reza Ferizal Akbar

1703035014

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA
2021**

**PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK
PADA DINDING BANGUNAN SEDERHANA
DENGAN GENERATOR TERMOELEKTRIK**

SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik Mesin



Oleh:

Reza Ferizal Akbar

1703035014

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK PADA DINDING
BANGUNAN SEDERHANA DENGAN GENERATOR TERMOELEKTRIK

SKRIPSI

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik

Oleh:
Reza Ferizal Akbar
1703035014

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan ke Sidang Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UHAMKA
Tanggal, 13 Juli 2021

Pembimbing Skripsi



Rifky, S.T., M.M.
NIDN. 0305046501

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin



Delvis Agusman, S.T., M.Sc.
NIDN. 0311087002

HALAMAN PENGESAHAN

PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK PADA DINDING
BANGUNAN SEDERHANA DENGAN GENERATOR TERMOELEKTRIK

SKRIPSI

Oleh:

Reza Ferizal Akbar
1703035014

Telah diuji dan dinyatakan lulus dalam Sidang Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UHAMKA
Tanggal, 23 Juli 2021

Pembimbing Skripsi



Rifky, S.T., M.M.
NIDN. 0305046501

Penguji-1



Oktarina Heriyani, S.Si., M.T.
NIDN. 0305067702

Mengesahkan,
Dekan

Fakultas Teknik UHAMKA



Dr. Dan Mugisi ST., M.Si
NIDN. 031126901

Penguji-2



Drs. Moh. Yusuf Djelly ST., MT
NIDN. 0330016001

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Mesin



Delvis Agusman, S.T., M.Sc.
NIDN. 0311087002

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya, yang membuat pernyataan

Nama : Reza Ferizal Akbar
NIM : 1703035014
Judul skripsi : Pengembangan Pembangkit Listrik pada Dinding Bangunan Sederhana dengan Generator Termoelektrik

Menyatakan bahwa, skripsi ini merupakan karya saya sendiri (ASLI) dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu institusi pendidikan tinggi mana pun, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan/atau diterbitkan oleh orang lain, KECUALI yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Jakarta, 13 Juli 2021



Reza Ferizal Akbar

KATA PENGANTAR

Assallamu'alaikum wa rohmatullahi wa barokaatuh, alhamdulillah robbil Alaamiin Puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil dari penelitian yang telah selesai dilakukan dengan sebaik-baiknya dan merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan Strata-1 di Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA. Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi syarat kelulusan Sarjana Strata-1.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya diberikan kepada:

1. Bapak Bambang Iswanto dan ibu Nurjanah adalah bapak dan ibu tercinta yang selalu memberikan dukungan, semangat dan motivasi kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan ini dengan pantang menyerah.
2. Bapak Delvis Agusman ST.,M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.
3. Bapak Rifky S.T.,M.M. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan petunjuk, arahan dalam penulisan skripsi yang telah dibuat.
4. Seluruh teman-teman Teknik Mesin khususnya angkatan 2017 yang telah memotivasi saya untuk terus berjuang menyelesaikan semua perkuliahan dan skripsi ini dengan baik.
5. Peggy Andrian yang telah memberi semangat, motivasi dan perhatian selama kuliah sekaligus dalam penelitian dan penulisan saya selesai.

Penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih jauh dari kekurangan dan jauh dari kata sempurna untuk itu saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang sangat membangun. Semoga penulisan Skripsi ini dapat bermanfaat semua.

Penulis

Reza Ferizal Akbar

PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA (UHAMKA), saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Reza Ferizal Akbar

NIM : 1703035014

Program Studi : Teknik Mesin

Menyetujui, memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive royalty free right*) kepada Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA (UHAMKA) atas karya ilmiah saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) yang berjudul:

Pengembangan Pembangkit Listrik pada Dinding Bangunan Sederhana dengan
Generator Termoelektrik

Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Jakarta, 13 Juli 2021



Reza Ferizal Akbar

ABSTRAK

Pengembangan Pembangkit Listrik pada Dinding Bangunan Sederhana dengan Generator Termoelektrik

Reza Ferizal Akbar

Penelitian ini tentang pengembangan pembangkit listrik dengan generator termoelektrik sebagai sumber energi dan dinding bangunan sebagai media. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan kinerja generator termoelektrik sebagai sumber energi pada dinding bangunan. Energi listrik dihasilkan dengan mengubah energi panas menggunakan generator termoelektrik tipe TEC 12706. Metodologi yang digunakan adalah eksperimental. Penelitian dilakukan dengan menggunakan kerangka dari material baja hollow. Susunan generator termoelektrik terdiri dari aluminium penyerap kalor dari panas matahari, sistem termoelektrik yang terdiri dari 15 modul termoelektrik yang dikelilingi styrofoam, dan dilekatkan pendingin air. Pendingin terbuat dari aluminium yang dialiri air dengan debit 1,5 lpm sehingga perbedaan suhu mencapai 2 °C. Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 WIB sampai 16.00 WIB dengan menghadapkan sistem generator ke arah utara. Parameter masukan sistem yang diukur adalah, temperatur aluminium penyerap kalor, sisi panas termoelektrik, temperatur sisi dingin termoelektrik, temperatur pendingin, temperatur air masuk, temperatur air keluar, temperatur air bak, dan debit air. Sementara parameter luaran sistem yang diukur adalah tegangan dan arus listrik. Arus yang didapatkan maksimum sebesar 0,54 A dan tegangan maksimum sebesar 0,08 V. Daya luaran yang dihasilkan dan efisiensi termoelektrik didapatkan dari hasil perhitungan. Penelitian menghasilkan daya keluaran maksimum sebesar 0,0432 W, koefisien Seeback maksimum 0,5000 V/K dan efisiensi rata-rata termoelektrik sebesar 4%.

Kata kunci: termoelektrik, pembangkit, listrik, dinding, bangunan.

Development of Power Plants on Simple Building Walls with Thermoelectric Generators

Reza Ferizal Akbar

This research is about developing a power plant with a thermoelectric generator as an energy source and building walls as a medium. The purpose of this study was to obtain the performance of a thermoelectric generator as an energy source on the walls of the building. Electrical energy is generated by converting heat energy using a thermoelectric generator type TEC 12706. The methodology used is experimental. The research was conducted using a framework of hollow steel material. The thermoelectric generator arrangement consists of aluminum absorbing heat from the sun, a thermoelectric system consisting of 15 thermoelectric modules surrounded by styrofoam, and attached to a water cooler. The cooler is made of aluminum with water flowing at 1.5 lpm so that the temperature difference reaches 2 °C. The test was carried out from 08.00 WIB to 16.00 WIB by facing the generator system to the north. The system input parameters measured are the temperature of the heat-absorbing aluminum, the thermoelectric hot side, the thermoelectric cold side temperature, the cooling temperature, the inlet water temperature, the outlet water temperature, the tub water temperature, and the water discharge. While the measured system output parameters are voltage and electric current. The maximum current obtained is 0.54 A and the maximum voltage is 0.08 V. The resulting output power and thermoelectric efficiency are obtained from the calculation results. The study resulted in a maximum output power of 0.0432 W, a maximum Seeback coefficient of 0.5000 V/K and an average thermoelectric efficiency of 4%.

Keywords: Thermoelectric, Power, Power, Walls, Buildings.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB.1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB.2 DASAR TEORI	4
2.1 Energi Surya	4
2.1.1 Energi Cahaya Matahari	4
2.1.2 Energi Termal Matahari	5
2.2 Radiasi Matahari	5
2.2.1 Jenis Radiasi Matahari	5
2.2.2 Posisi Arah Matahari	7
2.3 Termoelektrik	7
2.3.1 Karakteristik Termoelektrik	9
2.3.1.1 <i>Joule Effect</i>	9
2.3.1.2 <i>Seebeck Effect</i>	9
2.3.1.3 <i>Peltier Effect</i>	9
2.3.1.4 <i>Thomson Effect</i>	10
2.4 Luaran Termoelektrik	10
2.4.1 Tegangan Listrik	10
2.4.2 Arus Listrik	10
2.4.3 Daya Listrik	11
2.5 Material Termoelektrik	11
2.6 Kinerja Termoelektrik	12
2.6.2 <i>Figure Of Merit</i>	12

2.6.3 Efisiensi.....	13
2.7 Bangunan Dengan Sumber Energi Sendiri	13
2.8 Dinding Sebagai Pemasok Energi Bangunan.....	14
BAB.3 METODOLOGI.....	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Desain Penelitian.....	15
3.3 Alat dan Bahan	16
3.3.1 Alat - alat.....	16
3.3.2 Bahan	18
3.3.3 Spesifikasi TEC 12706.....	18
3.4 Variabel Penelitian	19
3.5 Prosedur Penelitian.....	19
3.6 Diagram Alir Penelitian	20
3.7 Metode Pengambilan dan Pengumpulan Data	21
BAB.4 HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Temuan atau Hasil penelitian.....	22
4.1.1 Hasil Pengukuran Rangkaian Seri TEG pada Dinding	23
4.1.2 Hasil Pengukuran Rangkaian Paralel TEG pada Dinding	24
4.2 Pembahasan.....	25
4.2.1 Pengaruh Rangkaian Seri Terhadap Kinerja TEG pada Dinding.....	32
4.2.2 Pengaruh Rangkaian Paralel Terhadap Kinerja TEG pada Dinding.....	35
4.2.3 Pengaruh Kinerja Rangkain Seri dan Paralel Terhadap Kinerja TEG pada Dinding.....	38
BAB.5 SIMPULAN	42
5.1 Simpulan	42
DAFTAR REFERENSI	43
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 4-1 Hasil Pengukuran TEG Rangkaian Seri pada Dinding.....	23
Tabel 4-2 Hasil Pengukuran TEG Rangkaian Paralel pada Dinding	24
Tabel 4-3 Perhitungan Daya Rangkaian Seri	25
Tabel 4-4 Perhitungan Daya Rangkaian Paralel	26
Tabel 4-5 Perhitungan Figure of merit (Z) Rangkaian Seri	27
Tabel 4-6 Perhitungan Figure of merit (Z) Rangkaian Paralel	28
Tabel 4-7 Perhitungan Efisiensi Rangkaian Seri	29
Tabel 4-8 Perhitungan Efisiensi Rangkaian Paralel.....	30
Tabel 4-9 Pengaruh Rangkaian Seri Terhadap Kinerja TEG pada Dinding	32
Tabel 4-10 Pengaruh Rangkaian Paralel Terhadap Kinerja TEG pada Dinding .	35
Tabel 4-11 Perhitungan Daya Luaran Termoelektrik	38
Tabel 4-12 Kinerja Sistem Termoelektrik.....	40

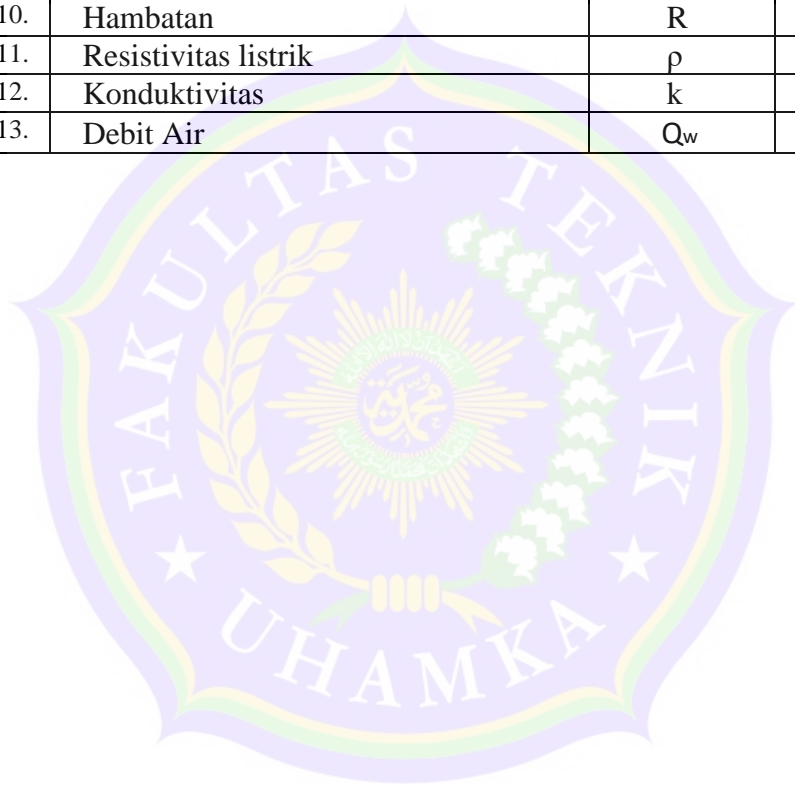


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Jenis – jenis radiasi	6
Gambar 2-2 Lintasan Tahunan Matahari	7
Gambar 2-3 Pengaturan modul termoelektrik untuk (a) pembangkit listrik oleh efek Seebeck dan (b) pendinginan oleh efek Peltier	9
Gambar 2-4 Skema kinerja generator termoelektrik	12
Gambar 3-1 Desain alat simulasi penelitian.....	16
Gambar 3-2 Anemometer.....	16
Gambar 3-3 Termometer Digital.....	16
Gambar 3-4 Multimeter.....	17
Gambar 3-5 Flowmeter	17
Gambar 3-6 Hygrometer	17
Gambar 3-7 TEC 12706	18
Gambar 3-8 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 4-1 Alat TEG	22
Gambar 4-2 Pengaruh Waktu Pengukuran terhadap Temperatur, Tegangan dan Arus pada Rangkaian Seri.....	33
Gambar 4-3 Pengaruh Waktu Pengukuran terhadap Figure of merit, koefisien Seebeck, dan Efisiensi pada Rangkaian Seri.....	34
Gambar 4-4 Pengaruh Waktu Pengukuran terhadap Temperatur, Tegangan dan Arus pada Rangkaian Paralel	36
Gambar 4-5 Pengaruh Waktu Pengukuran terhadap Figure of merit, koefisien Seebeck, dan Efisiensi pada Rangkaian Paralel	37
Gambar 4-6 Pengaruh Waktu Pengukuran terhadap Temperatur, Tegangan dan Arus pada Rangkaian Seri dan Paralel	39
Gambar 4-7 Pengaruh Waktu Pengukuran terhadap Figure of merit, koefisien Seebeck, dan Efisiensi pada Rangkaian Seri dan Paralel.....	41

DAFTAR NOTASI

No.	Uraian	Notasi	Satuan
1.	Tegangan	V	V
2.	Arus	I	A
3.	Daya	P	W
4.	Efisiensi	η	%
5.	Temperatur	T	°C
6.	Kinerja termoelektrik	Z	1/K
7.	Koefisien <i>Seebeck</i>	α	V/K
9.	Perbedaan $T_h - T_c$	ΔT	K
10.	Hambatan	R	Ω
11.	Resistivitas listrik	ρ	Ohm.cm
12.	Konduktivitas	k	W/mK
13.	Debit Air	Q_w	m ³ /s



LAMPIRAN

LAMPIRAN A Proses pemasangan alat penelitian.....	47
LAMPIRAN B Proses pengambilan data.....	48
LAMPIRAN C Hasil pemeriksaan karya dengan turnitin.....	49



BAB.1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan di Indonesia saat ini adalah kurangnya pengetahuan tentang Energi Baru dan Terbarukan (EBT) sehingga energi ini diabaikan oleh masyarakat padahal energi ini adalah alternatif terbaik dari energi-energi yang ada pada saat ini karena dengan bertambahnya tahun kebutuhan energi di negara ini bahkan di dunia akan meningkat sehingga masyarakat harus memanfaatkan energi yang bahkan tidak merusak lingkungan dan tidak memberikan dampak pada iklim serta pemanasan global (Kementerian ESDM, 2016).

Energi baru dan terbarukan (EBT) adalah energi yang memanfaatkan banyak sekali elemen energi yang salah satunya yaitu energi surya karena energi surya sangat melimpah dan mudah didapatkan sehingga energi ini cocok untuk dikembangkan. Pada tahun 2050 diperkirakan 45% energi yang digunakan berasal dari energi matahari (Rifky & Gaos, 2019).

Daerah di Indonesia akan selalu terkena radiasi matahari dengan jangka waktu 10 sampai 12 jam setiap hari karena Indonesia dilewati garis katulistiwa sehingga radiasi yang didapat perhari rata-rata 4,8 kWh/m²/hari. (Lubis et al., 2016). Matahari di negara ini belum banyak dimanfaatkan padahal sepanjang tahunnya setiap daerah menerima sinar yang selalu berkesinambungan sehingga dapat menguntungkan jika dimanfaatkan dengan benar dan tidak terbuang dengan percuma (Ramadhan et al., 2016). Untuk memanfaatkan energi matahari tersebut salah satu caranya dengan menggunakan termoelektrik karena komponen termoelektrik dapat mengkonversi energi panas menjadi energi listrik (Prasetyo et al., 2019).

Oleh karena itu, pengembangan suatu energi sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat pada saat ini, salah satunya dengan cara memanfaatkan dinding bangunan sebagai sumber energi alternatif karena sinar matahari yang

terpapar pada dinding belum banyak dimanfaatkan karena biasanya bangunan menghasilkan energi menggunakan panel surya di bagian atap (Latief et al., 2019).

Konsep *Zero Energy Building (ZEB)* sangat cocok membuat bangunan ramah energi karena berguna untuk mengurangi kebutuhan energi melalui peningkatan efisiensi sedemikian rupa sehingga keseimbangan kebutuhan energi dapat disimpan dengan teknologi terbarukan. Permintaan listrik meningkat sebagai akibat dari peningkatan populasi, perluasan dan rencana pengembangan, dan mempertahankan kondisi kenyamanan termal dalam ruangan yang baik. Selain itu, meningkatnya biaya energi dan dampak buruk pada lingkungan oleh pembangkit produksi energi, semua berkontribusi pada kebutuhan untuk menemukan sarana untuk secara substansial mengurangi konsumsi energi (Salamaat, 2015).

Termoelektrik menjadi salah satu solusi untuk memanfaatkan energi alternatif pada dinding bangunan karena termoelektrik memiliki kapasitas khusus untuk mengubah aliran panas menjadi listrik energi (efek Seebeck). Perangkat termoelektrik sangat andal, diam, dan tidak menghasilkan getaran karena operasinya tidak memerlukan kontribusi energi mekanis penggunaannya menjadi lebih menarik, karena menawarkan keuntungan dari menkonversikan energi panas dari cahaya matahari menjadi listrik (Zoui et al., 2020).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah memanfaatkan energi panas matahari yang terpapar ke dinding bangunan sebagai sumber energi dan dikonversikan menjadi energi listrik dengan sistem generator termoelektrik.

1.3 Batasan Masalah

Matahari sebagai sumber dari energi yang dimanfaatkan merupakan masalah yang sangat luas, oleh karena itu supaya tidak meluas dan menyimpang dari tujuan maka uraian dari hal ini dibatasi masalahnya sebagai berikut:

1. Sistem konversi energi menggunakan generator termoelektrik.

2. Penelitian dilakukan di lingkungan terbuka sehingga terkena panas matahari.
3. Sistem generator termoelektrik dihadapkan ke arah utara.
4. Sistem generator termoelektrik diletakkan pada dinding dengan sudut 90° .

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan daya luaran dan efisiensi dari konversi energi panas matahari menjadi energi listrik menggunakan generator termoelektrik sebagai konverternya. Selain itu untuk mendapatkan besarnya kinerja perangkat generator termoelektrik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Membuktikan adanya penurunan dan kenaikan kinerja termoelektik ketika temperatur naik ataupun turun.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi dan rujukan bagi peneliti selanjutnya pada bidang ilmu yang sama, tentang generator termoelektrik.
3. Menginformasikan jika dinding bangunan dapat dimanfaatkan sebagai media pembangkit listrik.

DAFTAR REFERENSI

- Amine, Z. M. (2020). *A Review on Thermoelectric Generators : August*.
- Heri Kiswanto. (2006). *Analisis pada Tegangan, Arus dan Daya Listrik pada Lab Listrik Penelitian Elektro Univ.Yogyakarta*.
- Ismail, P. D. Y., & Al-Askalany, A. (2014). *Thermoelectric Devices. March*.
- Jovanovic, V., Ghamaty, S., & Bass, J. C. (2012). New Thermoelectric Materials and Applications. *InterSociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, IITHERM*, 1159–1169.
- Kementerian ESDM. (2016). *Jurnal Energi*.
- Khalid, M., Syukri, M., & Gapy, M. (2016). Pemanfaatan Energi Panas sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil dengan Menggunakan Termoelektrik. *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, 1(3), 57–62.
- Lachish, U. (2017). *Thermoelectric Effect Peltier Seebeck and Thomson. 1*, 1–12.
- Latief, Y., Berawi, M. A., Koesalamwardi, A. B., Sagita, L., & Herzanita, A. (2019). Cost Optimum Design of A Tropical Near Zero Energy House (nZEH). *International Journal of Technology*, 10(2), 376–385.
- Lee, H. (2010). *Heat Sinks , Thermoelectrics , Heat Pipes , Compact Heat Exchangers , and Solar Cells*.
- Lubis, Z., Uhsg, T., & Sitorus, T. B. (2016). *Analisa Kinerja Sistem Pendingin Peltier yang Menggunakan Sel PV dengan Sumber Energi Radiasi Matahari*. 9(2), 166–173.
- Magdalena, E. D., & Tondobala, L. (2016). Implementasi Konsep Zero Energy Building (Zeb) Dari Pendekatan Eco-Friendly pada Rancangan Arsitektur. *Media Matrasain*, 13(1), 1–15.
- Mainil, A. K., Aziz, A., & Akmal, M. (2018). Portable Thermoelectric Cooler Box Performance with Variation of Input Power and Cooling Load. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 7(2), 85–92.

<https://doi.org/10.13170/aijst.7.2.8722>

- Mainil, R. I., & Andrapica, G. (2020). *Pengaruh Laju Aliran Air Pendingin terhadap Kinerja Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (Teg)*. 19(1), 36–41.
- Muhaisen, A. (2015). Effect of Wall Thermal Properties on the Energy Consumption of Buildings in the Gaza Strip. *International Sustainable Buildings Symposium*, 2(August).
- Nair, M., & Tripathi, B. (2019). *Experimental Studies on Thermoelectric Refrigeration System*. April.
- Oktorina, D. W. I. H. (2006). *Kajian Karakteristik Modul Termoelektrik untuk Sistem Penyimpanan Dingin*.
- Prasetyo, Y., Tranggono, A., Salim, A., Indarto, B., Pangestu, A., Habibi, M. R., Cahyanto, M. N., & Naufal, H. (2019). *Karakteristik Termoelektrik TEC Bervariasi Tipe dengan Variasi Pembebanan Resistor*. 02(01), 37–41.
- Putra, N., Koestoer, R. A., Adhitya, M., Roekettino, A., & Trianto, B. (2009). *Kendaraan Hibrid*. *Makara Teknologi*, 13(2), 53–58.
- Ramadhan, A. I., Diniardi, E., Mukti, S. H., Sianipar, R., Indrawan, A. W., Pranoto, S., Sultan, A. R., & Ramadhan, R. (2016). Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP. *Teknik*, 37 (2), 2016, 59-63, 11(2), 61–78.
- Rifan, M., Hp, S., Shidiq, M., Yuwono, R., Suyono, H., & Cell, A. P. (2012). *Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas*. 6(1), 44–48.
- Rifanti, U. M., Padilah, T. N., & Widyaningrum, I. (2019). Sistem Dinamik Arus Listrik dengan Persamaan Diferensial Metode Koefisien Tak Tentu. *Jurnal Matematika Integratif*, 15(1), 1.
- Rifky, Fikri, A., & Mujirudin, M. (2021). *Konversi Energi Termal Surya Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Termoelektrik*. 6(1).

- Rifky & Gaos, Y. S. (2019). *Pengembangan Model Pendingin Kabin City Car Bertenaga Surya Menggunakan Photovoltaics (PV) dan Thermoelectric (TEC)*. 10(1), 34–40.
- S.P., R. (2013). Bumi dan Antariksa. In *Yiesa Rich Foundation*. Depok, Indonesia (Vol. 53, Issue 9).
- S, H. A., & Bastomi, M. (2019). Analisis Pengaruh Perubahan Temperatur Panel terhadap Daya dan Efisiensi Keluaran Sel Surya Poycrystalline. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(1), 33.
- Salamaat, S. (2015). *Zero Energy Building - A Review of Definition and Design Strategies*. December.
- Simatupang, H. (2009). *Karakteristik Thermoelektrik untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Pendingin Air*.
- Sinduningrum, E., Studi, P., Elektro, T., & Teknik, F. (2019). *Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Lahan Pertanian Terpadu Ciseeng Parung Bogor*. 4(2502).
- Sukmajati, S., & Hafidz, M. (2015). *Perancangan dan Analisi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW On Grid Di Yogyakarta*.
- Tranggono, A., Salim, A., Prasetyo, Y., & Fakhrudin, Y. A. (2018). Study of Effect Comparison Thermoelectric Characteristics of TEC and TEG by Considering the Difference in Temperature and Variable Resistant. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 3(4), 225–228.
- Utara, U. S. (2003). *Universitas Sumatera Utara 4 Termoelektrik*. 4–16.
- Wardoyo. (2016). *Studi Karakteristik Pembangkit Listrik Thermoelektrik Melalui Pemanfaatan Panas Knalpot Sepeda Motor Sport 150 cc*. April, 70–75.
- Widayana, G. (2015). Pemanfaatan Energi Surya. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 53(9), 1689–1699.
- Yandri, V. R., & Andalas, P. U. (2012). *Prospek Pengembangan Energi Surya Untuk Kebutuhan Listrik di Indonesia*. 4(1), 14–19.

- Yeonardy, J. (2008). *Characteristic of Air Cooled Parallel Faculty of Science and Tecnology*.
- Yusuf, M. (2018). *Unjuk Kinerja Pembangkit Energi Elektrik Memanfaatkan Limbah Panas Mesin Mobil City Car Menggunakan Modul Termoelektrik Cooler*. 1–6.
- Zhang, Z., Zhang, Y., Sui, X., Li, W., & Xu, D. (2020). Performance of Thermoelectric Power-Generation System for Sufficient Recovery and Reuse of Heat Accumulated at Cold Side of TEG with Water-Cooling Energy Exchange Circuit. *Energies*, 13(21).
- Zoui, M. A., Bentouba, S., Stocholm, J. G., & Bourouis, M. (2020). A Review On Thermoelectric Generators: Progress and Applications. *Energies*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/en13143606>