

**PROTOTYPE PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK BERBASIS
TERMOELEKTRIK TEC1-12706 DENGAN MENGGUNAKAN
PENDINGIN WATERBLOCK**



**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Disusun Oleh:
Jaka Nugraha Saputra
03041181823016

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

PROTOTYPE PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK BERBASIS
TERMOELEKTRIK TEC1-12706 DENGAN MENGGUNAKAN
PENDINGIN *WATERBLOCK*



SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Disusun Oleh:

Jaka Nugraha Saputra

03041181823016

Indralaya, 18 Juli 2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Caroline, S.T., M.T.

NIP. 197701252003122002


Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph. D.

NIP. 197108141999031005

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa Saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan :  _____

Pembimbing Utama : Caroline, S.T, M.T

Tanggal : 18/Juli/2022

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jaka Nugraha Saputra

NIM : 03041181823016

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Prototype Pembangkit Energi Listrik Berbasis Termoelektrik Tec1-12706 Dengan Menggunakan Pendingin *Waterblock*” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Indralaya, 18 Juli 2022



Jaka Nugraha Saputra

NIM. 03041181823016

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademis Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jaka Nugraha Saputra

NIM : 03041181823016

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**PROTOTYPE PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK BERBASIS
TERMOELEKTRIK TEC1-12706 DENGAN MENGGUNAKAN
PENDINGIN WATERBLOCK**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya
Pada tanggal: 18 Juli 2022



Jaka Nugraha Saputra

NIM. 03041181823016

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam tercurahkan kepada Rasulullah SAW, beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya. Atas rahmat Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Prototype Pembangkit Energi Listrik Berbasis Termoelektrik TEC1-12706 Dengan Menggunakan Pendingin Waterblock”.

Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Penulisan tugas akhir ini atas dasar pengamatan langsung ke lapangan, dan membaca literatur-literatur yang berkaitan dengan isi tugas akhir ini.

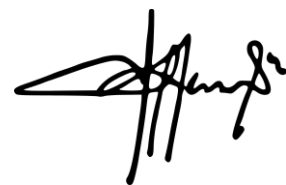
Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya beserta staff.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya beserta staff.
3. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Nadia Thereza, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik, yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
6. Ibu Caroline, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir ini yang selalu memberi bimbingan, saran, dan bantuan kepada penulis dari awal hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

7. Ibu Hermawati S.T., M.T., Ibu Hj. Ike Bayusari S.T., M.T., dan Ibu Rahmawati S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu, bimbingan, motivasi, dan arahan selama pengerjaan skripsi.
8. Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan yang bermanfaat serta staf Jurusan Teknik Elektro Unsri Bu Diah dan Kak Rian yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
9. Orang tua serta adik saya yang telah senantiasa mendoakan kelancaran dalam penulisan skripsi ini.
10. Teman – teman satu bimbingan tugas akhir penulis yang telah memberikan motivasi dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.
11. Sahabat – sahabat penulis Devina, Melisa, Nailah, Najhan, Riski, dan Sadam yang memiliki peran dalam dunia perkuliahan penulis.
12. Seluruh teman-teman mahasiswa teknik elektro Universitas Sriwijaya Angkatan 2018.

Penulis menyadari dalam pembuatan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, hal ini dikarenakan keterbatasan penulis.

Indralaya, 28 Juni 2022



Jaka Nugraha Saputra

NIM.03041181823016

ABSTRAK

PROTOTYPE PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK BERBASIS TERMOELEKTRIK TEC1-12706 DENGAN MENGGUNAKAN PENDINGIN *WATERBLOCK*

(Jaka Nugraha Saputra, 03041181823016, 2022, 43 halaman)

Semakin berkembangnya zaman semakin meningkat pula akan kebutuhan energi listrik, yang menyebabkan penggunaan dari fosil mengalami peningkatan. Sehingga untuk mengatasi permasalahan dari peningkatan penggunaan fosil itu digunakan alternatif yaitu penggunaan sumber daya baru terbarukan berupa energi panas matahari. Pemanfaatan energi panas matahari dapat dilakukan dengan penggunaan modul termoelektrik TEC1-12706. Penelitian termoelektrik TEC1-12706 ini memvariasikan penggunaan pendingin *waterblock*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan kondisi 12 termoelektrik TEC1-12706 dirangkai secara seri dengan menggunakan pendingin *waterblock* didapatkan hasil keluaran terbesar pada kondisi menggunakan pendingin *waterblock*. Kondisi menggunakan pendingin *waterblock* menghasilkan tegangan sebesar 4,63 V dengan arus sebesar 0,01290 A dan daya sebesar 0,059727 W. Kondisi tanpa menggunakan pendingin *waterblock* menghasilkan tegangan sebesar 2,07 V dengan arus 0,01089A dan daya sebesar 0,0225423 W. Hal ini sesuai dengan teori efek *seebeck* dikatakan bahwa tegangan berbanding lurus dengan perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin. Sehingga semakin besar perbedaan temperatur maka semakin besar tegangan keluaran yang didapatkan.

Kata Kunci: termoelektrik, *waterblock*, energi panas matahari.

Indralaya, 18 Juli 2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Caroline, S.T. M.T.

NIP. 197701252003122002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph. D.

NIP. 197108141999031005

ABSTRACT

Electric Energy Generator Modelling Based TEC1-12706 with Waterblock Cooler

(Jaka Nugraha Saputra, 03041181823016, 2022, 43 Pages)

The need for electrical energy also increasing over the time, which increases the use of fossil fuels. In order to overcome the issue of increasing the use of fossils, the alternative solution is the new renewable resources which is solar thermal energy. The utilization of solar thermal energy can use thermoelectric module TEC1-12706. While in this research will varies the waterblock cooler application. This study obtained the largest output in 12 thermoelectric series using waterblock cooler. This study also obtained some results, in waterblock cooler condition got 4.63 V of voltage, 0.01290 A of current, and 0.059727 of Power. While in non waterblock cooler condition got 2.07 V of voltage, 0.01089 A of current, and 0.0225423 W of power. These results are in accordance with the Seebeck effect theory which states that the voltage is directly proportional to the temperature difference between both of hot and cold side. Therefore, the greater of temperature difference will obtain to the greater of the output voltage.

Keyword: thermoelectric, waterblock, solar thermal energy

Indralaya, 18 Juli 2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Caroline S.E.M.F

NIP. 197701232003122002

Mengetahui,

Ketidastutunan Teknik Elektro



Abdullah Alim Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph. D.

NIP. 197108141099031005

Scanned with
CamScanner



DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR RUMUS	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Termoelektrik	5
2.2. Efek Seebeck	6
2.3. Efek Peltier	8
2.4. Elemen termoelektrik.....	9
2.5. Termoelektrik Cooler(TEC).....	10
2.6. Daya listrik pada prototype termoelektrik.....	12
2.7. Energi Matahari	12
2.8. Perpindahan Panas	13
2.8.1 Konveksi	13
2.8.2 Konduksi	14
2.8.3 Radiasi.....	15

2.9.	Konsentrator Lensa Fresnel.....	16
2.10.	Water Cooling System.....	18
2.11.	Spesifikasi TEC-12706.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		22
3.1.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	22
3.2.	Metode Penelitian	22
3.3.	Diagram Alir.....	23
3.4.	Alat dan Bahan	24
3.5.	Instalasi Alat.....	27
3.5.1	Skema Instalasi dan Pengujian Pembangkit listrik skala mikro berbasis termoelektrik TEC1-12706 dengan konsentrator termal Lensa Fresnel	27
3.5.2	Skema Penyusunan termoelektik disusun secara seri.....	29
3.5.3	Skema pengukuran Tegangan	29
3.5.4	Skema pengukuran Arus	30
DAFTAR PUSTAKA		41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Eksperimen Rangkaian Efek <i>Seebeck</i>	6
Gambar 2.2 Material tipe –P dan tipe –N.....	7
Gambar 2.3 Efek peltier.....	8
Gambar 2.4 Pergerakan muatan.....	9
Gambar 2.5 a.) pembangkit listrik TEG b.) Pendingin TEC.....	10
Gambar 2.6 Modul termoelektrik.....	11
Gambar 2.7 Proses perpindahan panas secara konveksi.....	14
Gambar 2.8 Proses perpindahan panas konduksi.....	15
Gambar 2.9 Bentuk permukaan dari Lensa Fresnel.....	16
Gambar 2.10 a) cermin pantul b) lensa bias.....	17
Gambar 2.11 Diagram aliran air pada Waterblock heatsink.....	18
Gambar 2.12 Diagram TEC dengan sistem Waterblock heatsink.....	19
Gambar 2.13 Tulisan pada termoelektrik seri TEC1-12706.....	20
Gambar 2.14 Ukuran modul TEC1-12706.....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Skema susunan Pembangkit listrik skala mikro berbasis Termoelektrik dengan konsentrator termal lensa Fresnel.....	27
Gambar 3.3 Skema Penyusunan Termoelektrik Secara Seri.....	29
Gambar 3.4 Skema pengukuran Tegangan.....	30
Gambar 3.5 Skema pengukuran Arus.....	31
Gambar 4.1 Prototipe pembangkit listrik berbasis termoelektrik dengan pendingin waterblock	32
Gambar 4.2 Grafik perbedaan temperatur terhadap tegangan keluaran prototipe menggunakan <i>waterblock</i> dan tanpa menggunakan <i>waterblock</i>	36
Gambar 4.3 Grafik perbedaan temperatur terhadap arus keluaran prototipe menggunakan <i>waterblock</i> dan tanpa menggunakan <i>waterblock</i>	37
Gambar 4.4 Grafik perbedaan temperatur terhadap daya keluaran prototipe menggunakan <i>waterblock</i> dan tanpa menggunakan <i>waterblock</i>	38

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Hubungan Tegangan, Beda Temperatur dan Koefisien <i>Seebeck</i>	7
Rumus 2.2 Daya Listrik Arus AC.....	12
Rumus 2.3 Daya Listrik Arus DC.....	12
Rumus 2.4 Laju perpindahan panas secara konveksi.....	14
Rumus 2.5 Besar perpindahan panas konduksi per satuan luas permukaan.....	15
Rumus 2.6 Laju perpindahan panas konveksi.....	15
Rumus 2.7 Laju perpindahan panas secara radiasi.....	16
Rumus 2.8 Nilai koefisien seebeck.....	20

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran pada prototipe pembangkit listrik berbasis termoelektrik menggunakan <i>waterblock</i>	33
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran pada prototipe pembangkit listrik berbasis termoelektrik tanpa menggunakan <i>waterblock</i>	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dari waktu ke waktu, kebutuhan energi listrik semakin dibutuhkan, dimana hal ini berbanding lurus dengan pesatnya perkembangan zaman. Umumnya, sumber energi listrik yang digunakan saat ini bersumber dari penggunaan energi konvensional seperti fosil dan batu bara. Penggunaan sumber energi listrik konvensional secara terus menerus dapat menghabiskan persediaan energi, selain itu pembangkit yang bersumber dari energi konvensional dapat menimbulkan pencemaran yang dapat berdampak pada lingkungan sekitar. Berbagai macam upaya dilakukan untuk menemukan sumber energi listrik alternatif, adapun salah satu alternatif tersebut yakni pembangkit listrik kapasitas mikro dengan energi panas sebagai sumbernya.

Untuk menjalankan pembangkit energi listrik berskala mikro yang bersumber dari energi panas dapat memanfaatkan modul termoelektrik. Termoelektrik memiliki prinsip kerja yaitu dapat menimbulkan tegangan apabila ada perbedaan temperatur pada kedua sisi modul. Maka dari itu, untuk mendapatkan tegangan diperlukan perbedaan temperatur yang didapat dengan cara menggunakan aluminium sebagai penghantar panas sinar matahari pada sisi panas modul termoelektrik sedangkan pada sisi dingin memanfaatkan *water cooling block* yang berfungsi sebagai media sirkulasi air untuk mendinginkan sisi dingin dari modul termoelektrik.

Termoelektrik ialah sebuah modul yang dapat mengonversi energi panas menjadi energi listrik. Termoelektrik terdiri dari 2 jenis yakni: TEG dan TEC. Modul *thermoelectric generator* (TEG) merupakan jenis modul yang dirancang khusus untuk pembangkit listrik sehingga jenis modul ini berfungsi sebagai penghasil listrik. Sedangkan modul *thermoelectric cooler* (TEC) merupakan jenis modul yang didesain untuk sistem pendingin, namun dapat juga dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik skala mikro dengan mengaplikasikan efek *seebeck*. Muammar Khalid, dkk melakukan penelitian hanya memanfaatkan empat buah modul termoelektrik TEC1-12706 yang dirangkai secara seri dan mendapatkan

nilai tegangan sebesar 1,4V[1]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, agar output menghasilkan nilai tegangan yang lebih besar maka jumlah modul termoelektrik pun harus ditambah. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan 12 modul termoelektrik tipe TEC1-12706 yang dirangkai secara seri. Mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Sella Pratiwi Khairunnisa, yang mana menggunakan lensa Fresnel yang berfungsi untuk meningkatkan efektivitas penangkapan energi surya sehingga dapat meningkatkan temperatur panas dan meningkatkan daya *output* yang dihasilkan [2], maka dari itu penulis ingin menambahkan lensa Fresnel sebagai solar konsentrator dan juga agar dapat menghasilkan temperatur dingin dengan konstan penulis ingin mengganti *heatsink* dengan penggunaan *waterblock* sehingga mendapatkan daya yang lebih optimal.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sumber energi baru terbarukan dengan tujuan agar dapat menciptakan sumber energi listrik alternatif yang ramah lingkungan. Salah satu alternatif yaitu pemanfaatan gas buang, tetapi pada penelitian ini solusi yang ditawarkan sebagai bentuk usaha penghematan bahan bakar fosil yaitu dengan memanfaatkan panas matahari sebagai penghasil listrik dengan menggunakan modul termoelektrik. Penelitian kali ini penulis akan membuat pembangkit listrik berbasis termoelektrik TEC1 – 12706 dengan solar konsentrator lensa Fresnel dan menggunakan metode pendingin *waterblock* sebagai inovasi.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang pembangkit energi listrik skala mikro berbasis termoelektrik TEC1 – 12706 dengan metode pendingin *waterblock* dan lensa Fresnel sebagai konsentrator termal
2. Mengukur nilai tegangan dan arus keluaran dari pembangkit listrik skala mikro berbasis termoelektrik TEC1 – 12706 menggunakan *waterblock* dan tanpa menggunakan *waterblock*

3. Menghitung daya keluaran dari prototype pembangkit listrik berbasis termoelektrik TEC1-12706 dengan menggunakan *waterblock* dan tanpa menggunakan *waterblock*.

1.4. Batasan Masalah

1. Memakai 12 modul termoelektrik TEC1-12706 yang disusun secara seri dan *waterblock* dengan ukuran 200 x 40 mm 3 buah.
2. Memakai lensa Fresnel bias dengan ukuran 30 x 30 cm dan tebal lensa 3 mm berfungsi menjadi konsentrator panas matahari.
3. Waktu mengambil data dilakukan setiap 1 jam sekali dimulai pada jam 10.00 WIB sampai dengan 15.00 WIB selama 7 hari
4. Mengabaikan pengaruh dari lingkungan.
5. Tidak menghitung nilai efisiensi alat.
6. Mengabaikan perhitungan sudut optimal radiasi matahari
7. Tidak menghitung suatu laju perpindahan panas.
8. Mengabaikan pengaruh jarak fokus lensa fresnel terhadap *prototype* alat.

1.5. Sistematika Penulisan

Terkait sistematika penulisan mengenai tugas akhir ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan penjelasan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, sistematika penulisan serta matriks penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori-teori yang menunjang dalam pembuatan tugas akhir yang didapat dari berbagai sumber seperti jurnal, artikel, internet dan lain-lain.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Bagian ini berisikan mengenai tentang tempat, waktu pelaksanaan, alat dan bahan yang digunakan, serta metode yang digunakan dalam pengujian alat dan pengambilan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan mengenai pembahasan serta analisa hasil pengujian *prototype* pembangkit energi listrik skala mikro berbasis termoelektrik dengan metode pendingin *waterblock* dan lensa fresnel sebagai konsentrator termal.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang telah didapatkan selama penelitian dan juga saran yang perlu diperhatikan dan dapat bermanfaat untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Khalid, M. Syukri, and M. Gapy, “Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik,” *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 1, no. 3, pp. 57–62, 2016.
- [2] S. P. KHOIRUNNISA, “PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK BERBASIS TERMOELEKTRIK TEC1-12706 DENGAN LENS FRESNEL SEBAGAI SOLAR THERMAL CONCENTRATOR,” 2020.
- [3] Ninla Elmawati Falabiba *et al.*, “PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TERMOELEKTRIK GENERATOR MENGGUNAKAN PENGHANTAR PANAS ALUMINIUM, KUNINGAN DAN SENGGAM,” *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, vol. 5, no. 2, pp. 40–51, 2014.
- [4] M. H. S. A. S. A. A. M. M. A. B. Adnan, “Efficiency Calculation of a Thermoelectric Generator,” *Int. J. Sci. Res.*, vol. 5, no. 7, pp. 1520–1522, 2016, [Online]. Available: <https://www.ijsr.net/archive/v5i7/ART2016510.pdf>.
- [5] R. Aridi, J. Faraj, S. Ali, T. Lemenand, and M. Khaled, “Thermoelectric Power Generators: State-of-the-Art, Heat Recovery Method, and Challenges,” *Electricity*, vol. 2, no. 3, pp. 359–386, 2021, doi: 10.3390/electricity2030022.
- [6] N. Zulkepli, J. Yunas, M. A. Mohamed, and A. A. Hamzah, “Review of thermoelectric generators at low operating temperatures: Working principles and materials,” *Micromachines*, vol. 12, no. 7, 2021, doi: 10.3390/mi12070734.
- [7] S. Belgaonkar, A. Dandekar, and R. Patil, “A Review of Thermoelectric Generator and Cooler For an Automobile,” *GIS Sci. J.*, vol. 8, no. 5, pp. 973–979, 2021.
- [8] M. Zoui, Mohamed Amine; Bentouba, Saïd; Stocholm, John G.; Bourouis, “A Review on Thermoelectric Generators:Progress and Applications,” *energies*, pp. 2–32, 2020.

- [9] Ginanjar, A. Hiendro, and D. Suryadi, “Perancangan dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Dengan Menggunakan Kompor Surya Sebagai Media Pemusat Panas,” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [10] N. T. Wibowo, “RANCANG BANGUN THERMOELECTRIC GENERATOR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN PANAS MATAHARI Naufal Tri Wibowo Widi Aribowo , Mahendra Widyartono , Aditya Chandra Hermawan,” *J. Tek. Elektro*, vol. Volume 10, pp. 127–136, 2021.
- [11] M. Z. Haryanto B, “Buku Ajar : Perpindahan panas,” *Unsada*, 2006.
- [12] . R., S. Anwar, and S. P. Sari, “Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 10, no. 4, pp. 180–185, 2014, doi: 10.17529/jre.v10i4.1108.
- [13] A. Lasinta, “Distilasi Air Laut Tenaga Surya dengan Konsentrator Lensa Fresnel,” *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 64–68, 2019.
- [14] A. S. Anhar, I. D. Sara, and R. H. Siregar, “Desain Prototype Sel Surya Terkonsentrasi Menggunakan Lensa Fresnel,” *J. Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 1–7, 2017.
- [15] S. Soeparman, S. Wahyudi, and D. Widhiyanuriyawan, “Potensi Lensa Fresnel sebagai Solar Thermal Concentrator untuk Aplikasi Solar Domestic (Heating and Solar Cooking),” *Semin. Nas. Teknol.*, pp. 252–260, 2015.
- [16] P. Fernández-Yáñez, V. Romero, O. Armas, and G. Cerretti, “Thermal management of thermoelectric generators for waste energy recovery,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 196, 2021, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2021.117291.
- [17] A. R. Amelia, M. A. Jusoh, and I. S. Idris, “Effect of Thermoelectric Cooling (TEC) module and the water flow heatsink on Photovoltaic (PV) panel performance,” *EPJ Web Conf.*, vol. 162, 2017, doi: 10.1051/epjconf/201716201077.

- [18] S. O. Tan and H. Demirel, "Performance and cooling efficiency of thermoelectric modules on server central processing unit and Northbridge," *Comput. Electr. Eng.*, vol. 46, pp. 46–55, 2015, doi: 10.1016/j.compeleceng.2015.07.012.