

PROYEK AKHIR

**UJI PERFORMANSI PENDINGIN TERMOELEKTRIK
TIPE *HEAT PIPE* DENGAN SUPLAI DAYA PLTS**



Oleh:

I PUTU AGUS MIOTTA SAGITA MAHARDIKA

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK PENDINGIN DAN TATA
UDARA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

UJI PERFORMANSI PENDINGIN TERMOELEKTRIK TIPE *HEAT PIPE* DENGAN SUPLAI DAYA PLTS

Oleh:

I PUTU AGUS MIOTTA SAGITA MAHARDIKA

NIM. 2115223017

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Pendidikan Program D3
Teknik Pendingin dan Tata Udara pada Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Nyoman Sugiarta, S.T., M.Eng., M.Si.
NIP. 197010261997021001

Pembimbing II

Ir. I Putu Sastra Negara, M.Si.
NIP. 196605041994031003

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Eng.
NIP. 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

UJI PERFORMANSI PENDINGIN TERMOELEKTRIK TIPE *HEAT PIPE* DENGAN SUPLAI DAYA PLTS

Oleh:
I PUTU AGUS MIOTTA SAGITA MAHARDIKA
NIM. 2115223017

Proyek Akhir ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat dicetak sebagai Buku Proyek Akhir pada hari/tanggal:
Kamis / 26 Agustus 2024

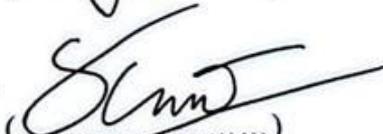
Tim Penguji

Tim Penguji I : I Dewa Made Susila, S.T., M.T.
NIP. : 195908311988111001

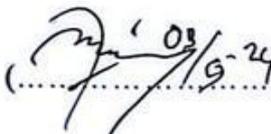
Tanda Tangan

(.....)

Tim Penguji II : I Gede Artha Negara, ST., MT.
NIP. : 19980523202220311011


(.....)

Tim Penguji III : I Nyoman Suparta, S.T., M.T.
NIP. : 196312311992011001


(.....)

KATA PENGANTAR

Penulis memanjatkan puji dan syukur dihadapan Tuhan Yang Maha Esa atas anugerahNya dalam menyelesaikan buku proyek akhir dengan judul: “Uji Performansi Pendingin Termoelektrik Tipe *Heat Pipe* Dengan Suplai Daya PLTS” Buku proyek akhir ini merupakan prasyarat dalam menyelesaikan pendidikan Diploma Tiga (D3) di Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali.

Penulis menyadari bahwa buku proyek akhir ini belum sempurna sehingga kritik dan saran sangat diharapkan untuk penyempunaan buku proyek akhir yang akan dilaksanakan.

Badung, 18 Agustus 2024



I Putu Agus Miotta Sagita Mahardika

UCAPAN TERIMA KASIH

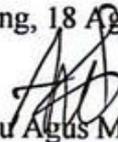
Buku proyek akhir ini dapat disusun adalah atas dukungan dari banyak pihak yang juga berperan dalam memberikan bantuan baik secara material maupun bersifat non-material. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan bantuan dalam penyelesaian buku proyek akhir ini, antara lain:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M.eCom., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin
4. Bapak Ir. I Wayan Adi Subagia, M.T., selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Pendingin dan Tata Udara
5. Bapak Nyoman Sugiarta, S.T., M.Eng., M.Si., selaku dosen Pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis, sehingga proposal ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Ir. I Putu Sastra Negara, M.Si., selaku dosen pembimbing-2 yang juga selalu memberikan bimbingan kepada penulis, sehingga proposal ini dapat terselesaikan.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta tendik yang telah membantu dan memberikan fasilitas dan pengarahan pada penulis hingga dapat menunjang dalam penyelesaian proposal proyek akhir ini.
8. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam penyelesaian proyek akhir ini.
9. Adik tercinta yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada penulis
10. Teman-teman 6 A di program studi teknik pendingin dan tata udara sebagai teman seperjuangan dalam menyelesaikan proposal proyek akhir ini.
11. Sahabat I Putu Fernanda Ananta Putra Kencana yang telah memberikan

dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan proposal proyek akhir ini
12. Serta semua pihak yang berperan penting dalam penyelesaian proposal proyek akhir ini.

Dan sebagai akhir kata, penulis sangat berharap buku proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca pada umumnya dan segenap civitas akademika Politeknik Negeri Bali pada khususnya.

Badung, 18 Agustus 2024



I Putu Agus Miotta Sagita Mahardika

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : I Putu Agus Miotta Sagita Mahardika
NIM : 2115223017
Program Studi : D3 Teknik Pendingin dan Tata Udara
Judul Proyek akhir : Uji Performansi Pendingin Termoelektrik Tipe *Heat Pipe* Dengan Suplai Daya PLTS

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah buku proyek akhir ini bebas plagiat. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam Buku Proyek akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Perundang-undangan yang berlaku.

Badung, 18 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan,



I Putu Agus Miotta Sagita Mahardika
NIM. 2115223017

DAFTAR ISI

PROYEK AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	vii
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Proyek Akhir	2
1.5 Manfaat Proyek Akhir	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kajian Pustaka Dalam Pendingin Termoelektrik.....	4
2.2 Prinsip Kerja Pendingin Termoelektrik	5
2.3 Spesifikasi Modul TEC	6
2.4 Heatsink.....	7
2.5 Heatpipe.....	8
2.6 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid.....	9
2.7 Komponen Utama Sistem PLTS Off-Grid.....	10
2.8 Penentuan COP Pendingin Termoelektrik	14
BAB III METODE PELAKSANAAN	16
3.1 Ruang Lingkup	16
3.2 Tahapan Pelaksanaan.....	17
3.3 Lokasi dan Waktu Pelaksanaan	18

3.4	Penentuan Sumber Data	18
3.5	Sumber Daya Penelitian	18
3.6	Metode Pelaksanaan Proyek Akhir.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		21
4.1	Hasil Pelaksanaan Proyek Akhir	21
4.1.1	Variasi intensitas cahaya matahari dan suhu panel surya	22
4.1.2	Variasi suhu dan kelembaban relatif udara lingkungan.....	23
4.1.3	Variasi tegangan keluar panel surya, aki dan pendingin termoelektrik	23
4.1.4	Variasi arus keluar panel surya, aki dan pendingin termoelektrik	24
4.1.5	Variasi daya keluar panel surya, aki dan pendingin termoelektrik	25
4.1.6	Variasi energi keluar panel surya, aki dan pendingin termoelektrik	26
4.1.7	Variasi suhu beban air dalam <i>box</i> dan suhu udara di luar <i>box</i> pendingin.....	27
4.1.8	Perhitungan COP Pendingin Termoelektrik	28
BAB V PENUTUP.....		29
5.1	Simpulan.....	29
5.2	Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA		31
LAMPIRAN		32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi modul TEC	7
Tabel 3.1	Jadwal pelaksanaan Proyek Akhir	18
Tabel 3.2	Format tabel data pengukuran	19

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip kerja modul TEC	5
Gambar 2.2	Modul TEC	6
Gambar 2.3	Jenis <i>heatsink</i>	7
Gambar 2.4	Prinsip kerja <i>heatpipe</i>	8
Gambar 2.5	Prinsip kerja sel surya	9
Gambar 2.6	Sistem PLTS <i>off-grid</i>	10
Gambar 2.7	Modul panel surya berbasis silikon.....	11
Gambar 2.8	SCC (Schneider MPPT 60 150).....	12
Gambar 2.9	Baterai	13
Gambar 3.1	Lokasi penempatan sensor instrumentasi untuk pengujian	15
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 4.1	Dokumentasi penempatan sensor pendingin termoelektrik dan PLTS	21
Gambar 4.2	Dokumentasi penempatan sensor kondisi lingkungan (<i>outdoor</i>).....	22
Gambar 4.3	Variasi intensitas cahaya matahari dan suhu panel terhadap waktu	22
Gambar 4.4	Fluktuasi suhu dan kelembaban relatif udara lingkungan	23
Gambar 4.5	Perubahan tegangan pada keluar panel surya, aki dan pendingin termoelektrik	24
Gambar 4.6	Perubahan arus pada keluaran panel surya, aki dan pendingin termoelektrik	25
Gambar 4.7	Perubahan daya pada keluaran panel surya, aki dan pendingin termoelektrik	26
Gambar 4.8	Perubahan energi pada keluaran panel surya, aki dan pendingin termoelektrik	27
Gambar 4.9	Variasi suhu beban air di dalam <i>box</i> pendingin dan suhu di luar <i>box</i> pendingin.....	28

ABSTRAK

Penelitian ini menguji performansi prototipe pendingin termoelektrik tipe *heatpipe* yang menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber daya utama. Sistem pendingin ini dirancang untuk menurunkan suhu beban air secara efisien dengan memanfaatkan teknologi *heatpipe* dan modul termoelektrik (TEC). Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe pendingin termoelektrik tipe *heatpipe* mampu menurunkan suhu beban air dari 26.95 °C menjadi 17.99 °C dalam waktu 347 menit. Kapasitas pendinginan yang diperoleh adalah 37.41 kJ dengan konsumsi energi sebesar 268 Wh dan konsumsi daya listrik rata-rata 46.3 W. Dari hasil tersebut, sistem pendingin ini mencapai koefisien performansi (*Coefficient of Performance*, COP) sebesar 0.039. Meskipun COP tergolong rendah, penggunaan PLTS sebagai sumber daya memberikan potensi pengembangan lebih lanjut untuk menciptakan sistem pendingin yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci: Termoelektrik, *Heat pipe* *Heatsink*, *Cooler box*, PLTS.

ABSTRACT

This research tests the performance of a prototype heatpipe type thermoelectric cooler that uses a Solar Power Plant (PLTS) as the main power source. This cooling system is designed to reduce the temperature of the water load efficiently by utilizing heatpipe technology and thermoelectric modules (TEC). Test results show that the heatpipe type thermoelectric cooler prototype is able to reduce the temperature of the water load from 26.95 °C to 17.99 °C in 347 minutes. The cooling capacity obtained was 37.41 kJ with an energy consumption of 268 Wh and an average electrical power consumption of 46.3 W. From these results, this cooling system achieved a coefficient of performance (Coefficient of Performance, COP) of 0.039. Even though the COP is relatively low, the use of PLTS as a power source provides the potential for further development to create environmentally friendly and sustainable cooling systems.

Keywords: Thermoelectric, heat pipe heatsink, Cooler box, PLTS

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendinginan merupakan salah satu teknologi yang memiliki berbagai macam aplikasi, misalnya untuk menjaga produk makanan dari kebusukan dan berbagai pengendalian suhu dalam bidang elektronik dan industri lainnya. Salah satu teknologi pendinginan yang sekarang ini sering digunakan adalah teknologi berbasis kompresi uap karena mempunyai coefficient of performance (COP) yang tinggi dan mempunyai harga yang lebih murah dibandingkan teknologi alternatif lainnya (Indrawan dan Suryono, 2019).

Selain itu, pada sistem kompresor satu kipas yang menggunakan gas pendingin pada kompresor uap memiliki kesulitan dalam pengaturan temperatur dari kompartemen target. Berdasarkan hal tersebut diperlukan suatu teknologi pendingin alternatif. *Thermoelectric cooler* (TEC) adalah salah satu alternatif teknologi pendingin, dikarenakan TEC memiliki kelebihan seperti berukuran kecil, kebisingan dan getaran yang lebih rendah, lebih mudah dalam pengaturan suhu, membutuhkan perawatan yang sedikit, dapat menyerap panas dengan menggunakan prinsip perbedaan panas sehingga selain dapat menjadi pendingin dapat juga menjadi penghangat, dan selain itu dapat dihidupkan dengan arus DC (Indrawan dan Suryono, 2019).

Pengujian pendingin termoelektrik menggunakan sumber daya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menggunakan beban air. Pendingin termoelektrik menggunakan tipe *heat pipe*.

Heat pipe adalah salah satu teknologi perpindahan panas yang efisien dan efektif, memiliki aplikasi luas dalam berbagai bidang termal dan manufaktur. Teknologi ini memanfaatkan prinsip perpindahan panas dan fase penguapan-kondensasi dari fluida kerja yang tertutup dalam pipa tertutup. Dengan memanfaatkan karakteristik ini, panas dapat diangkut secara efisien dari sumber

panas ke daerah yang lebih dingin tanpa perlu adanya komponen mekanis yang bergerak (Rarindo, *et al.* 2023)

Pengujian ini akan menggunakan sumber daya pembangkit Listrik tenaga surya (PLTS).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek photovoltaic. Photovoltaic sendiri merupakan fenomena fisika yang terjadi pada permukaan sel surya (solar cell) ketika menerima cahaya matahari. Selanjutnya, cahaya yang diterima diubah menjadi energi Listrik (Purnama, 2022).

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian Proyek Akhir ini adalah bagaimana performansi alat pendingin termoelektrik tipe *heatpipe* dengan sumber daya berasal dari PLTS?.

1.3 Batasan Masalah

Dalam Proyek Akhir ini permasalahan yang dibahas dibatasi sebagai berikut:

- Performansi pendingin termoelektrik tipe *heatpipe* meliputi: perubahan suhu beban air di dalam *box* pendingin, konsumsi tegangan, arus, daya dan energi listrik, kapasitas pendinginan dan COP.
- Air mineral dalam kemasan botol plastik digunakan sebagai beban pendinginan dengan volume total 0.99 liter (terdiri dari: tiga buah botol dengan volume masing-masing 330 ml).
- Kapasitas daya PLTS adalah 480 Wp, dengan satu buah baterai 12V/100 Ah.

1.4 Tujuan Proyek Akhir

Tujuan Proyek Akhir terdiri atas tujuan umum dan tujuan khusus yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tujuan umum:

Tujuan umum Proyek Akhir ini adalah sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Pendidikan di Program Studi D3 Teknik Pendingin dan Tata Udara, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali.

2. Tujuan khusus:

Proyek Akhir ini memiliki tujuan khusus untuk menentukan performansi pendingin termoelektrik tipe *heatpipe* dengan sumber daya PLTS.

1.5 Manfaat Proyek Akhir

Penulis berharap dengan adanya penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

a. Manfaat Bagi Penulis

1. Pengujian ini bermanfaat sebagai salah satu persyaratan bagi penulis untuk menyelesaikan proyek tugas akhir, yang nantinya dapat menambah wawasan dan pengetahuan bagi mahasiswa mengenai sistem pendingin termoelektrik.
2. Dengan adanya pengujian ini penulis dapat menerapkan ilmu yang telah dipelajari selama mengikuti perkuliahan di Politeknik Negeri Bali khususnya Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara.

b. Manfaat Bagi Politeknik Negeri Bali

1. Diharapkan adanya pengembangan peralatan praktik di Laboratorium Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara Jurusan Teknik Mesin.
2. Dapat menambah koleksi bahan bacaan dan dapat dipergunakan sebagai bahan acuan bagi mahasiswa Politeknik Negeri Bali khususnya Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara

c. Manfaat Bagi Masyarakat

1. Hasil Pengujian ini dapat menjadi pengetahuan yang baru bagi kalangan masyarakat.

2. Agar masyarakat mengetahui terdapat sistem pendingin seperti termoelektrik dengan menggunakan sumber daya PLTS yang ramah lingkungan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian performansi pada *prototipe* pendingin termoelektrik tipe *heat pipe* dengan suplai PLTS dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Prototipe pendingin termoelektrik tipe *heatpipe* mampu mencapai suhu beban air 17.99 °C dari kondisi awalnya 26.95 °C selama kurun waktu 347 menit.
- b. Kapasitas pendinginan diperoleh sebesar 37.41 kJ dengan konsumsi energi 268 Wh dan konsumsi daya listrik rata-rata 46.3 W sehingga memberikan nilai COP sebesar 0.039.

5.2 Saran

Dari penyusunan Proyek Akhir ini terdapat saran yang perlu diperhatikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

- a. Alat ini dapat dikembangkan lebih baik lagi dan perlu diuji secara bertahap menggunakan modul TEC dengan spesifikasi nilai tahanan dalam yang mendekati standarnya agar mendapatkan hasil yang maksimal.
- b. Saat melakukan pengambilan data, pada pemasangan kabel harus lebih teliti agar sensor bekerja dengan baik supaya tidak terjadi hubung singkat pada sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M., Rizal, T.A., Syntia, R. 2021. Pengujian Kinerja Pendingin *Thermoelectric Cooling (TEC)* Menggunakan *Heatsink* Dengan Variasi Dimensi dan Jenis Material. *Jurutera*. 8 (1): 19. Diakses pada 1 Maret 2024.
- Amrullah. 2021. Rancang Bangun *Cooler Box* Berbasis Termoelektrik Dengan Variasi *Heatsink*. *Jurnal Teknologi Terpadu*. 1 (9): 59-64.
- Fachrudin, A. R., Astuti, F. A. F., Dani, A., Nurchajat., Martawati, M. E., Rarindo, H., 2023. Pengaruh Ketebalan Dinding Wick Terhadap Kinerja Termal *Heat Pipe*. *ENTHALPY*. 8 (3): 110. Diakses pada 29 Agustus 2024.
- Faizal, R., Sahbana, M.A., Ismail, N.R. 2022. Analisa Variasi Heatsink Processor Terhadap Unjuk Kerja Sistem Pendingin Portable *Thermoelectric*. *Jurnal SIMETRIS*. 13 (1): 1-13.
- GIZ. 2018. *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Jakarta
- Indrawan, W., Suryono, S., 2019. Sistem Pendingin Menggunakan Thermo-Electric Cooler Dengan Kontroler Proportional-Integral Derivative. *Berkala Fisika*. 22 (2): 67. Diakses pada 29 Agustus 2024.
- Irmansyah, E., Abrar, Ajiwiguna, T.A. 2017. Rancang Bangun dan Realisasi Alat Ukur Performansi Pendingin Termoelektrik. *e-Proceeding of Engineering*. 4 (1): 673-680.
- Nulhakim. 2017. Uji Unjuk Kerja Pendingin Ruangan Berbasis Thermoelectric Cooling. *Jurnal SIMETRIS*. 8 (1): 85-90.
- Nurjaman, H. B., Purnama, T., 2022. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga. *Jurnal Edukasi Elektro*. 6 (2): 137. Diakses pada 29 2024.
- Prasetyo, B.Y., Ayu, W.S. 2021. Kaji Eksperimental Termoelektrik Sebagai

- Sistem Pendingin Alternatif. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*. 4-5 Agustus 2021, Bandung. pp. 211-216.
- Prasetyo, Y., Salim, A.T.A., Indarto, B., Pangeatu, M.A., Habibi, M.R., Cahyanto, M.N., Rafi, H.N. 2019. Karakteristik Termoelektrik TEC Bervariasi Tipe Dengan Variasi Pembebanan Resistor. *Jurnal Energi dan Teknoklogi Manufaktur (JETM)*. 2 (1): 37-41.
- Putra, Alit. 2014. *Nanofluida / nanofluids*. Terdapat pada: <https://alitputraiputu.blogspot.com/2014/12/nanofluida-nanofluids.html?m=1>. Diakses pada 28 Juli 2024.
- Rasyad, M.R.Y.I. 2023. *Pemanfaatan Heatpipe Sebagai Passive Heat Exchanger Prototipe Saluran Udara Data Center*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa.
- Wati, E., Jati, B.P., Nugroho, D. 2023. Analisa Performa Kinerja PLTS *Off Grid* yang Dirangkai Secara Seri Paralel untuk Penerangan Ruangan. *Jurnal Ampere*. 8 (2): 138-152.
- Widianto, T. N., Hakim, A. R., 2016. Performansi Pendingin Termoelektrik Alat Transportasi Ikan Segar pada Berbagai Tegangan. *AGRITECH*. 36 (4): 485. Diakses pada 1 Maret 2024.