

PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID
PANEL SURYA DAN TERMOELEKTRIK GENERATOR
PADA PERKEBUNAN BAWANG MERAH



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan Diploma Tiga (D-3) Program Studi Teknik Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

OLEH :

| | |
|----------------------|----------|
| JENI MARSELINA BARA' | 34218009 |
| MUH. FAJRIANSYAH | 34218014 |

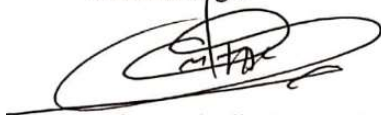
PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* Panel Surya dan Termoelektrik Generator pada Perkebunan Bawang Merah” oleh Jeni Marselina Bara’, NIM 342 18 009 dan Muh. Fajriansyah NIM 342 18 014 dinyatakan layak untuk diujikan.


Makassar, September 2021

Pembimbing I



Sukma Abadi, S.T., M.T.
NIP: 19751024 200312 1 001

Pembimbing II



Yiyin Klitafani, S.T., M.T.
NIP: 19900517 201504 2 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin









Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D.
NIP: 19741106 200212 1 002

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, tim penguji laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Jeni Marselina Bara' NIM 342 18 009 dan Muh. Fajriansyah NIM 342 18 014 dengan judul "Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* Panel Surya dan Termoelektrik Generator pada Perkebunan Bawang Merah".

Makassar, September 2021

Tim Penguji Ujian Sidang Tugas Akhir:

| | | |
|---|------------|---|
| 1. Apollo S.T., M.Eng. | Ketua | (..... ) |
| 2. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. | Sekretaris | (..... ) |
| 3. Ir. La Ode Musa, M.T. | Anggota | (..... ) |
| 4. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. | Anggota | (..... ) |
| 5. Sukma Abadi, S.T., M.T. | Anggota | (..... ) |
| 6. Yiyin Klistafani, S.T., M.T | Anggota | (..... ) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat Rahmat dan Karunia-Nyalah semata sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* Panel Surya dan Termoelektrik Generator pada Perkebunan Bawang Merah “.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapat saran serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala hormat dan kerendahan hati perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta dan seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan baik material maupun moral sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D.
3. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Sukma Abadi, S.T., M.T. dan Yiyin Klistafani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu dan membimbing dalam mengerjakan tugas akhir ini.
6. Para dosen dan seluruh staf Politeknik Negeri Ujung Pandang yang tidak disebutkan namanya satu persatu atas torehan ilmunya kepada penulis.

7. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2018 khususnya kelas 3A Teknik Konversi Energi atas kebersamaan dan kerjasama selama ini.
8. Seluruh teman-teman dan sahabat yang telah memberikan motivasi.
9. Semua pihak yang terlibat, tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, Oleh sebab itu penulis mohon maaf dan sangat mengharapkan kritik serta masukan yang bersifat membangun bagi penulis.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, institusi pendidikan dan masyarakat luas. Aamiin.



Makassar, September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

| | Hlm. |
|--------------------------------------|------|
| SAMPUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| HALAMAN PENERIMAAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR SIMBOL..... | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiv |
| SURAT PERNYATAAN..... | xv |
| RINGKASAN..... | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan masalah..... | 2 |
| 1.3 Ruang Lingkup..... | 2 |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan..... | 3 |
| 1.4.1 Tujuan Kegiatan..... | 3 |
| 1.4.2 Manfaat Kegiatan..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |

| | | |
|--------------------------------|--|----|
| 2.1 | Solar Cell | 4 |
| 2.1.1 | Prinsip Kerja Sel Surya (<i>Solar cell</i>)..... | 4 |
| 2.1.2 | Jenis-Jenis Sel Surya..... | 6 |
| 2.2 | Termoelektrik Generator | 8 |
| 2.2.1 | Prinsip Kerja Termoelektrik..... | 9 |
| 2.3 | Perpindahan Panas..... | 10 |
| 2.3.1 | Konduksi | 10 |
| 2.3.2 | Konveksi..... | 11 |
| 2.3.3 | Radiasi | 12 |
| 2.4 | Arduino..... | 12 |
| 2.5 | Sensor..... | 13 |
| 2.5.1 | Sensor Tegangan..... | 14 |
| 2.5.2 | Sensor Arus ACS712..... | 15 |
| 2.5.3 | Sensor Suhu LM35..... | 15 |
| 2.6 | Baterai..... | 17 |
| 2.7 | <i>Heat Sink</i> | 17 |
| 2.8 | Hama | 18 |
| BAB III METODEDE KEGIATAN..... | | 19 |
| 3.1 | Tempat dan Waktu Kegiatan..... | 19 |
| 3.2 | Alat dan Bahan | 19 |
| 3.2.1 | Alat..... | 19 |
| 3.2.2 | Bahan..... | 20 |
| 3.3 | Prosedur Pembuatan Benda Uji..... | 21 |
| 3.3.1 | Studi Literatur..... | 21 |
| 3.3.2 | Pembuatan dan Perakitan | 28 |

| | | |
|--|--------------------------------|-----------|
| 3.4 | Prosedur Pengujian | 28 |
| 3.5 | Teknik Analisis Data | 29 |
| 3.6 | Diagram Alir | 31 |
| BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN | | 33 |
| 4.1 | Hasil Kegiatan | 33 |
| 4.1.1 | Pembuatan Alat | 33 |
| 4.1.2 | Pengujian Awal | 33 |
| 4.1.3 | Pengujian Lanjutan | 36 |
| 4.1.4 | Pengujian Lampu | 39 |
| 4.2 | Deskripsi hasil kegiatan | 40 |
| 4.2.1 | Panel Surya | 40 |
| 4.2.2 | Termoelektrik Generator | 47 |
| BAB V PENUTUP | | 52 |
| 5.1 | Kesimpulan | 52 |
| 5.2 | Saran | 52 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 53 |
| LAMPIRAN | | 55 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya..... | 22 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi Termoelektrik Generator | 24 |
| Tabel 4.1 Hasil pengujian awal hari pertama..... | 34 |
| Tabel 4.2 Hasil pengujian awal hari ke-2..... | 35 |
| Tabel 4.3 Hasil pengujian lanjutan hari pertama..... | 36 |
| Tabel 4.4 Hasil pengujian lanjutan hari ke-2..... | 37 |
| Tabel 4.5 Hasil pengujian lanjutan hari ke-3..... | 38 |
| Tabel 4.6 Hasil pengujian lampu..... | 40 |
| Tabel 4.7 Efisiensi panel surya pada pengujian awal hari pertama..... | 44 |
| Tabel 4.8 Efisiensi panel surya pada pengujian awal hari ke-2..... | 44 |
| Tabel 4.9 Efisiensi panel surya pada pengujian lanjutan hari pertama..... | 45 |
| Tabel 4.10 Efisiensi panel surya pada pengujian lanjutan hari ke-2..... | 45 |
| Tabel 4.11 Efisiensi panel surya pada pengujian lanjutan hari ke-3..... | 46 |
| Tabel 4.12 Kinerja TEG pada pengujian awal hari pertama..... | 47 |
| Tabel 4.13 Kinerja TEG pada pengujian awal hari ke-2..... | 47 |
| Tabel 4.14 Kinerja TEG pada pengujian lanjutan hari pertama..... | 48 |
| Tabel 4.15 Kinerja TEG pada pengujian lanjutan hari ke-2..... | 48 |
| Tabel 4.16 Kinerja TEG pada pengujian lanjutan hari ke-3..... | 49 |
| Tabel A1 Hasil pengujian awal hari pertama | 57 |
| Tabel A2 Hasil pengujian awal hari ke-2..... | 58 |
| Tabel A3 Hasil pengujian lanjutan hari pertama..... | 59 |
| Tabel A4 Hasil pengujian lanjutan hari ke-2..... | 60 |

| | |
|--|----|
| Tabel A5 Hasil pengujian lanjutan hari ke-3..... | 61 |
| Tabel B1 Hasil perhitungan tabel A1..... | 63 |
| Tabel B2 Hasil perhitungan tabel A2..... | 64 |
| Tabel B3 Hasil perhitungan tabel A3..... | 65 |
| Tabel B4 Hasil perhitungan tabel A4..... | 66 |
| Tabel B5 Hasil perhitungan tabel A5..... | 67 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Generator Termoelektrik | 9 |
| Gambar 2.2 Arduimo Uno | 13 |
| Gambar 2.3 Modul sensor tegangan | 14 |
| Gambar 2.4 Modul sensor arus ACS712 | 15 |
| Gambar 2.5 Sensor Suhu LM35... .. | 16 |
| Gambar 2.6 <i>Heat zink</i> | 17 |
| Gambar 3.1 Rancangan alat <i>hybrid thermoelectric generator</i> dengan panel surya | 21 |
| Gambar 3.2 Panel surya | 23 |
| Gambar 3.3 Rangkaian <i>thermoelectric generator</i> | 23 |
| Gambar 3.4 <i>Solar charger control</i> | 24 |
| Gambar 3.5 Baterai | 25 |
| Gambar 3.6 Inverter..... | 25 |
| Gambar 3.7 Rangkaian listrik..... | 26 |
| Gambar 3.8 Rangkaian instalasi..... | 27 |
| Gambar 3.7 Diagram alir prosedur kerja | 32 |
| Gambar 4.1 Alat <i>hybrid</i> termoelektrik generator dengan panel surya untuk membasmi hama pada perkebunan bawang merah | 33 |
| Gambar 4.2 Pengujian lampu pada malam hari..... | 37 |
| Gambar 4.3 Serangga yang tertangkap..... | 38 |
| Gambar 4.4 Grafik hubungan tegangan panel terhadap nilai intensitas cahaya matahari pada pengujian awal hari pertama..... | 41 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.5 Grafik hubungan tegangan panel terhadap nilai intensitas cahaya matahari pada pengujian awal hari ke-2..... | 41 |
| Gambar 4.6 Grafik hubungan tegangan panel terhadap nilai intensitas cahaya matahari pada pengujian lanjutan hari pertama..... | 42 |
| Gambar 4.7 Grafik hubungan tegangan panel terhadap nilai intensitas cahaya matahari pada pengujian lanjutan hari ke-2..... | 42 |
| Gambar 4.8 Grafik hubungan tegangan panel terhadap nilai intensitas cahaya matahari pada pengujian lanjutan hari pertama..... | 43 |
| Gambar 4.9 Grafik hubungan tegangan termoelektrik generator terhadap selisih temperatur pada pengujian awal hari pertama | 49 |
| Gambar 4.10 Grafik hubungan tegangan termoelektrik generator terhadap selisih temperatur pada pengujian awal hari ke-2..... | 50 |
| Gambar 4.11 Grafik hubungan tegangan termoelektrik generator terhadap selisih temperatur pada pengujian lanjutan hari pertama..... | 50 |
| Gambar 4.11 Grafik hubungan tegangan termoelektrik generator terhadap selisih temperatur pada pengujian lanjutan hari ke-2..... | 51 |
| Gambar 4.11 Grafik hubungan tegangan termoelektrik generator terhadap selisih temperatur pada pengujian lanjutan hari ke-3..... | 51 |

DAFTAR SIMBOL

| Simbol | Satuan | Keterangan |
|--------------|------------------------|--------------------------|
| I_r | (Watt/m ²) | Intensitas matahari |
| A | m ² | Luasan <i>solar cell</i> |
| P_{in} | Watt | <i>Daya input</i> |
| P_{out} | Watt | <i>Daya output</i> |
| P_{max} | Watt | <i>Daya maximum</i> |
| V | Volt | Tegangan |
| I | Ampere | Kuat Arus |
| η | % | Efisiensi |
| T_{rendah} | °C | Temperatur rendah |
| T_{tinggi} | °C | Temperatur tinggi |
| ΔT | °C | Perbedaan Temperatur |

DAFTAR LAMPIRAN

| No | Teks | Halaman |
|------------|-----------------------------|---------|
| Lampiran A | Data-data Hasil Pengamatan | 54 |
| Lampiran B | Data-data Hasil Perhitungan | 60 |
| Lampiran C | Dokumentasi | 66 |



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jeni Marselina Bara,'

NIM : 342 18 009

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* Panel Surya dan Termoelektrik Generator pada Perkebunan Bawang Merah” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya, sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, kami siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2021



Jeni Mareslina Bara'
342 18 009

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muh. Fajriansyah


NIM : 342 18 014

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* Panel Surya dan Termoelektrik Generator pada Perkebunan Bawang Merah” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya, sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, kami siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2021



Muh. Fajriansyah
342 18 014

PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *HYBRID* PANEL SURYA DAN TERMOELEKTRIK GENERATOR PADA PERKEBUNAN BAWANG MERAH

RINGKASAN

Bawang merah adalah salah satu bumbu masak yang banyak di budidayakan oleh masyarakat Indonesia, salah satunya di daerah Enrekang tepatnya di Dusun Liangbai, Desa Eran Batu, Kecamatan Buntu Batu, Kabupaten Enrekang. Namun pada proses budidaya tersebut masyarakat memiliki hambatan karena adanya hama yang menyerang tanaman bawang merah sehingga mengurangi produksi tanaman tersebut. Pada pembahasan ini kami ingin menyajikan sebuah alat yang berfungsi untuk membasmi hama yang rama lingkungan pada perkebunan bawang merah, dengan memanfaatkan cahaya lampu. Tujuan pembuatan alat ini yaitu Untuk menerapkan penggunaan *thermoelectric generator* pada panel surya dan untuk memanfaatkan sistem *hybrid* panel surya dengan *thermoelectric generator* untuk membasmi hama.

Pembuatan alat ini dilakukan dengan menggunakan sebuah panel surya yang digabungkan dengan termoelektrik yang diletakkan di bawah panel sel surya diiringi dengan peletakan *heat sink*. Alat ini juga menggunakan tiga jenis sensor pada rangkaian controlnya untuk membaca berapa tegangan, arus dan suhu yang dihasilkan.

Perancangan alat pembasmi hama pada perkebunan bawang merah dengan memanfaatkan teknologi *hybrid* panel surya dengan termoelektrik generator dapat digunakan untuk mensuplai baterai sebesar 122,7 Watt. Daya tersebut dapat digunakan untuk mensuplai lampu perangkap hama dengan kapasitas 10 Watt selama 12 jam mulai jam 18:00 sampai 06:00.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu energi yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Energi listrik juga dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang pertanian. Wilayah Kabupaten Enrekang merupakan sebuah daerah di Sulawesi Selatan yang berada antara 3°14'36" sampai 3° 50' 00" Lintang Selatan dan 119° 40' 53" sampai 120° 06'33" Bujur Timur (<https://sulselprov.go.id>). Tanaman yang menjadi produk unggulan di wilayah ini adalah budidaya tanaman bawang merah, Kadis Pertanian Kabupaten Enrekang, Asril Bagenda mengatakan bahwa rata-rata luas pertanaman bawang merah dalam setahun mencapai 8.500 hektar (<https://www.pertanian.go.id>).

Salah satu masalah yang dapat mengurangi produksi tanaman bawang merah di Kabupaten Enrekang adalah serangan dari hama serangga atau wereng. Adanya serangan hama dapat menyebabkan kerugian bagi petani baik dari segi nilai ekonomi produksi, pertumbuhan dan perkembangan tanaman, serta turunnya kualitas dan kuantitas hasil panen (Ragil Palgunadi, 2019). Untuk menjaga produksi tanaman bawang merah dari serangan hama, petani biasanya menggunakan pestisida. Akan tetapi, Penggunaan pestisida dalam jangka waktu yang panjang dan terus-menerus berakibatkan pada kerusakan lingkungan yaitu menurunnya produktifitas tanah dengan menghilangkan unsur hara pada tanah, pencemaran air dan membahayakan kesehatan dikemudian hari (Hasrul, 2018). Oleh karena itu para petani mengganti metode pemberantasan hama dengan menggunakan lampu pada malam hari, cara ini digunakan sebagai media perangkap serangga. Di wilayah ini energi listrik dapat diperoleh dari PLN setempat, tetapi lokasi ladang yang jaraknya jauh dari pemukiman warga, maka sulit untuk dijangkau, dan juga biaya yang dikeluarkan cukup mahal. Oleh karena itu, pemanfaatan energi alternatif menggunakan panel surya dapat di gunakan. Pada penelitian sebelumnya, Ragil Palgunadi membuat rancang bangun alat pembasmi hama

wereng bebas insektisida menggunakan panel surya dengan menggunakan lampu LED sebagai sumber cahaya dan corong sebagai media perangkap hama, untuk sistem otomasi yang digunakan yaitu mikrokontroler ATmega 16. Panel surya akan menyimpan energi listrik pada baterai disiang hari dan pada malam harinya dapat digunakan untuk menyalakan lampu. Akan tetapi pada keadaan minim cahaya panel surya tidak dapat bekerja secara optimal karena dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti keadaan iklim di daerah tersebut, meskipun panel surya tetap berfungsi pada keadaan minim cahaya, namun efisiensi yang dihasilkan tidak seoptimal saat panel surya mendapat cahaya matahari yang cukup. Oleh karena itu konsep *Hybrid Termoelektrik Generator* dengan Panel Surya dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan efisiensi dari pemanfaatan energi matahari. *Thermoelectric generator* ini berfungsi untuk membantu meningkatkan keluaran daya listrik dari panel surya dalam keadaan minim cahaya.

Dengan demikian metode ini dapat membantu petani dalam membasmi hama pada tanaman bawang merah. Selain itu, alat ini juga ramah lingkungan sehingga kelestarian lingkungan tetap terjaga dan biaya yang dikeluarkan lebih murah.

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana menerapkan penggunaan *thermoelectric generator* pada Panel surya?
2. Bagaimana pemanfaatan sistem *hybrid* panel surya dengan *thermoelectric generator* untuk membasmi hama pada tanaman bawang merah?

1.3 Ruang Lingkup

Untuk memperjelas masalah yang dibahas dan agar tidak terjadi pembahasan yang meluas, maka dibuat ruang lingkup kegiatan yang dibahas dalam laporan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Pengujian awal dilakukan di lingkungan Lab Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang ($119^{\circ} 29' 36''$ BT dan $5^{\circ} 8' 6''$ LS) dan pengujian lanjutan dilakukan perkebunan bawang merah Dusun Lingbai, Desa Eran Batu, Kecamatan Buntu Batu, Kabupaten Enrekang ($119^{\circ} 54' 21,7$ BT dan $3^{\circ} 28' 02,4$ LS)
2. Parameter-parameter yang harus diukur adalah intensitas cahaya, tegangan, arus, dan suhu.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan Kegiatan

1. Untuk menerapkan penggunaan *thermoelectric generator* pada panel surya.
2. Untuk memanfaatkan sistem *hybrid* panel surya dengan *thermoelectric generator* untuk membasmi hama.

1.4.2 Manfaat Kegiatan

1. Alat yang dibuat dapat digunakan untuk menghasilkan listrik yang digunakan untuk mensuplai lampu pembasmi hama.
2. Dapat digunakan referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan optimalisasi pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi listrik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Solar Cell

Sel surya (*Solar cell*) atau sel fotovoltaik berasal dari bahasa Inggris yaitu "*photovoltaic*". *Photovoltaic* berasal dari dua kata yaitu "*photo*" yang berarti cahaya dan kata "*volt*" adalah nama satuan pengukuran tegangan listrik. Sel surya (*Solar cell*) merupakan alat semikonduktor yang memiliki permukaan luas dan terdiri dari rangkaian diode tipe "p" dan "n", yang dapat merubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik yang bergantung pada efek fotovoltaik untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan (Alifyanti, 2018).

2.1.1 Prinsip Kerja Sel Surya (*Solar cell*)

Sel surya (*Solar cell*) merupakan sebuah alat semikonduktor yang disimpan dibawah sinar matahari. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan kutub negatif. Prinsip dasar pembuatan sel surya adalah memanfaatkan efek *photovoltaic*, yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik (Asmara,2018). Bahan silikon pada alat semikonduktor tersebut tersebut akan melepaskan sejumlah kecil listrik yang biasa disebut efek fotolistrik. Efek ini merupakan proses dasar fisis dari sel surya merubah energi cahaya menjadi listrik. Cahaya matahari terdiri

dari partikel-partikel yang disebut sebagai “*photons*” yang mempunyai sejumlah energi yang besarnya tergantung dari panjang gelombang pada spektrum cahaya. Pada saat *photon* menumbuk sel surya maka cahaya tersebut akan dipantulkan atau diserap atau mungkin hanya diteruskan. Cahaya yang diserap akan membangkitkan listrik. Pada saat terjadi tumbukan, energi yang dikandung oleh *photon* ditransfer pada elektron yang terdapat pada atom sel surya yang merupakan bahan semikonduktor. Dengan energi yang didapat dari *photon*, elektron melepaskan diri dari ikatan normal bahan semikonduktor dan menjadi arus listrik yang mengalir dalam rangkaian listrik yang ada. Dengan melepaskan dari ikatannya, elektron tersebut menyebabkan terbentuknya lubang atau “*hole*”. Dalam menilai suatu sel surya bekerja dengan baik atau tidak, serta menentukan kualitasnya, tergantung pada efisiensi yang dihasilkan oleh sel surya tersebut. Apabila sel surya memiliki efisiensi yang baik, maka daya yang dihasilkan akan maksimal dan rugi-rugi akan semakin kecil. Sel surya dengan efisiensi yang tinggi dan rugi-rugi yang kecil inilah yang bisa dikatakan sel surya yang baik. Efisiensi pada sel surya dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain intensitas cahaya matahari (I), Luas kolektor sel surya (A) dan daya kolektor yang dimiliki sel surya. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\eta_p = \frac{P_{max}}{I \times A} \dots\dots\dots (2-1)$$

dimana :

η_p = Efisiensi sel surya (%)

P_{max} = daya kolektor maksimum (W)

I = Intensitas cahaya matahari (W/m^2)

A = luas permukaan sel surya (m^2)

Nilai efisiensi sebuah modul surya sangat tergantung pada nilai *Peak Sun Hour* (PSH). PSH sangat subyektif tergantung pada karakteristik lingkungan termasuk lamanya penyinaran matahari dan indeks kecerahan di suatu tempat (Alifyanti, 2018).

2.1.2 Jenis-Jenis Sel Surya

Perkembangan sel surya semakin banyak menggunakan bahan semikonduktor yang bervariasi. Adapun jenis-jenis sel surya diantaranya :

1) *Monocrystalline*

Sel surya jenis *monocrystalline* ini dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentukan bujur. Material silikon ini diiris tipis menggunakan teknologi khusus. Dengan digunakannya teknologi inilah, kepingan sel surya yang dihasilkan akan identik satu sama lainnya dan memiliki kinerja tinggi. Sel surya jenis ini dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24% (Alfatiha dan Aefra, 2009). Namun kekurangan dari jenis ini adalah akan bekerja maksimal saat cahaya matahari sedang dalam intensitas yang tinggi. Namun setelah itu, apabila intensitas cahaya berkurang

maka kinerjanya akan menurun secara drastis. Biaya sel surya ini juga lebih mahal dibandingkan dengan jenis sel surya yang lain (Haryanto, 2018).

2) *Polycrystalline*

Sel surya jenis ini dibuat dari beberapa batang kristal silikon yang dicairkan, setelah itu dituang dalam cetakan yang berbentuk persegi kemudian dilakukan pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul diatas lapisan silikon. Sel surya ini memiliki efisiensi 18%. Pada aplikasinya, sel surya ini akan tetap bekerja saat intensitas matahari menurun atau dalam keadaan mendung. Jadi energi yang di hasilkan akan lebih kontinyu walaupun intensitas sinar matahari tidak konstan (Haryanto, 2018).

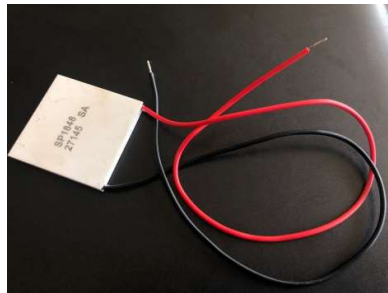
3) *Thin Film Solar Cell (TFSC)*

Jenis sel surya ini dibuat dengan cara menambahkan sel surya tipis kedalam sebuah lapisan dasar. Karena bentuknya tipis, jadi panel surya ini sangat ringan dan *fleksibel*. Ketebalan lapisannya bisa diukur mulai dari *nanometer* hingga *mikrometer*. Ada 3 jenis sel surya, tipe ini dibedakan berdasarkan materialnya yaitu, *Amorphous Silicon (a-Si) Solar Cells* yang terbuat dari *Amorphous Silicon*, *Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells* yang terbuat dari bahan *Cadmium Telluride*, dan *Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cell* yang terbuat dari bahan *Copper Indium Gallium Selenide* merupakan yang paling efisien dibanding dua lainnya dan juga tidak mengandung bahan yang berbahaya yaitu *Cadmium* seperti yang terdapat pada sel surya CdTe (Haryanto, 2018).

2.2 Termoelektrik Generator

Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. *Prototype* yang dirancang akan menghasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai. Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika material termoelektrik di aliri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan terserap. Dengan demikian, untuk mendinginkan udara, tidak diperlukan kompresor pendingin seperti halnya di mesin-mesin pendingin konvensional (Ansyori, 2017). Termoelektrik terdiri atas dua logam konduktor jika metal konduktor dalam sebuah rangkaian dipanaskan pada salah satu sisinya maka sisi ini akan menjadi aktif dan memiliki kecepatan transfer elektron yang lebih tinggi dibandingkan dengan sisi yang satunya. Hal ini akan menimbulkan timbulnya perbedaan potensial yang kemudian akan menghasilkan arus listrik. Hal inilah yang menjadi prinsip kerja dari modul termoelektrik. Oleh karena itu, pada pengujian isi sisi panas termoelektrik akan diletakkan langsung di bawah plat *solar sell* sebagai sumber panas dan di bawah sisi dingin termoelektrik diletakkan *heat sink* sebagai sistem pendingin sehingga terdapat perbedaan temperatur diantara kedua sistem tersebut. Perbedaan temperatur ini akan menghasilkan perbedaan potensial sehingga menghasilkan arus listrik yang dapat menambah daya

keluaran listrik yang dihasilkan oleh sistem *hybrid solar sell* ini (Nurulianthy, 2012).



Gambar 2.1 Generator Termoelektrik
Sumber : Dokumen pribadi

2.2.1 Prinsip Kerja Termoelektrik

Termoelektrik bekerja dengan cara memanfaatkan efek *Seebeck*. Efek *Seebeck* menggambar kan sebuah tegangan induksi didalam suatu sirkuit yang terdiri dari dua material yang mempunyai konduktivitas yang berbeda, yang di sambungkan pada dua temperatur yang berbeda (Kristofer,2015).

Termoelektrik terdiri dari suatu susunan elemen tipe-n (material dengan kelebihan elektron) dan tipe-p (material dengan kekurangan elektron). Termoelektrik generator merupakan teknologi pembangkit listrik dengan menggunakan energi panas (kalor), komponen TEG adalah permukaanya berupa keramik dengan kondisi sisi permukaan yang berbeda, yakni sisi panas dan sisi permukaan dingin. Pada prinsip termoelektrik, jika dipanaskan salah satu sisinya dan sisi lain panasnya dibuang maka akan menghasilkan tegangan, teknologi termoelektrik bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (Generator termoelektrik), adapun cara kerja dari generator

termoelektrik adalah apabila ada perbedaan suhu lebih dari 30° celcius diantara kedua sisi peltier maka peltier akan menghasilkan listrik (Asmara, 2017). Untuk mencari perbedaan temperatur digunakan persamaan :

$$(\Delta T) = T_h - T_c \dots \dots \dots (2-2)$$

Keterangan :

ΔT = Perbedaan temperatur (°C)

T_h = Temperatur panas (°C)

T_c = Temperatur dingin (°C)

2.3 Perrpindahan Panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) merupakan disiplin ilmu yang mempelajari bagaimana panas dapat berpindah dari suatu benda ke benda lainnya melalui berbagai macam medium perambatan. Panas dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain akibat adanya perbedaan suhu. Dalam ilmu perpindahan panas, dikenal 3 (tiga) proses perpindahan panas dilihat dari medium perambatannya, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

2.3.1 Konduksi

Konduksi adalah transfer energi dari partikel yang memiliki energi lebih dari suatu zat ke partikel yang kurang energi yang berdekatan dari hasil interaksi antar partikel.

2.3.2 Konveksi

Konveksi adalah transfer energi antara permukaan padat dan fluida yang bergerak berdekatan dengan melibatkan pergerakan fluidanya. Semakin cepat gerakan fluida semakin besar perpindahan panas (Imawan dkk, 2019).

Perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir di sekitarnya, dengan menggunakan media penghantar berupa fluida (cairan/gas). Menurut keadaan alirannya perpindahan panas konveksi dikategorikan menjadi dua yaitu konveksi bebas dan konveksi paksa, aliran fluida pada konveksi bebas disebabkan oleh adanya variasi masa jenis yang selalu diikuti dengan adanya perbedaan temperatur fluida, sedangkan aliran fluida konveksi paksa disebabkan oleh beberapa hal yang berasal dari luar misalnya menggunakan fan, pompa ataupun tiupan angin. Perpindahan panas atau pendinginan pada panel mesin merupakan konveksi paksa dimana aliran fluida berasal dari elektrik fan

Konveksi alami dapat terjadi pada suatu sistem dengan media udara saja. *Heat sink* berfungsi untuk melepaskan kalor secara alami ke udara bebas. Hal ini dipengaruhi oleh luas penampang yang dimiliki oleh *heat sink* tersebut. Perpindahan panas yang terjadi di area *heat sink* bervariasi. Pada daerah yang berdekatan dengan *heat sink* akan memiliki kecepatan pergerakan udara yang lebih kecil dibandingkan dengan jarak yang berjauhan dari *heat sink*. Begitu pula variasi suhu udara, semakin dekat dengan *heat sink* maka akan memiliki suhu yang lebih tinggi dan semakin jauh dari *heat sink* suhunya akan semakin rendah. Sehingga kalor yang diserap dapat terbuang ke lingkungan (Imawan dkk, 2019).

2.3.3 Radiasi

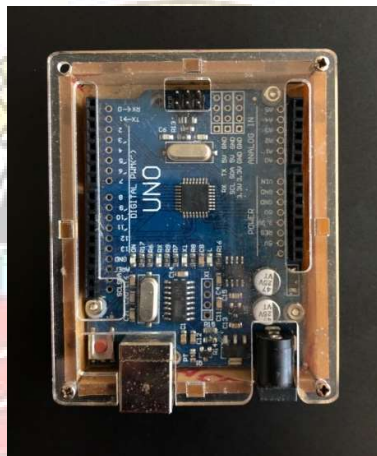
Perpindahan panas secara radiasi merupakan proses perpindahan panas dari suatu benda ke benda lain tanpa melalui medium. Dalam teori radiasi dijelaskan bahwa panas yang berpindah dari suatu benda ke benda lain dipancarkan melalui gelombang elektromagnetik sehingga dalam proses perpindahannya tidak memerlukan medium sama sekali. Bahkan jika kedua benda tersebut dipisahkan oleh ruang hampa, panas akan tetap berpindah melalui pancaran gelombang elektromagnetik. Panas matahari yang sampai ke bumi merupakan salah satu contoh nyata bentuk perpindahan panas secara radiasi. Meskipun jarak antara matahari dan bumi sangat jauh serta dipisahkan oleh ruang hampa, panas matahari tetap dapat sampai ke bumi melalui pancaran (Triwijaya dkk, 2019).

2.4 Arduino

Arduino adalah *Board* berbasis mikrokontroler atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino dibuat dengan tujuan untuk memudahkan eksperimen atau perwujudan berbagai peralatan yang berbasis mikrokontroler. Mikrokontroler itu sendiri adalah *chip* atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan computer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang

mengendalikan proses *input*, dan *output* sebuah rangkaian elektronik (Widodo, 2005).

Berbagai jenis Arduino adalah Arduino uno, Arduino Diecimilia, Arduino Duemimalove, Arduino Leonardo, Arduino Mega, dan Arduino Nano. Walaupun ada berbagai jenis kartu Arduino, secara prinsip pemrograman yang di perlukan hampir sama. Hal yang membedakan adalah kelengkapan fasilitas dan pin-pin yang perlu digunakan.



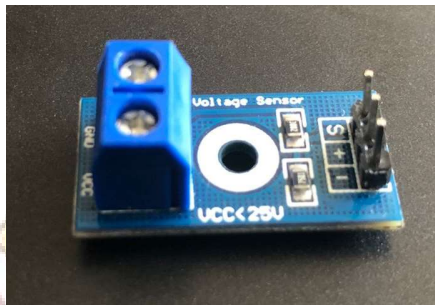
Gambar 2.2 Aruino Uno
Sumber : Sainsmart, 2015

2.5 Sensor

Sensor merupakan jenis transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran atau pengendalian. Beberapa jenis sensor yang digunakan dalam rangkaian elektronik antara lain :

2.5.1 Sensor Tegangan

Prinsip kerja dari suatu modul sensor tegangan yaitu didasarkan pada prinsip penekanan resistansi, yang dapat membuat tegangan input berkurang hingga 5 kali dari tegangan asli. Bentuk modul sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



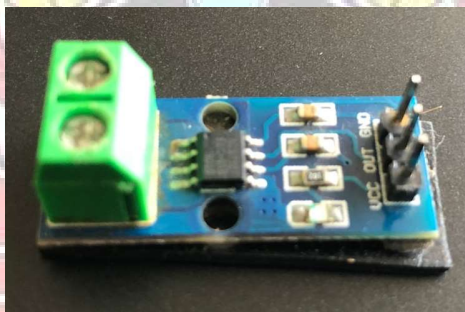
Gambar 2.3 Modul Sensor Tegangan
Sumber : Dokumen pribadi

Adapun fitur-fitur dan kelebihan dari sensor tegangan yaitu:

1. Variasi tegangan masukan : Dc 0-25 volt.
2. Deteksi tegangan dengan jangkauan : Dc 0.02445 volt sampai 25 volt.
3. Tegangan resolusi analog : Dc 0,00489 volt.
4. Ttegangan Dc masukan antar muka : terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND.
5. Output interface : “+” koneksi 5/3,3 V, “-“ terhubung GND, “s” terhubung ardino pin A0.
6. DC antar muka masukan : red terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND.

2.5.2 Sensor Arus ACS712

ACS712 merupakan suatu IC terpaket yang mana berguna sebagai sensor arus menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. Pada prinsipnya ACS712 sama dengan sensor efek *hall* lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik disekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linear dengan perubahan arus. Nilai variabel dari sensor ini merupakan input untuk *microcontroller* yang kemudian dioalah.



Gambar 2.4 Sensor Arus ACS712
Sumber : Dokumen pribadi

2.5.3 Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk meng- ubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika elektronika yang diproduksi oleh National Semiconductor. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan peran- cangan jika

2.6 Baterai

Baterai merupakan suatu komponen elektrokimia yang menghasilkan tegangan dan menyalurkannya ke rangkaian listrik. Baterai merupakan sumber utama energi listrik yang digunakan pada kendaraan dan alat-alat elektronik. Sebagai catatan bahwa baterai tidak menyimpan listrik, tetapi menampung zat kimia yang dapat menghasilkan energi listrik. Dua bahan timah yang berbeda berada di dalam asam yang bereaksi untuk menghasilkan tegangan listrik yang disebut tegangan. Reaksi elektrokimia ini mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Sistem *Photovoltaic* tidak dapat mengubah daya matahari selama 3 hari, perlu dipertimbangkan faktor efisiensi baterai yang harus ditinggalkan minimal 20% - 30 % (Sinduningrum et al., 2019).

2.7 Heat Sink

Heat sink merupakan alat penukar kalor yang menyerap panas dari suatu komponen, dimana panas tersebut merambat menuju sirip atau *fin* untuk ditransfer ke lingkungan sekitar. Panas yang mengalir pada *fin* didinginkan oleh udara yang mengalir pada celah diantara *fin* tersebut, hal ini akan mempercepat proses perpindahan kalor ke lingkungan (Muchammad, 2007).



Gambar 2.6 *Heat sink*
Sumber : Purwoko, 2014

2.8 Hama

Hama didefinisikan sebagai segala organisme yang mengurangi ketersediaan, kualitas atau nilai sumber daya yang dimiliki manusia. Salah satu jenis hama yaitu serangga, hama serangga dapat menyerang tanaman yang ditanam oleh petani sehingga mempengaruhi produksi dari tanaman tersebut. Cara yang dilakukan petani dalam memberantas hama yaitu dengan menggunakan pestisida dan menggunakan media perangkap cahaya



BAB III METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Proses pengerjaan alat dilaksanakan di Bengkel Listrik Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pengujian dan pengambilan data awal dilaksanakan di depan Lab Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pengujian selanjutnya dilaksanakan di perkebunan bawang merah Dusun Liangbai, Desa Eran Batu, Kecamatan Buntu Batu, Kabupaten Enrekang. Waktu pengerjaan alat dimulai pada bulan Maret sampai dengan awal bulan Mei 2021. Proses pengujian awal dilakukan pada bulan Agustus 2021, sedangkan pengujian di perkebunan bawang merah Dusun Liangbai, Desa Eran Batu, Kecamatan Buntu Batu, Kabupaten Enrekang dilaksanakan pada bulan September 2021

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

- a. Tang potong.
- b. Tang jepit.
- c. Tang kombinasi.
- d. Tang Rivet.
- e. Kunci ring pas.
- f. Penggores baja.
- g. Palu besi.

- h. Mistar baja.
- i. Rol siku.
- j. Kacamata pelindung.
- k. Sarung tangan.
- l. Solder.
- m. Alat las.
- n. Mesin gurinda.
- o. Mesin bor.
- p. Solar power meter TM-206.

3.2.2 Bahan

- a. Satu set modul panel surya *polycrystalline* berukuran 67 cm x 54 cm.
- b. 10 modul *thermoelectric* SP1848 SA 27145.
- c. *Heat sink* berukuran 4 cm x 4 cm.
- d. Kabel.
- e. Arduino nano.
- f. Besi siku dimensi 2,5 cm x 2,5 cm dan tebal 2 mm.
- g. Besi holo dimensi 4 cm x 4 cm dan tebal 2 mm
- h. Pipa besi 2 inch dengan tebal 2 mm.
- i. Plat besi tebal 2 mm.
- j. Busa *aluminium foil*.
- k. Sensor tegangan.
- l. Sensot arus ACS712.

- m. Sensor suhu LM35.
- n. Inverter.
- o. Lampu UV.
- p. Timah.
- q. Baut/mur
- r. Rivet.
- s. Panel box.
- t. Wadah/baskom
- u. Cat warna

3.3 Prosedur Pembuatan Benda Uji

3.3.1 Studi Literatur

Pada tahap studi literatur ini, kami megumpulkan informasi yang berhubungan dengan judul yang diangkat agar memudahkan pengerjaan pada tahap selanjutnya yaitu tahap pengembangan.



Gambar 3.1 Rancangan alat *hybrid thermoelectric generator* dengan panel surya

Gambar 3.1 Merupakan model alat *hybrid* termoelektrik generator dengan panel surya. Alat tersebut memiliki tinggi 180 cm dan lebar 77 cm. Tiang dari alat tersebut dibuat dari besi hollow dengan diameter 1,5 inch dan panjang 110 cm. Rangka penyangga panel surya dibuat dari besi siku dengan ukuran tebal 2,5 cm x 2,5 cm, panjang 67 cm serta lebar 54 cm. Pada alat tersebut terdapat panel box 25 cm x 35 cm x 12 cm yang digunakan untuk menyimpan komponen sistem kontrol, solar charger controller, dan inveter.

Jenis panel surya yang digunakan pada system *hybrid* adalah *polycrystalline* dengan ukuran 67cm x 54cm. Adapun spesifikasi panel antara lain:

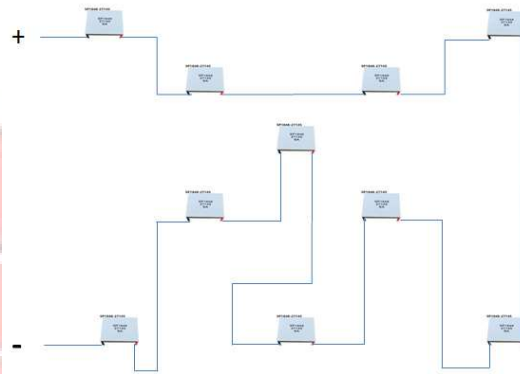
Tabel 3. 1 Spesifikasi Panel Surya

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| Modul | SP50-18P |
| Peak Power (Pmax) | 50W |
| Cell Efficiency | 17,5% |
| Max. Power Volt.(Vmp) | 17,4V |
| Max. Power Current (Isc) | 2,81A |
| Open Circuit volt (Voc) | 21,8V |
| Short Circuit Current (Isc) | 3,05A |
| Power Tolerance | ± 3% |
| Max. System Voltage | 1000V |
| Series fuse rating (A) | 10 |
| Number of Bypass diode | 2 |
| Operating Temperatur | -40 °C to +85°C |
| Maximum System Voltage | 1000V DC |

Sumber :Triwijaya dkk, 2019



Gambar 3.2 Panel surya
Sumber :Triwijaya dkk, 2019



Gambar 3.3 Rangkaian *thermoelectric generator*

Gambar 3.3 menunjukkan susunan *thermoelectric generator* yang dirangkai seri. Pada sistem *hybrid* ini, digunakan 10 *thermoelectric generator* yang diletakkan diantara busa *aluminium foil* . Tujuannya adalah untuk memfokuskan panas bawah panel pada *thermoelectric generator*, sehingga panas yang didapatkan bisa maksimal. Untuk pendinginan *thermoelectric generator* digunakan *heat sink* yang bertujuan untuk menyerap panas kemudian dipindahkan ke fluida di sekitarnya. Dengan begitu diharapkan dapat memberikan perbedaan panas yang tinggi.

Tabel 3.2 spesifikasi *thermoelectric generator*

| | |
|---|---|
| <i>Material</i> | <i>Ceramic / Bismuth Telluride</i> |
| <i>Color</i> | <i>White</i> |
| <i>Parametric module</i> | <i>SP1848-27145</i> |
| <i>Maximal temperature</i> | <i>150°C</i> |
| <i>Open circuit voltage</i> | <i>4,8V</i> |
| <i>Current (mA)/voltage (V)/ΔT(°C)</i> | <i>20/0.97/225; 40/1.8/368; 60/2.4/469; 80/3.6/559; 100/4.8/669</i> |
| <i>Module weight</i> | <i>25g / 0.89oz</i> |
| <i>Module size</i> | <i>40 x 40 x 3,4 mm (L x W x H)</i> |
| <i>Hot side</i> | <i>Blank</i> |
| <i>Cold side</i> | <i>Word</i> |

Sumber : Triwijaya dkk, 2019



Gambar 3.4 *Solar Charger Controller*
Sumber : Dokumen pribadi

Gambar 3.4 menunjukkan *solar charger controller* yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan pada saat pengisian baterai. *Solar charger controller* juga mengatur *overcharging* atau mengatur pengisian baterai apabila baterai sudah terisi penuh. Adapun arus dan tegangan yang terdapat pada *solar charger controller* yaitu sebesar 10 A dan 24 V. Alat ini juga dilengkapi dengan *display* yang menampilkan tegangan yang sudah distabilkan sebelum mengisi baterai.



Gambar 3.5 Baterai
Sumber :Dokumen pribadi

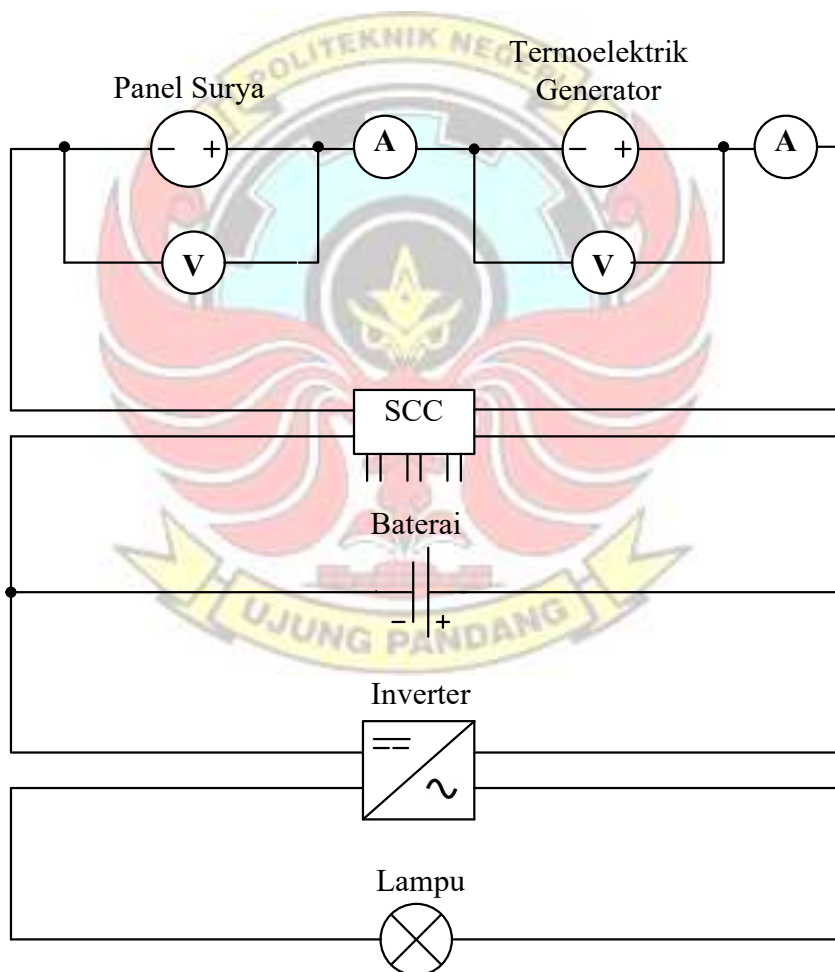
Pada gambar 3.5 menunjukkan baterai yang digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari *hybrid* termoelektrik generator dengan panel surya. Semua daya yang dihasilkan pada saat pengambilan data dapat digunakan untuk mengisi baterai sampai penuh sehingga bisa dimanfaatkan untuk menyuplai lampu perangkat hama pada malam hari. Adapun baterai yang digunakan memiliki kapasitas sebesar 12 V dan 60 A.



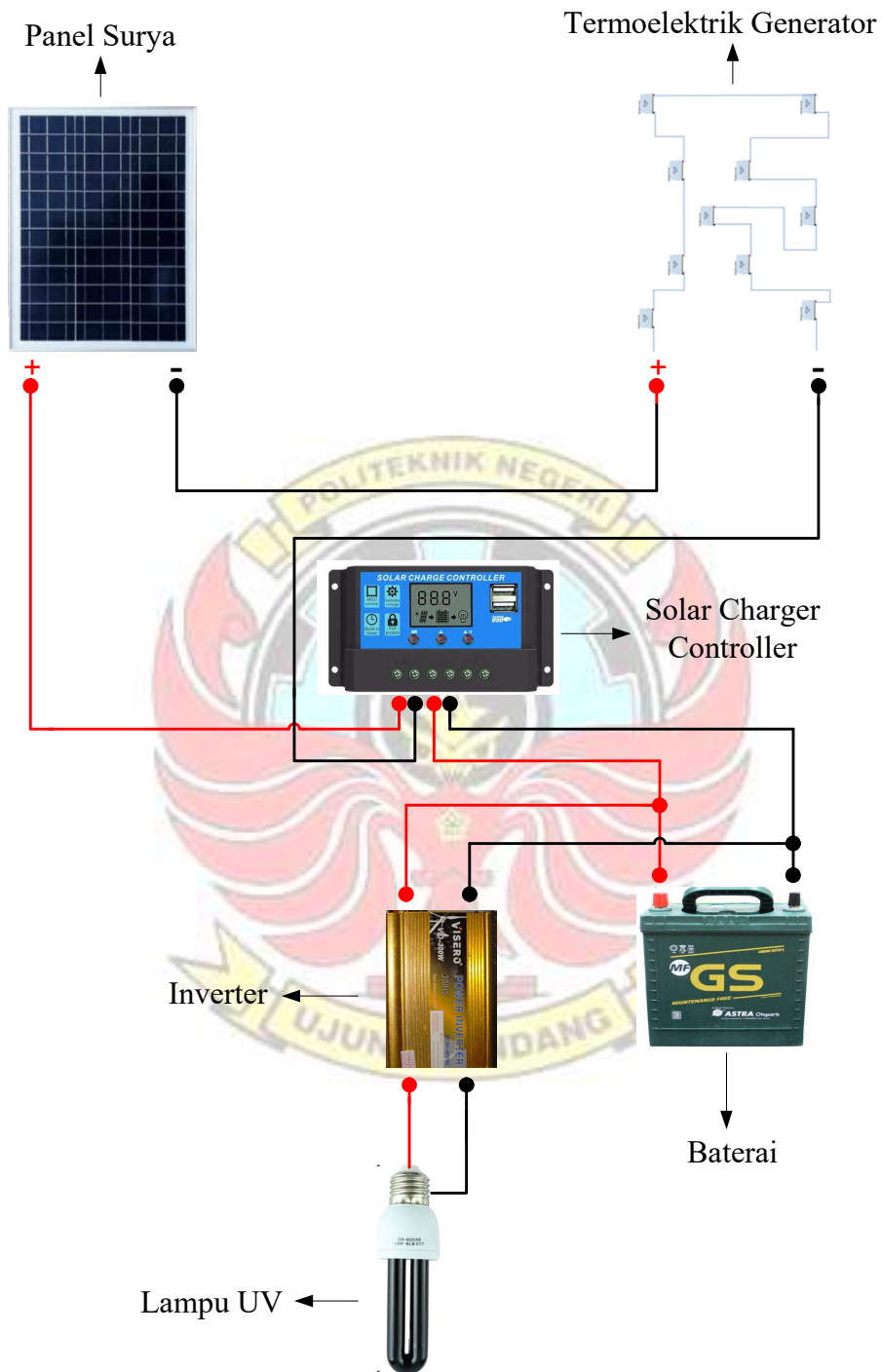
Gambar 3.6 Inverter
Sumber : Dokumen pribadi

Pada gambar 3.6 menunjukkan inverter yang digunakan untuk mengubah listrik *DC* dari baterai menjadi listrik *AC* yang akan digunakan untuk menyuplai lampu perangkat hama. Inverter yang digunakan tegangan *input* 12V sedangkan tegangan *output* 230V serta kapasitas daya 300 Watt.

Berikut merupakan rangkain listrik dan rangkaian instalasi dari pembangkit listrik tenaga *hybrid* panel surya dan termoelektrik generator pada perkebunan bawang merah.



Gambar 3.7 Rangkaian Listrik



Gambar 3.8 Rangkaian Instalasi

3.3.2 Pembuatan dan Perakitan

Setelah proses perancangan selesai, maka dilanjutkan dengan proses pembuatan masing-masing komponen alat khususnya untuk perangkat keras, langkah-langkah yang dikerjakan adalah sebagai berikut :

1. Memasang panel sel surya pada rangka.
2. Meletakkan rangkaian (seri) termoelektrik generator dibawah panel surya diiringi dengan peletakan *heat sink*.
3. Perancangan sistem control.
4. Pembuatan program pada Arduino.
5. Penggabungan sistem Kontrol dengan sistem mekanik.

3.4 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan 2 tahap:

1. Tahap pertama berupa pengujian awal untuk menguji-coba kinerja alat hasil rancang bangun.
2. Tahap kedua berupa pengujian lapangan (di perkebunan bawang merah) untuk mengamati kemanfaatan alat hasil rancang bangundan melakukan proses pengambilan data .

Berikut langkah-langkah dalam melakukan pengujian :

3. Mengarahkan panel sel surya pada matahari.
4. Menyalakan sistem kontrol untuk mengukur daya keluaran pada alat.
5. Mengatur pemrograman yang akan digunakan.

6. Mengukur intensitas matahari menggunakan *solar power meter* TM-206 per 30 menit.
7. Melakukan pengukuran tegangan, arus, dan temperatur *solar cell* maupun *thermoelectric generator* yang kemudian akan dibaca serial monitor laptop.
8. Melakukan pengujian selama 6 jam mulai pukul 09:00 WITA sampai dengan pukul 15:00 WITA.
9. Pengujian selesai.

3.5 Teknik Analisis Data

Efisiensi panel surya

a. Daya input :

$$P_{in} = I_r \times A \dots\dots\dots (3-1)$$

Keterangan :

P_{in} = Daya input (Watt)

I_r = Intensitas matahari (Watt/m²)

A = Luasan *solar cell* (m²)

b. Daya output :

$$P_{out} = V \times I \dots\dots\dots(3-2)$$

Keterangan :

P_{out} = Daya output (Watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

c. Effisiensi :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(3-3)$$

Keterangan :

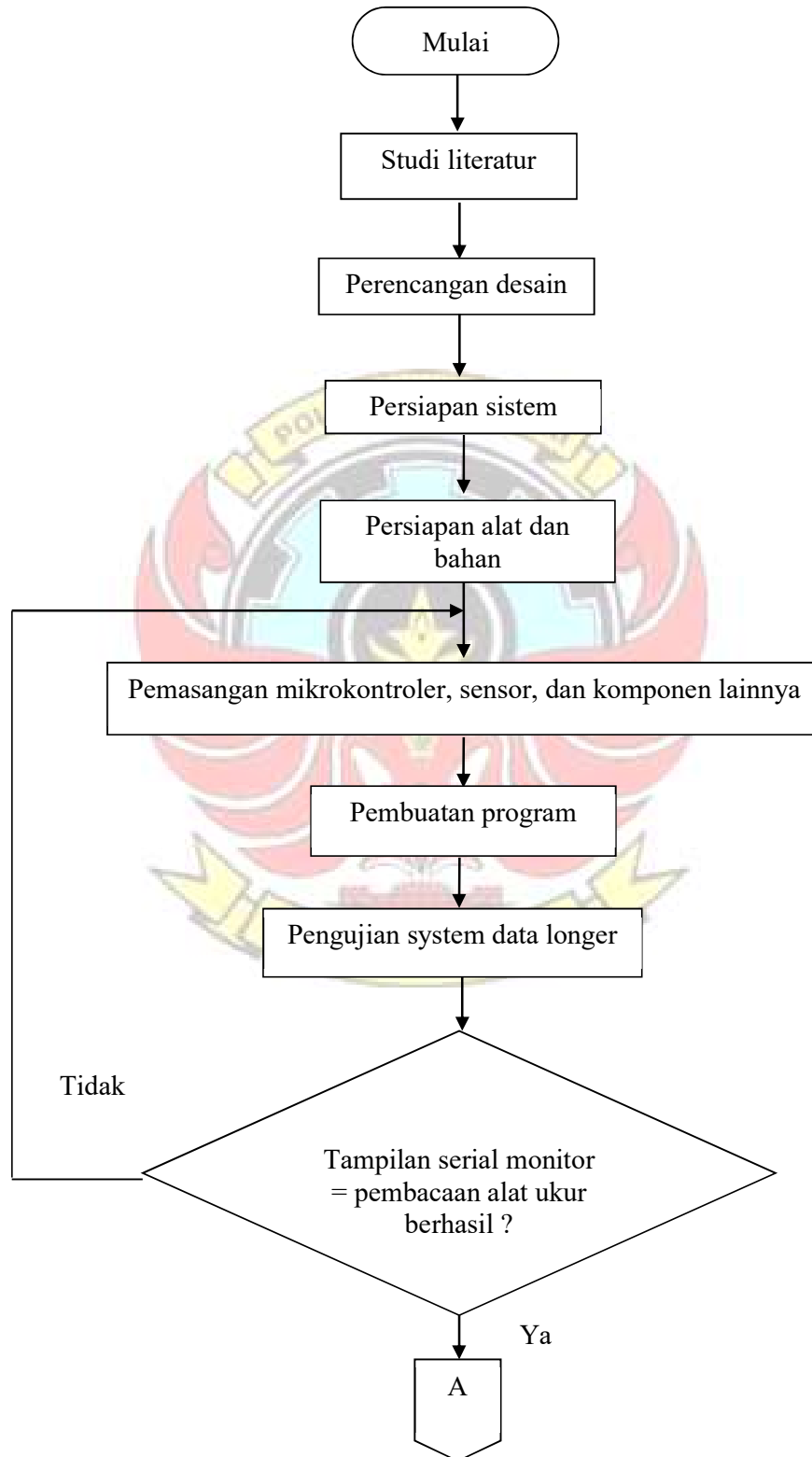
η = Effisiensi system (%)

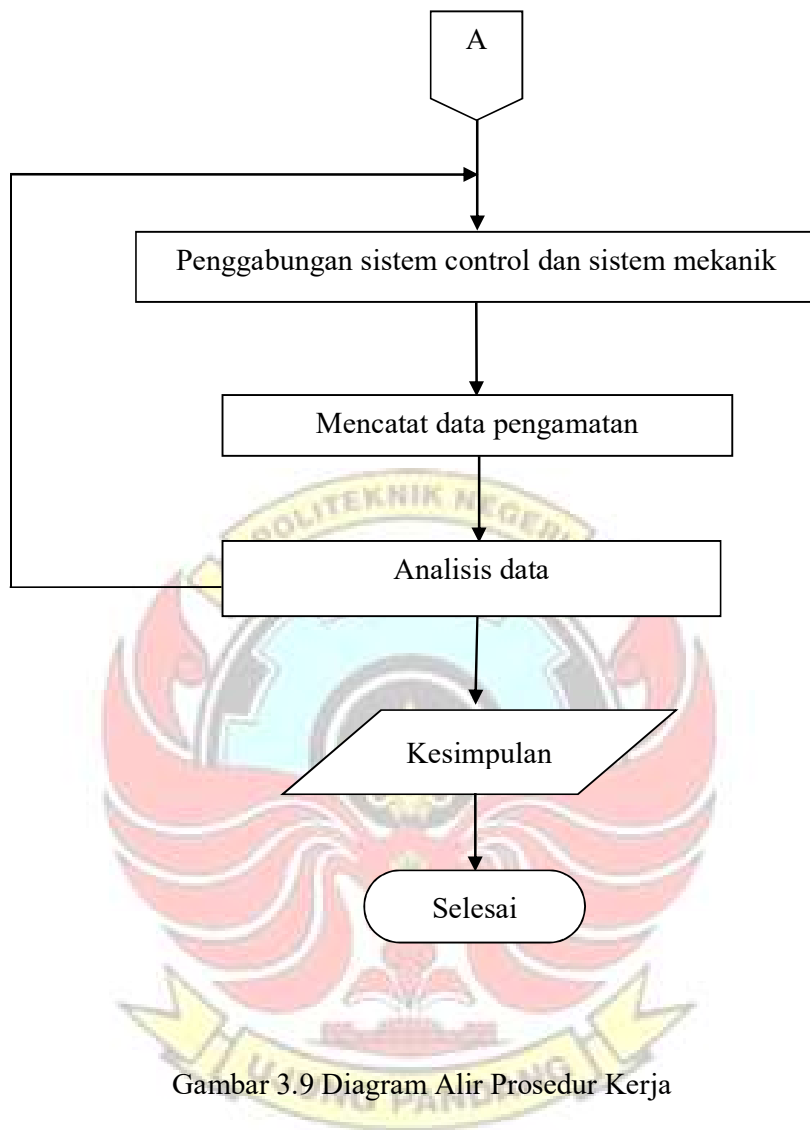
P_{out} = Daya keluaran (Watt)

P_{in} = Daya masukan (Watt)



3.6 Diagram Alir





Gambar 3.9 Diagram Alir Prosedur Kerja

BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Kegiatan

4.1.1 Pembuatan Alat

Alat pembangkit listrik tenaga *hybrid* panel surya dan termoelektrik generator (TEG) yang dibuat terdiri dari rangka panel surya beserta tiang penyangganya, panel surya 50 Wp, 10 buah TEG yang disusun seri, SSC, baterai, dan lampu.

Alat pembangkit listrik tenaga hybrid tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Alat *hybrid* termoelektrik generator dengan panel surya untuk membasmi hama pada perkebunan bawang merah

4.1.2 Pengujian Awal

Pengujian awal dilakukan di halaman depan bengkel listrik Jurusan Teknik Mesin. Pengujian ini dilakukan untuk mengamati kinerja panel surya, kinerja TEG, dan kinerja *system data logger*. Berikut ini data hasil pengamatan pada pengujian awal.

Tabel 4.1 Data Pengujian awal pada hari pertama

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) | Tegangan Panel (V) | Arus Panel (A) | Tegangan Baterai (V) | Keterangan Cuaca |
|----|------------|--|---------------------|--------|------|------------------|--------------------|----------------|----------------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | | | | | |
| 1 | 09:00 | 845 | 32.1 | 47.6 | 15.5 | 0.83 | 12.36 | 1.15 | 12.1 | Cerah |
| 2 | 09:30 | 1021 | 33.6 | 49.7 | 16.1 | 1.15 | 12.47 | 1.2 | 12.1 | Cerah |
| 3 | 10:00 | 1116 | 34.5 | 50.8 | 16.3 | 1.16 | 12.49 | 1.21 | 12.1 | Cerah |
| 4 | 10:30 | 1225 | 35.3 | 51.1 | 15.8 | 0.9 | 13.05 | 1.57 | 12.2 | Cerah |
| 5 | 11:00 | 1319 | 35.7 | 51.8 | 16.1 | 1.15 | 13.17 | 1.72 | 12.2 | Cerah |
| 6 | 11:30 | 1478 | 36.3 | 53.2 | 16.9 | 1.21 | 13.25 | 1.81 | 12.3 | Cerah |
| 7 | 12:00 | 1556 | 37.2 | 54.5 | 17.3 | 1.27 | 13.34 | 1.86 | 12.4 | Cerah |
| 8 | 12:30 | 1469 | 36.7 | 53.4 | 16.7 | 1.19 | 13.24 | 1.81 | 12.5 | Cerah |
| 9 | 13:00 | 1375 | 36.1 | 52.7 | 16.6 | 1.18 | 13.19 | 1.73 | 12.5 | Cerah |
| 10 | 13:30 | 1306 | 35.7 | 52.3 | 16.6 | 1.17 | 13.18 | 1.72 | 12.6 | Cerah |
| 11 | 14:00 | 1187 | 34.6 | 50.9 | 16.3 | 1.16 | 12.56 | 1.23 | 12.6 | Cerah |
| 12 | 14:30 | 1064 | 33.9 | 50.3 | 16.4 | 1.16 | 12.54 | 1.21 | 12.7 | Cerah |
| 13 | 15:00 | 905 | 33.6 | 49.8 | 16.2 | 1.15 | 12.38 | 1.16 | 12.7 | Cerah |

Tabel 4.2 Data pengujian awal hari ke-2

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) | Tegangan Panel (V) | Arus Panel (A) | Tegangan Baterai (V) | Keterangan Cuaca |
|----|------------|--|---------------------|--------|------|------------------|--------------------|----------------|----------------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | | | | | |
| 1 | 09:00 | 931 | 32.8 | 48.1 | 15.3 | 0.79 | 12.39 | 1.16 | 12.4 | Cerah |
| 2 | 09:30 | 1035 | 33.9 | 49.9 | 16 | 1.15 | 12.47 | 1.21 | 12.4 | Cerah |
| 3 | 10:00 | 1128 | 34.6 | 51.2 | 16.6 | 1.17 | 12.51 | 1.23 | 12.5 | Cerah |
| 4 | 10:30 | 1257 | 35.5 | 51.9 | 16.4 | 1.16 | 13.07 | 1.57 | 12.5 | Cerah |
| 5 | 11:00 | 1321 | 36.3 | 52.4 | 16.1 | 1.15 | 13.17 | 1.73 | 12.6 | Cerah |
| 6 | 11:30 | 413 | 34.7 | 49.6 | 14.9 | 0.73 | 12.27 | 1.09 | 12.6 | Mendung |
| 7 | 12:00 | 1579 | 37.5 | 55.1 | 17.6 | 1.29 | 13.35 | 1.87 | 12.7 | Cerah |
| 8 | 12:30 | 1497 | 36.9 | 53.7 | 16.8 | 1.21 | 13.26 | 1.82 | 12.8 | Cerah |
| 9 | 13:00 | 317 | 34.1 | 48.9 | 14.8 | 0.73 | 12.23 | 1.04 | 12.8 | Mendung |
| 10 | 13:30 | 334 | 33.8 | 48.4 | 14.6 | 0.72 | 12.23 | 1.03 | 12.8 | Mendung |
| 11 | 14:00 | 231 | 32.2 | 45.7 | 13.5 | 0.31 | 12.15 | 0.96 | 12.8 | Mendung |
| 12 | 14:30 | 87 | 27.4 | 28.3 | 0.9 | 0.05 | 11.45 | 0.19 | 12.8 | Mendung |
| 13 | 15:00 | 82 | 27.1 | 27.8 | 0.7 | 0.05 | 11.45 | 0.18 | 12.8 | Mendung |

4.1.3 Pengujian Lanjutan

Setelah melihat kinerja alat pembangkit listrik Tenaga *hybrid* panel surya dan TEG pada pengujian awal, pengujian dilanjutkan di perkebunan bawang merah Dusun Liangbai, Desa Eran Batu, Kecamatan Buntu Batu, Kabupaten Enrekang. Berikut ini data hasil pengujian lanjutan:

Tabel 4.3 Data pengujian lanjutan hari pertama

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) | Tegangan Panel (V) | Tegangan Total (V) | Arus Panel (A) | Arus TEG (A) | Tegangan Baterai (V) | Keterangan Cuaca |
|----|------------|--|---------------------|--------|------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|----------------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | | | | | | | |
| 1 | 09:00 | 98 | 25.4 | 28.3 | 2.9 | 0.79 | 12.39 | 13.18 | 0.25 | 0.02 | 12.5 | Mendung |
| 2 | 09:30 | 221 | 29.1 | 37.4 | 8.3 | 1.15 | 12.47 | 13.62 | 0.89 | 0.05 | 12.5 | Mendung |
| 3 | 10:00 | 188 | 28.3 | 32.7 | 4.4 | 1.17 | 12.51 | 13.68 | 0.75 | 0.04 | 12.5 | Mendung |
| 4 | 10:30 | 183 | 28.2 | 32.5 | 4.3 | 1.16 | 13.07 | 14.23 | 0.75 | 0.04 | 12.5 | Mendung |
| 5 | 11:00 | 83 | 25.8 | 28.9 | 3.1 | 1.15 | 13.17 | 14.32 | 0.24 | 0.02 | 12.5 | Mendung |
| 6 | 11:30 | 134 | 26.2 | 30.4 | 4.2 | 0.73 | 12.27 | 13 | 0.53 | 0.03 | 12.5 | Mendung |
| 7 | 12:00 | 297 | 26.4 | 33.5 | 7.1 | 1.29 | 13.35 | 14.64 | 0.93 | 0.04 | 12.5 | Mendung |
| 8 | 12:30 | 125 | 25.3 | 29.4 | 4.1 | 1.21 | 13.26 | 14.47 | 0.52 | 0.03 | 12.5 | Mendung |
| 9 | 13:00 | 109 | 25.2 | 29.1 | 3.9 | 0.73 | 12.23 | 12.96 | 0.32 | 0.03 | 12.5 | Mendung |
| 10 | 13:30 | 74 | 25.1 | 26.3 | 1.2 | 0.72 | 12.23 | 12.95 | 0.18 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 11 | 14:00 | 79 | 24.4 | 26.7 | 2.3 | 0.31 | 12.15 | 12.46 | 0.21 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 12 | 14:30 | 94 | 24.6 | 27.2 | 2.6 | 0.05 | 11.45 | 11.5 | 0.24 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 13 | 15:00 | 69 | 23.2 | 24.4 | 1.2 | 0.05 | 11.45 | 11.5 | 0.15 | 0.01 | 12.5 | Mendung |

Tabel 4.4 Data pengujian lanjutan hari ke-2

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur (°C) | | | Tegangan TEG (V) | Tegangan Panel (V) | Tegangan Total (V) | Arus Panel (A) | Arus TEG (A) | Tegangan Baterai (V) | Keterangan Cuaca |
|----|------------|--|-----------------|--------|------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|----------------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | | | | | | | |
| 1 | 09:00 | 812 | 30.2 | 45.7 | 15.5 | 0.79 | 12.35 | 13.14 | 1.15 | 0.14 | 12.3 | Cerah |
| 2 | 09:30 | 983 | 34.4 | 50.6 | 16.2 | 1.13 | 12.4 | 13.53 | 1.17 | 0.16 | 12.3 | Cerah |
| 3 | 10:00 | 1023 | 35.2 | 50.9 | 15.7 | 0.92 | 12.47 | 13.39 | 1.21 | 0.15 | 12.4 | Cerah |
| 4 | 10:30 | 1129 | 35.6 | 51.3 | 15.7 | 0.93 | 12.58 | 13.51 | 1.22 | 0.15 | 12.5 | Cerah |
| 5 | 11:00 | 1179 | 36.3 | 52.1 | 15.8 | 0.95 | 12.59 | 13.54 | 1.22 | 0.15 | 12.6 | Cerah |
| 6 | 11:30 | 198 | 32.6 | 35.4 | 2.8 | 0.19 | 11.98 | 12.17 | 0.76 | 0.03 | 12.6 | Mendung |
| 7 | 12:00 | 338 | 29.4 | 33.2 | 3.8 | 0.28 | 12.06 | 12.34 | 0.94 | 0.04 | 12.6 | Mendung |
| 8 | 12:30 | 659 | 31.8 | 38.7 | 6.9 | 0.54 | 12.32 | 12.86 | 1.12 | 0.06 | 12.6 | Cerah |
| 9 | 13:00 | 278 | 29.9 | 33.8 | 3.9 | 0.35 | 12.16 | 12.51 | 0.97 | 0.04 | 12.6 | Mendung |
| 10 | 13:30 | 327 | 28.7 | 32.6 | 3.9 | 0.33 | 12.26 | 12.59 | 1.03 | 0.04 | 12.6 | Mendung |
| 11 | 14:00 | 548 | 29.1 | 44.9 | 15.8 | 0.81 | 12.29 | 13.1 | 1.1 | 0.14 | 12.7 | Cerah |
| 12 | 14:30 | 296 | 27.8 | 31.7 | 3.9 | 0.35 | 12.17 | 12.52 | 0.99 | 0.04 | 12.7 | Mendung |
| 13 | 15:00 | 187 | 27.5 | 30.2 | 2.7 | 0.18 | 11.97 | 12.15 | 0.75 | 0.04 | 12.7 | Mendung |

*Ket. kolom dengan warna kuning merupakan data yang digunakan sebagai contoh dalam analisis data

Tabel 4.5 Data pengujian lanjutan hari ke-3

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur (°C) | | | Tegangan TEG (V) | Tegangan Panel (V) | Tegangan Total (V) | Arus Panel (A) | Arus TEG (A) | Tegangan Baterai (V) | Keterangan Cuaca |
|----|------------|--|-----------------|--------|------|------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|----------------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | | | | | | | |
| 1 | 09:00 | 297 | 26.1 | 28.4 | 2.3 | 0.22 | 12.17 | 12.39 | 0.99 | 0.04 | 12.4 | Mendung |
| 2 | 09:30 | 807 | 28.3 | 35.2 | 6.9 | 0.51 | 12.34 | 12.85 | 1.15 | 0.06 | 12.4 | Cerah |
| 3 | 10:00 | 331 | 28.2 | 30.8 | 2.6 | 0.29 | 12.27 | 12.56 | 1.05 | 0.04 | 12.4 | Mendung |
| 4 | 10:30 | 170 | 27.7 | 29.6 | 1.9 | 0.19 | 12.04 | 12.23 | 0.73 | 0.03 | 12.4 | Mendung |
| 5 | 11:00 | 148 | 27.3 | 28.8 | 1.5 | 0.1 | 11.92 | 12.02 | 0.35 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 6 | 11:30 | 139 | 26.9 | 28.4 | 1.5 | 0.09 | 11.91 | 12 | 0.35 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 7 | 12:00 | 106 | 26.4 | 27.9 | 1.5 | 0.09 | 11.52 | 11.61 | 0.32 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 8 | 12:30 | 93 | 26.1 | 27.4 | 1.3 | 0.08 | 11.47 | 11.55 | 0.22 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 9 | 13:00 | 75 | 25.7 | 26.8 | 1.1 | 0.06 | 11.32 | 11.38 | 0.19 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 10 | 13:30 | 615 | 26.8 | 33.7 | 6.9 | 0.59 | 12.3 | 12.89 | 1.12 | 0.06 | 12.6 | Cerah |
| 11 | 14:00 | 507 | 30.3 | 36.5 | 6.2 | 0.45 | 12.28 | 12.73 | 1.1 | 0.06 | 12.6 | Cerah |
| 12 | 14:30 | 1072 | 35.5 | 51.8 | 16.3 | 1.17 | 12.48 | 13.65 | 1.21 | 0.16 | 12.7 | Cerah |
| 13 | 15:00 | 913 | 35.1 | 51 | 15.9 | 0.89 | 12.36 | 13.25 | 1.15 | 0.14 | 12.7 | Cerah |

4.1.4 Pengujian Lampu

Pengujian lampu dilakukan selama 12 jam mulai dari pukul 18.00 hingga pukul 06.00. Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit *hybrid* panel surya dan termoelektrik generator disimpan di baterai. Energi Listrik yang tersimpan di baterai tersebut digunakan untuk menyalakan lampu UV. Nyala lampu UV tersebut diharapkan dapat menarik perhatian serangga yang bersifat sebagai hama bagi tanaman bawang merah. Serangga yang mendekati dan menempel pada lampu UV akan mati dan bangkainya jatuh dan ditampung dalam wadah berisi air. Berikut ini gambar hasil pengujian lampu UV:



Gambar 4.2 Pengujian lampu pada malam hari



Gambar 4.3 Serangga yang tertangkap

Tabel 4.6 Hasil pengujian lampu

| Pengujian | Jumlah Hama | | Komsumsi Daya (Watt) |
|--------------|-------------|-------------|----------------------|
| | Wereng | Orong-orong | |
| Hari Pertama | - | - | - |
| Hari ke-2 | 35 | 3 | 120 |
| Hari ke-3 | 27 | 5 | 120 |

4.2 Deskripsi hasil kegiatan

4.2.1 Panel Surya

Contoh Perhitungan diambil data ke-4 dari Tabel 4.4

1) Daya Input (P_{in})

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= I_r \times A \\
 &= 1129 \text{ Watt/m}^2 \times 0,3618 \text{ m}^2 \\
 &= 408,47 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

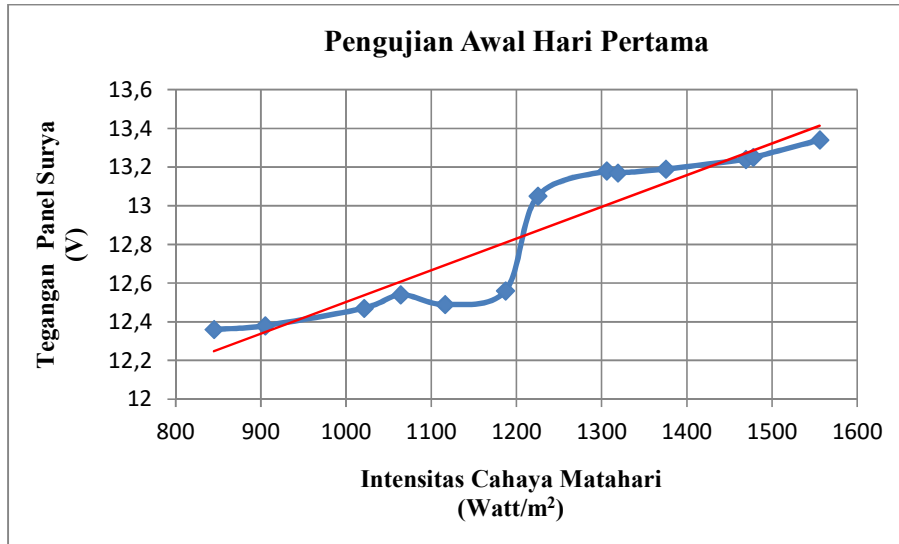
2) Daya Output (P_{out})

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V \times I \\
 &= 12,58 \text{ V} \times 1,22 \text{ A} \\
 &= 15,35 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

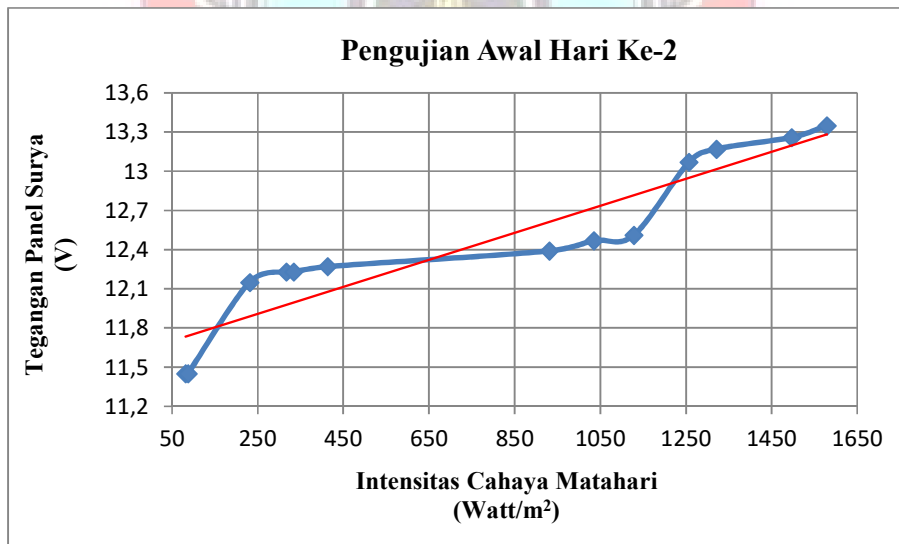
3) Efisiensi Panel Surya (η_p)

$$\begin{aligned}
 \eta_p &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\
 &= \frac{15,35 \text{ Watt}}{408,47 \text{ Watt}} \times 100\% \\
 &= 3,8 \%
 \end{aligned}$$

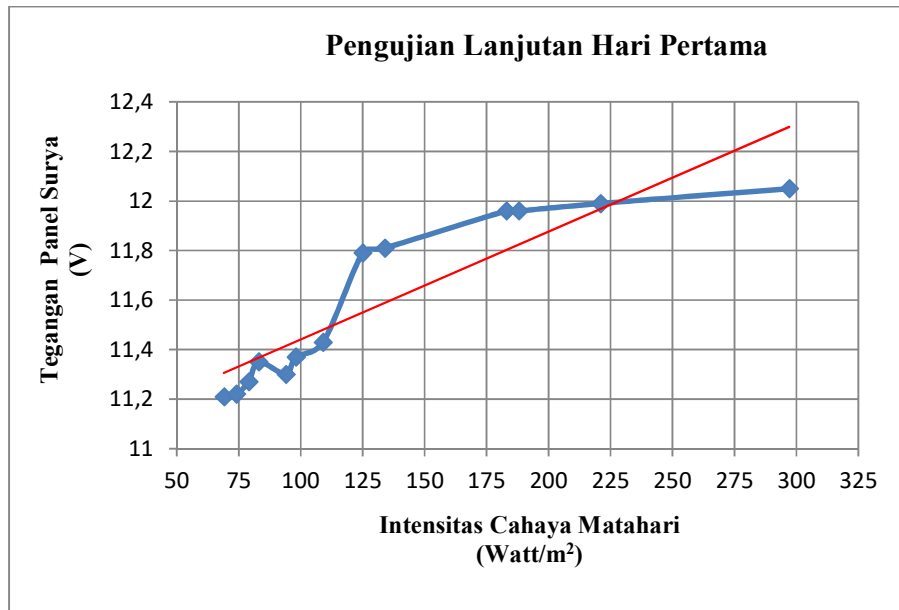
Hasil selengkapnya dari analisis di atas dapat dilihat pada gambar 4.4 sampai gambar 4.8 dan tabel 4.7 sampai tabel 4.11



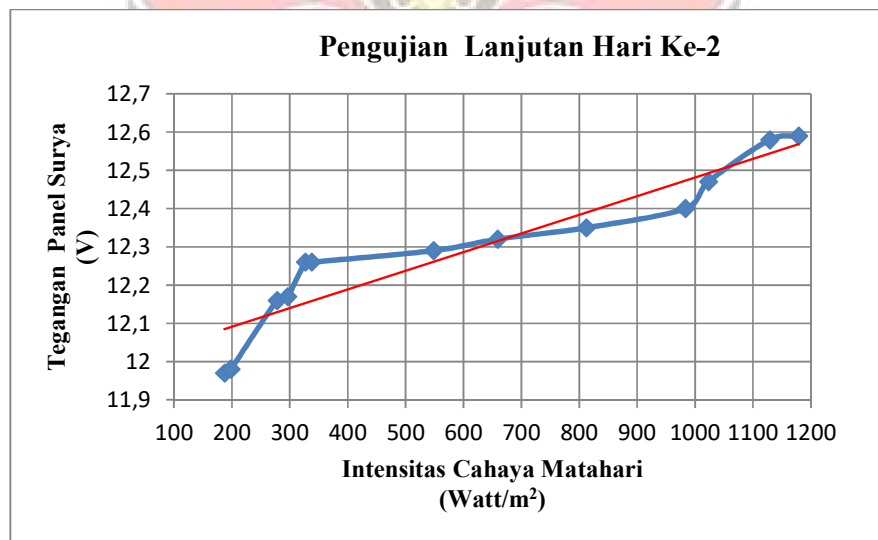
Gambar 4.4 Grafik hubungan tegangan terhadap nilai intensitas cahaya matahari pada pengujian awal hari pertama



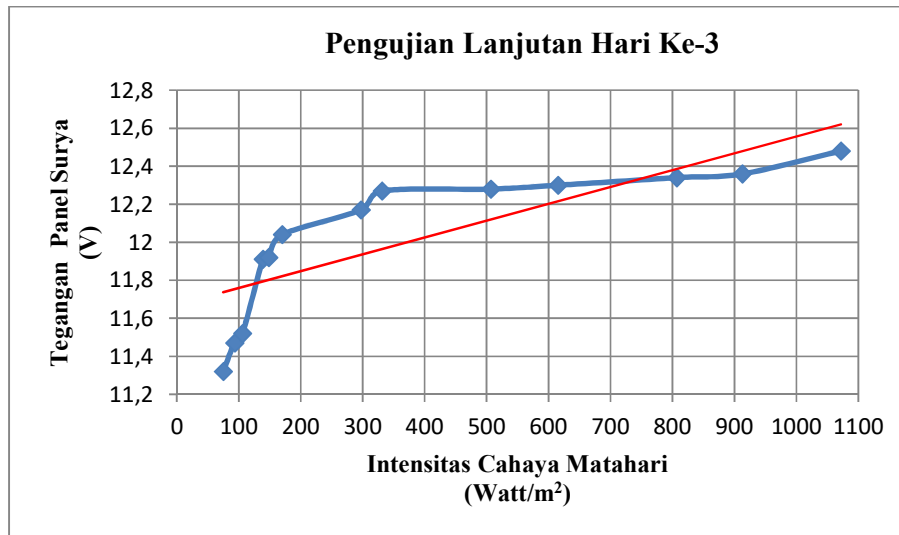
Gambar 4.5 Grafik hubungan tegangan terhadap nilai intensitas cahaya matahari pada pengujian awal hari ke-2



Gambar 4.6 Grafik hubungan tegangan terhadap nilai intensitas cahaya matahari pada pengujian lanjutan hari pertama



Gambar 4.7 Grafik hubungan tegangan terhadap nilai intensitas cahaya matahari pada pengujian lanjutan hari ke-2



Gambar 4.8 Grafik hubungan tegangan terhadap nilai intensitas cahaya matahari pada pengujian lanjutan hari ke-3

Pada gambar 4.4 sampai 4.8 memperlihatkan hubungan antara tegangan terhadap intensitas cahaya matahari, dimana tegangan yang dihasilkan oleh panel surya berbanding lurus dengan nilai intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel. Semakin besar intensitas cahaya matahari maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan oleh panel surya, begitupun sebaliknya semakin kecil intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel maka tegangan yang dihasilkan semakin kecil. Intensitas cahaya matahari terendah terjadi pada pengujian lanjutan hari pertama yaitu 69 Watt/m² dengan tegangan 11,21 V, Sedangkan intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pada pengujian awal hari ke-2 yaitu 1579 Watt/m² dengan tegangan 13,35 V

Tabel 4.7 Efisiensi panel surya pada pengujian awal hari pertama

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Daya Input Panel (Watt) | Daya Output Panel (Watt) | Efisiensi % |
|----|------------|--|-------------------------|--------------------------|-------------|
| 1 | 09:00 | 845 | 305.72 | 14.21 | 4.6 |
| 2 | 09:30 | 1021 | 369.40 | 14.96 | 4.0 |
| 3 | 10:00 | 1116 | 403.77 | 15.11 | 3.7 |
| 4 | 10:30 | 1225 | 443.21 | 20.49 | 4.6 |
| 5 | 11:00 | 1319 | 477.21 | 22.65 | 4.7 |
| 6 | 11:30 | 1478 | 534.74 | 23.98 | 4.5 |
| 7 | 12:00 | 1556 | 562.96 | 24.81 | 4.4 |
| 8 | 12:30 | 1469 | 531.48 | 23.96 | 4.5 |
| 9 | 13:00 | 1375 | 497.47 | 22.82 | 4.6 |
| 10 | 13:30 | 1306 | 472.51 | 22.67 | 4.8 |
| 11 | 14:00 | 1187 | 429.46 | 15.45 | 3.6 |
| 12 | 14:30 | 1064 | 384.95 | 15.17 | 3.9 |
| 13 | 15:00 | 905 | 327.43 | 14.36 | 4.4 |

Tabel 4.8 Efisiensi panel surya pada pengujian awal hari ke-2

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Daya Input Panel (Watt) | Daya Output Panel (Watt) | Efisiensi % |
|----|------------|--|-------------------------|--------------------------|-------------|
| 1 | 09:00 | 931 | 336.84 | 14.37 | 4,3 |
| 2 | 09:30 | 1035 | 374.46 | 15.09 | 4,0 |
| 3 | 10:00 | 1128 | 408.11 | 15.39 | 3,8 |
| 4 | 10:30 | 1257 | 454.78 | 20.52 | 4.5 |
| 5 | 11:00 | 1321 | 477.94 | 22.78 | 4.8 |
| 6 | 11:30 | 413 | 149.42 | 13.37 | 8.9 |
| 7 | 12:00 | 1579 | 571.28 | 24.96 | 4.4 |
| 8 | 12:30 | 1497 | 541.61 | 24.13 | 4.5 |
| 9 | 13:00 | 317 | 114.69 | 12.72 | 11.1 |
| 10 | 13:30 | 334 | 120.84 | 12.60 | 10.4 |
| 11 | 14:00 | 231 | 83.58 | 11.66 | 14,0 |
| 12 | 14:30 | 87 | 31.48 | 2.18 | 6.9 |
| 13 | 15:00 | 82 | 29.67 | 2.06 | 6.9 |

Tabel 4.9 Efisiensi panel surya pada pengujian lanjutan hari pertama

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Daya Input Panel (Watt) | Daya Output Panel (Watt) | Efisiensi % |
|----|------------|--|-------------------------|--------------------------|-------------|
| 1 | 09:00 | 98 | 35.46 | 2.84 | 8.0 |
| 2 | 09:30 | 221 | 79.96 | 10.67 | 13.3 |
| 3 | 10:00 | 188 | 68.02 | 8.97 | 13.2 |
| 4 | 10:30 | 183 | 66.21 | 8.97 | 13.5 |
| 5 | 11:00 | 83 | 30.03 | 2.72 | 9.1 |
| 6 | 11:30 | 134 | 48.48 | 6.26 | 12.9 |
| 7 | 12:00 | 297 | 107.45 | 11.21 | 10.4 |
| 8 | 12:30 | 125 | 45.23 | 6.13 | 13.6 |
| 9 | 13:00 | 109 | 39.44 | 3.66 | 9.3 |
| 10 | 13:30 | 74 | 26.77 | 2.02 | 7.5 |
| 11 | 14:00 | 79 | 28.58 | 2.37 | 8.3 |
| 12 | 14:30 | 94 | 34.01 | 2.71 | 8.0 |
| 13 | 15:00 | 69 | 24.96 | 1.68 | 6.7 |

Tabel 4.10 Efisiensi panel surya pada pengujian lanjutan hari ke-2

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Daya Input Panel (Watt) | Daya Output Panel (Watt) | Efisiensi % |
|----|------------|--|-------------------------|--------------------------|-------------|
| 1 | 09:00 | 812 | 293.78 | 14.20 | 4.8 |
| 2 | 09:30 | 983 | 355.65 | 14.51 | 4.1 |
| 3 | 10:00 | 1023 | 370.12 | 15.09 | 4.1 |
| 4 | 10:30 | 1129 | 408.47 | 15.35 | 3.8 |
| 5 | 11:00 | 1179 | 426.56 | 15.36 | 3.6 |
| 6 | 11:30 | 198 | 71.64 | 9.10 | 12.7 |
| 7 | 12:00 | 338 | 122.29 | 11.34 | 9.3 |
| 8 | 12:30 | 659 | 238.43 | 13.80 | 5.8 |
| 9 | 13:00 | 278 | 100.58 | 11.80 | 11.7 |
| 10 | 13:30 | 327 | 118.31 | 12.63 | 10.7 |
| 11 | 14:00 | 548 | 198.27 | 13.52 | 6.8 |
| 12 | 14:30 | 296 | 107.09 | 12.05 | 11.3 |
| 13 | 15:00 | 187 | 67.66 | 8.98 | 13.3 |

Tabel 4.11 Efisiensi panel surya pada pengujian lanjutan hari ke-3

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Daya Input Panel (Watt) | Daya Output Panel (Watt) | Efisiensi % |
|----|------------|--|-------------------------|--------------------------|-------------|
| 1 | 09:00 | 297 | 107.45 | 12.05 | 11.2 |
| 2 | 09:30 | 807 | 291.97 | 14.19 | 4.9 |
| 3 | 10:00 | 331 | 119.76 | 12.88 | 10.8 |
| 4 | 10:30 | 170 | 61.51 | 8.79 | 14.3 |
| 5 | 11:00 | 148 | 53.55 | 4.17 | 7.8 |
| 6 | 11:30 | 139 | 50.29 | 4.17 | 8.3 |
| 7 | 12:00 | 106 | 38.35 | 3.69 | 9.6 |
| 8 | 12:30 | 93 | 33.65 | 2.52 | 7.5 |
| 9 | 13:00 | 75 | 27.14 | 2.15 | 7.9 |
| 10 | 13:30 | 615 | 222.51 | 13.78 | 6.2 |
| 11 | 14:00 | 507 | 183.43 | 13.51 | 7.4 |
| 12 | 14:30 | 1072 | 387.85 | 15.10 | 3.9 |
| 13 | 15:00 | 913 | 330.32 | 14.21 | 4.3 |

Pada tabel 4.6 sampai 4.10 menunjukkan nilai efisiensi panel surya yang cenderung berubah-ubah disetiap pengujiannya, hal tersebut disebabkan oleh faktor cuaca. Rata-rata efisiensi panel surya pada pengujian awal hari pertama yaitu 4,3%, rata-rata efisiensi panel surya pada pengujian awal hari ke-2 yaitu 6,8%, rata-rata efisiensi panel surya pada pengujian lanjutan hari pertama yaitu 10,3%, rata-rata efisiensi panel surya pada pengujian lanjutan hari ke-2 yaitu 7,8%, rata-rata efisiensi panel surya pada pengujian lanjutan hari ke-3 yaitu 8,0%.

4.2.2 Termoelektrik Generator

Tabel 4.12 Kinerja termoelektrik generator pada pengujian awal hari pertama

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) |
|----|------------|--|---------------------|--------|------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | |
| 1 | 09:00 | 845 | 32.1 | 47.6 | 15.5 | 0.83 |
| 2 | 09:30 | 1021 | 33.6 | 49.7 | 16.1 | 1.15 |
| 3 | 10:00 | 1116 | 34.5 | 50.8 | 16.3 | 1.16 |
| 4 | 10:30 | 1225 | 35.3 | 51.1 | 15.8 | 0.9 |
| 5 | 11:00 | 1319 | 35.7 | 51.8 | 16.1 | 1.15 |
| 6 | 11:30 | 1478 | 36.3 | 53.2 | 16.9 | 1.21 |
| 7 | 12:00 | 1556 | 37.2 | 54.5 | 17.3 | 1.27 |
| 8 | 12:30 | 1469 | 36.7 | 53.4 | 16.7 | 1.19 |
| 9 | 13:00 | 1375 | 36.1 | 52.7 | 16.6 | 1.18 |
| 10 | 13:30 | 1306 | 35.7 | 52.3 | 16.6 | 1.17 |
| 11 | 14:00 | 1187 | 34.6 | 50.9 | 16.3 | 1.16 |
| 12 | 14:30 | 1064 | 33.9 | 50.3 | 16.4 | 1.16 |
| 13 | 15:00 | 905 | 33.6 | 49.8 | 16.2 | 1.15 |

Tabel 4.13 Kinerja termoelektrik generator pada pengujian awal hari ke-2

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) |
|----|------------|--|---------------------|--------|------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | |
| 1 | 09:00 | 931 | 32.8 | 48.1 | 15.3 | 0.79 |
| 2 | 09:30 | 1035 | 33.9 | 49.9 | 16 | 1.15 |
| 3 | 10:00 | 1128 | 34.6 | 51.2 | 16.6 | 1.17 |
| 4 | 10:30 | 1257 | 35.5 | 51.9 | 16.4 | 1.16 |
| 5 | 11:00 | 1321 | 36.3 | 52.4 | 16.1 | 1.15 |
| 6 | 11:30 | 413 | 34.7 | 49.6 | 14.9 | 0.73 |
| 7 | 12:00 | 1579 | 37.5 | 55.1 | 17.6 | 1.29 |
| 8 | 12:30 | 1497 | 36.9 | 53.7 | 16.8 | 1.21 |
| 9 | 13:00 | 317 | 34.1 | 48.9 | 14.8 | 0.73 |
| 10 | 13:30 | 334 | 33.8 | 48.4 | 14.6 | 0.72 |
| 11 | 14:00 | 231 | 32.2 | 45.7 | 13.5 | 0.31 |
| 12 | 14:30 | 87 | 27.4 | 28.3 | 0.9 | 0.05 |
| 13 | 15:00 | 82 | 27.1 | 27.8 | 0.7 | 0.05 |

Tabel 4.14 Kinerja termoelektrik generator pada pengujian lanjutan hari pertama

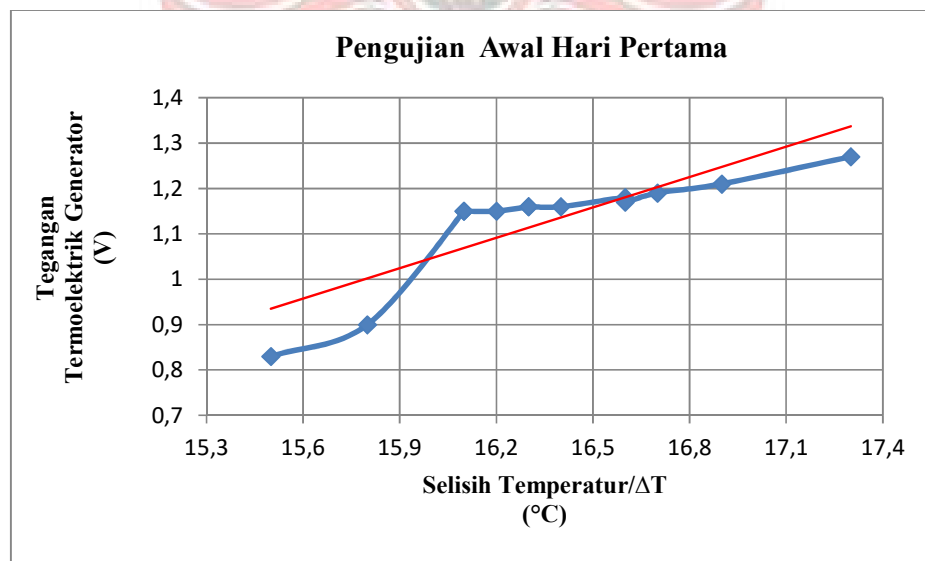
| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) |
|----|------------|--|---------------------|--------|-----|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | |
| 1 | 09:00 | 98 | 25.4 | 28.3 | 2.9 | 0.11 |
| 2 | 09:30 | 221 | 29.1 | 37.4 | 8.3 | 0.49 |
| 3 | 10:00 | 188 | 28.3 | 32.7 | 4.4 | 0.34 |
| 4 | 10:30 | 183 | 28.2 | 32.5 | 4.3 | 0.31 |
| 5 | 11:00 | 83 | 25.8 | 28.9 | 3.1 | 0.12 |
| 6 | 11:30 | 134 | 26.2 | 30.4 | 4.2 | 0.16 |
| 7 | 12:00 | 297 | 26.4 | 33.5 | 7.1 | 0.39 |
| 8 | 12:30 | 125 | 25.3 | 29.4 | 4.1 | 0.16 |
| 9 | 13:00 | 109 | 25.2 | 29.1 | 3.9 | 0.14 |
| 10 | 13:30 | 74 | 25.1 | 26.3 | 1.2 | 0.07 |
| 11 | 14:00 | 79 | 24.4 | 26.7 | 2.3 | 0.11 |
| 12 | 14:30 | 94 | 24.6 | 27.2 | 2.6 | 0.11 |
| 13 | 15:00 | 69 | 23.2 | 24.4 | 1.2 | 0.06 |

Tabel 4.15 Kinerja termoelektrik generator pada pengujian lanjutan hari ke-2

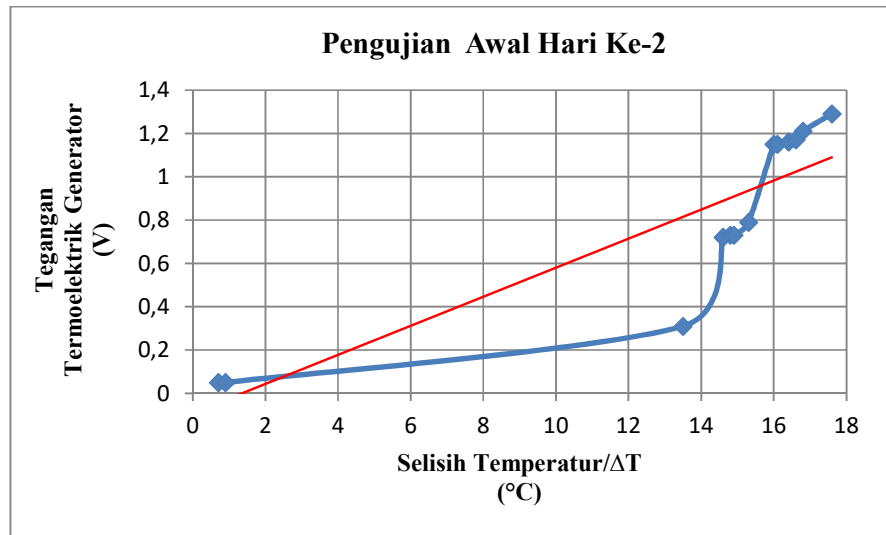
| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) |
|----|------------|--|---------------------|--------|------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | |
| 1 | 09:00 | 812 | 30.2 | 45.7 | 15.5 | 0.79 |
| 2 | 09:30 | 983 | 34.4 | 50.6 | 16.2 | 1.13 |
| 3 | 10:00 | 1023 | 35.2 | 50.9 | 15.7 | 0.92 |
| 4 | 10:30 | 1129 | 35.6 | 51.3 | 15.7 | 0.93 |
| 5 | 11:00 | 1179 | 36.3 | 52.1 | 15.8 | 0.95 |
| 6 | 11:30 | 198 | 32.6 | 35.4 | 2.8 | 0.19 |
| 7 | 12:00 | 338 | 29.4 | 33.2 | 3.8 | 0.28 |
| 8 | 12:30 | 659 | 31.8 | 38.7 | 6.9 | 0.54 |
| 9 | 13:00 | 278 | 29.9 | 33.8 | 3.9 | 0.35 |
| 10 | 13:30 | 327 | 28.7 | 32.6 | 3.9 | 0.33 |
| 11 | 14:00 | 548 | 29.1 | 44.9 | 15.8 | 0.81 |
| 12 | 14:30 | 296 | 27.8 | 31.7 | 3.9 | 0.35 |
| 13 | 15:00 | 187 | 27.5 | 30.2 | 2.7 | 0.18 |

Tabel 4.16 Kinerja termoelektrik generator pada pengujian lanjutan hari ke-3

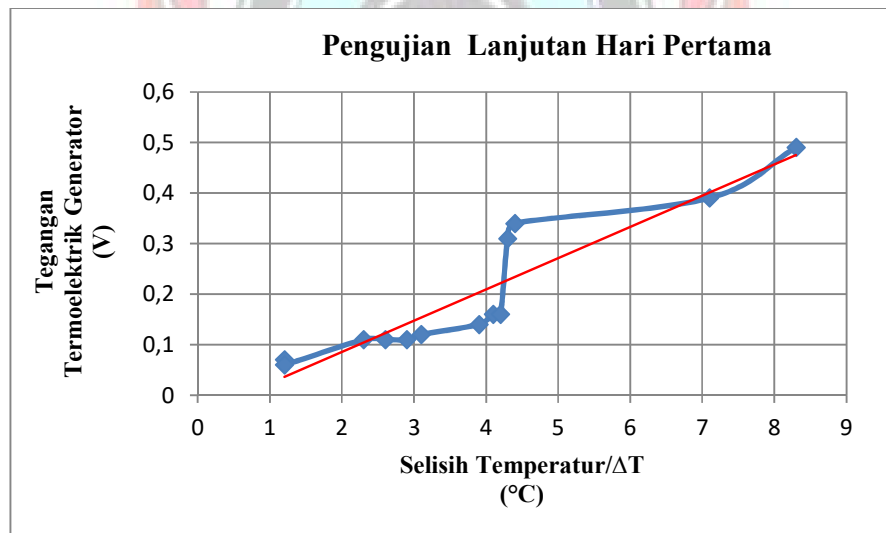
| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) |
|----|------------|--|---------------------|--------|------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | |
| 1 | 09:00 | 297 | 26.1 | 28.4 | 2.3 | 0.22 |
| 2 | 09:30 | 807 | 28.3 | 35.2 | 6.9 | 0.51 |
| 3 | 10:00 | 331 | 28.2 | 30.8 | 2.6 | 0.29 |
| 4 | 10:30 | 170 | 27.7 | 29.6 | 1.9 | 0.19 |
| 5 | 11:00 | 148 | 27.3 | 28.8 | 1.5 | 0.1 |
| 6 | 11:30 | 139 | 26.9 | 28.4 | 1.5 | 0.09 |
| 7 | 12:00 | 106 | 26.4 | 27.9 | 1.5 | 0.09 |
| 8 | 12:30 | 93 | 26.1 | 27.4 | 1.3 | 0.08 |
| 9 | 13:00 | 75 | 25.7 | 26.8 | 1.1 | 0.06 |
| 10 | 13:30 | 615 | 26.8 | 33.7 | 6.9 | 0.59 |
| 11 | 14:00 | 507 | 30.3 | 36.5 | 6.2 | 0.45 |
| 12 | 14:30 | 1072 | 35.5 | 51.8 | 16.3 | 1.17 |
| 13 | 15:00 | 913 | 35.1 | 51 | 15.9 | 0.89 |



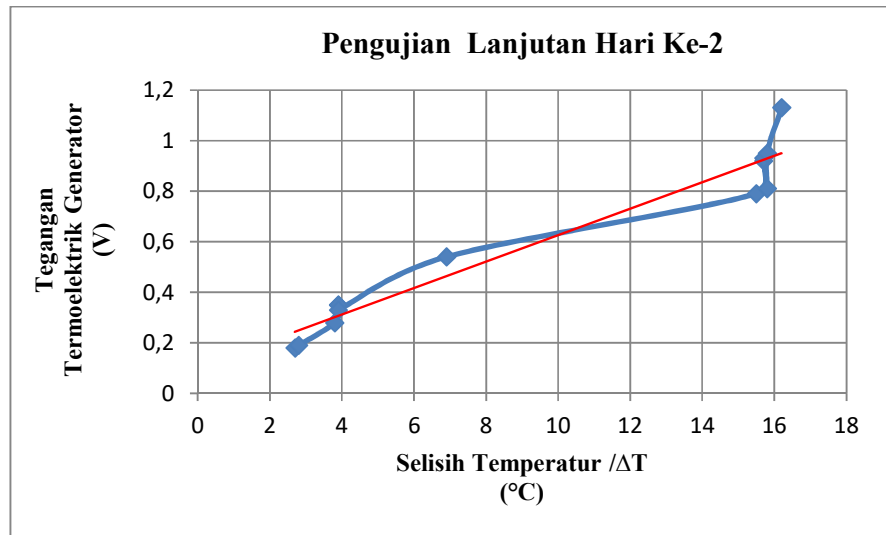
Gambar 4.9 Hubungan tegangan termoelektrik generator terhadap selisih temperatur pada pengujian awal hari pertama



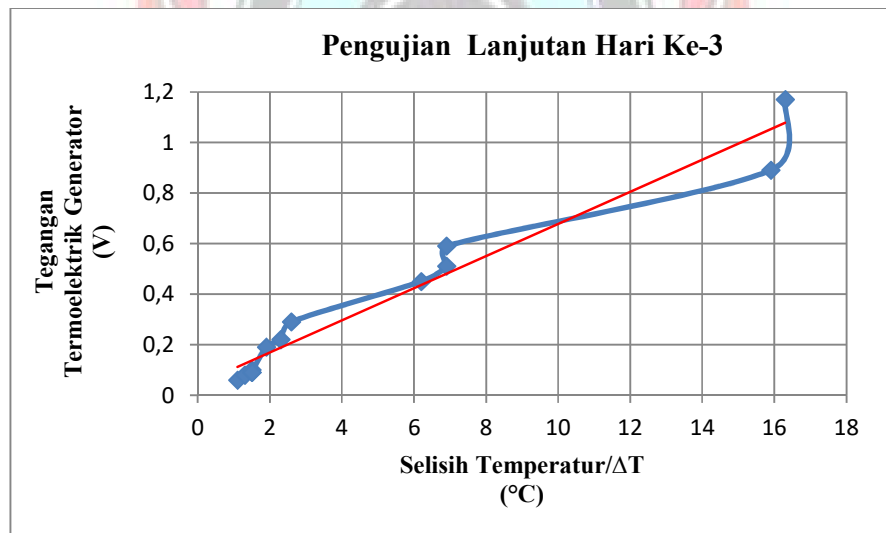
Gambar 4.10 Hubungan tegangan termoelektrik generator terhadap selisih temperatur pada pengujian awal hari ke-2



Gambar 4.11 Hubungan tegangan termoelektrik generator terhadap selisih temperatur pada pengujian lanjutan hari pertama



Gambar 4.12 Hubungan tegangan termoelektrik generator terhadap selisih temperatur pada penguian lanjutan hari ke-2



Gambar 4.13 Hubungan tegangan termoelektrik generator terhadap selisih temperatur pada penguian lanjutan hari ke-3

V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Panas yang diterima oleh panel surya dari cahaya matahari berhasil dimanfaatkan dengan penggunaan termoelektrik generator (TEG) yang di pasang pada panel surya tersebut. Dengan 10 TEG yang disusun seri, rata-rata dihasilkan tegangan sebesar 0,6 V. Pada saat cuaca mendung, tegangan TEG cukup membantu untuk menambah tegangan panel surya, sehingga dapat mengisi baterai.
2. Rata-rata daya listrik yang dihasilkan oleh *hybrid* termoelektrik generator dengan panel surya pada siang hari adalah 122,7 Watt. Pengisian baterai dengan kapasitas 12V 60Ah selama 6 jam digunakan untuk mensuplai lampu perangkat hama dengan kapasitas 10Watt selama 12 jam mulai jam 18:00 sampai 06:00

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya dapat mencari cara untuk mengoptimalkan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh termoelektrik generator

DAFTAR PUSTAKA

- Alfatiha, Muh., Aefra Pakili. 2009. *Pemanfaatan Energi Surya pada Penerangan Papan Reklame*. Laporan Tugas Akhir. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Alfianti, Dian Furqani dan Juara Mangapul Tambunan. 2018. *Pengaturan Tegangan Listrik Tenaga Surya (PLTS)*.(1), 79–95.
- Ansyori. 2017. *Rancang Bangun Sistem Generator Termoelektrik Sederhana Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Metode Seebeck Effect*.
- Asmara, Bambang Panji. 2017. Tinjauan Inovasi Sistem Cooler Heatsink Dingin pada Pembangkit Energi Listrik Alternatif dengan Model Sistem *Hybrid Thermoelectric* dengan Panel Surya Mini untuk Desa Mandiri Energi. Prosiding *Seminar Nasional Teknik Elektri (FORTEI 2017)*. 174. Gorontalo: Fortei.org
- Ari Rahayningtyas, Ignatius Fajar apriyanto, Seri Intan Kuala dan Teguh Santoso. 2019. *Pemanfaatan LM35 Sebagai Sensor Suhu Otomatis pada Sistem Pengontrolan Suhu Ruangan Pengering (Studi Kasus : Pengering Tipe Rak)*. Subang Jawa Barat. 7-12.
- Asmara, Bambang Panji dan Salmawati Tansa. 2018. *Pembuatan Pembangkit Energi Listrik Alternatif Dengan Model System Hybrid Thermoelektrik Dengan Panel Sel Surya Mini untuk Desa Mandiri Energi (Tinjauan Potensi)*. Batu-Malang, 11-13 Oktober 2018.
- Bourzac, Kathrine. 2015. *Hybrid Device Harnesses Light and Heat From The Sun*. (<https://cen.acs.org/>). Diakses 13 Januari 2021.
- Haryanto, B. 2018. *Optimasi Pembangkit Hybrid PLN - Solar Cell Pada Aplikasi Home Industry*. Yogyakarta: *Jurnal Teknik Elektro*, 11–13.
- Hasrul, H. (2018). *Pengaruh Kegiatan Pertanian Berbasis Agribisnis terhadap Pengembangan Wilayah di Kecamatan Alla Kabupaten Enrekang* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar). 41

- Kementrian Pertanian Republik Indonesia. 2017. Enrekang Akan Suplai Bawang Hingga ke Pulau Jawa. (Online).
(<https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=1930>). diakses, 20 Januari 2021.
- Kristofer, I. 2015. *Desain dan Implementasi Multiple Input Buck – Boost Converter pada Sel Surya dan Termoelektrik*. Laporan Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember 73.
- Muhammad, M. 2017. *Analisa Pressure Drop pada Heat-Sink Jenis Large Extrude dengan Variasi Kecepatan dan Lebar Saluran Impingment Menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamic)*. 9(2), 31-35.
- Nurulianthy, A. 2012. *Pengembangan Hybrid Solar Cell Dengan Thermoelectric Generator*. Laporan Hasil Penelitian. Bandung: Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik.
- Provinsi Sulawesi Selatan (online). (https://sulselprov.go.id/pages/info_lain/5). Diakses, 13 Januari 2021.
- Palgunadi, Ragil, and S. T. Aris Budiman. *Rancang Bangun Penangkap Hama Wereng Bertenaga Surya Di Banyudono*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- Rosalina dan Estu Sinduningrum. 2019. *Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Lahan Pertanian Terpadu Ciseeng Parung-Bogor*. Program Studi Teknik Elektron Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA. Malang, 30 November 2019.
- Triwijaya, Moh. Andar dan Fina Pratiwi Agus. 2019. *Rancang bangun Pembangkit Listrik Hybrid Solar Energy*. Laporan Tugas Akhir. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Widodo, Budiharto. 2005. *Panduan Lengkap Belajar Mikrokontroler Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler*. Jakarta. PT Elek Media Komputindo.

L

A

M

P

I

R

A

N





Lampiran A1

Hari/Tanggal : Ahad/29 Agustus 2021

Lokasi Pengamatan : Politeknik Negeri Ujung Pandang, Sulawesi Selatan

Tabel A1 Hasil pengujian awal hari pertama

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) | Tegangan Panel (V) | Arus Panel (A) | Tegangan Baterai (V) | Keterangan Cuaca |
|----|------------|--|---------------------|--------|------|------------------|--------------------|----------------|----------------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | | | | | |
| 1 | 09:00 | 845 | 32.1 | 47.6 | 15.5 | 0.83 | 12.36 | 1.15 | 12.1 | Cerah |
| 2 | 09:30 | 1021 | 33.6 | 49.7 | 16.1 | 1.15 | 12.47 | 1.2 | 12.1 | Cerah |
| 3 | 10:00 | 1116 | 34.5 | 50.8 | 16.3 | 1.16 | 12.49 | 1.21 | 12.1 | Cerah |
| 4 | 10:30 | 1225 | 35.3 | 51.1 | 15.8 | 0.9 | 13.05 | 1.57 | 12.2 | Cerah |
| 5 | 11:00 | 1319 | 35.7 | 51.8 | 16.1 | 1.15 | 13.17 | 1.72 | 12.2 | Cerah |
| 6 | 11:30 | 1478 | 36.3 | 53.2 | 16.9 | 1.21 | 13.25 | 1.81 | 12.3 | Cerah |
| 7 | 12:00 | 1556 | 37.2 | 54.5 | 17.3 | 1.27 | 13.34 | 1.86 | 12.4 | Cerah |
| 8 | 12:30 | 1469 | 36.7 | 53.4 | 16.7 | 1.19 | 13.24 | 1.81 | 12.5 | Cerah |
| 9 | 13:00 | 1375 | 36.1 | 52.7 | 16.6 | 1.18 | 13.19 | 1.73 | 12.5 | Cerah |
| 10 | 13:30 | 1306 | 35.7 | 52.3 | 16.6 | 1.17 | 13.18 | 1.72 | 12.6 | Cerah |
| 11 | 14:00 | 1187 | 34.6 | 50.9 | 16.3 | 1.16 | 12.56 | 1.23 | 12.6 | Cerah |
| 12 | 14:30 | 1064 | 33.9 | 50.3 | 16.4 | 1.16 | 12.54 | 1.21 | 12.7 | Cerah |
| 13 | 15:00 | 905 | 33.6 | 49.8 | 16.2 | 1.15 | 12.38 | 1.16 | 12.7 | Cerah |

Lampiran A2

Hari/Tanggal : Senin/30 Agustus 2021

Lokasi Pengamatan : Politeknik Negeri Ujung Pandang, Sulawesi Selatan

Tabel A2 Hasil pengujian awal hari ke-2

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) | Tegangan Panel (V) | Arus Panel (A) | Tegangan Baterai (V) | Keterangan Cuaca |
|----|------------|--|---------------------|--------|------|------------------|--------------------|----------------|----------------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | | | | | |
| 1 | 09:00 | 931 | 32.8 | 48.1 | 15.3 | 0.79 | 12.39 | 1.16 | 12.4 | Cerah |
| 2 | 09:30 | 1035 | 33.9 | 49.9 | 16 | 1.15 | 12.47 | 1.21 | 12.4 | Cerah |
| 3 | 10:00 | 1128 | 34.6 | 51.2 | 16.6 | 1.17 | 12.51 | 1.23 | 12.5 | Cerah |
| 4 | 10:30 | 1257 | 35.5 | 51.9 | 16.4 | 1.16 | 13.07 | 1.57 | 12.5 | Cerah |
| 5 | 11:00 | 1321 | 36.3 | 52.4 | 16.1 | 1.15 | 13.17 | 1.73 | 12.6 | Cerah |
| 6 | 11:30 | 413 | 34.7 | 49.6 | 14.9 | 0.73 | 12.27 | 1.09 | 12.6 | Mendung |
| 7 | 12:00 | 1579 | 37.5 | 55.1 | 17.6 | 1.29 | 13.35 | 1.87 | 12.7 | Cerah |
| 8 | 12:30 | 1497 | 36.9 | 53.7 | 16.8 | 1.21 | 13.26 | 1.82 | 12.8 | Cerah |
| 9 | 13:00 | 317 | 34.1 | 48.9 | 14.8 | 0.73 | 12.23 | 1.04 | 12.8 | Mendung |
| 10 | 13:30 | 334 | 33.8 | 48.4 | 14.6 | 0.72 | 12.23 | 1.03 | 12.8 | Mendung |
| 11 | 14:00 | 231 | 32.2 | 45.7 | 13.5 | 0.31 | 12.15 | 0.96 | 12.8 | Mendung |
| 12 | 14:30 | 87 | 27.4 | 28.3 | 0.9 | 0.05 | 11.45 | 0.19 | 12.8 | Mendung |
| 13 | 15:00 | 82 | 27.1 | 27.8 | 0.7 | 0.05 | 11.45 | 0.18 | 12.8 | Mendung |

Lampiran A3

Hari/Tanggal : Jumat/03 September 2021

Lokasi Pengamatan : Dusun Liangbai, Desa Eran Batu, Kec. Buntu Batu, Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan

Tabel A3 Hasil pengujian lanjutan hari pertama

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) | Tegangan Panel (V) | Tegangan Total (V) | Arus Panel (A) | Arus TEG (A) | Tegangan Baterai (V) | Keterangan Cuaca |
|----|------------|--|---------------------|--------|------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|----------------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | | | | | | | |
| 1 | 09:00 | 98 | 25.4 | 28.3 | 2.9 | 0.11 | 11.37 | 11.48 | 0.25 | 0.02 | 12.5 | Mendung |
| 2 | 09:30 | 221 | 29.1 | 37.4 | 8.3 | 0.49 | 11.99 | 12.48 | 0.89 | 0.05 | 12.5 | Mendung |
| 3 | 10:00 | 188 | 28.3 | 32.7 | 4.4 | 0.34 | 11.96 | 12.3 | 0.75 | 0.04 | 12.5 | Mendung |
| 4 | 10:30 | 183 | 28.2 | 32.5 | 4.3 | 0.31 | 11.96 | 12.27 | 0.75 | 0.04 | 12.5 | Mendung |
| 5 | 11:00 | 83 | 25.8 | 28.9 | 3.1 | 0.12 | 11.35 | 11.47 | 0.24 | 0.02 | 12.5 | Mendung |
| 6 | 11:30 | 134 | 26.2 | 30.4 | 4.2 | 0.16 | 11.81 | 11.97 | 0.53 | 0.03 | 12.5 | Mendung |
| 7 | 12:00 | 297 | 26.4 | 33.5 | 7.1 | 0.39 | 12.05 | 12.44 | 0.93 | 0.04 | 12.5 | Mendung |
| 8 | 12:30 | 125 | 25.3 | 29.4 | 4.1 | 0.16 | 11.79 | 11.95 | 0.52 | 0.03 | 12.5 | Mendung |
| 9 | 13:00 | 109 | 25.2 | 29.1 | 3.9 | 0.14 | 11.43 | 11.57 | 0.32 | 0.03 | 12.5 | Mendung |
| 10 | 13:30 | 74 | 25.1 | 26.3 | 1.2 | 0.07 | 11.22 | 11.29 | 0.18 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 11 | 14:00 | 79 | 24.4 | 26.7 | 2.3 | 0.11 | 11.27 | 11.38 | 0.21 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 12 | 14:30 | 94 | 24.6 | 27.2 | 2.6 | 0.11 | 11.3 | 11.41 | 0.24 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 13 | 15:00 | 69 | 23.2 | 24.4 | 1.2 | 0.06 | 11.21 | 11.27 | 0.15 | 0.01 | 12.5 | Mendung |

Lampiran A4

Hari/Tanggal : Sabtu/04 September 2021

Lokasi Pengamatan : Dusun Liangbai, Desa Eran Batu, Kec. Buntu Batu, Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan

Tabel A4 Hasil pengujian lanjutan hari ke-2

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur TEG (°C) | | | Tegangan TEG (V) | Tegangan Panel (V) | Tegangan Total (V) | Arus Panel (A) | Arus TEG (A) | Tegangan Baterai (V) | Keterangan Cuaca |
|----|------------|--|---------------------|--------|------|------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|----------------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | | | | | | | |
| 1 | 09:00 | 812 | 30.2 | 45.7 | 15.5 | 0.79 | 12.35 | 13.14 | 1.15 | 0.14 | 12.3 | Cerah |
| 2 | 09:30 | 983 | 34.4 | 50.6 | 16.2 | 1.13 | 12.4 | 13.53 | 1.17 | 0.16 | 12.3 | Cerah |
| 3 | 10:00 | 1023 | 35.2 | 50.9 | 15.7 | 0.92 | 12.47 | 13.39 | 1.21 | 0.15 | 12.4 | Cerah |
| 4 | 10:30 | 1129 | 35.6 | 51.3 | 15.7 | 0.93 | 12.58 | 13.51 | 1.22 | 0.15 | 12.5 | Cerah |
| 5 | 11:00 | 1179 | 36.3 | 52.1 | 15.8 | 0.95 | 12.59 | 13.54 | 1.22 | 0.15 | 12.6 | Cerah |
| 6 | 11:30 | 198 | 32.6 | 35.4 | 2.8 | 0.19 | 11.98 | 12.17 | 0.76 | 0.03 | 12.6 | Mendung |
| 7 | 12:00 | 338 | 29.4 | 33.2 | 3.8 | 0.28 | 12.06 | 12.34 | 0.94 | 0.04 | 12.6 | Mendung |
| 8 | 12:30 | 659 | 31.8 | 38.7 | 6.9 | 0.54 | 12.32 | 12.86 | 1.12 | 0.06 | 12.6 | Cerah |
| 9 | 13:00 | 278 | 29.9 | 33.8 | 3.9 | 0.35 | 12.16 | 12.51 | 0.97 | 0.04 | 12.6 | Mendung |
| 10 | 13:30 | 327 | 28.7 | 32.6 | 3.9 | 0.33 | 12.26 | 12.59 | 1.03 | 0.04 | 12.6 | Mendung |
| 11 | 14:00 | 548 | 29.1 | 44.9 | 15.8 | 0.81 | 12.29 | 13.1 | 1.1 | 0.14 | 12.7 | Cerah |
| 12 | 14:30 | 296 | 27.8 | 31.7 | 3.9 | 0.35 | 12.17 | 12.52 | 0.99 | 0.04 | 12.7 | Mendung |
| 13 | 15:00 | 187 | 27.5 | 30.2 | 2.7 | 0.18 | 11.97 | 12.15 | 0.75 | 0.04 | 12.7 | Mendung |

*Ket. kolom dengan warna kuning merupakan data yang digunakan sebagai contoh dalam analisis data

Lampiran A5

Hari/Tanggal : Ahad /05 September 2021

Lokasi Pengamatan : Dusun Liangbai, Desa Eran Batu, Kec. Buntu Batu, Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan

Tabel A5 Hasil pengujian lanjutan hari ke-3

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Temperatur (°C) | | | Tegangan TEG (V) | Tegangan Panel (V) | Tegangan Total (V) | Arus Panel (A) | Arus TEG (A) | Tegangan Baterai (V) | Keterangan Cuaca |
|----|------------|--|-----------------|--------|------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|----------------------|------------------|
| | | | Rendah | Tinggi | ΔT | | | | | | | |
| 1 | 09:00 | 297 | 26.1 | 28.4 | 2.3 | 0.22 | 12.17 | 12.39 | 0.99 | 0.04 | 12.4 | Mendung |
| 2 | 09:30 | 807 | 28.3 | 35.2 | 6.9 | 0.51 | 12.34 | 12.85 | 1.15 | 0.06 | 12.4 | Cerah |
| 3 | 10:00 | 331 | 28.2 | 30.8 | 2.6 | 0.29 | 12.27 | 12.56 | 1.05 | 0.04 | 12.4 | Mendung |
| 4 | 10:30 | 170 | 27.7 | 29.6 | 1.9 | 0.19 | 12.04 | 12.23 | 0.73 | 0.03 | 12.4 | Mendung |
| 5 | 11:00 | 148 | 27.3 | 28.8 | 1.5 | 0.1 | 11.92 | 12.02 | 0.35 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 6 | 11:30 | 139 | 26.9 | 28.4 | 1.5 | 0.09 | 11.91 | 12 | 0.35 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 7 | 12:00 | 106 | 26.4 | 27.9 | 1.5 | 0.09 | 11.52 | 11.61 | 0.32 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 8 | 12:30 | 93 | 26.1 | 27.4 | 1.3 | 0.08 | 11.47 | 11.55 | 0.22 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 9 | 13:00 | 75 | 25.7 | 26.8 | 1.1 | 0.06 | 11.32 | 11.38 | 0.19 | 0.01 | 12.5 | Mendung |
| 10 | 13:30 | 615 | 26.8 | 33.7 | 6.9 | 0.59 | 12.3 | 12.89 | 1.12 | 0.06 | 12.6 | Cerah |
| 11 | 14:00 | 507 | 30.3 | 36.5 | 6.2 | 0.45 | 12.28 | 12.73 | 1.1 | 0.06 | 12.6 | Cerah |
| 12 | 14:30 | 1072 | 35.5 | 51.8 | 16.3 | 1.17 | 12.48 | 13.65 | 1.21 | 0.16 | 12.7 | Cerah |
| 13 | 15:00 | 913 | 35.1 | 51 | 15.9 | 0.89 | 12.36 | 13.25 | 1.15 | 0.14 | 12.7 | Cerah |



LAMPIRAN B

(DATA-DATA HASIL PERHITUNGAN)

Lampiran B1

Tabel B1 Hasil perhitungan tabel A1

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Luas Panel (m ²) | Daya Input Panel (Watt) | Tegangan Panel (V) | Arus Panel (A) | Daya Output Panel (Watt) | Efisiensi % |
|----|------------|--|------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|--------------------------|-------------|
| 1 | 09:00 | 845 | 0.3618 | 305.72 | 12.36 | 1.15 | 14.21 | 4.65 |
| 2 | 09:30 | 1021 | 0.3618 | 369.40 | 12.47 | 1.2 | 14.96 | 4.05 |
| 3 | 10:00 | 1116 | 0.3618 | 403.77 | 12.49 | 1.21 | 15.11 | 3.74 |
| 4 | 10:30 | 1225 | 0.3618 | 443.20 | 13.05 | 1.57 | 20.49 | 4.62 |
| 5 | 11:00 | 1319 | 0.3618 | 477.21 | 13.17 | 1.72 | 22.65 | 4.75 |
| 6 | 11:30 | 1478 | 0.3618 | 534.74 | 13.25 | 1.81 | 23.98 | 4.48 |
| 7 | 12:00 | 1556 | 0.3618 | 562.96 | 13.34 | 1.86 | 24.81 | 4.41 |
| 8 | 12:30 | 1469 | 0.3618 | 531.48 | 13.24 | 1.81 | 23.96 | 4.51 |
| 9 | 13:00 | 1375 | 0.3618 | 497.48 | 13.19 | 1.73 | 22.82 | 4.59 |
| 10 | 13:30 | 1306 | 0.3618 | 472.51 | 13.18 | 1.72 | 22.67 | 4.80 |
| 11 | 14:00 | 1187 | 0.3618 | 429.46 | 12.56 | 1.23 | 15.45 | 3.60 |
| 12 | 14:30 | 1064 | 0.3618 | 384.96 | 12.54 | 1.21 | 15.17 | 3.94 |
| 13 | 15:00 | 905 | 0.3618 | 327.43 | 12.38 | 1.16 | 14.36 | 4.39 |

Lampiran B2

Tabel B2 Hasil perhitungan tabel A2

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Luas Panel (m ²) | Daya Input Panel (Watt) | Tegangan Panel (V) | Arus Panel (A) | Daya Output Panel (Watt) | Efisiensi % |
|----|------------|--|------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|--------------------------|-------------|
| 1 | 09:00 | 931 | 0.3618 | 336.84 | 12.39 | 1.16 | 14.37 | 4.27 |
| 2 | 09:30 | 1035 | 0.3618 | 374.46 | 12.47 | 1.21 | 15.09 | 4.03 |
| 3 | 10:00 | 1128 | 0.3618 | 408.11 | 12.51 | 1.23 | 15.39 | 3.77 |
| 4 | 10:30 | 1257 | 0.3618 | 454.78 | 13.07 | 1.57 | 20.52 | 4.51 |
| 5 | 11:00 | 1321 | 0.3618 | 477.94 | 13.17 | 1.73 | 22.78 | 4.77 |
| 6 | 11:30 | 413 | 0.3618 | 149.42 | 12.27 | 1.09 | 13.37 | 8.95 |
| 7 | 12:00 | 1579 | 0.3618 | 571.28 | 13.35 | 1.87 | 24.96 | 4.37 |
| 8 | 12:30 | 1497 | 0.3618 | 541.62 | 13.26 | 1.82 | 24.13 | 4.46 |
| 9 | 13:00 | 317 | 0.3618 | 114.69 | 12.23 | 1.04 | 12.72 | 11.09 |
| 10 | 13:30 | 334 | 0.3618 | 120.84 | 12.23 | 1.03 | 12.60 | 10.42 |
| 11 | 14:00 | 231 | 0.3618 | 83.58 | 12.15 | 0.96 | 11.66 | 13.96 |
| 12 | 14:30 | 87 | 0.3618 | 31.48 | 11.45 | 0.19 | 2.18 | 6.91 |
| 13 | 15:00 | 82 | 0.3618 | 29.67 | 11.45 | 0.18 | 2.06 | 6.95 |

Lampiran B3

Tabel B3 Hasil perhitungan tabel A3

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Luas Panel (m ²) | Daya Input Panel (Watt) | Tegangan Panel (V) | Arus Panel (A) | Daya Output Panel (Watt) | Efisiensi % |
|----|------------|--|------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|--------------------------|-------------|
| 1 | 09:00 | 98 | 0.3618 | 35.46 | 11.37 | 0.25 | 2.84 | 8.0 |
| 2 | 09:30 | 221 | 0.3618 | 79.96 | 11.99 | 0.89 | 10.67 | 13.3 |
| 3 | 10:00 | 188 | 0.3618 | 68.02 | 11.96 | 0.75 | 8.97 | 13.2 |
| 4 | 10:30 | 183 | 0.3618 | 66.21 | 11.96 | 0.75 | 8.97 | 13.5 |
| 5 | 11:00 | 83 | 0.3618 | 30.03 | 11.35 | 0.24 | 2.72 | 9.1 |
| 6 | 11:30 | 134 | 0.3618 | 48.48 | 11.81 | 0.53 | 6.26 | 12.9 |
| 7 | 12:00 | 297 | 0.3618 | 107.45 | 12.05 | 0.93 | 11.21 | 10.4 |
| 8 | 12:30 | 125 | 0.3618 | 45.23 | 11.79 | 0.52 | 6.13 | 13.6 |
| 9 | 13:00 | 109 | 0.3618 | 39.44 | 11.43 | 0.32 | 3.66 | 9.3 |
| 10 | 13:30 | 74 | 0.3618 | 26.77 | 11.22 | 0.18 | 2.02 | 7.5 |
| 11 | 14:00 | 79 | 0.3618 | 28.58 | 11.27 | 0.21 | 2.37 | 8.3 |
| 12 | 14:30 | 94 | 0.3618 | 34.01 | 11.3 | 0.24 | 2.71 | 8.0 |
| 13 | 15:00 | 69 | 0.3618 | 24.96 | 11.21 | 0.15 | 1.68 | 6.7 |

Lampiran B4

Tabel B4 Hasil perhitungan tabel A4

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Luas Panel (m ²) | Daya Input Panel (Watt) | Tegangan Panel (V) | Arus Panel (A) | Daya Output Panel (Watt) | Efisiensi % |
|----|------------|--|------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|--------------------------|-------------|
| 1 | 09:00 | 812 | 0.3618 | 293.78 | 12.35 | 1.15 | 14.20 | 4.8 |
| 2 | 09:30 | 983 | 0.3618 | 355.65 | 12.4 | 1.17 | 14.51 | 4.1 |
| 3 | 10:00 | 1023 | 0.3618 | 370.12 | 12.47 | 1.21 | 15.09 | 4.1 |
| 4 | 10:30 | 1129 | 0.3618 | 408.47 | 12.58 | 1.22 | 15.35 | 3.8 |
| 5 | 11:00 | 1179 | 0.3618 | 426.56 | 12.59 | 1.22 | 15.36 | 3.6 |
| 6 | 11:30 | 198 | 0.3618 | 71.64 | 11.98 | 0.76 | 9.10 | 12.7 |
| 7 | 12:00 | 338 | 0.3618 | 122.29 | 12.06 | 0.94 | 11.34 | 9.3 |
| 8 | 12:30 | 659 | 0.3618 | 238.43 | 12.32 | 1.12 | 13.80 | 5.8 |
| 9 | 13:00 | 278 | 0.3618 | 100.58 | 12.16 | 0.97 | 11.80 | 11.7 |
| 10 | 13:30 | 327 | 0.3618 | 118.31 | 12.26 | 1.03 | 12.63 | 10.7 |
| 11 | 14:00 | 548 | 0.3618 | 198.27 | 12.29 | 1.1 | 13.52 | 6.8 |
| 12 | 14:30 | 296 | 0.3618 | 107.09 | 12.17 | 0.99 | 12.05 | 11.3 |
| 13 | 15:00 | 187 | 0.3618 | 67.66 | 11.97 | 0.75 | 8.98 | 13.3 |

Lampiran B5

Tabel B5 Hasil perhitungan tabel A5

| NO | Jam (WITA) | Intensitas Matahari (Watt/m ²) | Luas Panel (m ²) | Daya Input Panel (Watt) | Tegangan Panel (V) | Arus Panel (A) | Daya Output Panel (Watt) | Efisiensi % |
|----|------------|--|------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|--------------------------|-------------|
| 1 | 09:00 | 297 | 0.3618 | 107.45 | 12.17 | 0.99 | 12.05 | 11.2 |
| 2 | 09:30 | 807 | 0.3618 | 291.97 | 12.34 | 1.15 | 14.19 | 4.9 |
| 3 | 10:00 | 331 | 0.3618 | 119.76 | 12.27 | 1.05 | 12.88 | 10.8 |
| 4 | 10:30 | 170 | 0.3618 | 61.51 | 12.04 | 0.73 | 8.79 | 14.3 |
| 5 | 11:00 | 148 | 0.3618 | 53.55 | 11.92 | 0.35 | 4.17 | 7.8 |
| 6 | 11:30 | 139 | 0.3618 | 50.29 | 11.91 | 0.35 | 4.17 | 8.3 |
| 7 | 12:00 | 106 | 0.3618 | 38.35 | 11.52 | 0.32 | 3.69 | 9.6 |
| 8 | 12:30 | 93 | 0.3618 | 33.65 | 11.47 | 0.22 | 2.52 | 7.5 |
| 9 | 13:00 | 75 | 0.3618 | 27.14 | 11.32 | 0.19 | 2.15 | 7.9 |
| 10 | 13:30 | 615 | 0.3618 | 222.51 | 12.3 | 1.12 | 13.78 | 6.2 |
| 11 | 14:00 | 507 | 0.3618 | 183.43 | 12.28 | 1.1 | 13.51 | 7.4 |
| 12 | 14:30 | 1072 | 0.3618 | 387.85 | 12.48 | 1.21 | 15.10 | 3.9 |
| 13 | 15:00 | 913 | 0.3618 | 330.32 | 12.36 | 1.15 | 14.21 | 4.3 |



LAMPIRAN C

(DOKUMENTASI)

Lampiran C1

Proses pembuatan alat



Lampiran C2

Proses pengujian dan pengambilan data



Lampiran C3

Hasil tangkapan hama pada proses pengujian
dan pengambilan data

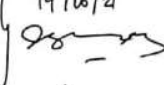
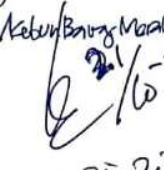
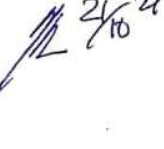



LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

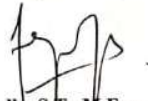
Nama : Jeni Marselina Bara/ Muh Fajriansyah

NIM : 34218009/ 34218014

Catatan Daftar Revisi Penguji :

| No. | Nama | Uraian | Tanda Tangan |
|-----|-----------------------|--|---|
| 1. | A.M. Shiddiq Yunus, | S.T.Meng.Sc.PhD. # Cek grafik (keterangan) # cek kesimpulan. | 19/10/21  |
| 2. | Ir. La Ode Musa, M.T. | # Foto kegiatan di Lokasi Lapangan/kebun Bawang Merah. # Pasang batu corangan/hama terperangkap. # Pembastiran daya dari total hama yg terperangkap. |  21/10-21 |
| 3. | Musrady Mulyati = | # Gbr rangkaian instalasi ✓ # Tabel 4.1 ✓ # Penjelasan TEG suplai baterai ✓ |  21/10 |
| 4. | Apollo, S.T.M.Eng. | # Gbr rangkaian Listrik ✓ # Gbr rangkaian Listrik & penempatan alat ukur ✓ |  27/10 |

Makassar, 2 Oktober 2021
Ketua Ujian Sidang,



Apollo, S.T., M.Eng.
NIP 196907231993031002

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.