

RANCANG BANGUN POMPA PENGISI TABUNG AIR SISTEM
HYBRID ENERGI SURYA DAN PLN



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

RADHIANA UTAMI. T	342 20 002
MUHAMMAD HARIS	342 20 005
SILVIA AYUNINGTYAS	342 20 019

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun Pompa Pengisi Tabung Air Sistem *Hybrid* Energi Surya dan PLN” oleh Radhiana Utami, T NIM 342 20 002, Muhammad Haris NIM 342 20 005 dan Silvia Ayuningtyas NIM 342 20 019) dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Juli 2023

Pembimbing I



Sri Suwasti, S.S.T., M.T.
NIP.19741123 200112 2 001

Pembimbing II



Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.
NIP 19760413 200812 1 003



HALAMAN PENERIMAAN

Tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Radhiana Utami. T NIM 342 20 002, Muhammad Haris NIM 342 20 005 dan Silvia Ayuningtyas NIM 342 20 019, dengan judul “Rancang Bangun Pompa Pengisi Tabung Air Sistem *Hybrid* Energi Surya dan PLN”

Makassar,

2023

Tim Penguji Sidang Laporan Tugas Akhir:

- | | | |
|---------------------------------------|---------------|---|
| 1. Sukma Abadi, S.T., M.T. | Ketua |  |
| 2. Yiyin Klistafani, S.T., M.T. | Sekretaris |  |
| 3. Apollo, S.T., M.Eng. | Anggota I |  |
| 4. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. | Anggota II |  |
| 5. Sri Suwasti, S.ST, M.T. | Pembimbing I |  |
| 6. Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T. | Pembimbing II |  |

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Pompa Pengisi Tabung Air Sistem *Hybrid* Energi Surya dan PLN” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan serta kekuatan kepada penulis untuk menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua tercinta, juga kepada saudara-saudara penulis yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moral, bantuan materi, serta tak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada kami dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Ibu Sri Suwasti, S.S.T.,M.T. selaku Ketua Program Studi D-3 Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
6. Bapak Musrady Mulyadi, S.ST.,M.T. selaku wali kelas.

7. Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T. sebagai Pembimbing I dan Bapak Dr.Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T sebagai pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga serta kesempatannya untuk mengarahkan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
8. Segenap Dosen pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang yang terlibat membantu penulis hingga laporan tugas akhir ini selesai.
9. Seluruh rekan mahasiswa yang telah berkenan membantu dan mendengarkan keluh kesah penulis, serta memberikan dukungan, solusi dan bantuan dalam pengerjaan tugas akhir ini hingga laporan tugas akhir ini dapat selesai.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan terkhusus bagi penulis. Terima kasih.

Makassar, Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN/ATAU SINGKATAN.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
SURAT PERNYATAAN	xiii
RINGKASAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan.....	4
1.4.1 Tujuan Kegiatan.....	4
1.4.2 Manfaat Kegiatan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Energi.....	5
2.1.1 Energi Surya.....	6

2.1.2 Energi Listrik PLN	8
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	10
2.2.1 Sel Surya	10
2.2.2 Panel Surya.....	11
2.2.3 Prinsip Kerja PLTS.....	12
2.2.4 Komponen PLTS.....	14
2.3 Sistem <i>Hybrid</i> Pembangkit	20
2.4 Sistem Pompa.....	21
2.4.1 Pompa Dinamis	21
2.4.2 Pompa perpindahan positif (<i>Positive Displacement Pumps</i>).....	22
2.5 Dispenser.....	24
BAB III METODE KEGIATAN.....	25
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan.....	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat	25
3.2.2 Bahan	26
3.3 Prosedur/Langkah Kerja	27
3.3.1 Studi Literatur	28
3.3.2 Perancangan	28
3.3.2.1 Analisis Pemakaian Beban.....	28
3.3.2.2 Menentukan Kapasitas PV Modul.....	29
3.3.2.3 Menentukan Kapasitas Aki.....	29
3.3.3 Perakitan dan Pembuatan.....	30
3.3.4 Tahap Perakitan Rangka Panel Surya.....	35
3.3.5 Prosedur Pengujian Alat	35
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN	37
4.1. Hasil Kegiatan.....	37
4.1.1 Pengujian menggunakan PLN.....	37
4.1.2 Pengujian menggunakan <i>Solar Cell</i>	37

4.1.3 Pengujian <i>Hybrid</i>	37
4.2 Deskripsi Hasil Kegiatan.....	38
4.2.1 Pengujian pompa dispenser menggunakan PLN.....	38
4.2.2 Pengujian pompa dispenser menggunakan panel surya	39
4.2.3 Pengujian <i>hybrid</i> energi panel surya dengan PLN	41
4.2.4 Perhitungan Energi dan Biaya.....	44
4.3 Grafik dan Pembahasan.....	46
4.3.1 PLN.....	46
4.3.2 Panel Surya	47
4.3.3 <i>Hybrid</i>	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 KESIMPULAN.....	50
5.2 SARAN.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tarif Listrik Rata-Rata Per Kelompok Pelanggan (Rp/kWh).....	9
Tabel 4.1 Efisiensi PLN dan Panel Surya selama 1 jam.....	43
Tabel 4.2 Komponen dan biaya panel surya	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Matahari	6
Gambar 2.2 Panel Surya.....	11
Gambar 2.3 Proses Perubahan Cahaya Menjadi Arus Listrik.....	12
Gambar 2.4 Aki VRLA.....	16
Gambar 2.5 <i>Solar Charge Controller</i>	17
Gambar 2.6 <i>Inverter</i>	17
Gambar 2.7 Wattmeter.....	19
Gambar 2.8 Pyranometer	20
Gambar 2.9 Pompa Air Dispenser Galon Bawah.....	23
Gambar 2.10 Dispenser Galon Bawah.....	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2 Rancangan Rangka Panel Surya.....	31
Gambar 3.3 Skema Sistem Panel Surya.....	32
Gambar 3.4 Skema Sistem PLN.....	33
Gambar 3.5 Skema Sistem <i>Hybrid</i> Energi Panel Surya dan PLN.....	34
Gambar 4.1 Grafik hubungan rata-rata daya input, daya output dan efisiensi PLN terhadap waktu.....	46
Gambar 4.2 Grafik hubungan Rata-rata daya input, daya output dan efisiensi Panel terhadap Waktu	47
Gambar 4.3 Grafik rata-rata efisiensi	49

DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN/ATAU SINGKATAN

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
P_{in}	Watt	Daya input sel fotovoltaik
G	Watt/m^2	Intensitas radiasi matahari
p	m	Panjang sel fotovoltaik
l	m	Lebar sel fotovoltaik
A	m^2	Luasan sel fotovoltaik
P_{out}	Watt	Daya output sel fotovoltaik
V	Volt	Tegangan
I	Ampere	Arus
Ah	Ampere-hour	Arus aki
Wh	Watt-hour	Daya aki
φ	-	<i>Power factor</i>
η	%	Efisiensi
$\bar{\eta}$	%	Efisiensi Rata-rata
\bar{P}	kW	Daya Rata-rata

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Data hasil pengujian.....	54
Lampiran B Hasil Analisa Data.....	62
Lampiran C Dokumentasi Kegiatan	67
Lampiran D Gambar Rancang Bangun.....	70



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Radhiana Utami. T

Nim : 342 20 002

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun Pompa Pengisi Tabung Air Sistem *Hybrid* Energi Surya dan PLN” merupakan gagasan, hasil karya saya 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, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Juli 2023



Radhiana Utami. T
NIM. 342 20 002

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Haris

Nim : 342 20 005

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun Pompa Pengisi Tabung Air Sistem *Hybrid* Energi Surya dan PLN” merupakan gagasan, hasil karya saya 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, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Juli 2023




Muhammad Haris
NIM. 342 20 005

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Silvia Ayuningtyas

Nim : 342 20 019

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun Pompa Pengisi Tabung Air Sistem *Hybrid* Energi Surya dan PLN” merupakan gagasan, hasil karya saya 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, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Juli 2023



Silvia Ayuningtyas
NIM. 342 20 019

RANCANG BANGUN POMPA PENGISI TABUNG AIR SISTEM *HYBRID* ENERGI SURYA DAN PLN

RINGKASAN

Dispenser merupakan salah satu alat rumah tangga yang dapat memudahkan kehidupan sehari-hari. Dispenser saat ini telah mengalami perkembangan, salah satunya adalah dispenser dengan galon yang berada di bagian bawah (*bottom gallon system*) sehingga memudahkan dalam pemasangan. Dispenser galon bawah ini menggunakan sistem pompa dc untuk menaikkan air ke dalam tabung air dispenser yang selanjutnya akan di gunakan pada kran air dispenser. Sumber energi listrik yang digunakan berasal dari listrik PLN yang merupakan energi konvensional, sehingga hal ini dapat menyebabkan penggunaan listrik berlebih dan pastinya akan memakan biaya lebih. Tujuan dari kegiatan ini adalah menghasilkan pompa pengisi tabung air sistem *hybrid* tenaga surya dan PLN. Selain itu, kinerja dari pompa pengisi tabung air dapat dihitung yang kemudian dapat dilakukan perbandingan energi dan ekonomi dari PLN dan Panel surya.

Metode kegiatan ini dimulai dari tahap studi literatur mengenai hal hal terkait, tahap perancangan yang memuat dasar perancangan alat, pembuatan dan perakitan komponen alat, kemudian dilakukan pengujian dan pengambilan data, serta dilakukan analisis terhadap data yang diperoleh.

Berdasarkan penelitian diperoleh bahwa rancang bangun pompa pengisi tabung air berhasil, dengan rata rata efisiensi untuk pln, panel surya dan *hybrid* berturut turut adalah 7,22%, 2,17%, 4,70%. Dimana terbukti bahwa penggunaan panel surya dapat menghemat energi dan pengeluaran biaya listrik PLN walaupun dalam skala kecil dan layak digunakan dalam keperluan rumah tangga.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia saat ini menghadapi dua tantangan yang merugikan, yaitu krisis energi dan pencemaran lingkungan yang dikarenakan sumber daya energi utama yang di gunakan adalah bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil yang terus meningkat memberikan dampak negatif pada lingkungan berupa emisi partikulat (debu, timah hitam) dan gas (CO, CO₂, NO₂) yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia dan kerusakan pada lingkungan. Sumber energi utama digolongkan menjadi dua kelompok yaitu Energi Konvensional yaitu energi yang diambil dari sumber yang hanya tersedia dalam jumlah terbatas di Bumi dan tidak dapat diregenerasi dan Energi Terbarukan yaitu energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin dan air yang dapat dihasilkan lagi dan lagi.

Energi sudah menjadi bagian dari kebutuhan masyarakat di negara mana pun, termasuk Indonesia. Seiring berjalannya waktu, jumlah penduduk Indonesia yang semakin bertambah memungkinkan penggunaan energi yang meningkat pula. Kebutuhan energi di masyarakat sebagai ujung tombak berbagai sektor kehidupan manusia seperti pertanian, pendidikan, kesehatan, transportasi, dan ekonomi (Azirudin, 2019).

Energi surya atau energi matahari merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Saat ini, sel surya

dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari seperti pemanas air, pompa air, pendingin, dan sterilisasi (Gede Widayana, 2012)

Pemanas air bertenaga matahari/surya merupakan teknologi terbaru dan sangat inovatif dalam pengaplikasian pemanas air. Jenis ini jauh lebih efektif dan efisien dari segi biaya, kinerja serta penghematan energi. Pemanas dengan tenaga listrik membutuhkan biaya bulanan dan sangat tergantung pada listrik yang merupakan sumber daya alam tak dapat diperbarui. Sedangkan pemanas air tenaga matahari, memanfaatkan sinar matahari yang tersedia melimpah ruah dan merupakan sumber daya alam dapat diperbarui (Ilham, 2018).

Dispenser adalah salah satu alat rumah tangga yang menggunakan listrik untuk dapat memanaskan elemen pemanas dan menjalankan mesin pendinginnya. Dispenser terbagi atas dua jenis berdasarkan penempatan galonnya yaitu *Upper gallon system* (galon atas) dan *bottom gallon system* (galon bawah). Pada dispenser jenis *bottom gallon system* terdapat pompa yang berfungsi untuk mengalirkan air dari galon ke tabung air dalam dispenser. Pompa ini menggunakan energi listrik untuk dapat beroperasi. Sumber listrik yang digunakan berasal dari PLN atau sumber energi konvensional.

Pada penelitian sebelumnya dengan judul Rancang Bangun Pemanas Air Kontinu Sistem *Hybrid* Tenaga Surya dan Gas (Atto Rura Pakku dan Jefryanto La'lang, 2022) menggunakan energi matahari *hybrid* dengan energi konvensional berupa gas LPG dengan kelemahan yaitu membutuhkan banyak tempat karena alat cukup lebar, air yang masuk pada tangki pemanas dilakukan secara manual, dan

menggunakan energi konvensional berupa gas yang saat ini harganya melonjak naik serta sulit untuk pergantian secara berkala. Sistem *Hybrid* adalah pembangkit listrik yang terdiri lebih dari satu macam pembangkit dimana menggabungkan beberapa sumber energi yang dapat di perbaharui (*renewable*) dengan yang tidak dapat di perbaharui (*unrenewable*). Maka dari itu penulis akan membuat rancang bangun berupa pemanas air energi matahari yang akan di *hybrid* dengan PLN.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis akan membuat rancang bangun dengan judul **“Rancang Bangun Pompa Pengisi Tabung Air Sistem Hybrid Energi Surya dan PLN”**

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan diatas dapat di rumuskan suatu permasalahan yang harus diselesaikan, antara lain :

1. Bagaimana merancang bangun pompa pengisi tabung air sistem *hybrid* energi surya dan PLN?
2. Bagaimana kinerja pompa pengisi tabung air sistem *hybrid* energi surya dan PLN?
3. Bagaimana menghitung perbandingan energi dan ekonomi antara energi surya dengan PLN?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Untuk memperjelas masalah yang akan dibahas dan agar tidak terjadi permasalahan yang meluas, maka dibuatlah suatu batasan masalah. Adapun ruang

lingkup permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan laporan seminar tugas akhir ini yaitu:

1. Pompa pengisi tabung air digunakan untuk mengisi tabung dispenser.
2. Panel surya yang digunakan berkapasitas 120 Wp.
3. Dapat merancang sistem pompa pengisi tabung air sistem *hybrid* energi surya dan PLN.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan Kegiatan

Adapun tujuan yang akan di capai berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Untuk merancang bangun sistem pompa pengisi tabung air sistem *hybrid* energi surya dan PLN.
2. Untuk menghitung kinerja sistem pompa pengisi tabung air sistem *hybrid* energi surya PLN .
3. Bagaimana menghitung perbandingan energi dan ekonomi antara energi surya dengan PLN?.

1.4.2 Manfaat Kegiatan

1. Dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan selanjutnya
2. Sebagai pengaplikasian ilmu yang telah di dapatkan selama perkuliahan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan suatu tindakan atau pekerjaan (usaha). Kata “Energi” berasal dari bahasa Yunani yaitu “ergon” yang berarti kerja. Dalam melakukan sesuatu kita selalu memanfaatkan energi, baik secara sadar maupun tidak sadar.

Sumber-sumber energi utama dan digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu :

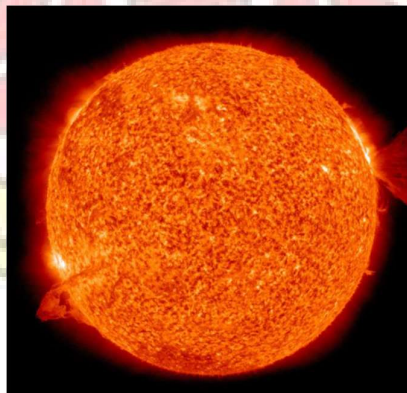
1. Energi Konvensional adalah energi yang diambil dari sumber yang hanya tersedia dalam jumlah terbatas di bumi dan tidak dapat diregenerasi. Sumber-sumber energi ini akan berakhir cepat atau lambat dan berbahaya bagi lingkungan.
2. Energi Terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alam seperti matahari, angin, dan air dan dapat dihasilkan lagi dan lagi. Sumber akan selalu tersedia dan tidak merugikan lingkungan.

Energi merupakan salah satu faktor penting pencapaian pembangunan berkelanjutan. Sumber energi dunia sudah mengalami beberapa kali perubahan, dari yang awalnya mayoritas menggunakan biomassa seperti kayu bakar untuk memenuhi kebutuhan energinya, berubah menjadi fosil seperti batu bara, minyak dan gas bumi yang dipicu revolusi industri pada tahun 1900-an (Khan et al, 2020).

Indonesia juga sangat konsisten terhadap pengembangan penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT). Terbukti pada Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2014

tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan Peraturan Presiden No. 22 tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) memiliki target penggunaan EBT pada tahun 2025 dan 2050 masing masing sebesar 23% dan 31% dari total kebutuhan energi nasional (Republik Indonesia, 2017). Akan tetapi sampai tahun 2020 realisasi pangsa EBT baru mencapai 11,31% (KESDM, 2021). Nampaknya usaha-usaha yang dilakukan selama ini untuk meningkatkan pangsa EBT masih mendapatkan tantangan berat yang salah satunya disebabkan karena harga EBT yang belum kompetitif terhadap energi fosil. Kemungkinan besar karena perkembangan EBT yang masih lambat membuat ketergantungan kepada energi fosil khususnya minyak dan gas bumi masih terus berlanjut. Berdasarkan uraian tersebut sangat penting untuk mengkaji kondisi minyak dan gas bumi Indonesia sehingga pemenuhan kebutuhan energi kedepan masih dapat terus berlanjut.

2.1.1 Energi Surya



Gambar 2.1 Matahari
(sumber : space.com)

Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi. Energi surya sampai ke bumi dalam bentuk paket-paket energi yang disebut foton (Jusuf Tedjo, 2010).

Di Indonesia yang merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5-4,8 KWh/m² / hari. Akan tetapi energi listrik yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sistem.

Radiasi yang diterima dipermukaan bumi tergantung 4 faktor, yaitu:

- Jarak matahari. Setiap perubahan jarak bumi dan matahari menimbulkan variasi terhadap penerimaan energi matahari.
- Intensitas radiasi matahari. Yaitu besar kecilnya sudut datang sinar matahari pada permukaan bumi. Jumlah yang diterima berbanding lurus dengan besarnya sudut datang. Sinar dengan sudut datang yang miring kurang memberikan energi pada permukaan bumi disebabkan karena energinya tersebar pada permukaan yang luas dan juga sinar tersebut harus menempuh lapisan atmosfer yang lebih jauh ketimbang jika sinar dengan sudut datang yang tegak lurus.
- Panjang hari (*sunduration*), yaitu jarak dan lamanya antara matahari terbit dan matahari terbenam.

- Pengaruh atmosfer. Sinar yang melalui atmosfer sebagian akan diabsorpsi oleh gas gas, debu dan uap air, dipantulkan kembali, dipancarkan dan sisanya diteruskan ke permukaan bumi (JIF, Vol 4 No 1, Maret 2012).

2.1.2 Energi Listrik PLN

PT PLN (Persero) juga menjalankan bisnis di bidang produksi, transmisi, dan distribusi tenaga listrik sehingga PT PLN (Persero) harus menjaga dan meningkatkan pelayanan serta mutu listrik yang diberikan kepada masyarakat. Untuk menunjang peningkatan pelayanan tersebut PT PLN (Persero) sebagai satu-satunya sumber tenaga listrik di Indonesia harus memberikan pelayanan serta mutu listrik yang sangat baik kepada pelanggannya karena pelayanan merupakan bentuk penilaian untuk melihat apakah perusahaan tersebut baik atau tidak. Pelayanan yang berkualitas merupakan suatu tuntutan yang harus dipenuhi oleh PT PLN (Persero) kepada pelanggan karena dengan memberikan pelayanan bermutu konsumen akan merasa senang dan dihargai. Tanpa adanya pelayanan yang bermutu dan berkualitas kepada pelanggan, PT PLN (Persero) akan mengalami kerugian yang besar dimana dapat dilihat dengan timbulnya ketidakharmonisan antara PT PLN (Persero) dengan pelanggan.

PT PLN (Persero) memperoleh Energi listrik dari pusat pembangkit tenaga listrik yang menggunakan energi konvensional maupun energi terbarukan. Listrik inilah yang kemudian akan didistribusikan pada konsumen-konsumen pemakai listrik dengan biaya yang telah ditentukan. Tarif listrik terus mengalami kenaikan setiap tahunnya, sehingga hal ini dikhawatirkan dapat menyebabkan krisis ekonomi terkhusus bagi golongan menengah ke bawah untuk kedepannya.

Tabel 2.1 Tarif Listrik per kWh tahun 2023 untuk golongan non subsidi

Rumah Tangga:

Golongan	Daya Listrik	Tarif Listrik
R-1/TR	900 VA	Rp1.352 per kWh
R-1/TR	1.300 VA	Rp1.444,70 per kWh
R-1/TR	2.200 VA	Rp1.444,70 per kWh
R-2/TR	3.500 – 5.500 VA	Rp1.699,53 per kWh
R-3/TR	6.600 VA	Rp1.699,53 per kWh

(Sumber : <https://berita.99.co/daftar-harga-listrik-per-kwh/>)

Untuk menghitung daya PLN, maka digunakan rumus:

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

Ket: P = daya listrik (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Sehingga dapat dihitung penggunaan energi listrik dengan rumus:

$$W = P \times t$$

Ket: W = Energi listrik (kWh)

t = waktu (h)

Pada penggunaan Pembangkit Listrik Negara, konsumsi energi listrik akan di kenakan tarif. Tarif daya listrik ini berbeda-beda tergantung golongannya.

Untuk menghitung tarif yang digunakan, maka digunakan rumus:

Biaya Penggunaan = $W \times \text{Tarif per satuan waktu}$

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

2.2.1 Sel Surya

Sel surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan prinsip *Photovoltaic* atau efek *Photovoltaic* (Deny Suryana, 2016: vol 1).

Efek *Photovoltaic* adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektron yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, sel surya atau *solar cell* sering juga disebut dengan sel *Photovoltaic* (PV). Efek *Photovoltaic* ini ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839, dimana Becquerel mendeteksi adanya tegangan foto ketika sinar matahari mengenai elektroda pada larutan elektrolit. Alat ini digunakan secara individual sebagai alat pendeteksi cahaya pada kamera maupun digabung seri maupun paralel untuk memperoleh suatu harga tegangan listrik yang dikehendaki sebagai pusat penghasil tenaga listrik (Heri Junial, tanpa tahun).

2.2.2 Panel Surya

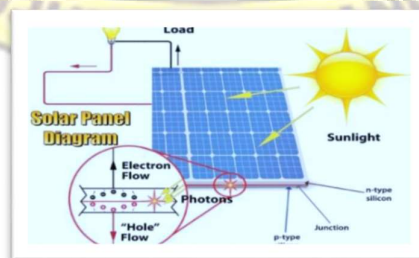


Gambar 2.2 Panel Surya
(sumber : pngimg.com)

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atas Matahari atau "sol" karena Matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel fotovoltaik, photovoltaic dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik". Sel surya atau sel PV bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi Matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan. (Marsudi dan Djiteng, 2005). Panel surya terdiri dari dua lapisan silikon yang tertempel. Kedua tipe silikon ini dinamakan sesuai dengan elektron yang terkandung di dalamnya. N untuk negatif, dan P untuk positif. Keduanya bersifat semikonduktor. Karena kedua silikon yang dihubungkan ini memiliki dua kutub yang berbeda, maka otomatis ketika dihubungkan keduanya akan menghasilkan medan listrik. Elektron yang terpapar oleh sinar matahari akan bergerak dan menghasilkan arus listrik. Sinar matahari yang mengenai silikon tipe n akan membuat elektron negatif menjadi berlimpah dan mengalir ke silikon tipe p yang bermuatan positif, hasil pertemuan ini menghasilkan listrik berlebih

yang akan digunakan untuk keperluan sehari-hari dan sisanya akan disimpan. Panel surya juga memiliki lapisan anti reflektif yang menahan sinar matahari yang datang sehingga tidak terpantul kembali. Panel inilah yang membedakannya dengan material lain. Jadi, walaupun sekilas terlihat seperti kaca, namun tidak ada energi yang terpantul kembali. Sistem inilah yang disebut dengan nama *photovoltaic*. Sistem ini berasal dari kata *photo* yang berarti cahaya, dan volt yang berarti tegangan listrik. Maka sistem *photovoltaic* adalah mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Panel surya tidak bekerja sendiri untuk menyimpan energi listrik yang sudah dihasilkan. Ketika pemasangan panel, maka akan dipasang juga baterai khusus yang berguna untuk menyimpan energi yang sudah dihasilkan oleh panel. Ketika siang hari, maka energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya bisa langsung digunakan untuk kebutuhan, kemudian sisanya akan tersimpan otomatis ke dalam baterai. Sehingga ketika sudah tidak ada matahari pun, rumah atau gedung yang menggunakan panel surya sebagai sumber energinya tetap bisa menggunakan listrik yang berasal dari baterai (Manan, 2011).

2.2.3 Prinsip Kerja PLTS



Gambar 2.3 Proses Perubahan Cahaya Menjadi Arus Listrik
(sumber : kompasiana.com)

Apabila Sel Surya terkena sinar Matahari, Foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam/menekan atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan Elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “hole” dengan muatan Positif (+).

Daerah Semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai Pendonor elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan Semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan Hole bersifat Positif dan bertindak sebagai Penerima (*Acceptor*) elektron yang dinamakan dengan Semikonduktor tipe P (P-type).

Di persimpangan daerah Positif dan Negatif (PN Junction), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah Negatif sedangkan Hole akan bergerak menjauhi daerah Positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di Persimpangan Positif dan Negatif (*PN Junction*) ini, maka akan menimbulkan Arus Listrik. Dengan menggunakan konverter maka daya listrik dc dapat berubah menjadi daya listrik ac sehingga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik (Soedjarwanto, 2015).

Berikut ini adalah persamaan rumus yang digunakan pada panel surya (Julisman dkk., 2017):

1) Daya Input

$$P_{in} = G \times A \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana : P_{in} = Daya input sel fotovoltaik (Watt)
 G = Intensitas radiasi matahari (Watt/m²)
 A = Luasan sel fotovoltaik (m²)

2) Daya Output

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

Dimana P_{out} = Daya output sel fotovoltaik (Watt)
 V = Tegangan (Volt)
 I = Arus (Ampere)

3) Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2-3)$$

2.2.4 Komponen PLTS

2.2.4.1 Aki

Aki adalah alat yang menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia dan dapat mengeluarkan listrik tersebut ketika diperlukan. Saat melepas listrik maka alat ini akan mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

Jika dibandingkan dengan baterai berbahan dasar nikel dan lithium, aki/lead acid memiliki bobot yang berat dan tidak terlalu tahan dalam kondisi *deep cycle* (kondisi dimana aki kosong dan diisi kembali sampai penuh). Setiap siklus pengisian dari kosong (*discharge/charge*) dapat secara permanen menurunkan

kapasitasnya dalam jumlah kecil. Hal ini terjadi karena pada setiap siklus pengisian dari kosong ke penuh dapat membuat terjadinya korosi pada elektroda positif, mengurangi efektifitas bahan aktifnya dan juga terjadi ekspansi pada lempeng positifnya. Hal inilah yang membuat *battery lead acid* harus selalu disimpan dalam keadaan penuh (*fully charge*).

Jenis Baterai *Lead Acid* :

1. Aki Otomotif (*Starting Battery*)

Merupakan jenis baterai yang dirancang agar menghasilkan arus listrik dalam waktu singkat, sehingga dapat menyalakan mesin kendaraan. Karena penggunaan pelat tipis secara paralel, resistensi rendah dan permukaan luas, baterai ini tidak cocok digunakan dengan panel surya. Walaupun secara aplikasi masih dapat digunakan.

2. Baterai *Deep Cycle* (Baterai Industri)

Merupakan jenis baterai yang dirancang untuk dihasilkan arus listrik stabil dan waktu lama. Baterai jenis *Deep Cycle* memiliki ketahanan terhadap siklus pengisian (*charge*) – pelepasan (*discharge*) berulang-ulang dan konstan. Baterai jenis *Deep Cycle* dibagi menjadi dua jenis yaitu :

a. Baterai FLA (*Flooded Lead Acid*)

Secara umum dikenal sebagai baterai/acid/accu basah. Karena sel-sel di dalam aki terendam oleh cairan elektrolit agar berfungsi optimal. Ciri khasnya adalah katup pengisian cairan elektrolit di setiap katup.

b. Baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*)

Disebut juga baterai SLA (*Sealed Lead Acid*) atau baterai MF (*Maintenance Free*) atau baterai SMF (*Sealed Maintenance Free*).

Dirancang khusus agar cairan elektrolit tidak tumpah atau bocor atau menguap. Baterai ini memiliki katup ventilasi yang terbuka pada tekanan ekstrim untuk pembungan gas hasil reaksi kimia. Baterai ini sering disebut baterai *Maintenance Free* karena tidak ada katup pengisian cairan elektrolit. Baterai VRLA dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan konstruksinya, yaitu :

- Baterai VRLA AGM (*Absorbent Glass Mat*)

Baterai VRLA AGM memiliki pemisah/separator yang terdiri dari *fiberglass* yang terletak di antara pelat-pelat sel. Tujuan peletakan ini untuk menyerap cairan elektrolit agar tersimpan di pori-pori *fiberglass*. Fungsi *fiberglass* ini seperti handuk yang menyerap air ketika salah satu ujung handuk dicelupkan ke dalam cairan.

- Baterai VRLA Gel (*Gel Cells*)

Baterai VRLA *Gel* memiliki cairan elektrolit kental seperti agar-agar atau puding atau gel.



Gambar 2.4 Aki VRLA

2.2.4.2 Solar Charge Controller



Gambar 2.5 Solar Charge Controller
(sumber : shopee.co.id)

Rangkaian regulator pengisian aki dalam system sel surya itu merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian aki dan proses suplai listrik ke beban. *Solar charge controller* /MPPT merupakan seperangkat komponen elektronika yang berfungsi untuk:

- a. Mengatur transfer energi dari modul surya (PV) ke *Accumulator*/Baterai dan ke beban secara efisien dan semaksimal mungkin
- b. Melindungi baterai dari pengisian berlebih (*overcharge*) dengan cara memutuskan proses pengisian baterai pada tegangan batas atas
- c. Melindungi pengosongan berlebih (*overdischarge*) dengan memutuskan proses pengosongan baterai

2.2.4.3 Inverter



Gambar 2.6 Inverter
(sumber : sanspower.com)

Inverter adalah alat kontrol yang digunakan untuk merubah tegangan 12 VDC atau 24 VDC menjadi tegangan 220 VAC. Sehingga memungkinkan untuk menjalankan berbagai peralatan listrik dengan standar listrik PLN. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih *inverter*:

1. Kapasitas beban dalam Watt, usahakan memilih *inverter* yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal.
2. Input DC 12 Volt atau 24 Volt.
3. *Sinewave* ataupun *square wave output AC*.

Rugi-rugi / *losses* yang terjadi pada *inverter* biasanya berupa dissipasi daya dalam bentuk panas. Pada umumnya efisiensi *inverter* adalah berkisar 50-90% tergantung dari beban outputnya. Bila beban outputnya semakin mendekati beban kerja *inverter* yang tertera maka efisiensinya semakin besar, demikian pula sebaliknya.

$$C_{inverter} = W_{total} + (25\% \times W_{total}) \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana : W_{total} = daya total sistem saat beroperasi
 25% = daya cadangan untuk memenuhi kebutuhan starting alat listrik.

2.2.4.4 Instrumen Pengukuran

2.2.4.4.1 Wattmeter

Wattmeter elektronik digital modern/energi meter menghasilkan sampel tegangan dan arus ribuan kali dalam sedetik. Nilai rata-rata tegangan instan yang dikalikan dengan arus adalah *true power* (daya

murni). Daya murni yang dibagi oleh volt-ampere (VA) nyata adalah *power factor*. Rangkaian komputer menggunakan nilai sampel untuk menghitung tegangan RMS, arus RMS, VA, *power* (watt), *power factor*, dan kilowatt-hours (kwh). Model yang sederhana menampilkan informasi tersebut pada layar display LCD. Model yang lebih canggih menyimpan informasi tersebut dalam beberapa waktu lamanya, serta dapat mengirimkannya ke peralatan lapangan atau lokasi pusat.



Gambar 2.7 Wattmeter
(sumber : t2.gstatic.com)

2.2.4.4.2 *Pyranometer*

Pyranometer merupakan sebuah alat untuk mengukur radiasi matahari. Dalam *Pyranometer* terdapat sebuah sensor, yaitu sensor yang berfungsi untuk membaca nilai dari radiasi matahari yang terpancar ke bumi realtime pada saat diterima. Pada kondisi saat ini pengukuran *Pyranometer* masih dilakukan secara manual, dimana untuk melihat hasil pembacaan pada sensor *pyranometer* harus selalu terpaku pada monitor tampilan alat *pyranometer* selama proses pengukuran berlangsung dan menulis dari hasil data pengukuran tersebut secara manual dan tidak secara *realtime*. Hal ini tentu sangat terfokus pada pembacaan dan penulisan data

hasil Pengukuran Radiasi matahari dari *pyranometer* secara manual menyebabkan kinerja tidak optimal dan efektif



Gambar 2.8 *Pyranometer*
(sumber : patagoniatools.com.ar)

2.3 Sistem *Hybrid* Pembangkit

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) adalah pembangkit listrik yang terdiri lebih dari satu macam pembangkit dimana menggabungkan beberapa sumber energi yang dapat di perbaharui (*renewable*) dengan yang tidak dapat di perbaharui (*unrenewable*). Pada pembangkit listrik tenaga *hybrid*, *renewable energi* yang digunakan dapat berasal dari energi matahari, angin, dan lain-lain.

Pembangkit Listrik tenaga *Hybrid* pada prinsipnya mengkonversi sinar matahari menjadi listrik DC. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya, sebelum masuk ke jaringan distribusi di konversi menjadi listrik AC, oleh karena itu output dari panel surya diusahakan dengan *voltage* >12VDC (*system voltage* 48V ~ 120 VDC umum dipakai). Tujuan dari permbangkit listrik tenaga *hybrid* ini untuk membangun suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal dalam mensuplai kebutuhan energi listrik seperti menyalakan dispenser.

Untuk menghitung kinerja dari sistem PLTH ini digunakan rumus:

$$\eta_{\text{PLTH}} = \frac{\text{jumlah rata rata efisiensi pembangkit listrik}}{\text{jumla pembangkit listrik yang digunakan}} \times 100\%$$

2.4 Sistem Pompa

Pompa adalah seperangkat alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari satu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan. Prinsip kerja pompa adalah dengan melakukan penekanan dan penghisapan terhadap fluida. Pada sisi hisap pompa (*suction*), elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara permukaan fluida yang dihisap dengan ruang pompa.

Sesuai dengan kebutuhan manusia, secara umum pompa dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

2.4.1 Pompa Dinamis

Pompa ini disebut juga sebagai "*Non Positive Displacement Pump*".

Pompa dinamis terdiri dari poros, sudu-sudu *impeller*, rumah volut, dan saluran keluar. Energi mekanis dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller*. Putaran dari *impeller* menyebabkan head dari fluida menjadi lebih tinggi karena mengalami percepatan. Jadi prinsip kerja dari pompa tekanan dinamis adalah mengubah energi mekanis dari poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang menyebabkan pertambahan *head* tekanan, *head* kecepatan, dan *head* potensial pada fluida yang mengalir secara kontinu. Pada pompa tekanan dinamis aliran fluida terjadi akibat dari kenaikan tekanan di dalam fluida.

Jenis pompa dinamis antara lain :

- Pompa Sentrifugal
- Pompa Celup (*Submersible pump*)
- Sistem *Hydrant Air*

2.4.2 Pompa perpindahan positif (*Positive Displacement Pumps*)

Pompa perpindahan positif atau statis yang dimana *head* yang terjadi akibat tekanan yang diberikan terhadap fluida. Dengan cara memberikan energi pada bagian utama pompa untuk menekan langsung fluida yang di pompakan.

Jenis pompa yang termasuk dalam golongan pompa statis antara lain :

- Pompa *Rotary*
- Pompa *Reciprocating*
- Pompa Diafragma
- Pompa Roda Gigi (*Gear Pumps*)
- Pompa Piston
- Pompa Peristaltik
- Pompa *Lobe*

Pompa air pada dispenser galon bawah bukanlah seperti pompa air pada umumnya yang menyedot air dan kemudian mendorongnya ke atas. Pompa pada dispenser galon bawah lebih mirip dengan pompa angin (*compressor*) yaitu mempompa angin ke dalam galon yang tertutup rapat sehingga air dalam galon akan terdorong ke atas melalui selang lainnya. Pompa jenis ini menggunakan motor DC sebagai aktuatornya.



Gambar 2.9 Pompa Air Dispenser Galon Bawah
(sumber : blibli.com)

Berikut ini adalah persamaan rumus yang digunakan pada panel surya:

1) Daya Input

$$P_{in \text{ pompa}} = V \times I \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana :

$P_{in \text{ pompa}}$ = Daya input pompa (watt)

V_{in} = Tegangan input (Volt)

I_{in} = Arus input (Ampere)

2) Daya Output

$$P_{out \text{ pompa}} = V_{(pompa)} \times I_{(pompa)} \dots\dots\dots (2-5)$$

Dimana :

$P_{out \text{ pompa}}$ = Daya output pompa (watt)

$V_{(pompa)}$ = Tegangan pompa (Volt)

$I_{(pompa)}$ = Arus pompa (Ampere)

3) Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out \text{ Pompa}}}{P_{in \text{ Pompa}}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-6)$$

2.5 Dispenser

Dispenser atau tempat air minum adalah salah satu peralatan listrik atau elektronik yang digunakan dalam rumah tangga. Adapun jenis dispenser berdasarkan peletakan galon air-nya terbagi atas dua yaitu :

- Dispenser Galon Atas : Prinsip kerja dispenser galon atas ialah memanfaatkan gaya gravitasi yakni galon air yang diangkat ke atas dispenser akan turun mengisi tabung penyimpanan air yang ada dalam dispenser. Dispenser ini hanya membutuhkan listrik untuk pemanas dan pendingin yang ada dalam dispenser, sehingga jika listrik padam dispenser hanya berfungsi untuk air bersuhu normal saja.
- Dispenser Galon Bawah : Dispenser seri ini sangat praktis dikarenakan memiliki rak bawah yang memang khusus untuk meletakkan galon. Rak ini memakai sistem *water pump* dimana air galon akan “dipompa” ke atas dengan bantuan listrik. Dispenser ini membutuhkan energi listrik maka jika listrik padam, dispenser sama sekali tak bisa dipakai karena pompa air membutuhkan listrik untuk menyedot air ke penampungan.



Gambar 2.10 Dispenser Galon Bawah
(sumber : blibli.com)

BAB III METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Lokasi pembuatan Rancang Bangun Pompa Tabung Air Sistem *Hybrid* Energi Surya dan PLN dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Waktu pembuatan pengerjaan rancang bangun ini dilakukan selama 5 bulan mulai dari bulan Januari sampai dengan Juli 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam pembuatan rancang bangun ini digunakan berbagai alat dan bahan sebagai berikut :

3.2.1 Alat

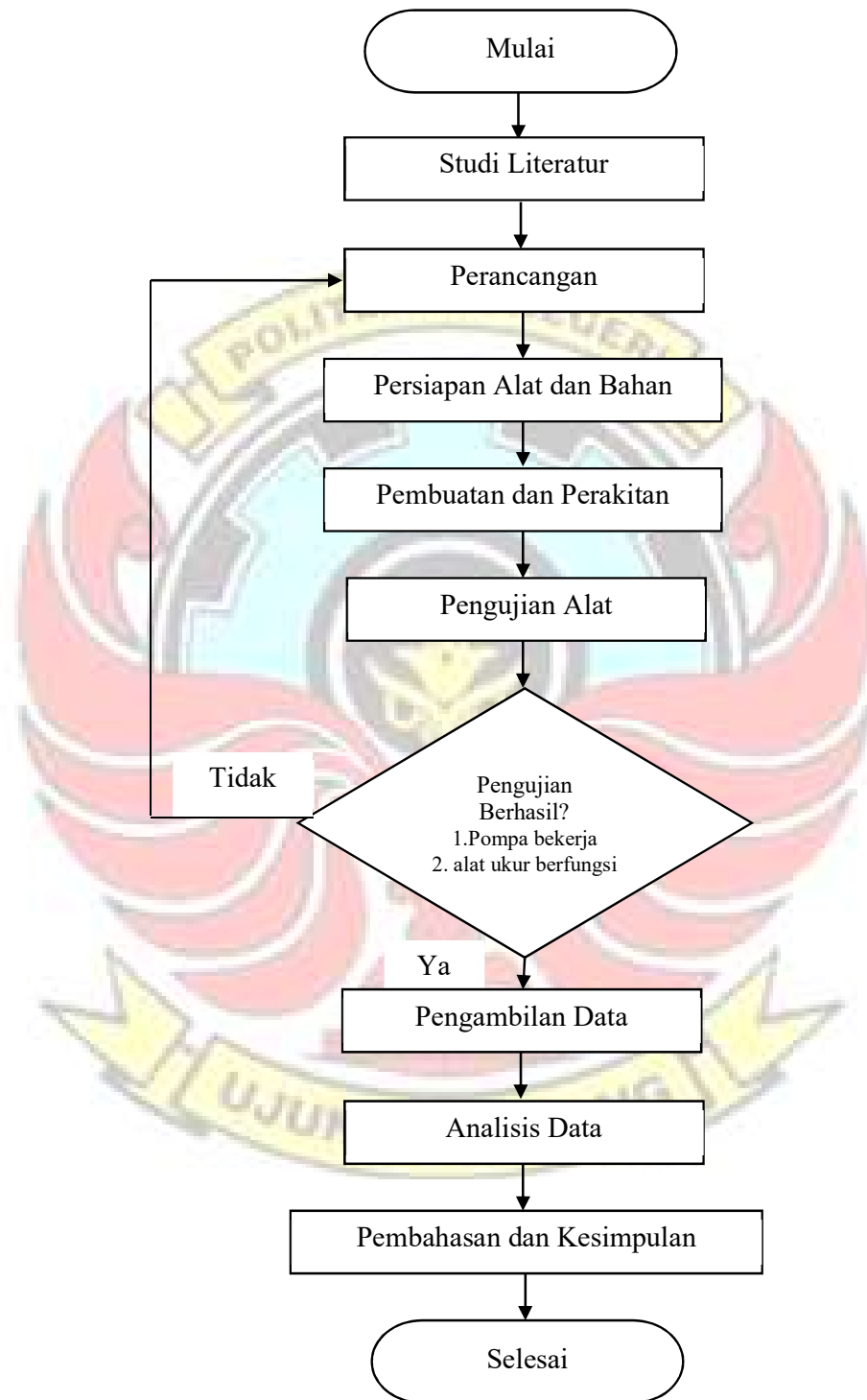
- 1) Obeng
- 2) Gerinda
- 3) Tang potong
- 4) Tang kombinasi
- 5) *Pyranometer*
- 6) Bor tangan
- 7) Isolasi
- 8) Solder
- 9) Laptop
- 10) Tang Ampere
- 11) Multimeter

3.2.2 Bahan

- 1) Kabel
- 2) Besi siku
- 3) Panel Surya
- 4) Panel Box
- 5) MCB DC
- 6) MCB 1 Fasa
- 7) Wattmeter AC
- 8) Wattmeter DC
- 9) Stop Kontak
- 10) Baut dan mur
- 11) Terminal listrik tunggal
- 12) *Solar charge controller*
- 13) *Inverter*
- 14) ATS
- 15) LVD
- 16) *Relay* DC
- 17) Aki
- 18) Dispenser galon bawah



3.3 Prosedur/Langkah Kerja



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Pada tahap perencanaan dilakukan studi literatur mengenai judul yang akan diangkat dengan tujuan mengumpulkan informasi agar memudahkan dalam pengerjaan rancang bangun.

3.3.2 Perancangan

Tahap perancangan merupakan langkah sebelum diaplikasikan Rancang Bangun Pompa Tabung Air Sistem *Hybrid* Energi Surya dan PLN. Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari sistem yang akan berjalan dan mempertimbangkan beberapa rancangan agar Pompa Tabung Air Sistem *Hybrid* Energi Surya dan PLN ini beroperasi dengan optimal

3.3.2.1 Analisis Pemakaian Beban

Setelah memperoleh data spesifikasi alat dan data penggunaan beban maka dapat dihitung kebutuhan beban per hari seperti berikut:

Beban	= pompa dispenser
Jumlah	= 1 pcs
V (Beban)	= 12 V
I (Beban)	= 0,8 A
Lama pemakaian	= 24 h

Maka konsumsi energi beban (pompa dispenser) yaitu:

$$W_{\text{Beban}} = P_{\text{Beban}} \times \text{Lama pemakaian}$$

$$W_{\text{Beban}} = V (\text{Beban}) \times I (\text{Beban}) \times \text{Lama pemakaian}$$

$$W_{\text{Beban}} = 12\text{V} \times 0,8\text{A} \times 24\text{h}$$

$$W_{\text{Beban}} = 230,4 \text{ Wh} = 0,2304 \text{ kWh}$$

3.3.2.2 Menentukan Kapasitas PV Modul

Berdasarkan waktu ideal penyinaran radiasi matahari, proses *photovoltaic* optimalnya berlangsung 5 jam dalam sehari, sehingga untuk menghitung banyaknya panel surya yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Panel surya} &= \text{Total daya} : \text{waktu optimal} \\ &= 230,4 \text{ Wh} : 5\text{h} \\ &= 46,08\text{W} \approx 50\text{Wp}\end{aligned}$$

3.3.2.3 Menentukan Kapasitas Aki

Jadi jika kapasitas PV modul sudah diketahui, maka perlu dihitung berapa kebutuhan kapasitas aki yang akan dipakai, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}V &= 12 \text{ V} \\ \text{Ah} &= 5 \text{ Ampere-hour}\end{aligned}$$

Maka kapasitas aki yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Wh} &= \text{Ah} \times V \\ \text{Wh} &= 5 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} \\ \text{Wh} &= 60 \text{ Watt-hour}\end{aligned}$$

Karena kapasitas aki yang akan digunakan hanya sebesar 80% dari kapasitas seluruhnya, maka:

$$\begin{aligned}\text{Wh} &= 60 \text{ Watt-hour} \times 80\% \\ \text{Wh} &= 48 \text{ Watt-hour}\end{aligned}$$

Jadi jumlah aki yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah baterai} &= \frac{W_{\text{Beban}}}{\text{Kapasitas Baterai}} \\ &= \frac{230,4 \text{ Wh}}{48 \text{ Wh}} \\ &= 4,8 \approx 5\text{pcs}\end{aligned}$$

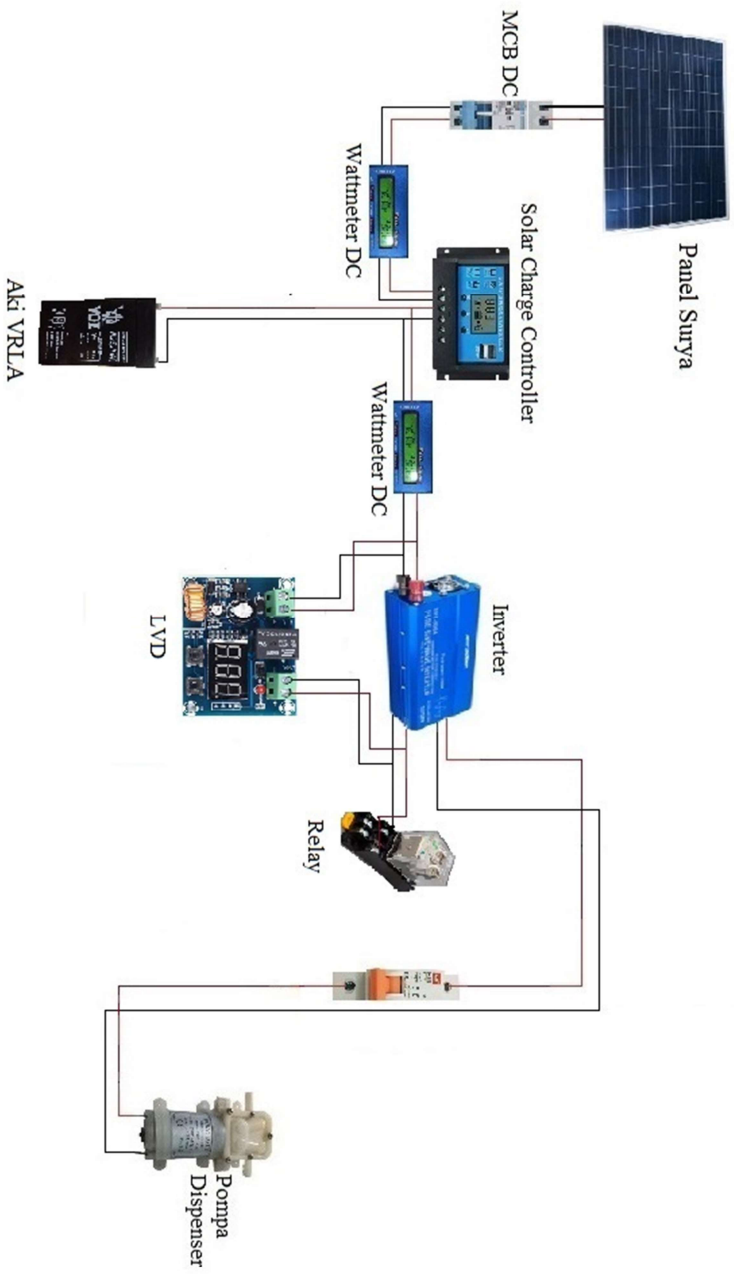
3.3.3 Perakitan dan Pembuatan

Prosedur perakitan dan pembuatan rangka panel surya dan PLN yaitu sebagai berikut :

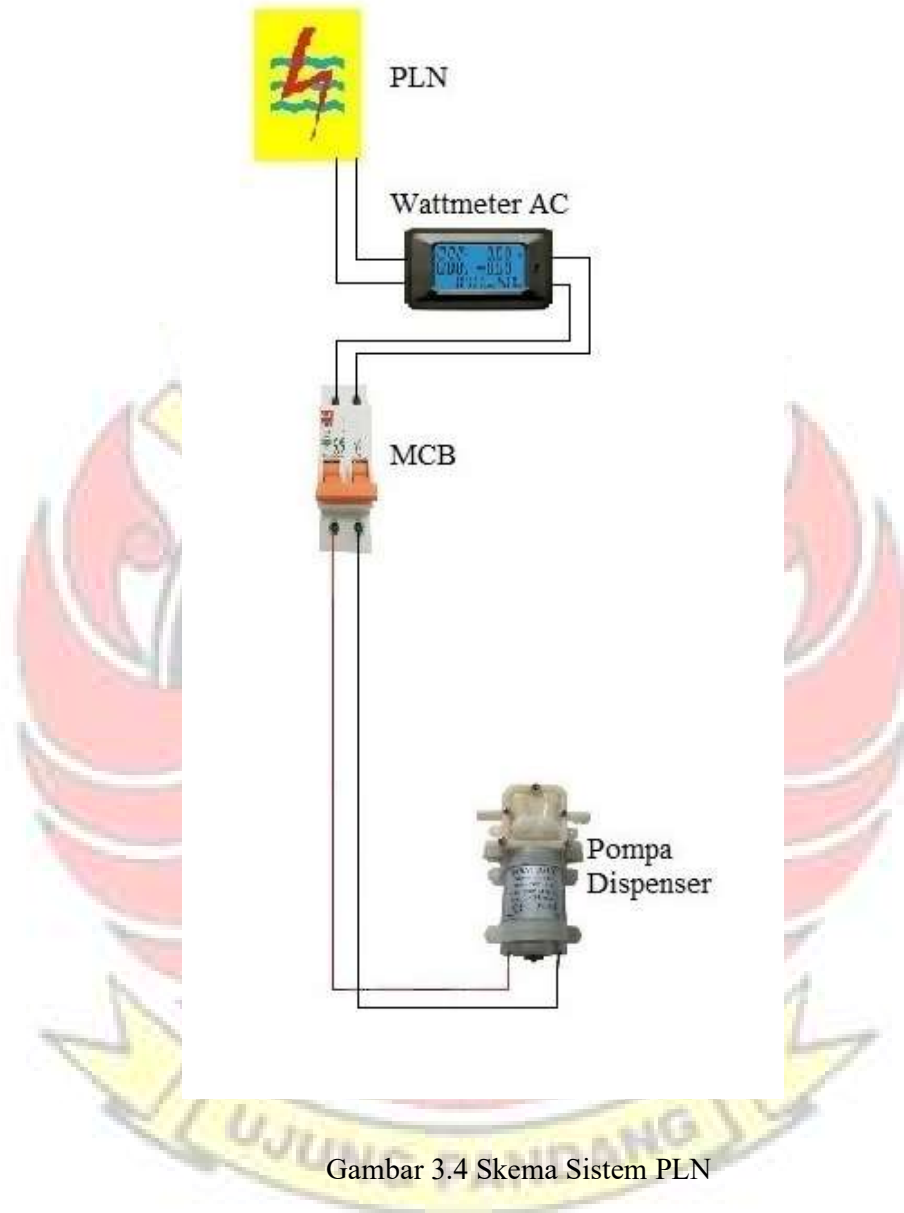
- 1) Menyiapkan semua alat dan bahan.
- 2) Membuat rangka yang akan berfungsi sebagai penyangga panel surya.
- 3) Memasang *solar charge controller*, baterai, LVD dan *relay*.
- 4) Membuat terminal pada keluaran panel surya yang berfungsi untuk mengganti sumber tegangan yang digunakan pada dispenser dengan tegangan langsung dari panel surya, sehingga memudahkan dalam penyambungan antara panel surya dengan pompa dispenser.
- 5) Memasang *inverter* untuk mengubah arus DC ke AC sebelum arus listrik mengalir ke dispenser.
- 6) Memasang ATS untuk mengganti sumber dari *solar cell* ke PLN secara otomatis



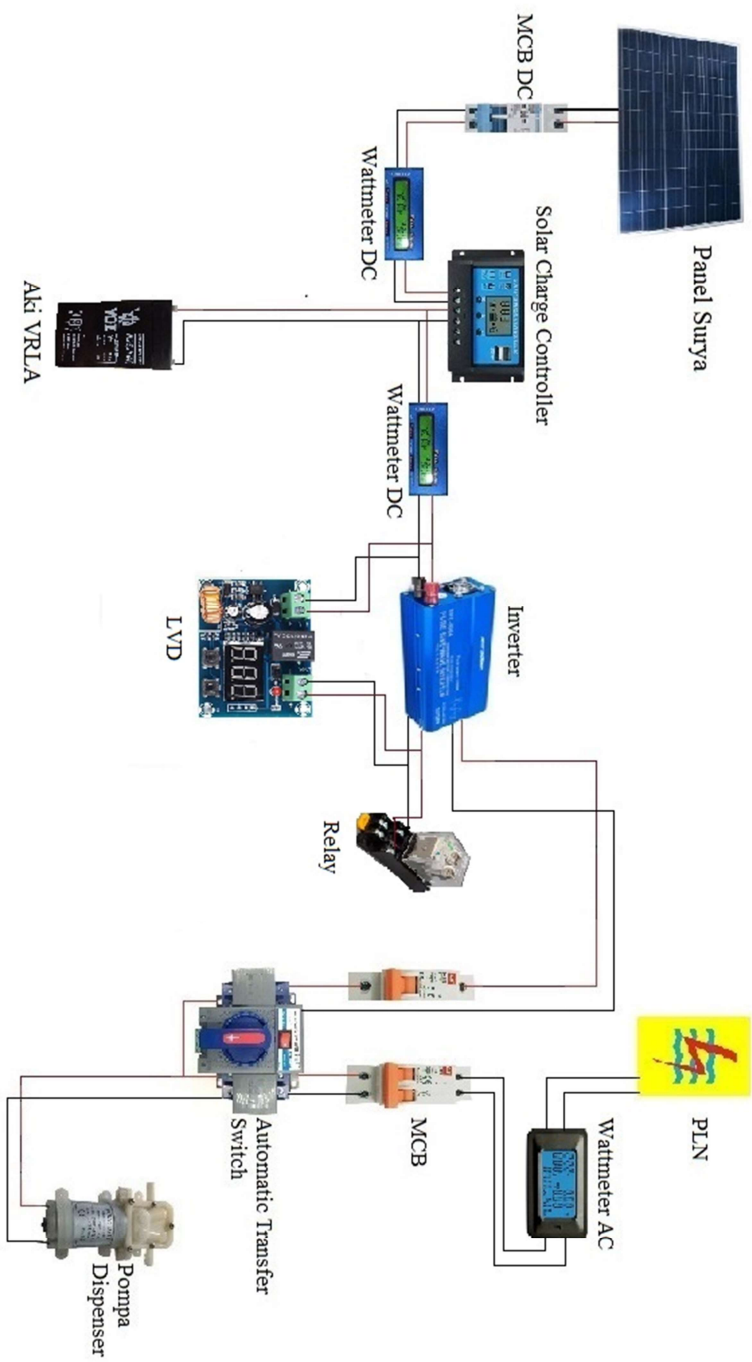
Gambar 3.2 Rancangan Rangka Panel Surya



Gambar 3.3 Skema Sistem Panel Surya



Gambar 3.4 Skema Sistem PLN



Gambar 3.5 Skema Sistem Hybrid Energi Panel Surya dan PLN

3.3.4 Tahap Perakitan Rangka Panel Surya

Prosedur pembuatan dan perakitan rangka panel surya yaitu sebagai berikut :

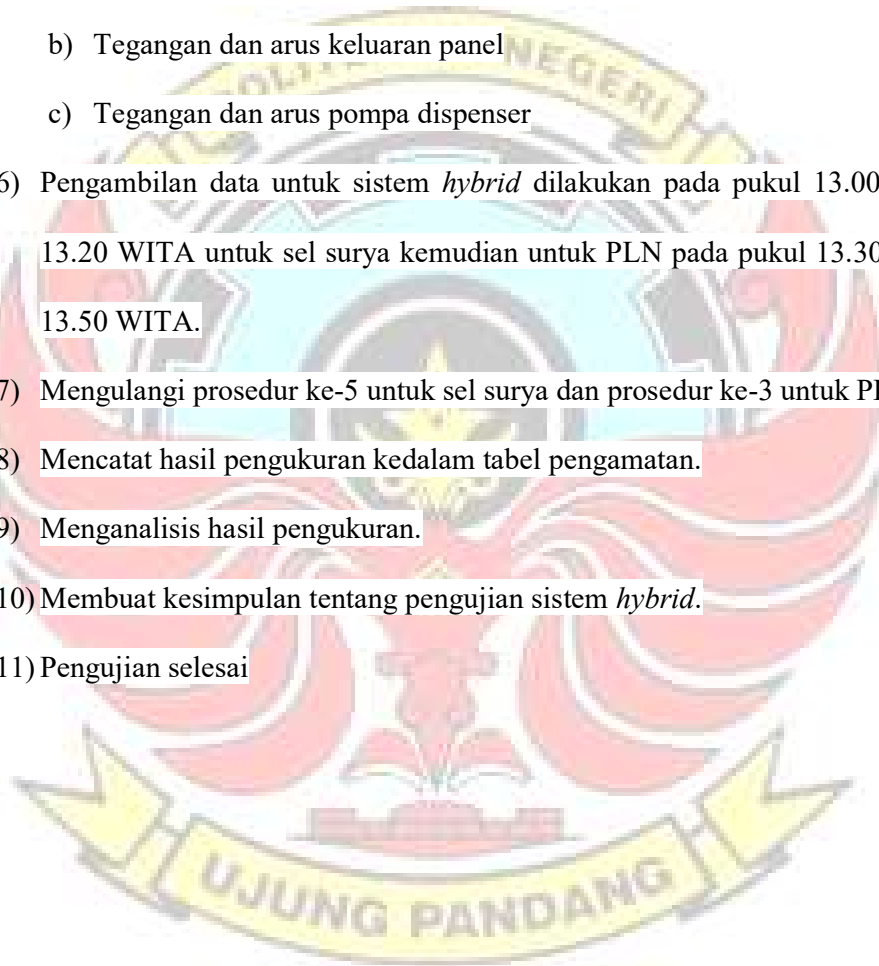
- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan
- 2) Memotong besi siku sesuai dengan ukuran dimensi panel surya yang akan digunakan
- 3) Menyusun potongan besi siku secara memanjang sebagai penopang panel surya, setelah itu dilakukan penyambungan menggunakan baut dan mur.
- 4) Setelah menentukan sudut kemiringan rangka panel surya, selanjutnya mengukur dan memotong besi siku yang akan dijadikan sebagai rangka dudukan panel surya.
- 5) Melakukan pemasangan terhadap kaki rangka dengan rangka panel.

3.3.5 Prosedur Pengujian Alat

Setelah merancang bangun selesai, maka akan dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dan pengambilan data dilakukan untuk mengetahui daya keluaran yang dihasilkan dari Pompa Tabung Air Sistem *Hybrid* Energi Surya dan PLN.

- 1) Menyiapkan alat dan bahan.
- 2) Merangkai panel surya dan peralatan lainnya sesuai pada gambar rangkaian.
- 3) Pengambilan data untuk sumber PLN dilakukan pada pukul 10.50 s/d 11.40 WITA. Data di catat meliputi:
 - a) Tegangan dan arus PLN
 - b) *Power Factor* atau $\cos \phi$ PLN

- c) Tegangan dan arus pompa dispenser
- 4) Pengambilan data untuk sel surya dilakukan pada pukul 12.00 s/d 12.50 WITA. Data dicatat per 10 menit.
- 5) Untuk data yang dicatat meliputi :
 - a) Intensitas radiasi matahari
 - b) Tegangan dan arus keluaran panel
 - c) Tegangan dan arus pompa dispenser
- 6) Pengambilan data untuk sistem *hybrid* dilakukan pada pukul 13.00 s/d 13.20 WITA untuk sel surya kemudian untuk PLN pada pukul 13.30 s/d 13.50 WITA.
- 7) Mengulangi prosedur ke-5 untuk sel surya dan prosedur ke-3 untuk PLN
- 8) Mencatat hasil pengukuran kedalam tabel pengamatan.
- 9) Menganalisis hasil pengukuran.
- 10) Membuat kesimpulan tentang pengujian sistem *hybrid*.
- 11) Pengujian selesai



BAB IV

HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1. Hasil Kegiatan

4.1.1 Pengujian menggunakan PLN

Pengujian menggunakan PLN berfungsi untuk mengganti sumber listrik atau sebagai sumber listrik cadangan apabila *solar cell* sudah tidak mampu untuk menyuplai beban, dimulai dengan menggunakan alat pelindung diri berupa jas lab, kemudian menyambungkan rangkaian ke sumber listrik PLN. Pengujian ini dilakukan pukul 10.50 WITA, kemudian dilanjutkan dengan pengambilan data hingga 1 jam kedepan.

4.1.2 Pengujian menggunakan *Solar Cell*

Pengujian menggunakan *solar cell* dilakukan untuk mengganti sumber listrik PLN atau sebagai alternatif sumber listrik dengan tujuan penghematan energi. Pengujian ini dimulai dengan menggunakan alat pelindung diri berupa jas lab, kemudian memasang panel surya ke rangka lalu menyambungkannya ke rangkaian yang telah dibuat. Pengujian *solar cell* dilakukan pukul 12.00 WITA, kemudian dilanjutkan dengan pengambilan data hingga 1 jam kedepan.

4.1.3 Pengujian *Hybrid*


Pengujian *hybrid* dilengkapi dengan *Auto Transfer Switch (ATS)* yang merupakan rangkaian kontrol sakelar *solar cell* dengan PLN yang dapat di *setting* secara otomatis maupun manual. Alat ini berfungsi untuk menghidupkan dan menghubungkan PLN ke beban pada saat *solar cell* tidak mampu lagi menyuplai ke

beban. Pengujian ini dilakukan pukul 13.10 WITA untuk *solar cell* selama 30 menit, kemudian dilanjutkan untuk PLN selama 30 menit.

4.2 Deskripsi Hasil Kegiatan

4.2.1 Pengujian pompa dispenser menggunakan PLN

Untuk pengujian pompa dispenser menggunakan PLN, data yang digunakan yaitu pada Lampiran A1 data ke-1.



V (PLN)	=	229 V
I (PLN)	=	0,06 A
φ (PLN)	=	0,41
V (sistem)	=	11,9 V
I (sistem)	=	0,11 A
Keluaran air	=	300ml
Status Pompa	=	On

Perhitungan daya dan efisiensi adalah sebagai berikut::

a) Daya Input PLN (P_{in})

$$P_{in} (PLN) = V (PLN) \times I (PLN) \times \varphi$$

$$P_{in} (PLN) = 229 \text{ V} \times 0,06 \text{ A} \times 0,41$$

$$P_{in} (PLN) = 5,63 \text{ Watt}$$

b) Daya Output Sistem (pompa dispenser)

$$P_{out}(\text{sistem}) = V (\text{sistem}) \times I (\text{sistem})$$

$$P_{out}(\text{sistem}) = 11,9 \text{ V} \times 0,11 \text{ A}$$

$$P_{out}(\text{sistem}) = 1,31 \text{ W}$$

f) Efisiensi Sistem

$$\eta_{\text{Sistem}} = \frac{P_{\text{out Sistem}}}{P_{\text{in PLN}}} \times 100 \%$$

$$\eta_{\text{Sistem}} = \frac{1,31 \text{ Watt}}{5,63 \text{ Watt}} \times 100 \%$$

$$\eta_{\text{Sistem}} = 23,24 \%$$

4.2.2 Pengujian pompa dispenser menggunakan panel surya

Untuk pengujian pompa dispenser menggunakan panel surya, data yang digunakan yaitu pada Lampiran A6 data ke-1.

$$G = 939 \text{ W/m}^2$$

$$A = 0,765 \text{ m}^2$$

$$V (\text{panel}) = 18,05 \text{ V}$$

$$I (\text{panel}) = 2,48 \text{ A}$$

$$V (\text{sistem}) = 11,8 \text{ V}$$

$$I (\text{sistem}) = 0,5 \text{ A}$$

$$\text{Keluaran Air} = 300 \text{ ml}$$

$$\text{Status Pompa} = \text{On}$$

Perhitungan daya dan efisiensi adalah sebagai berikut::

a) Daya Input Panel Surya (P_{in})

$$P_{\text{in}} (\text{panel}) = G \times A$$

$$P_{\text{in}} (\text{panel}) = 1002 \text{ W/m}^2 \times 0,765 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{in}} (\text{panel}) = 633,825 \text{ Watt}$$

b) Daya Output Panel Surya (P_{out})

$$P_{out}(\text{panel}) = V(\text{panel}) \times I(\text{panel})$$

$$P_{out}(\text{panel}) = 18,05 \text{ V} \times 2,48 \text{ A}$$

$$P_{out}(\text{panel}) = 44,76 \text{ Watt}$$

c) Efisiensi Panel

$$\eta_{\text{panel}} = \frac{P_{out \text{ Panel}}}{P_{in \text{ Panel}}} \times 100 \%$$

$$\eta_{\text{panel}} = \frac{44,76 \text{ Watt}}{633,825 \text{ Watt}} \times 100 \%$$

$$\eta_{\text{panel}} = 7,06 \%$$

d) Daya Input Sistem (pompa dispenser)

Karena daya output panel surya adalah daya input bagi sistem, maka:

$$P_{in}(\text{sistem}) = P_{out}(\text{panel surya})$$

$$P_{in}(\text{sistem}) = 44,76 \text{ Watt}$$

e) Daya Output Sistem (pompa dispenser)

$$P_{out}(\text{sistem}) = V(\text{sistem}) \times I(\text{sistem})$$

$$P_{out}(\text{sistem}) = 11,8 \text{ V} \times 0,5 \text{ A}$$

$$P_{out}(\text{sistem}) = 5,9 \text{ W}$$

f) Efisiensi Sistem

$$\eta_{\text{Sistem}} = \frac{P_{out \text{ Sistem}}}{P_{in \text{ Sistem}}} \times 100 \%$$

$$\eta_{\text{Sistem}} = \frac{5,9 \text{ Watt}}{44,76 \text{ Watt}} \times 100 \%$$

$$\eta_{\text{Sistem}} = 13,18 \%$$

4.2.3 Pengujian *hybrid* energi panel surya dengan PLN

Untuk pengujian *hybrid*, data yang digunakan yaitu pada Lampiran A11 data ke-2 untuk panel surya dan data ke-3 untuk PLN

4.2.3.1 Panel Surya

$$G = 848 \text{ W/m}^2$$

$$A = 0.765 \text{ m}^2$$

$$V (\text{panel}) = 19,77 \text{ V}$$

$$I (\text{panel}) = 1,48 \text{ A}$$

$$V (\text{sistem}) = 11,8 \text{ V}$$

$$I (\text{sistem}) = 0,5 \text{ A}$$

$$\text{Keluaran Air} = 300\text{ml}$$

$$\text{Status Pompa} = \text{On}$$

a) Daya Input Sistem (Pin)

$$P_{\text{in}} (\text{Sistem}) = P_{\text{out}} (\text{panel})$$

$$P_{\text{in}} (\text{sistem}) = V (\text{panel}) \times I (\text{Panel})$$

$$P_{\text{in}} (\text{sistem}) = 19,77 \text{ V} \times 1,48 \text{ A}$$

$$P_{\text{in}} (\text{sistem}) = 29,26 \text{ Watt}$$

b) Daya Output Sistem (pompa dispenser)

$$P_{\text{out}}(\text{sistem}) = V (\text{sistem}) \times I (\text{sistem})$$

$$P_{\text{out}}(\text{sistem}) = 11,8 \text{ V} \times 0,5 \text{ A}$$

$$P_{\text{out}}(\text{sistem}) = 5,9 \text{ W}$$

c) Efisiensi Sistem

$$\eta_{\text{Sistem}} = \frac{P_{\text{out Sistem}}}{P_{\text{in Sistem}}} \times 100 \%$$

$$\eta_{\text{Sistem}} = \frac{5,9 \text{ Watt}}{29,26 \text{ Watt}} \times 100 \%$$

$$\eta_{\text{Sistem}} = 20,16 \%$$

4.2.3.2 PLN

Diketahui :

$$V (\text{PLN}) = 226 \text{ V}$$

$$I (\text{PLN}) = 0,06 \text{ A}$$

$$\varphi (\text{PLN}) = 0,45$$

$$V (\text{sistem}) = 11,8 \text{ V}$$

$$I (\text{sistem}) = 0,4 \text{ A}$$

$$\text{Out air} = 300 \text{ ml}$$

$$\text{Status} = \text{On}$$

Perhitungan daya dan efisiensi adalah sebagai berikut::

a) Daya Input PLN (Pin)

$$P_{\text{in}} (\text{PLN}) = V (\text{PLN}) \times I (\text{PLN}) \times \varphi$$

$$P_{\text{in}} (\text{PLN}) = 226 \text{ V} \times 0,06 \text{ A} \times 0,45$$

$$P_{\text{in}} (\text{PLN}) = 6,102 \text{ Watt}$$

b) Daya Output Sistem (pompa dispenser)

$$P_{\text{out}}(\text{sistem}) = V (\text{sistem}) \times I (\text{sistem})$$

$$P_{\text{out}}(\text{sistem}) = 11,8 \text{ V} \times 0,4 \text{ A}$$

$$P_{\text{out}}(\text{sistem}) = 4,72 \text{ W}$$

f) Efisiensi Sistem

$$\eta_{\text{Sistem}} = \frac{P_{\text{out Sistem}}}{P_{\text{in PLN}}} \times 100 \%$$

$$\eta_{\text{Sistem}} = \frac{4,72 \text{ Watt}}{6,102 \text{ Watt}} \times 100 \%$$

$$\eta_{\text{Sistem}} = 77,35 \%$$

Tabel 4.1 Efisiensi PLN dan Panel Surya selama 1 jam

PLN			Panel Surya		
Pin (W)	Pout (W)	Efisiensi (%)	Pin (W)	Pout (W)	Efisiensi (%)
6,102	4,72	77,35169	25,6608	0	0
1,8984	0	0	29,2596	5,9	20,16432214
7,02	5,9	84,04558	25,376	0	0

Untuk menghitung efisiensi *hybrid*, maka diperlukan nilai rata rata dari efisiensi PLN dan panel surya:

$$\bar{\eta}_{\text{PLN}} = \frac{77,35\% + 0\% + 84,05\%}{3} = 53,8\%$$

$$\bar{\eta}_{\text{Panel Surya}} = \frac{0\% + 20,16\% + 0\%}{3} = 6,72\%$$

Maka efisiensi *hybrid* adalah:

$$\eta_{\text{hybrid}} = \frac{\bar{\eta}_{\text{PLN}} + \bar{\eta}_{\text{Panel Surya}}}{2}$$

$$\eta_{\text{hybrid}} = \frac{53,8\% + 6,72\%}{2}$$

$$\eta_{\text{hybrid}} = 30,26\%$$

4.2.4 Perhitungan Energi dan Biaya

4.2.4.1 PLN

a) Perhitungan Energi

Berdasarkan lampiran B2, dapat dihitung daya rata-rata yang dihasilkan oleh sistem (daya output) selama 1 jam sebagai berikut

$$\bar{P}_{out} = \frac{0,83+0,83+0,83}{3}$$

$$\bar{P}_{out} = 0,83 \text{ Watt} = 0,00083 \text{ kW}$$

Maka energi yang dihasilkan PLN adalah:

$$W_{out} = \bar{P}_{out} \times t$$

$$W_{out} = 0,00083 \text{ kW} \times 1 \text{ h}$$

$$W_{out} = 0,00083 \text{ kWh}$$

b) Perhitungan Biaya

Setelah diketahui daya yang dihasilkan PLN selama 1 jam, maka biaya yang harus dikeluarkan adalah:

$$\text{Biaya} = W_{PLN} \times \text{Rp/kWh}$$

$$\text{Biaya} = 0,00083 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.444,70/\text{kWh}$$

$$\text{Biaya} = \text{Rp } 1,20$$

4.2.4.2 Panel Surya

a) Perhitungan Energi

Berdasarkan lampiran B6, dapat dihitung daya rata-rata yang dihasilkan panel surya selama 1 jam sebagai berikut

$$\bar{P}_{\text{Panel}} = \frac{633,825+633,825+633,15+625,05+611,55+611,55}{6} \text{ ,4}$$

$$\bar{P}_{\text{Panel}} = 631,8 \text{ Watt} = 0,6318 \text{ kW}$$

Maka energi yang dihasilkan PLN adalah:

$$W_{\text{Panel}} = \bar{P}_{\text{Panel}} \times t$$

$$W_{\text{Panel}} = 0,6318 \text{ kW} \times 1 \text{ h}$$

$$W_{\text{Panel}} = 0,6318 \text{ kWh}$$

b) Perhitungan Biaya

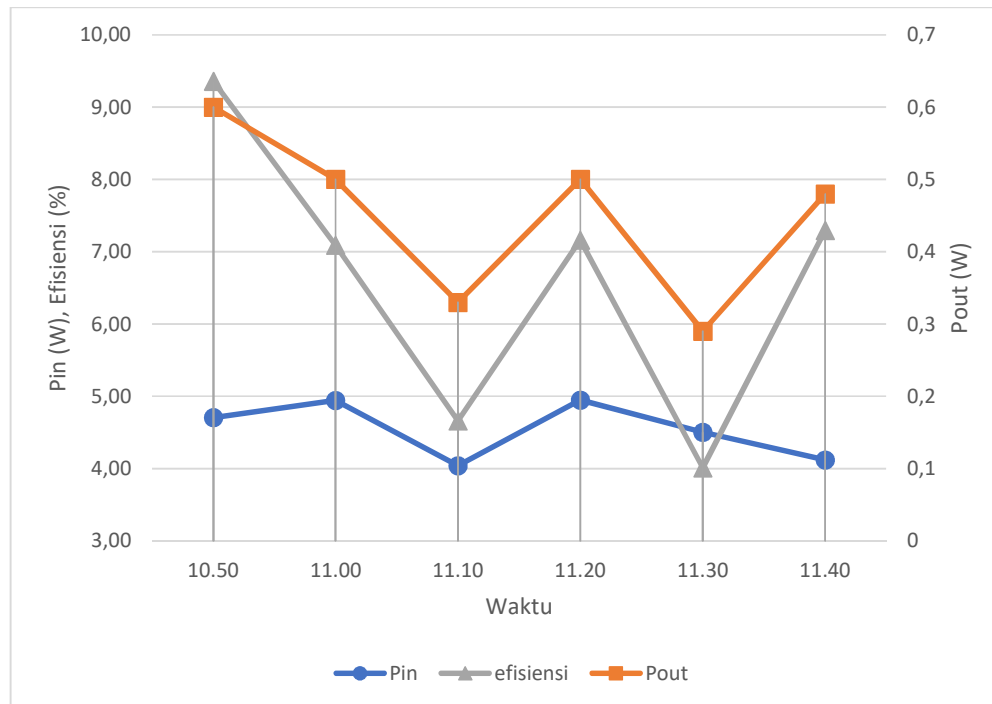
Biaya untuk panel surya, dapat dihitung berdasarkan biaya komponen yang digunakan dalam instalasi panel surya, adapun rincian komponen beserta biayanya dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Komponen dan biaya panel surya

Komponen Panel Surya	Jumlah	Harga
Panel Surya	1	650.000
MCB DC	1	70.000
Wattmeter DC	2	201.000
<i>Solar Charge Controller</i>	1	110.000
Inverter	1	990.000
LVD	1	44.000
Relay Hanaya	1	16.500
SOC Relay Hanaya	1	7.500
MCB AC	1	18.000
Aki VRLA	1	225.500
TOTAL		2.332.500

4.3 Grafik dan Pembahasan

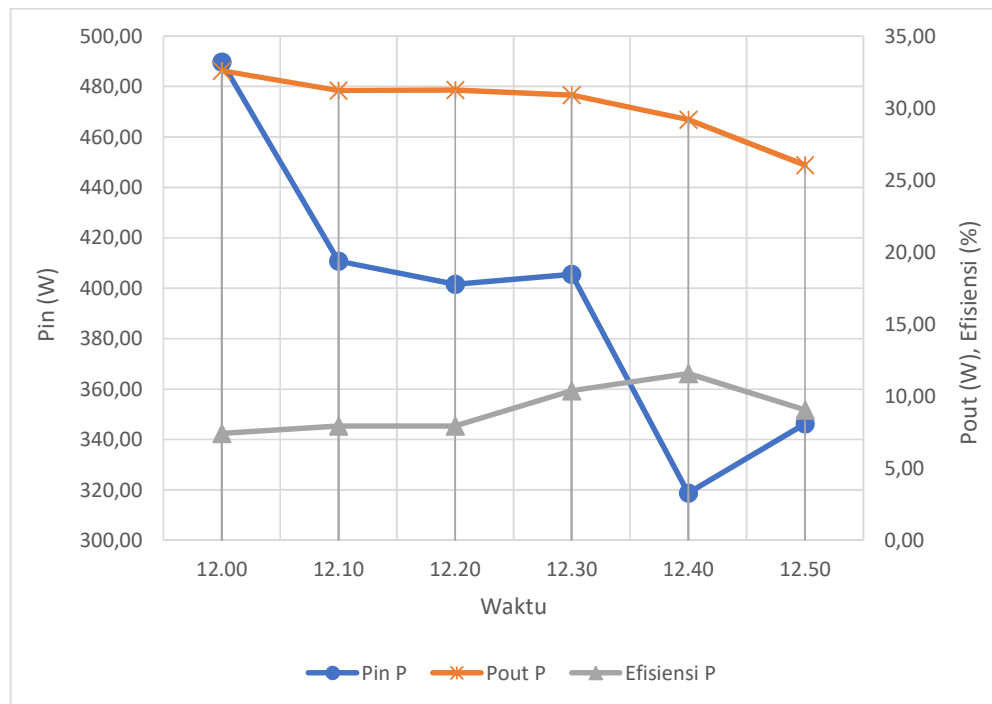
4.3.1 PLN



Gambar 4.1 Grafik hubungan rata-rata daya input, daya output dan efisiensi PLN terhadap waktu

Dari gambar 4.1 dapat dilihat hubungan antara rata-rata daya input, daya output dan efisiensi PLN terhadap waktu yaitu fluktuatif (naik/turun). Rata-rata Daya input maksimal terjadi pada pukul 11.20 dengan nilai sebesar 4,947 Watt dan nilai minimumnya terjadi pada pukul 11.10 dengan nilai sebesar 4,039 Watt. Rata-rata Daya output maksimal terjadi pada pukul 10.50 dengan nilai sebesar 0,6 Watt dan nilai minimumnya terjadi pada pukul 11.30 dengan nilai sebesar 0,29 Watt. Nilai maksimum dari rata-rata efisiensi PLN terjadi pada pukul 10.50 dengan nilai sebesar 9,35 % dan nilai minimumnya terjadi pada pukul 11.30, dengan nilai sebesar 4,01 %.

4.3.2 Panel Surya



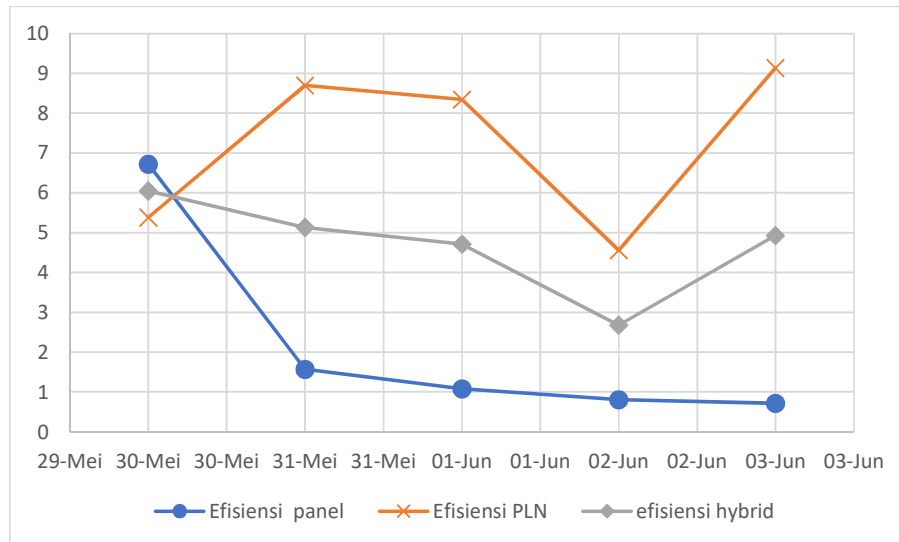
Gambar 4.2 Grafik hubungan Rata-rata daya input, daya output dan efisiensi Panel terhadap Waktu

Dari Gambar 4.2 di lihat hubungan antara rata-rata daya input panel surya terhadap waktu, dimana daya input dari panel surya cenderung berubah ubah atau tren grafiknya flukuatif (naik/turun) hal ini disebabkan karena adanya perubahan intensitas radiasi matahari atau perubahan cuaca. Nilai maksimum rata-rata daya input panel surya terjadi pada pukul 12.00 dengan daya input rata-rata sebesar 489,645 Watt dan nilai minimum rata-rata daya input panel surya terjadi pada pukul 12.40 dengan daya input rata-rata sebesar 318,87 Watt. Hubungan antara rata-rata daya output panel terhadap waktu, dimana tren grafik daya output dari panel surya cenderung menurun seiring berjalannya waktu. Nilai maksimum rata-rata daya input pompa terjadi pada pukul 12.00 dengan rata-rata daya input sebesar 32,58

Watt dan nilai minimum rata-rata daya input pompa terjadi pada pukul 12.50 dengan rata-rata daya output sebesar 26,04 Watt. Hubungan rata-rata efisiensi Panel Surya terhadap waktu, dimana efisiensi dari panel surya cenderung naik dari waktu ke waktu lalu kemudian turun di data terakhir. Nilai maksimum rata-rata efisiensi panel surya terjadi pada pukul 12.30 dengan rata-rata efisiensi sebesar 11,58 % dan nilai minimum rata-rata efisiensi panel surya terjadi pada pukul 12.00 dengan rata-rata efisiensi sebesar 7,42 %.



4.3.3 Hybrid



Gambar 4.3 Grafik rata-rata efisiensi

Dari gambar 4.3 dapat dilihat rata-rata efisiensi yaitu fluktuatif (naik/turun). Rata-rata efisiensi panel surya maksimal terjadi pada tanggal 30 Mei dengan nilai sebesar 6,72 % dan nilai minimumnya terjadi pada tanggal 03 Juni dengan nilai sebesar 0,71 %. Rata-rata efisiensi PLN maksimal terjadi pada tanggal 03 Juni dengan nilai sebesar 9,13 % dan nilai minimumnya terjadi pada tanggal 02 Juni dengan nilai sebesar 4,56 %. Rata-rata efisiensi *hybrid* energi surya dan PLN maksimal terjadi pada tanggal 30 Mei dengan nilai sebesar 6,05 % dan nilai minimumnya terjadi pada tanggal 02 Juni dengan nilai sebesar 2,68 %.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Melalui tahap dasar perancangan, perakitan dan pembuatan serta pengujian, diperoleh hasil alat pompa pengisi tabung air sistem *hybrid* energi surya dan PLN.
2. Efisiensi panel surya dipengaruhi oleh besar kecilnya intensitas matahari atau kondisi cuaca, sedangkan untuk efisiensi PLN dipengaruhi oleh arus, tegangan dan $\cos \phi$. Efisiensi *hybrid* tertinggi yaitu 6,05% dengan efisiensi panel 6,72% dan PLN 5,38%. Sedangkan efisiensi *hybrid* terendah yaitu 2,68% dengan efisiensi panel 0,80% dan PLN 4,56%.
3. Pengujian pompa pengisi tabung air sistem *hybrid* energi surya dan PLN menunjukkan keberhasilan dalam penghematan energi PLN sebesar 0,00083 kWh dan biaya listrik PLN sebesar Rp1,20.

5.2 SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan guna pengembangan tugas akhir ini kedepannya yaitu:

1. Penelitian selanjutnya diperlukan analisis bagian dispenser secara menyeluruh (bagian pemanas dan pendingin) menggunakan energi surya

DAFTAR PUSTAKA

- Afrilian S.H. (2011). *Alat Otomatisasi Kran dan pemanas air dispenser berbasis mikrokontroler Atmega 8535*. Skripsi. Tidak diterbitkan.Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya: Malang.
- Al Hakim, Rosyid Ridho. (2020). *Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia: Literatur Review*. Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Vol.1,No.1, 1-9. Diakses 20 September 2022, dari Universitas Jenderal Soedirman.
- Husnaini, Irma., Ananda, Ilham Khairul. (2021). *Sistem Kendali Level Ketinggian Air dengan Controller PID Menggubakan Arduino Mega 2560 dan Antarmuka Visual Basic 6.0*. Jurnal Teknik Elektro Indonesia, 235-236. Diakses 20 September 2022, dari Universitas Negeri padang.
- Jusuf Tedjo.(2010). Listrik Sel Surya sebagai Energi Alternatif, Surabaya,Jawa Pos
- Kelas Pintar.(2020). *Apa itu Sumber Energi Konvensional dan Jenisnya?*. Diakses pada 20 September 2022 dari <https://www.kelaspintar.id/blog/tips-pintar/apa-itu-sumber-energi-konvensional-dan-jenisnya-8847/>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2021, Mei 10). Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Retrieved from Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi: <https://migas.esdm.go.id/>

Kementrian ESDM dan PLN. (2023). *Tarif Listrik per kWh tahun 2023 untuk golongan non subsidi*. diakses pada 01 juni 2023 dari <https://berita.99.co/daftar-harga-listrik-per-kwh/>

Khan, H., Khan, I., & Binh, T. T. (2020). *The heterogeneity of renewable energy consumption, carbon emission and financial development in the globe: A panel quantile regression approach*. Energy Reports, 859-867

Republik Indonesia. (2017). Peraturan Presiden No 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia

Silitonga, A.S dan Ibrahim Husin.(2020).*Buku Ajar Energi Baru & Terbarukan*. Yogyakarta: DEEPUBLISH

Statistik PLN.(2021). *STATISTIK PLN, Data Tahunan 2020*.

Tania.(2017). *ENERGI KONVENSIONAL*. diakses pada 20 September 2022 dari <https://infostudikimia.blogspot.com/2017/09/e16-tania-proyeka03-energi-konvensional.html>

Utami Priska Restu, Widyastuti dan Wijayanti Mariza. (2022). *ANALISA PERHITUNGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK TAMAN MARKISA DI WILAYAH RT 01/ RW 08 KELURAHAN MAMPANG, PANCORAN MAS, KOTA DEPOK*. Jurnal ISSN: 2829-0496, Hal. 42-49.

Diakses 12 Agustus 2023, dari Jurnal Abdi Masyarakat Multidisiplin

Widayana, Gede. (2012).*PEMANFAATAN ENERGI SURYA*. Jurnal ISSN 0216-3241, 35-45. Diakses 1 Oktober 2022, dari Universitas UNDIKSHA.

L

A

M

P

I

R

A

N



LAMPIRAN A

LAMPIRAN A1

Tabel data hasil pengujian PLN

Tanggal 30 Mei 2023

Waktu	Daya Input			Daya Output			
	V _{in} (V)	I _{in} (A)	ϕ	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air (ml)	Status
10.50	229	0,06	0,41	11,9	0,11	300ml	on
11.00	229	0,06	0,42	11,8	0,05	300ml	on
11.10	228	0,02	0,42	0	0	300ml	off
11.20	228	0,06	0,52	11,8	0,05	300ml	on
11.30	228	0,02	0,42	0	0	300ml	off
11.40	229	0,06	0,52	11,8	0,05	300ml	on

LAMPIRAN A2

Tabel data hasil pengujian PLN

Tanggal 31 Mei 2023

Waktu	Daya Input			Daya Output			
	V _{in} (V)	I _{in} (A)	ϕ	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air (ml)	Status
14.20	225	0,06	0,53	11,9	0,07	300ml	on
14.30	226	0,02	0,42	0	0	300ml	off
14.40	226	0,06	0,54	11,9	0,07	300ml	on
14.50	226	0,02	0,42	0	0	300ml	off
15.00	226	0,06	0,54	11,9	0,07	300ml	on
15.10	226	0,02	0,42	0	0	300ml	off

LAMPIRAN A3

Tabel data hasil pengujian PLN

Tanggal 01 Juni 2023

Waktu	Daya Input			Daya Output			
	V _{in} (V)	I _{in} (A)	ϕ	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air (ml)	Status
10.50	234	0,02	0,43	0	0	300ml	off
11.00	233	0,07	0,5	11,9	0,08	300ml	on
11.10	233	0,02	0,43	0	0	300ml	off
11.20	223	0,06	0,51	11,9	0,08	300ml	on
11.30	223	0,02	0,42	0	0	300ml	off
11.40	223	0,05	0,51	11,9	0,07	300ml	on

LAMPIRAN A4

Tabel data hasil pengujian PLN

Tanggal 02 Juni 2023

Waktu	Daya Input			Daya Output			
	V _{in} (V)	I _{in} (A)	ϕ	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air (ml)	Status
10.50	224	0,06	0,52	11,9	0,07	300ml	on
11.00	224	0,02	0,42	0	0	300ml	off
11.10	224	0,06	0,52	11,9	0,07	300ml	on
11.20	224	0,02	0,42	0	0	300ml	off
11.30	224	0,06	0,51	11,9	0,05	300ml	on
11.40	224	0,02	0,42	0	0	300ml	off

LAMPIRAN A5

Tabel data hasil pengujian PLN

Tanggal 03 Juni 2023

Waktu	Daya Input			Daya Output			
	V _{in} (V)	I _{in} (A)	ϕ	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air (ml)	Status
10.50	234	0,02	0,43	0	0	300ml	off
11.00	234	0,06	0,5	11,9	0,08	300ml	on
11.10	234	0,02	0,42	0	0	300ml	off
11.20	234	0,06	0,5	11,9	0,08	300ml	on
11.30	234	0,02	0,42	0	0	300ml	off
11.40	234	0,06	0,5	11,9	0,08	300ml	on

LAMPIRAN A6

Tabel data hasil pengujian Panel Surya

Tanggal 30 Mei 2023

Waktu	Daya Input			Daya Output				A (m ²)
	Intensitas cahaya (W/m ²)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air (ml)	Status Pompa	
12.00	939	18,05	2,48	11,8	0,5	300	on	0,675
12.10	939	19,10	1,7	0	0	300	off	0,675
12.20	938	19,72	2,05	11,8	0,48	300	on	0,675
12.30	926	19,36	1,46	0	0	300	off	0,675
12.40	906	19,44	1,51	11,8	0,4	300	on	0,675
12.50	968	19,05	1,25	0	0	300	off	0,675

LAMPIRAN A7

Tabel data hasil pengujian Panel Surya

Tanggal 31 Mei 2023

Waktu	Daya Input			Daya Output				A (m ²)
	Intensitas cahaya (W/m ²)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air (ml)	Status Pompa	
12.00	823	19,33	0,59	0	0	300	off	0,675
12.10	745	19,12	1,28	11,9	0,5	300	on	0,675
12.20	580	19,19	1,05	11,9	0,5	300	on	0,675
12.30	704	19,41	1,01	0	0	300	off	0,675
12.40	518	18,29	1,46	11,9	0,3	300	on	0,675
12.50	256	13,27	1,18	0	0	300	off	0,675

LAMPIRAN A8

Tabel data hasil pengujian Panel Surya

Tanggal 01 Juni 2023

Waktu	Daya Input			Daya Output				A (m ²)
	Intensitas cahaya (W/m ²)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air (ml)	Status Pompa	
12.00	985	13,29	2,91	11,9	0,84	300	on	0,675
12.10	630	12,57	3,54	0	0	300	off	0,675
12.20	524	13,77	2,94	11,9	0,7	300	on	0,675
12.30	475	13,98	2,54	0	0	300	off	0,675
12.40	353	13,91	2,35	11,9	0,7	300	on	0,675
12.50	331	14,63	1,77	0	0	300	off	0,675

LAMPIRAN A9

Tabel data hasil pengujian Panel Surya

Tanggal 02 Juni 2023

Waktu	Daya Input			Daya Output				A (m ²)
	Intensitas cahaya (W/m ²)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air (ml)	Status Pompa	
12.00	377	12,28	1,75	0	0	300	off	0,675
12.10	151	12,04	0,61	11,9	0,5	300	on	0,675
12.20	130	11,88	0,58	0	0	300	off	0,675
12.30	46	11,46	0,57	11,9	0,4	300	on	0,675
12.40	55	11,46	0,57	0	0	300	off	0,675
12.50	149	11,73	1,02	11,9	0,6	300	on	0,675

LAMPIRAN A10

Tabel data hasil pengujian Panel Surya

Tanggal 03 Juni 2023

Waktu	Daya Input			Daya Output				A (m ²)
	Intensitas cahaya (W/m ²)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air (ml)	Status Pompa	
12.00	503	13,24	3,52	11,9	0,8	300	on	0,675
12.10	578	13,44	3,52	0	0	300	off	0,675
12.20	803	13,74	3,52	11,9	0,8	300	on	0,675
12.30	853	15,95	4,05	0	0	300	off	0,675
12.40	530	14,65	3,46	11,9	0,8	300	on	0,675
12.50	861	17,99	2,94	0	0	300	off	0,675



LAMPIRAN A11

Tabel data hasil pengujian *Hybrid*

Tanggal 30 Mei 2023

Waktu	Daya Input (PLN)				Daya Input (Panel Surya)				Daya Output			
	V _{in} PLN (V)	I _{in} PLN (A)	ϕ	Ket	Intensitas cahaya (W/m ²)	V _{in} Panel (V)	I _{in} Panel (A)	Ket	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air ml	Status
13.10	0	0	0	off	898	19,44	1,32	on	0	0	300	off
13.20	0	0	0	off	848	19,77	1,48	on	11,8	0,5	300	on
13.30	0	0	0	off	897	19,52	1,3	on	0	0	300	off
13.40	226	0,06	0,45	on	0	0	0	off	11,8	0,4	300	on
13.50	226	0,02	0,42	on	0	0	0	off	0	0	300	off
14.00	225	0,06	0,52	on	0	0	0	off	11,8	0,5	300	on

LAMPIRAN A12

Tabel data hasil pengujian *Hybrid*

Tanggal 31 Mei 2023

Waktu	Daya Input (PLN)				Daya Input (Panel Surya)				Daya Output			
	V _{in} PLN (V)	I _{in} PLN (A)	ϕ	Ket	Intensitas cahaya (W/m ²)	V _{in} Panel (V)	I _{in} Panel (A)	Ket	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air ml	Status
13.10	0	0	0	off	155	13,08	0,59	on	0	0	300	off
13.20	0	0	0	off	149	12,85	0,59	on	11,9	0,03	300	on
13.30	0	0	0	off	166	13,01	0,59	on	0	0	300	off
13.40	226	0,06	0,54	on	0	0	0	off	11,8	0,09	300	on
13.50	227	0,02	0,42	on	0	0	0	off	0	0	300	off
14.00	226	0,06	0,53	on	0	0	0	off	11,9	0,07	300	on

LAMPIRAN A13

Tabel data hasil pengujian *Hybrid*

Tanggal 01 Juni 2023

Waktu	Daya Input (PLN)				Daya Input (Panel Surya)				Daya Output			
	V _{in} PLN (V)	I _{in} PLN (A)	ϕ	Ket	Intensitas cahaya (W/m ²)	V _{in} Panel (V)	I _{in} Panel (A)	Ket	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air ml	Status
13.10	0	0	0	off	770	19,52	1,31	on	0	0	300	off
13.20	0	0	0	off	751	19,42	1,42	on	11,9	0,075	300	on
13.30	0	0	0	off	628	19,07	1,11	on	0	0	300	off
13.40	233	0,06	0,51	on	0	0	0	off	11,9	0,08	300	on
13.50	233	0,02	0,42	on	0	0	0	off	0	0	300	off
14.00	233	0,06	0,51	on	0	0	0	off	11,9	0,07	300	on

LAMPIRAN A14

Tabel data hasil pengujian *Hybrid*

Tanggal 02 Juni 2023

Waktu	Daya Input (PLN)				Daya Input (Panel Surya)				Daya Output			
	V _{in} PLN (V)	I _{in} PLN (A)	ϕ	Ket	Intensitas cahaya (W/m ²)	V _{in} Panel (V)	I _{in} Panel (A)	Ket	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air ml	Status
13.10	0	0	0	off	528	13,51	5,42	on	11,9	0,7	300	on
13.20	0	0	0	off	860	13,71	4,82	on	0	0	300	off
13.30	0	0	0	off	930	13,92	4,7	on	11,9	0,7	300	on
13.40	223	0,02	0,42	on	0	0	0	off	0	0	300	off
13.50	223	0,06	0,52	on	0	0	0	off	11,9	0,8	300	on
14.00	223	0,02	0,42	on	0	0	0	off	0	0	300	off

LAMPIRAN A15

Tabel data hasil pengujian *Hybrid*

Tanggal 03 Juni 2023

Waktu	Daya Input (PLN)				Daya Input (Panel Surya)				Daya Output			
	V _{in} PLN (V)	I _{in} PLN (A)	ϕ	Ket	Intensitas cahaya (W/m ²)	V _{in} Panel (V)	I _{in} Panel (A)	Ket	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Out air ml	Status
13.10	0	0	0	off	763	19,02	1,71	on	0	0	300	off
13.20	0	0	0	off	792	20,09	2,21	on	11,9	0,08	300	on
13.30	0	0	0	off	879	19,28	1,24	on	0	0	300	off
13.40	232	0,06	0,5	on	0	0	0	off	11,9	0,08	300	on
13.50	232	0,02	0,42	on	0	0	0	off	0	0	300	off
14.00	231	0,06	0,5	on	0	0	0	off	11,9	0,08	300	on

LAMPIRAN B

LAMPIRAN B1

Tabel Hasil Analisa Data PLN

Tanggal 30 Mei 2023

Waktu	P _{in} (W)	P _{out} (W)	Efisiensi (%)	Status Pompa
10.50	5,6334	1,31	23,23641	on
11.00	5,7708	0,59	10,22389	on
11.10	1,9152	0,00	0	off
11.20	7,1136	0,59	8,293972	on
11.30	1,9152	0,00	0	off
11.40	7,1448	0,59	8,257754	on

LAMPIRAN B2

Tabel Hasil Analisa Data PLN

Tanggal 31 Mei 2023

Waktu	P _{in} (W)	P _{out} (W)	Efisiensi (%)	Status Pompa
14.20	7,155	0,83	11,64221	on
14.30	1,8984	0,00	0	off
14.40	7,3224	0,83	11,37605	on
14.50	1,8984	0,00	0	off
15.00	7,3224	0,83	11,37605	on
15.10	1,8984	0,00	0	off

LAMPIRAN B3

Tabel Hasil Analisa Data PLN

Tanggal 01 Juni 2023

Waktu	P _{in} (W)	P _{out} (W)	Efisiensi (%)	Status Pompa
10.50	2,0124	0,00	0	off
11.00	8,155	0,95	11,67382	on
11.10	2,0038	0,00	0	off
11.20	6,8238	0,95	13,95117	on
11.30	1,8732	0,00	0	off
11.40	5,6865	0,83	14,64873	on

LAMPIRAN B4

Tabel Hasil Analisa Data PLN

Tanggal 02 Juni 2023

Waktu	P _{in} (W)	P _{out} (W)	Efisiensi (%)	Status Pompa
10.50	6,9888	0,83	11,91907	on
11.00	1,8816	0,00	0	off
11.10	6,9888	0,83	11,91907	on
11.20	1,8816	0,00	0	off
11.30	6,8544	0,60	8,680556	on
11.40	1,8816	0,00	0	off

LAMPIRAN B5

Tabel Hasil Analisa Data PLN

Tanggal 03 Juni 2023

Waktu	P _{in} (W)	P _{out} (W)	Efisiensi (%)	Status Pompa
10.50	2,0124	0,00	0	off
11.00	7,02	0,95	13,56125	on
11.10	1,9656	0,00	0	off
11.20	7,02	0,95	13,56125	on
11.30	1,9656	0,00	0	off
11.40	7,02	0,95	13,56125	on

LAMPIRAN B6

Tabel Hasil Analisa Data Panel Surya

Tanggal 30 Mei 2023

Waktu	Panel Surya			Sistem (Pompa Dispenser)			
	P _{in} P (W)	P _{out} P (W)	Efisiensi P (%)	P _{in} S (W)	P _{out} S (W)	Efisiensi S (%)	Status Pompa
12.00	633,825	44,76	7,06252	44,764	5,9	13,18023	on
12.10	633,825	32,47	5,12287	32,47	0	0	off
12.20	633,15	40,43	6,3849	40,426	5,664	14,01079	on
12.30	625,05	28,27	4,52213	28,2656	0	0	off
12.40	611,55	29,35	4,8	29,3544	4,72	16,07936	on
12.50	653,4	23,81	3,6444	23,8125	0	0	off

LAMPIRAN B7

Tabel Hasil Analisa Data Panel Surya

Tanggal 31 Mei 2023

Waktu	Panel Surya			Sistem (Pompa Dispenser)			
	P _{in} P (W)	P _{out} P (W)	Efisiensi P (%)	P _{in} S (W)	P _{out} S (W)	Efisiensi S (%)	Status Pompa
12.00	555,525	11,40	2,05296	11,4047	0	0	off
12.10	502,875	24,47	4,86674	24,4736	5,95	24,31191	on
12.20	391,5	20,15	5,14674	20,1495	5,95	29,52927	on
12.30	475,2	19,60	4,12544	19,6041	0	0	off
12.40	349,65	26,70	7,63718	26,7034	3,57	13,36908	on
12.50	172,8	15,66	9,06169	15,6586	0	0	off

LAMPIRAN B8

Tabel Hasil Analisa Data Panel Surya

Tanggal 01 Juni 2023

Waktu	Panel Surya			Sistem (Pompa Dispenser)			
	P _{in} P (W)	P _{out} P (W)	Efisiensi P (%)	P _{in} S (W)	P _{out} S (W)	Efisiensi S (%)	Status Pompa
12.00	664,875	38,67	5,81672	38,67	9,996	25,84689	on
12.10	425,25	44,50	10,4639	44,4978	0	0	off
12.20	353,7	40,48	11,4458	40,4838	8,33	20,57613	on
12.30	320,625	35,51	11,075	35,5092	0	0	off
12.40	238,275	32,69	13,7188	32,6885	8,33	25,48297	on
12.50	223,425	25,90	11,5901	25,8951	0	0	off

LAMPIRAN B9

Tabel Hasil Analisa Data Panel Surya

Tanggal 02 Juni 2023

Waktu	Panel Surya			Sistem (Pompa Dispenser)			
	P _{in} P (W)	P _{out} P (W)	Efisiensi P (%)	P _{in} S (W)	P _{out} S (W)	Efisiensi S (%)	Status Pompa
12.00	254,475	21,49	8,44484	21,49	0	0	off
12.10	101,925	7,34	7,20569	7,3444	5,95	81,01411	on
12.20	87,75	6,89	7,85231	6,8904	0	0	off
12.30	31,05	6,53	21,0377	6,5322	4,76	72,86978	on
12.40	37,125	6,53	17,5952	6,5322	0	0	off
12.50	100,575	11,96	11,8962	11,9646	7,14	59,67604	on

LAMPIRAN B10

Tabel Hasil Analisa Data Panel Surya

Tanggal 03 Juni 2023

Waktu	Panel Surya			Sistem (Pompa Dispenser)			
	P _{in} P (W)	P _{out} P (W)	Efisiensi P (%)	P _{in} S (W)	P _{out} S (W)	Efisiensi S (%)	Status Pompa
12.00	339,525	46,60	13,7265	46,6048	9,52	20,42708	on
12.10	390,15	47,31	12,1258	47,3088	0	0	off
12.20	542,025	48,36	8,92298	48,3648	9,52	19,68374	on
12.30	575,775	64,60	11,2192	64,5975	0	0	off
12.40	357,75	50,69	14,1688	50,689	9,52	18,7812	on
12.50	581,175	52,89	9,10063	52,8906	0	0	off

LAMPIRAN B11

Tabel Hasil Analisa Data *Hybrid*

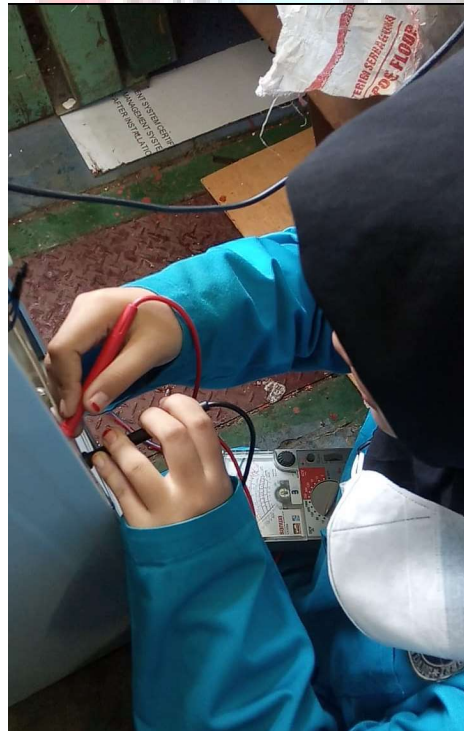
Tanggal 30 Mei - 3 Juni 2023

Tanggal	Efisiensi PLN (%)	Efisiensi panel (%)	Efisiensi hybrid (%)
30-Mei	5,37991	6,721441	6,05067
31-Mei	8,69805	1,56961	5,13383
01-Jun	8,34526	1,078821	4,71204
02-Jun	4,56096	0,803612	2,68229
03-Jun	9,13851	0,714732	4,92662



LAMPIRAN C
DOKUMENTASI KEGIATAN

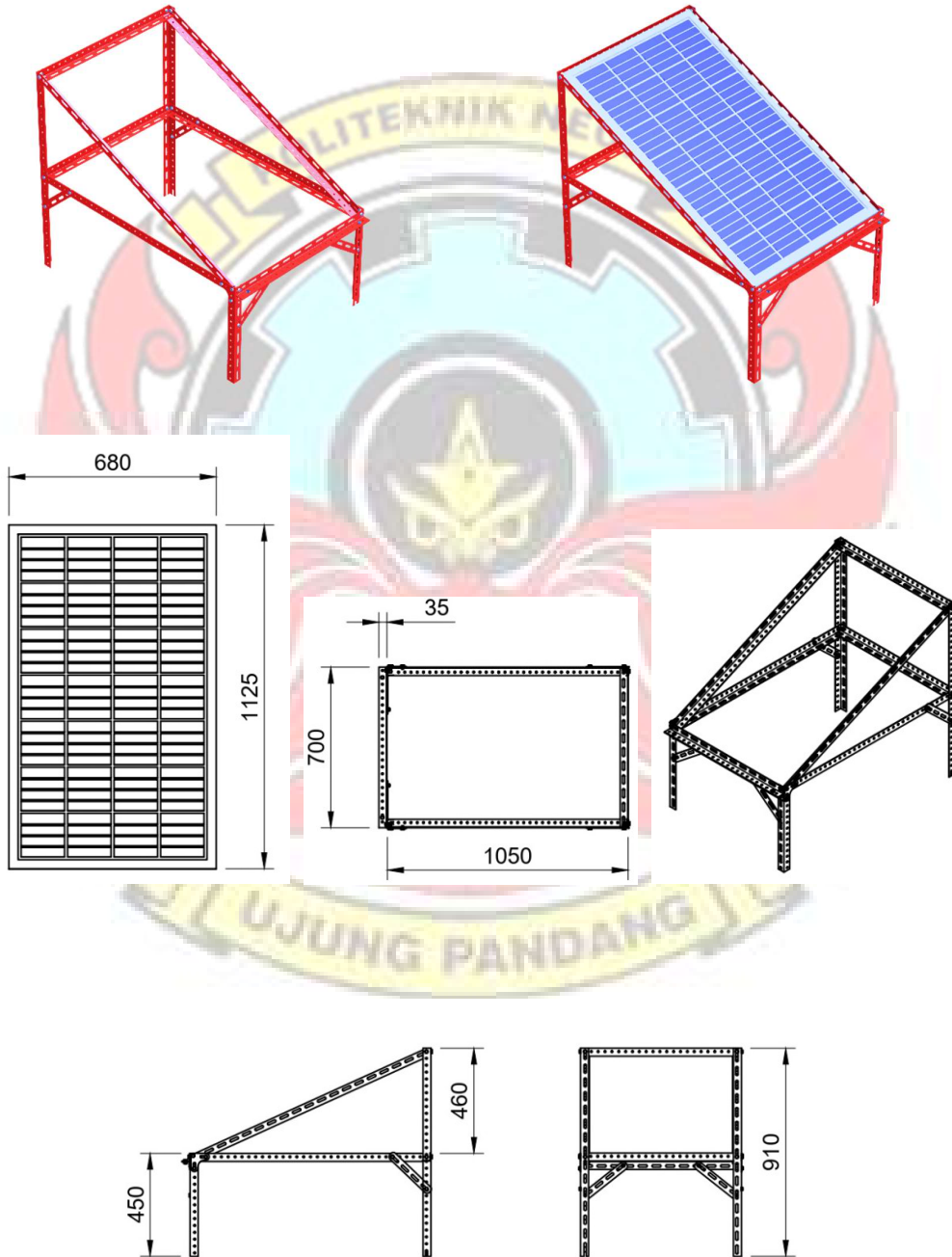






LAMPIRAN D
GAMBAR RANCANG BANGUN

- Rangka Panel Surya



- Bagian dispenser *hybrid* Panel Surya dan PLN

