

Rancang Bangun Trainer PLTS On Grid dan Off Grid Sebagai Penunjang Praktikum

Muzni Sahar^a, Mardhatillah Hayati^b, Syahrizal^c, Arif Gunawan^d, Alfizah^e

^aProgram Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknologi Industri, Politeknik Caltex Riau, muzni@pcr.ac.id

^bProgram Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknologi Industri, Politeknik Caltex Riau, mardhatillah.hayati@alumni.pcr.ac.id

^cProgram Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknologi Industri, Politeknik Caltex Riau, ijah@pcr.ac.id

^dProgram Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknologi Industri, Politeknik Caltex Riau, agun@pcr.ac.id

^eProgram Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknologi Industri, Politeknik Caltex Riau, alfizah20tl@mahasiswa.pcr.ac.id

Submitted: 29-04-2024, Reviewed: 10-05-2024, Accepted 09-06-2024
<https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i3.1373>

Abstract

Solar Power generation is a change to renewable energy system that provides electrical energy output with input of heat energy from the sun that enters through solar cells. In general, learning about PLTS during practicum is sometimes difficult because there is no media that can be used. This often becomes a problem during practicum, with limited modules and usually using only one method. In this research, a PLTS trainer design was created which has two systems namely On Grid and Off Grid as Practicum Support. Where the purpose of this research is to make it easy for students to understand the differences between the two systems and the operation of the PLTS. In the On Grid system, the output of the inverter can be connected directly to the public electricity grid, in this case PLN by using a Grid Tie inverter which has synchronization in it. And also in this on grid system does not use a battery to store its power reserves. Meanwhile, it is different from an off-grid system, which uses a battery and cannot be connected directly to the public electricity network. Testing is carried out with 2 different loads on each system. In the Off Grid system the resulting voltage is 223.60 Volts and in the On Grid System is 236.83 Volts. It can be concluded that the PLTS system designed Off Grid and On Grid can run well.

Keywords: PLTS, On Grid, Off Grid, Practicum Trainer

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah suatu perubahan sistem energi terbarukan yang memberi output energi listrik dengan input energi panas dari matahari yang masuk melalui solar cell. Pada umumnya pembelajaran mengenai PLTS ini pada saat praktikum terkadang sulit karena tidak ada media yang bisa digunakan. Sering kali menjadi salah satu masalah pada saat praktikum, dengan modul seadanya dan biasanya menggunakan salah satu metode saja. Pada penelitian ini dibuat sebuah rancang bangun trainer PLTS yang terdapat dua sistem yakni On Grid dan Off Grid sebagai penunjang praktikum. Dimana tujuan dari penelitian ini untuk memberikan kemudahan bagi mahasiswa untuk memahami perbedaan sistem keduanya dan pengoperasian PLTS tersebut. Dalam sistem On Grid, output inverter dapat terhubung langsung dengan jaringan listrik umum, dalam hal ini PLN dengan menggunakan inverter Grid Tie yang memiliki sinkronisasi didalamnya. Dan juga dalam sistem on grid ini tidak menggunakan battery untuk menyimpan cadangan dayanya. Sementara berbeda dengan sistem off grid, yang memanfaatkan battery dan tidak dapat terhubung langsung dengan jaringan listrik umum. Pengujian dilakukan dengan 2 Beban yang berbeda pada tiap sistem. Pada sistem Off Grid tegangan yang dihasilkan sebesar 223,60 Volt dan pada Sistem On Grid adalah 236,83 Volt. Dapat diambil kesimpulan bahwa sistem plts yang dirancang Off Grid dan On Grid ini dapat berjalan dengan Baik.

Keywords: On Grid; Off Grid; Trainer Praktikum

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license



PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak pada garis khatulistiwa, dengan bermacam – macam kekayaan alamnya yang mampu diolah sebagai pembangkit terutama pembangkit tenaga listrik berbasis surya atau matahari [1] - [2]. Sumber energi listrik terbarukan sebagai pendorong kehidupan manusia. Sehingga dibutuhkan kebutuhan alam dalam menggunakan sumber dari listrik dan energi baru dan terbarukan[3].

Banyak system yang berbasis sumber energi salah satunya PLTS yang dimanan pembangkit yang memanfaatkan sinar dari matahari sebagai

sumber energy utamanya [4]. Selain itu, energi matahari juga diakui sebagai sumber energi yang andal dan ramah lingkungan serta dapat didesentralisasikan untuk meningkatkan ketersediaan energi di daerah terpencil. Oleh karena itu, pembangkit listrik tenaga surya menjadi salah satu prioritas pengembangan sektor energi Indonesia [5].

Pada permasalahan krisis energi yang dipaparkan sebelumnya, dalam menggunakan energi baru dan terbarukan menjadi upaya yang baik. Energi baru dan terbrukan sendiri merupakan energi yang dapat diperbaiki secara cepat dan kembali secara alami melalui proses yang berlanjut.

Salah satunya yaitu energi matahari melalui Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [6]. Macam – macam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini, baik untuk sistem yang langsung tersambung ke jaringan listrik PLN (On Grid) maupun sistem yang berdiri sendiri atau tidak langsung terhubung ke jaringan listrik PLN (Off Grid) [7].

Upaya meningkatkan penggunaan manfaat dari energi baru dan terbarukan ini yaitu menjadi topic penting dari penelitian ini. Energi matahari adalah salah satu sumber kelimpahan pada bagian baru terbarukan yang ada di Indonesia. Solar photovoltaic system (PV) pada PLTS adalah jenis pembangkit listrik yang diperoleh dari tenaga surya dan saat ini banyak dikembangkan. Hal ini dikarenakan energi ini bagus, tanpa memerlukan bahan bakar dan dapat diandalkan. [8] - [9] - [10] - [11].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS merupakan salah satu pengaplikasian dalam memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi listrik, dengan memakai teknologi sel surya (fotovoltaik). Dalam instalasi pembangkit listrik tenaga surya, ada empat komponen penting yang terpasang agar PLTS dapat berfungsi secara baik yaitu: (1) Panel surya, merupakan komponen paling penting yang harus ada dalam PLTS yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik; (2) Solar Charge Controller (SCC) merupakan komponen yang mendukung untuk mengatur *charging* dan *discharging* di baterai dengan kontrol energi yang dapat terisi ke baterai. Tahapan selanjutnya oleh panel surya dan berapa besar pelepasan energi tersebut ke beban. (3) Baterai, merupakan komponen yang juga mendukung untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya; (4) Inverter adalah perangkat listrik yang berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC) [12].

Semakin buruknya kondisi bumi yang mengakibatkan kerusakan pada lapisan ozon yang menghasilkan polusi udara akibat penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan sehingga matahari sangat penting dalam penggunaannya. Media pembelajaran untuk sistem PLTS ini masih sangat sedikit. Maka dari itu dirancang sebuah modul praktikum yang dapat menunjang pengetahuan dan sistem pembelajaran kedepannya. [13].

Dalam pelaksanaan praktikum di program studi teknik listrik politeknik Caltex riau, belum ada modul praktikum energi surya yang komponennya terintegrasi antara tiap komponen yang menyusun sebuah pembangkit listrik tenaga surya. Sehingga menyulitkan mahasiswa ketika mempelajari mengenai energi terbarukan khususnya energi

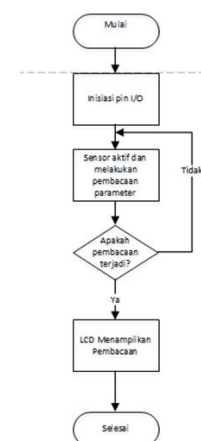
surya. Untuk itu penulis mengangkat permasalahan tersebut menjadi sebuah judul pelaksanaan proyek akhir yang mana diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan tersebut. Harapannya mahasiswa program studi teknik listrik dapat mempelajari sistem pembangkit tenaga surya dengan mudah dikarenakan komponennya sudah terintegrasi dan rangkaiannya dapat dilepas pasang, sehingga dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap sistem yang ada pada PLTS.

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini adalah dengan melakukan pengujian alat yang telah dibuat untuk pengambilan data dengan studi literatur dari penelitian terdahulu sebagai acuan untuk menentukan variabel dari penelitian. Langkah awal penelitian yaitu melakukan perancangan sistem, perancangan desain rangkaian, dan perancangan mekanik/*hardware* sehingga memperoleh alat dan sistem yang dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan peneliti.

2.1. Perancangan Sistem

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan tahapan pengambilan data yang menggunakan studi literatur dari penelitian sebelumnya sebagai referensi. Perancangan Sistem Flowchart ini dilakukan untuk menjelaskan proses atau tahapan alur pada pemograman pada mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Uno. Flowchart penelitian dapat dilihat dari gambar 1.



Gambar 1. Perancangan Sistem Flowchart

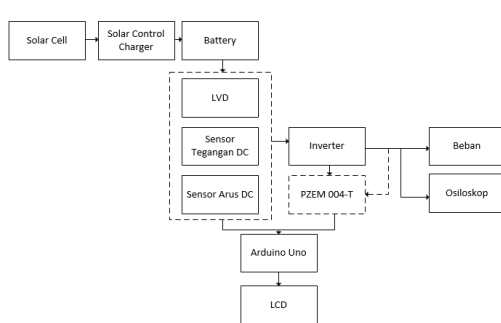
Pada gambar 1. diatas dapat dilihat flowchart atau alur kerja pemograman yang ada pada proyek akhir. Pemograman yang ada dalam proyek akhir ini berfungsi sebagai pembacaan parameter yang terukur dari sensor yang digunakan. Seperti sensor Tegangan DC, Arus DC juga PZEM 004-T yang bertugas sebagai sensor parameter sisi AC.

Proses pembacaan parameter ini dimulai dengan inisiasi pin input/output oleh mikrokontroler

dalam hal ini adalah Arduino Uno. Kemudian sensor akan aktif sesuai dengan apa yang diinginkan ketika mendapat supply dari input supply nya. Setelah sensor aktif jika pembacaan berhasil dilakukan maka data hasil pengukuran dan pembacaan akan ditampilkan pada LCD. Namun jika tidak terjadi pembacaan dari parameter yang diinginkan, maka mikrokontroler akan mengulang untuk inisiasi input/outputnya.

2.2 Perancangan Perangkat Keras

Untuk mengetahui prinsip kerja alat yang digunakan, perlu adanya pembuatan perangkat keras/*hardware* menggunakan blok diagram. Untuk dua jenis sistem PLTS yaitu sistem On grid dan sistem Off grid. Blok diagram akan ditunjukkan pada Gambar 2. dan Gambar 3.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem PLTS Off grid

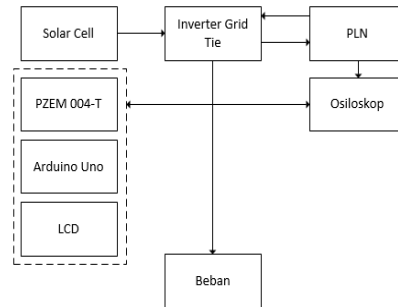
Dari gambar 2. dapat dilihat sistem perancangan dari alat yang akan dibuat pada rancang bangun modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya dengan sistem yang dapat dipilih sistem on grid dan sistem off grid. Tahapan pertama kerja sistem ini adalah solar panel akan menyerap panas dari matahari kemudian akan mengubah panas dan mengeluarkan listrik dc. Kemudian akan terhubung menuju solar control charger.

Solar control charger berfungsi untuk mengatur dan pengontrolan arus yang masuk ke baterai. Sehingga tidak terjadi kerusakan pada baterai karena pengisian yang berlebihan atau tidak sempurna. Battery dihubungkan juga menuju solar control charger pada koneksi battery. Output dari battery akan masuk menuju inverter guna mengubah tegangan dc menjadi ac agar dapat digunakan pada beban beban ac.

Untuk parameter pengukuran menggunakan sensor tegangan dan arus PZEM 004-T yang terkoneksi dengan keluaran atau output dari inverter sebelum ke beban. Gunanya adalah untuk mengetahui seberapa besar output tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya kemudian diubah menjadi tegangan dan arus ac dari inverter. Pengukuran yang terjadi pada sensor pzem 004-T ini akan diteruskan menuju mikrokontroler

Arduino Uno untuk mengambil data hasil pengukuran dari sensor pzem 004t. Kemudian pada Arduino juga akan terkoneksi modul LCD yang dapat menampilkan hasil pembacaan pengukuran secara realtime.

Pada penjelasan diatas merupakan sistem PLTS yang dipilih adalah off grid. Dikarenakan perancangan modul ini untuk praktikum, maka users dapat memilih sistem PLTS apa yang akan digunakan atau dipelajari.

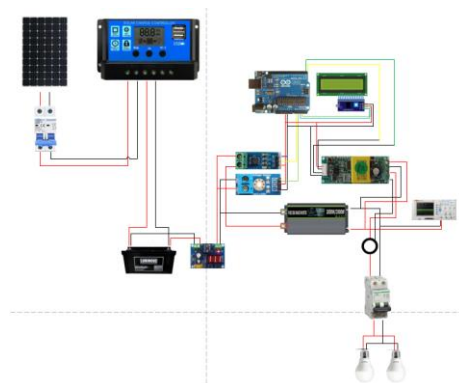


Gambar 3. Blok Diagram Sistem PLTS On grid

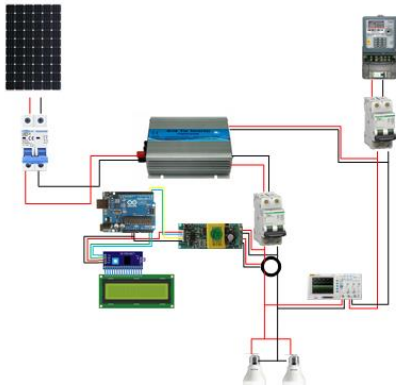
Pada gambar 3. membahas mengenai sistem PLTS on grid yaitu sistem pembangkit listrik tenaga surya yang terhubung melalui instalasi listrik umum (grid). Dalam sistem on-grid PLTS, panel surya menghasilkan listrik dari sinar matahari dan kemudian mengirimkan listrik tersebut ke jaringan listrik umum. Sehingga dalam hal ini ketika perakitan atau perangkaian komponen, yang tidak termasuk adalah battery.

Sehingga dari Solar control charger langsung menuju inverter dan kemudian ke beban. Jika plts tidak menghasilkan listrik maka beban akan disuplai oleh jaringan listrik umum, dalam hal ini adalah jaringan listrik PLN. Untuk parameter dan penampilan data sama seperti pada sistem off grid. Sensor di letakkan setelah inverter dan kemudian hasil pengukuran akan dibaca oleh mikrokontroler Arduino Uno dan ditampilkan pada modul LCD.

2.3 Perancangan Rangkaian PLTS On Grid dan Off Grid



Gambar 4. Rangkaian PLTS Sistem Off Grid



Gambar 5. Rangkaian PLTS Sistem On Grid

Pada gambar Rangkaian PLTS Off Grid dapat dilihat pada gambar 4. diatas. Solar panel terhubung menuju solar control charger melalui pengaman MCB DC. Kemudian pada terminal battery di solar control charger terhubung ke battery juga melalui pengaman MCB DC. Pengaman tambahan Low Voltage Disconnect (LVD) digunakan dengan mengambil inout dari output battery. Tujuannya adalah untuk mengamankan battery, agar terhindar dari pengurasan atau penggunaan kapasitas battery secara berlebihan.

Berbeda dengan rangkaian PLTS sistem Off Grid, rangkaian PLTS Sistem On Grid ini dapat dilihat pada gambar 4. diatas. Solar Panel langsung terhubung ke inverter Grid Tie melalui pengaman MCB Dc, tanpa melalui battery dan solar control charger seperti pada PLTS Off Grid. Kemudian input AC jaringan Listrik umum dalam hal ini PLN juga terhubung ke Inverter Grid Tie ini. Output dari inverter ini adalah listrik ac yang kemudian terhubung pada pengaman MCB AC sebelum ke beban. Parameter pembacaan seperti sensor tegangan dan arus dalam hal ini menggunakan sensor PZEM-004T yang terhubung pada output inverter. Terhubung pada mikrokontroler Arduino Uno dan LCD untuk pembacaan parameter dan tampilannya.

Berikut dasar teori dari komponen yang digunakan pada penelitian ini :

1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya. Berdasarkan penggunaannya, PLTS dibedakan menjadi dua yaitu sistem Off grid dan sistem On grid. PLTS sistem off grid dikenal juga dengan sistem *stand alone* dan PLTS sistem On grid adalah PLTS yang terhubung ke grid utility atau terhubung dengan jaringan PLN [14].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya menghasilkan daya maksimal tergantung pada besarnya kualitas cahaya yang ada setiap hari, cuaca menjadi pengaruh gangguan penting yang dapat mengganggu penyerapan intensitas cahaya yang diserap oleh panel surya untuk diubah ke energi listrik [15].

Pada sistem PLTS Hybrid-PLN, panel surya berperan sebagai sumber listrik utama, sedangkan jaringan PLN digunakan sebagai sumber listrik cadangan. Dengan mengintegrasikan catu daya PLTS dan jaringan PLN, sistem hybrid dapat memaksimalkan penggunaan energi terbarukan dan meningkatkan efisiensi listrik di lingkungan yang memanfaatkan PLTS.

2. Solar Cell

Solar Cell merupakan sel surya yang dimanfaatkan untuk menyimpan sinar surya. Sel surya berfungsi untuk menyerap sinar surya. Sel surya juga terdiri dari berbagai komponen fotovoltaik, yaitu mampu mengubah sinar menjadi listrik. Secara umum, sel surya terdiri dari lapisan silikon, Jumlah sel surya yang membentuk panel surya dengan energi yang dihasilkan.



Gambar 6. Solar Cell

3. Battery

Dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), baterai digunakan sebagai sistem penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Baterai PLTS digunakan untuk menyimpan sisa energi listrik yang tidak terpakai saat panel surya menghasilkan energi lebih dari yang dibutuhkan untuk beban listrik rumah atau gedung.

Penggunaan panel surya bergantung pada tingkat penyinaran matahari. Pada saat malam hari, tidak ada sinar matahari sehingga panel surya tidak menghasilkan energi listrik. Untuk itu diperlukan media penyimpanan energi yang dapat digunakan ketika panel surya tidak dapat menghasilkan listrik [16].



Gambar 7. Battery

4. Solar Control Charger (SCC)

Solar Charge Controller (SCC) merupakan komponen dalam sistem PLTS ini yang berfungsi mengatur pengisian daya dari panel surya ke baterai. SCC digunakan untuk menjaga tegangan dan arus masuk dari baterai. SCC mengontrol baterai tidak mengalami hilangnya energi (*over discharge*) dan terlalu banyak energi (*over charge*) yang dapat mengurangi usia baterai [17]. SCC dilengkapi dengan PWM-MPPT yang fungsi untuk mendapatkan tingkat daya besar dari hasil konversi energi panel matahari [18].



Gambar 8. Solar Control Charge

5. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem kecil berbasis mikroprosesor terdiri dari unit pemrosesan pusat (CPU), memori, dan perangkat I/O (Input/Output) yang terintegrasi dalam satu chip kecil. Mikrokontroler umumnya digunakan untuk mengontrol sistem mekanis dan elektronik yang lebih kompleks, seperti sistem kontrol otomatis, perangkat medis, mobil, elektronik konsumen, dan banyak lagi. Mikrokontroler yang ada pada perancangan proyek akhir ini yaitu Arduino Uno ATmega328P. Arduino Uno menggunakan mikrokontroler ATmega328p sebagai pengontrol perangkat keras dan pusat pemrosesan data. Perangkat ini memungkinkan Arduino Uno untuk membaca input sensor, mengontrol output motor, LED, dan elektronik lainnya, serta berkomunikasi dengan perangkat lain melalui komunikasi serial seperti UART, SPI dan I2C.



Gambar 9. Arduino Uno ATmega328P

6. Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan DC berfungsi sebagai sensor tegangan pada sistem PLTS. Dalam perancangan proyek akhir ini menggunakan modul sensor tegangan DC maupun sensor tegangan AC yang langsung terhubung dengan board Arduino. Modul ini pada prinsipnya menggunakan rangkaian baru menggunakan resistor, untuk menjalankannya

menggunakan tegangan input sebesar yaitu sebesar 5 V atau 3.3 V dan tidak boleh melebihi tegangan input yang telah ditetapkan dan apabila melebihi tegangan input yang telah ditetapkan dapat merusak modul arduino.



Gambar 10. Sensor Tegangan DC

7. Sensor Arus DC

Sensor arus ACS712 ke Arduino yaitu alat yang digunakan mengukur arus searah (DC) atau arus bolak – balik (AC) dan mengirimkan data ini ke papan mikrokontroler Arduino. Sensor ini memudahkan untuk mengukur arus dalam berbagai aplikasi elektronik, kontrol daya, dan sistem pemantauan. Sensor Analog ACS712 banyak digunakan dalam dunia industri untuk mendeteksi keberadaan arus AC dan DC yang mengalir pada sistem elektronika. Perangkat ini dilengkapi dengan rangkaian pembacaan arus dan rangkaian efek linear *hall* dan konduktor tembaga yang diletakkan dekat bagian permukaan non konduksi. [19]



Gambar 11. Sensor Arus DC

8. Sensor PZEM 004-T

Sensor PZEM-004T adalah sensor tegangan dan arus digital yang dirancang untuk mengukur konsumsi daya di rumah atau industri. Sensor ini bekerja dengan cara mengukur arus yang mengalir melalui penghantar dan tegangan antara fasa dan netral. Sensor PZEM-004T juga dapat mengukur daya aktif, daya reaktif, dan faktor daya. Sensor PZEM-004T mudah dipasang dan digunakan, umumnya digunakan dalam pengukuran energi, kontrol otomatis, dan aplikasi sistem pemantauan energi. Sensor ini juga dapat digunakan dalam proyek elektronik yang lebih kompleks, seperti sistem kendali kendaraan listrik atau sistem kendali surya. Modul ini digunakan sebagai pengukur tegangan, arus, daya, dan faktor daya. [20]

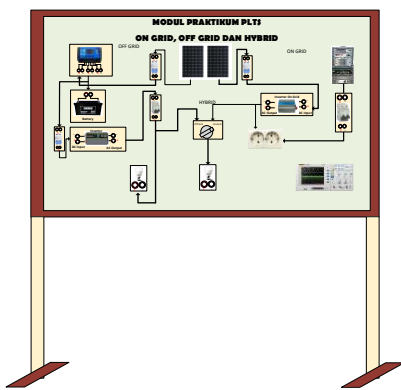


Gambar 12. Sensor PZEM 004-T

9. Osiloskop

Osiloskop yaitu alat pengukuran listrik untuk mengukur sinyal listrik dan membentuk tampilan grafis dari sinyal tersebut. Osiloskop dapat menunjukkan bagaimana sinyal listrik berubah dari waktu ke waktu dan memberikan informasi tentang tegangan, frekuensi, periode, amplitudo, fase, dan banyak parameter sinyal listrik lainnya. Osiloskop terdiri dari tampilan CRT (tabung sinar katoda), rangkaian penguat vertikal dan horizontal, transduser, dan berbagai kontrol. Ketika sinyal listrik dimasukkan ke transduser, osiloskop menampilkan sinyal sebagai gelombang pada tampilan CRT.

2.4 Perancangan Mekanik



Gambar 13. Perancangan Mekanik

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 14. Perancangan Modul PLTS Off Grid, PLTS On Grid dan Hybrid

Gambar 14. dapat dilihat tampilan mekanik dari proyek akhir yang telah dirancang yaitu Rancang Bangun Modul Praktikum PLTS On Grid dan Off Grid sebagai penunjang praktikum. Dapat dilihat bahwa pada sisi sebelah kiri terdapat beberapa item seperti SCC MPPT dan PWM, MCB dan juga Inverter 1000 watt, yang merupakan sisi PLTS sistem Off Grid. Sementara disisi kanan terdapat PLTS sistem On grid yang terdiri dari input solar cell, MCB, inverter grid tie yang khusus untuk plts sistem on grid ini.

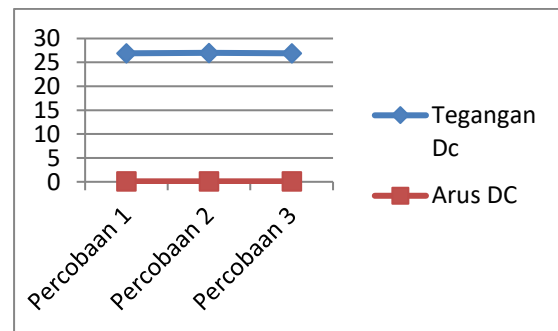
A. Pengujian Percobaan 1 Pengukuran Sistem PLTS Off Grid Sebelum Konversi Oleh Inverter

Tujuan pengujian mengetahui perbandingan kinerja Solar Control Charger MPPT dengan PWM dan mengetahui parameter DC sebelum konversi oleh Inverter menjadi Listrik AC.

Tabel 1. Pengujian Percobaan 1 Pengukuran Sistem PLTS Off Grid Sebelum Konversi Oleh Inverter

NO	Tegangan DC (Volt)	Arus DC (A)
1.	26.9	0.0
2.	27.0	0.0
3.	26.9	0.0
Rata-rata	26.9	0.0

Pada tabel 1. dapat dilihat Nilai hasil pengukuran menggunakan sensor tegangan dc dan sensor acs712 dc dalam proses pengukuran dan pembacaan yang dilakukan oleh Arduino. Tegangan DC terbaca 26.9 Volt, hal ini juga hamper sama dengan tegangan Input dari Power supply yang di set 27 Volt. Percobaan ini dilakukan, untuk mengetahui tegangan dc dan arus dc sebelum diubah menjadi tegangan AC oleh Inverter.



Gambar 15. Grafik Pengukuran sebelum Perubahan tegangan DC – AC

Pada gambar 15. Dapat dilihat bahwa nilai pada grafik pengukuran sebelum perubahan tegangan DC – AC itu arus nya masih terbaca 0 Ampere sedangkan tegangan DC nya terbaca sekitar 27 Volt sesuai dengan data tabel 1.

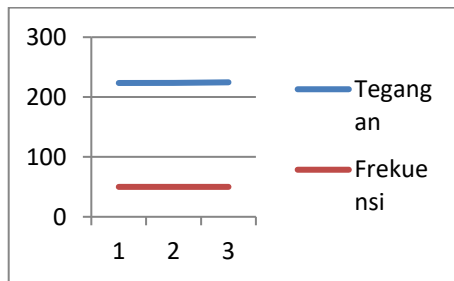
B. Pengujian Percobaan 2 Pengukuran Sistem PLTS Off Grid Tanpa Beban Setelah Konversi Oleh Inverter

Tujuan dari pengujian ini yaitu memahami dan mengetahui parameter pengukuran tegangan, arus, frekuensi dan gelombang yang dihasilkan dari proses konversi listrik ac yang dilakukan oleh inverter.

Tabel 2. Pengujian Percobaan 2 oleh Sensor PZEM 004-T

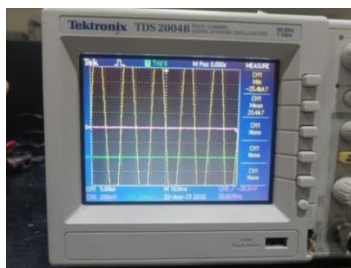
NO	Tegangan AC (Volt)	Frekuensi (Hz)
1	223.50	50.0
2	223.70	50.0
3	224.60	50.0
Rata-rata	223.6	50.0

Pada tabel 2. Hasil Percobaan 2 pengukuran oleh sensor dapat dilihat data pengukuran tegangan, arus, daya dan frekuensi oleh sensor PZEM 004-T. Tegangan yang terukur setelah konversi oleh inverter dengan nilai rata-ratanya adalah 223,6 volt. Ini menunjukkan bahwa inverter bekerja dengan baik mengkonversi nilai DC menjadi AC, inverter ini juga menghasilkan frekuensi yang baik yaitu 50 Hz.

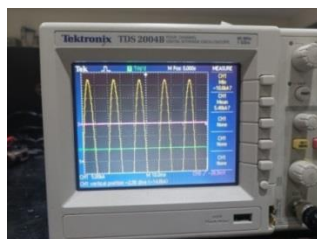


Gambar 16. Grafik Tegangan dan Frekuensi Off Grid Tanpa Beban

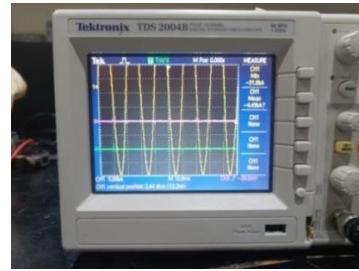
Pada gambar 16. Dapat dilihat bahwa nilai pada grafik tegangan dan frekuensi off grid tanpa beban, nilai frekuensi nya rata – rata 50 Hz sedangkan tegangan AC nya terbaca sekitar 223,6 volt sesuai dengan data tabel 2.



Gambar 17. Gelombang AC PLTS Off Grid



Gambar 18. Puncak Gelombang PLTS Off Grid



Gambar 19. Lembah Gelombang PLTS Off Grid

C. Pengujian Percobaan 3 Pengukuran Sistem PLTS Off Grid dengan Beban Setelah Konversi Oleh Inverter

Tujuan dari pengujian ini yaitu memahami dan mengetahui parameter pengukuran tegangan, arus, frekuensi dan gelombang yang dihasilkan dari proses konversi listrik ac yang dilakukan oleh inverter.

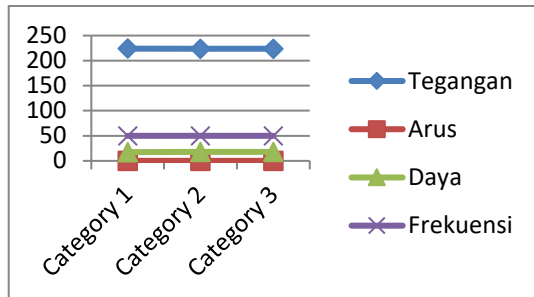
Tabel 3. Pengujian Percobaan 3 Perbandingan Penggunaan Beban

N	Lampu 17 Watt				Lampu 70 Watt			
	Tegangan AC (Volt)	Arus (A)	Daya (Watt)	Frekuensi (Hz)	Tegangan AC (Volt)	Arus (A)	Daya (Watt)	Frekuensi (Hz)
1	223.90	0.08	17.41	50.0	225.30	0.74	166.33	50.0
2	223.70	0.08	17.70	50.0	224.40	0.74	166.33	50.0
3	223.70	0.08	17.93	50.0	225.40	0.74	166.33	50.0
Rata-rata	223.76	0.08	17.68	50.0	225.03	0.74	166.33	50.0

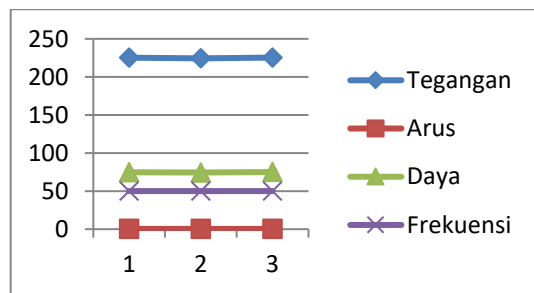
Pada tabel 3. diatas dapat dilihat hasil pengukuran pada plts off grid menggunakan beban lampu 17 watt dan 70 watt. Titik ukur pada percobaan ini adalah pada Output Inverter dengan beban total. Tegangan yang dihasilkan dari perubahan dengan DC-AC terbaca 223,76 Volt nilai rata-rata yang didapat. Hal ini membuktikan bahwa inverter dapat dengan baik untuk mengubah tegangan DC- AC. Nilai arus yang didapat konstan 0,8 ampere dengan daya rata-rata yang terukur adalah 17,68 watt, frekuensinya adalah 50 Hz juga konstan.

Kemudian pengujian juga dilakukan pada beban lampu 70 watt. Pengukuran tegangan menghasilkan nilai rata-ratanya adalah 225,03 volt. Sedikit ada

peningkatan untuk tegangan dibandingkan saat pengujian beban 17 watt. Kemudian arus yang terukur juga konstan pada nilai 0,33 Amphere dengan daya yang terukur rata-ratanya adalah 74,68 watt, frekuensi tetap pada nilai 50Hz.



Gambar 20. Pengukuran dengan Beban 17 Watt Off Grid



Gambar 21. Pengukuran dengan Beban 70 Watt Off Grid

Pada Grafik Nilai pengukuran dengan beban 17 watt dan 70 watt dapat dilihat pada gambar 20. dan gambar 21. Dari grafik dapat dilihat bahwa seluruh nilai pengukuran hampir bisa dikatakan Konstan.

D. Pengujian Percobaan 2 Pengukuran Sistem PLTS On Grid Tanpa Beban Setelah Konversi Oleh Inverter

Tujuan dari pengujian ini yaitu mengetahui parameter pengukuran pada plts sistem on grid tanpa beban.

Tabel 4. Pengujian Percobaan 5

NO	Tegangan AC	Arus AC
1	241.60	50.0
2	241.40	50.0
3	239.99	50.0
Rata-rata	239,06	50.0

Pada tabel 4. Hasil Percobaan 2 pengukuran oleh sensor dapat dilihat data pengujian tegangan dan arus oleh sensor PZEM 004-T. Tegangan yang terukur setelah konversi oleh inverter dengan nilai rata-ratanya adalah 239.06 volt. Ini

menunjukkan bahwa inverter bekerja dengan baik mengkonversi nilai DC menjadi AC, inverter ini juga menghasilkan arus AC yang baik yaitu 50 A.

E. Pengujian Percobaan 3 Pengukuran Sistem PLTS On Grid dengan Beban Setelah Konversi Oleh Inverter

Tujuan dari pengujian ini yaitu Pengujian PLTS On Grid dengan beban lampu dan mengetahui pembagian daya yang terjadi saat ada beban.

Tabel 5. Pengujian Percobaan 6 Perbandingan Penggunaan Beban

Lampu 17 Watt					Lampu 75 Watt				
V	F	I _i	I _p	I _{be}	V	F ₍	I _i	I _{pln}	I _{be}
(Volt	(H	nv	ln	ban	(Vo	Hz)	nv	(A)	I _{ban}
)	z)	(A	(A	(A)	lt)		(A		(A)
23	4	1,	1,	0,	22	49	1,	1,	0,
1	9,	3	3	06	9	,8	3	15	3
,2	9				,2		6		
					0				
23	4	1,	1,	0,	22	49	1,	1,	0,
0	9,	3	2	06	9	,8	4	1	3
,1	9				,4				
					2				
22	4	1,	1,	0,	22	49	1,	1,	0
9	9,	3	3	07	8	,9	4	09	,
,9	9				,8				3
					0				
23	4	1,	1,	0,	22	49	1,	1,	0,
0	9,	3	2	6	9	,8	3	09	3
,4	9				,1				
					0				

Hasil pengukuran tegangan, arus dan daya pada sistem on grid dapat dilihat pada tabel 5. diatas. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan 2 beban lampu dengan daya yang berbeda. Pengujian pertama dilakukan dengan beban 17 watt. Pengukuran arus dilakukan pada 3 titik yaitu, output inverter sebelum terhubung pada jaringan PLN, jaringan PLN dan pada beban itu sendiri. Pengujian pertama, dapat dilihat pada tabel diatas, bahwa arus yang dihasilkan dari inverter sama besarnya dengan I_{PLN}, dengan nilai 1,3 Ampere. Kemudian pengukuran pada beban didapat nilai arus sebesar 0,06 Ampere.

Pada beban 75 watt, I_{inverter} nilai rata rata terukur adalah 1,3 ampere, kemudian I_{PLN} terukur nilai 1,09. Sedangkan I_{beban} adalah 0,3 ampere. Dapat dianalisa bahwa dalam kondisi seperti ini, artinya Inverter Grid Tie / PLTS On grid ini sedang melakukan proses ekspor energi yang dihasilkan ke jaringan listrik PLN. Sekitar 1 ampere di ekspor ke PLN, kemudian 0,3 ampere yang digunakan oleh beban.

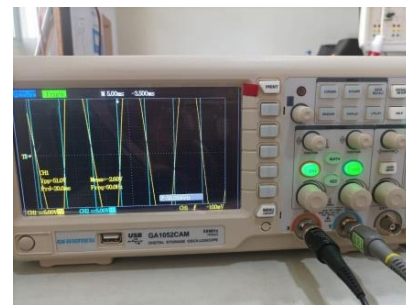
Tabel 6. Pengujian 2 Beban

NO	Beban 2 buah lampu 17 watt dan 75 watt				
	V(Volt)	F(Hz)	I _{INV}	I _{PLN}	I _{Beban}
1	230,50	50,1	1,35	1,07	0,78
2	230,60	50,1	1,38	0,99	0,71
3	231,10	50,1	1,40	1,0	0,90
Rata-rata	230,73	50,1	1,37	1,02	0,79

Pada tabel 6. diatas dilakukan pengujian yang sama dengan tabel pengujian sebelumnya, namun dengan pembebanan yang berbeda. Beban yang digunakan 90 watt. Titik pengukuran juga dilakukan pada output inverter, Jaringan PLN, dan pada beban. $I_{inverter}$ didapat rata-ratanya adalah 1,37 Ampere, I_{PLN} 1,02 ampere dan I_{beban} 0,79 ampere. Pada pengujian ini juga dapat disimpulkan bahwa terjadi ekspor energy dari plts on grid menuju jaringan listrik PLN.



Gambar 24. Titik Pengukuran Output Inverter



Gambar 25. Perbandingan Gelombang PLTS On Grid dan PLN



Gambar 22. Pengukuran pada titik Beban



Gambar 23. Titik pengukuran PLN

SIMPULAN

Setelah melaksanakan pengujian dan analisa dari alat proyek akhir yang telah dirancang ini, maka dapat disimpulkan pada sistem pada rancang bangun trainer PLTS On Grid dan Off Grid Sebagai Penunjang Praktikum ini pada pengujiannya, bagian sistem PLTS Off Grid ini inverter dapat menghasilkan tegangan AC yang baik, dengan nilai rata-rata tegangan Output inverternya adalah 223,60 Volt. Pengujian yang dilakukan pada PLTS Off Grid menggunakan beban lampu 17 watt dan 70 watt, pembacaan yang terukur sesuai. Sementara pada sistem PLTS On Grid, Hasil tegangan yang terukur menyesuaikan dengan tegangan PLN yang mana lebih tinggi didapat daripada hasil tegangan yang dikeluarkan oleh inverter sistem Off Grid, dengan rata rata nilai tegangannya adalah 236,83 volt. Pada sistem PLTS On Grid, setelah dilakukan beberapa kali pengujian terjadi ekspor energi ke PLN. Sehingga dapat digunakan sebagai penunjang praktikum pada pembelajaran di perkuliahan khususnya mengenai PLTS dan metode nya yaitu On Grid dan Off Grid.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D., & Asnil, A Pratama, "Sistem Monitoring Panel Surya Secara Realtime Berbasis Arduino Uno," *MSI Transaction on Education*, vol. 2, no. 1, pp. 19-32, 2021.
- [2] A. I. Weking, and L. Jasa. I. W. B. Saputra, "Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Kincir Overshot Wheel," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, pp. 48-54, 2017.
- [3] Galih Irvan Setiaji, "PERANCANGAN POWER MONITORING SYSTEM PADA PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER UTAMA PADA SMART OPEN PARKING DALAM ARSITEKTUR IOT," *TRANSIENT*, 2019.
- [4] Y. Apriani, "Monitoring Arus dan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Internet Off Things".
- [5] Moh, Rodhi Faiz and Puji Nur Wicaksono, "PENGEMBANGAN TRAINER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM ON GRID DENGAN PLN UNTUK MENUNJANG PRAKTIKUM," *TEKNO*, vol. 22 September 2014, no. 1693-8739, p. 64, 2014.
- [6] N. Huda, "Energi Baru Terbarukan Solar Cell Sederhana Untuk Sistem Penerangan Rumah Tangga," *Cahaya Bagaskara: Jurnal Ilmiah Teknik Elektronika*, pp. 6-10, 2018.
- [7] Bagus Ramadani, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Dos & Don'ts.*: GIZ Jakarta., 2018.
- [8] Ida Bagus Ketut Sugririanta and I Gusti Ngurah Agung Dwijaya Saputra, "Modul Praktek PLTS On Grid Berbasis Micro Inverter," *JURNAL MATRIX*, vol. 9, p. 19, 2019.
- [9] M. Maison, and Y. R. Hais C. L. Aritonang, "Sistem Monitoring Tegangan, Arus, dan Intensitas Cahaya pada Panel Surya dengan Thingspeak," *Jurnal Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 11-24, Jan 2020.
- [10] A. W. W. Nugraha, I. Rosyadi, and F. S. T. Nugroho. W. Winasis, "Desain Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, vol. 5, no. 4, pp. 328-333, 2016.
- [11] B. Karthikeyan, S. M. Badave, S. B. Mahajan, P. Sanjeevikumar, and G. S. Gill P. M. Badave, "Health monitoring system of solar photovoltaic panel: An internet of things application," *Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 435, pp. 347-355, December 2018.
- [12] Muhammad Syahwil and Nasrun Kadir, "Rancang Bangun Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem Off Grid sebagai Alat Penunjang Praktikum," *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 2021.
- [13] A., Idris, A. R., & Sofyan, S. Khaffi, "Rancang Bangun Modul Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," *In Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, pp. 15-21, October 2020.
- [14] H. Kristiawan, I.N.S.Kumara and I.A.D. Giriantari, "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar," *SPEKTRUM*, vol. 6, pp. 66-70, 2019.
- [15] T. Koerniawan and A.W. Hasanah, "Kajian Sistem Kinerja PLTS Off-Grid 1 kWp DI STT-PLN," *Ilm. energi dan kelistrikan*, vol. 10, pp. 38-44, 2018.
- [16] Hilda, & Suryadi, D. R. Nopianto, "Peningkatan Efisiensi Penggunaan Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Arduino Nano," *Untan*, pp. 1-5, 2019.
- [17] R. Sianipar, "DASAR PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA," *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2017.
- [18] I. B., Natsir, A., & Ari Nnartha, I. M. Putu Eka Paksi Yuda, "Rancang Bangun Solar Charge Controller dengan Metode MPPT Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano," *Http://Eprints.Unram.Ac.Id/*, 2018.
- [19] Rahmad Kurniawan, "PERANCANGAN ALAT MONITORING ARUS PADA CIRCUIT BREAKER DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR ACS712 DAN TAMPILAN LCD," *IN F O R M A T I K A*, 2018.
- [20] Y. M. Djaksana, "PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN KONTROLING PENGGUNAAN DAYA LISTRIK BERBASIS ANDROID," *JURSISTEKNI (Jurnal Sist. Inf. dan Teknol.)*, vol. 2, pp. 13-24, Sept 2020.