

BAB IV

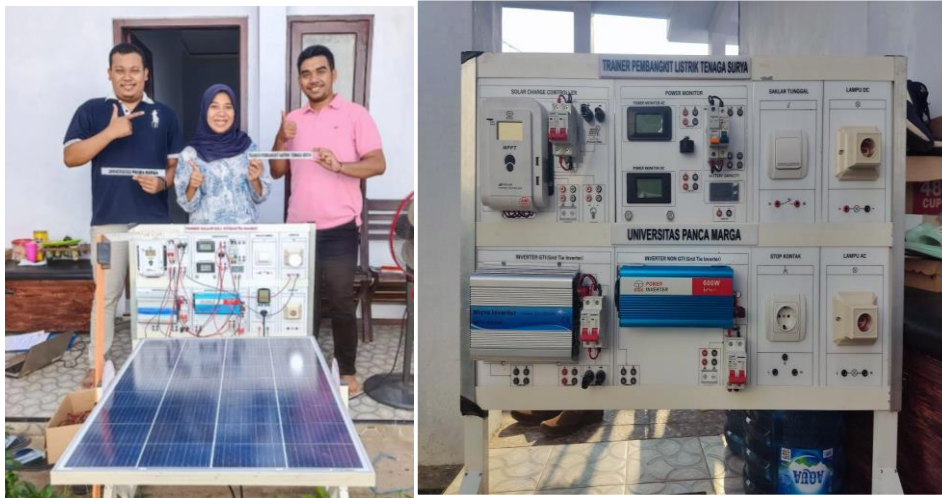
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Pembangkit Listrik Tenaga Surya dirancang menggunakan panel surya 100WP dan menggunakan inverter *grid* dengan 2 sumber yakni PLN dan panel surya. Jadi sistem kerja PLTS *On Grid* terhubung ke jala-jaa PLN untuk melakukan sinkronisasi dan kemudian panel surya menghasilkan listrik untuk dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan beban. Oleh karena itu, dirancanglah Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100WP *On Grid* dengan menggunakan beberapa komponen.

Tabel 4.1 Komponen PLTS *On Grid*.

Nama Komponen	Spesifikasi
Panel Surya	Maysun Solar Panel type <i>Polycrystalline</i> 1 x 100WP datasheet
Maximum Point Power Tracking (MPPT)	MPPT STEC 20A 12 V/24 V automatic, 20A, max PV voltage 75V datasheet
Grid Tie Microinverter	GTI series smart inverter datasheet 600W
MCB 1 fasa DC	MCB CAFF 6A
MCB 1 fasa AC	MCB Schneider datasheet
Beban AC	Lampu pijar 15W
	Pompa aquarium 5W
	Kipas angin 50W
Kabel Fasa	NYAF Supreme 1 x 1,5
Kabel Netral	NYAF Supreme 1 x 1,5



Gambar 4.1 Implementasi PLTS

4.1.1 Pemilihan Panel Surya



Maysun Solar	
Model:	NIS100WP-36
Rated Maximum Power(Pm)	100W
Tolerance	0 - +3%
Voltage at Pmax(Vmp)	18.36V
Current at Pmax(Imp)	5.45A
Open-Circuit Voltage(Voc)	21.66V
Short-Circuit Current(Isc)	6.10A
Normal Operating Cell Temp.(NOCT)	47 ± 2°C
Maximum System Voltage	1000VDC
Maximum Series Fuse Rating	15A
Operating Temperature	-40to +85°C
Application Class	Class A
Fire Safety Class	Class C
Cell Technology	Poly-Si
Weight	7.5kg
Dimension(mm)	1020*680*30mm

Warning: Solar modules generate electricity as soon as they are exposed to light. One module on its own is below the safety extra low volt level, but multiple modules connected in series (summing the voltage) represent a danger.

All technical data at standard test condition
AM=1.5 E=1000w/m² TC=25°C

Website: www.maysunsolar.com Made in China

Gambar 4.2 Panel Surya dan Spesifikasi

Gambar diatas merupakan panel surya *polycrystalline* 100WP. Berikut merupakan spesifikasi dari panel surya yang digunakan.

Tabel 4.2 Tabel Spesifikasi Panel Surya *Polycrystalline*

Tolak Ukur	Spesifikasi
Rated Maximum Power	100 W
Current at Pmax (Imp)	5,45 A

Voltage at Pmax (Vmp)	18,36 V
Open-Circuit Voltage (Voc)	21,66 V
Short Circuit Current (Isc)	6,1 A
Temperature	47°C
Dimensions (mm)	1020*680*30

Sebelum proses pengambilan data, dilakukan terlebih dahulu perhitungan untuk mengetahui batasan dari fungsi panel surya yang digunakan. Berikut perhitungan untuk mengetahui kualitas panel surya tersebut:

1. Perhitungan Faktor Pengisian (FF)

Untuk perhitungan faktor pengisian diambil data dari *nameplate* panel surya.

$$\begin{aligned}
 FF &= (V_{mp} \times I_{mp}) / V_{oc} \times I_{sc} \\
 &= (18,36 \times 5,45) / 21,66 \times 6,1 \\
 &= 100,062 / 132,13 \\
 &= 0,757
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan diatas didapatkan bahwa faktor pengisian sebesar 0,757.

2. Perhitungan Energi yang Dihasilkan

Panel surya mempunyai spesifikasi 100 Watt peak yang mana saat kondisi intensitas optimal maka daya yang dihasilkan sebesar 100 Watt. Jika lama penyinaran cahaya matahari optimum di Indonesia ialah 5 jam (Hariyati dkk, 2019), maka daya yang dihasilkan sebesar $100 \text{ Watt} \times 5 \text{ jam} = 500 \text{ Wh}$.

4.1.2 Pemilihan MPPT

MPPT merupakan salah satu jenis *controller* yang salah satu fungsinya adalah memaksimalkan kinerja dari panel surya untuk diproses oleh proses selanjutnya. Keandalan *controller* jenis ini sangatlah baik.



Gambar 4.3 MPPT

4.1.3 Pemilihan *Grid Tie Inverter*

Pada perencanaan penelitian PLTS, beban total yang akan digunakan sebesar:

<i>Daya pompa aquarium</i>	$= 5 \text{ Watt}$
<i>Daya lampu pijar</i>	$= 15 \text{ Watt}$
<i>Daya kipas angin</i>	$= 50 \text{ Watt}$
<i>Total daya</i>	$= 5 + 15 + 50$
	$= 70 \text{ Watt}$

Total daya yang dibutuhkan PLTS sebesar 70 Watt. Untuk menentukan beban penuh PLTS, maka total beban akan ditambahkan dengan rugi-rugi sebesar 25% dari total beban tersebut. Rugi-rugi tersebut merupakan rugi-rugi yang hilang dalam rangkaian sistem PLTS (Hakim, 2020).

<i>Daya yang dibutuhkan</i>	$= 70 \text{ Watt} + (25\% \times 70 \text{ Watt})$
	$= 87,5 \text{ Watt}$

Jadi, *Grid Tie Inverter* yang dibutuhkan untuk penelitian memiliki minimal daya 100Watt yang mudah didapatkan di pasaran.



Gambar 4.4 *Grid Tie Inverter*

4.1.4 Pemilihan *Miniature Circuit Breaker*

MCB adalah komponen yang digunakan sebagai pengaman sistem peralatan maupun pengaman penghantar listrik pada tegangan rendah. Untuk menentukan rating dari MCB, tidak diperbolehkan melebihi KHA penghantar yang diamankannya.

1. Pengaman untuk Arus DC

Berdasarkan arus maksimal *open circuit* dari panel surya, untuk rating pengaman arus DC dipilih MCB dengan rating 6A dengan merk CAFF.



Gambar 4.5 MCB DC merk CAFF 6A

2. Pengaman untuk Arus AC

Untuk menentukan MCB AC, maka terlebih dahulu menghitung arus sistem PLTS yang diamankan dengan nilai daya 100W dengan cara:

$$I = P / V$$

$$I = 100 \text{ W} / 220 \text{ V}$$

$$I = 0,46 \text{ A}$$

Jadi peneliti memilih pengaman MCB dengan nilai pembatas arus dibawah 0,46 A untuk beban AC dengan merk Schneider yang mudah didapatkan di pasaran.



Gambar 4.6 MCB AC merk Schneider

4.1.5 Pemilihan Kabel Penghantar

Untuk memilih kabel penghantar, maka menghitung terlebih dahulu arus terbesar yang akan melewati kabel penghantar. Jumlah arus yang akan melewati sistem PLTS melalui kabel penghantar adalah 100 Watt.

$$I = P / V \times 1,25$$

$$I = 100 \text{ W} / 220 \text{ V} \times 1,25$$

$$I = 0,57 \text{ A}$$

Jadi sesuai dengan standart PUIL, peneliti memilih kabel penghantar NYAF 1 x 1,5 merk supreme yang mudah didapatkan di pasaran.



Gambar 4.7 Kabel Penghantar

4.2 Pengujian

Tahapan pengujian dilakukan untuk mendapatkan data pengukuran pada komponen. Data tersebut akan dibandingkan dengan spesifikasi untuk memastikan bahwa komponen bekerja dengan baik. Selain dilakukan uji komponen, juga dilakukan uji sistem PLTS. Uji PLTS dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem PLTS sesuai dengan spesifikasi dan fungsinya, selain itu dapat diambil data untuk kemudian diolah dan dianalisis oleh penulis dalam penelitian ini. Seluruh aktifitas pengujian dan pengambilan data dilaksanakan pada hari Selasa tanggal 6 Juni 2023 di Perumahan Wirojayan Asri Probolinggo.

4.2.1 Pengujian Panel Surya

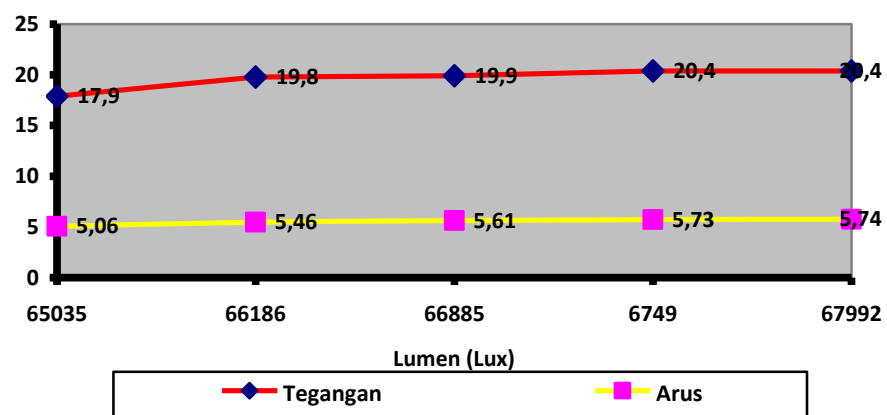
Pengujian panel surya dilakukan untuk mendapatkan parameter yang ada pada panel surya dan pengujian ini penting untuk memastikan kualitas panel surya sebelum digunakan dalam instalasi PLTS. Pengujian dilakukan dengan mengukur lumen menggunakan aplikasi pada smartphone, pengukuran tegangan dan arus keluaran dari panel surya diukur oleh MPPT.



Gambar 4.8 Pengambilan Data Lumen

Tabel 4.3 Tabel Pengujian Panel Surya

No	Waktu	Lumen (Lux)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	6 Juni 2023 10.20	65035	54,7	17,9	5,06	90,5
2	6 Juni 202310.40	66186	57,7	19,8	5,46	108,1
3	6 Juni 202311.00	66885	62,2	19,9	5,61	111,63
4	6 Juni 202311.20	67649	65,2	20,4	5,73	116,9
5	6 Juni 202311.40	67992	67,8	20,4	5,74	117



Gambar 4.9 Grafik Lumen terhadap Nilai Tegangan dan Arus

Dari grafik 4.9 dapat kita simpulkan bahwa kondisi panel surya sangat baik, hal tersebut dapat dilihat dari kenaikan nilai lumen berbanding lurus dengan kenaikan nilai dari tegangan dan arus keluaran.

Untuk mendapatkan nilai daya dan arus yang dihasilkan oleh panel surya maka dilakukan perhitungan sesuai dengan rumusan perbandingan dan perkalian dengan memperhatikan nilai daya maksimal, tegangan *open circuit* dan arus *open circuit* pada panel surya:

$$\begin{aligned}
 P_{max \text{ open-circuit}} &= V_{oc} \times I_{oc} \\
 &= 21,66 \times 6,1 \\
 &= 132,126
 \end{aligned}$$

4.2.2 Pengujian MPPT

Pengujian *Maximum Point Power Tracker* (MPPT) dilakukan untuk mendapatkan parameter dan pengujian ini penting untuk memastikan MPPT bekerja sesuai dengan spesifikasi sebelum digunakan dalam instalasi PLTS. Pengujian dilakukan terhadap 3 jenis kondisi sinar matahari sebagai berikut.

Tabel 4.4 Tabel Pengujian MPPT

No	Kondisi	Lumen (Lux)	Tegangan (V)	Indikator (On/Off)
1	Terang	65535	17,9	On
2	Mendung	5591	16,9	On
3	Gelap	163	11	Off



Gambar 4.10 Pengambilan Data MPPT dengan Perubahan Nilai Lumen

Pada hasil pengujian, MPPT bekerja sesuai dengan spesifikasinya. MPPT tidak dapat bekerja pada saat panel surya ditutup penuh dan menghasilkan tegangan dibawah 12V sesuai dengan data dari tabel 4.4.

4.2.3 Pengujian *Grid Tie Inverter*

Pengujian *Grid Tie Inverter* dalam sistem PTS berguna untuk memastikan keandalan dan performa inverter sebelum digunakan dalam instalasi PLTS. Performa GTI yang baik dapat menjaga tegangan dan frekuensi yang stabil sesuai dengan spesifikasi. Output dari GTI yang baik nantinya dapat digunakan oleh beban.

Tabel 4.5 Tabel Pengujian *Grid Tie Inverter*

No	V in (V)	V out (V)	I in (A)	I out (A)	Frekuensi (Hz)
1	12,8	224	2,59	0,07	50
2	12,8	224	2,59	0,07	50
3	12,79	223	2,59	0,07	50



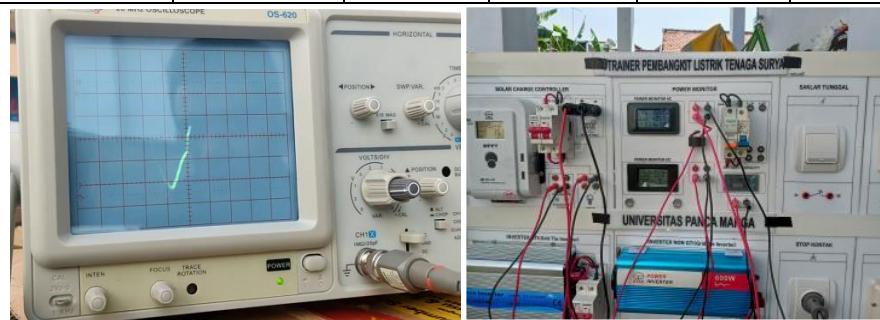
Gambar 4.11 Pengujian GTI

Grid Tie Inverter (GTI) memiliki kondisi yang baik. Hal tersebut dapat diperhatikan dalam tabel 4.5 bahwa keluaran dari GTI menghasilkan tegangan kisaran 220 Vac dan 50Hz sesuai dengan jala-jala PLN.

4.2.4 Pengujian Sistem PLTS Menggunakan Beban R, L, dan C

Tabel 4.6 Tabel Pengujian Sistem PLTS Beban R, L, dan C

No	Jenis Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Faktor Daya	ϕ
1	Beban R	224	0,13	17,1	0,6	$53,13^0$
2	Beban L	225	0,1	4,2	0,19	79^0
3	Beban C	224	0,3	49,47	0,88	$28,35^0$



Gambar 4.12 Pengambilan data untuk beban R, L, dan C

4.2.5 Pengujian Sistem PLTS Menggunakan Beban RL, LC, dan CR

Tabel 4.7 Tabel Pengujian Sistem PLTS Beban RL, LC, dan CR

No	Jenis Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Faktor Daya	ϕ
1	Beban RL	225	0,13	19,86	0,67	47,93 ⁰
2	Beban LC	226	0,29	59,27	0,99	8,11 ⁰
3	Beban CR	225	0,33	61,39	0,9	25,84 ⁰

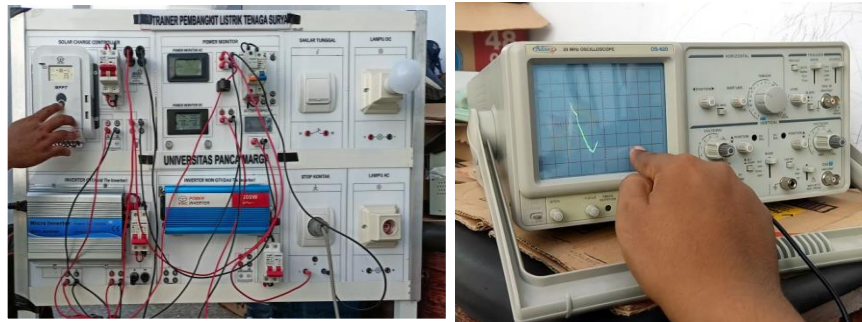


Gambar 4.13 Pengambilan data untuk beban RL, LC, RC

4.2.6 Pengujian Sistem PLTS Menggunakan Beban RLC

Tabel 4.8 Tabel Pengujian Sistem PLTS Beban RLC

No	Jenis Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Faktor Daya	ϕ
1	Beban RLC	225	0,34	76,02	0,98	11,48 ⁰



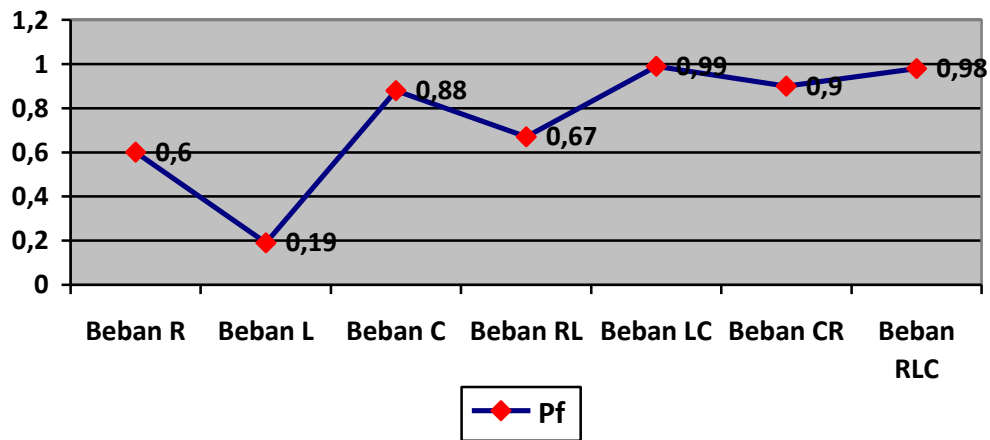
Gambar 4.14 Pengambilan data beban RLC

4.3 Hasil

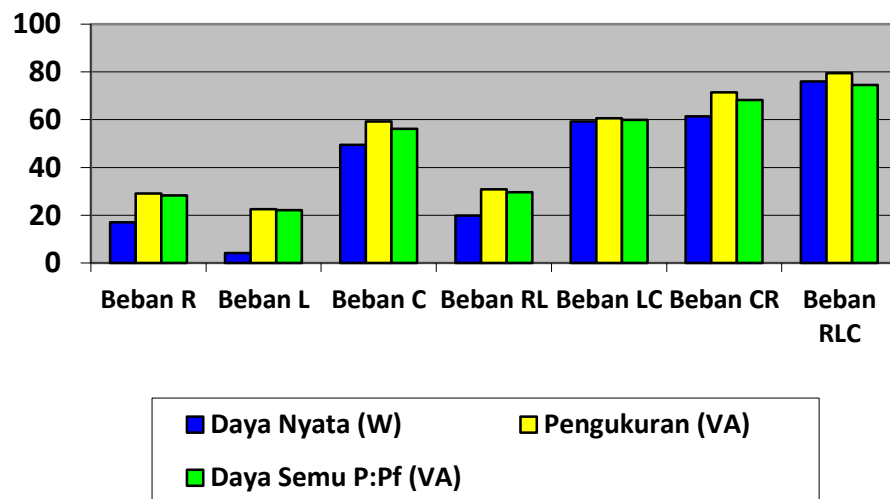
Dari beberapa pengambilan data diatas, berikut tampilan keseluruhan data hubungan antara beban dengan faktor daya pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Hubungan antara Beban dengan Faktor Daya

No	Jenis Beban	Faktor Daya	Daya Nyata (W)	Arus (A)	Pengukuran (VA)	Daya Semu $P: P_f$ (VA)
1	Beban R	0,6	17,1	0,13	29,12	28,35
2	Beban L	0,19	4,2	0,1	22,5	22,1
3	Beban C	0,88	49,47	0,3	59,2	56,22
4	Beban RL	0,67	19,86	0,13	30,85	29,64
5	Beban LC	0,99	59,27	0,29	60,54	59,87
6	Beban CR	0,9	61,39	0,33	71,5	68,2
7	Beban RLC	0,98	76,02	0,34	79,5	77,57



Gambar 4.15 Tampilan Grafik Hubungan Beban dengan Faktor Daya



Gambar 4.16 Tampilan Grafik Hubungan Daya Nyata dengan Daya Semu

Pada percobaan nomor 1, untuk mencari nilai daya semu menggunakan perhitungan:

Pembagian antara daya nyata dengan faktor daya

$$S = P / Pf$$

$$S = 17,1 / 0,6$$

$$S = 28,35$$

Pada percobaan nomor 2 untuk mencari nilai daya semu menggunakan perhitungan:

Pembagian antara daya nyata dengan faktor daya

$$S = P / Pf$$

$$S = 4,2 / 0,19$$

$$S = 22,1$$

Pada percobaan nomor 3, untuk mencari nilai daya semu menggunakan perhitungan:

Pembagian antara daya nyata dengan faktor daya

$$S = P / Pf$$

$$S = 49,47 / 0,88$$

$$S = 56,22$$

Pada percobaan nomor 4, untuk mencari nilai daya semu menggunakan perhitungan:

Pembagian antara daya nyata dengan faktor daya

$$S = P / Pf$$

$$S = 19,86 / 0,67$$

$$S = 29,64$$

Pada percobaan nomor 5, untuk mencari nilai daya semu menggunakan perhitungan:

Pembagian antara daya nyata dengan faktor daya

$$S = P / Pf$$

$$S = 59,27 / 0,99$$

$$S = 59,87$$

Pada percobaan nomor 6, untuk mencari nilai daya semu menggunakan perhitungan:

Pembagian antara daya nyata dengan faktor daya

$$S = P / Pf$$

$$S = 61,39 / 0,9$$

$$S = 68,2$$

Pada percobaan nomor 7, untuk mencari nilai daya semu menggunakan perhitungan:

Pembagian antara daya nyata dengan faktor daya

$$S = P / Pf$$

$$S = 76,02 / 0,98$$

$$S = 77,57$$

4.4 Pembahasan

Pada sub bab ini akan membahas hasil dari penelitian yang telah dilakukan terkait sistem pembangkit listrik tenaga surya sistem *on grid* dengan beban RLC. Pembahasan meliputi pengujian komponen yaitu panel surya, *Maximum Point Power Tracking* (MPPT), *Grid Tie Inverter* , serta pengujian pengaruh pembebanan RLC terhadap sistem PLTS.

4.4.1 Pembahasan Pengujian Komponen

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap parameter panel surya yang digunakan pada sistem PLTS. Pengukuran bertujuan untuk mene besar tegangan dan arus keluaran dari panel surya pada kondisi *open-circuit*. Dari

hasil pengukuran menunjukkan bahwa panel surya mampu menghasilkan daya 117 Watt pada kondisi tegangan 20,4 V, arus 5,74 A dan lumen 67992 lux pada pukul 11.40 WIB.

Pada Pengujian *Maximum Power Point tracking* (MPPT), Pengujian dilakukan untuk mengetahui *response* MPPT terhadap perubahan intensitas cahaya matahari yang menyinari panel surya. Dari hasil pengukuran didapatkan bahwa MPPT mampu untuk menyesuaikan kinerja berdasarkan perubahan intensitas cahaya. Seperti ditampilkan pada tabel percobaan MPPT akan aktif jika tegangan masukan diatas 12 Vdc dan akan tidak aktif ketika nilai tegangan masukan kurang dari 12 Vdc atau dalam tabel menunjukkan nilai 11 Vdc. Perubahan tegangan ini tergantung dari intensitas cahaya yang menyinari panel surya.

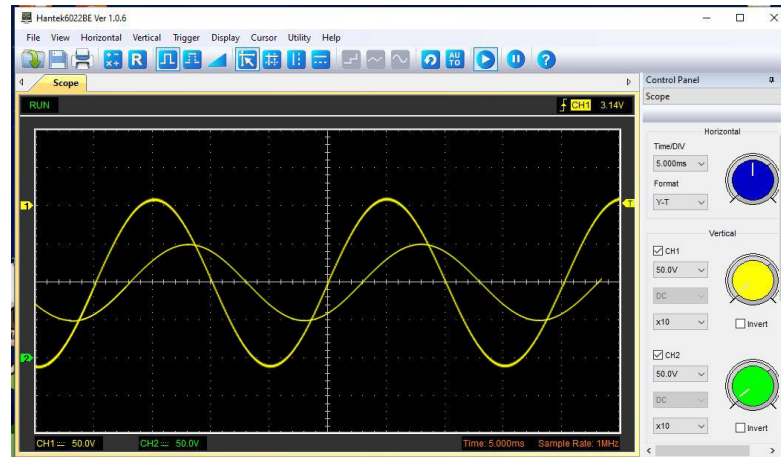
Pada pengujian selanjutnya yaitu komponen *Grid Tie Inverter* pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Pembahasan Pengujian meliputi pengukuran tegangan keluaran inverter, arus keluaran inverter, dan frekuensi keluaran inverter. Hasil pengujian, menunjukkan bahwa *inverter* mampu menghasilkan tegangan, arus, dan frekuensi keluaran yang sesuai dengan spesifikasi. Tegangan keluaran *inverter* stabil pada kisaran 224 Vac sesuai dengan tegangan jala-jala PLN, sedangkan frekuensi keluaran *inverter* juga tetap stabil sebesar 50 Hz. *Inverter* juga mampu mengubah listrik DC (arus searah) bersumber dari panel surya menjadi listrik AC (arus bolak-balik) sebesar 224 Vac yang dapat dimanfaatkan oleh beban.

4.4.2 Pembahasan Pengujian PLTS dengan Beban RLC

Pada Pengujian sistem PLTS mempunyai tujuan untuk memahami pengaruh pembebanan RLC terhadap sistem PLTS. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan variasi dan kombinasi beban yang bersifat resistif, induktif, dan kapasitif (RLC) pada sistem PLTS. Untuk beban bersifat resistif diwakili lampu pijar merk philips 15 watt. Untuk beban bersifat induktif diwakili oleh pompa aquarium 5 watt. Untuk beban bersifat kapasitif diwakili oleh kipas angin maspion 50 watt. Pembebanan RLC ini dilakukan dengan menghubungkan beban RLC pada keluaran *inverter*. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil nilai parameter besaran tegangan, arus, daya, dan faktor daya. Selain itu, juga dilakukan pengukuran menggunakan osiloskop untuk melihat hasil gelombang jika dibebani dengan beban RLC. Selain dari pengukuran, juga dilakukan perhitungan nilai daya semu dari pembebanan RLC dan perhitungan sudut pergeseran dari gelombang berdasarkan nilai dari faktor daya.

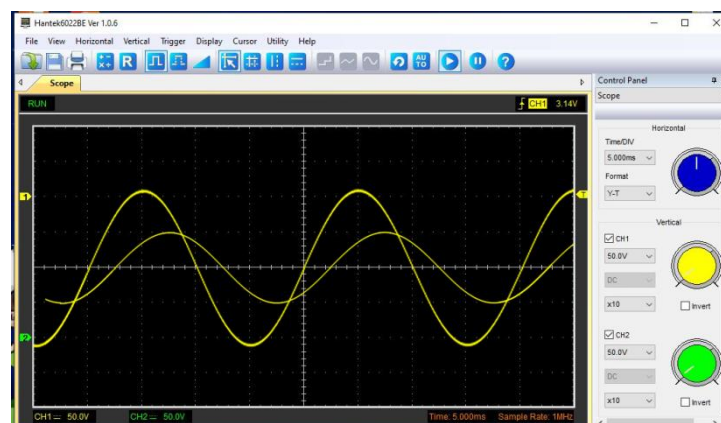
Pada Pengujian dengan Beban R, L, dan C tanpa kombinasi didapatkan data bahwasannya beban R yang bersifat resistif memiliki nilai pengukuran faktor daya 0,6. Nilai faktor daya beban resistif yang diwakili lampu pijar tersebut jauh dari angka 1 dikarenakan dalam lampu pijar membentuk medan magnet pada filamen tersebut. Hal tersebut mengakibatkan turunnya nilai faktor daya. Untuk beban L yang bersifat induktif memiliki faktor daya 0,19 dan menunjukkan nilai pergeseran fasa antara tegangan dengan arus sebesar 79° . Faktor daya yang jauh dari nilai 1 akan menyebabkan konsumsi daya

semu (S) jauh lebih besar dari daya nyata (P). Seperti yang disajikan dalam tabel 4.9 nilai $S = 22,5$ VA dan untuk $P = 4,2$ Watt.



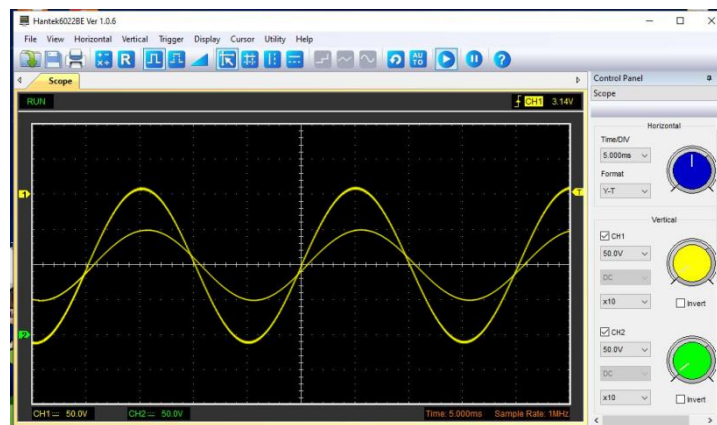
Gambar 4.17 Tampilan Gelombang dengan Beban L

Pada pengujian dengan beban kombinasi RL, LC, dan RC didapatkan data bahwasannya beban RL yang bersifat resistif dan induktif memiliki faktor daya 0,67 dan menunjukkan nilai pergeseran fasa antara tegangan dengan arus sebesar $47,93^{\circ}$. Faktor daya yang menjauhi dari nilai 1 akan menyebabkan konsumsi daya Semu (S) akan lebih besar dari daya nyata (P) seperti yang disajikan dalam tabel 4.7 nilai $S = 29,25$ VA dan untuk $P = 19,86$ Watt.



Gambar 4.18 Tampilan Gelombang dengan Beban RL

Pada pengujian dengan beban kombinasi RLC didapatkan data bahwasannya kombinasi beban RLC yang bersifat Resisitif, Induktif, dan Kapasitif memiliki Faktor daya 0,98 dan menunjukkan nilai pergeseran fasa antara tegangan dengan arus sebesar $11,48^{\circ}$. Faktor daya yang hampir sama atau sama dengan nilai 1 akan menyebabkan konsumsi daya semu (S) akan hampir sama dengan konsumsi dari daya nyata (P). Seperti yang disajikan dalam tabel nilai $S = 76,5 \text{ VA}$ dan untuk $P = 76,02 \text{ Watt}$.



Gambar 4.19 Tampilan Gelombang dengan Beban RLC