Rancang Bangun Sistem Pembangkit Energi Listrik *Hybrid* PLTS 100Wp dengan PLTB 400w

Agung Adi Munandar[1], Sunardi[2]
Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
E-mail: adhi.49ung@gmail.com, dosen00856@unpam.ac.id

Article History:
Received: 01 Oktober 2024
Revised: 29 Oktober 2024
Accepted: 31 Oktober 2024

Keywords: *PLTS, PLTB, Baterai, Internet of things*

Abstract: *Seiring dengan peningkatan permintaan pemakaian energi listrik yang didorong oleh pertumbuhan ekonomi dan populasi, keterbatasan penggunaan sumber daya energi di Indonesia menjadi masalah utama. Indonesia memiliki banyak sumber energi terbarukan yang tersedia, seperti surya, angin, air, dan bioenergi. Perancangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) dapat menjadi solusi ideal untuk masa depan. PLTS menggunakan sel fotovoltaik untuk mengubah energi matahari menjadi listrik, sementara PLTB menggunakan angin sebagai sumber energi. Dengan mengumpulkan data mempelajari teori-teori yang bertujuan mempermudah dalam perancangan fisik alat (hardware) maupun perancangan perangkat lunak (software) dan setelahnya dilanjutkan untuk pengujian alat perancangan, pengambilan data beserta untuk analisa data yang sudah diperoleh. Sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) diperlukan untuk memantau output pembangkit saat mengembangkan sistem pembangkit listrik hybrid PLTS dan PLTB berbasis internet yang menggunakan modul INA219 untuk membaca tegangan, arus, dan daya listrik. Hasilnya dikirim ke aplikasi Blynk melalui modul NodeMCU ESP32, yang memudahkan pemantauan penggunaan energi secara real-time. Untuk penelitian disini PLTS mampu menghasilkan tegangan listrik paling tinggi pada jam 13.00 dengan intensitas cahaya 41.491 lux untuk tegangan sebesar 26,15v dengan kondisi cuaca cerah. Dan tegangan terendah yang dihasilkan pada jam 16.00 dengan intensitas cahaya 32,410lux besaran tegangan yang dihasilkan 23,36v dengan kondisi cuaca berawan. Sedangkan untuk PLTB menghasilkan kecepatan angin paling tinggi pada jam 16.00 dan 19,00 sebesar 6,1m/s untuk tegangan sendiri yang dihasilkan masing-masing jam sebesar 5,9v. Dengan kedua pembangkit yang sudah beroperasi maka diperlukan baterai sebagai komponen tambahan sebagai penyimpanan energy yang telah dihasilkan.*

PENDAHULUAN

Salah satu masalah utama saat ini khususnya diIndonesia adalah keterbatasan pemakaian sumber daya energi(Mustaqim, 2022). Hal ini disebabkan oleh peningkatan kebutuhan energi yang diimbangi oleh pertumbuhan ekonomi dan populasi Indonesia yang terus meningkat. Indonesia memiliki banyak sumber daya alam dan memiliki banyak potensi energi terbarukan dan bersih seperti surya, angin, air, dan bioenergi. Potensi ini dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar yang ramah lingkungan, sehingga dapat dianggap sebagai bagian dari upaya untuk mengatasi krisis energi. Karena ketersediaan energi dari cadangan sumber daya alam atau fosil yang terbatas, energi fosil menjadi tidak dapat diperbaharui dan akan habis jika digunakan secara terus menerus. Akibatnya manusia harus mencari sumber energi lain yang dapat diperbahurui atau terbarukan.

Beberapa sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi di Indonesia dengan wilayah beriklim tropis dan hembusan angin yang cukup kuat menjadi salah satu upaya untuk memanfaatkan energi angin dan sinar matahari sebagai pembangkit energi terbarukan. Karena sumber energi terbarukan memiliki cadangan yang tidak pernah habis dan ramah lingkungan, diharapkan mereka akan memainkan peran aktif dalam skenario diversifikasi energi di masa yang akan datang). Sebagai contoh, energi terbarukan seperti energi matahari dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif karena mudah diakses.

Energi matahari adalah sumber energi paling besar di Bumi. Karena itu, sangat bermanfaat bagi semua makhluk hidup di Bumi, terutama manusia hidup. Baik kebutuhan jangka panjang maupun jangka pendek dapat dipenuhi dengan cahaya matahari. PLTS (Photothermal Leaf Transfer Technology) adalah salah satu cara untuk memanfaatkan cahaya matahari. PLTS melakukan ini dengan menyalurkan foto melalui sel photovoltaic yang ada

pada panel surya dan mengubahnya menjadi energi listrik (digitalinstrument, 2021).

Selain itu, energi angin adalah sumber energi alternatif yang sangat potensial untuk dikembangkan. Sistem pembangkit listrik tenaga angin PLTB mengubah angin sebagai sistem mekanis menjadi energi listrik. Ini adalah generasi yang paling penting di daerah dan lokasinya memiliki potensi energi angin yang cukup besar(Triyanto & Mardani, 2023). Namun, kondisi geografis sangat memengaruhi pengembangan kedua sumber energi alternatif ini. Sumber energi terbarukan memiliki potensi untuk menghasilkan listrik untuk masyarakat. Proses pengembangan teknologi yang dapat memanfaatkan sumber energi terbarukan dalam skala kecil dan murah untuk memenuhi kebutuhan masyarakat terus berlanjut. Perancangan pembangkit energi listrik hybrid PLTS dengan PLTB akan menjadi dua kombinasi pembangkit yang ideal dimasa mendatang energi terbarukan yang melimpah, murah dan tidak akan habis dari segi SDA,nya.

Pada tahap pengembangan pembangkit listrik hybrid PLTS dengan PLTB dibutuhkan juga system monitoring yang akan sangat membantu dalam memantau output dari sistem pembangkit hybrid tersebut. Seiring dengan perkembangan teknologi khusunya pada bidang informasi dan komunikasi, munculah ternologi baru yang bernama Internet Of Things (IoT). IoT sendiri merupakan teknologi yang menggunakan koneksivitas internet secara terus - menerus yang memiliki kemapuan untuk mentransfer data dan kontrol sistem melalui jaringan tanpa interaksi antara manusia dengan manusia atau manusia dengan komputer(Abdillah et al., 2023). Dalam beberapa tahun terakhir, Internet of Things telah berkembang pesat. Miliaran perangkat dan sistem sudah terhubung satu sama lain, dan lebih banyak perangkat ditambahkan setiap hari. Internet of Things berinteraksi dengan data sensor.

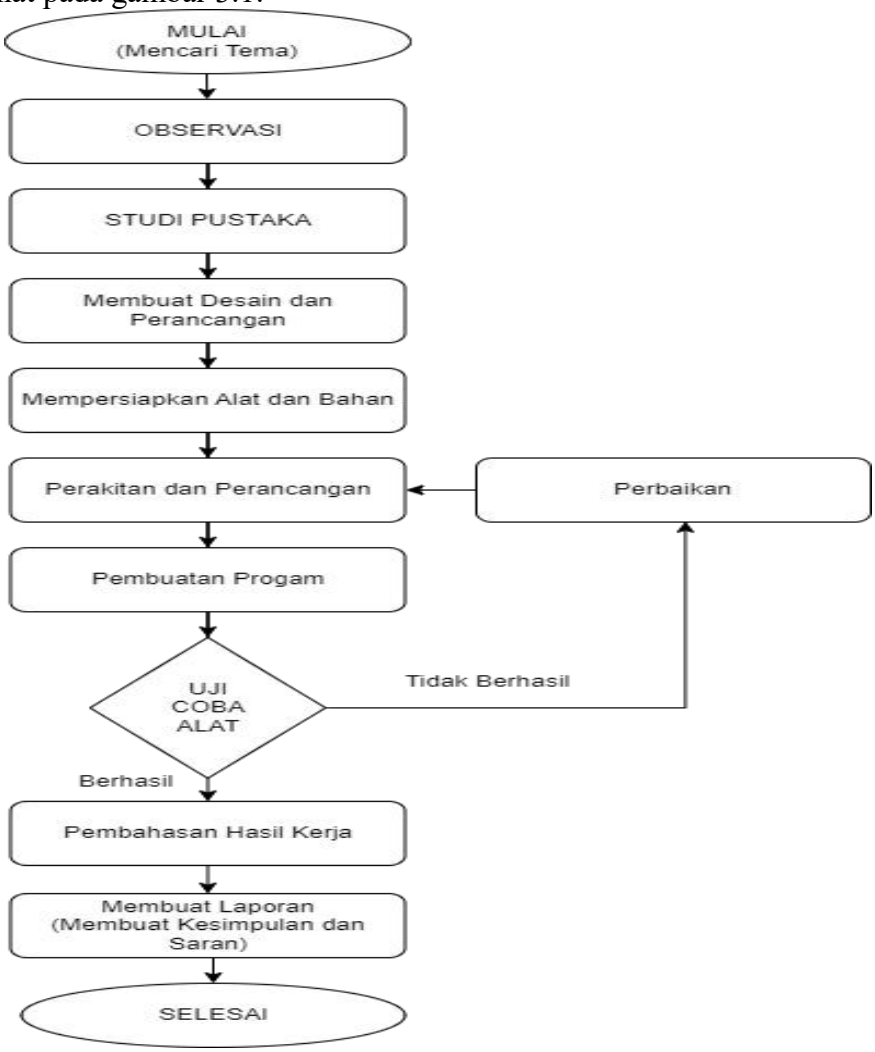
Beberapa peneliti yang sudah membahas tentang monitoring Pembangkit listrik dengan IoT menggunakan berbagai platform sebagai alat pemantau data seperti firebase (Chandra et al.,

2022) Pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun pembangkit energi listrik hybrid PLTS dengan PLTB berbasis IoT menggunakan modul INA219 yang berfungsi sebagai sensor pembacaan tegangan, arus maupun daya listrik, dari modul tersebut hasil data akan ditransfer dengan microcontroller modul NodeMCU ESP32 selanjutnya dari data tersebut akan dikirim ke Aplikasi Blynk yang sudah saling terkoneksi. Dengan menggunakan sistem monitoring berbasis IoT ini diharapkan dapat mempermudah pemantauan arus, tegangan maupun besaran pemakaian energi listrik.

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Bagian ini membahas tentang tahapan atau cara mendapatkan data yang digunakan dalam penelitian. Berikut Tahapan-tahapan di metode penelitian digambarkan dalam bentuk *flowchart* seperti terlihat pada gambar 3.1:



Gambar 3. 1 Flowchart Metode Penelitian

1) *Observasi*

Merupakan penelitian dalam rangka pengumpulan data yang berkaitan dengan

masalah penelitian melalui proses pengamatan langsung dilapangan.

2) Studi Pustaka

Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data dari tinjauan pustaka ke perpustkan, internet dan sumber informasi yang relevan dengan penelitian yang dilakukan.

3) Membuat desain alat

Sebelum melakukan perancangan alat kita perlu membuat desain alat berupa gambar yang menjelaskan seperti ukuran kerangka alat, box komponen agar menyesuaikan sesuai dengan ukuran masing-masing komponen

4) Menyiapkan alat dan bahan perancangan

Selanjutnya alat yang diperlukan disiapkan dan berbagai komponen dikumpulkan atau dibeli secara langsung melalui toko *offline* maupun dari *online shop*

5) Perakitan dan Perancangan

Bersamaan dengan menentukan desain dan perancangan dilakukan analisa sistem baru yang akan dibuat maupun diteliti. Dalam desain dan perancangan ini memiliki 2 tahapan yaitu:

- Perancangan *software*. Perancangan progam ini menggunakan *software* Modul INA219 sebagai sensor pembacaan arus, tegangan listrik yang kemudian progam tersebut di *upload* ke *board* NodeMCU ESP32 dan tambahan software untuk relay timer yang diupload di Arduino UNO R3.
- Perancangan *Hardware.* Perancangan alat ini menghubungkan semua komponen dimulai dari rangka hingga *solarcell,* turbin angin, motor dc, timer *relay,* SCC, baterai, inverter dengan komponen pendukung lainnya. Sehingga pembangkit bisa dioperasikan sesuai yang diharapkan.

6) Pengujian sistem

Dilakukan untuk memastikan apakah alat yang dibuat dapat bekerja maupun dioperasikan sesuai dengan keinginan peneliti.

7) Pembahasan hasil kerja alat

Jika pada saat pengujian menemukan kegagalan system maka dilakukan lagi pengecekan pada saat perancangan alat *hardware* maupun pada saat perancangan alat *software*. Jika saat pengujian berhasil amaka dilanjutkan proses selanjutnya.

8) Pengumpulan data dan Pembuatan laporan

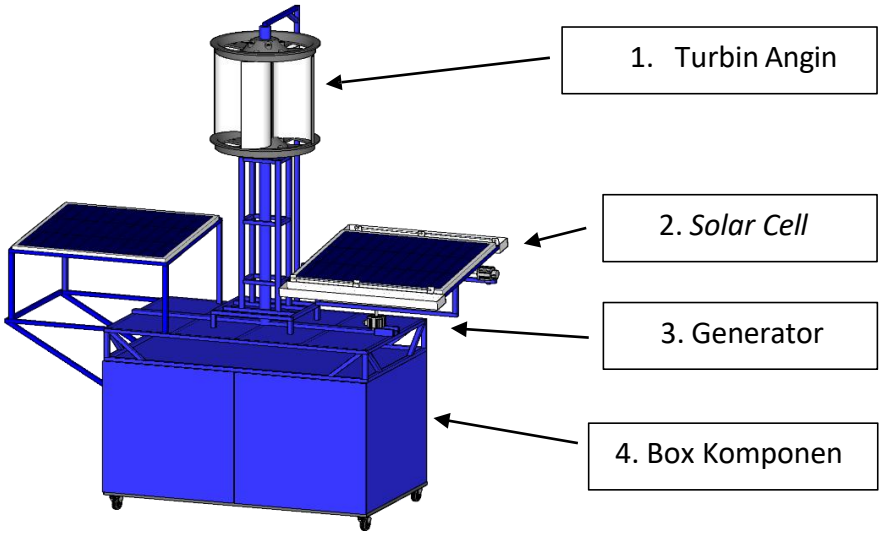
Setelah melakukan perancangan komponen dan diteruskan dengan beroperasinya alat dengan baik, maka selanjutnya dilakukan pengumpulan data diikuti dengan pengamatan beroperasinya alat dan pembuatan laporan, serta dapat mendapatkan hasil, kesimpulan maupun saran untuk laporan Tugas Akhir.

3.2 Desain Perancangan Alat

Dalam perancangan PLTH antara PLTS dengan PLTB dibagi menjadi 2 rancangan yaitu:

1) Perancangan alat pembangkit energy listrik *hybrid* antara PLTS dengan PLTB

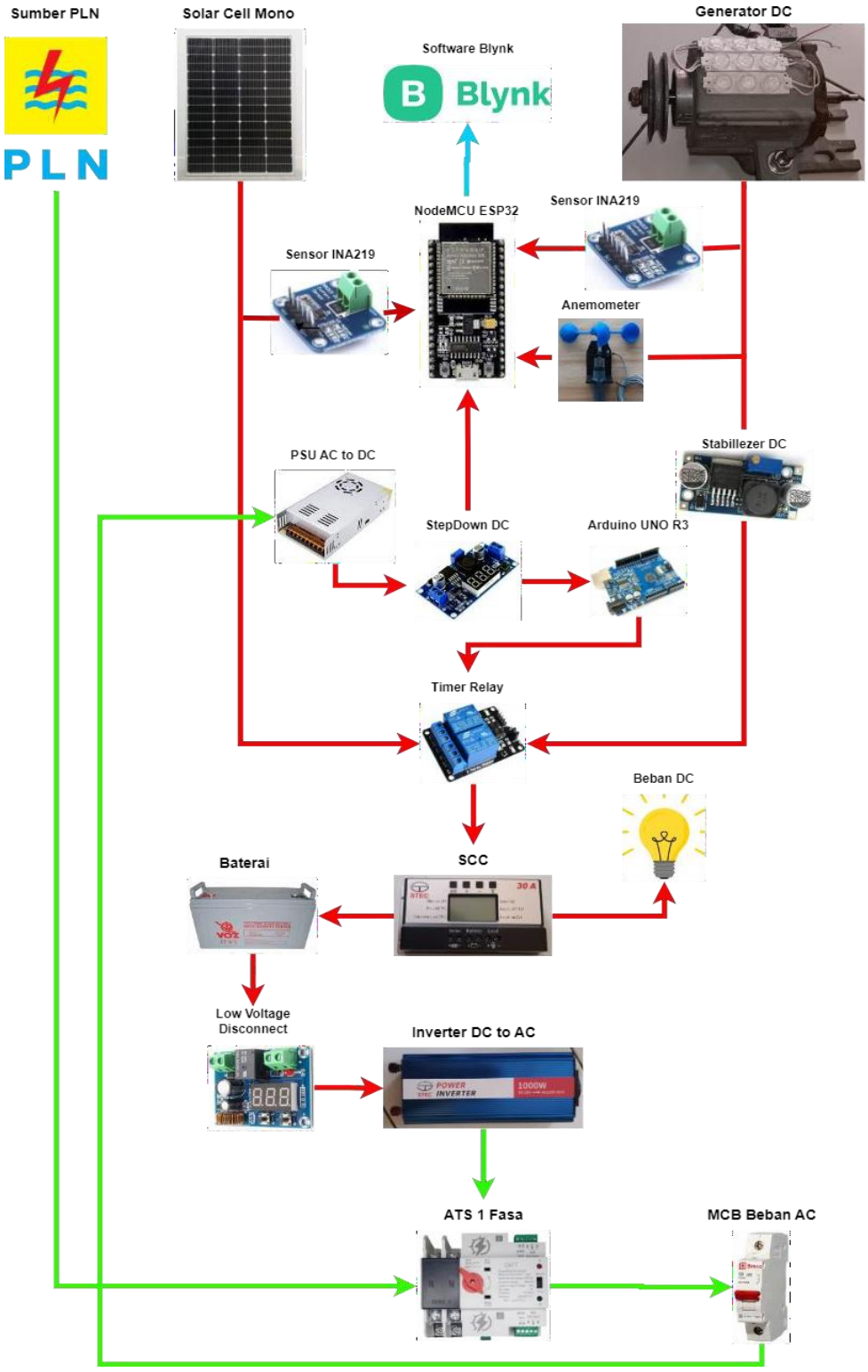
Gambar 3. 2 Desain Perancangan Alat



Keterangan :

Box komponen berisikan komponen pendukung dari rancang bangun seperti: SCC, Inverter, ATS, MCB, Baterai, Sensor INA219, Relay, NodeMCU esp32, Arduino UNO R3, dsb.

2) Perancangan system kerja pembangkit listrik *hybrid* antara PLTS dengan PLTB:



Gambar 3. 3 Desain System Kerja PLTH

Penjelasan warna kabel:

- Warna Merah: Arus listrik DC
- Warna Hijau: Arus listrik AC

Supply arus listrik stanby dari kedua pembangkit maupun dari PLN, dari pembangkit berupa listrik DC 0-24V, dari PLN berupa listrik AC 220V. Arus listrik dari Solar Sell maupun dari generator DC akan tersupply ke SCC sesuai settingan waktu pada timer relay yang telah disetting melalui Arduino UNO R3. Arus maupun tegangan dari kedua pembangkit tersebut akan terbaca oleh sensor INA219, hasil pembacaan dari kedua sensor itu akan ditampilkan diLCD dan sensor juga dibaca melalui aplikasi IoT Blynk yang telah dikirimkan oleh microcontroller yaitu NodeMCU ESP32.

Untuk listrik yang dihasil kan dari generator (PLTB) sebelum masuk ke SCC terdapat Stabillizer tegangan DC yang berfungsi untuk membatasi besaran tegangan DC 0-24v yang masuk sekaligus memprotect tegangan lebih yang dihasilkan oleh generator tersebut.

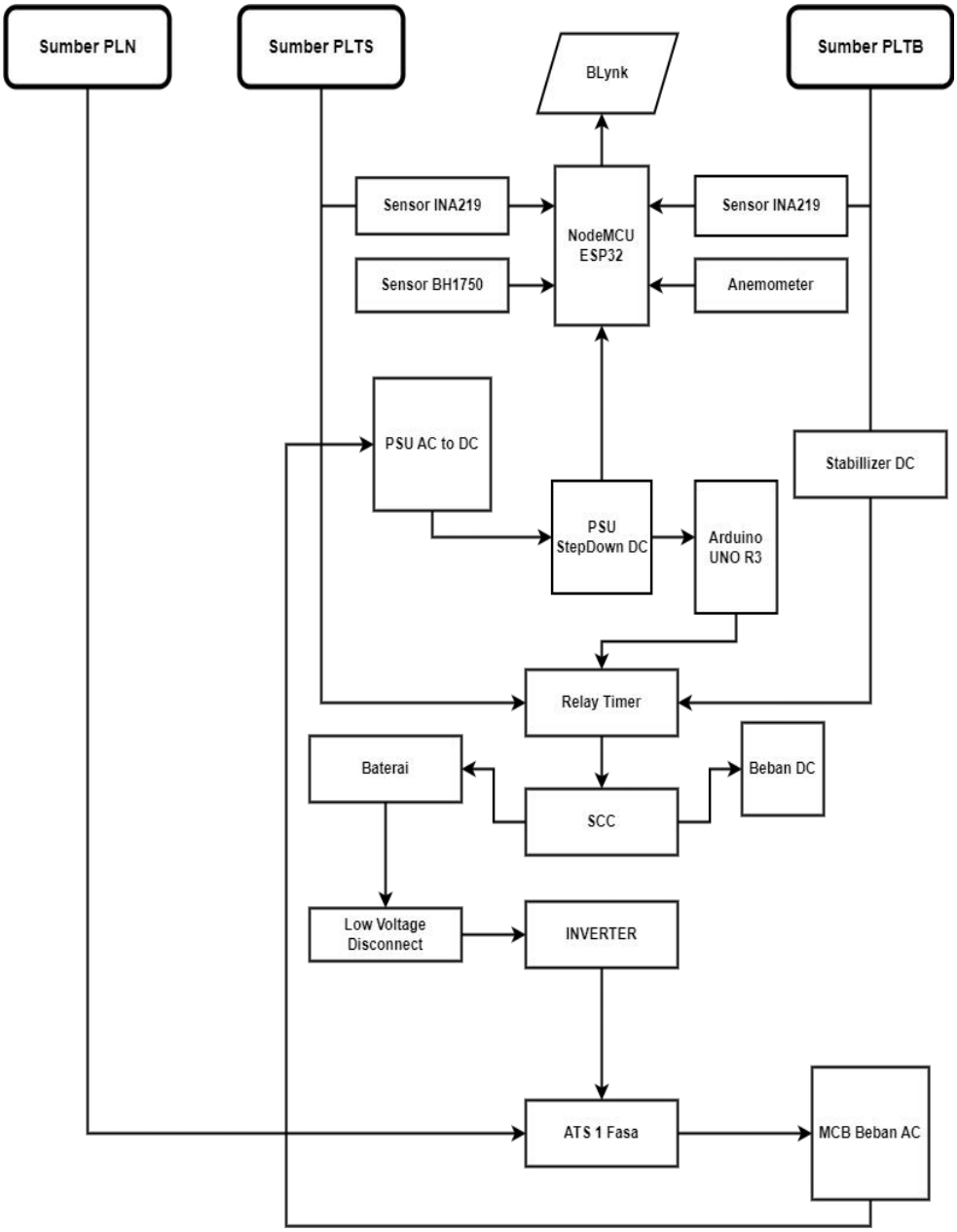
Setelah supply listrik dari kedua pembangkit masuk ke SCC, maka aliran listrik DC akan dibagi antara sensorr langsung digunakan ke beban yang bermuatan listrik DC dan langsung disupply ke baterai yang akan akan disimpan sementara sebagai cadangan energy listrik.

Cadangan energy listrik yang tersimpan dibaterai tersebut akan disupply ke inverter untuk dikonversikan ke listrik AC 220v untuk memenuhi kebutuhan beban AC 220v. Besaran tegangan maupun arus DC dibaterai yang dikonversikan menjadi AC melewati dan termonitoring oleh *Low Volttage Disconnect* agar tegangan yang tersedia dibaterai bias terkontrol untuk menghindari dropvolt, sekaligus menjaga masa pakai baterai agar lebih awet. Sebelum listrik AC yang dihasilkan dari kedua pembangkit (PLTH) maupun listrik stanby dari PLN masuk ke MCB 220v beban, maka aliran listrik tersebut akan melewati ATS 1 Fasa sebagai control atau *Automatic Transfer Switch*.

Mengingat supply aliran listrik ke MCB Beban tidak boleh terputus dikarenakan semua control system dari kedua pembangkit (PLTH) ini bersumber dari MCB 220v

3.3 Diagram Blok Perancangan Alat

Terdapat beberapa tahapan dalam perencanaan sistem untuk dapat membentuk suatu sistem yang baik adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 4 Diagram Blok Perancangan Alat

Supply arus listrik *stanby* dari kedua pembangkit maupun dari PLN, dari pembangkit berupa listrik DC 0-24V, dari PLN berupa listrik AC 220V. Arus listrik dari Solar Sell maupun dari generator DC akan tersupply ke SCC sesuai settingan waktu pada timer relay yang telah disetting melalui Arduino UNO R3. Arus maupun tegangan dari kedua pembangkit tersebut akan terbaca oleh sensor INA219, hasil pembacaan dari kedua sensor itu akan ditampilkan diLCD dan sensor juga dibaca melalui aplikasi IoT Blynk yang telah dikirimkan oleh microcontroller yaitu NodeMCU ESP32.

Untuk listrik yang dihasil kan dari generator (PLTB) sebelum masuk ke SCC terdapat Stabillizer tegangan DC yang berfungsi untuk membatasi besaran tegangan

DC 0-24v yang masuk sekaligus memprotect tegangan lebih yang dihasilkan oleh generator tersebut.

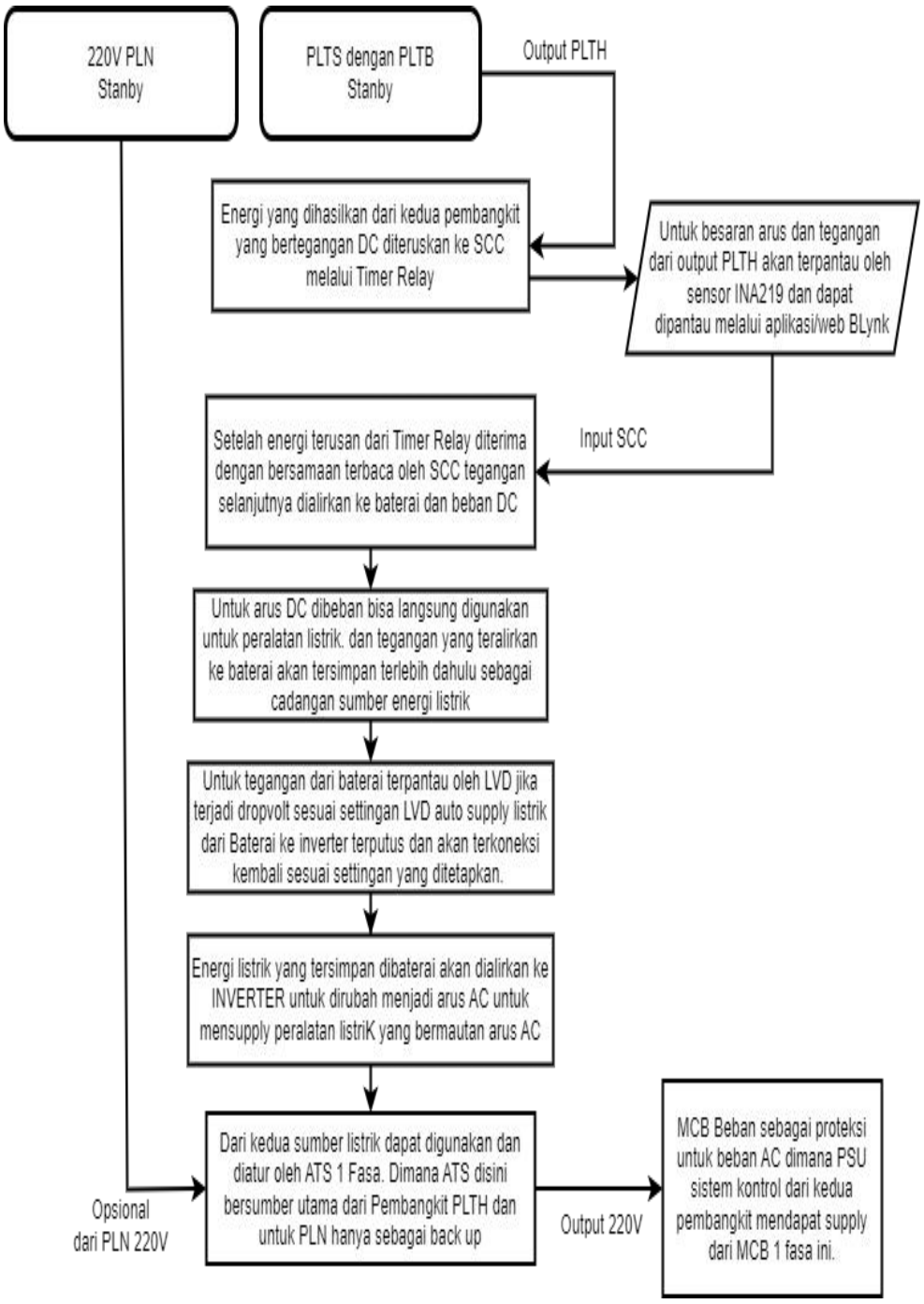
Setelah supply listrik dari kedua pembangkit masuk ke SCC, maka aliran listrik DC akan dibagi antara sensorr langsung digunakan ke beban yang bermuatan listrik DC dan langsung disupply ke baterai yang akan akan disimpan sementara sebagai cadangan energy listrik.

Cadangan energy listrik yang tersimpan dibaterai tersebut akan disupply ke inverter untuk dikonversikan ke listrik AC 220v untuk memenuhi kebutuhan beban AC 220v. Besaran tegangan maupun arus DC dibaterai yang dikonversikan menjadi AC melewati dan termonitoring oleh *Low Volttage Disconnect* agar tegangan yang tersedia dibaterai bias terkontrol untuk menghindari dropvolt, sekaligus menjaga masa pakai baterai agar lebih awet. Sebelum listrik AC yang dihasilkan dari kedua pembangkit (PLTH) maupun listrik stanby dari PLN masuk ke MCB 220v beban, maka aliran listrik tersebut akan melewati ATS 1 Fasa sebagai control atau *Automatic Transfer Switch*.

Mengingat supply aliran listrik ke MCB Beban tidak boleh terputus dikarenakan semua control system dari kedua pembangkit (PLTH) ini bersumber dari MCB 220v

3.4 *Flowchart* Sistem

Agar sistem yang akan dibuat dapat mendukung tujuan utama perancangan maka dibuatkan perancangan sistem dalam bentuk diagram alir dari sistem kerja mesin yang akan dibuat. Berikut diagram alir sistem kerja alat:



Gambar 3. 5 Flowchart Sistem

PLTS dengan PLTB *stanby*, energy yang dihasilkan dari output PLTH yang bertegangan DC diteruskan ke SCC melalui Timer Relay. Untuk besaran arus maupun tegangan yang dihasilkan akan terpantau oleh SensorINA219 dan dapat dipantau melalui aplikasi atau web BLynk yang sebelumnya sudah dikirim oleh microcontroller NodeESP32 maupun bisa dilihat melalui serial monitor. Setelah energy listrik masuk ke SCC maka dicontrol antara energy yang masuk ke baterai ataupun ke beban DC yang bisa digunakan secara secara langsung.

Baterai disini berfungsi sebagai wadah cadangan energy yang dihasilkan oleh

kedua pembangkit. Secara bersamaan tegangan dibaterai yang digunakan dipanntau dan decontrol oleh LVD (*Low Voltage Disconnect)* apabila terjadi dropvolt maka supply energy ke inverter akan terpurus dan akan terkoneksi kembali apabila energy pada baterai telah terisi kembali sesuai settingan .

Energy listrik dari baterai yang disalurkan ke inverter akan dirubah menjadi arus AC untuk mensupply peralatan listrik rumah tangga yang bermuatan arus AC. Sebelum masuk ke MCB 1 Fasa beban energy yang telah dikonversikan akan melewati ATS 1 Fasa terlebih dahulu, mengingat salah satu beban disini adalah keseluruhan dari system PLTH itu sendiri, maka aliran listrik diusahakan tidak akan terputus/padam, maka disediakan ATS 1 Fasa untuk mentrsnfer listrik 220v dari PLN yang berfungsi sebagai *back up* jika baterai mengalami pengosongan energy.

3.5 Material Penelitian

Berikut beberapa Komponen atau Material dan peralatan yang digunakan untuk melakukan penelitian:

Tabel 3. 1 Material Penelitian

No.	Material	Spesifikasi	Jumlah
1.	*Solarcell*	Monocrystalline 100wp	1 Pcs
2.	Turbin Angin	Velk R14	1 Pcs
3.	Bearing	KF1000 10mm	5 Pcs
4.	As Besi	10mm	1 Meter
5.	Generator DC	DC 400wp	1 Pcs
6.	Timer Relay	DC 2 Chanel	1 Pcs
7.	Arduino UNO R3	UNO R3 SMD	1 Pcs
8.	NodeMCU ESP32	ESP32	1 Pcs
9.	PSU DC to DC	XL4005	1 Pcs
10.	Inverter	STEC 1000W	1 Pcs
11.	Sensor Anemometer	Holdpeak	1 Pcs
12.	Sensor INA219	CJMCU-219	2 Pcs
13.	Low Voltage Disconnect	XH-M609	1 Pcs
14.	PSU AC *to* DC	12V 30A	1 Pcs
15.	Stabillizer DC	XL7015 5v-80v	1 Pcs
16.	Kabel Jumper *Female*	30cm	15 Pcs
17.	Kabel Jumper *Male*	30cm	15 Pcs
18.	Kabel PV	1x4mm 12 AWG	15 Meter

19.	MCB	NXB-63 10A	1 Pcs
20.	Besi Hollow	10mmx10mm	5 Batang
21.	Besi Siku	20mm	2 Batang
22.	Roda Trolli	2 inch	4 Pcs
23.	Spiral Kabel	Bening 12mm	10 Meter
24.	Lembaran Plat	Bordes 1mm	1 Lembar
25.	Baut + Mur	10mm	30 Pasang
26.	Baut Gipsum	FAB 2cm	2 Kantong
27.	Kabel Tis	20cm putih	3 Bungkus
28.	Kabel Serabut	NYYHY 2x1,5mm	10 Meter
29.	Kabel Flexible	20mm putih	10 Meter
30.	Baterai	VRLA Shoto 12v 100Ah	1 Pcs
31.	SCC	STEC 30A 12v/24v	1 Pcs
32.	Kawat Las	RD260	2 Kg
33.	Box Casing	25cm x 15cm x 12cm	1 Pcs
34.	ATS 1 fasa	4p Saklar	1 Pcs
35.	Mini Cooling Fan	DC 12cm 12v 1A	2 Pcs
36.	Pulley	100mm	1 Pcs
37.	Gear box	SIM100 2300 Helical	1 Pcs
38.	Pilot Lamp	LED	2 Pcs
39.	Cat + Dempul	Kansai blue	1 Pcs
40.	LCD	1602 Char Blue Backlight	1 Pcs

3.6 Peralatan Penelitian

Peralatan adalah alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai faktor penting yang meliputi:

Tabel 3. 2 Peralatan Penelitian

No.	Nama Alat	Merk Alat	Jumlah
1.	Cutting Wheel	Bosch	1pcs
2.	Gerinda Listrik	Bosch	1pcs
3.	Bor Listrik	Bosch	1pcs
4.	Obeng (+) dan Obeng (-)	Tekiro	1pcs

5.	Tang buaya	Tekiro	1pcs
6.	Las listrik	RYU	1pcs
7.	Multitester	Sanwa	1Pcs
8.	Tang Ampere	Sanwa	1Pcs

3.7 Estimasi Biaya

Dalam penelitian dibutuhkan biaya untuk pengadaan alat dan komponen. Berikut harga komponen sesuai estimasi harga di *online market* : *Tabel 3. 3 Estimasi Biaya*

No.	Nama Komponen	Jumlah	Harga	Total Harga
1.	*Solarcell*	1 Pcs	Rp 600.000	Rp 600.000
2.	Turbin Angin	1 Pcs	Rp 130.000	Rp 130.000
3.	Bearing	5 Pcs	Rp 17.000	Rp 85.000
4.	As Besi	1 Mtr	Rp 25.000	Rp 25.000
5.	Generator DC	1 Pcs	Rp 614.000	Rp 614.000
6.	Timer Relay 2 Chanel	1 Pcs	Rp 10.500	Rp 10.500
7.	Arduino UNO R3	1 Pcs	Rp 56.000	Rp 56.000
8.	NodeMCU ESP32	1 Pcs	Rp 76.000	Rp 76.000
9.	PSU DC to DC	1 Pcs	Rp 34.500	Rp 34.500
10.	Inverter	1 Pcs	Rp 320.000	Rp 320.000
11.	Sensor Anemometer	1 Pcs	Rp 210.00	Rp 210.00
12.	Sensor INA219	2 Pcs	Rp 24.500	Rp 49.000
13.	Low Voltage Disconnect	1 Pcs	Rp 26.000	Rp 26.000
14.	PSU AC *to* DC	1 Pcs	Rp 96.000	Rp 96.000
15.	Stabillizer DC	1 Pcs	Rp 10.700	Rp 10.700
16.	Kabel Jumper *Female*	15 Pcs	Rp 500	Rp 7.500
17.	Kabel Jumper *Male*	15 Pcs	Rp 500	Rp 7.500
18.	Kabel PV	15 Mtr	Rp 12.500	Rp 187.500
19.	MCB	1 Pcs	Rp 30.000	Rp 30.000
20.	Besi Hollow	5 Btg	Rp 56.000	Rp 280.000
21.	Besi Siku	2 Btg	Rp 38.000	Rp 76.000
22.	Roda Trolli	4 Pcs	Rp 5.000	Rp 20.000
23.	Spiral Kabel	10 Mtr	Rp 5.500	Rp 55.000
24.	Lembaran Plat	1 Lmbr	Rp 523.000	Rp 523.000
25.	Baut + Mur	30 Psg	Rp 1.000	Rp 30.000
26.	Baut Gipsum	2 Ktg	Rp 34.500	Rp 69.000
27.	Kabel Tis	3 Bks	Rp 15.000	Rp 45.000
28.	Kabel NYYHY 2x1,5mm	10 Mtr	Rp 7.500	Rp 75.000
29.	Kabel Flexible	10 Mtr	Rp 4.400	Rp 44.000

30.	Baterai	1 Pcs	Rp 1.050.000	Rp 1.050.000
31.	SCC	1 Pcs	Rp 260.000	Rp 260.000
32.	Kawat Las RD260	2 Kg	Rp 38.000	Rp 76.000
33.	Box Casing	1 Pcs	Rp 35.000	Rp 35.000
34.	ATS 1 fasa	1 Pcs	Rp 272.000	Rp 272.000
35.	Mini Cooling Fan	2 Pcs	Rp 18.000	Rp 36.000
36.	Pulley 100m	1 Pcs	Rp 26.000	Rp 26.000
37.	Gear box	1 Pcs	Rp 33.500	Rp 33.500
38.	Pilot Lamp	2 Pcs	Rp 7.000	Rp 14.000
39.	Cat + Dempul	1 Pcs	Rp 118.000	Rp 118.000
40.	LCD	1 Pcs	Rp 50.000	Rp 50.000
Total Jumlah Harga				Rp 5.692.200

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Komponen

Spesifikasi komponen yang dimaksud dalam laporan ini adalah mengidentifikasi *nameplat* dari kedua komponen utama pada system pembangkit listrik tenaga *hybrid* yaitu:

4.1.1 Solar Cell

Berikut nameplat yang tertera pada *solar cell* yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 4.1 *Nameplat Solar Cell*:



Gambar 4. 1 Nameplat Solar Cell

Dari data teknis dari gambar 4.1.1 *Nameplat* diatas dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Rated Maksimum Power (Pm); 100W

Daya maksimum yang bias dihasilkan oleh panel surya pada kondisi

pengujian standar.

2) Tolerance: 0~+5%

Toleransi daya yang menunjukan variasi maksimum dari daya terukur dalam hal ini, daya sebenarnya bisa 0 hingga 5% lebih tinggi dari yang dinyatakan (100W)

3) Voltage at Pmax (Vmp): 22,8V

Tegangan saat panel menghasilkan tegangan maksimum

4) Current at Pmax (Imp); 4,39A

Arus saat panel menghasilkan daya maksimum

5) Open-Circuit Current (Isc); 26,48v

Tegangan saat panel tidak terhubung ke beban (sirkuit terbuka)

6) Short-Circuit Current (Isc):4,94A

Arus maksimum yang dapat dihasilkan panel saat sirkuit pendek

7) Normal Operating Cell Temp (NOCT): 47-+2℃ Suhu operasi normal dari sel panel surya

8) Maximum System Voltage: 1000V DC

Tegangan maksimum system yang bisa dioperasikan dengan aman

9) Maksimum Series Fuse Rating: 10A

Nilai maksimum dari sekering seri yang disarankan untuk digunakan

10) Operating Temperature: -40℃ to +85℃ Rentang suhu operasi panel

11) Application Class: Class A

Klasifikasi aplikasi yangmenunjukan standar keselamatan dan kualitas

12) Fire Safety Class: Class C

Klasifikasi kesalamatan kebakaran panel surya

13) Weight: 5,3Kg Berat panel surya

14) Dimension (mm): 760x670x35mm Dimensi fisik dari panel surya

Dari uraian Gambar nameplate Solsr Cell diatas secara singkat dapat diartikan besaran kapasitas energy listrik yang dihasilkan mencapai 100,092 watt dengan dibuktikan dengan rumus sebagai berikut:

= 4.1

= 22,8 . 4,39 .....4.2

= 100,094 .....4.3

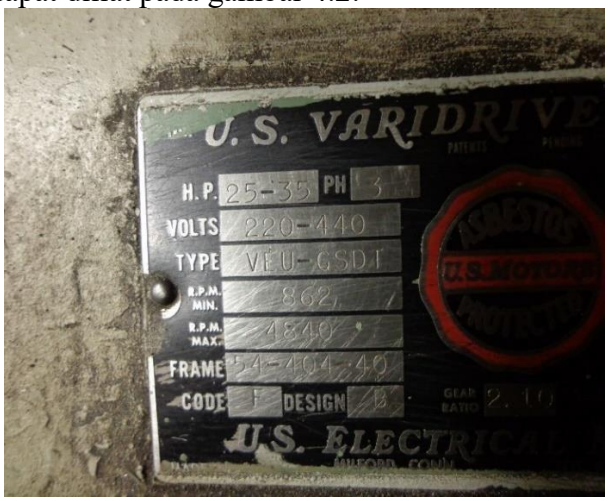
Dimana:

P: Daya (Watt)

V: Tegangan (Volt) I: Arus (Ampere)

4.1.2 Generator DC

Berikut *nameplat* yang tertera pada generator DC yang digunakan dalam penelitian dapat diliat pada gambar 4.2:



Gambar 4. 2 Nameplat Generator DC

4.1.3 Baterai

Berikut *nameplat* yang tertera pada generator DC yang digunakan dalam penelitian dapat diliat pada gambar 4.3:



Gambar 4. 3 Nameplat Baterai

1) HX12-100FT: Nama model baterai

2) 12V: Tegangan nominal baterai adalah 12Volt
3) 100Ah: Kapasitas baterai adalah 100 Ampere-jam.
4) 10HR: Kapasitas 100Ah diukur berdasarkan pengosongan dalam 10 jam.
5) Constant Voltage Charge:
   a) Cyclic: 14.40-14.70V

      Tegangan pengisian untuk siklus adalah 14.40 hingga

      14.70 Volt.

   b) Standby: 13.50-13.80V

      Tegangan pengisian untuk siaga adalah 13.50 hingga

      13.80 Volt.

6) Initial currentless than 27A: Arus awal pengisian harus kurang dari 27 Ampere.

4.2 Desain Sistem Perancangan Alat

Pada desain system ini akan membahas mengenai spesikasi dari alat yang sudah dirancang dapat dilihat pada gambar 4.4 Desain Perancangan Alat:



Gambar 4. 4 Desain Sistem Perancangan

Dari gambar 4.4 Desain system memiliki ukuran 154cmx58cmx230cm yang memiliki konfigurasi tinggi 2 bagian yaitu 60cm untuk area box komponen control dari pembangkit perancangan, 170cm untuk area PLTB dan untuk area PLTS.

4.3 Perancangan Alat

Penulis melakukan perancangan alat terdapat 3 tahapan yang meliputi perancangan alat yaitu:

4.3.1 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik disini membahas tentang sumber dari kedua pembangkit yang dirancang yaitu yang terdiri dari perancangan kerangka untuk solar cell, pembuatan turbin angin dan peletakan maupun perhitungan peletakan dari generator DC.

Untuk peletakan solar cell sendiri memiliki settingan titik koordinat yaitu sebear 11˚ menghadap utara-selatan. Untuk lebih jelasnya bias dilihat pada gambar 4.5 Perancangan *Solar Cell* dan Generator DC:



Gambar 4. 5 Perancangan Mekanik

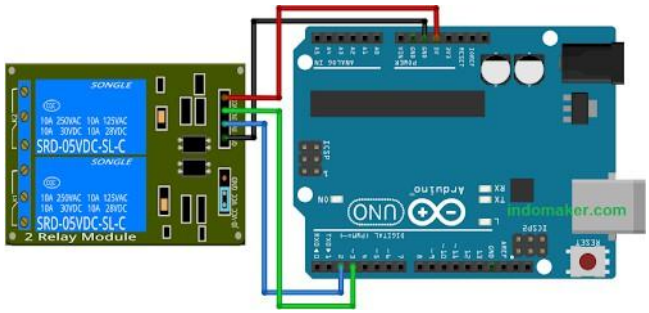
4.3.2 Perancangan *Electrikal*

Dalam perancangan electric ini meliputi penyambungan antar komponen listrik dengan menggunakan kabel pv, kabel jumper maupun kabel NYYHY. Komponen yang tersambung diperancangan elektrik ini meliputi: SCC, Inverter, PSU AC to DC, Baterai, ATS 1 Fasa, MCB Beban.

Beserta sensor yang terkoneksi meliputi: Relay 2 channel, PSU DC to DC, Arduino UNO R3, NodeMCU ESP32, dan sensor INA219. Berikut peraancangan electric dapat dilihat pada gambar 4.5 perancangan elekctrikal

Pengujian disini menerangkan dari system cara kerja pengisian pembangkit listrik tersebut, sampai mendapatkan nilai besaran listrik yang dihasilkan oleh solar cell maupun generator DC yang dirancang.

Cara kerja dari kedua pembangkit tersebut akan mengisi atau mengalirkan daya listrik sesuai settingan waktu yang telah ditentukan antara PLTS maupun PLTB agar tidak terjadi beban berlebih. Tujuan dari settingan yang disematkan pada kedua pembangkit tersebut agar daya atau energy listrik yang dihasilkan dari kedua pembangkit itu saat melewati SCC tidak berlebih.

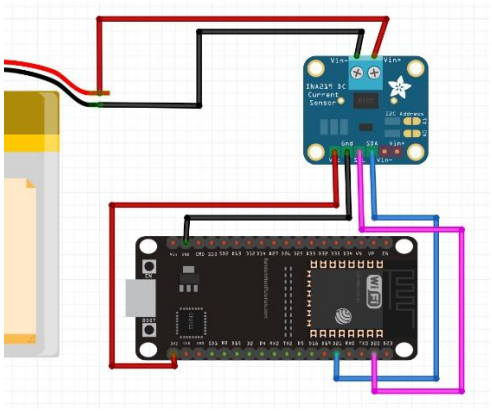


Gambar 4. 6 Rangkaian Elektrikal Relay to Arduino UNO R3

Dari gambar diatas berikut rangkaian koneksi antara relay 2 channel dengan Arduino UNO R3:

1) VCC modul relay ke 5V pada arduino
2) GND modul relay ke GND pada arduino
3) IN1 modul relay ke Pin 7 pada Arduino (control relay 1)
4) IN2 modul relay ke Pin 8 pada Arduino (control relay 2)

Setelah perancangan electrikal untuk system relay dengan microcontroller Arduino UNO R3 dilanjutkan dengan perancangan electrikal sensor INA 219 untuk pembacaan tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dari kedua pembangkit tersebut.

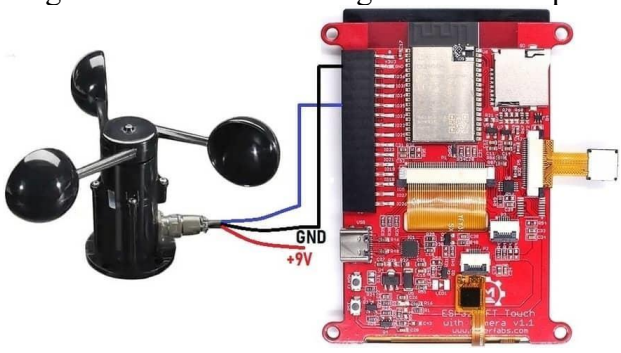


Gambar 4. 7 Rangkaian Elektrikal INA219 to ESP32

Dari gambar diatas berikut rangkaian koneksi antara sensor INA219 dengan NodeMCU ESP32:

1) VCC INA219 ke 3,3V ESP32
2) GND INA219 ke GND ESP32
3) SDA INA219 ke SDA ESP32 (GPIO 21)
4) SCL INA219 ke SCL ESP32 (GPIO 22)

Untuk selanjutnya system rancangan electrical anemometer yang terkoneksi dengan microkontroler sebagai sensor kecepatan angin



Gambar 4. 8 Rangkaian Elektrikal Anemometer to ESP32

Dari gambar diatas berikut rangkaian koneksi antara sensor anemometer dengan NodeMCU ESP32:

1) Hubungkan sin sinya dari anemometer ke salah satu pin pada ESP32

(misalnya, pin 34)

2) Hubungkan pin VCC dari anemometer ke pin 3,3V atau 5V pada ESP32, tergantung pada kebutuhan tegangan anemometer
3) Hubungkan pin GND dari anemometer ke pin GND pada ESP32

4.3.3 Perancangan *Software*

Dalam perancangan *software* berisikan beberapa codingan yang sudah dibuat menggunakan aplikasi Arduino IDE. Codingan yang dirancang berfunfsi untuk menjalankan system dati kedua pembakit tersebut, yang meliputi sebagai berikut:

1) Coding untuk sistem relay menggunakan Arduino UNO R3

```
// Definisikan pin untuk relay const int relay1Pin = 2; const int relay2Pin = 3;

void setup() {
  // Set pin relay sebagai output pinMode(relay1Pin, OUTPUT); pinMode(relay2Pin,
  OUTPUT);

  // Matikan relay pada awalnya digitalWrite(relay1Pin, LOW); digitalWrite(relay2Pin,
  LOW);
}

void loop() {
  // Aktifkan relay 1 selama 210 detik digitalWrite(relay1Pin, HIGH); delay(10000);

  // Matikan relay 1 selama 2 detik digitalWrite(relay1Pin, LOW); delay(2000);

  // Aktifkan relay 2 selama 2 detik digitalWrite(relay2Pin, HIGH); delay(10000);

  // Matikan relay 2 selama 2 detik digitalWrite(relay2Pin, LOW); delay(1000);
```

2) Codingan untuk pembacaan system sensor tegangan, arus, daya intensitas cahaya dan kecepatan angin yang akan diteruskan ke Web BLynk

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6yRddWomy" #define
BLYNK_TEMPLATE_NAME "dc power meter" #define BLYNK_AUTH_TOKEN
"1yxzWj_dBszPTVKMiNIC5ZLAHPa7M3cA"

#include <Wire.h>
#include<LiquidCrystal_I2C.h> #include <Adafruit_INA219.h> #include <WiFi.h>
#include<BlynkSimpleEsp32.h> #include <BH1750.h>

#define SDA_PIN 21
#define SCL_PIN 22
#define WIND_SENSOR_PIN 34 // Pin untuk sensor kecepatan angin

Adafruit_INA219 ina219;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Alamat LCD 0x27, 16
```

```
kolom, 2 baris BH1750 lightMeter;

volatile int windCount = 0; unsigned long lastWindMeasure = 0;
const float calibrationFactor = 2.4; // Faktor kalibrasi khusus untuk anemometer

unsigned long previousMillis = 0; // Menyimpan waktu terakhir tampilan LCD diubah
const long interval = 4000; // Interval waktu untuk mengubah tampilan (4 detik)
bool showPage1 = true; // Menentukan halaman mana yang akan ditampilkan

// Ganti dengan kredensial WiFi Anda char ssid[] = "Samsung";
char pass[] = "Agashi2505";

void IRAM_ATTR windSpeedISR() { windCount++;
}

void setup() {
  Wire.begin(SDA_PIN, SCL_PIN); // Inisialisasi I2C dengan pin yang ditentukan
  lcd.init(); lcd.backlight(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("ESP32 Energy");
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Monitor"); delay(2000);

  if (!ina219.begin()) { lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("FAILED TO FIND");
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("INA219 MODULE"); while (1) {
      delay(10);
    }
  }

  if (!lightMeter.begin(BH1750::CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE))
{
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("FAILED TO FIND"); lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("BH1750 MODULE"); while (1) {
      delay(10);
    }
  }

  pinMode(WIND_SENSOR_PIN, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(WIND_SENSOR_PIN), windSpeedISR,
FALLING);

  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Setup selesai. Memulai Blynk...");

  // Inisialisasi Blynk Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);
}

void loop() {
  Blynk.run(); // Jalankan Blynk
  measureValues(); updateLCD();
}
```

```
void measureValues() {
    float windSpeed = getWindSpeed();
    float busvoltage = ina219.getBusVoltage_V(); float current_mA =
    ina219.getCurrent_mA(); float power_mW = ina219.getPower_mW();
    float lux = lightMeter.readLightLevel();

    // Debug print statements Serial.print("Kecepatan Angin: "); Serial.print(windSpeed);
    Serial.println(" m/s");

    Serial.print("Bus Voltage: "); Serial.print(busvoltage); Serial.println(" V");

    Serial.print("Current: "); Serial.print(current_mA); Serial.println(" mA");

    Serial.print("Power: "); Serial.print(power_mW); Serial.println(" mW");

    Serial.print("Light: "); Serial.print(lux); Serial.println(" lx");

    // Kirim data ke Blynk Blynk.virtualWrite(V0,busvoltage); Blynk.virtualWrite(V1,
    current_mA); Blynk.virtualWrite(V2, power_mW); Blynk.virtualWrite(V3,
    windSpeed); Blynk.virtualWrite(V4, lux);
}

void updateLCD() {
    unsigned long currentMillis = millis();

    if (currentMillis - previousMillis >= interval) { previousMillis = currentMillis;
        showPage1 = !showPage1; // Toggle halaman yang ditampilkan
    }

    if (showPage1) { displayPage1();
    } else { displayPage2();
    }
}

void displayPage1() {
    float busvoltage = ina219.getBusVoltage_V(); float current_mA =
    ina219.getCurrent_mA(); float power_mW = ina219.getPower_mW();

    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,0); lcd.print("V: ");
    lcd.print(busvoltage, 2); // Menampilkan tegangan dengan
2 angka desimal

    lcd.setCursor(9,0); lcd.print("I: ");
    lcd.print(current_mA, 2); // Menampilkan arus dengan 2 angka desimal

    lcd.setCursor(0,1); lcd.print("P: ");
    lcd.print(power_mW, 2); // Menampilkan daya dengan 2 angka desimal
}
```

```
void displayPage2() {
  float windSpeed = getWindSpeed();
  float lux = lightMeter.readLightLevel();

  lcd.clear(); lcd.setCursor(0,0); lcd.print("W: ");
  lcd.print(windSpeed, 2); // Menampilkan kecepatan angin dengan 2 angka desimal

  lcd.setCursor(9,0); lcd.print("L: ");
  lcd.print(lux, 2); // Menampilkan intensitas cahaya dengan 2 angka desimal
}

float getWindSpeed() {
  unsigned long currentTime = millis(); unsigned long elapsedTime = currentTime - lastWindMeasure;
  lastWindMeasure = currentTime;

  float windSpeed = (windCount / (float)elapsedTime) * calibrationFactor ; // Hitung kecepatan dalam m/s
  windCount = 0; return windSpeed;
```

4.4 Pengujian Sistem Perancangan

Setelah semua system dirancang dan codingan sudah berhasil diupload tahap selanjutnya yaitu pengujian alat perancangan. Ada 3 pembacaan pengujian yang dilakukan untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal, yaitu Prngujian PLTS, PLTB dan PLTH dari kedua pembangkit. Berikut tabel dan hasil dari pembacaan alat ukur, monitor LCD maupun dari Web BLynk sebagai system pembacaan secara IoT:

4.4.1 Pengujian PLTS

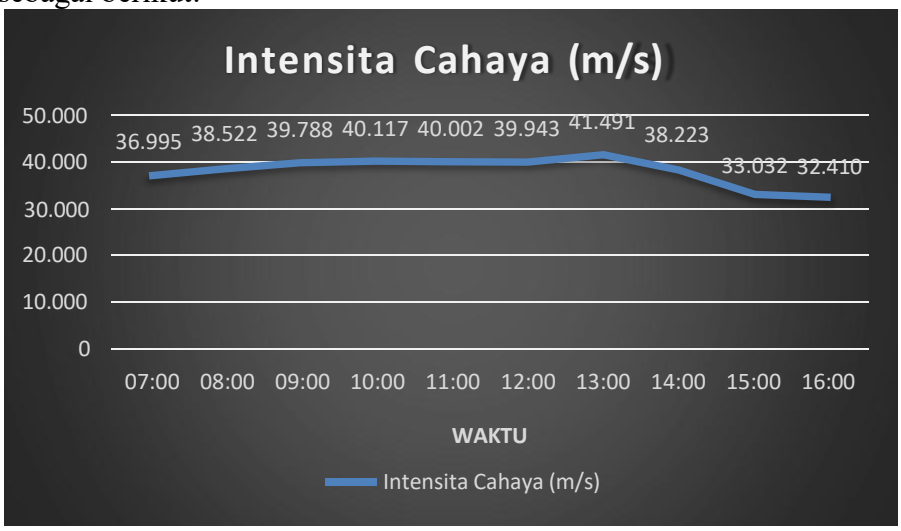
Berikut table hasil dari pengamatan melalui LCD monitor yang terkoneksi dengan sensor INA219 maupun pengukuran secara langsung menggunakan multitester diPLTS dengan tanpa beban sebagai berikut : *Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran PLTS Tanpa Beban*

Jam	Intensitas Cahaya (lux)	Tegangan Solar Cell (v)
07:00	36.995	24,45
08:00	38.522	25,01
09:00	39.788	25,21
10:00	40.117	25,81
11:00	40.002	25,69
12:00	39.943	25,37
13:00	41.491	26,15
14:00	38.223	24,80
15:00	33.032	23,71
16:00	32.410	23,36

Dari table diatas, pengamatan Hasil Pengukuran PLTS Tanpa beban yang dilakukan oleh penulis yang dilaksanakan dari jam 07.00 – 16.00 dinyatakan bahwa system cara kerja dari PLTS yang dirancang bekerja dengan baik dan dapat menghasilkan tegangan listrik paling tinggi pada

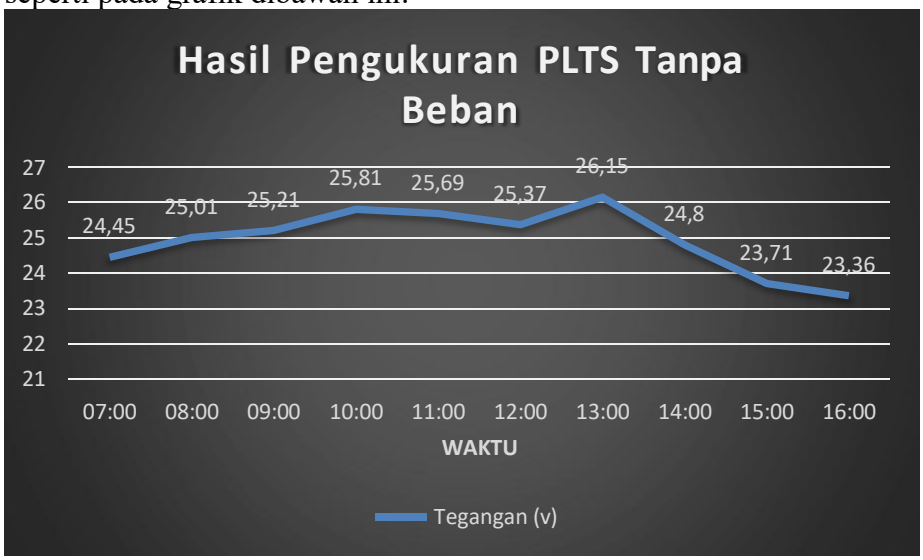
jam 13.00 dengan intensitas cahaya 41.491 lux untuk tegangan yang dihasilkan terbaca diLCD Monitor maupun diaplikasi BLynk sebesar 26,15v dengan kondisi cuaca cerah. Dan tegangan terendah yang dihasilkan pada jam 16.00 dengan intensitas cahaya 32,410 lux besaran tegangan yang dihasilkan 23,36v dengan kondisi cuaca berawan.

Untuk hasil pengukuran tegangan diatas dilakukan sebelum masuk SCC dari pembangkit tersebut. Berikut grafik dari hasil pengukuran intensitas cahaya matahari melalui luxmeter dan tersinkron dengan sensor BH1750 sebagai berikut:



Grafik 4. 1 Intensitas Cahaya Matahari

Dari grafik diatas dapat dijelaskan bahwa intensitas cahaya pada saat pengambilan data relative cerah dengan tegangan yang dihasilkan juga stabil seperti pada grafik dibawah ini:



Grafik 4. 2 Hasil Pengukuran PLTS Tanpa Beban

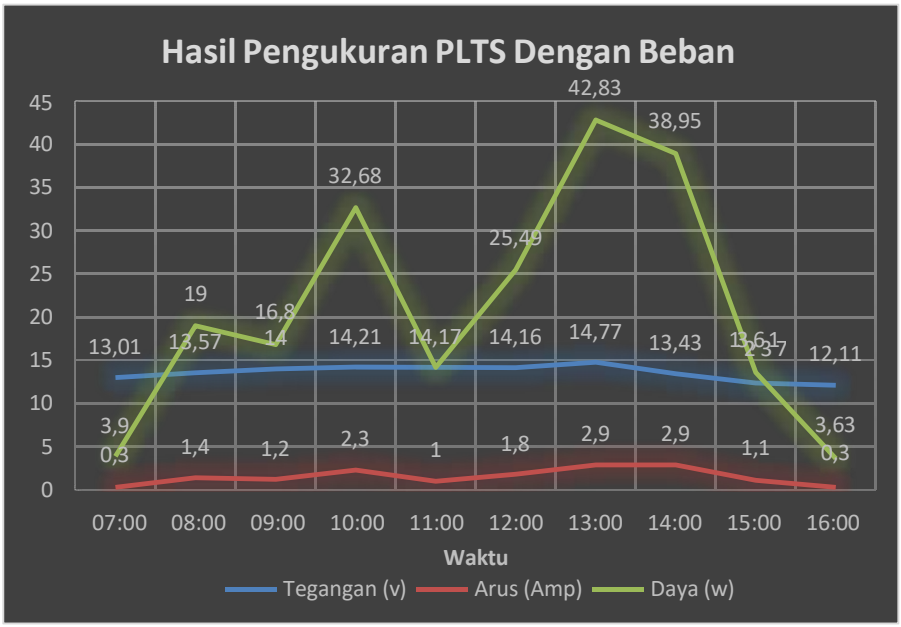
Walaupun dari grafik diatas terlihat tegangan yang dihasilkan oleh panel solar cell belum bekerja secara maksimal sesuai spesifikasi di*nameplat*.

Tabel 4. 2 Pengukuran PLTS Dengan Beban Baterai

Jam	Intensitas Cahaya (Lux)	Solar Cell Panel		
		Tegangan (v)	Arus (Amp)	Daya (watt)
07:00	36.995	13,01	0,3	3,90
08:00	38.522	13,57	1,4	19,00
09:00	39.788	14,00	1,2	16,80
10:00	40.117	14,21	2,3	32,68
11:00	40.002	14,17	1	14,17
12:00	39.943	14,16	1,8	25,49
13:00	41.491	14,77	2,9	42,83
14:00	38.223	13,43	2,9	38,95
15:00	33.032	12,37	1,1	13,61
16:00	32410	12,11	0,3	3,63
Rata-rata daya yang dihasilkan PLTS				21,11

Dengan table pembacaan Hasil Pengukuran PLTS Dengan Beban diatas yang dilakukan setelah SCC maka tegangan yang dihasilkan oleh PLTS menurun dibandingkan dengan Pengukuran PLTS Tanpa beban sebelumnya. Hasil yang diperoleh dari pengukuran disini dapat dilihat tegangan paling tinggi pada jam 10.00 yaitu sebesar 14,21v dengan intensitas cahaya 40,117lux untuk arus yang terpakai sebesar 2,3A dengan daya yang dihasilkan 32,68watt, umtuk kondisi cuaca cerah.

Dari table hasil pengamatan dan pengukuran PLTS dengan beban diatas dapat dideskripsikan energy listrik yang dihasilkan setiap harinya dengan menggunakan grafik berikut:



Grafik 4. 3 Hasil Pengukuran PLTS Dengan Beban

Untuk penelitian yang dilakukan dapat dijelaskan melalui grafik diatas bahwa energy listrik yang dihasilkan oleh PLTS 100Wp dapat menghasilakan daya listrik yang cukup tinggi pada jam 10.00 yaitu sebesar 32,68watt sampai pada jam 14.00 yaitu sebesar 38,95watt dengan kondisi cuaca cerah. Untuk rata-rata daya yang dihasilkan dari jam 07.00 – 16.00 sebesar 21,11watt.

Untuk menentukan besaran daya yang dihasilkan oleh PLTS dapat diperoleh dengan hitungan rumus sebagai berikut:

= 4.4

Dimana :

P = Daya (watt)

V = Tegangan (Volt) I = Arus (Amper)

a) Berikut gambar pengukuran langsung menggunakan alat ukur multitester:



Gambar 4. 9 Pembacaan PLTS diMultitester Tanpa Beban

Pada gambar 4.12 Pembacaan PLTS diMultitester tanpa beban diatas dijelaskan bahwa output dari solar cell memhasilkan tegangan sebesar 24,87v dengan arus 0A dikarenakan pengukuran diatas tanpa tersambung ke SCC/Beban

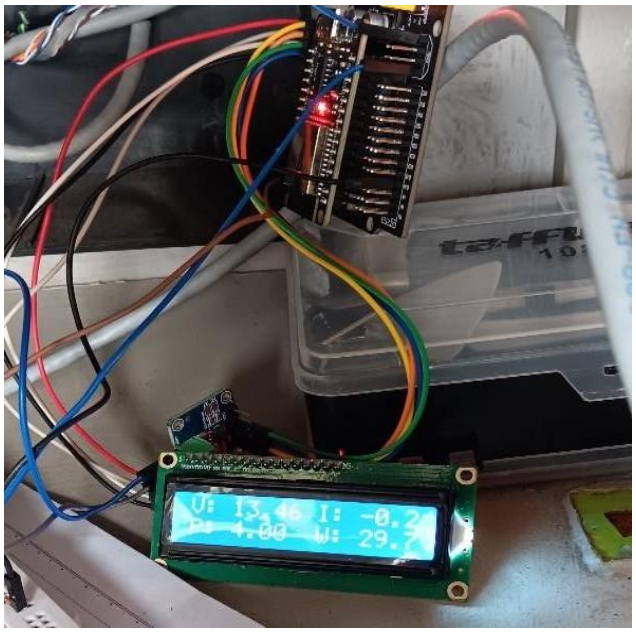


Gambar 4. 10 Pembacaan PLTS diMultitester Dengan Beban

Pada gambar 4.12 Pembacaan PLTS diMultitester tanpa beban diatas dijelaskan bahwa output dari solar cell memhasilkan tegangan sebesar 13,26v

dengan arus terbaca pada SCC sebesar 0,5A dikarenakan pengukuran tersambung ke SCC/Beban

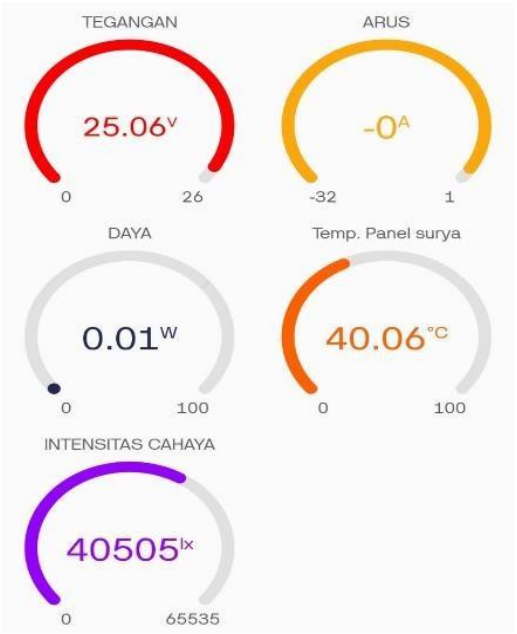
b) Berikut gambar pemantauan dengan menggunkan LCD monitor:



Gambar 4. 11 Pembacaan PLTS diLCD Monitor

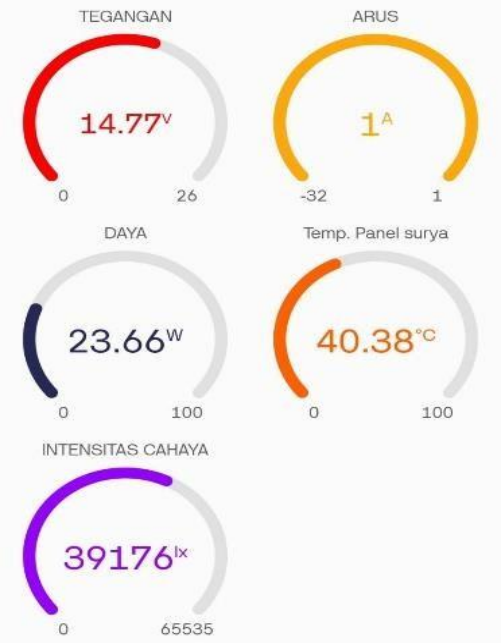
Pada gambar 4.14 Pembacaan PLTS diLCD Monitor diatas dijelaskan bahwa output dari solar cell memhasilkan tegangan sebesar 13,46v dengan arus terbaca pada SCC sebesar 0,46A dikarenakan pengukuran tersambung ke SCC/Beban

c) Berikut gambar pemantauan yang dilakukan dengan Web BLynk:



Gambar 4. 12 Pembacaan PLTS diBLynk Tanpa Beban

Pada gambar 4.15 Pembacaan PLTS diBLynk Tanpa Beban dijelaskan bahwa output pada PLTS yang terkoneksi dengan sensor INA219 terpantau memiliki besaran tegangan 25,05v dengan tanda warna merah, arus 0A dengan tanda orange, daya yang diperoleh 0,01w dengan tanda hitam dan terakhir intensitas cahaya sebesar 40,050lux



Gambar 4. 13 Pembaaan PLTS diApl BLynk

Pada gambar 4.16 Pembacaan PLTS diBLynk Dengan Beban dijelaskan bahwa output pada PLTS yang terkoneksi dengan sensor INA219 terpantau memiliki besaran tegangan 14,77v dengan tanda warna merah, arus 1A dengan tanda orange, daya yang diperoleh 23,66w dengan tanda hitam dan terakhir intensitas cahaya sebesar 39.176lux

Dari ketiga pengamatan pengukuran yang dilakukan menggunakan alat ukur multitester, Sensor INA219 yang terkoneksi dengan NodeMCU ESP32 sebagai microcontroller maupun LCD monitor secara langsung memperoleh hasil yang sama besarnya. Hanya saja akan lebih mudah pemantauan pengukuran yang dilakukan menggunakan Sensor INA219 dikarenakan bisa dipantau jarak jauh tanpa melakukan pengukuran secara langsung dengan catatan NodeMCU ESP32 terkoneksi dengan jaringan internet.

4.4.2 Pengujian PLTB

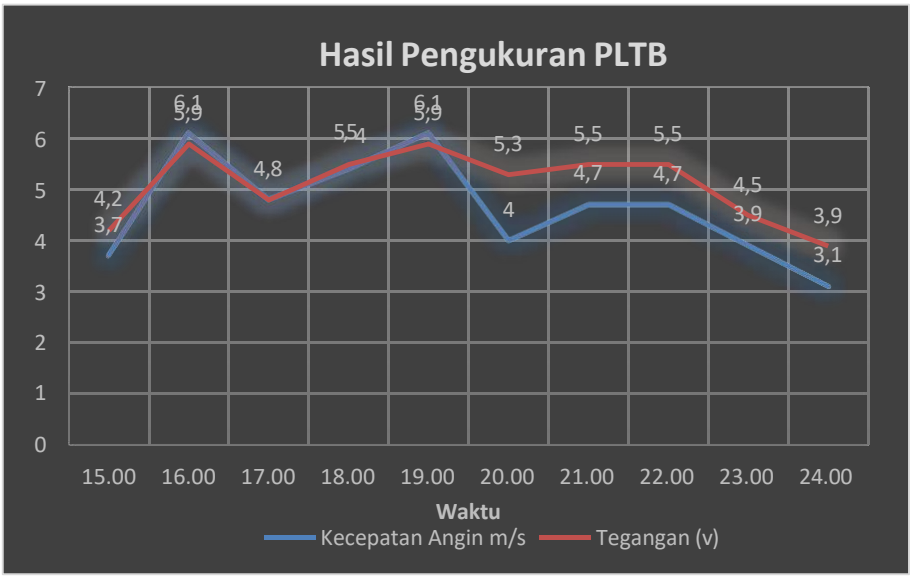
Berikut table hasing pengamatan pada LCD monitor yang terkoneksi dengan sensor INA219 dan Web BLynk maupun pengukuran langsung dengan multitester pada PLTB menggunakan multitester sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Harian PLTB

Jam	Kecepatan Angin m/s	Tegangan (v)
07.00	2,5	3,1
08.00	1,7	2,4
09.00	2,2	3,0
10.00	3,1	3,9
11.00	3,1	3,9
12.00	2,3	2,8
13.00	2,7	3,5
14.00	3,4	4,1
15.00	3,7	4,2
16.00	6,1	5,9
17.00	4,8	4,8
18.00	5,4	5,5
19.00	6,1	5,9
20.00	4,0	5,3
21.00	4,7	5,5
22.00	4,7	5,5
23.00	3,9	4,5
24.00	3,1	3,9

Dari pengujian alat yang dilakukan ditepi Pantai Tanjung Kait pada jam 07.00 – 24.00 didapat hasil pengamatan pengukuran pada table Hasil Pengukuran PLTB diatas dengan kecepatan angin paling tinggi pada jam 16.00 dan 19,00 sebesar 6,1m/s untuk tegangan sendiri yang dihasilkan masing-masing jam sebesar 5,9v. Untuk kondisi cuaca cerah.

Dengan hasil diatas bisa disimpulkan bahwa system cara kerja PLTB yang dirancang oleh penulisan masih sangat jauh dari harapan dikarenakan untuk tegangan yang masuk ke SCC minimal 12v dan harus stabil agar bisa digunakan untuk menghidupkan beban ataupun sebagai cadangan sumber energy listrik dibaterai. Berikut gambar grafik dari Hasil Pengukuran PLTB:



Grafik 4. 4 Hasil Pengukuran PLTB

Grafik diatas menjelaskan bahwa untuk kecepatan angin sudah cukup untuk menggerakan turbin PLTB penulis, hanya saja ada beberapa komponen yang harus diganti ataupun diperbaiki. Seperti mengganti turbin yang lebih besar, pully primer yang berada pada turbin berukuran 3x atau 4x lipat lebih besar daripada pully generator DC ataupun mencari spesifikasi generator DC yang lebih low rpm agar mendapat putaran yang rendah tetapi menghasilkan energy listrik yang lebih besar.

Perhitungan Konsumsi Energi Baterai

Berdasarkan pengujian dan pengukuran serta monitoring dengan pembangkit listrik yang dilakukan, energy listrik yang dihasilkan disimpan terlebih dahulu dibaterai. Pemilihan kapasitas baterai dengan perbandingan pemakaian energy listrik pada beban sangat penting.

Untuk baterai pada penelitian disini penulis menggunakan baterai dengan kapasitas 100Ah dengan beban yang terpakai/terukur 194,2watt, yang meliputi system pendingin, solartracker maupun system camera pemantauan suhu panas dari masing-masing komponen. Untuk menghitung berapa lama baterai 100Ah akan bertahan saat digunakan dengan beban 194,2watt melalui inverter, maka diperlukan beberapa faktor pertimbangan yaitu:

1) Kapasitas baterai dalam watt-jam(Wh)

Berikut rumus cara menghitung kapasitas baterai dalam watt-jam(Wh):

(*h*) =

(*h*) 4.5

(*h*) = 100 *h* 12 .....4.6

= 1200 *h*.....4.7

2) Efisiensi inverter

Inverter biasanya memiliki efisiensi sekitar 85-95%, untuk inverter yang dipilih peneliti memiliki tingkat efisiensi sampai 90%. Berikut cara mencari nilai beban efektif yang melalui inverter:

$$= \frac{\quad}{\quad} \qquad . \qquad 4.8$$

$$= \frac{194,2}{0,9} \qquad 4.9$$

$$= 215,8 \qquad 4.10$$

3) Hitung waktu bertahan

Cara menghitung kapasitas baterai bertahan dapat dicari menggunakan rumus dibawah ini:

$$h\ (\ ) = \frac{\quad}{\quad} \qquad 4.11$$

$$h\ (\ ) = \frac{1200\ h}{215,8} \qquad 4.12$$

$$h\ (\ ) = 5,56h \qquad 4.13$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa menggunakan inverter dengan tingkat efisiensi 90% dan beban 194,2watt, dengan kapasitas 100Ah (12V), maka baterai akan bertahan selama 5,56jam sampai baterai kosong.

Setelah melakukan perhitungan berapa lama pemakain baterai tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan waktu yang diperlukan untuk mengisi daya baterai dengan kapasitas dan beban yang sama. Untuk menghitung waktu yang diperlukan untu mengisi baterai 100Ah dengan sumber pengisian 12-13volt. Berikut cara menentukan waktu yang digunakan untuk mengisi daya baterai:

$$\frac{=}{-}$$

.....4.14

$$= \frac{100\ h}{2,7 \quad 0,9} \qquad 4.15$$

$$= 41,15h \qquad 4.16$$

Jadi dengan pengisian 12v hingga 13v dan arus rata-rata 2,7A dari PLTH serta efisiensi pengisian sebasar 90% waktu yang diperlukan untuk pengisian baterai membutuhkan 41,15h.

Untuk perancangan alat yang dilakukan oleh penulis terdapat sebuah modul *Low Voltage Disconnect* (LVD) jadi pemakaian baterai tidak akan sampai terjadi pengosongan energy listrik pada baterai. LVD akan memutus dan menghubungkan pemakaian energy listrik baterai sesuai settingan. Dan dipenilitian terdapat ATS sebagai jembatan antara PLTH dengan PLN sebagai cadangan sumber energy untuk system control dari penelitian ini sendiri.

KESIMPULAN

Dari hasil pembuatan dan pengamatan yang telah dilakukan, maka dapat diambul kesimpulan sebagai berikut:

1) Untuk PLTS disini mampu menghasilkan tegangan listrik paling tinggi pada

jam 13.00 dengan intensitas cahaya 41.491 lux untuk tegangan sebesar 26,15v, tegangan terendah yang dihasilkan pada jam 16.00 dengan intensitas cahaya 32,410lux besaran tegangan yang dihasilkan 23,36v dengan kondisi cuaca berawan. Sedangkan untuk PLTB menghasilkan kecepatan angin paling tinggi pada jam 16.00 dan 19,00 sebesar 6,1m/s untuk tegangan sendiri yang dihasilkan masing-masing jam sebesar 5,9v. Untuk kondisi cuaca cerah energy listri dari PLTB masih sangat jauh dari harapan dikarenakan untuk tegangan yang masuk ke SCC minimal 12v dan harus stabil.

2) Dari ketiga pengamatan pengukuran yang dilakukan menggunakan alat ukur multitester, Sensor INA219 maupun LCD/serial monitor secara langsung memperoleh hasil yang sama besarnya. Hanya saja akan lebih mudah pemantauan pengukuran yang dilakukan menggunakan Sensor INA219 dikarenakan bisa dipantau jarak jauh tanpa melakukan pengukuran secara langsung dengan catatan NodeMCU ESP32 terkoneksi dengan jaringan internet.

3) Untuk perhitungan pemakaian baterai dan lama pengisian disini penulis menggunakan baterai dengan kapasitas 100Ah dengan beban yang terpakai/terukur 194,2watt, yang meliputi system pendingin, solartracker maupun system camera pemantauan suhu panas dari masing-masing komponen. Setelah melalui perhitungan maka didapat baterai mampu bertahan selama 5,56jam sampai baterai kosong dengan tingkat efisiensi inverter 90% dan baterai akan terisi penuh kembali selama 41,15jam dengan pengisian tegangan 12v-13v dan arus rata-rata 2,7A serta efisiensi pengisian sebasar 90%.

DAFTAR REFERENSI

Abdillah, H., Asrori, T., Baihaqi, M. A., Prasetyo, D. H. T., & Muhammad, A. (2023). Sistem Monitoring dan Manajemen Energi pada Pembangkit Hybrid PLTS, PLTB, dan PLN berbasis Internet of Things. *JASIEK (Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika Dan Komputer)*, *5*(2), 41–50. https://doi.org/10.26905/jasiek.v5i2.10920

Afreza1, R., Ummihani2, A., Sulistyo3, E., & Dwisaputra4, I. (2022). *PROSIDING SEMINAR NASIONAL*.

AZIZAH, A. H. B., & ANGGRAINI, D. (2022). *Hycos: Perancangan Hybrid Charge Controller System Sebagai Sinkronisasi Penyelaras Daya Pada PLTS, PLTB, DanPLTMH. 18524138*.
https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/40078%0Ahttps://dspace.uii.ac.id/ bitstream/handle/123456789/40078/18524084.pdf?sequence=1&isAllowed= y

Chandra, M. A. R., Nufus, T. H., & Santoso, B. (2022). Sistem Monitoring dan Controlling Berbasis IoT pada Studi Kasus PLT Hybrid. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, 881–887. http://prosiding.pnj.ac.id digitalinstrument. (2021). □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ *Internet of Things (IoT)*. 1–

2http://www.digitalinstrument.co.th/□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ -internet- of-thingsiot-76397.page

Haryanto, T. (2021). Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel Untuk Essential Load Dengan Sistem Switch. *Jurnal Teknik Mesin*, *10*(1), 43. https://doi.org/10.22441/jtm.v10i1.4779 Mahasiswa, J., & Negeri, U. (2020). *Permadi &*

Agung 2020.

Mustaqim, M. (2022). *Prediksi Kebutuhan Plts Dan Pltb Berbasis Jaringan Saraf Tiruan*. 7–8.

Pratama, D. B., Santoso, D. B., & Rahmadewi, R. (2023). Analisis Quality of Service Dan Implementasi Sistem Monitoring Menggunakan Internet of Things (Iot) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin. *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, *12*(1), 17. https://doi.org/10.30591/polektro.v12i1.4309 Ramadhan, I., & Santoso, D. B. (2022). Penerapan Internet Of Things Pada Sistem Monitoring Pembangkit Hibrida. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *8*(13), 168–176.

Triyanto, A., & Mardani, M. (2023). *Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Hybirid (Plts-Pltb-Pln) Pada Tanaman Hidroponik*. 603–608.

Wijayanto, D., Haryudo, S., Wrahatnolo, T., & Nurhayati, D. (2022). Rancang Bangun Monitoring Arus Dan Tegangan Pada Plts Sistem On Grid Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram. *Jurnal Teknik …*, *11*(3), 447–453.
https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/49288%0Ahttps://ejo
urnal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/download/49288/41004