



Rancang Bangun PLTS Menggunakan Sistem Hybrid Pada Rumah Tangga Untuk Mengurangi Ketergantungan Energi Listrik Dari PLN

Wahyu Bagus Rahmatulloh

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Aris Heri Andriawan

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Alamat : Jl.Semolowaru 45 Surabaya 60118

Korespondensi penulis: wahyubagus502@gmail.com

Abstract. Based on national policy, renewable energy is a source of energy that can be renewed, such as water, geothermal, sun, biomass, wind, changes in sea temperature, biogas, biofuel and sea waves. The sun is a type of renewable energy that is used to fulfill human needs. This condition is because the sun is basically eternal or never runs out, so its use is easier than other renewable energy. PLTS is a power plant that converts sunlight energy into electrical energy, often called a solar cell. This design is intended to study the hybrid PLTS design system to reduce dependence on electrical energy from PLN. A hybrid system is a system that uses two energy sources which will then back up each other. The results of this test in the solar panel test, the highest voltage was 17.51 and the highest current produced by the solar panel was 4.12, and the battery charging test for 9 hours was 51.85Ah. Weather conditions and time differences cause the light intensity received by the panel to produce varying values, voltage, current and power due to uncertain weather conditions.

Keywords: PLTS, System Hybrid, Solar Cell

Abstrak. Berdasarkan kebijakan nasional, energi terbarukan merupakan sumber energi yang dapat diperbarui, seperti air, panas bumi, matahari, biomassa, angin, perubahan suhu laut, biogas, biofuel, dan gelombang laut. Matahari merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan hidup manusia. Kondisi tersebut karena pada dasarnya matahari bersifat abadi atau tidak pernah habis, kemudian penggunaannya lebih mudah daripada energi terbarukan lainnya. PLTS merupakan pembangkit listrik yang mengkonversikan energi sinar matahari menjadi energi listrik, sehingga seringkali dinamakan *solar cell*. Perancangan ini dimaksudkan untuk mempelajari sistem rancang bangun PLTS hybrid untuk mengurangi ketergantungan energi listrik dari PLN, sistem hybrid merupakan sistem yang menggunakan dua sumber energi yang nantinya akan saling *membbackup*. Hasil dari pengujian ini pada pengujian panel surya tegangan tertinggi sebesar 17,51 dan arus yang dihasilkan panel surya yang tertinggi sebesar 4,12, dan pengujian pengisian baterai selama 9 jam sebesar 51,85Ah. Keadaan cuaca dan perbedaan waktu membuat intensitas cahaya yang diterima panel menghasilkan nilai yang bervariasi, tegangan, arus, dan daya karena keadaan cuaca yang tidak menentu.

Kata kunci: PLTS, Sistem Hybrid, Panel Surya

LATAR BELAKANG

Energi merupakan persyaratan penting bagi manusia untuk kehidupannya. Semakin banyak energi yang diperlukan, menyebabkan manusia akan semakin makmur, namun hal itu juga dapat mendatangkan masalah terkait penyediaannya. Saat ini, akibat semakin menipisnya energi fosil, sehingga sangat diperlukan adanya energi terbarukan. Berdasarkan kebijakan nasional, energi terbarukan didefinisikan sebagai sumber energi yang bisa diperbarui, seperti air, panas bumi, matahari, biomassa, angin, perubahan suhu laut, biogas,

biofuel, dan gelombang laut. Matahari merupakan jenis energi terbarukan yang dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan hidup manusia. Kondisi tersebut karena pada dasarnya matahari bersifat abadi atau tidak pernah habis, kemudian penggunaannya lebih mudah daripada energi terbarukan lainnya. Peran maupun harga energi fosil sebagai pemasok sumber energi yang selalu digunakan PLN dan senantiasa mengalami peningkatan pesat, sehingga memerlukan pengembangan lebih lanjut terhadap penggunaan sumber energi terbarukan.

Dalam hal pemenuhan kebutuhan manusia, energi baru serta terbarukan memainkan peran penting. Kondisi tersebut karena seiring berjalannya waktu, pemanfaatan bahan bakar pembangkit listrik bisa menghabiskan sumber minyak bumi, gas, dan batu bara. Penggunaan bahan bakar ini juga merupakan sumber utama penghasil gas emisi SO₂, NO, dan CO₂ berdampak signifikan pada lingkungan sebab adanya kenaikan suhu yang mengakibatkan terjadinya pemanasan global.

Untuk memperoleh listrik, photovoltaic memanfaatkan energi dari matahari yang kemudian diproses menggunakan inverter, sehingga bisa dipergunakan untuk alat listrik dalam rumah tangga. Penggunaan sistem PLTS hybrid agar tetap tersambung dengan PLN melalui mengoptimalkan pemakaian daya panel surya. Tujuannya untuk meminimalkan pembayaran listrik rumah yang berlebihan. Sistem operasi PLTS hybrid memerlukan berbagai komponen, misalnya panel surya, baterai, inverter, dan ATS. Tentu saja, komponen tersebut berbeda dalam hal kinerja maupun efisiensinya. Ini sangat penting dalam bidang efisiensi energi, sebab hasil optimal dicapai bila alat berefisiensi tinggi.

KAJIAN TEORI

State Of The Art

Dalam penelitian ini, saya mengambil judul ini didasarkan pada penelitian sebelumnya untuk mengembangkan judul tersebut. Contoh kasus studi saya yang berjudul “RANCANG BANGUN PLTS MENGGUNAKAN SISTEM HYBRID PADA RUMAH TANGGA UNTUK MENGURANGI KETERGANTUNGAN ENERGI LISTRIK DARI PLN”. Tujuannya ialah guna memahami bagaimana metode kerja hybrid PLTS dan PLN serta bagaimana cara menghitung tegangan, arus, serta daya dari panel surya. Rancang bangun PLTS ini membutuhkan komponen seperti beban, inverter, baterai, SCC, ATS, dan panel surya. Sistem yang saya gunakan menggunakan sistem hybrid dimana sumber utamanya dari PLTS energi listrik yang panel surya hasilkan bisa dipadukan dengan sumber listrik PLN. Alternatifnya, sistem tersebut akan saling mendukung saat daya yang kurang atau bahkan terjadi pemadaman listrik. Salah satu kelebihan metode ini cukup simpel dan mudah

dipahami, karena energi PLTS ini tidak akan pernah habis dan komponen PLTS ini bisa bertahan selama puluhan tahun.

PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

Pembangkit tenaga listrik didefinisikan sebagai alat yang menghasilkan energi listrik melalui perubahan energi potensial menjadi mekanik kemudian menjadi listrik. Untuk merencanakan pengembangan sistem tenaga listrik memerlukan perkiraan kebutuhan akan listrik yang mampu menginformasikan pada pembuat kebijakan guna meminimalisir risiko pembangunan yang tidak diperlukan. Dengan demikian, perkiraan kebutuhan listrik pada suatu wilayah disesuaikan dengan data yang memuat perkembangan wilayah tersebut, termasuk lokasi, jumlah penduduk, standar hidup, rencana pembangunan, dan pengembangan wilayah.

PANEL SURYA

Alat yang tersusun atas sel surya dari bahan semikonduktor guna mengkonversikan energi surya menjadi listrik disebut panel surya. Prinsip operasinya didasarkan kepada kombinasi semikonduktor tipe P dan N. Panel surya tersusun atas modul surya yang dihubungkan secara seri ataupun paralel sesuai kebutuhan energi listrik. Sel surya tersusun atas berbagai komponen photovoltaic ataupun komponen yang bisa mengubah cahaya (foto) menjadi listrik (tegangan). Secara umum, sel surya tersusun atas lapisan silikon semikonduktor, logam, lapisan antirefleksi, serta strip konduktor logam. Lapisan ini memproduksi listrik untuk dapat dipergunakan di rumah. Energi yang diperoleh akan berbanding lurus dengan panel surya dari jumlah sel surya yang disusun. Energi listrik dari hasil konversi energi matahari akan semakin meningkat apabila sel surya yang dipergunakan semakin banyak,

Panel surya ataupun modul surya dibuat dari bahan semikonduktor (biasanya silikon) yang mampu memproduksi arus listrik bila terkena sinar matahari. Panel tersebut tersusun atas berbagai sel surya yang terhubung seri ataupun paralel. Secara umum, sel surya tersusun atas 32 hingga 40 sesuai ukuran panelnya.

SOLAR CHARGE CONTROLLER

Komponen ini berfungsi dalam mencegah baterai tidak berlebihan tegangan dan memperpanjang umur baterai tersebut. Selain itu, kegunaan lainnya adalah pengaturan pengisian arus searah dari panel surya menuju baterai serta untuk mengatur distribusi daya DC dari baterai menuju alat listrik. Komponen ini mampu melakukan deteksi terhadap

jumlah baterai, dimana ketika baterai tersebut telah diisi penuh, maka arus pengisian dari panel surya akan otomatis berhenti. Pengguna PLTS dapat menggunakan informasi dari charge controller untuk mengontrol konsumsi energi tergantung ketersediaan listrik.

BATERAI

Alat untuk menyimpan listrik DC disebut dengan baterai. Baterai melakukan reaksi kimia yang bisa dibalik untuk penyimpanan energi listrik yang selanjutnya dapat dipulihkan ketika dibutuhkan. Ketika baterai diisi, energi listrik diubah menjadi kimia, dan saat baterai menghabiskan daya, terjadi proses sebaliknya. Baterai memiliki dua tujuan penting dalam sistem fotovoltaik. Pertama, ialah member energi listrik pada sistem saat panel surya tidak menghasilkan daya. Kedua, yaitu penyimpanan kelebihan daya yang dihasilkan panel surya saat kelebihan beban. Sistem akan kekurangan daya dan tidak mampu mengimbangi konsumsinya apabila daya tidak tersimpan dalam baterai terhadap pemenuhan kebutuhan ketika matahari tidak bersinar. Salah satu strategi untuk melaksanakan hal ini yaitu dengan mengestimasi total hari, di mana sistem akan bekerja dengan sendirinya. Di sisi lain, apabila sistem surya memiliki tanggung jawab untuk memberi daya pada perangkat, pelanggan kemungkinan akan meminimalkan total hari otonomi tersebut menjadi 2-3 hari. Pada wilayah dengan tingkat radiasi rendah, nilai tersebut kemungkinan harus ditambahkan terhadap apapun kasusnya, dan diperlukan agar senantiasa mencari keseimbangan yang tepat diantara biaya beserta keandalannya.

INVERTER

Inverter merupakan perangkat elektronik yang mengkonversikan arus AC menjadi DC dari panel surya ataupun baterai. Pada 12 frekuensi 50 Hz/60 Hz, efisiensi pengoperasian inverter yaitu 00%. Adapun komponen yang berperan mengubah tegangan arus searah menjadi bolak-balik (AC). Dengan begitu, sifat komponen ini opsional dan tidak dibutuhkan beban yang hanya memerlukan arus DC.

ATS (AUTOMATIC TRANSFER SWITCH)

ATS didefinisikan sebagai sistem penghubung suatu beban dengan dua sumber listrik yang terpisah (utama maupun cadangan) guna mempertahankan ketersediaan listrik ke bebannya. Kini, PLTS telah banyak dipergunakan dalam masyarakat. Hal ini sangat baik dalam hal mengutamakan listrik PLTS sebagai sumber utamanya, namun mengingat produksi energi listrik PLTS tergantung pada intensitas sinar matahari. Maka dari itu, masih diperlukan sumber tenaga cadangan yaitu PLN.

PLTS SYSTEM HYBRID

Sistem ini didefinisikan sebagai pembangkit listrik yang memadukan sumber energi matahari dengan sumber lainnya. Tentu saja, tenaga listrik yang dihasilkan oleh PLN tidak hanya terbatas pada PLTA saja, tetapi juga mencakup PLTG, PLTD, PLTB, dan lainnya. Dikatakan hybrid sebab memadukan beragam sumber listrik seperti gas, panas bumi, angin, serta diesel. PLTS Hybrid memadukan sistem PLTS dengan sistem pembangkit energi baru terbarukan lainnya. Ini bertujuan untuk mempertahankan pasokan energi berkelanjutan serta memaksimalkan pemakaian energi hijau. Dalam pengertian ini, PLTS hybrid hanya memanfaatkan sumber energi terbarukan serta tidak menggunakan energi listrik dari minyak, gas, atau batu bara. Selanjutnya, definisi lain PLTS hybrid memadukan sistem penyediaan energi dengan sel surya, jaringan PLN, serta genset. Dengan kata lain, PLTS hybrid menghilangkan segala kelemahan sistem *on-grid* maupun *off-grid* serta memadukan kelebihan keduanya menjadi satu. PLTS on-grid dihubungkan dengan jaringan listrik PLN, namun energi dari panel surya menuju baterai tidak disimpan. Sebaliknya, sistem off-grid tidak dihubungkan dengan PLN, tetapi daya menuju baterai bisa disimpan. Keistimewaan dari kedua sistem ini dapat dipadukan menjadi satu, inilah yang dinamakan dengan PLTS Hybrid.

KOMPONEN UTAMA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Sistem tenaga surya memerlukan berbagai komponen berikut untuk menghasilkan listrik:

1. Panel surya
2. Solar Charger Controller
3. Baterai
4. Inverter
5. ATS
6. LVD

SKENARIO ALIRAN PLTS HYBRID

Apabila menggunakan sistem PLTS hybrid, terdapat berbagai skenario yang dapat terjadi:

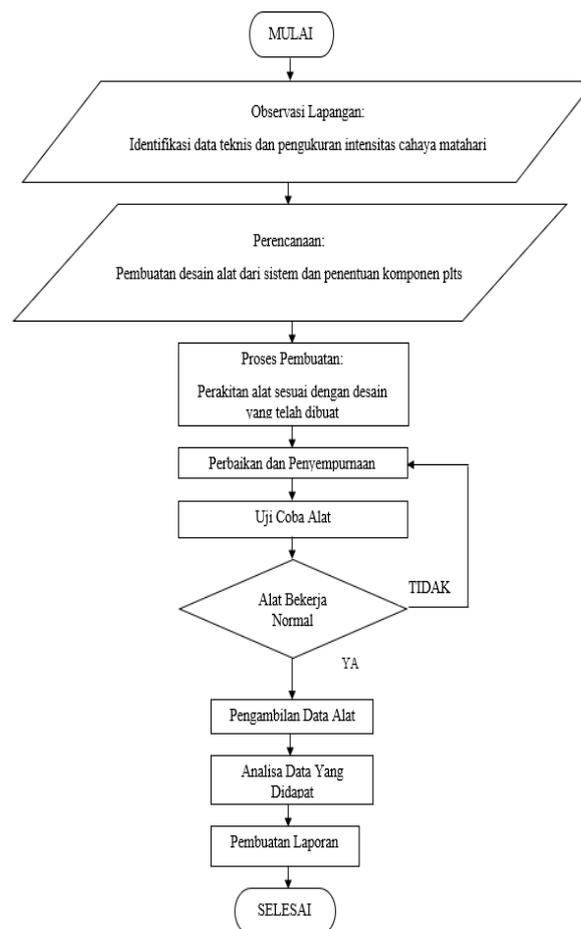
1. Kondisi normal, panel surya menyediakan energi ketika siang hari dan sisanya disimpan di baterai.
2. Pada malam hari, suplai didapatkan dari baterai apabila panel surya tidak dapat memproduksi listrik.
3. Sama halnya dengan skenario kedua, ketika tengah malam baterai akan kosong dan listrik akan disuplai dari jaringan PLN.

4. Mulai pagi hingga malam hari, panel surya tidak dapat menghasilkan listrik dikarenakan hujan, berawan, ataupun kerusakan. Oleh karena itu, pasokan listrik dipenuhi baterai dari pagi hingga malam hari.
5. Sama halnya dengan skenario keempat, baterai habis pada malam hari menyebabkan pasokan listrik dipenuhi melalui jaringan PLN.
6. Sebagaimana dengan skenario kelima, jika jaringan PLN mati pada tengah malam dan tidak ada energi dari sumber lainnya menyebabkan sistem PLTS otomatis mati.

METODE PENELITIAN

Diagram Alur Penelitian

Guna mempermudah penyusunan temuan ini, diperlukan kerangka kerja yang jelas dengan tahapannya. Kerangka tersebut ialah tahapan yang hendak dilaksanakan untuk menyelesaikan permasalahan yang sedang dikaji. Oleh karena itu, dapat dilihat kerangka kerja sebagaimana gambar berikut.



Gambar 3. 1 Ilustrasi FlowChart Perancangan Penelitian

PERANCANGAN SISTEM

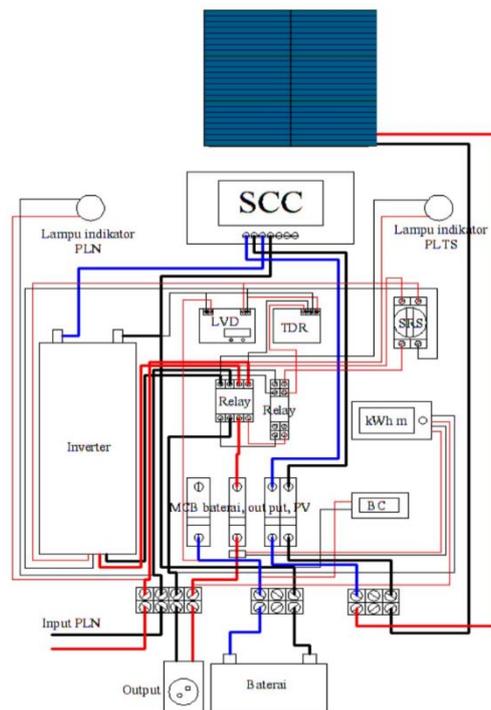
Oleh karena PLTS sangat bergantung pada cahaya matahari sehingga dibutuhkan perencanaan yang matang, diantaranya:

1. Banyaknya daya (watt) yang diperlukan untuk penggunaan keseharian.
2. Seberapa besarnya daya yang panel surya hasilkan. Terkait hal berikut, total panel surya yang akan dipasang diperhitungkan.
3. Jumlah unit baterai yang dibutuhkan untuk ukuran yang diharapkan serta pertimbangan pemakaian tanpa cahaya matahari (*Ampere Hour*). Kebanyakan masyarakat seringkali bertanya mengenai kapasitas PLTS dengan ukuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL DESAIN PERANCANGAN PLTS HYBRID

Desain rancangan ini dibuat berbeda dengan perhitungan perencanaan, karena masalah biaya yang terlalu besar, rancang bangun dibuat dengan skala kecil dengan beban lampu 40 Watt, Inverter 1600 Watt, SCC 30 A, Baterai 12V 85Ah, LVD, dan ATS.



Gambar 4.1 Wiring Diagram PLTS Hybrid

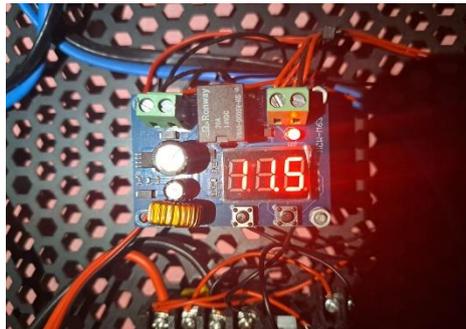
Pada gambar 4.1 bahwa panel surya mengkonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik, kemudian energi yang dikonversikan tadi memasuki *Solar Charge Controller* (SCC) dan *Low Voltage Disconnect Protection* (LVD). SCC berguna sebagai pengatur tegangan dan arus pengisian baterai, agar tidak terjadi kelebihan pengisian baterai atau over

charging yang bisa mengakibatkan kerusakan pada baterai maupun panel surya. Pada saat ini LVD memiliki prinsip kerja sebagai control charge over system charging ketika tegangan dan arus panel surya drop atau tidak disinari matahari pada saat ini LVD memberikan sinyal pada relay untuk untuk pengubahan arus kelistrikan ke PLN jika baterai lemah atau mencapai batas minimal penggunaan yang sudah diatur di angka 11,5V, dan pengecasan dilakukan oleh PLTS pada saat PLTS menerima sinar matahari dan menghasilkan tegangan 12,5V, karena PLTS sangat bergantung pada sinar matahari jadi pada saat cuaca buruk atau pada malam hari listrik dipindahkan ke PLN secara otomatis.

Tegangan dari baterai yang masuk ke inverter melalui MCB DC sebagai pengaman dari konsleting pada inverter. Kabel positif dari output terhubung ke kWh sebagai acuan pengukur arus, tegangan, dan energi yang digunakan inverter, melalui penurunan tegangan, yang terbaca oleh kWh DC meter.

Data Tegangan LVD

LVD minimum diatur pada 11,5V yang artinya saat tegangan baterai rendah di 11,5V maka LVD memberikan trigger ke relay untuk memindahkan sistem energi ke PLN.



Gambar 4.2 Tegangan Minimum LVD

LVD Tegangan histeris sudah di setting, dimana sistem energi otomatis akan pindah ke PLTS saat tegangannya sudah mencapai 13,6V.



Gambar 4.3 Tegangan Histeris LVD

CARA KERJA PLTS HYBRID

Pembangkit listrik hybrid adalah sistem yang menggabungkan berbagai jenis pembangkit listrik. Biasanya diantara pembangkit listrik energi terbarukan juga memiliki pembangkit listrik bertenaga surya. Sistem operasi sistem hybrid menangkap cahaya matahari kemudian mengubahnya menjadi arus DC, selanjutnya dikonversikan menjadi arus AC oleh inverter untuk dipergunakan pada peralatan listrik. Saat panel surya menghasilkan daya berlebih akan dikirim inverter menuju baterai agar disimpan. Yang dimaksud dengan prinsip hybrid yaitu menggabungkan listrik yang didapatkan panel surya dengan dari PLN. Dengan begitu, jika listrik mati atau kekurangan, kedua sistem tersebut akan bergantian memback-up. Dalam sistem ini, panel surya merupakan sumber energi utama yang diubah dan disimpan dalam baterai. Jika konsumsi listrik melebihi kapasitas baterai, otomatis daya disuplai dari PLN. Mekanisme PLTS hybrid tersebut bisa menggunakan tiga mode yaitu Auto (Prioritas PLTS), PLTS, dan PLN

1. Mode Auto

Cara kerja sistem hibryd ini yaitu relay mengalihkan sumber dari aki menuju PLN, dimana relay-nya yang diperlukan tidak memiliki jeda saat tegangan baterai habis (umumnya terjadi saat mendung atau malam hari), dan diperlukan daya sebesar $\pm 11,5$ V. Relay juga menggantikan aliran listrik dari PLN ke inverter pada saat cuaca cerah ataupun panel surya terpapar matahari dengan tegangan 13,6 V atau lebih tinggi diatasnya.

2. Mode PLTS

Mode ini bisa dikatakan Off-Grid jika pada malam hari baterai dibawah 11,5 V dan listrik dari PLN juga padam kita bisa menggunakan mode PLTS karena baterai masih menyimpan daya sebesar 40%, mode ini disarankan hanya saat kondisi darurat saja, karena jika baterai digunakan sampai habis secara menerus bisa merusak baterai dan usia baterai tidak tahan lama.

3. Mode PLN

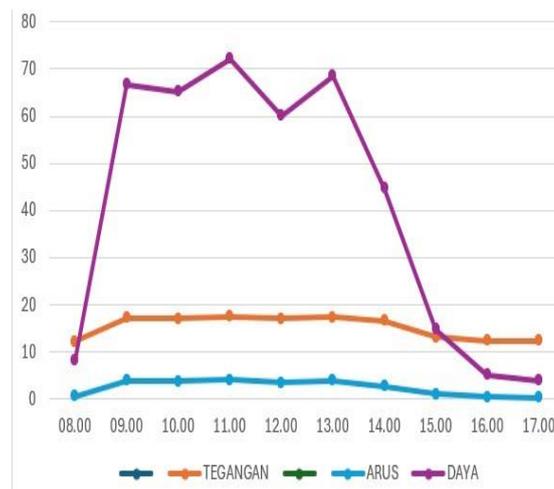
Jika baterai dari PLTS terisi penuh PLTS akan tetap menyala tetapi beban di ambil dari PLN, semisal sewaktu-waktu kita memakai peralatan yang dayanya cukup besar sebaiknya kita menggunakan mode PLN saja supaya komponen PLTS tetap aman dan tahan lama.

PENGUJIAN PANEL SURYA TIPE MONOCRYSTALLINE TERHADAP MATAHARI

Pengujian panel surya yang dimulai dari pengukuran tegangan, arus dan daya panel surya selama 4 hari pada pukul 08.00 – 17.00 tanpa menggunakan beban.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Panel Surya Tipe Monocrystalline

WAKTU	TEGANGAN	ARUS	DAYA	CUACA
08.00	12,32	0,68	8,37	Cerah
09.00	17,21	3,88	66,77	Cerah
10.00	17,08	3,82	65,24	Cerah
11.00	17,51	4,12	72,14	Cerah
12.00	17,14	3,51	60,16	Cerah
13.00	17,35	3,95	68,53	Cerah
14.00	16,62	2,69	44,71	Cerah
15.00	13,22	1,12	14,81	Cerah
16.00	12,45	0,41	5,09	Cerah
17.00	12,41	0,32	3,97	Cerah



Gambar 4.4 Grafik Pengujian Panel Surya

Keterangan : Uji panel surya ini di ambil dari pengujian keempat yang bertujuan untuk mencari tahu berapa tegangan maksimum (V_{oc}) Open Circuit Voltage yang dihasilkan oleh panel surya 100 Wp terhadap sinar matahari dan diukur dengan Avometer.

Berdasarkan pengujian diatas diketahui bahwa tegangan maksimum pada panel ini mencapai 17,51 saat pukul 11:00 WIB dengan situasi cuaca cerah. Apabila tegangan tersebut langsung dihubungkan menuju baterai, pengisian daya yang berlebihan dapat merusak baterai. Maka dari itu, solar charge controller yang membatasi masukan tegangan menuju baterai menjadi penting.

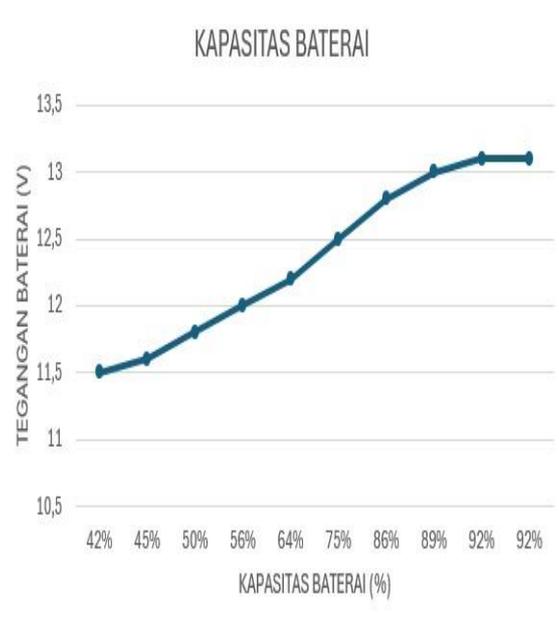
Pengujian Pengisian Baterai Menggunakan Panel Surya Monocrystalline

Uji ini dilakukan melalui penggunaan solar charge controller yang berfungsi sebagai pangatur pengisian panel surya ke baterai supaya tidak terjadi over-charging. Pengujian ini dilaksanakan pukul 08.00 – 17.00 WIB.

Tabel 4.2 Pengisian Baterai Menggunakan Panel Surya

WAKTU	TEGANGAN BATERAI	KAPASITAS BATERAI (%)
08.00	11,5	42%
09.00	11,6	45%
10.00	11,8	50%
11.00	12,0	56%
12.00	12,2	64%
13.00	12,5	75%
14.00	12,8	86%
15.00	13,0	89%
16.00	13,1	92%
17.00	13,1	92%

Keterangan : Hasil uji pengisian baterai dengan panel surya tipe monocrystalline memperoleh bahwa panel surya dapat mengisikan baterai hingga 61% antara pukul 08:00-17:00 WIB. Sebaliknya, kapasitas baterai yang sudah diisi dihitung melalui pengalian persentase kapasitas baterai yang ditampilkan di SCC dengan yang aslinya. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui seberapa besarnya kapasitas baterai yang didapatkan dari pengisian berikut:



Gambar 4.5 Presentase Pengisian Baterai

Kapasitas baterai yang didapatkan dari proses pengisian

= kapasitas akhir baterai – kapasitas awal baterai

= 93% - 32%

$$= 61\% \times 85\text{Ah}$$

$$= 51,85\text{Ah}$$

Hasil uji pengisian baterai dengan panel surya selama 9 jam menunjukkan bahwa kapasitas daya sejumlah 51,85 Ah. Intensitas cahaya mempengaruhi besarnya tegangan serta arus yang diproduksi panel surya saat mengisi baterai.

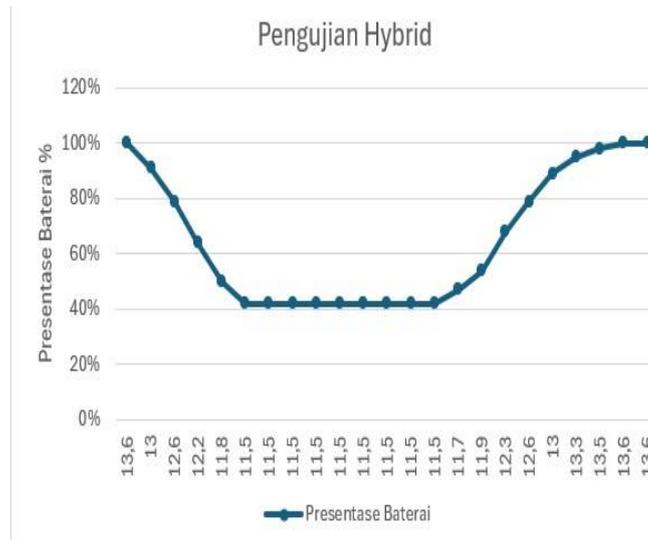
PENGUJIAN SISTEM HYBRID PADA MALAM HARI

Pengujian ini dilakukan pada malam hari dengan menggunakan beban 38 Watt, untuk mengetahui perpindahan energi PLTS ke PLN.

Tabel 4.3 Data Pengujian Dengan Beban 38W

WAKTU	BEBAN	KAPASITAS BATERAI (%)	TEGANGAN BATERAI (V)	PLTS	PLN
19.00	38	98	13,5	ON	
20.00	38	91	13,0	ON	
21.00	38	79	12,6	ON	
22.00	38	64	12,2	ON	
23.00	38	50	11,8	ON	
24.00	38	42	11,5		ON
01.00	38	42	11,5		ON
02.00	38	42	11,5		ON
03.00	38	42	11,5		ON
04.00	38	42	11,5		ON
05.00	38	42	11,5		ON
06.00	38	42	11,5		ON
07.00	38	42	11,5		ON
08.00	38	42	11,5		ON
09.00	38	47	11,7		ON
10.00	38	54	11,9		ON
11.00	38	68	12,3		ON
12.00	38	79	12,6		ON
13.00	38	89	13,0		ON
14.00	38	95	13,4		ON
15.00	38	98	13,5		ON
16.00	38	100	13,6		ON
17.00	38	100	13,6	ON	

Keterangan : Pengujian dengan beban 38 Watt dapat dilihat pada tabel 4.8 terjadi pengurangan presentase kemampuan baterai $\pm 15\%$ setiap 60 menit, dan pada pukul 24.00 WIB PLTS akan OFF dan energi dari PLN akan *membakup* secara otomatis. Ketika pukul 24.00-17.00 WIB energi di ambil dari PLN karena baterai harus melakukan pengisian sampai 13,6 untuk menyalakan energi dari PLTS.



Gambar 4.6 Grafik Perpindahan ATS

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis, serta pembahasan PLTS ini, disimpulkan bahwa :

1. Pengujian PLTS ini menggunakan system hybrid antara PLTS dan PLN, dimana PLTS sebagai energi utama dan PLN sebagai cadangan, PLTS ini sudah disetting menggunakan modul baterai (LVD) jika tegangan baterai dibawah 11,5 V maka otomatis PLTS akan mati dan PLN akan nyala, jika baterai sudah terisi 12,8 V maka PLTS akan menyala sebagai energi utama.
2. Pada pengujian panel surya tegangan tertinggi sebesar 17,51 saat pukul 11.00 WIB dalam situasi cuaca yang cerah dan tegangan terendah sebesar 12.32 pada pukul 08.00 wib dalam kondisi cerah. Arus panel tertinggi pada pukul 11.00 wib sebesar 4,12 dalam kondisi cuaca yang sangat cerah dan arus terendah pada pukul 17.00 WIB sebesar 0,32 dalam kondisi cerah. Hasil ini menyimpulkan bahwa intensitas matahari mempengaruhi kinerja panel surya dalam memproduksi energi listrik.
3. Efisiensi kerja panel surya 100 Wp pada durasi pengisian baterai yaitu 61% atau 51.85 Ah selama 9 jam.
4. Keadaan cuaca dan perbedaan waktu membuat intensitas Cahaya yang diterima panel menghasilkan nilai yang bervariasi, tegangan, arus, dan daya karena keadaan cuaca yang tidak menentu.

SARAN

Berdasarkan hasil pengujian, perhitungan serta analisis data yang sudah dilaksanakan, penulis memberikan beberapa saran, diantaranya:

1. Sistem pembangkit listrik tenaga surya ini sangat baik dipertimbangkan penggunaannya guna meminimalkan ketergantungan listrik dari PLN, PLTS juga merupakan pembangkit listrik yang sangat ramah lingkungan.
2. Penulis menyarankan untuk menambah sensor penjejak pada panel surya supaya kinerja panel surya bisa optimal dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Amran, A., Salim, A. N., & ... (2020). Sistem auto-switch pada mini PLTS off-grid dengan backup daya PLN. *Pengabdian Masyarakat*, 277–283. Available: <https://proceedings.polije.ac.id/index.php/ppm/article/view/80>
- Andreani, P. (2021). Pembagian daya dari beberapa solar panel proyek akhir. Laporan Akhir Ini Dibuat dan Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- Andriawan, A. H., & Slamet, P. (2017). Tegangan keluaran solar cell type monocrystalline sebagai dasar pertimbangan pembangkit tenaga surya. *Jurnal Penelitian LPPM Untag Surabaya*, 2(1).
- Asy'ari, H., Rozaq, A., & Putra, F. S. (2014). Pemanfaatan solar cell dengan PLN sebagai sumber energi listrik rumah tinggal. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 14(1), 33–39. <https://doi.org/10.23917/emitor.v14i1.12775>
- Elektro, T., Sam, U., & Manado, R. (2022). Perencanaan sistem hybrid.
- Halim, L. (2022). Analisis teknis dan biaya investasi pemasangan PLTS on grid dan off grid di Indonesia. *Resistor (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 5(2), 131. <https://doi.org/10.24853/resistor.5.2.131-136>
- Ibrahim, K. M., & Slamet, P. (2019). Pembangkit tenaga surya menggunakan rancangan panel surya hybrid dengan thermoelectric generator, 1–6.
- Id, S., Count, W., & Count, C. E. R. (2018). Arus pengisian baterai menggunakan panel surya polycrystalline.
- Joewono, A., Sitepu, R., Angka, P. R., Agustino, F., & Nico, L. (2018). Perancangan sistem pembangkit listrik tenaga hybrid. *Prosiding Seminar Nasional Seri 8*, 3(2), 10–18. Available: dspace.uui.ac.id
- Kegiatan, L., Keilmuan, P., & Its, S. D. (2021). Sumber dana ITS rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin dan surya menerapkan konsep hybrid technology berbasis Internet of Things.
- Maizana, D., Satria, H., & Mungkin, M. (2022). Optimalisasi sistem pembangkit.
- Majid, A. (2017). Perancangan sistem automatic transfer switch (ATS) sebagai komponen pelengkap sistem hybrid PLN - sel surya. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 1–9.

- Nurmela, N., & Hiron, N. (2019). Optimasi kinerja sistem pembangkit hybrid. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 1(1), 7–11.
<https://doi.org/10.37058/jeee.v1i1.1189>
- Oktaviari, E. A. (2019). Bab II Landasan teori. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689. Available:
<https://repository.bsi.ac.id/index.php/unduh/item/257726/File-10-BAB-II.pdf>
- Roza, E., & Mujirudin, M. (1945). Jkte Uta'45 Jakarta perancangan pembangkit tenaga surya Fakultas Teknik Uhamka. *Ejournal Kajian Teknik Elektro*, 4(1), 16–30.
- Sater, B. L. (1980). Solar cell. *Physics Today*, 33(3), 116–117.
<https://doi.org/10.1063/1.2913977>
- Siagian, I. W. (2023). Analisis konversi energi pada kombinasi panel surya tipe polycrystalline dan monocrystalline untuk skala listrik rumah tangga.
- Universitas Medan Area. (2024). Terhadap charging baterai Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan. Skripsi Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Universitas Medan Area.