

MINIMALISASI PENGGUNAAN DAYA PLN PADA PLTS HYBRID SEBAGAI SUMBER DAYA ALTERNATIF DENGAN SISTEM AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) DAN SELECTOR SWITCH SEBAGAI MODE KONDISI

¹Syafni Nur Rohman, ²Veronica Ernita Kristianti, ³Priska Restu Utami

^{1, 2, 3}Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma

Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹syafnifani@student.gunadarma.ac.id, ²veronica@staff.gunadarma.ac.id,

³priska@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Tarif Dasar Listrik (TDL) untuk semua golongan nonsubsidi berubah setiap bulan, dan besarnya tergantung pada perubahan kurs USD/IDR. Walaupun menggunakan daya yang sama, harga yang harus dibayar tetap naik karena TDL cenderung naik, sehingga diperlukan sumber energi alternatif untuk mengurangi penggunaan daya PLN (Perusahaan Listrik Nasional). Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengurangi penggunaan daya listrik PLN melalui implementasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) hybrid dengan menggunakan Automatic Transfer Switch (ATS) dan Selector Switch sebagai mode kondisi untuk mencapai penghematan tagihan listrik penggunaan daya harian. Alat PLTS dirancang terintegrasi dengan jaringan PLN menggunakan sistem ATS dan disimulasikan pada beban 220V. Panel surya yang menerima sinar matahari akan memberikan input daya ke solar charger controller untuk mengisi baterai yang digunakan sebagai kapasitas penyimpanan PLTS. Baterai kemudian memberikan input daya ke inverter, yang diubah menjadi output daya yang setara dengan daya PLN. Pada saat PLTS tidak mensuplai daya ke beban, maka daya PLN akan mensuplai seluruh beban yang ada. Penggunaan PLTS 37 W selama 1 bulan menghemat 2.056 Wh dan menghemat tagihan listrik Rp 2.428.

Kata Kunci: Automatic Transfer Switch (ATS), Teknologi Hybrid, Selector Switch, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Solar Charge Controller

Abstract

The Basic Electricity Tariff (TDL) for all non-subsidized groups changes every month, and the amount depends on changes in the USD/IDR exchange rate. Even though it uses the same power, the price that must be paid still increases because TDL tends to increase, so alternative energy sources are needed to reduce PLN power use. This research aims to reduce the use of PLN electrical power through the implementation of a hybrid Solar Power Plant (PLTS) system using Automatic Transfer Switch (ATS) and Selector Switch as condition modes to achieve savings on daily power usage electricity bills. The PLTS equipment is designed to be integrated with the PLN network using the ATS system and simulated on a 220V load. Solar panels that receive sunlight will provide power input to the solar charger controller to charge the batteries used as PLTS storage capacity. The battery then provides power input to the inverter, which is converted into power output equivalent to PLN power. When PLTS does not supply power to the load, PLN power will supply all existing loads. Using 37 W PLTS for 1 month saves 2,056 Wh and saves IDR 2,428 on electricity bills.

Keywords: Automatic Transfer Switch (ATS), Hybrid Technology, Selector Switch, Solar Charge Controller, Solar Power Plant

PENDAHULUAN

Pemerintah telah menaikkan tarif PLN untuk semua kelompok nonsubsidi berdampak signifikan bagi sekitar 11,2 juta pelanggan yang tergabung dalam total 12 kelompok harga listrik. Harga listrik ini mengalami perubahan setiap bulan yang besarnya ditentukan oleh fluktuasi nilai tukar dolar AS terhadap rupiah Indonesia. Penyesuaian tarif listrik telah diterapkan sejak tanggal 1 Desember 2015 untuk pengguna rumah tangga dengan daya 1300VA dan 2200VA (R-1) menyusul penerapan penyesuaian tarif untuk 10 kelompok tarif lainnya pada tanggal 1 Januari 2015 [1]. Dalam konteks ini, menjadi semakin penting untuk mencari cara pengurangan penggunaan listrik konvensional dari PLN dan memanfaatkan sumber energi alternatif terutama energi surya yang memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan [2]. Indonesia dengan iklim tropis memiliki potensi matahari yang bersinar sepanjang hari dan sepanjang tahun secara rata-rata mencapai sekitar 4,8 kWh/m² perhari [3]. Oleh karena itu, Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk mengembangkan sistem PLTS sebagai alternatif untuk mendukung pemasok listrik utama PLN.

Beberapa penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi penting dalam mencari solusi untuk mengurangi ketergantungan pada daya listrik PLN dan menghemat biaya tarif listrik rumah tangga.

Alwani dan timnya telah mengimplementasikan sistem ATS untuk mengelola penggunaan daya PLTS dan PLN secara otomatis dan telah membuktikan efektivitas penggunaan ATS dalam mengoptimalkan sumber daya dengan lebih efisien [4]. Selain itu, penelitian oleh Sinaga, dkk telah menganalisis kontribusi energi surya dalam sistem hybrid grid connected yang menggabungkan energi surya dan genset dengan jaringan PLN [5]. Dalam upaya mencapai tingkat efisiensi yang lebih tinggi, penggunaan inverter sangat penting untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik guna mendukung penggunaan peralatan rumah tangga yang umumnya menggunakan tegangan bolak-balik [6][7].

Penggunaan energi listrik di rumah tangga yang dihasilkan dari PLTS dapat dilakukan secara bergantian dengan energi listrik konvensional dari PLN menggunakan ATS [8]. Upaya ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan daya listrik yang berdampak pada penghematan biaya tarif listrik [9]. Meskipun PLTS memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan, masih ada kendala terkait dengan biaya yang diperlukan untuk mengimplementasikan sepenuhnya. Oleh karena itu, pengembangan alat PLTS *hybrid* dengan menggunakan ATS antara daya PLN dan sumber daya alternatif dari panel surya menjadi solusi yang menarik dengan tujuan utama untuk menghemat pemakaian daya sehari-hari [10] dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan[11].

Pada sistem PLTS *Hybrid* yang menggabungkan listrik PLN digunakan ATS yang bekerja secara otomatis. ATS ini berperan penting terutama dalam situasi dimana listrik dari sumber utama terputus atau mengalami pemadaman, sehingga sakelar akan berpindah ke sumber listrik cadangan [12]. Sistem *hybrid* ini me-manfaatkan *renewable energy* sebagai sumber utama (primer) yang dikombinasikan dengan genset atau sumber energi cadangan (sekunder) [13].

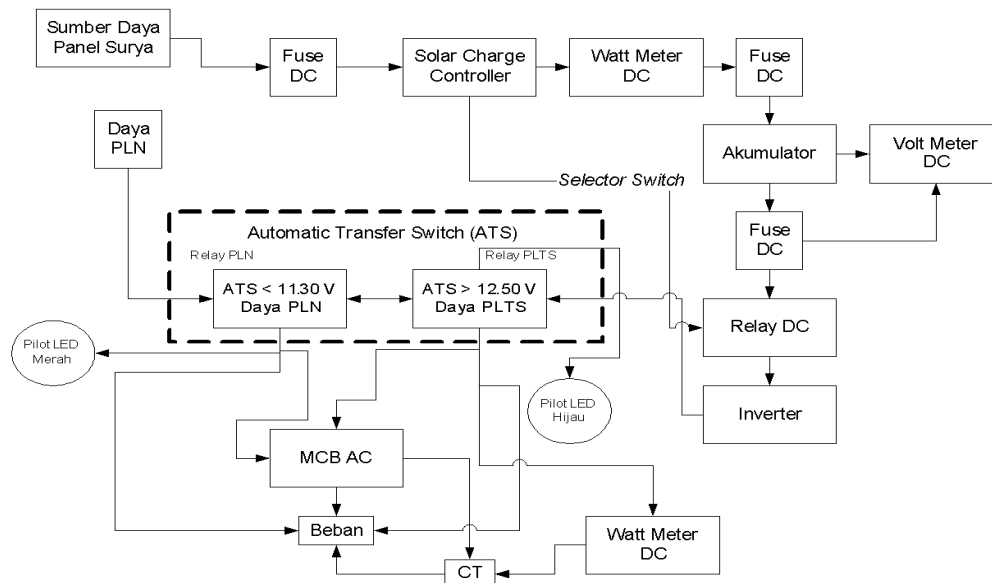
Permasalahan yang muncul adalah bagaimana memaksimalkan efisiensi penggunaan energi surya dalam PLTS *hybrid* dengan mempertimbangkan penggunaan *Selector Switch* sebagai mode kondisi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem PLTS *hybrid* yang lebih canggih dengan mengintegrasikan ATS dan *Selector Switch* sebagai mode kondisi. Dengan demikian, dapat mengoptimalkan penggunaan daya PLN, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan ketersediaan energi listrik dari sumber daya alternatif. Selain itu, juga dapat berkontribusi pada upaya menjaga keberlanjutan lingkungan melalui pemanfaatan energi terbarukan yang lebih efisien. Penelitian ini melakukan pengembangan dengan menambahkan mode (kondisi) pada panel PLTS *hybrid*, menggunakan *selector switch*. Terdapat 3 kondisi pada panel PLTS yaitu, mode daya PLN, mode daya PLTS/Otomatis, dan mode

timer. Pada mode *timer* hanya dapat digunakan saat beban disuplai oleh daya PLTS dan lama waktu mensuplai diatur melalui *solar charge controller*.

METODE PENELITIAN

Perancangan alat PLTS *hybrid* menggunakan ATS diantara daya PLN dan panel surya serta selector switch sebagai mode kondisi yang diberikan pada alat digambarkan dalam blok diagram pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 ditunjukkan blok diagram PLTS *Hybrid* yang menggunakan ATS antara daya PLN dan Sumber Daya Alternatif (Panel Surya) serta *Switch Selector* sebagai mode kondisi. Alat ini menggunakan dua *input* untuk mensuplay listrik ke beban yaitu, sumber daya bantu (panel surya) dan daya PLN 220 VAC. Sumber daya bantu (panel surya) menghasilkan listrik DC yang dialirkan ke *solar charge controller* untuk diatur tegangannya sesuai tegangan pengisian daya akumulator. Listrik DC yang telah diubah tegangannya dialirkan ke watt meter DC untuk mempermudah dalam pengambilan data. Terpasang *fuse* DC diantara panel surya dan *solar charge controller*, diantara watt meter DC dan akumulator, diantara relay DC dan inverter, yang digunakan untuk pengaman arus DC jika terjadi hubung singkat atau arus berlebih.



Gambar 1. Blok Diagram PLTS Hybrid

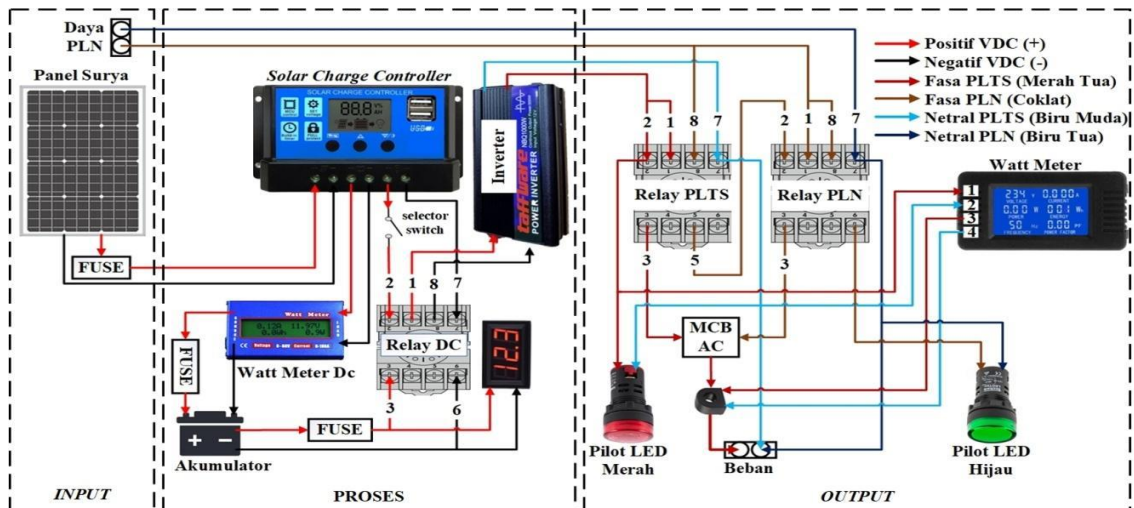
Arus dari watt meter DC dialirkan ke akumulator untuk disimpan sementara dan terhubung dengan volt meter DC sebagai indikator tegangan akumulator. Arus listrik dari akumulator dialirkan ke relay yang terhubung dengan *solar charge controller* dan inverter, berperan sebagai saklar otomatis untuk mengalirkan arus listrik ke inverter saat akumulator >12.50 V dan memutus arus listrik ke inverter saat tegangan akumulator <11.30 V. Inverter mengubah listrik tegangan DC menjadi listrik tegangan AC 220 yang setara dengan listrik PLN lalu dialirkan ke sistem *automatic transfer switch* (ATS) untuk diatur penggunaannya secara otomatis, jika akumulator >12.50 V maka daya PLTS *ON* dan PLN *OFF*.

Input daya PLN dengan tegangan 220 AC dialirkan ke sistem *automatic transfer switch* (ATS) untuk diatur penggunaannya

secara otomatis, jika tegangan akumulator <11.30 V maka daya PLTS *OFF* dan PLN *ON*. Listrik PLTS yang keluar dari sistem *automatic transfer switch* (ATS) akan diamati menggunakan watt meter AC dan jika listrik PLN yang keluar dari sistem *automatic transfer switch* (ATS) maka watt meter AC akan *OFF*. Listrik yang keluar dari sistem *automatic transfer switch* (ATS) dialirkan ke MCB AC yang berfungsi sebagai pengaman listrik AC jika terjadi hubung singkat atau arus berlebih dan listrik dialirkan ke beban (peralatan listrik).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan alat PLTS *hybrid* dengan ATS antara daya PLN dan panel surya sebagai sumber energi alternatif dan *mode* kondisi menggunakan *selector switch* dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Rangkaian Keseluruhan Alat PLTS Hybrid

Pada Gambar 2 ditunjukkan skema rangkaian keseluruhan alat PLTS Hybrid dengan sistem ATS antara PLN dan Panel Surya sebagai sumber daya alternatif dan *selector switch* sebagai mode kondisi. Rancangan alat pada Gambar 2 menjelaskan bagian *input*, proses dan *output* dari rangkaian. Bagian *input* terdiri dari pemasok daya listrik ke beban yaitu daya PLN dan sumber daya alternatif berupa panel surya. Daya PLN dengan tegangan 220 VAC dan frekuensi 50 Hz, berfungsi sebagai sumber daya cadangan yang selalu aktif jika tidak terjadi pemadaman listrik, daya PLN *men-suplay* listrik ke beban saat tegangan akumulator <11.30 V.

Sumber daya alternatif yaitu panel surya *monocrystalline* 50 Wp, berfungsi sebagai penghasil daya listrik yang disimpan pada akumulator untuk digunakan menjadi sumber daya utama *men-suplay* listrik ke beban saat tegangan akumulator >12.50 V guna mengurangi penggunaan daya PLN.

Perancangan skema kelistrikan *solar charge controller* dimulai dengan menghubungkan pin positif panel surya ke fuse, lalu fuse ke output positif panel surya dan hubungkan pin negatif panel surya *solar charge controller* ke output negatif panel surya. Pin positif akumulator *solar charge controller* dihubungkan ke input positif watt meter DC dan pin negatif akumulator *solar charge controller* dihubungkan ke input negatif watt meter DC. Positif output DC *solar charge controller* dihubungkan ke *selector switch*, lalu *selector switch* dihubungkan ke pin soket relay DC 2 dan hubungkan negatif output DC *solar charge controller* ke pin soket relay DC 7. Pin positif akumulator *solar charge controller* dihubungkan ke input positif watt meter DC, kemudian menghubungkan output positif watt meter DC ke fuse, lalu hubungkan fuse ke positif akumulator. Hubungkan pin negatif akumulator *solar charge controller* ke input negatif watt meter DC, dan hubungkan output negatif watt meter DC ke negatif

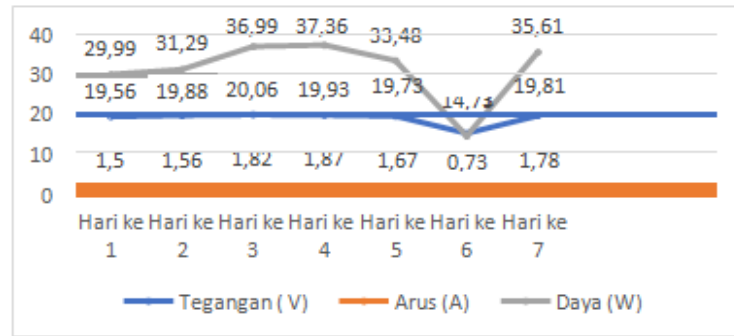
akumulator. Alur positif akumulator dihubungkan ke fuse kemudian fuse ke pin positif akumulator *solar charge controller* dan hubungkan negatif akumulator ke pin negatif akumulator *solar charge controller*. Hubungkan positif akumulator pada *fuse*, lalu *fuse* ke soket relay DC 3 dan hubungkan negatif akumulator pada soket relay DC 6. Pin positif volt meter DC dihubungkan ke pin positif volt meter DC dan pin negatif dari volt meter DC dihubungkan ke pin negatif akumulator. Inverter dirancang dengan menghubungkan soket relay DC 1 ke positif *input* DC inverter dan hubungkan soket relay DC 8 ke negatif *input* DC inverter. Hubungkan *output* fasa inverter ke soket relay PLTS 1 dan 2, lalu hubungkan *output* netral inverter ke soket PLTS 7.

Bagian *output* terdapat sistem ATS yang terdiri dari relay AC untuk daya PLN, relay timer untuk daya PLTS, dua pilot LED sebagai indikator, dan watt meter AC untuk pengamatan. Kelistrikan relay dimulai dengan menghubungkan input fasa inverter ke soket relay PLTS 2 dan 1, hubungkan soket relay PLTS 3 ke MCB AC lalu ke pin fasa beban. Hubungkan netral inverter ke soket relay PLTS 7 dan pin netral beban. Hubungkan fasa PLN ke soket relay PLN 1 dan soket relay PLTS 8, hubungkan soket relay PLTS 5 dengan soket relay PLTS 8 dan 2, hubungkan

soket relay PLTS 3 ke MCB AC. Hubungkan netral PLN ke soket relay PLN 7 dan pin netral beban. Hubungkan soket relay PLTS 2 ke pin fasa pilot LED merah dan soket relay PLTS 7 ke pin netral pilot LED merah. Hubungkan soket relay PLN 6 ke pin fasa pilot LED hijau dan soket relay PLN 7 ke pin netral pilot LED hijau. Kelistrikan watt meter AC dimulai dengan menghubungkan soket relay PLTS 2 ke pin 1 watt meter, soket relay PLTS 7 ke pin 2 watt meter, pin watt meter 3 dan 4 ke CT dan masukan kabel *output* fasa MCB AC yg terhubung pada beban ke CT watt meter.

1. Pengujian Alat PLTS Hybrid dengan Sistem ATS dan Mode Kondisi

Pengujian dilakukan pada panel surya, *solar charge controller*, pengisian akumulator, dan sistem ATS. Panel surya yang digunakan adalah jenis *monocrystalline* 50 Wp. Penggunaan panel surya tersebut untuk mengetahui besarnya nilai *output* tegangan, arus dan daya dengan kondisi cuaca yang berbeda yaitu cerah, berawan, dan hujan. Pengujian output panel surya *monocrystalline* 50 Wp dilakukan mulai pukul 08.00 – 16.00 WIB selama 7 hari. Hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 3 merupakan data *output* rata – rata yang dihasilkan panel surya.



Gambar 3. Grafik *Output* Rata – Rata Panel Surya

Pada Gambar 3 ditunjukkan data pada grafik hari ke-1 cuaca cerah dari pagi sampai dengan menjelang pukul 14.00 WIB, lalu berawan. Hari ke-2 dipagi hari berawan kemudian cerah sampai dengan pukul 16.00 WIB. Hari ke-3 cuaca cerah sepanjang hari dan nilai *output* rata – rata yang dihasilkan daya 36.99 W, tegangan 20.06 V, dan arus 1.82 A. Hari ke-4 cuaca cerah sepanjang hari sehingga nilai *output* rata – rata yang dihasilkan adalah daya 37.36 W, tegangan 19.73 V, dan arus 1.87 A. Hari ke-5 pengujian, cuaca cerah hanya terjadi di pagi sampai siang hari, selebihnya berawan sehingga nilai *output* rata – rata daya, tegangan, dan arus mengalami penurunan: daya 33.48 W, tegangan 19.73 V, dan arus 1.67 A. Pengujian di hari ke-6 cuaca cerah hanya sampai pukul 10.00 WIB, pukul 11.00 – 14.00 WIB berawan, dan selebihnya cuaca hujan sehingga nilai *output* rata – rata yang dihasilkan adalah daya 14.73 W, tegangan 15.41 V dan arus 0.73 A. Hari ke-7 cuaca cerah sepanjang hari dan menghasilkan daya 35.61 W, tegangan 19.81 V, dan arus 1.78 A. Berdasarkan

pengujian selama 7 hari dengan kondisi cuaca yang berubah – ubah tersebut, nilai *output* rata – rata tertinggi yang dihasilkan dari panel surya adalah pada hari ke-4 karena cerah sepanjang hari dan terendah terjadi di hari ke-6 karena cuaca berawan dan hujan sehingga mempengaruhi kerja panel surya yang sangat bergantung pada intensitas cahaya untuk menghasilkan daya, tegangan, dan arus.

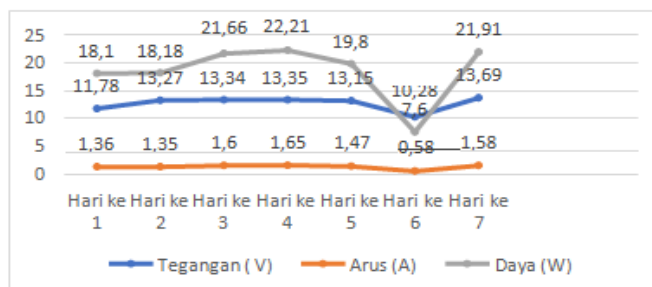
Pengujian *solar charge controller* dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai *output* rata – rata daya, tegangan, dan arus yang dihasilkan panel surya. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil pengujian *solar charge controller* juga dipengaruhi oleh intensitas cahaya cuaca saat itu. Pengujian *solar charge controller* dilakukan bersamaan dengan pengujian panel surya *monocrystalline* 50 Wp, dilakukan selama 7 hari dari pukul 08.00 – 16.00 WIB. Nilai *output* rata – rata pengujian hari ke-1 dengan cuaca cerah pagi sampai pukul 14.00 WIB dan berawan menjelang sore hari

menghasilkan daya 18.1 W, tegangan 11.78 V, dan arus 1.36 A. Hari ke-2 berawan dan cerah menghasilkan daya 18.18 W, tegangan 13.27 V, dan arus 1.35 A. Hari ke-3 cerah sepanjang hari menghasilkan daya 21.66 W, tegangan 13.34 V, dan arus 1.6 A. Hari ke-4 cerah sepanjang hari menghasilkan daya 22.21 W, tegangan 13.35 V, dan arus 1.65 A. Hari ke-5 cerah sampai dengan pukul 13.00 WIB lalu berawan sampai pukul 16.00 WIB menghasilkan daya 19.8 W, tegangan 13.15 V, dan arus 1.47 A. Hari ke-6 cuaca berawan dan hujan menghasilkan daya 7.6 W, tegangan 10.28 V, dan arus 0.58 A. Hari ke-7 cuaca cerah sepanjang hari menghasilkan daya 21.9 W, tegangan 13.69 V, dan arus 1.58 A.

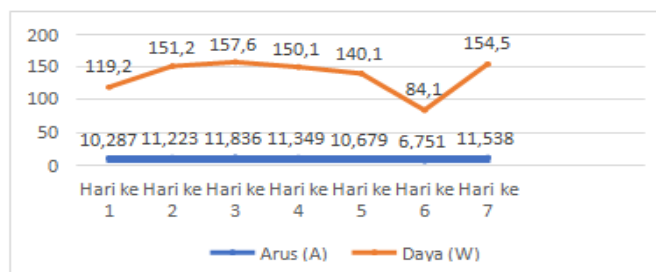
A. Hasil pengujian menunjukkan nilai output rata – rata daya, tegangan, dan arus *solar chargecontroller* tertinggi terjadi di hari ke-4 karena cuaca cerah sepanjang hari dan terendah terjadi di hari ke-6 karena cuaca berawan dan hujan.

Pengisian akumulator diperoleh dari pengukuran menggunakan watt meter DC. Akumulator di isi selama 7 hari, mulai dari pukul 08.00 WIB sampai 16.00 WIB.

Hasil pengisian akumulator dari pengamatan yang telah dilakukan, diperoleh nilai *input* rata – rata tertinggi terjadi pada hari ke 3 dengan nilai 157.6 W dan 11.846 A. Sedangkan nilai *output* rata – rata terendah terjadi pada hari ke 6 dengan nilai sebesar 84.1 W dan 6.751 A.



Gambar 4. Grafik *Output* Rata – Rata *Solar Charge Controller*



Gambar 5. Grafik *Input* Rata – Rata Pengisian Akumulator

Tabel 1. Hasil Pengujian ATS

Kondisi	Relay AC	Relay <i>Timer</i>	Pilot LED Hijau	Pilot LED Merah	Sumber Daya Listrik
<i>Selector switch</i> diarahkan ke mode PLN	<i>Normally Close</i>	<i>Normally Open</i>	ON	OFF	PLN
<i>Selector switch</i> diarahkan ke mode PLTS/otomatis (daya akumulator)	<i>Normally Open</i>	<i>Normally Close</i>	OFF	ON	Akumulator
<i>Selector switch</i> diarahkan ke mode PLTS/otomatis (daya PLN)	<i>Normally Close</i>	<i>Normally Open</i>	ON	OFF	PLN
Mode <i>timer</i>	<i>Normally Open</i>	<i>Normally Close</i>	OFF	ON	Akumulator
Akumulator berkondisi <i>low</i>	<i>Normally Close</i>	<i>Normally Open</i>	ON	OFF	PLN

2. Pengujian Sistem Saklar Transfer Otomatis (ATS)

Dilakukan untuk menguji respon tiap komponen dengan kondisi yang berbeda yaitu *selector switch* diarahkan ke mode daya PLN, *selector switch* diarahkan ke mode LPTS/otomatis (daya akumulator), *selector switch* diarahkan ke LPTS/otomatis (daya PLN), mengaktifkan mode *timer* dan mode akumulator berkondisi *low*. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1.

Data pengujian menunjukkan ATS bekerja sesuai dengan fungsinya yaitu otomatis memindahkan sumber daya Listrik ke akumulator yang merupakan tempat tersimpannya sumber daya Listrik dari PLTS ketika pilot LED Hijau OFF dan pilot LED Merah ON dan sebaliknya jika pilot LED Merah ON dan pilot LED Hijau OFF maka sumber daya Listrik yang mengalir ke peralatan Listrik berasal dari PLN.

3. Pengujian Daya Akumulator dengan Suplai Daya PLTS dan Lama Waktu Suplai Beban PLTS

Pengukuran daya akumulator dan suplai daya PLTS dilakukan untuk mendapatkan perbandingan daya keduanya dan menentukan nilai efisiensi PLTS dalam mensuplai daya Listrik ke beban. Pengukuran total suplai daya PLTS didapatkan dengan menggunakan watt meter AC dan nilai efisiensi trafo didapat dengan menggunakan persamaan matematika berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Peralatan elektronika yang digunakan sebagai objek ujicoba penelitian ini adalah kipas angin dan lampu LED. Kipas angin yang digunakan memiliki spesifikasi beban sebesar 41 W dan lampu LED 5 W. Namun, setelah dilakukan pengukuran menggunakan watt meter AC terdapat selisih beban yaitu kipas angin 34 W dan

lampu LED 3.5 W. Selisih ini terjadi karena tegangan sumber yang tidak selalu stabil, terdapat rugi – rugi hambatan Listrik saat mengalir ke beban, dan toleransi di setiap peralatan Listrik.

Data pengujian Tabel 2 menunjukkan bahwa total daya akumulator tertinggi selama 7 hari didapat pada hari ke 3 sebesar 157.6 Wh, PLTS mampu mensuplai daya sebesar 83 Wh dengan beban 37.5 W, efisiensi trafo sebesar 52.7% dan lama waktu suplai beban 2 jam 11 menit. Total daya akumulator terendah didapat pada hari ke 6 sebesar 84.1 Wh,

PLTS mampu mensuplai listrik 46 Wh dengan beban yang sama 37.5 W, efisiensi trafo sebesar 54.6%, dan lama waktu suplai beban 1 jam 11 menit.

4. Pengukuran Kebutuhan Listrik Rumah

Pengukuran kebutuhan listrik rumah dilakukan untuk mengetahui daya listrik yang dibutuhkan pada saat mensuplai peralatan listrik dan biaya listrik rumah yang harus dibayar. Pengukuran kebutuhan listrik rumah dengan menggunakan watt meter AC selama 24 jam.

Tabel 2. Perbandingan Total Daya Akumulator dengan Suplai Daya PLTS dan Lama Waktu Suplai Beban PLTS

Hari Ke -	Total Daya Akumulator (Watt Hour)	Total Suplai Daya PLTS (Watt Hour)	Total Beban PLTS (Watt)	Efisiens i Trafo (%)	Pengukuran Lama Waktu PLTS Suplai Beban
1	119.2	65	37.5	54.5	1 Jam 41 Menit
2	151.2	81	37.5	53.6	2 Jam 7 Menit
3	157.6	83	37.5	52,70	2 Jam 11 Menit
4	150.1	81	37.5	53.6	2 Jam 5 Menit
5	140.1	76	37.5	54.2	2 Jam 1 Menit
6	84.1	46	37.5	54.6	1 Jam 11 Menit
7	154.5	82	37.5	53.1	2 Jam 9 Menit

Tabel 3. Kebutuhan Listrik Rumah dan Biaya Listrik Rumah

Hari Ke -	Daya Kebutuhan Listrik Rumah (Wh)	Biaya Listrik Rumah (Rp)
1	9859	14.273
2	9504	13.759
3	9259	13.404
4	10256	14.848
5	9654	13.976
6	10419	15.084
7	10328	14.952
Tota l	69279	100.296

Berdasarkan Tabel 3 daya kebutuhan listrik rumah tertinggi selama 7 hari diperoleh pada pengukuran hari ke-6 sebesar 10419 Wh dan biaya listrik rumah sebesar Rp 15085,00 Daya kebutuhan listrik rumah terendah diperoleh pada pengukuran hari ke-3 sebesar 9259 Wh dan biaya listrik rumah sebesar Rp 13404. Maka total daya listrik yang dihabiskan untuk mensuplai kebutuhan peralatan listrik rumah selama 7 hari sebesar 69279 Wh dan biaya listrik rumah sebesar Rp 100296,00

Kebutuhan dan biaya listrik rumah pada Tabel 3 dapat dikurangi pemakaiannya dengan menggunakan sumber daya PLTS Hasil pengurangan kebutuhan daya listrik rumah setelah dikurangi suplai daya PLTS pada Tabel 3, ditunjukkan pada Tabel 4.

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa daya kebutuhan listrik rumah tertinggi selama 7 hari diperoleh pada pengamatan hari ke-6 sebesar 10373 Wh dan biaya listrik rumah sebesar Rp 15.038,00. Daya kebutuhan listrik rumah terendah diperoleh pada pengukuran hari ke-3 sebesar 9176

Wh dan biaya listrik rumah sebesar Rp 13.302,00. Berdasarkan hasil ini maka total daya listrik yang dihabiskan untuk mensuplai kebutuhan peralatan rumah selama 7 hari sebesar 68765 Wh dan biaya listrik rumah sebesar Rp 99.689,00.

Terjadi selisih nilai antara data total pada Tabel 3 dengan data Tabel 4. Maka dapat diketahui penghematan kebutuhan listrik rumah dan biaya listrik rumah sebesar:

- Penghematan kebutuhan listrik selama 7 hari = $69.279 \text{ Wh} - 68.765 \text{ Wh} = 514 \text{ Wh}$
- Penghematan kebutuhan listrik selama 1 bulan = $514 \times 4 = 2.056 \text{ Wh}$
- Penghematan biaya listrik selama 7 hari = $\text{Rp } 100.296 - \text{Rp } 99.689 = \text{Rp } 607$
- Penghematan biaya listrik selama 1 bulan = $607 \times 4 = \text{Rp } 2.428$

Berdasarkan perhitungan diatas didapat nilai penghematan listrik sebesar 514 Wh dan penghematan biaya listrik sebesar Rp 607. Dari hasil tersebut jika penggunaan dilakukan selama 1 bulan maka akan menghemat listrik sebesar 2.056 Wh dan menghemat biaya listrik sebesar Rp2.428.

Tabel 4. Kebutuhan Listrik Rumah dan Biaya Listrik Rumah dengan PLTS

Hari Ke -	Daya Kebutuhan Listrik Rumah dengan PLTS (Wh)	Biaya Listrik Rumah (Rp)
1	9794	14.198
2	9423	13.661
3	9176	13.302
4	10175	14.751
5	9578	13.885
6	10373	15.038
7	10246	14.854
Total	68765	99.689

KESIMPULAN DAN SARAN

Perancangan alat PLTS *hybrid* dengan *Automatic Transfer Switch (ATS)* antara daya PLN dan panel surya sebagai sumber daya alternatif dan *selector switch* sebagai mode kondisi berhasil diuji coba. Hasil uji coba menunjukkan alat mampu mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik yang disimpan pada akumulator. Selain itu, hasil uji coba juga menunjukkan suplai daya PLTS dan PLN dapat bekerja secara otomatis, jika daya akumulator < 11.30 V maka secara otomatis suplai daya akan menggunakan daya PLN, dan jika daya akumulator > 12.50 V maka secara otomatis suplai daya akan menggunakan daya hasil dari sumber alternatif PLTS. Hasil pengamatan dan uji coba juga menunjukkan perancangan alat ini berhasil menghemat penggunaan daya PLN sebesar 2.056 Wh dan penghematan biaya listrik sebesar Rp 2.428,00 selama 1 bulan. Untuk meningkatkan efisiensi sistem PLTS *hybrid* dengan *ATS* yang mengurangi penggunaan daya PLN, perlu dipertimbangkan pengembangan lebih lanjut dengan menambah jumlah panel surya dan akumulator. Langkah ini akan memungkinkan daya listrik yang dihasilkan untuk menyuplai beban yang lebih besar dalam periode waktu yang lebih panjang, menjadikan sistem ini lebih optimal dalam penggunaan sumber daya terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PLN, “Pelanggan Rumah Tangga 1.300 VA dan 2.200 VA Diberlakukan Tarif Adjustmen,” *PT. PLN (PERSERO)*, 2015. [Daring]. Available: <https://web.pln.co.id/cms/media/warta-pln/2015/12/pelanggan-rumah-tangga-1-300-va-dan-2-200-va-diberlakukan-tariff-adjustment/>. [Diakses: 10 Januari 2022].
- [2] I. P. D. Wiriastika, I. N. Setiawan, dan I. W. Sukerayasa, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Tempat Olah Sampah Setempat Werdi Guna Desa Gunaksa Kabupaten Klungkung,” *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 9, no. 1, Maret, hal. 44 – 53, 2022.
- [3] Y. Rahmawati, dan Sujito, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Malang: Universitas Malang, 2019.
- [4] H. Alwani, A. Sofijan, Darmawi, dan W. Mursal, “PLTS Menggunakan Sistem Automatic Transfer Switch,” *Seminar Nasional AVoER XII*, 2020, hal. 246 – 250.
- [5] H. Setiawan. “Implementasi PLTS sebagai Pengganti Sumber Energi Listrik Utama Rumah Tangga,” *Prosiding Seminar Nasional Universitas Islam Indonesia – Teknolo Informasi dan Komunikasi yang Berkesinambungan dan Berorientasi Layanan*, 2021, hal. 219 – 232.

- [6] B. H. Purwoto, Jatmiko, M. Alimul F, dan I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 18, no. 01, hal. 10 – 14, 2018.
- [7] G. A. Sinaga, I. M. Mataram, dan T. G. I. Partha, "Analisa Pembangkit Listrik Sistem *Hybrid Grid Connected* di Villa Peruna Saba, Gianyar – Bali," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, no. 2, Juni, hal. 1 – 6, 2019.
- [8] Sisri Anisar, Putri. *PERANCANGAN AUTOMATIC TRANSFER SWITCH UNTUK OTOMASI OPERASI PLTS OFFGRID DENGAN PLN*. Diss. Universitas Andalas, 2019.
- [9] Tharo, Z., Syahputra, E., & Mulyadi, R. (2022). Analysis of Saving Electrical Load Costs with a Hybrid Source of PLN-PLTS 500 Wp. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 4(1), 235–243.
<https://doi.org/10.37385/jaets.v4i1.1024>
- [10] S. Hidayat, A. Hariyanto, dan A. Yogiarto, "Pengolahan Sampah Hybrid PLTS Menjadi Energi Listrik Di Kelurahan Pondok Kopi," *Kilat*, vol. 10, no. 2, Oct., hal. 235 - 248, 2021.
- [11] Majid, Abdul, Eliza Eliza, and Redy Hardiansyah. "ALAT AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) SEBAGAI SISTEM KELISTRIKAN HYBRID SEL SURYA PADA RUMAH TANGGA." *Jurnal Surya Energy* 2.2 (2018): 172-178.
- [12] Mardohar, Sebastian. *Efisiensi Kinerja Baterai dan ATS (Automatic Transfer Switch) pada Studi Kasus PLT Hybrid (PLTMH dan PLTS)*. Diss. Politeknik Negeri Jakarta, 2022.
- [13] Kristyadi, Tarsius. "PELUANG PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK BERBASIS ENERGI BARU TERBARUKAN DI INDONESIA." 2019. [Daring], Available:<http://eprints.itenas.ac.id/2263/1/PELUANG%20PENGEMBANGAN%20PEMBANGKIT%20LISTRIK%20BERBASIS%20ENERGI%20BARU%20TERBARUKAN%20DI%20INDONESIA.pdf>. [Diakses: 16 September 2023].