

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI AUTOMATIC TRANSFER SWITCH ANTARA PLTS OFF-GRID DENGAN JARINGAN PLN

Marhatang Marhatang¹⁾, Andreas Pangkung¹⁾, R. Tandioga¹⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop the design and implementation of an automatic transfer switch (ATS) that can switch very quickly so as to prevent power interruptions in electrical equipment that is sensitive to the continuity of electrical power supply such as computers. The research was carried out by design and experimental, where the research began with making an ATS, followed by performance testing with various load system; no-load test, incandescent lamp load test, and lamp and computer load testing and ending with an analysis of the test results to obtain performance of the ATS. From the analysis, the transfer time from ATS for the supply transition from PLN to PLTS is an average of 229, 333 ms with the highest value of 235 ms and for PLTS to PLN an average of 271,333 ms with the highest value of 297 ms. This transfer time value is able to maintain power continuity on the computer (without restarting) when there is a power supply transition from PLN to PLTS or vice versa. Other results obtained in this study are a decrease in the load power factor (cos phi) if the PLTS system uses a sinewave modify inverter and the occurrence of repeated switching from ATS due to the failure of the low voltage disconnected sensor to correctly detect the battery capacity.

Keywords: *ATS, PLTS, transfer time, supply transition*

1. PENDAHULUAN

Menurut data yang dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral di dalam Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2018 bahwa sektor rumah tangga merupakan konsumen energi listrik terbesar di Indonesia hingga pemakaian mencapai 48,8 % atau sekitar 97.832,28 GWh dari total produksi energi listrik pembangkit di dalam negeri[1]. Meningkatnya kebutuhan listrik tersebut adalah salah satu dampak kemajuan dan komersialisasi teknologi. Hal ini akan berpengaruh terhadap laju penurunan cadangan energi fosil yang masih mendominasi dalam produksi energi listrik.

Dalam upaya untuk mengurangi penggunaan energi fosil sebagai bahan bakar utama maka pemanfaatan energi baru terbarukan menjadi isu yang sangat penting. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka pemerintah mengeluarkan kebijakan mengenai Energi Baru Terbarukan (EBT) yaitu tercapainya bauran energi EBT sebesar 23% pada tahun 2025. Energi baru terbarukan merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang mudah digunakan dalam penyediaan kebutuhan listrik untuk masyarakat. Salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Saat ini penggunaan panel surya sebagai energi terbarukan memang sudah berkembang pesat. Panel surya menghasilkan energi gratis dengan mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik yang dapat disimpan ke dalam baterai sehingga dapat digunakan kapan pun baik siang maupun malam.

Perancangan PLTS dapat dikombinasikan dengan sumber energi lain atau biasa disebut dengan sistem pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) yaitu salah satunya dapat dipadukan dengan sumber listrik dari PLN sebagai usaha dalam pengadaan sumber energi listrik rumah tangga. Komponen yang digunakan PLTS terdiri dari panel surya (photovoltaic - PV), baterai, dan sistem pengaturan perpindahan beban (automatic transfer switch - ATS) yang berfungsi untuk melakukan pengaturan perpindahan suplai beban dari sumber PLTS ke PLN dan maupun sebaliknya.

Di dalam sistem pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH), yang merupakan kombinasi dari beberapa sumber energi, pengaturan suplai beban menjadi sesuatu yang sangat penting. “Penggunaan cara Hybrid atau penggabungan antara sel surya sebagai pembangkit utama dan sumber listrik PLN sebagai sumber cadangan, merupakan solusi yang tepat, namun hal ini akan mengalami kendala jika tidak kita lakukan secara otomatis. Rangkaian Automatic Transfer Switch atau ATS merupakan solusi agar sistem bekerja secara optimal. Perpindahan daya yang lambat dan tidak terkoordinasi dengan baik atau secara manual yang dioperasikan oleh manusia akan mempengaruhi efisiensi dan keandalan dari sistem PLTH sehingga diperlukan sistem pengaturan suplai beban yang dapat mengatur suplai beban secara otomatis dan terkoordinasi dengan baik.

Pada penelitian ini, akan dibuat sistem pengalihan suplai daya beban secara otomatis dari sumber PLTS ke PLTN maupun sebaliknya. Kontrol otomatis perpindahan suplai daya tersebut disebut dengan Automatic Transfer Switch (ATS). Didalam ATS terdapat komponen – komponen listrik yang digunakan seperti circuit

¹⁾Korespondensi penulis: Marhatang Marhatang, Telp/WA 082189393981, marhatang@poliupg.ac.id

breaker, magnetic contactor, dan relay. Fungsi ATS secara sederhana adalah untuk melakukan perpindahan suplai daya ke beban secara otomatis, dengan tujuan jika sumber utama (PLTS) mengalami gangguan dapat di alihkan ke sumber cadangan (PLN). “Secara luas ATS telah diaplikasikan di industri maupun perkantoran yang membutuhkan sistem kelistrikan dengan tingkat keandalan yang tinggi[2].

1.1 Potensi Energi Surya di Indonesia

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi energi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 10%, dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% [3].

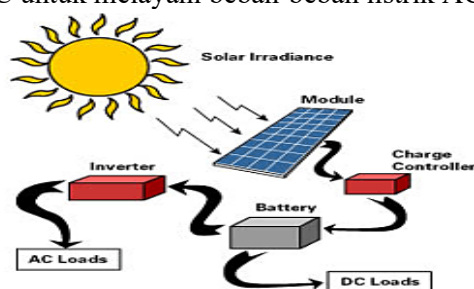
Dengan demikian, potensi penyinaran matahari rata-rata Indonesia sekitar 4,8 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Padakeadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1.000 watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30 % energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23% digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi.

Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksplotasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan bahkan untuk mendinginkan. Potensi masa depan energi surya hanya dibatasi oleh keinginan kita untuk menangkap kesempatan.

1.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu pembangkit listrik yang memanfaatkan energi baru terbarukan yaitu matahari. Alasan utama dalam penggunaan PLTS adalah sumber energi matahari yang melimpah dan dalam prosesnya tidak menghasilkan emisi gas buang dan limbah cair atau padat yang berbahaya[4].

Sistem PLTS ditunjukkan pada Gambar 1 terdiri dari beberapa komponen yaitu panel surya merupakan alat yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik, *Solar Charge Controller* (SCC) merupakan alat pengubah keluaran panel surya untuk mencapai tingkat tegangan baterai dan mengatur pengisian baterai, baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan panel surya, dan *inverter* yang merupakan alat pengubah listrik DC menjadi listrik AC untuk melayani beban-beban listrik AC.



Gambar 1. Sistem PLTS

1.3 Panel Surya

Pembangkit listrik tenaga matahari merupakan tenaga listrik yang tercipta dengan bantuan unsur alam paling besar yaitu matahari. Energi panas dan energi cahaya yang dihasilkan matahari disalurkan dan diubah menjadi tenaga listrik untuk digunakan dalam kehidupan. Untuk melakukan perubahan ini, dibutuhkan *solar cell*. Panel surya ada beberapa jenis, yaitu *monocrystalline*, *poly crystalline*, dan *thin film solar cell*. Semakin tinggi ukuran *solar cell* yang digunakan, maka semakin besar jumlah daya listrik yang dihasilkan. Jumlah solar cell yang harus digunakan tergantung pada ukuran WP yang dimiliki *solar cell* tersebut serta jumlah kebutuhan[5].

1.4 Solar Charge Controller

Solar charge controller adalah sebuah modul yang digunakan untuk mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan turun maka baterai akan diisi kembali

1.5 Accumulator

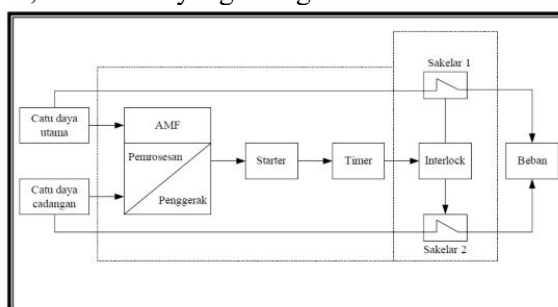
Accumulator adalah baterai kering yang bisa dipakai untuk menyimpan arus listrik. *Accumulator* adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. *Accumulator* atau baterai adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversible* adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel[6].

1.6 Inverter

Beban dari Panel surya yang beragam maka diperlukan *inverter* pada sistem PLTS untuk melayani beban listrik AC, proses konversi listrik DC menjadi AC ini membutuhkan peralatan yang dinamakan *inverter*, prinsip kerja *inverter* ini adalah merubah listrik DC menjadi listrik AC dengan rangkaian komponen listrik di dalamnya, inverter ini mengubah arus DC 12V/24V dari baterai atau dari panel surya menjadi listrik AC 220V.

1.7 Automatic Transfer Switch (ATS)

Automatic Transfer Switch adalah sakelar yang bekerja secara otomatis mentransfer beban dari suplai daya utama ke suplai daya cadangan bila suplai utama ini gagal atau tegangan suplai utama utama mengalami *drop* dibawah minimal. Pada intinya, ATS adalah *device* atau alat yang akan mengubah secara otomatis sumber tenaga listrik ke sumber tenaga yang lain bila terjadi suatu masalah pada sumber tegangan utama, sistem otomatisnya bekerja berdasarkan jika listrik dari suplai daya utama terputus maka dipindahkan ke suplai daya cadangan[7]. Skema sederhana sebuah ATS ditunjukkan pada Gambar 2. Komponen pengontrolan pada ATS umumnya terdiri atas relay, timer, dan sensor yang saling berinteraksi untuk membentuk sistem kontrol ATS.



Gambar 2. Skema Automatic Transfer Switch

1.8 Relay

Di dalam dunia elektronika terdapat komponen yang dikenal dengan sebutan *Relay*, yang mana *relay* disini adalah komponen elektronika yang bekerja berdasarkan logika *switching*. Awalnya pada tahun sebelum 70an, *relay* merupakan otak dari suatu sistem rangkaian pengendali. Baru setelah itu muncul PLC yang mulai menggantikan posisi *relay*. *Relay* yang paling sederhana dalah *relay* elektromekanik yang bekerja bila mendapatkan energi listrik. Secara sederhana *relay* elektromekanis dapat didefinisikan sebagai berikut :

- a) Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup atau membuka kontak saklar.
- b) Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik. Konstruksi dari *relay* adalah kumparan intibesi stasioner, yang diletakkan pada batang besi bersendi, yang dilengkapi dengan pegas bekerja bila dialiri arus listrik dan akan diputuskan jika tidak ada arus listrik yang mengalir. *Relay* bekerja secara tepat dan akurat berdasarkan sistem kerjanya.

1.9 Time Delay Relay (TDR)

TDR yang biasanya disebut dengan *relay timer* atau juga penunda batas waktu umumnya digunakan pada instalasi motor utamanya instalasi yang memerlukan penagturan waktu yang otomatis. TDR ini dapat digunakan secara bersamaan dengan di kombinasikan dengan berbagai macam saklar otomatis seperti, TOR, MC, dan relay.

Fungsi dari TDR ini adalah sebagai pengatur waktu untuk waktu hidup maupun waktu *switch-off* komponen yang di kontrol dengan delay waktu yang tertentu, dan cara kerjanya dibedakan menjadi TDR yang bekerja dengan prinsip induksi motor dan juga TDR yang bekerja berdasar rangkaian elektronik.

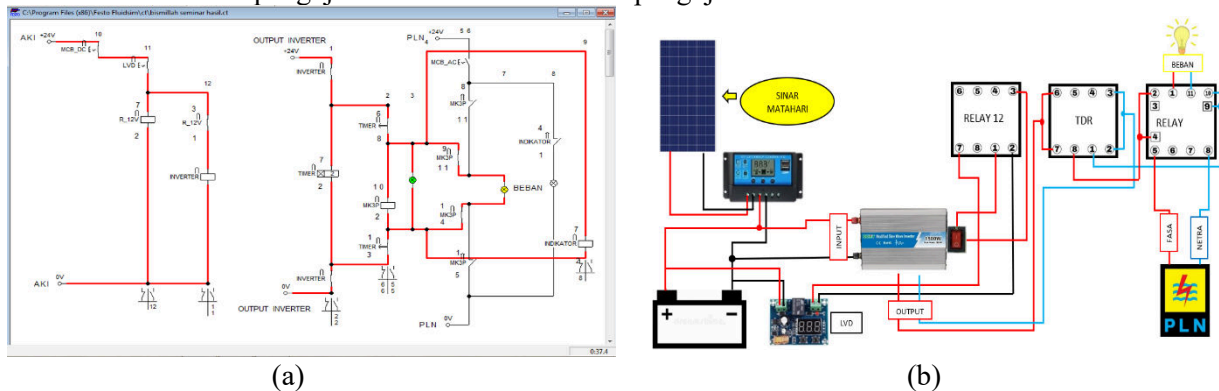
1.10 Low Voltage Disconnect (LVD)

LVD (*Low Voltage Disconnect*) adalah suatu rangkaian yang dapat memutuskan arus dari baterai menuju beban ketika baterai sudah dalam kondisi kritis. LVD adalah alat proteksi yang berfungsi untuk melindungi battery dari kerusakan akibat discharge yang terlalu berlebihan (*overdischarge*).

Prinsip kerja LVD akan memutus beban dari battery secara otomatis pada saat tegangan battery sudah turun mencapai batas setting tegangan rendah (*low voltage disconnect*), dan kemudian akan menyambungkan kembali beban secara otomatis jika battery sudah terisi kembali dan tegangannya sudah mencapai batas setting tegangan reconnect (*low voltage reconnect*).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia. Penelitian diawali dengan perancangan sistem ATS dengan software fluidsim (Gambar 3a). Hasil perancangan tersebut kemudian dilakukan dengan uji simulasi untuk mengetahui apakah sistem yang telah dirancang dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Setelah diperoleh hasil simulasi yang sesuai, maka dilanjutkan pembuatan gambar diagram pengawatan sistem ATS dan menggabungkannya dengan sumber energi yang akan digunakan sebagai suplai daya yaitu PLTS dan PLN (Gambar 3b). Selanjutnya dilakukan pengujian secara eksperimental semua komponen-komponen yang terdapat pada diagram pengawatan. Setelah semua komponen diuji, gambar diagram pengawatan kemudian diimplementasi dengan merakit semua komponen tersebut sehingga membentuk sistem alat uji secara keseluruhan. Hasil implementasi tersebut kemudian dilakukan pengujian dan analisa data hasil pengujian.



Gambar 3. (a) Simulasi rancangan ATS dengan Fluidsim, (b) Diagram pengawatan ATS

Prinsip kerja dari sistem ATS ini yaitu ketika sistem di ATS diaktifkan, maka LVD akan mendeteksi apakah produksi energi dari PLTS cukup untuk mensuplai beban atau tidak, jika mencukupi, maka sistem PLTS akan memilih suplai daya dari PLTS. Namun jika tidak mencukupi, maka sistem akan dialihkan ke PLN secara otomatis, hal ini akan ditandai dengan menyalnya lampu indikator suplai PLN pada panel kontrol. Selama proses ini berlangsung, sensor LVD (*low voltage disconnected*) akan terus-menerus mendeteksi produksi energi pada sistem PLTS, dan jika di deteksi cukup, maka suplai daya akan dialihkan ke sistem PLTS secara otomatis dan hal ini akan ditandai dengan menyalakan lampu indikator sumber energi PLTS pada panel kontrol. Sistem tersebut akan berlangsung terus-menerus selama ATS di aktifkan, dengan memprioritaskan sumber energi dari PLTS sebagai suplai daya utama dan sumber energi dari PLN sebagai suplai daya cadangan.



Gambar 4. (a) Hasil Perakitan ATS dan (b) Rangkaian Pengujian ATS

Prosedur pengujian alat ini dilakukan untuk menentukan waktu peralihan (*transfer time*) suplai daya dari PLTS ke PLN maupun sebaliknya untuk berbagai macam beban-beban listrik pada umumnya seperti lampu pijar dan komputer (Gambar 4b). Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

1. Menyiapkan semua alat bantu pengujian antara lain alat ukur yaitu multimeter digital lucas nulle beserta software aplikasinya, dan beban berupa lampu pijar dan komputer
2. amperemeter, voltmeter, lampu, dan komputer, dan multimeter digital lucas nulle beserta softwarena untuk monitoring *transfer time* dan parameter lainnya.
3. Pengujian tanpa beban.
4. Pengujian dengan beban lampu pijar
5. Pengujian dengan beban gabungan lampu pijar dan komputer

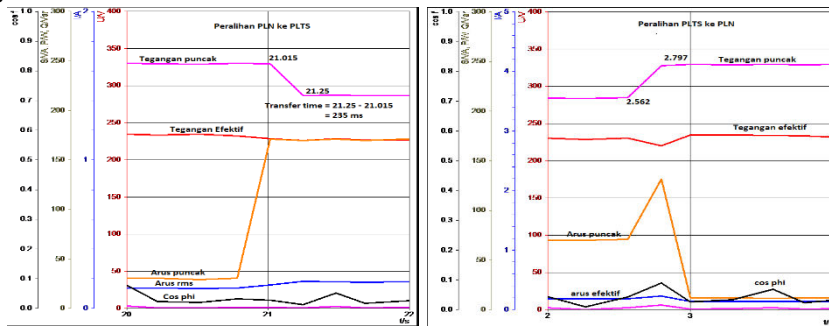
Setelah proses pengujian dilakukan, maka diperoleh data yang akan dianalisa. Adapun data yang dikumpulkan adalah:

1. Waktu peralihan dari PLN ke PLTS dan PLTS ke PLN dalam keadaan tanpa beban
2. Waktu peralihan dari PLN ke PLTS dan PLTS ke PLN dalam keadaan berbeban lampu pijar
3. Waktu peralihan dari PLN ke PLTS dan PLTS ke PLN dalam keadaan berbeban gabungan lampu pijar dan komputer

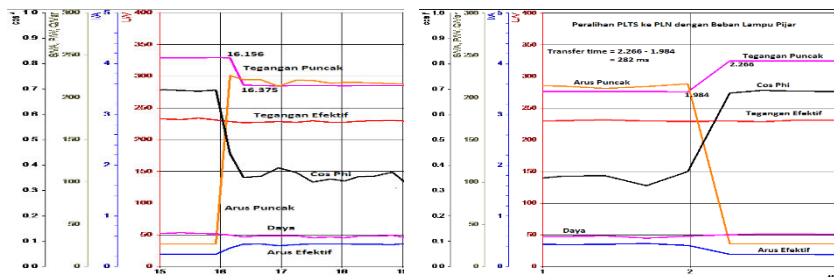
Dari data yang diperoleh di atas, maka dilakukan pengolahan dalam bentuk analisa data, adapun analisa data yang dilakukan adalah mengukur waktu peralihan PLTN ke PLTS dan PLTS ke PLN untuk berbagai macam kondisi dan jenis pembebanan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

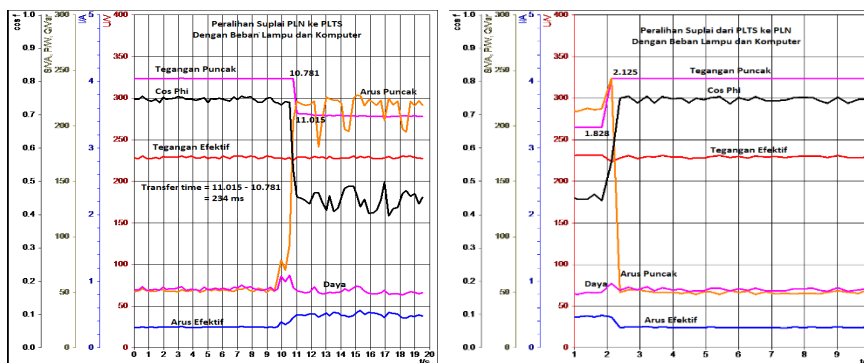
3.1 Hasil Pengujian



Gambar 5. Kurva Peralihan Sumber Tanpa Beban



Gambar 6. Kurva Peralihan Sumber dengan Beban Lampu Pijar



Gambar 7. Kurva Peralihan Sumber dengan Beban Lampu Pijar dan Komputer

3.2 Pembahasan

Berdasarkan pengamatan dan data-data pengujian di atas, maka dapat diperoleh transfer time dari ATS dan fenomena fisis yang terjadi pada beban ketika terjadi proses peralihan sumber baik dari PLN ke PLTS maupun sebaliknya, sebagai berikut.

Tabel 1. Transfer time ATS untuk beberapa jenis pembebanan

No	Jenis Pembebanan	Transfer Time PLN ke PLTS (milli second)	Transfer Time PLTS ke PLN (milli second)	Fenomena Fisis Pada Beban/ Interupsi Daya Pada Beban
1	Tanpa Beban	235	235	-
2	Lampu Pijar	219	282	Flicker
3	Lampu dan Komputer	234	297	Tidak ada interupsi/tidak restart

Dari Tabel 1 terlihat bahwa transfer time ATS dari PLN ke PLTS rata-rata 229,333 ms, dengan waktu tercepat 219 ms dan terlama 235 ms. Sedangkan transfer time ATS dari PLTS ke PLN rata-rata 271.333 ms dengan waktu tercepat 235 ms dan terlama 297 ms. Pada pengujian dengan beban computer, ATS dapat mencegah terjadinya interupsi daya pada computer, hal ini terbukti dengan tidak terjadi restart pada computer yang digunakan sebagai beban.

Dari pengujian ini juga terungkap fakta bahwa ketika sumber suplai dari PLTS, nilai tegangan puncak dan $\cos \phi$ menurun, serta nilai arus puncak mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan bentuk gelombang tegangan dari kedua sumber yang digunakan, dimana pada sumber PLN menggunakan *pure sinewave* sedangkan pada sumber PLTS menggunakan *modify sinewave*. Karena perubahan tersebut cukup signifikan, maka akan menimbulkan dampak negative pada beban berupa penurunan performance, dimana peralatan tidak berfungsi secara maksimal dan penurunan efisiensi, timbul panas yang berlebihan pada peralatan dan hal akan berdampak pada *lifetime* peralatan.

Fakta lain yang cukup menarik yang terungkap dalam penelitian ini adalah terjadi peralihan suplai yang berulang-ulang dalam waktu cukup singkat, sekitar 10 – 15 menit. Hal ini disebabkan oleh kegagalan sensor LVD dalam mendeteksi kapasitas baterai secara tepat pada saat terjadi proses charging dari sumber PLTS. Dampak dari peralihan yang berulang-ulang tersebut dapat menyebabkan *lifetime* dari peralatan *switching* menjadi lebih singkat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian/pengukuran dan analisa data serta perencanaan desain dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Transfer time dari ATS untuk peralihan dari PLN ke PLTS sebesar 229,333 ms dengan waktu terlama sebesar 235 ms, dan transfer time untuk peralihan suplai dari PLTS ke PLN rata-rata 271.333 ms dengan waktu terlama sebesar 297 ms.
- 2) Kecepatan transfer time ATS dengan waktu sebesar 297 ms, terbukti mampu mencegah terjadinya interupsi daya pada beban computer/tidak mengalami *restart* ketika terjadi peralihan suplai daya.
- 3) Penggunaan inverter tipe *modify sinewave* pada sistem PLTS akan berdampak menurunnya faktor daya pada beban dan meningkatnya arus puncak
- 4) Kegagalan sensor LVD dalam mendeteksi kapasitas baterai akan mengakibatkan terjadinya peralihan suplai daya secara berulang-ulang dalam waktu singkat dengan rentang sekitar 10 -15 menit.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jendral Ketenaga Listrikan Kementrian ESDM. 2019. Statistik Ketenagalistrikan 2018. Edisi no.31. Kementrian ESDM. Jakarta.
- [2] Ginting, H. P., & Sinuraya, W. E. (2014). Perancangan Automatic Transfer Switch (Ats) Parameter Transisi Berupa Tegangan Dan Frekuensi Dengan Mikrokontroler Atmega 16. TRANSMISI, 16, (3), 2014, 129,
- [3] Widayana, G. 2012. Pemanfaatan energi surya. Jurnal pendidikan teknologi dan kejuruan, 9(1).
- [4] White, S. 2018. *Solar Photovoltaic Basics: A Study Guide for the NABCEP Associate Exam*. Routledge.
- [5] Direktorat Jendral Ketenaga Listrikan Kementrian ESDM. 2018. Statistik Ketenagalistrikan 2017. Edisi no.31. Kementrian ESDM. Jakarta.
- [6] Aprilianti, D. 2019. Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) sebagai Penghubung Sumber Daya Listrik Cadangan Menggunakan Arduino Uno Atmega328 Berbasis Web (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- [7] Burhan, A. Z., Purwanto, S., & Azzahra, S. 2020. Rancang Bangun Panel ATS (*Automatic Transfer Switch*) antara PLTS (*Off Grid*) Dengan Jaringan PLN (Doctoral dissertation, Institut Teknologi PLN).