

Rancang Bangun Sistem Pengaturan Suplai Beban Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Untuk Listrik Rumah Tangga Golongan R-1/Tr 2200 Va

Sugeng Purwanto ^{1*}; Sofitri Rahayu¹; Ahmad Zakky Burhan¹

1. Institut Teknologi PLN, Cengkareng, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11750, Indonesia

**)Email: sugeng.purwanto@itpln.ac.id*

Received: 12 Agustus 2020 / Accepted: 12 Agustus 2020 / Published: 1 Januari 2023

Abstract

The reduction in fossil energy reserves in the world which is consumed by the high price and rising electricity tariffs and provides a large impact on the economy of the local society, especially household. By utilizing renewable energy can increase electricity supply at home and utilize solar power generation as a provider of electrical energy for households in the future. Solar power plant can be combined with a power source from State Electricity Company as a hybrid power plant as an effort to procure household electrical energy sources of the R-1 / TR 2200 VA group. The hybrid power plant consists of solar panels, batteries, and automatic transfer switch (ATS). This research is focused on a system designed by ATS that serves to provide automatic load supply to hybrid power plant that consists of mini circuit breakers, magnetic contactors, magnetic relays, inverters, solar charge controllers, indicator lights, and batteries. This research was conducted in four (4) step: design, component identification, assembling, and testing. This research was carried out a one-year period and the stages in the ATS design research went well and got results that according to expectations. Testing current and voltage is stable and there is voltage sags.

Keywords: solar power plants, hybrid power plants, automatic transfer switch

Abstrak

Berkurangnya cadangan energi fosil di dunia mengakibatkan mahalnya harga listrik dan naiknya tarif dasar listrik (TDL) serta memberikan dampak yang sangat besar terhadap perekonomian masyarakat, terutama pelanggan listrik golongan rumah tangga. Dengan memanfaatkan energi baru terbarukan dapat menambah suplai listrik pada rumah, salah satunya adalah pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai penyedia energi listrik untuk rumah tangga di masa depan. PLTS dapat dikombinasikan dengan sumber listrik dari PLN sebagai sebuah sistem pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) sebagai usaha dalam pengadaan sumber energi listrik rumah tangga golongan R-1/TR 2200 VA. Komponen PLTH terdiri dari panel surya, baterai, dan sistem pengaturan beban (automatic transfer switch - ATS). Penelitian ini difokuskan pada rancang bangun sistem ATS yang berfungsi untuk mengatur suplai beban secara otomatis pada PLTH dan terdiri dari mini circuit breaker, magnetic contactor, magnetic relay, inverter, solar charge controller (SCC), lampu indikator, dan baterai. Penelitian ini dilakukan dalam empat (4) tahap yaitu desain, indentifikasi komponen, perakitan, dan pengujian. Penelitian ini dilakukan selama periode satu tahun dan tahapan-tahapan dalam penelitian rancang bangun ATS ini berjalan baik dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan. Pengujian arus dan tegangan pada saat terjadi pemindahan daya adalah stabil, walaupun terjadi kedipan tegangan (voltage sags) sesaat.

Kata kunci: pembangkit listrik tenaga surya, pembangkit listrik tenaga hibrid, pengaturan suplai beban

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi listrik sudah mencakup segala bidang kehidupan pada saat ini. Hal tersebut dapat terjadi karena perkembangan teknologi yang sangat pesat, terutama teknologi transportasi, komunikasi dan informasi, yang sangat berperan di dalam segala sisi bidang kehidupan manusia. Menurut data yang dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral di dalam Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2017 bahwa sektor rumah tangga merupakan konsumen terbesar di Indonesia hingga pemakaian energi listrik mencapai 42,6 % atau sekitar 93.583,52 GWh dari total produksi energi listrik pembangkit di dalam negeri [1]. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan listrik disebabkan adanya kemajuan teknologi tidak diiringi dengan semakin meningkatnya cadangan energi fosil, tetapi yang terjadi adalah sebaliknya yaitu semakin menipisnya cadangan sumber energi fosil yang merupakan sumber utama bahan bakar pembangkit listrik konvensional sehingga mengakibatkan semakin mahalnya harga listrik (Tarif Dasar Listrik) yang dihasilkan oleh pembangkit listrik konvensional yang masih menggunakan energi fosil sebagai bahan bakar utama pembangkitan [2]. Naiknya tarif dasar listrik (TDL) akan memberikan dampak yang sangat besar terhadap keadaan perekonomian masyarakat, terutama pelanggan listrik golongan rumah tangga, salah satunya yaitu turunnya daya beli masyarakat. Dengan jumlah pelanggan PLN untuk golongan rumah tangga R1 (450-2200 VA) mencapai sekitar 64 juta pelanggan atau 90% dari total pelanggan PLN secara keseluruhan maka dampak ekonomi yang ditimbulkan akibat naiknya TDL pada masyarakat akan sangat besar [3]. Pada sektor rumah tangga penggunaan energi juga tidak produktif dan cenderung konsumtif serta fluktuatif pada beban sehingga modal yang ditanamkan untuk ketersediaan energi listrik menjadi tinggi [4]. Maka untuk mengantisipasi hal tersebut, pemerintah mengeluarkan kebijakan mengenai Energi Baru Terbarukan (EBT) yaitu tercapainya bauran energi EBT sebesar 23% pada tahun 2025 [5]. Salah satunya yaitu pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang merupakan salah satu sumber energi alternatif yang sangat penting pada saat ini.

PLTS merupakan solusi energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi polusi udara bagi penduduk urban [6]. PLTS dapat dirancang atau didesain sebagai sebuah sistem pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) yaitu penggunaannya dapat dikombinasikan dengan sumber listrik dari PLN sebagai usaha dalam pengadaan sumber energi listrik rumah tangga golongan R-1/TR 2200 VA. Komponen yang digunakan PLTS terdiri dari panel surya (*photovoltaic - PV*), baterai, dan sistem pengaturan suplai beban (*automatic transfer switch - ATS*).

ATS merupakan komponen yang sangat penting di dalam PLTH karena berfungsi untuk melakukan pengaturan suplai beban antara energi listrik yang diterima dari panel surya, baterai dan PLN secara otomatis [7]. Pengaturan suplai beban di dalam sistem pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH), yang merupakan kombinasi dari beberapa sumber energi, merupakan sesuatu yang sangat penting. Perpindahan daya yang lambat dan tidak terkoordinasi dengan baik 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 [8].

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas maka penelitian ini akan difokuskan pada rancang bangun sistem pengaturan suplai beban yang akan berfungsi untuk mengatur suplai beban secara otomatis dari ketiga sumber energi listrik dari PLTH yaitu panel surya, baterai dan PLN sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem PLTH. Adapun komponen sistem pengaturan suplai beban terdiri dari *mini circuit breaker (MCB)*, *magnetic contactor (MC)*, *timer*, *magnetic relay*, *inverter*, *battere charge cotroller (BCC)*, *solar charge controller (SCC)*, lampu indikator, *voltmeter* dan *amperemeter digital*, saklar *push button* dan *battere*.

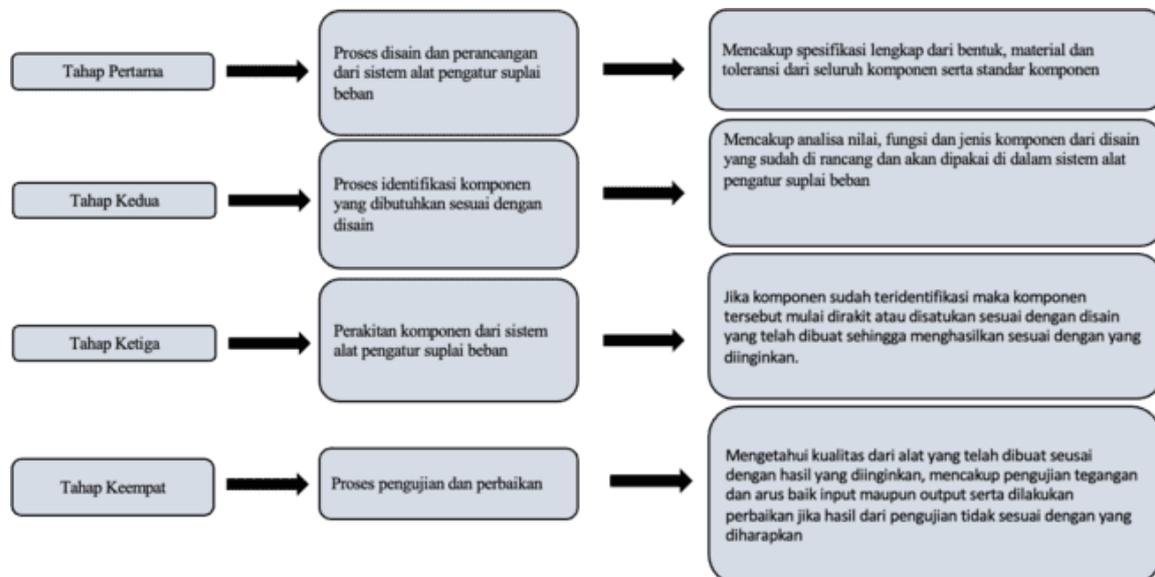
Penelitian ini akan dilakukan selama periode satu tahun dengan harapan diakhir masa penelitian dihasilkan alat sistem pengaturan suplai beban yang dapat mengatur suplai beban secara

otomatis dari ketiga sumber energi listrik dari PLTH yaitu panel surya, baterai dan PLN dengan tingkat efisiensi dan kestabilan yang baik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

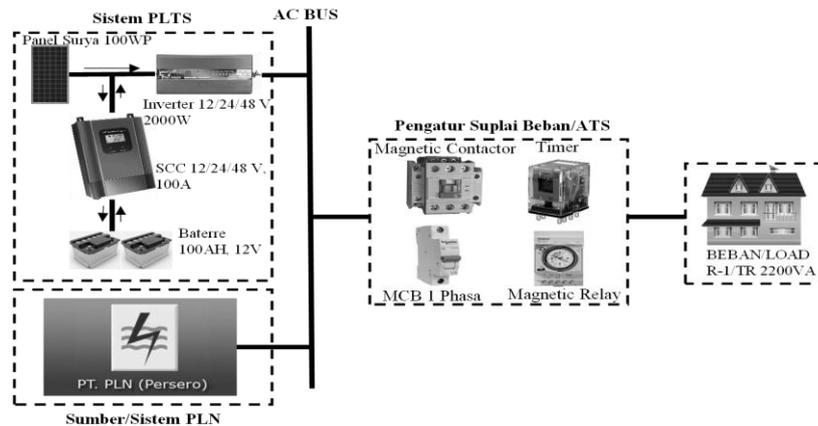
Perancangan dan *design Automatic Transfer Switch* ini akan dilakukan di Laboratorium Mesin-mesin Listrik Institut Teknologi PLN Jakarta. Persiapan perakitan dan penelitian juga akan dilakukan di Laboratorium Mesin-mesin Listrik Institut Teknologi PLN Jakarta.

Peralatan utama yang dipergunakan di dalam penelitian ini terdiri dari 4 buah *mini circuit breaker (MCB) AC (10A)* dan 2 buah *MCB DC (40A dan 63A)*, 2 buah *magnetic contactor (MC) 3 phasa*, 1 buah *timer*, 2 buah *magnetic relay AC* dan 1 buah *magnetic relay DC*, 1 buah *inverter Inverter Pure Sine Wave SINUS 2000W*, 1 buah *solar charge controller (SCC) 100A 12V;24V;48V*, 2 buah lampu indikator, *multimeter digital*, dan 2 buah *battere VRLA luminous 12V*. Selain peralatan tersebut di atas dibutuhkan juga beberapa peralatan pengukuran listrik antara lain Ohmmeter, Voltmeter dan Ammeter.



Gambar 1. Diagram alir rencana penelitian selama satu tahun.

Di dalam merencanakan sebuah penelitian diperlukan sebuah pedoman yaitu berupa tahapan-tahapan pengerjaan sehingga waktu penelitian sesuai dengan jadwal yang telah disusun [9]. Penelitian ini dilakukan dalam empat (4) tahap yaitu desain (perancangan), indentifikasi komponen, perakitan, dan pengujian. Tahap pertama adalah tahap desain/perancangan yang merupakan proses untuk mengetahui spesifikasi komponen yang dibutuhkan, mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material dan toleransi dari seluruh komponen serta standar komponen. Tahap kedua adalah proses identifikasi komponen yang dibutuhkan dalam merancang sebuah sistem pengaturan suplai beban, mencakup nilai, fungsi dan jenis komponen. Tahap ketiga adalah tahap perakitan komponen, yaitu proses penyusunan dan penyatuan beberapa bagian komponen sesuai dengan desain yang telah dibuat. Tahap keempat adalah tahap pengujian dan perbaikan yang bertujuan untuk mengetahui kualitas dari alat yang telah dibuat, apakah alat bekerja sesuai dengan yang diinginkan serta mencakup pengujian tegangan dan arus baik input maupun output serta dilakukan perbaikan jika hasil dari pengujian tidak sesuai dengan yang diinginkan. Kestabilan tegangan dan arus juga menjadi perhatian yang utama di dalam tahap pengujian ini.



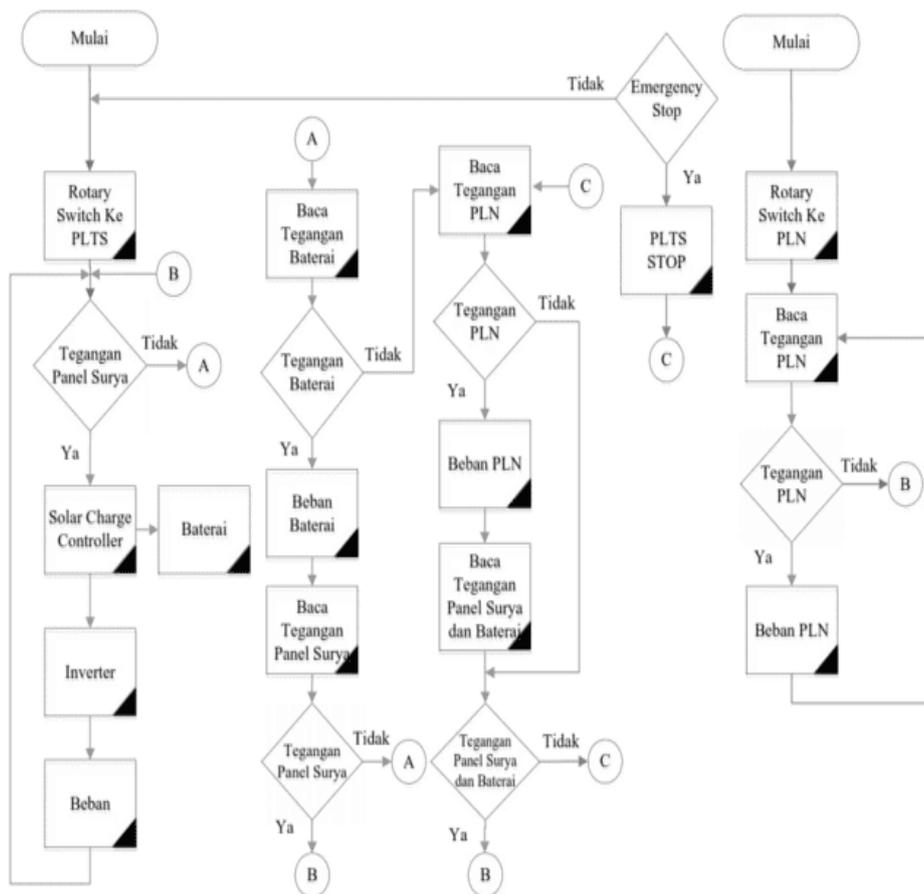
Gambar 2. Blok Diagram Sistem PLTH menggunakan ATS.

Prinsip kerja dari sistem pengaturan suplai beban yang akan dirancang dan dibangun terdiri dari dua sistem kerja yaitu sistem PLTS sebagai suplai energi utama dan sistem PLTS sebagai cadangan (*back up*) dari PLB. Jika sistem PLTS akan berlaku sebagai energi utama maka PLTS akan menyuplai daya ke beban melalui *Solar Charge Controller (SCC)*, sedangkan kelebihan energi akan digunakan untuk mengisi daya ke baterai (*charging*) yang dilakukan pada siang hari atau pada saat intensitas cahaya matahari sedang tinggi. Pada siang hari sel panel surya dapat menghasilkan daya maksimal sebesar 1000Watt/m [10]. Pada sore hari ketika panel surya sudah tidak dapat menyuplai daya ke beban maka penyuplai daya ke beban akan diambil alih oleh baterai sesuai dengan kapasitas daya ada pada baterai. Depth of Discharge (DOD) adalah pengaturan batas maksimum pelepasan energi baterai [11]. *Depth of discharge (DOD)* baterai diatur oleh *SCC* pada angka prosentase 80%, hal tersebut dilakukan untuk membuat lebih lama *life time* dari baterai [12]. Penyuplai daya ke beban akan dialihkan ke jaringan PLN jika panel surya dan baterai mengalami gangguan atau panel surya dan baterai sudah tidak bisa menyuplai daya ke beban karena intensitas cahaya matahari tidak mencukupi atau daya pada baterai sudah melewati *DOD* baterai. Proses atau siklus ini akan berulang kembali sesuai dengan kemampuan PLTS, baterai dan jaringan PLN untuk menyuplai daya ke beban.

Sistem kedua yaitu PLN sebagai sumber energi utama sedangkan PLTS sebagai sumber energi cadangan. PLTS akan berkerja menyuplai daya ke beban jika PLN tidak dapat menyuplai daya ke beban. Pengaturan dua sistem ini dilakukan dengan menggunakan *rotary switch* yang bekerja secara manual yaitu dengan mengarahkan *switch* ke salah satu sumber energi energi yang diinginkan (PLTS atau PLN) sebagai sumber energi utama.

Prinsip kerja dari sistem Hibrid antara PLTS dan PLN menggambarkan sistem kerja *ATS* yang dibangun. Pada gambar 2, modul outputnya adalah relai penghubung daya ke sistem PLTS dan PLN, sedangkan modul untuk memproses dayanya adalah magnetik kontaktor yang merupakan alat penghubung yang bekerja secara elektomagnetik [13]. Di bawah ini terdapat *flowchart* yang menggambarkan kerja dari *ATS* secara keseluruhan sesuai dengan prinsip kerja sistem hibrid, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.

Pada perancangan *ATS*, semua komponen yang digunakan didesain dan dirangkai sesuai dengan prinsip kerja dan *flowchart* yang sudah ditentukan. Pemasangan dan perakitan semua komponen dilakukan secara teliti dan pada tahap akhir akan dilakukan pengujian terhadap *ATS*.

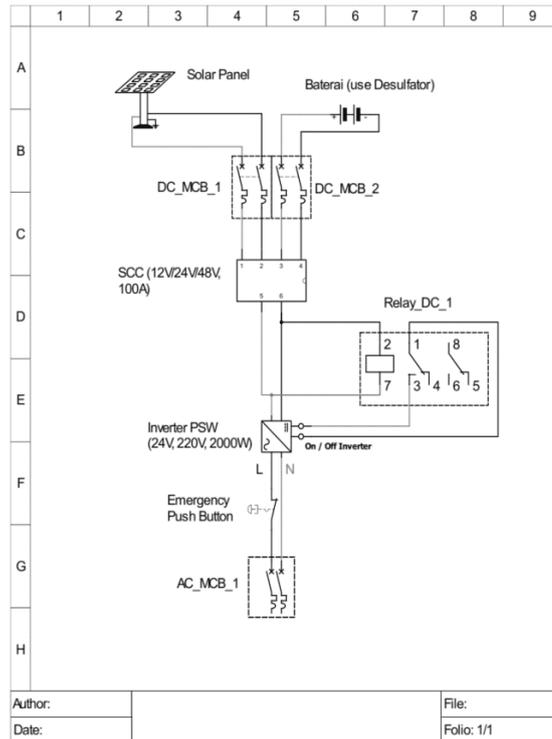


Gambar 3. Diagram Alur ATS (PLTH)

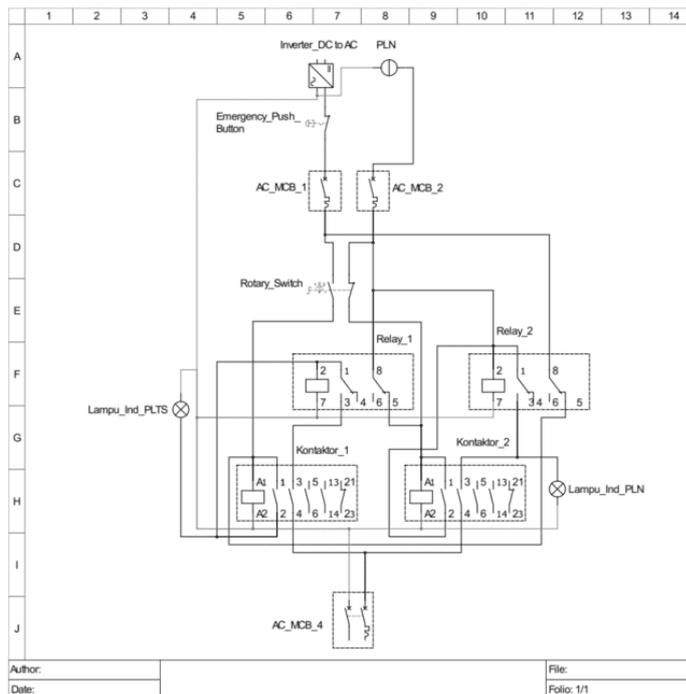
Metode yang digunakan pada [14] yaitu menggunakan pembangkit listrik tenaga hibrid (panel surya dan baterai) sebagai sumber utama sedangkan PLTS dan Genset (generator set) sebagai back up atau cadangan energi listrik jika pembangkit listrik tenaga hibrid mengalami gangguan. Sedangkan pada penelitian ini hanya digunakan dua sumber utama yaitu PLTS dan PLN. Pada dasarnya, sistem hibrid menggunakan 2 atau lebih sumber energi baik sebagai sumber energi utama ataupun sumber energi cadangan [15].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

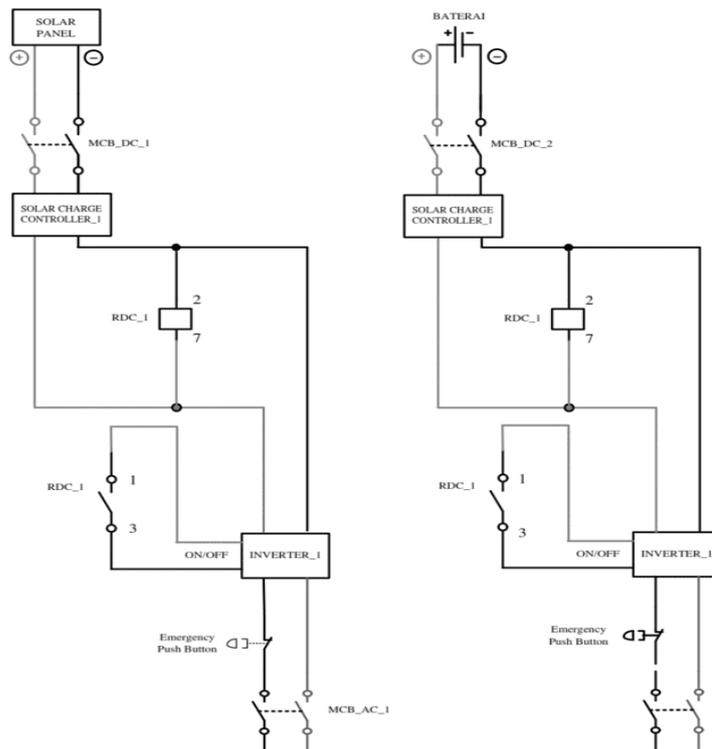
Pada tahapan ini, dilakukan rancangan atau desain dari *Automatic Transfer Switch (ATS)* dengan menggambarkan rangkaian *ATS* sesuai dengan prinsip kerja dan flowchart yang telah dibuat sebelumnya. Di dalam rancangan ini terbagi menjadi dua bagian yaitu rangkaian kontrol (*ATS*) sistem DC dan rangkaian kontrol (*ATS*) sistem AC sehingga diagram kontrolnya terbagi juga menjadi dua bagian yaitu diagram kontrol (*ATS*) sistem DC dan diagram kontrol (*ATS*) sistem AC.



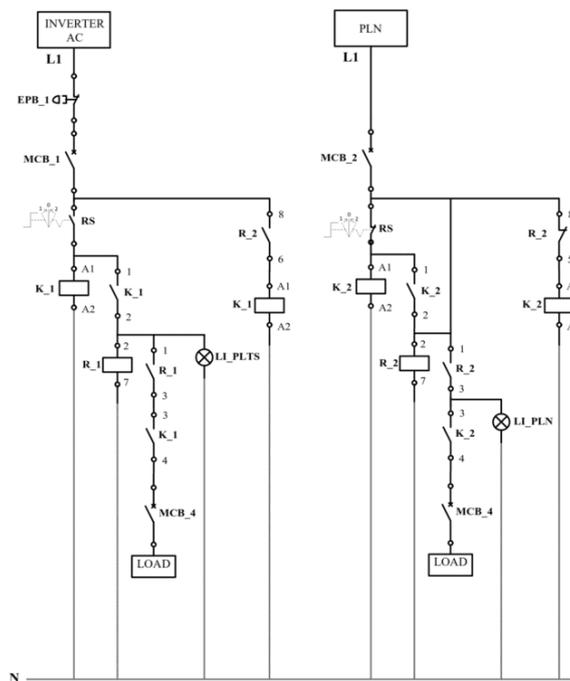
Gambar 4. Rangkaian Kontrol (ATS) Sistem DC PLTH (Panel Surya dan Baterai)



Gambar 5. Rangkaian Kontrol (ATS) Sistem AC PLTH.



Gambar 6. Diagram Kontrol (ATS) Sistem DC PLTH (Panel Surya dan Baterai)



Gambar 7. Diagram Kontrol (ATS) Sistem AC PLTH

Pada tahap perakitan, semua komponen yang diperlukan dirakit sesuai dengan rangkain dan diagram kontrol yang telah dibuat di atas. Komponen-komponen tersebut dihubungkan antara satu komponen dengan komponen yang lain menggunakan penghantar atau kabel. Penghantar yang digunakan di dalam sistem kontrol *ATS* ini berukuran 2,5 mm sedangkan untuk rangkaian *DC* antara panel surya, baterai, *SCC* dan inverter menggunakan kabel berukuran 16 mm sesuai dengan kapasitas yang digunakan. Komponen yang telah dirakit dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Sistem DC PLTH dan *Automatic Transfer Switch*

Selanjutnya adalah tahap pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah *ATS* bekerja sesuai dengan yang rancangan yang telah dibuat dan pada tabel 1. didapatkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan PLTS sebagai sumber utama suplai daya.

Tabel 1. PLTS sebagai Suplai Daya Utama

No.	Suplai Utama PLTS	Suplai PLN	Reset	Switch PLTS	Switch PLN (Back Up)	Waktu (Detik)
1	ON	ON	ON	ON	OFF	5
2	ON	ON	ON	OFF	ON	5
3	OFF	ON	ON	OFF	ON	5
4	ON	OFF	ON	ON	OFF	5
5	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	5
6	OFF	ON	OFF	OFF	ON	5

Sedangkan pengujian yang dilakukan dengan PLN sebagai sumber utama suplai daya didapatkan pada tabel 2.

Tabel 2. PLN sebagai Suplai Daya Utama

No.	Suplai Utama PLN	Suplai PLTS	Reset	Switch PLN	Switch PLTS (Back Up)	Waktu (Detik)
1	ON	ON	ON	ON	OFF	5
2	ON	ON	ON	OFF	ON	5
3	OFF	ON	ON	OFF	ON	5
4	ON	OFF	ON	ON	OFF	5
5	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	5
6	ON	OFF	OFF	ON	OFF	5

Tahap pengujian arus dan tegangan dilakukan bersamaan dengan tahap pengujian keandalan alat baik ketika PLTS ataupun PLN sebagai Suplai Daya Utama. Arus dan tegangan tidak berubah dan stabil ketika terjadi pemindahan daya, walaupun terjadi kedipan tegangan (voltage sags) sesaat.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dapat diambil kesimpulan perihal “Rancang Bangun Sistem Pengaturan Suplai Beban Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Untuk Listrik Rumah Tangga Golongan R-1/TR 2200VA” berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas sebelumnya bahwa pengaturan suplai beban (ATS) merupakan alat yang digunakan untuk melakukan kontrol terhadap suplai beban pada PLTH (PLTS dan PLN) dan dapat digunakan untuk oleh masyarakat yang menggunakan daya 2200 VA atau kurang dari 2200 VA. Tahapan-tahapan dalam penelitian rancang bangun ATS ini berjalan dengan baik dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan. Sistem pengaturan suplai beban dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan diagram alur pada Gambar 3. Identifikasi masalah yang didapatkan dari hasil penelitian yaitu: di dalam pergantian sumber energi listrik antara PLTS dan PLN didapatkan voltage sags dan pengembangan sistem ATS akan menjadikannya lebih akurat jika menggunakan mikrokontroler untuk melakukan kontrol yang lebih baik terhadap tegangan dan arus.

4.2. Saran

Saran yang dapat disampaikan oleh penulis yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan yaitu sebagai berikut: penggunaan mikrokontroler (menggunakan sensor tegangan dan arus) untuk melakukan kontrol terhadap tegangan dan arus sehingga alat menjadi lebih akurat dalam melakukan kontrol, dilakukan penelitian yang lebih mendalam untuk meminimalkan terjadinya voltage sags dan ATS dapat dikembangkan lagi sehingga lebih efisien, efektif dan terjangkau oleh masyarakat luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi PLN (IT PLN) yang telah memberikan dukungan berupa dana penelitian sehingga penelitian yang penulis lakukan dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2017,” dalam Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2017, Jakarta, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Edisi 30, 2018, p. v.
- [2] J. H. Asy’ari dan M. Purnama, “Pemanfaatan Sel Surya Dan Lampu Led Untuk Perumahan,” Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2011 (Semantik 2011) , 2011.
- [3] PT. PLN, STATISTIK PLN 2018, JAKARTA: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2018.
- [4] K. Kananda dan R. Nazir, “Konsep Pengaturan Aliran Daya Untuk Plts Tersambung Ke Sistem Grid Pada Rumah Tinggal,” Jurnal Nasional Teknik Elektro, p. Vol: 2 No.2 , September 2013.
- [5] “RUPTL PT PLN (Persero) 2018 - 2027”.

- [6] M. Naim dan S. Wardoyo, "Rancangan Sistem Kelistrikan PLTS On Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti," *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, pp. Vol. 8, No. 2, Mei 2017.
- [7] R. Rizaldi dan S. Djufri, "Perancangan Ats (Automatic Transfer Switch) Satu Phasa Menggunakan Kontrol Berbasis Relay Dan Time Delay Relay (TDR)," *Journal of Electrical Power Control and Automation*, pp. Volume 1, Nomor 2, Halaman 59-64, Desember 2018.
- [8] W. Winasis dan I. Rosyadi, "Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya - Angin Pantai Baru Bantul," dalam *Prosiding Senminar Nasional "Percepatan Desa Berdikari melalui Pemberdayaan Masyarakat dan Inovasi Teknologi"* , Purwokerto, 20-21 November 2014.
- [9] R. Sianipar, "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *JETri, Jurnal Elektro Trisakti*, pp. Volume 11, Nomor 2, Halaman 61 - 78, Februari 2014.
- [10] H. Asy'ari, A. Rozaq dan F. S. Putra, "Pemanfaatan Solar Cell Dengan Pln Sebagai Sumber Energi Listrik," *Jurnal Emitter* Vol. 14 No. 01.
- [11] M. Roal, "Peningkatan Efisiensi Energi Menggunakan Baterai Dengan Kendali Otomatis Penerangan Ruang Kelas Berbasis PLTS," *Jurnal ELKHA*, pp. Vol.7, No2., Oktober 2015.
- [12] "<http://www.id.solar-led-lights.com/news/what-is-dod-of-battery-18033122.html>," 10 April 2018. [Online]. Available: <http://www.id.solar-led-lights.com/news/what-is-dod-of-battery-18033122.html>.
- [13] E. Susanto, "Automatic Transfer Switch (Suatu Tinjauan)," *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 5 No. 1, Januari - Juni 2013.
- [14] A. A. W. Indrawan, S. Pranoto, A. R. Sultan dan R. Ramadhan, "Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) Pada PLTS dan PLN serta Genset," dalam *Prosiding Seminar Teknik Elektro & Informaika IT_039*, Makasar, 3 November 2016.
- [15] M. Rif'an et. all, "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya," *Jurnal EECCIS*, pp. Vol. 6, No. 1, Juni 2012.