

Pengembangan Sistem Pengaturan Suplai Beban (Ats) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Berbasis Mikrokontroler

Sugeng Purwanto¹; Sofitri Rahayu²; Hasna Satya Dini³

^{1,2,3} Institut Teknologi PLN (ITPLN)

¹ sugeng.purwanto@itpln.ac.id

ABSTRACT

Renewable energy is potential alternative energy to replace the central role of fossil energy which has been going on since the early 20th century. The solar power plant is alternative energy, especially for households and industry, and can be designed as a hybrid power plant consisting of solar panels, batteries, an automatic transfer switch (ATS), and a grid. This research will focus on developing ATS based on a microcontroller. It functions to regulate the load supply automatically from the three sources of electrical energy, like solar panels, batteries, and grid while the microcontroller functions to monitor the transfer of power from the solar power plant to grid and voltage movements in the system so that current and voltage data can be recorded from time to time to improve system reliability, effectiveness, and efficiency of the tool. ATS components consist of MCB, magnetic contactor, timer H3CR, relay, 2000VA inverter, solar charge controller 100A, NodeMCU ESP8266 IoT, and battery 12V 100AH. This research is conducted in one year to produce ATS based on a microcontroller that can automatically regulate the supply of loads from the three sources of electrical energy with a good level of efficiency and stability.

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

ABSTRAK

Energi baru terbarukan merupakan energi alternatif yang potensial untuk menggantikan peran sentral dari energi fosil yang telah berlangsung sejak awal abad ke 20. PLTS merupakan salah satu energi alternatif penyedia energi listrik untuk rumah tangga dan industri serta dapat dirancang sebagai sistem pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) yang terdiri dari panel surya, baterai, sistem pengaturan beban atau ATS (automatic transfer switch) dan jaringan PLN. Penelitian difokuskan pada pengembangan sistem ATS berbasis mikrokontroler. ATS berfungsi untuk mengatur suplai beban secara otomatis dari ketiga sumber energi listrik yaitu panel surya, baterai dan PLN sedangkan mikrokontroler berfungsi memonitor perpindahan daya dari PLTS ke sumber PLN dan pergerakan tegangan pada sistem sehingga dapat dilakukan pencatatan data arus dan tegangan dari waktu ke waktu sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem, efektifitas dan efisiensi alat. Komponen ATS terdiri dari MCB, magnetic contactor, timer H3CR, relay, inverter 2000VA, solar charge controller 100A, NodeMCU ESP8266 IoT, dan baterai 12V 100Ah. Penelitian ini akan dilakukan dalam periode satu tahun menghasilkan ATS berbasis mikrokontroler yang dapat mengatur suplai beban secara otomatis dari ketiga sumber energi listrik dengan tingkat efisiensi dan kestabilan yang baik. Tim penelitian ini terdiri dari 3 orang dan berasal dari program studi teknik elektro, IT PLN.

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

1. PENDAHULUAN

Teknologi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan teknologi tepat guna untuk mengatasi ketersediaan pasokan listrik di masyarakat dan banyak digunakan di dalam kehidupan manusia, seperti pompa air, alat pengering dan penangkap ikan, lampu penerangan jalan, *solar home system* dan lain- lain. Salah satu aplikasi yang sangat penting adalah dalam penyediaan tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga, kantor dan industri rumahan (*home industry*). Penggunaan pembangkit berbasis energi baru terbarukan (EBT) hanya sekitar 15% di Indonesia sedangkan pembangkit listrik berbasis fosil sekitar 84% [1].

PLTS sebagai penyedia energi listrik untuk rumah tangga mudah untuk digunakan walaupun pasokan energinya bergantung kepada perubahan cuaca tetapi PLTS dapat didesain sebagai salah satu sumber sistem pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) yaitu dikombinasikan penggunaannya dengan sumber listrik dari PLN sebagai usaha dalam pengadaan sumber energi listrik rumah tangga dan industri [2]. Pada dasarnya, sistem hibrid menggunakan dua atau lebih sumber energi baik sebagai sumber energi utama ataupun sumber energi cadangan [3].

Komponen yang digunakan PLTS terdiri dari panel surya (*photovoltaic - PV*), baterai, dan sistem pengaturan beban atau *automatic transfer switch (ATS)*. ATS berfungsi untuk memindahkan arus dan tegangan listrik secara otomatis ketika terjadinya pemadaman listrik sehingga penyediaan energi listrik mampu diback-up, dengan tujuan memenuhi kebutuhan listrik secara terus menerus. [4].

PLTH merupakan kombinasi antara PLTS, baterai dan jaringan PLN yang digunakan untuk menyediakan kebutuhan daya untuk beban rumah tangga. Pengaturan pergiliran penyediaan energi dilakukan secara otomatis dari PLTS (*photovoltaic* dan baterai) dan jaringan PLN menggunakan *inverter, solar charge controller, mini circuit breaker, magnetic contactor, time delay relay (TDR)* dan *relay* [5].

PLTH dapat juga mengkombinasikan penyaluran daya dengan menggunakan PLTS yang tersambung ke jaringan PLN dengan mengurangi penggunaan baterai seminimal mungkin. Pada konsep ini, pengaturan suplai daya dilakukan antara PLTS, jaringan PLN dan beban. PLTS dapat mengalirkan daya ke beban di dalam waktu tertentu saja, sedangkan jaringan PLN digunakan sebagai penyimpan dan pemberi pinjaman daya sementara untuk memenuhi permintaan beban sehingga biaya investasi PLTS dapat dikurangi karena mengurangi penggunaan baterai [6].

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengaturan Suplai Beban Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Untuk Listrik Rumah Tangga Golongan R-1/TR 2200 VA”. Secara garis besar penelitian ini akan difokuskan pada pengembangan sistem pengaturan suplai beban yang berbasis mikrokontroler. Sistem pengaturan beban (ATS) berfungsi untuk mengatur suplai beban secara otomatis dari ketiga sumber energi listrik dari PLTH yaitu panel surya, baterai dan jaringan PLN sedangkan mikrokontroler mempunyai fungsi untuk memonitor perpindahan daya dari PLTS ke sumber PLN dengan menggunakan sensor tegangan sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem, efektifitas dan efisiensi alat.

Mikrokontroler banyak digunakan untuk pembuatan perangkat otomatisasi yang difungsikan untuk membaca nilai tegangan, mengontrol *relay*, kontrol *display LCD*, pencatatan data dan mengirimkan data melalui modul LAN. [7].

Selain dengan menambahkan sensor tegangan, maka ATS ini pun akan dikembangkan dengan menambahkan komponen *NodeMCU ESP8266 IoT* untuk melihat pergerakan tegangan pada sistem sehingga dapat dilakukan pencatatan data nilai tegangan dari waktu ke waktu yang terintegrasi dengan sensor serta instrumen.

2. METODE PENELITIAN

Desain dari alat sistem pengatur suplai beban berbasis mikrokontroler ini dilakukan di Laboratorium Distribusi dan Pemanfaatan Tenaga Listrik, Institut Teknologi PLN. Perancangan ini akan difokuskan pada rangkaian alat sistem pengatur suplai beban berbasis mikrokontroler (NodeMCU ESP8266 IoT) dan identifikasi komponen-komponen utamanya. Identifikasi komponen-komponen meliputi spesifikasi bentuk dan material komponen, nilai tegangan dan arus baik input maupun output serta toleransi, fungsi dan jenisnya. Semua komponen yang diidentifikasi harus memenuhi nilai dan standar yang dibutuhkan untuk pengaturan suplai daya ke beban secara otomatis, terutama untuk listrik rumah tangga.

Setelah proses identifikasi komponen maka dilanjutkan dengan proses perakitan yaitu menyusun dan menyatukan berbagai komponen yang telah ditentukan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat pada awal penelitian. Persiapan perakitan alat sistem pengatur suplai beban akan dilakukan di Laboratorium Distribusi dan Pemanfaatan Tenaga Listrik, Institut Teknologi PLN.

Proses selanjutnya adalah melakukan pengujian pada alat sistem pengatur suplai beban yang sudah dilakukan perakitan, meliputi pengujian tegangan dan arus, baik tegangan input maupun tegangan output. Pengujian pada alat dapat mengetahui kemampuan alat dan dapat menimbulkan motivasi dalam melakukan perencanaan atau desain yang baik melalui sistem pengujian yang teliti dan akurat [8]. Pengujian kestabilan tegangan dilakukan dengan menggunakan sumber energi listrik sebesar 220VAC baik dari inverter (PLTS) dan baterai maupun dari jaringan PLN, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui efektivitas dan efisiensi dalam pengaturan beban. Pengujian semua komponen juga dilakukan untuk mengetahui keandalan dari setiap komponen-komponen yang ada. Sistem ATS juga akan dilakukan pengujian untuk melihat keberhasilan desain dan perencanaan yang telah dibuat. Jika di dalam pengujian tersebut terdapat kesalahan atau kerusakan pada komponen atau mendapatkan hasil yang tidak sesuai dengan yang diharapkan maka dilakukan perbaikan sampai mendapatkan hasil yang diinginkan.

Adapun komponen-komponen utama yang dipergunakan di dalam penelitian ini adalah sebuah PLTS (baterai) dan *automatic transfer switch* (ATS) yang terdiri dari baterai *VRLA luminous* 12V 100A, *solar charge controller* (SCC) 100A 12V/24V/48V, *Inverter Pure Sine Wave* SINUS 2000W 24V, *mini circuit breaker* AC 10 A dan 6 A, *mini circuit breaker* DC 40A dan 63A, *magnetic kontaktor* 20 A, *relay* 220V AC, *relay* 24V DC, *NodeMCU ESP8266 IoT*, *low voltage disconnect* (LVD), *time delay relay* (TDR) *omron H3CR* dan *box panel outdoor* serta peralatan pendukung lainnya, seperti *DC power supply regulator*, *Ohmmeter*, *Voltmeter*, dan *Ammeter*.

Secara garis besar prinsip kerja dari sistem pengaturan suplai beban (ATS) berbasis mikrokontroler yang dirancang pada penelitian ini mempunyai dua prinsip kerja yaitu PLTS sebagai sumber listrik utama sedangkan jaringan PLN sebagai back up dan jaringan PLN sebagai sumber listrik utama sedangkan PLTS sebagai back up.

Pada sistem PLTS yang berlaku sebagai suplai energi utama, PLTS menyuplai daya ke beban dan kelebihan daya digunakan untuk mengisi baterai (*charging*) yang dilakukan pada siang hari atau pada saat intensitas cahaya matahari sedang tinggi. Pada sore hari, ketika panel surya sudah tidak bisa lagi mensuplai daya ke beban maka penyuplai daya ke beban akan diambil alih oleh baterai sesuai dengan kapasitas daya yang ada pada baterai. Depth of Discharge (DOD) adalah pengaturan batas maksimum pelepasan energi baterai [9]. *Depth of discharge* (DOD) baterai diatur oleh SCC pada angka prosentase 80%, hal tersebut dilakukan untuk membuat lebih lama *life time* dari baterai [10].

Inverter digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) yang berasal dari baterai menjadi arus bolak balik (AC) untuk mensuplai daya ke beban. Tegangan *output* dari *inverter* akan

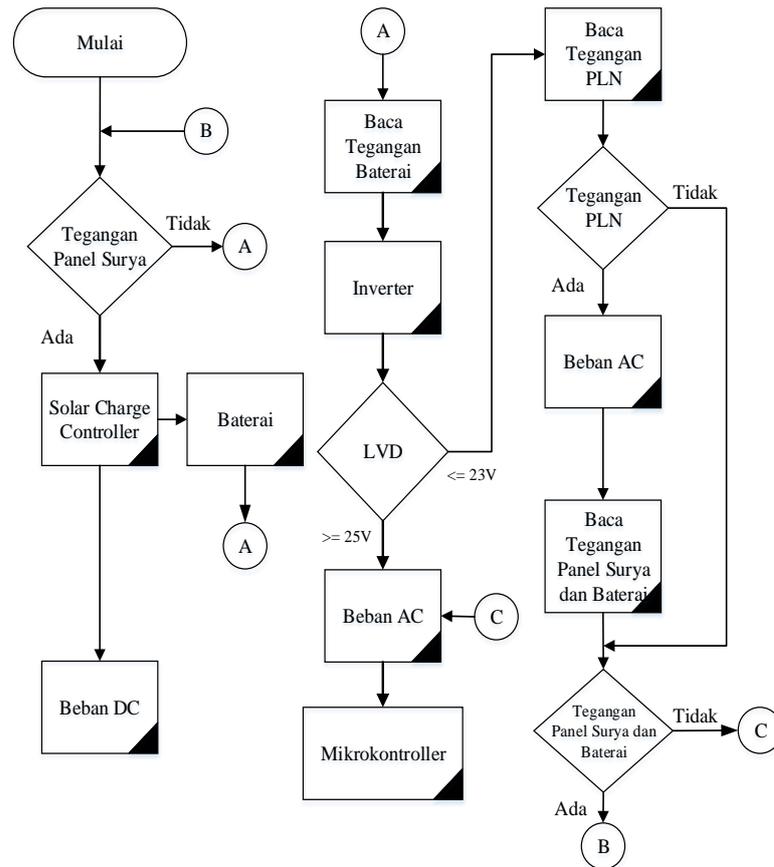
diidentifikasi oleh sensor pada nilai tertentu sehingga ketika nilai tegangan tersebut telah melewati batas nilai tegangan *setting* maka relay akan *off* dan memutus suplai daya dari PLTS ke beban. Jaringan PLN akan menyuplai daya ke ketika PLTS mengalami gangguan atau sudah tidak bisa menyediakan daya ke beban karena intensitas cahaya matahari tidak mencukupi atau daya pada baterai sudah melewati DOD baterai. Mikrokontroler akan memonitor perpindahan daya dari PLTS ke sumber PLN dengan menggunakan sensor tegangan dan berbasis Internet of Things (IoT) dan menggunakan modul NodeMCU ESP8266 sebagai alat monitoring sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem, efektifitas dan efisiensi alat [11]. Proses atau siklus ini akan berulang kembali sesuai dengan kemampuan PLTS, baterai dan jaringan PLN untuk menyuplai daya ke beban. Dan prinsip kerja ini hampir sama pada jaringan PLN sebagai sumber listrik utama sedangkan PLTS sebagai back up.

Untuk melindungi baterai dari kerusakan akibat *overdischarge* maka digunakan low voltage disconnect (LVD) yang akan memutus beban dari baterai secara otomatis pada saat tegangan baterai sudah turun mencapai batas *setting* tegangan rendah (low voltage disconnect), dan kemudian akan menyambungkan kembali beban secara otomatis jika baterai sudah terisi kembali dan tegangannya sudah mencapai batas *setting* tegangan *reconnect* [12]. *Setting* tegangan LVD sebesar 23,5VDC untuk batas tegangan bawah dan 24,5VDC untuk batas tegangan atas maka tegangan akan putus secara otomatis ketika tegangan telah mencapai batas tegangan bawah dan akan menyambungkan kembali tegangan ke beban secara otomatis ketika tegangan tersebut telah mencapai batas tegangan atas. Pemutusan dan penyambungan tegangan secara otomatis dilakukan dengan menggunakan relay 24 VDC.

Untuk menghindari arus dan tegangan yang datang secara tiba-tiba ketika saklar terbuka maka digunakan time delay relay (TDR) sebagai penunda batas waktu mengalirnya daya. TDR sering disebut juga relay timer atau relay penunda batas waktu dan banyak digunakan dalam instalasi listrik, terutama instalasi listrik yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis [13]. TDR berfungsi sebagai saklar dimana kontak akan bekerja dipengaruhi oleh waktu yang ditentukan apabila kumparan diberi tegangan yang sesuai [14].

Prinsip kerja dari sistem Hibrid antara PLTS dan PLN menggambarkan sistem kerja *ATS* yang dibangun. Modul *outputnya* adalah *relay* penghubung daya ke sistem PLTS dan jaringan PLN, sedangkan modul untuk memproses dayanya adalah magnetik kontaktor yang merupakan alat penghubung yang bekerja secara elektromagnetik [13]. *Flowchart* yang menggambarkan kerja dari *ATS* secara keseluruhan sesuai dengan prinsip kerja sistem hibrid, ditunjukkan pada gambar 1.

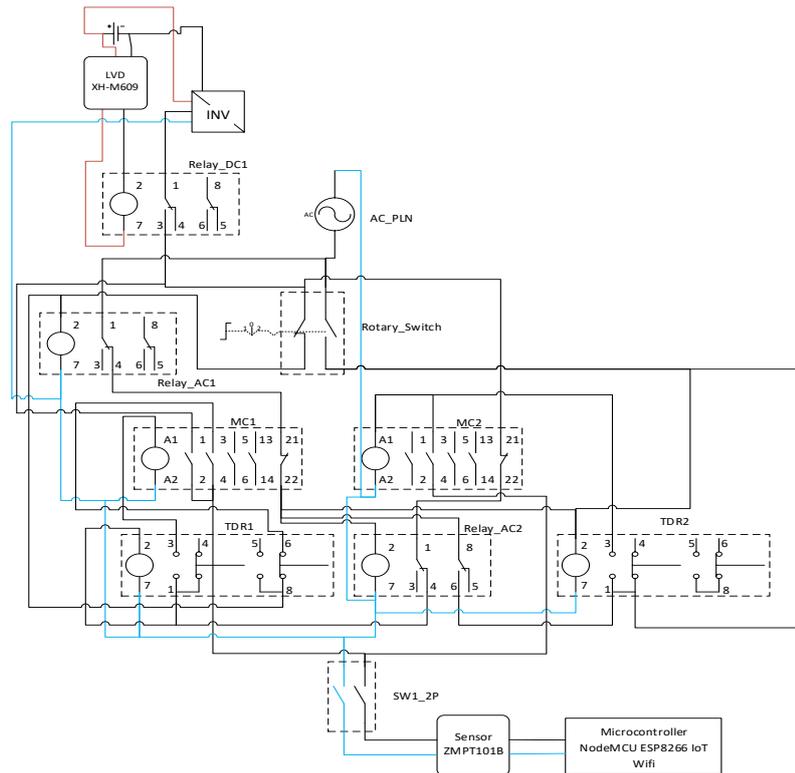
Pada perancangan *ATS*, semua komponen yang digunakan didesain dan dirangkai sesuai dengan prinsip kerja dan *flowchart* yang sudah ditentukan. Pemasangan dan perakitan semua komponen dilakukan secara teliti dan pada tahap akhir akan dilakukan pengujian terhadap *ATS*. Tegangan *output* dari *inverter* dan jaringan PLN akan diidentifikasi sensor maka tegangan dan tersebut akan disimpan dan diolah untuk mengetahui pergerakan tegangan di dalam *ATS*. Proses atau siklus ini akan berulang kembali sesuai dengan kemampuan PLTS, baterai dan jaringan PLN untuk menyuplai daya ke beban.



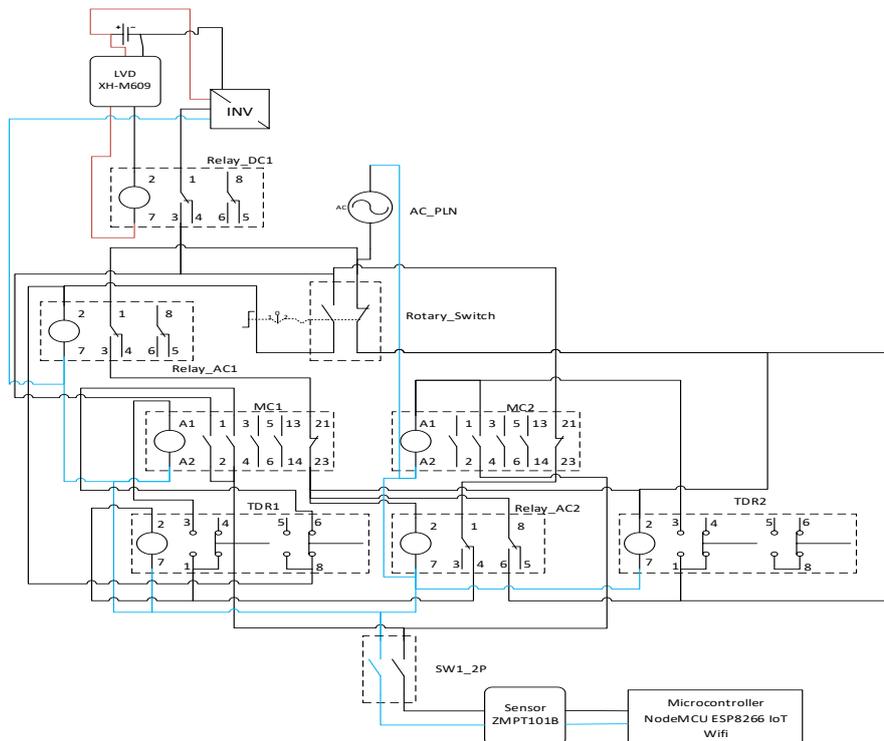
Gambar 1. Diagram Alur ATS (PLTH) dan PLTS sebagai sumber listrik utama

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

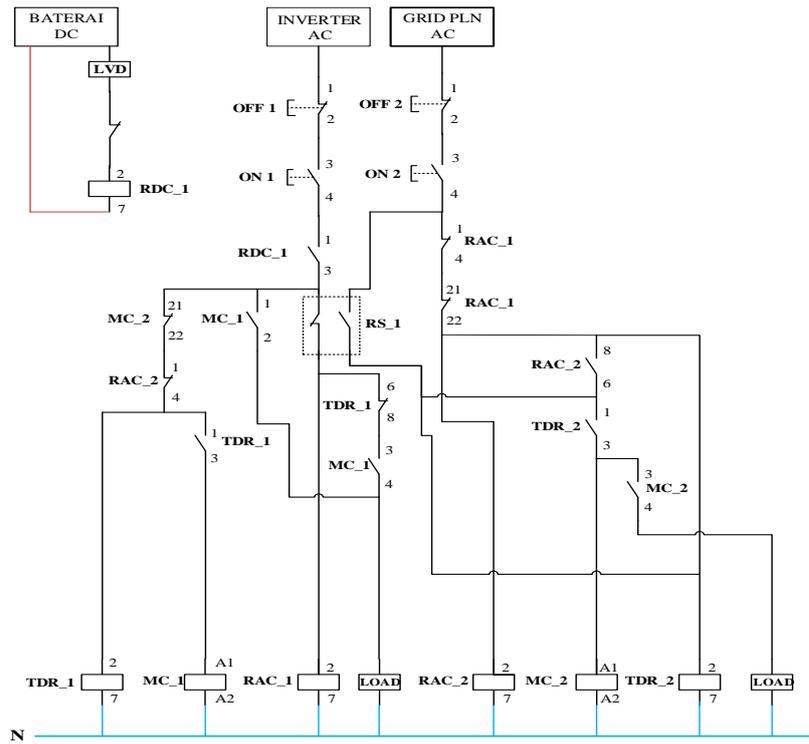
Untuk merancang sebuah *Automatic Transfer System (ATS) Berbasiskan Mikrokontroler*, langkah pertama adalah membuat diagram alur dari ATS dan kemudian dibuat circuit diagram dan diagram dayanya.



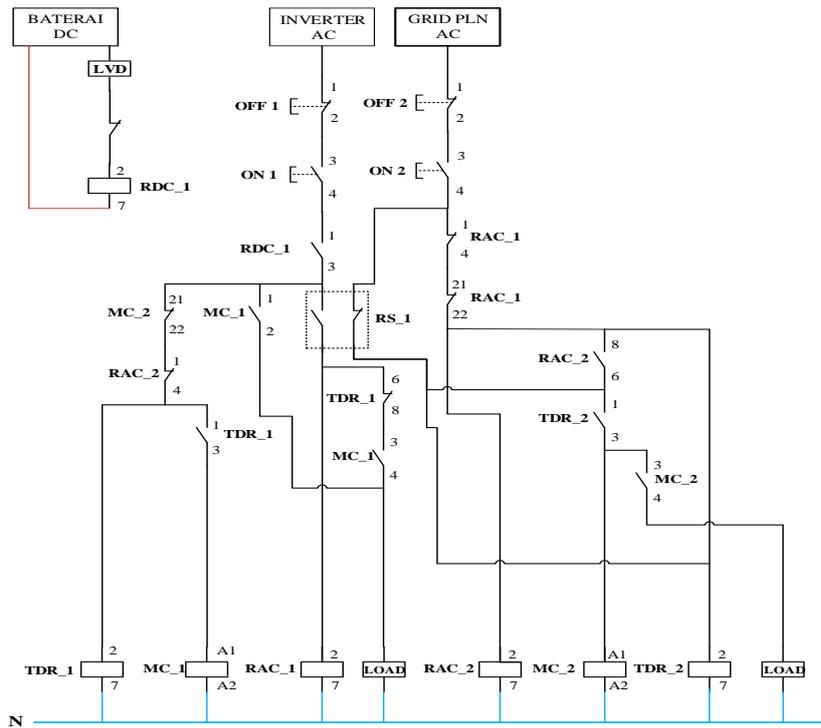
Gambar 2. Circuit Diagram Daya AC PLTS sebagai sumber listrik utama dan jaringan PLN sebagai back up



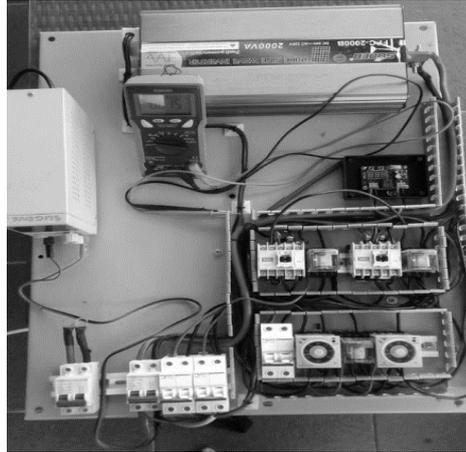
Gambar 3. Circuit Diagram Daya AC jaringan PLN sebagai sumber listrik utama dan PLTS sebagai back up



Gambar 4. Diagram Kontrol Daya AC PLTS sebagai sumber listrik utama dan jaringan PLN sebagai back up



Gambar 5. Diagram Kontrol Daya AC Jaringan PLN sebagai sumber listrik utama dan PLTS sebagai back up



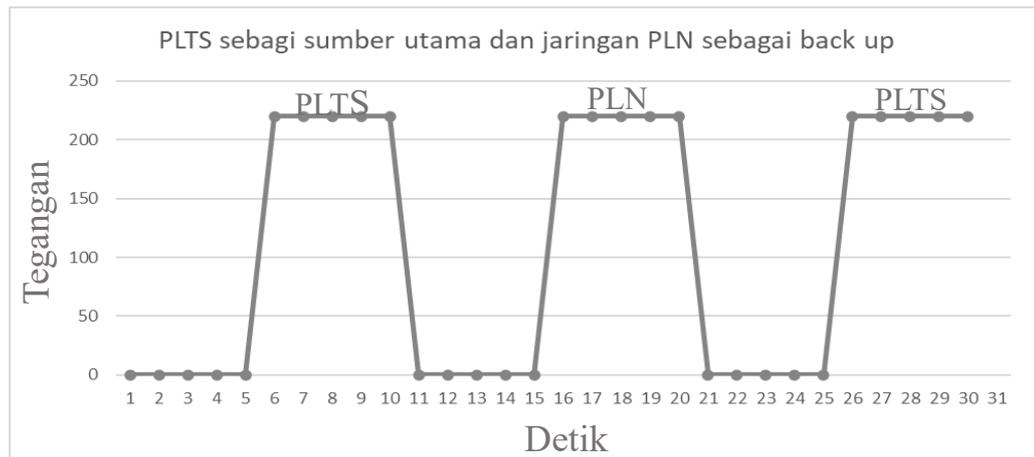
Gambar 6. *Automatic Transfer Switch*

Pada tahap perakitan, semua komponen yang diperlukan dirakit sesuai dengan diagram alur, circuit diagram daya dan diagram kontrol daya yang telah di desain. Selanjutnya komponen-komponen tersebut dihubungkan antara satu komponen dengan komponen yang lain menggunakan penghantar atau kabel. Penghantar yang digunakan mempunyai beberapa ukuran antara lain berukuran 1,5mm, 2,5mm dan 16mm untuk rangkaian *DC* antara panel surya, baterai, *SCC* dan inverter sesuai dengan kapasitas yang digunakan. Komponen yang telah dirakit, dapat dilihat pada Gambar 6.

Selanjutnya adalah tahap pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah *ATS* bekerja sesuai dengan yang rancangan yang telah dibuat. Didapatkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan *PLTS* sebagai sumber utama suplai daya. Pada pengujian ini dilakukan simulasi yaitu:

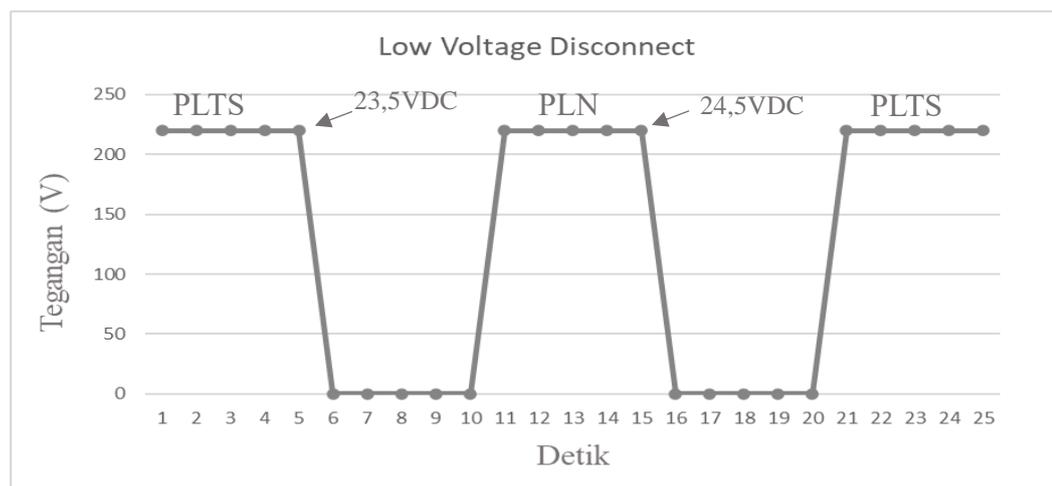
1. Melakukan on dan off pada *MCB* untuk pengaturan keluar masuknya daya listrik dengan durasi waktu 5 detik pada setiap pengaturan.
2. Mengatur (*setting*) pada *relay TDR_1* dan *relay TDR_2* dengan waktu 5 detik, baik untuk tegangan sumber *PLTS* dan jaringan *PLN*.
3. Mengatur (*setting*) keluar masuknya tegangan pada *LVD* dengan batas *setting* tegangan bawah sebesar 23,5VDC dan batas *setting* tegangan atas sebesar 24,5VDC. Pengaturan pembatasan tegangan dilakukan dengan menggunakan alat *dc power supply regulator*.

Pada tahap selanjutnya semua data pengujian dan simulasi akan disimpan ke dalam sistem mikrokontroler (*NodeMCU ESP8266 IoT*). Mikrokontroler mempunyai ruang alamat tersendiri yang disebut memori yang terdiri atas memori program dan memori data dimana keduanya terpisah, sehingga dapat langsung disimpan dan dimanipulasi oleh mikrokontroler dan bersifat hanya dapat dibaca (*ROM/EPROM*), sedangkan untuk data memori kita dapat menggunakan memori eksternal (*RAM*) [15]. Data-data yang sudah tersimpan akan diolah untuk melihat pergerakan tegangan di dalam alat *ATS* tersebut, dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Grafik PLTS sebagai sumber utama dan jaringan PLN sebagai *back up*

Simulasi pada *ATS* dilakukan dengan menyalakan kedua MCB (Inverter (PLTS) dan PLN) tetapi suplai daya akan tertunda selama 5 (lima) detik. Pada gambar 7 di atas dapat dilihat pergerakan daya, PLTS yang pertama akan menyuplai daya karena merupakan sumber listrik utama sedangkan jaringan PLN tidak menyuplai daya karena berfungsi sebagai *back up* atau cadangan dan *relay* RAC_1 akan bekerja dan memutuskan suplai daya jaringan PLN. Pada detik ke 10, MCB PLTS di-off-kan sehingga jaringan PLN akan menyuplai daya ke beban, *relay* RAC_1 akan berhenti bekerja dan menyambungkan suplai daya jaringan PLN, tetapi *relay* TDR_2 akan menunda suplai daya selama 5 (lima) detik sehingga pada detik ke 15 jaringan PLN akan menyuplai daya ke beban. Pada detik ke 20, MCB PLTS di-on-kan dan *relay* RAC_1 akan kembali bekerja sehingga jaringan PLN akan berhenti menyuplai daya ke beban dan *relay* TDR_1 akan menunda suplai daya ke beban selama 5 (lima) detik sehingga pada detik ke 25, PLTS akan menyuplai daya ke beban. Dan begitu juga sebaliknya ketika jaringan PLN sebagai sumber utama. Komponen-komponen pada sistem *ATS* ini berkerja secara otomatis dalam menyalurkan daya ke beban sesuai dengan kondisi dan kebutuhan daya.



Gambar 8. Grafik Kerja *Low Voltage Disconnect* (LVD)

Pada gambar 8 dapat dilihat kerja dari LVD, pada saat PLTS menyuplai daya ke beban, tegangan baterai turun menjadi 23,5VDC atau turun 80% dari kapasitas baterai sehingga LVD bekerja untuk memutuskan daya ke beban menggunakan *relay* RDC_1 (*relay* RDC_1 akan berhenti

bekerja dan memutus suplai daya PLTS). Pada saat itu jaringan PLN akan menyuplai daya ke beban, tetapi *relay* TDR_2 akan menunda suplai daya selama 5 (lima) detik sehingga pada detik ke 10 jaringan PLN akan menyuplai daya ke beban. Pada detik ke 15 tegangan baterai naik menjadi 24,5VDC atau kapasitas baterai sudah terisi sebesar 80% sehingga LVD bekerja untuk menyambungkan daya dari PLTS ke beban menggunakan *relay* RDC_1 (*relay* RDC_1 akan bekerja dan menyambungkan kembali suplai daya PLTS) dan *relay* RAC_1 akan berkerja untuk memutus suplai daya jaringan PLN, tetapi *relay* TDR_1 akan menunda suplai daya selama 5 (lima) detik sehingga pada detik ke 20 jaringan PLTS akan kembali menyuplai daya ke beban.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berikut dapat diambil kesimpulan mengenai penelitian dengan judul “Pengembangan Sistem Pengaturan Suplai Beban (ATS) Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Berbasis Mikrokontroler”, berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas sebelumnya yaitu ATS dapat bekerja dengan baik dalam melakukan kontrol terhadap suplai beban secara otomatis pada PLTH yaitu antara PLTS dan jaringan PLN sebagai sumber energi listrik. Perpindahan suplai daya ke beban juga dapat diatur secara otomatis sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan dan tahapan-tahapan dalam penelitian ini berjalan dengan baik dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan. Mikrokontroler melakukan fungsinya dengan baik dengan memonitor dan menyimpan data perpindahan daya dan data-data tersebut dapat menggambarkan pergerakan daya ke beban secara baik dan *real time*. Penggunaan LVD terbukti dapat melindungi baterai dari kerusakan dan membuat lebih lama *life time* dari baterai yaitu membatasi penggunaan energi baterai pada 80% dari kapasitas baterai.

4.2. Saran

Saran yang dapat disampaikan oleh penulis yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan yaitu penggunaan mikrokontroler dapat diperluas lagi yaitu dapat mendeteksi pergerakan beban dengan menambahkan alat *load balancing regulator* untuk melakukan kontrol beban dalam ATS sehingga keandalan sistem, efektifitas dan efisiensi alat akan lebih ditingkatkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

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] K. ESDM, "Statistik Ketenagalistrikan 2019," Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2019.
- [2] Syahid, Mughni; Efend, Moh. Zaenal; Prasetyono, Eka, "Rancang Bangun Dual Input Single Output Buck Converter dengan Sumber Daya dari panel Surya dan PLN untuk Aplikasi Charger Baterai pada Penerangan Rumah DC," Jurnal Elektro Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2016.
- [3] M. Rif'an et. all, "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya," Jurnal EECCIS, Juni 2012 Vol. 6, No. 1.
- [4] N. H. Susanto and J. Sutopo, "Sistem automatic transfer switch berbasis arduino," 2012.
- [5] A. A. W. Indrawan, S. Pranoto, A. R. Sultan and R. Ramadhan, "Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) System Hybrid," in Prosiding Seminar Teknik Elektro & Informaika IT_039, Makasar, 3 November 2016.
- [6] K. Kananda and R. Nazir, "Konsep Pengaturan Aliran Daya Untuk PLTS Tersambung ke Sitem Grid Pad Rumah Tinggal," Jurnal Nasional Teknik Elektro, ISSN: 2302-2949, September 2013.
- [7] R. Pakpahan, D. N. Ramadan and S. Hadiyoso, "Rancang bangun dan implementasi automatic transfer switch (ats) menggunakan arduino uno dan relai," Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan, 2016.
- [8] G. W. Setiawan, "Pengujian perangkat lunak menggunakan metode black box atudi kasus exelsa Universitas Sanata Dharma," Universitas Sanat Dharma, Yogyakarta, 2011.
- [9] M. Roal, "Peningkatan Efisiensi Energi Menggunakan Baterai Dengan Kendali Otomatis Penerangan Ruang Kelas Berbasis PLTS," Jurnal ELKHA, pp. Vol.7, No2., Oktober 2015.
- [10] Irawan, "Pengaruh variasi depth of discharge," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, Juli 2016.
- [11] A. Satriadi, W. and Y. Christiyono, "Perancangan home automation berbasis Nodemcu," TRANSIENT, Vols. 8, no.1, no. e-ISSN:2685-0206, Maret 2019.
- [12] D. Hastanto, "Kajian sistem DLVD pada catu daya BTS dalam perangkat telekomunikasi," Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, Desember 2007.
- [13] E. Susanto, "Automatic Transfer Switch (Suatu Tujuan)," Jurnal Teknik Elektro Vol. 5 No. 1, Juni 2013.
- [14] I. G. S. Sudaryana, "Pemanfaatan relai tunda waktu dan kontaktor pada panel hubung bagi (phb) untuk praktek penghasutan starting motor star delta," JPTK, UNDIKSHA, Vol. 12, No. 2, ISSN 0216-3241, pp. 131-142, Juli 2015.
- [15] A. N. N. Chamim, "Penggunaan microcontroller sebagai pendeteksi posisi dengan menggunakan sinyal gsm," Jurnal Informatika, Vol.4, no.1, pp. 430-439, 2010.