



Implementasi Sistem Proteksi Dan Automatic Transfer Switch (ATS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Denada Ramschie*¹, Lovenia Wenas², Ronny Katuuk³, Ali Ramschie⁴

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

e-mail: *ramschiedenada@gmail.com, lovewenas@gmail.com, katuukronny@gmail.com,
ali.a.s.ramschie@gmail.com

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah menjadi salah satu solusi dalam memenuhi kebutuhan energi bersih dan berkelanjutan. Namun, seperti halnya sistem kelistrikan lainnya, PLTS juga rentan terhadap gangguan dan permasalahan yang dapat mengganggu kinerja dan keandalannya. Penerapan sistem proteksi dan Automatic Transfer Switch (ATS) menjadi penting untuk memastikan operasi yang aman terhadap sistem PLTS.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dampak terhadap pengimplementasian sistem proteksi dan ATS pada sistem PLTS. Sistem proteksi yang digunakan mencakup proteksi Baterai, proteksi tegangan lebih dan tegangan kurang serta pembatasan arus beban, guna melindungi peralatan listrik yang terhubung dengan sistem PLTS. ATS difungsikan sebagai media permindahan ke sumber listrik PLN jika terdeteksi ketersediaan daya listrik pada sistem PLTS tidak mencukupi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem proteksi yang diimplementasikan pada Baterai dapat memproteksi kinerja Baterai dalam mensuplai kelistrikan ke beban listrik, dimana saat terindikasi tegangan Baterai telah turun ke batas minimum yang diatur (10.7 Volt), maka secara otomatis sistem proteksi akan memutuskan suplai kelistrikan dari Baterai dan akan dipindahkan ke suplai kelistrikan dari PLN melalui ATS. Jika tegangan Baterai terdeteksi telah naik sampai pada nilai 12.5 Volt melalui proses pengisian dari panel surya, maka secara otomatis ATS akan mengarahkan suplai kelistrikan ke sistem PLTS. Sistem proteksi juga akan melindungi peralatan listrik terhadap tegangan output output berlebih, diatas 240 Volt dan tegangan kurang dibawah 190 Volt. Dimana jika hal ini terjadi, maka secara otomatis suplai kelistrikan ke beban akan diputus.

Kata kunci - PLTS, Sistem Proteksi, ATS, Keandalan Sistem, Gangguan Listrik.

Abstract

Solar Power Plant (SPP) has become one of the solutions to meet clean and sustainable energy needs. However, similar to other electrical systems, SPP is also vulnerable to disturbances and issues that can disrupt its performance and reliability. The implementation of protection systems and Automatic Transfer Switch (ATS) is crucial to ensure the safe operation of the SPP system.

The objective of this research is to evaluate the impact of implementing protection systems and ATS on the SPP system. The protection systems used include battery protection, overVoltage and underVoltage protection, as well as load current limitation, to safeguard the electrical equipment connected to the PLTS system. The ATS is utilized as a means to transfer the power source to the utility grid (PLN) when the power availability in the PLTS system is insufficient.

The test results indicate that the implemented battery protection system can safeguard the performance of the battery in supplying electricity to the load. When the battery Voltage drops below the set minimum threshold (10.7 Volts), the protection system automatically disconnects the power supply from the battery and switches it to the power supply from the utility grid through the ATS. Once the battery Voltage reaches the threshold of 12.5 Volts through the solar panel charging process, the ATS automatically redirects the power supply to the PLTS system. The protection system also protects the electrical equipment from excessive output Voltage above 240 Volts and underVoltage below 190 Volts. In such cases, the power supply to the load is automatically disconnected.

Keywords - PLTS, Protection System, ATS, System Reliability, Electrical Disturbances.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan sebuah teknologi pembangkit listrik yang mengkonversi energi matahari menjadi tenaga listrik melalui penggunaan sel surya. Teknologi ini menawarkan potensi besar dalam menyediakan sumber listrik terutama di daerah yang terisolasi atau sulit dijangkau oleh jaringan listrik PLN. Di samping itu, sistem PLTS juga merupakan opsi yang berkelanjutan dalam menyediakan tenaga listrik, karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti karbondioksida [1]. Dalam menunjang suatu sistem PLTS, maka dibutuhkan komponen-komponen penunjang yang meliputi: *Maximum Power Point Tracking* (MPPT), yang merupakan sebuah alat yang dirancang untuk memaksimalkan kinerja sistem fotoVoltaik dengan mencari titik operasi yang paling efisien dalam hal arus dan tegangan. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan produksi daya maksimum dari panel surya dan sebagai media pengisian daya listrik ke Baterai [2], Baterai, dimana baterai memiliki peran penting dalam menyediakan sumber energi yang dapat digunakan saat kondisi cahaya matahari tidak mencukupi untuk menghasilkan daya listrik secara langsung dari panel surya. Ketika panel surya menghasilkan lebih banyak energi daripada yang diperlukan oleh sistem atau saat cahaya matahari cukup terang, baterai akan mengisi dan menyimpan kelebihan energi tersebut. Kemudian, saat kondisi cahaya matahari berkurang atau malam hari, baterai akan memasok energi yang disimpannya untuk menjaga kelancaran pasokan listrik [3], Inverter yang berfungsi sebagai penghubung antara panel surya yang menghasilkan arus searah dengan peralatan rumah tangga atau jaringan listrik yang membutuhkan arus bolak-balik. Dalam sistem PLTS, panel surya akan menghasilkan listrik searah yang diteruskan ke inverter. Inverter kemudian akan melakukan konversi arus searah menjadi arus bolak-balik dengan frekuensi dan tegangan yang sesuai dengan persyaratan peralatan atau jaringan listrik yang terhubung [4].

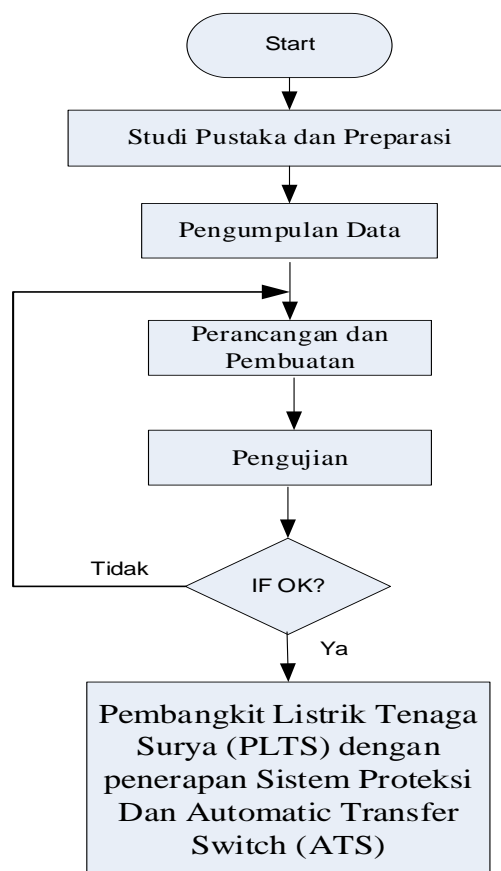
Guna mengamankan sistem PLTS, terlebih khusus untuk proteksi Baterai, maka dibutuhkan suatu alat yang dapat memproteksi kondisi baterai, dalam hal ini adalah tegangan baterai. Alat yang digunakan untuk hal ini adalah *Low Voltage Disconnect* (LVD), dimana LVD digunakan untuk melindungi baterai dari pengosongan berlebihan atau tegangan yang terlalu rendah. LVD bekerja dengan mendeteksi tegangan baterai yang turun di bawah ambang batas yang ditentukan, dan secara otomatis memutuskan aliran daya dari baterai ke beban untuk mencegah terjadinya pengosongan berlebih [5]. Selain proteksi Baterai, proteksi terhadap peralatan listrik juga perlu diperhitungkan, dimana proteksi yang digunakan sehubungan dengan proteksi tegangan output berlebih dan tegangan output kurang. Untuk mengatasi hal tersebut, maka ditambahkan sebuah alat berupa MCB Digital, yang merupakan perangkat proteksi tegangan yang digunakan untuk mendeteksi fluktuasi tegangan atau lonjakan tegangan sementara yang dapat membahayakan peralatan atau sistem yang sensitif. Perangkat ini memberikan perlindungan dengan memantau tingkat tegangan dan merespons dengan tepat untuk memastikan bahwa tegangan tetap dalam batas operasi yang aman [6].

Untuk keberlangsungan ketersediaan suplai kelistrikan, saat terdeteksi bahwa output dari sistem PLTS telah terputus, dan selanjutnya beban listrik akan disuplai melalui PLN, maka perlu ditambahkan sebuah alat yang dapat memindahkan jalur suplai listrik ke beban secara otomatis. Alat yang dapat berfungsi untuk hal perpindahan dari suplai kelistrikan PLTS ke PLN maupun sebaliknya adalah *Automatic Transfer Switch* (ATS) [7].

Adapun penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yang terkait dengan penelitian ini adalah: penelitian yang membahas tentang desain dan implementasi Automatic Transfer Switch (ATS) untuk sistem PLTS yang terhubung ke jaringan listrik, dimana penelitian ini mengkaji kemampuan ATS dalam melakukan peralihan otomatis antara sumber daya utama (PLTS) dan sumber daya cadangan (grid) ketika terjadi gangguan atau kegagalan pada PLTS [8]. Penelitian lainnya sehubungan dengan menganalisis berbagai metode koordinasi relay yang digunakan untuk mendeteksi dan mengisolasi gangguan pada PLTS, seperti gangguan arus pendek, gangguan tanah, dan gangguan hubung singkat [9]. Penelitian tentang peningkatan keandalan sistem PLTS yang terhubung ke jaringan listrik menggunakan ATS [11]. Adapun penelitian sehubungan dengan mengkaji kemampuan ATS dalam mengelola peralihan antara sumber daya PLTS dan sumber daya cadangan secara otomatis [12].

2. METODE PENELITIAN

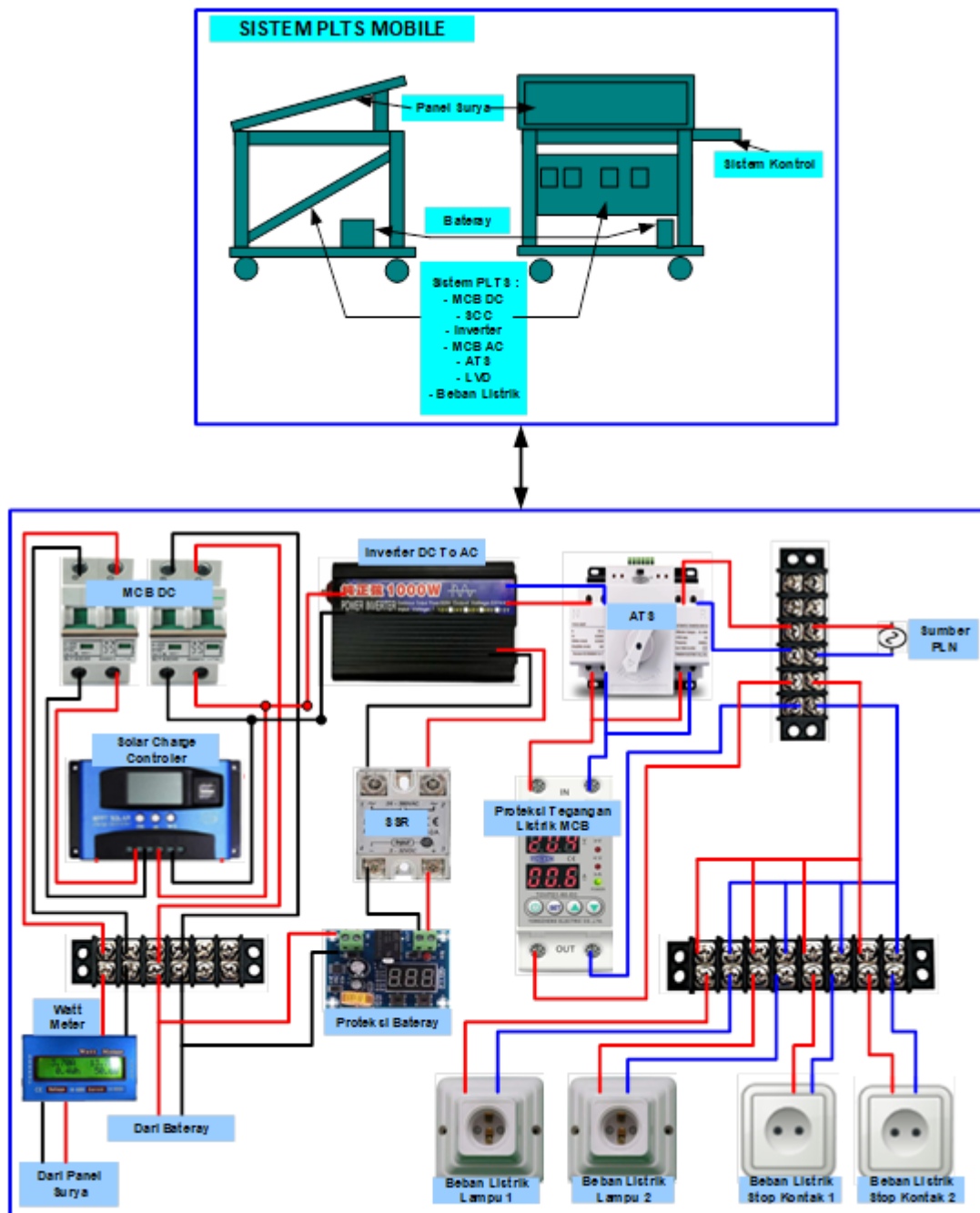
Dalam menghasilkan suatu sistem proteksi untuk sistem PLTS, maka metode penelitian yang digunakan adalah metode prototyping. Adapun tahapan-tahapannya meliputi: studi literatur, studi lapangan dan pengumpulan data. Tahapan selanjutnya adalah perancangan sistem PLTS yang menerapkan sistem proteksi, guna memproteksi sistem PLTS. Selanjutnya adalah tahapan pembuatan, dimana pada tahapan ini dilakukan pembuatan sistem PLTS yang dilengkapi dengan sistem proteksi dan ATS, guna mengoptimalkan kinerja sistem PLTS. Setelah sistem PLTS selesai dibuat, maka dilakukan pengujian terhadap keandalan sistem dalam hal memproteksi daya baterai agar tidak terkuras habis, memproteksi beban listrik agar tidak terjadi kerusakan, melalui pembatasan tegangan lebih dan pembatasan tegangan kurang serta penerapan ATS agar ketersediaan sistem kelistrikan tetap terpenuhi. Gambar 2.1 memperlihatkan diagram alir dari penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 2.1. Flowchart Metode Penelitian

2.1 Perancangan Sistem PLTS

Dalam menghasilkan suatu sistem PLTS, maka tahapan awal yang dilakukan adalah melakukan proses perancangan terhadap sistem PLTS yang akan dihasilkan. Adapun sistem PLTS yang akan dihasilkan dilengkapi dengan sistem proteksi baterai sehubungan dengan *disconnect* baterai saat terindikasi tegangannya telah turun, sampai pada batas minimum yang diatur nilainya sebesar 10.7 Volt, dan *reconnect* baterai saat nilai tegangannya telah terdeteksi sebesar 12.5 Volt. Sistem PLTS ini juga dilengkapi dengan proteksi beban listrik, melalui pembatasan tegangan berlebih (*over Voltage*) serta pembatasan tegangan kurang (*lower Voltage*). Sistem ATS juga diterapkan, guna ketersediaan sumber listrik secara kontinyu. Gambar 2.2 memperlihatkan blok diagram dari sistem PLTS.



Gambar 2.2. Blok diagram sistem PLTS

Keterangan gambar 2.2:

Sistem Mobile PLTS, dimana sistem PLTS ini dapat di pindah-pindahkan guna proses pengujian sistem PLTS. Adapun bagian-bagiannya terdiri dari :

1. Panel Surya 100 Wp, yang difungsikan sebagai pembangkit listrik pada sistem PLTS.
2. Baterai, yang difungsikan sebagai wadah penampungan energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkitan panel Surya.
3. *Solar Charge Control* (SCC), yang difungsikan sebagai media pengontrol untuk proses pengisian energi listrik ke baterai melalui panel surya



4. MCB DC, difungsikan sebagai pemutus, baik pemutus sumber kelistrikan dari panel surya maupun sumber kelistrikan dari baterai.
5. Watt meter, difungsikan sebagai media pendeteksi dan penginformasi besarnya tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya.
6. Inverter, yang difungsikan sebagai media pengubah tegangan DC ke tegangan AC, sesuai dengan kebutuhan beban.
7. Proteksi baterai dalam hal ini menggunakan perangkat *Low Voltage Disconnect* (LVD), yang berfungsi sebagai pemutus suplai kelistrikan dari baterai ke inverter, jika terdeteksi nilai tegangan baterai telah mencapai batas minimum (10.7 Volt). Dan suplai kelistrikan baterai ke inverter akan terkoneksi kembali, jika tegangan baterai terdeteksi sebesar 12.5 Volt.
8. *Solid State Relay* (SSR), yang difungsikan sebagai saklar dalam proses pemutusan dan pengkoneksian sumber kelistrikan baterai ke inverter.
9. Proteksi tegangan listrik (MCB Digital), berfungsi sebagai pemutus tegangan lebih dan tegangan kurang, agar memproteksi peralatan-peralatan listrik.
10. *Automatic Transfer Switch* (ATS), yang difungsikan sebagai media perpindahan antara sumber kelistrikan PLTS dan sumber kelistrikan PLN.
11. Beban listrik (Lampu 1 dan 2 serta Stop Kontak 1 dan 2).

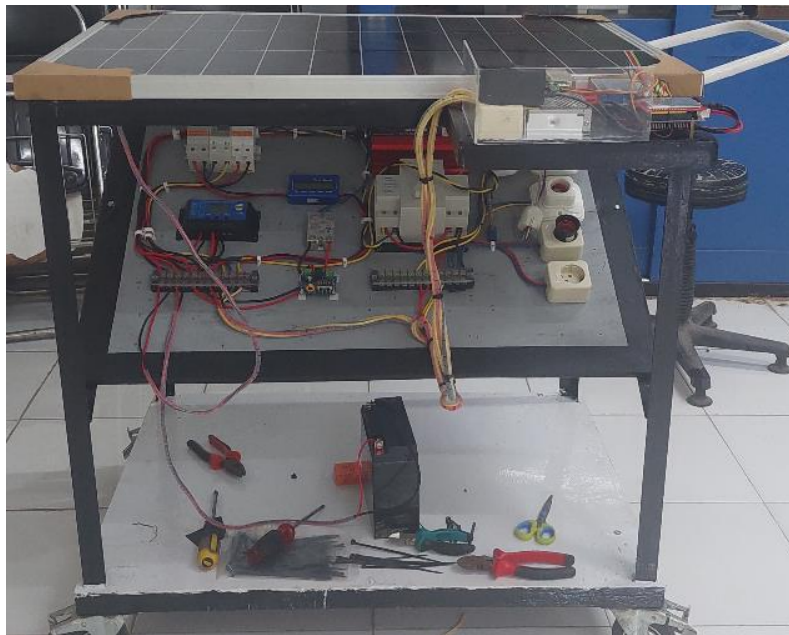
Berdasarkan blok diagram pada Gambar 2.2, maka dapat dijabarkan prinsip kerja dari sistem PLTS dengan penambahan sistem proteksi dan ATS. Dimana untuk menghasilkan energi listrik dari sistem PLTS, maka output dari panel surya diinputkan ke bagian *Solar Charge Controller* (SCC) melalui MCB DC. Fungsi dari SCC adalah sebagai pengontrol proses pengisian daya listrik ke baterai. Untuk mengkonversi tegangan DC yang dihasilkan dari baterai ke tegangan AC untuk kebutuhan pengoperasian beban listrik, adalah melalui perangkat inverter. Untuk melindungi baterai dari proses *discharge*, maka perlu ditambahkan suatu alat yang dapat memutuskan aliran listrik dari baterai ke beban listrik, dalam hal ini adalah *Low Voltage Disconnect* (LVD). Saat LVD mendeteksi tegangan baterai telah berada pada nilai tegangan 10.7 Volt, maka secara otomatis LVD akan memutuskan sumber tegangan dari baterai ke beban listrik, melalui proses menonaktifkan kerja dari *Solid State Relay* (SSR). Saat proses ini terjadi, maka secara otomatis sumber kelistrikan ke beban akan dialihkan ke sumber PLN, melalui sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS). Pada saat nilai tegangan dari baterai telah naik, karena terjadi proses pengisian dari panel surya, maka LVD akan mendeteksi setiap perubahan yang terjadi pada tegangan baterai. Jika tegangan baterai terindikasi berada pada nilai 12.5 Volt, maka secara otomatis LVD akan melakukan proses *reconnect* untuk sistem kelistrikan dari sumber baterai, melalui pengaktifan kerja dari SSR. Saat sistem ATS mendeteksi bahwa pada bagian suplai sumber kelistrikan PLTS telah terkoneksi kembali, maka secara otomatis ATS akan men-switch suplai listrik ke sumber listrik PLTS. Untuk melindungi perangkat kelistrikan yang terkoneksi pada sistem PLTS, maka digunakan alat berupa MCB digital. Adapun prinsip kerja dari MCB digital yaitu memutuskan aliran listrik ke beban, jika terdeteksi tegangan yang dihasilkan baik dari sumber PLTS maupun PLN dalam kondisi *upper Voltage* (diatas 240 Volt) maupun *lower Voltage* (dibawah 190 Volt). Disamping itu juga MCB digital dapat diatur untuk arus pemutusan ke beban listrik, sehingga dapat memproteksi sistem PLTS jika terjadi *over load* pada beban listrik.

2.2 Pembuatan Prototype Sistem PLTS

Dalam menghasilkan prototype sistem PLTS, maka langkah-langkah yang dilakukan adalah mengintegrasikan setiap komponen pendukung sistem PLTS, sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Gambar 2.4. memperlihatkan hasil dari pembuatan prototype sistem PLTS yang dilengkapi dengan sistem proteksi. Adapun proses pengintegrasian adalah sebagai berikut:

1. Menyambungkan output dari panel Surya ke watt meter, yang berfungsi untuk mendeteksi tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya.
2. Output dari watt meter dihubungkan dengan MCB DC, selanjutnya output MCB DC dihubungkan ke bagian input panel surya yang berada di SCC.

3. Menghubungkan terminal output baterai ke MCB DC, kemudian output MCB DC dihubungkan ke SCC melalui bagian input baterai.
4. Menghubungkan output baterai ke bagian input DC dari Inverter.
5. Output tegangan listrik AC, dihubungkan ke bagian input (input utama) pada sistem ATS, sebagai suplai utama ke beban listrik.
6. Suplai kelistrikan PLN, diinputkan ke ke sistem ATS pada bagian *backup* kelistrikan.
7. Output dari sistem ATS, diinputkan ke bagian input dari MCB digital sebagai proteksi untuk tegangan lebih dan tegangan kurang serta proteksi terhadap *over load*, selanjutnya output dari MCB digital disalurkan ke beban listrik.
8. Untuk proteksi baterai dari proses *discharge*, maka output baterai dihubungkan ke bagian input dari LVD, dan bagian output dari LVD dihubungkan dengan SSR yang berfungsi sebagai pemutus dan penghubung suplai kelistrikan dari inverter.



Gambar 2.4. Prototype Mobile Sistem PLTS yang dilengkapi dengan sistem proteksi

3. PEMBAHASAN DAN HASIL

Untuk mendapatkan hasil terhadap kerja sistem PLTS yang dilengkapi dengan sistem proteksi, guna melindungi beban listrik terhadap tegangan berlebih dan tegangan kurang, proteksi baterai dari proses *discharge*, serta pemanfaatan sistem ATS guna ketersediaan sumber listrik dan efisiensi listrik, maka tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut:

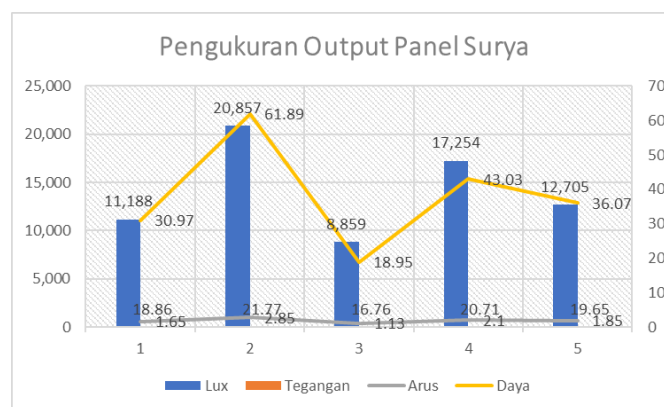
3.1 Pengujian Daya Output Panel Surya

Untuk mendapatkan data sehubungan dengan kinerja panel surya, dalam proses menghasilkan daya output berdasarkan perubahan intensitas cahaya, untuk proses pengisian baterai dengan kapasitas 18 Ah, maka dilakukan pengujian langsung terhadap prototype sistem PLTS. Untuk data pengujian daya output dari panel surya, maka dilakukan dengan menggunakan alat ukur lux meter untuk mendeteksi besarnya intensitas cahaya, dan alat ukur watt meter mendeteksi perubahan daya output panel surya. Data hasil pengujian daya output panel surya diperlihatkan pada Tabel 1, dan untuk proses pengujiannya, diperlihatkan pada Gambar 3.2.

Tabel 1. Tabel Pengukuran Daya Output Panel Surya Berdasarkan Intensitas Cahaya

Waktu Pengukuran (Jam)	Intensitas Cahaya (Lux)	Tegangan (Volt)	Arus (Amp)	Daya (Watt)
11 : 16	11.188	18,86	1,65	30,97
11 : 46	20.857	21,77	2,85	61,89
12 : 16	8.859	16,76	1,13	18,95
12 : 46	17.254	20,71	2.1	43,03
13 : 16	12.705	19.65	1,85	36,07

Berdasarkan hasil pengujian seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1, maka dapat dibuat Grafik perbandingan terhadap hasil pengukuran daya output dari panel surya, berdasarkan perubahan intensitas cahaya. Gambar 3.1 memperlihatkan Grafik perbandingan terhadap hasil pengukuran daya output dari panel surya.



Gambar 3.1. Grafik Daya Output Panel Surya Berdasarkan Intensitas Cahaya



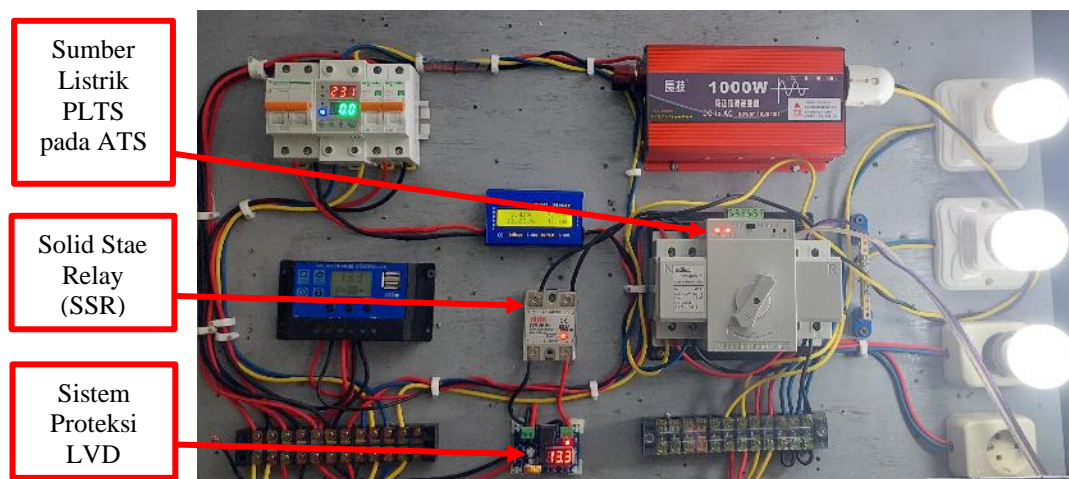
Gambar 3.2. Pengujian daya output panel surya menggunakan watt meter

Dari hasil pengujian yang dilakukan berdasarkan data hasil pengujian seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1 dan Gambar 3.1, terlihat bahwa besarnya daya yang dihasilkan melalui proses pmbangkitan listrik dari panel surya, bergantung dari besarnya intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya. Semakin besar intensitas cahaya yang diterima panel surya, maka semakin besar daya output yang dihasilkan oleh panel surya. Adapun daya outputnya berhubungan dengan besarnya tegangan output (Volt) dan besarnya arus pengisian baterai.

3.2 Pengujian Sistem Proteksi Baterai Untuk Proses Discharge Pada Sistem PLTS

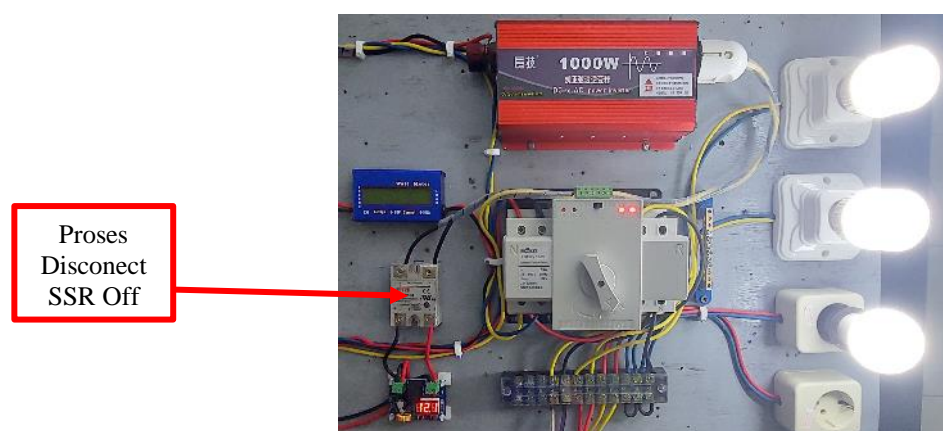
Untuk mendapatkan data sehubungan dengan hasil kinerja sistem proteksi yang diterapkan pada sistem PLTS, dalam melindungi baterai terhadap proses *discharge*. Proses *discharge* pada baterai akan berlangsung pada saat suplai kelistrikan ke beban listrik disalurkan dari baterai. Seiring waktu, proses *discharge* akan

berdampak pada penurunan daya baterai, dalam hal ini akan terjadi penurunan tegangan baterai. Jika daya baterai terkuras habis, maka akan berdampak pada kerusakan baterai tersebut. Untuk menghindari hal ini, maka ditambahkan sistem proteksi baterai sehubungan dengan proses *discharge*. Proteksi yang digunakan adalah *Low Voltage Disconnect* (LVD) yang berfungsi mendeteksi setiap perubahan tegangan output dari baterai, dan akan melakukan pemutusan penyaluran daya listrik ke beban, saat terindikasi tegangan baterai telah berkurang, sesuai dengan batas tegangan minimal untuk baterai, yang diatur pada nilai 10.7 Volt. Gambar 3.3 memperlihatkan pengoperasian dari sistem PLTS dengan penambahan proteksi LVD.



Gambar 3.3. Pengoperasian dari sistem PLTS dengan penambahan proteksi LVD

Dari hasil pengujian yang dilakukan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.3, memperlihatkan bahwa sistem proteksi baterai (LVD) mendeteksi kapasitas tegangan dari baterai, dimana disini terdeteksi tegangan baterai berada pada nilai 13.3 Volt, dan SSR aktif untuk menyalurkan suplai kelistrikan ke beban dari baterai. Hal ini terjadi karena baterai sedang melakukan pengisian melalui panel surya. Saat proses pengisian dari panel surya terputus atau kurang, maka keseluruhan suplai kelistrikan ke beban akan disuplai oleh baterai. Jika tegangan baterai terdeteksi telah turun hingga mencapai nilai tegangan minimum yang diatur, dalam hal ini 10.7 Volt, maka secara otomatis sistem proteksi baterai (LVD) akan memutuskan (*disconnect*) aliran suplai kelistrikan ke beban listrik, melalui menonaktifkan kerja dari *Solid Stae Relay* (SSR), dimana SSR ini berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan sumber kelistrikan dari baterai ke beban listrik. Gambar 3.4 memperlihatkan Pengujian proses *disconnect* sumber kelistrikan dari baterai.



Gambar 3.4 Pengujian proses *disconnect* sumber kelistrikan dari baterai

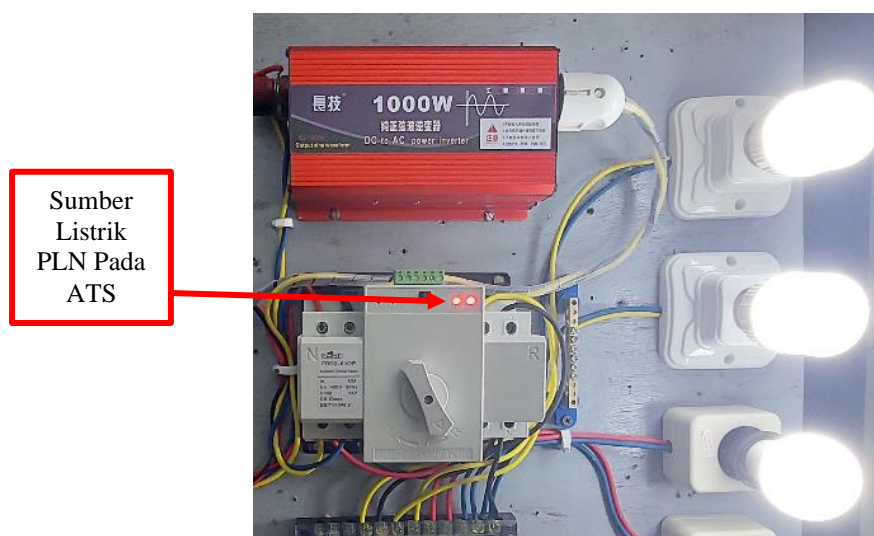
Dari hasil pengujian yang diperlihatkan pada Gambar 3.4, terlihat bahwa saat nilai tegangan baterai telah turun sampai mencapai nilai minimum (10.7 Volt), maka secara otomatis maka LVD akan menonaktifkan kerja dari SSR guna memutuskan sumber kelistrikan ke beban listrik dari baterai. Pada hasil pengujian nilai tegangan yang terbaca yang ditampilkan melalui 7-segment pada LVD tertera sebesar 12.1 Volt. Ini menunjukkan bahwa saat suplai kelistrikan dari baterai terputus, maka tegangan baterai akan naik dan nilai tegangannya terdeteksi sebesar 12.1 Volt. Proses menghubungkan kembali (*reconnect*) suplai kelistrikan dari baterai ke beban listrik akan terjadi, jika LVD mendeteksi besarnya tegangan pada baterai telah meningkat sebesar 12.5 Volt, saat proses pengisian dari panel surya terjadi, melalui pengaktifan kerja SSR.

Sistem PLTS ini juga dilengkapi dengan sistem proteksi beban listrik melalui penerapan MCB digital, dimana sistem proteksinya sehubungan dengan proteksi tegangan lebih dan proteksi tegangan kurang. Adapun setingan yang diatur untuk memutuskan sistem kelistrikan untuk tegangan lebih adalah sebesar 240 Volt dan 190 Volt untuk proteksi tegangan kurang. Saat terdeteksi nilai tegangan output, baik dari sistem PLTS maupun sumber PLN berada diatas nilai 240 Volt maupun dibawah dari 190 Volt, maka secara otomatis MCB digital akan memutuskan sumber kelistrikan guna melindungi beban-beban listrik yang terpasang. MCB digital akan mengkoneksikan kembali sumber listrik ke beban listrik saat terdeteksi nilai tegangannya telah normal (dibawah 240 Volt dan diatas 190 Volt), dengan durasi diatur selama 3 detik guna menstabilkan tegangan sumber.

3.3 Pengujian Sistem Automatic Transfer Switch (ATS) Pada Sistem PLTS

Sistem ATS yang diimplementasikan pada sistem PLTS berfungsi untuk menjaga ketersediaan asupan kelistrikan untuk beban listrik, dimana suplai kelistrikan utama melalui sistem kelistrikan PLTS, sedangkan sebagai *backup* sumber kelistrikannya dari sumber PLN. Hal ini bertujuan untuk efisiensi energi listrik, melalui pemanfaatan energi matahari. Sistem PLTS akan mensuplai kelistrikan ke beban listrik di siang hari, sampai terdeteksi daya listrik pada baterai telah sampai pada batas minimum. Selanjutnya suplai kelistrikan di suplai melalui PLN.

Saat terindikasi bahwa sistem PLTS masih mengalirkan daya listrik, maka sistem ATS akan menghubungkan suplai kelistrikan ke beban melalui suplai kelistrikan utama (PLTS), seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.3. Saat sistem PLTS mendeteksi bahwa tidak ada suplai kelistrikan pada bagian suplai kelistrikan utama (PLTS), maka secara otomatis suplai kelistrikan ke beban akan dialihkan ke PLN, sampai terdeteksi da aliran listrik pada bagian suplai utama (PLTS). Gambar 3.5 memperlihatkan perpindahan suplai kelistrikan dari sistem PLTS ke sumber PLN.



Gambar 3.5 Perpindahan suplai kelistrikan dari sistem PLTS ke sumber PLN



Adapun melalui penerapan sistem ATS, diharapkan dapat mengefisienkan pemakaian energi listrik, dimana pengoperasian sistem PLTS diasumsikan selama 8 jam (jam 11.00 sampai dengan jam 19.00), dengan asumsi beban listrik 300 watt, dan beban listrik keseluruhan sebesar 1000 watt, maka energi listrik yang dibebani oleh sistem PLTS dapat ditentukan sebagai berikut:

Besarnya energi listrik (Wh) PLTS = 300 watt x 8 Jam = 2.400 Wh = 2.4 kWh

Adapun efisiensi daya listrik sebesar:

$$\begin{aligned}\% \text{ daya listrik} &= (\text{Besarnya daya listrik PLTS} / \text{Daya listrik keseluruhan}) \times 100\% \\ &= (300/1000) \times 100\% \\ &= 30\%\end{aligned}$$

Jika beban listrik rumah tangga untuk Golongan Tarif R-1 dengan daya 1.300 VA sebesar Rp. 1.444,70, maka besarnya penghematan pembayaran listrik sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Pembayaran listrik} &= \text{Tarif R-1 dengan daya 1.300 VA} \times \text{Besarnya energi listrik (Wh)} \\ &= \text{Rp. 1.444,70} \times 2.400 \text{ Wh} \\ &= \text{Rp. 3.476,28}\end{aligned}$$

Maka dalam sehari terjadi penghematan pembayaran listrik sebesar Rp. 3.476,28.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian terhadap sistem PLTS yang dilengkapi dengan sistem proteksi dan sistem ATS, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem proteksi yang diterapkan pada sistem PLTS dapat memproteksi kinerja Baterai dalam mensuplai kelistrikan ke beban listrik, agar daya baterai tidak terkuras habis. Dimana sistem proteksi yang digunakan adalah *Low Voltage Disconnect* (LVD). Pada saat LVD mendeteksi tegangan Baterai telah turun ke batas minimum yang diatur (10.7 Volt), maka secara otomatis sistem proteksi (LVD) akan memutuskan suplai kelistrikan dari Baterai melalui penonaktifan kerja SSR, guna melindungi baterai dari proses *discharge* secara terus menerus yang dapat menguras habis daya pada baterai. Saat terdeteksi nilai tegangan baterai telah meningkat diatas 2.5 Volt, maka secara otomatis LVD akan mengaktifkan kerja SSR guna menghubungkan suplai kelistrikan sistem PLTS ke beban listrik. Sistem proteksi juga dapat memproteksi tegangan output berlebih dan tegangan output kurang melalui pengimplementasian MCB digital. Dimana saat terindikasi tegangan output ke beban listrik telah berada diatas 240 Volt maupun berada dibawah 109 Volt, maka secara otomatis MCB digital akan memutuskan aliran kelistrikan ke beban listrik.
2. Pengimplementasian Automatic Transfer Switch (ATS) dapat mengoptimalkan kerja sistem kelistrikan, baik sistem kelistrikan sumber PLTS maupun dari sumber PLN. Saat ATS mendeteksi bahwa ada aliran listrik di bagian sumber utamanya, maka secara otomatis sistem akan mengarahkan suplai kelistrikan ke beban dari sumber PLTS. Saat terdeteksi bahwa tidak ada aliran listrik di sumber utama ATS, maka secara otomatis sistem ATS akan memindahkan suplai kelistrikan ke beban dari sumber listrik PLN.

5. SARAN

Guna optimalisasi sistem proteksi terhadap sistem PLTS, maka perlu ditambahkan sistem proteksi terhadap gangguan petir (surja petir), dalam hal ini adalah *Arrester*, sehingga sistem PLTS dapat terhindar dari kerusakan akibat sambaran petir.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada pihak institusi, dalam hal ini Politeknik Negeri Manado dalam hal pembiayaan penelitian ini melalui P3M dan penyelenggara jurnal nasional Elektrik polimdo serta pimpinan Jurusan Teknik Elektro yang telah memfasilitasi dalam hal pembuatan sistem PLTS,



melalui penggunaan Laboratorium, dan rekan-rekan dosen yang memberikan masukan sehubungan dengan penulisan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bachtiar, Muhammad. 2006, Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home System). *Jurnal SMARTek* 4, no. 3 : 176–82. <https://media.neliti.com/media/publications/221906-prosedur-perancangan-sistem-pembangkit-1.pdf>.
- [2] Winarno, Istiyo, and Lia Natasari. 2017, Maximum Power Point Tracker (MPPT) Berdasarkan Metode Perturb and Observe Dengan Sistem Tracking Panel Surya Single Axis, *Umj*, no. November : 1–9.
- [3] Asfan Muhammad Jazuli, Dr. I Made Arsana, 2020, Rancang Bangun Baterai Charger Otomotif, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 6, No. 1.
- [4] Apriani, Yosi, and Taufik Barlian. 2018, Inverter Berbasis Accumulator Sebagai Alternatif Penghemat Daya Listrik Rumah Tangga, *Jurnal Surya Energy* 3, no. 1 : 203. <https://doi.org/10.32502/jse.v3i1.1233>.
- [5] Fadilah Fadilah, Sofiah Sofiah, Angga Rikardo, 2023, Analisis Kerja LVD (Low Voltage Disconnect) Multisistem Pada Akumulator 12 Volt Pada Panel Surya, *Jurnal Surya Energy*, Vol. 7, No. 2.
- [6] -, Voltage Protection <https://www.filotronix.com/protection/609-63a-automatic-adjustable-din-rail-voltage-protector-with-real-time-digital-ammeter-voltmeter-8001636283609.html>
- [7] Asriyadi, Andi Wawan Indrawan, Sarwo Pranoto, Ahmad Rizal Sultan, Rachmat Ramadhan, 2016, Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) Pada PLTS dan PLN serta Genset, *Jurnal Teknologi Elekrika*, DOI: 10.31963/elekterika.v13i2.988, 13(2):225
- [8] A. A. Almutairi, A. M. Eltamaly, and A. S. Al-Kandari, 2019, Design and implementation of automatic transfer switch for grid-connected photoVoltaic systems, 2019 IEEE International Conference on Automatica (ICA), Sharjah, United Arab Emirates, , pp. 1-6. doi: 10.1109/AUTOMATICA.2019.8715940.
- [9] N. M. Mahmud, M. M. Hanafi, A. A. Aziz, and H. Ibrahim, 2016, Relay coordination for protection of photoVoltaic (PV) system: A review, 2016 International Conference on Intelligent Systems Engineering (ICISE), Islamabad, Pakistan, pp. 1-6. doi: 10.1109/INTELSYSE.2016.7756663.
- [10] A. S. Al-Kandari and A. M. Eltamaly, 2016, Reliability improvement of grid-connected photoVoltaic systems using automatic transfer switch, 2016 IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT), Amman, Jordan, pp. 1-6. doi: 10.1109/AEECT.2016.7945576.
- [11] R. S. R. Rajesh and P. Dananjayan, 2016, Design and implementation of automatic transfer switch for solar power generation, 2016 IEEE International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), Nagercoil, India, pp. 1-4. doi: 10.1109/ICCPCT.2016.7530285