

Received : Juni

Accepted: Oktober

Published : Oktober

## STUDI PERENCANAAN PANEL KENDALI PLTS-PLN BERDASARKAN KAPASITAS BATERAI UNTUK PLTS OFF-GRID

Lauhil Mahfudz Hayusman<sup>1\*</sup>, Noor Saputera<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Politeknik Negeri Banjarmasin

[\\*hayusman@poliban.ac.id](mailto:*hayusman@poliban.ac.id)

### Abstract

*The electrical energy generated by the PLTS off-grid system is still variable; its capacity is determined by the amount of sunlight captured by the solar module and converted into electrical energy stored in the battery. When the rainy season approaches or the sun isn't shining brightly, the performance of the PLTS off-grid system degrades to the point that it can no longer handle the demand. The usage of batteries in large quantities necessitates a hefty initial investment as well as ongoing maintenance costs. The goal of this research is to design a PLTS-PLN control panel based on battery capacity, with electricity being transferred from PLTS to PLN or vice versa dependent on the percentage of depth of discharge detected by the low voltage disconnect (LVD). The research stage begins with defining the electrical load capacity to be supplied by the PLTS, determining and calculating the PLTS components, determining and calculating the PLTS-PLN control panel components, and evaluating the expenditures required to actualize the planned outcomes. Wiring diagrams, control panel box layouts, overall system layouts, and cost estimates are displayed as a result of the PLTS-PLN control panel.*

*Keywords : PLTS off-grid, PLTS-PLN control panel, low voltage disconnect, LVD*

### Abstrak

Energi listrik yang dihasilkan dari PLTS *off-grid* masih bersifat fluktuatif, kapasitasnya bergantung dari sinar matahari yang mampu ditangkap oleh modul surya dan dikonversikan menjadi energi listrik yang disimpan di dalam baterai. Pada saat musim hujan tiba atau pada saat sinar matahari tidak optimal, kinerja PLTS *off-grid* akan turun sehingga tidak mampu lagi untuk melayani beban. Penggunaan baterai dalam jumlah besar tentunya membutuhkan nilai investasi dan biaya perawatan yang tidak sedikit. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan panel kendali PLTS-PLN berdasarkan kapasitas baterai, dimana perpindahan suplai listrik dari PLTS ke PLN atau sebaliknya terjadi berdasarkan prosentase kedalaman pengurasan baterai (*depth of discharge*) yang dideteksi oleh *low voltage disconnect (LVD)*. Tahapan penelitian dimulai dengan menentukan kapasitas beban listrik yang akan disuplai oleh PLTS, penentuan dan perhitungan komponen-komponen PLTS, penentuan dan perhitungan komponen-komponen panel kendali PLTS-PLN serta estimasi biaya yang diperlukan untuk merealisasikan hasil perencanaan tersebut. Hasilnya desain panel kendali PLTS-PLN dalam bentuk diagram pengawatan, layout box panel kendali, layout sistem keseluruhan dan estimasi biaya ditampilkan.

*Kata kunci : panel kendali PLTS-PLN, PLTS Off-grid, low voltage disconnect, LVD*

### 1. Pendahuluan

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan salah satu pembangkit listrik energi baru dan terbarukan yang perkembangannya cukup pesat beberapa tahun terakhir ini. PLTS sudah cukup banyak diterapkan di Indonesia baik untuk pembangkit listrik skala kecil maupun untuk pembangkit listrik skala besar. Salah satu sistem PLTS skala kecil yang umum

diterapkan adalah PLTS dengan sistem *off-grid*, dimana sistem ini berdiri sendiri tanpa terkoneksi dengan sumber listrik lain untuk mensuplai kebutuhan beban, mengandalkan energi matahari yang ditangkap oleh panel surya yang selanjutnya dikonversikan menjadi energi listrik yang disimpan di dalam baterai. [1]

Penggunaan baterai pada sistem *off-grid* bertujuan untuk menyimpan energi listrik yang berlebih apabila kebutuhan beban rendah dan ikut mensuplai energi listrik apabila kebutuhan beban tinggi serta untuk mensuplai energi listrik pada saat malam hari. [2] Dalam pengoperasiannya ada beberapa hal yang harus diperhatikan agar kinerja baterai bisa optimal sesuai dengan spesifikasi teknis yaitu proses *charge-discharging*, *state of health (SOH)*, *depth of discharge (DOD)* dan suhu. [3] Kekeliruan dalam memahami parameter-parameter tersebut dapat menyebabkan kesalahan dalam mendesain jumlah kebutuhan baterai yang berakibat pada tidak optimalnya pembangkitan listrik oleh PLTS, karena salah satu komponen penting dan memiliki nilai investasi paling mahal untuk PLTS *off-grid* ada pada baterai. [4][5][6]

Kinerja PLTS *off-grid* yang sepenuhnya mengandalkan energi matahari agar dapat beroperasi dengan optimal untuk melayani beban masih memiliki kendala, karena efektifitas sinar matahari yang dapat ditangkap dengan optimal oleh panel surya berkisar 4-5 jam dan apabila masuk musim penghujan intensitas sinar matahari akan turun drastis sehingga kinerja PLTS akan sangat berkurang atau bahkan tidak dapat beroperasi. [7] Agar suplai listrik yang dibutuhkan beban dapat berlangsung secara terus menerus, perlu digabungkan antara energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS dengan energi listrik eksisting dari PLN. Penggabungan dua sumber listrik tersebut melalui panel kendali yang didesain tanpa jeda, perpindahan suplai listrik secara otomatis dengan mempertimbangkan aspek proteksi dan *lifetime* penggunaan baterai. Tentunya hal ini merupakan salah satu solusi yang dapat diambil untuk menutupi beberapa kelemahan dari PLTS sistem *off-grid*.

Penelitian ini bertujuan melakukan studi desain panel kendali PLTS-PLN, dimana perpindahan suplai listrik dirancang secara otomatis berdasarkan persentase kedalaman pengurasan baterai (*depth of discharge/DOD*) yang diatur melalui peralatan *low voltage device (LVD)*, dan estimasi biaya yang

diperlukan untuk merealisasikan hasil desain tersebut. Diharapkan hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam merancang dan mengimplementasikan panel kendali PLTS-PLN

## 2. Metoda Penelitian

### 2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah salah satu jenis pembangkit energi baru terbarukan yang memanfaatkan sinar matahari yang dikonversikan menjadi listrik arus searah (*DC*) melalui modul surya. [8] Sistem PLTS dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sistem *off-grid* dan sistem *on-grid*. Perbedaan mendasar dari dua sistem tersebut adalah PLTS sistem *on-grid* dapat beroperasi jika dihubungkan dengan listrik PLN atau terdapat jaringan listrik PLN. Sistem ini dapat mengirimkan kelebihan (surplus) daya listrik yang dihasilkan modul surya melalui kWh ekspor-impor yang nantinya dapat digunakan kembali. Sedangkan PLTS sistem *off-grid* dapat dioperasikan tanpa dihubungkan dengan listrik PLN. Kelebihan daya listrik yang dihasilkan oleh modul surya pada saat sinar matahari bersinar optimal disimpan kedalam baterai dan akan digunakan kembali jika sinar matahari tidak optimal atau waktu malam tiba. [9]

### 2.2. Panel Kendali PLTS-PLN

Panel kendali PLTS-PLN adalah rangkaian kendali yang dapat memadukan dua sumber listrik yang berbeda, mengatur perpindahan suplai listrik untuk beban secara otomatis. Rangkaian kendali yang dimaksud umumnya disebut dengan *automatic transfer switch (ATS)*. [10][11] *ATS* merupakan suatu sistem yang terdiri dari perangkat listrik seperti *relay*, *timer* dan kontaktor yang berfungsi untuk memindahkan sumber tegangan listrik ke sumber tegangan listrik lainnya secara otomatis tanpa membuat beban kehilangan arus listrik. [12] Pemakaian panel *ATS* dapat dibedakan berdasarkan kapasitas beban yang akan dilayani. Semakin tinggi pemakaian daya listrik, tentunya akan semakin besar pula

spesifikasi komponen-komponen *ATS* yang diperlukan seperti, *relay*, kontaktor dan *miniature circuit breaker/mcb*. [13] Dalam melakukan perancangan, terdapat dua jenis rangkaian pada sistem *ATS* yaitu rangkaian daya yang berfungsi untuk menyalurkan daya ke beban dan rangkaian kontrol yang berfungsi untuk mengendalikan perpindahan dari PLN ke PLTS atau dari PLTS ke PLN. [14]

Beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan spesifikasi komponen-komponen PLTS. [15]

- Kebutuhan energi listrik (Wh):  

$$\text{Kapasitas beban (Watt)} \times \text{durasi pengoperasian beban (jam)} \quad (1)$$
- Kapasitas modul surya (Watt-peak):  

$$\frac{\text{Konsumsi energi per hari (Wh)}}{\text{Jam efektif sinar matahari (h)}} \quad (2)$$
- Kapasitas Inverter (Watt):  
 Sama dengan atau lebih dari kapasitas beban yang akan disuplai  $(3)$
- Kapasitas *solar charger controller* (SCC) (A):  

$$\frac{\text{Daya panel surya (Wp)}}{\text{Tegangan (Vdc)}} \quad (4)$$
- Kapasitas baterai (Ah):  

$$\frac{\text{Konsumsi energi per hari (Wh)}}{\text{Desain DOD (\%)}} \quad (5)$$

### 2.3. Software Festo FluidSIM

*Software Festo FluidSIM* adalah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi perancangan elektronik kontrol, dengan merangkai beberapa komponen-komponen elektronik kontrol seperti koil, relai, *time delay relay (TDR)*, *push button*, beban listrik (lampu/motor listrik) dan lain sebagainya sehingga menjadi satu kesatuan yang dapat merepresentasikan kondisi aktual suatu rangkaian. Penggunaan *software* tersebut bertujuan untuk menguji hasil rancangan agar dapat diketahui apakah rangkaian tersebut dapat bekerja atau berjalan dengan baik sebelum diimplementasikan. [16]

### 2.4. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang dilakukan menggunakan metode deskriptif kuantitatif, dengan tahapan penelitian meliputi:

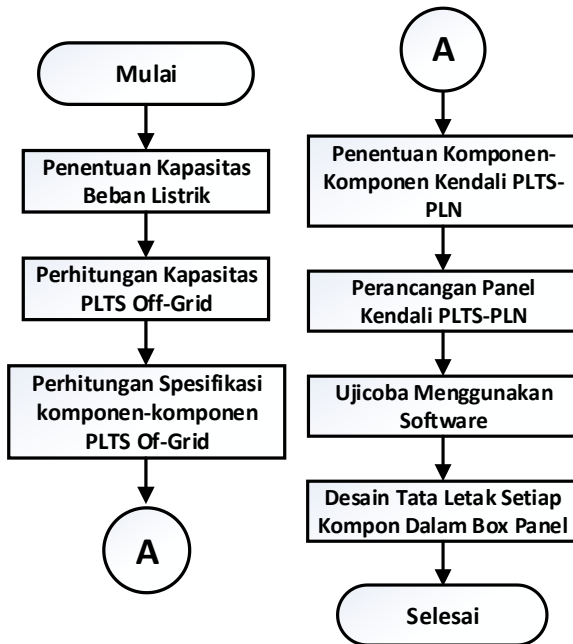
- a. Penentuan kapasitas beban  
 Penentuan kapasitas beban listrik digunakan sebagai dasar dalam perhitungan dan penentuan komponen-komponen PLTS dan *ATS*. Pada penelitian ini, beban listrik direncanakan sebesar 300 Watt (beban rumah tangga, lampu penerangan dan peralatan elektronik dengan daya rendah), estimasi pengoperasian selama kurun waktu  $\pm 6$  jam.
- b. Perhitungan kapasitas PLTS *off-grid*  
 Perhitungan kapasitas PLTS dapat dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan jumlah pemakaian energi listrik (Wh), dengan kriteria jumlah beban listrik (Watt) dikali dengan durasi pemakaian (Jam). Perhitungan kapasitas dan jumlah modul surya dilakukan dengan kriteria jumlah konsumsi energi listrik dalam satuan Wh dikali jam efektif sinar matahari (4-5 jam).
- c. Perhitungan spesifikasi komponen PLTS  
 Penentuan komponen-komponen PLTS lainnya, seperti: *solar charger controller*, *inverter*, baterai, dan kabel. Untuk penentuan kapasitas baterai menggunakan kriteria jumlah energi listrik yang dibutuhkan (Wh) dibagi dengan desain *DOD* baterai yang dikehendaki. Disamping itu, penentuan spesifikasi juga didasarkan pada *datasheet* setiap komponen PLTS dan komponen kendali PLTS-PLN
- d. Penentuan dan perancangan panel kendali PLTS-PLN  
 Panel kendali PLTS-PLN yang akan dirancang menggunakan *relay AC 220 V* tipe LY4 yang digunakan untuk memindahkan suplai listrik dari PLTS ke PLN atau sebaliknya secara otomatis berdasarkan kapasitas baterai dengan mempertimbangkan kondisi *DOD* baterai sehingga proses *cycle* baterai (*charging-discharge*) sesuai dengan spesifikasi pabrikan yang dapat diatur menggunakan peralatan *low voltage disconnect (LVD)*

dengan bantuan *relay DC* tipe MY2N untuk *men trigger switch on/off* dari *inverter*.

e. Ujicoba

Panel kendali PLTS-PLN yang sudah dirancang dalam bentuk pengawatan selanjutnya disimulasikan menggunakan *software Festo FluidsSIM* untuk mengetahui apakah hasil rancangan bisa bekerja dengan baik untuk memindahkan suplai listrik dari PLTS ke PLN atau sebaliknya. Panel kendali PLTS-PLN yang didesain juga dilengkapi dengan beberapa peralatan proteksi seperti proteksi terhadap arus lebih baik sisi PLTS dan PLN, proteksi arus bocor.

f. Dan terakhir melakukan desain tata letak setiap komponen ke dalam box panel. Gambar 1 diperlihatkan tahapan alur penelitian.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

3. Hasil Penelitian

3.1. Penentuan Kapasitas Beban Listrik

Beban listrik yang akan dilayani oleh PLTS dalam rancangan ini sebesar 300 Watt dengan rencana pengoperasian selama 6 jam, sehingga total energi listrik yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

Total kebutuhan energi listrik:  
= 300 Watt x 6 jam

= 1800 Wh atau  
= 1,8 kWh

3.2. Penentuan Spesifikasi Komponen PLTS

Kebutuhan jumlah dan kapasitas modul surya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

Kebutuhan modul surya:

$$= \frac{\text{Konsumsi energi per hari}}{\text{jam efektif sinar matahari}}$$

$$= \frac{1800 \text{ Wh}}{4 \text{ h}^*}$$

= 450 Wp atau 3 x 150 Wp

\*Untuk desain PLTS *off-grid* jam efektif dibuat kecil yaitu bekisar 3-5 jam.

Nilai jam efektif sinar matahari yang digunakan berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, yaitu hasil perhitungan antara Energi yang dihasilkan pada hari tersebut atau Rata-rata energi yang dihasilkan pada bulan tertentu (Wh) dibagi dengan Kapasitas modul surya yang terinstal (W), sehingga pemanfaatan intensitas radiasi sinar matahari yang terbesar efektif pada kurun waktu 10.30-14.30 WITA. [17][18]

Modul surya 150 Wp *monocrystalline* sebanyak 3 buah masing-masing dihubungkan secara seri, maka:

Total tegangan = 22,5 x 3  
= 67,5 VDC

Arus = 8,59 A

Tabel 1 diperlihatkan *data sheet* dari modul surya My Solar MY150S-12.

Tabel 1. *Data Sheet* Modul Surya My Solar Tipe MY150S-12

Spesifikasi	Nilai
Maximum Power (Wp)	150
Voltage at Pmax (V)	18,3
Current at Pmax (A)	8,21
Open Circuit Voltage (V)	22,5
Short Circuit Current (A)	8,59
Power Tolerance (%)	+/- 3
Cell Efficiency	18%
Size (mm)	1482 x 670 x 35
Weight (kg)	11,2
Jenis	<i>monocrystalline</i>

Sumber : *Datasheet My Solar* [19]

*Solar charger controller (SCC)* yang dipilih yaitu berjenis *MPPT*, karena memiliki efisiensi jauh lebih baik jika dibandingkan *SCC* jenis *PWM* dalam mengkonversikan nilai tegangan yang dihasilkan panel surya menjadi tegangan yang dibutuhkan baterai. Dimana kriteria *SCC* yang dipilih mampu menerima daya listrik dari modul surya sebesar 450 Wp, tegangan input sebesar 67,5 VDC dan arus *charging* sebesar 8,59 A. Maka *SCC* yang dipilih berkapasitas 40 A seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Datasheet SCC MPPT PowMr*

Models		MPPT-40A
<i>Charging mode</i>		3 stage: constant current, constant voltage, floating
<i>MAX</i>	12V	480W
<i>PV</i>	24V	960W
<i>Input</i>	36V	1400W
<i>Power</i>	48V	1700W
<i>Input</i>	12V	20V-80V
<i>specific</i>	24V	37V-105V
<i>ation</i>	36V	50V-160V
<i>DC</i>	48V	72V-160V
<i>Overcharging protection voltage</i>		30V
<i>Limited current protection</i>		42A
<i>Max efficiency</i>		≥ 98,1 %

Sumber: *User manual PowMr* [20]

Baterai yang digunakan berjenis *valve regulated lead acid (VRLA)* dengan kapasitas baterai yang digunakan dapat dihitung menggunakan persamaan:

Kebutuhan baterai:

$$= \frac{\text{Kebutuhan energi listrik}}{80 \%*}$$

$$= \frac{1800}{0,8} = 2250 \text{ Wh atau } 12 \text{ V} \times 187,5 \text{ Ah}$$

Karena dipasaran tidak ada kapasitas 187,5 Ah, maka digenapkan menjadi 200 Ah

\* Didesain dengan *DOD* 80 %.

Kapasitas inverter yang direncanakan harus sama atau lebih dari kapasitas beban yang akan disuplai, sehingga inverter yang dipilih berkapasitas 500 Watt jenis *pure sine wave (PSW)*, tegangan *input* 12 VDC dan tegangan *output* 220 VAC. Inverter berfungsi merubah

tegangan searah (DC) dari baterai menjadi tegangan bolak-balik (AC) yang digunakan untuk mensuplai peralatan listrik. Pemilihan jenis inverter ini berdasarkan pertimbangan bahwa PLTS yang dirancang tidak hanya dapat melayani beban resistif murni seperti lampu, tv dan lain sebagainya tetapi juga dapat mensuplai beban-beban induktif seperti mesin cuci, kulkas, motor pompa dan lain sebagainya. Tabel 3 diperlihatkan *datasheet* untuk inverter *PSW*.

Tabel 3. *Data Sheet Inverter*

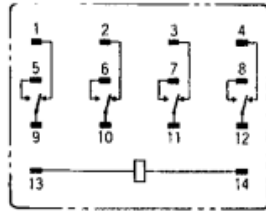
<i>Peak power</i> (Watt)	1000
<i>Rated power</i> (Watt)	500
<i>Output Waveform</i>	Pure sine wave
<i>Output voltage</i> (VAC)	220 /230
<i>Output frequency</i> (Hz)	50
<i>Efficiency</i> (%)	94
<i>Rated voltage</i> (VDC)	12
<i>Maximum input current</i> (A)	52
<i>Input voltage range</i> (VDC)	9-16
<i>Under voltage protection</i> (VDC)	9,5
<i>Over voltage protection</i> (VDC)	15

Sumber : *Data Sheet Inverter Souer*

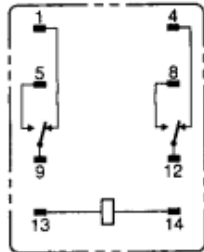
### 3.3. Penentuan Komponen Kendali PLTS-PLN

Panel kendali PLTS-PLN didesain menggunakan *relay AC* tipe LY4 yang memiliki 4 kontak *normally open (NO)* dan 4 kontak *normally close (NC)*, spesifikasi arus beban (*rated load*) 10 A, tegangan kerja (*maximum contact voltage*) 250 VAC dengan daya tahan (*lifetime*) 70.000 kali operasi untuk beban lampu dan 50.000 kali operasi untuk beban motor AC [21]. Dari 4 kontak yang dimiliki oleh *relay LY4*, hanya 3 kontak *No* dan 3 kontak *NC* yang akan digunakan.

*Relay DC* yang digunakan berjenis MY2N, memiliki 2 kontak *NO* dan 2 kontak *NC*. Spesifikasi arus beban (*rated load*) 5A, tegangan kerja (*maximum contact voltage*) 30 VDC dengan daya tahan (*lifetime*) 500.000 kali. Dari 2 kontak yang dimiliki *relay MY2N*, hanya 1 kontak *NO* dan 1 kontak *NC* yang akan digunakan. Gambar 2 dan 3 diperlihatkan bentuk kontak dari *relay AC LY4* dan *relay DC MY2N*.

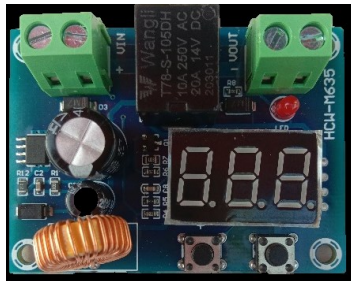


Gambar 2. Bentuk Kontak Relay LY4



Gambar 3. Bentuk Kontak Relay DC MY2N

Peralatan yang digunakan untuk mengatur perpindahan suplai listrik dari PLTS ke PLN atau sebaliknya dan sebagai proteksi baterai menggunakan *low voltage disconnect (LVD)* tipe HCW-M635 dengan spesifikasi tegangan koil 12 VDC, 10 A 250 VAC, 20 A 14 VDC serta konsumsi daya listrik kurang dari 1,5 Watt. Gambar 4 diperlihatkan bentuk LVD.



Gambar 4. Low Voltage Disconnect (LVD)

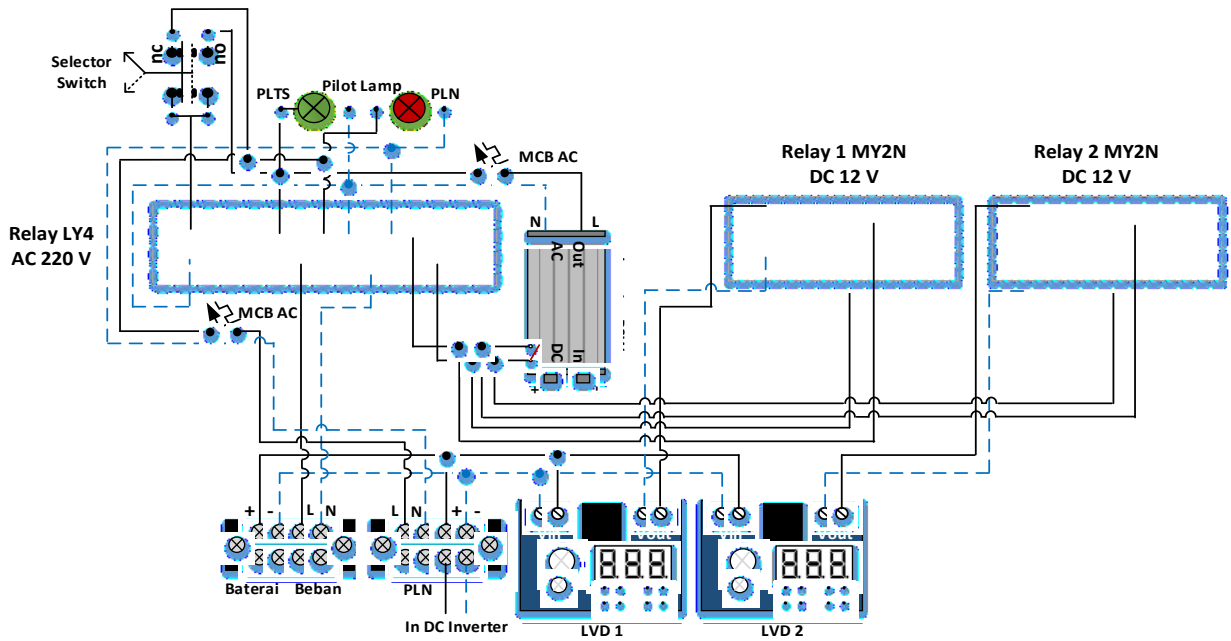
### 3.4. Perancangan Panel Kendali PLTS-PLN

Panel kendali PLTS-PLN yang dirancang adalah panel *automatic transfer switch (ATS)*. Panel ini dapat memindahkan suplai listrik dari PLTS ke PLN atau sebaliknya dari PLN ke PLTS secara otomatis menggunakan satu buah relay AC 220 Volt tipe LY4, dua buah relay DC 12 Volt tipe MY2N dan 2 buah *low voltage disconnect (LVD)* tipe HCW-M635.

Relay LY4 yang digunakan memiliki 4 kontak *normally open (NO)* dan 4 kontak *normally close (NC)*. Kabel fasa dan netral output inverter (220 VAC) akan dihubungkan

ke koil 13-14 dan ke kontak 5-6. Sedangkan kontak 9-10 (*common*) akan dihubungkan dengan terminal beban. Sumber listrik dari PLN (fasa dan netral) akan masuk melalui terminal PLN dan menuju ke kontak 1 untuk kabel fasa dan kontak 2 untuk kabel netral. Rancangan pengawatan seperti ini menunjukkan bahwa suplai listrik utama bersumber dari inverter / PLTS. Kontak lainnya dari relay LY4 yaitu kontak 7-11 akan dihubungkan dengan switch inverter. Hal ini bertujuan agar pada saat PLTS beroperasi inverter secara otomatis bekerja dan sebaliknya pada saat PLTS tidak beroperasi inverter dalam kondisi *standby off*.

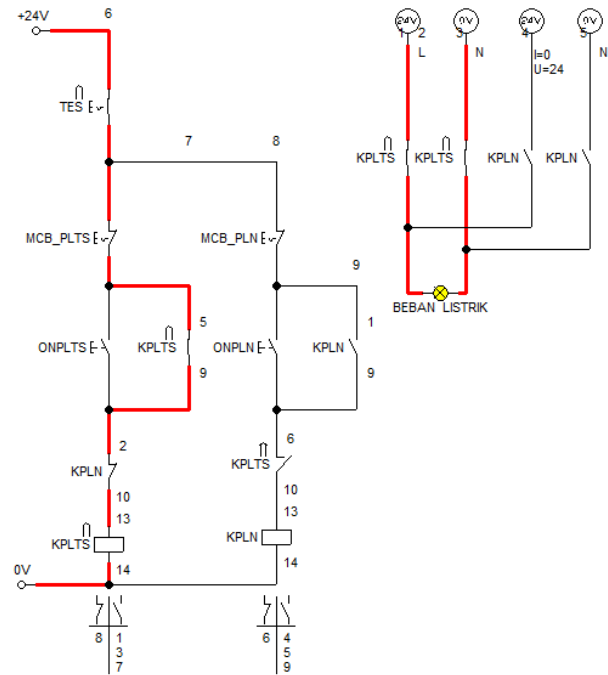
LVD digunakan sebagai penentu kapan suplai listrik akan berpindah dari PLTS ke PLN atau sebaliknya dengan cara mengatur nilai tegangan baterai melalui dua tombol yang berada pada LVD. Disamping itu, LVD juga difungsikan sebagai proteksi agar proses pengurusan baterai atau *depth of discharge (DOD)* dapat diatur atau tidak dikuras sampai dengan 100 %. Agar LVD dapat bekerja, maka diperlukan suplai listrik DC yang dapat diambil dari baterai atau dari terminal *input inverter*. Sedangkan *output LVD* akan dihubungkan dengan koil relay DC MY2N. Pada Rancangan ini LVD 1 diatur pada nilai tegangan baterai sebesar 12 Volt atau setara 50 %, difungsikan sebagai pembatas pertama saat PLTS menyuplai beban. Sedangkan LVD 2 diatur pada nilai tegangan 11,6 Volt atau setara 20 %, difungsikan sebagai pembatas kedua. Jika tegangan baterai sudah menunjukkan nilai sama dengan atau kurang dari 12 Volt, maka LVD 1 bekerja, koil relay 1 aktif mentrigger kontak 9-1 yang semula NC menjadi NO dan kontak 9-5 yang semula NO menjadi NC sehingga suplai listrik untuk beban diambil alih oleh PLN secara otomatis. Apabila terjadi kondisi dimana PLN tiba-tiba padam sedangkan kondisi baterai masih kurang dari 50 %, maka LVD 2 akan bekerja, koil relay 2 aktif mentrigger kontak 9-1 dan 9-5 sehingga beban akan kembali disuplai oleh PLTS sampai dengan batas bawah yang disetting di pada LVD 2. Gambar 5 diperlihatkan diagram pengawatan panel kendali PLTS-PLN.



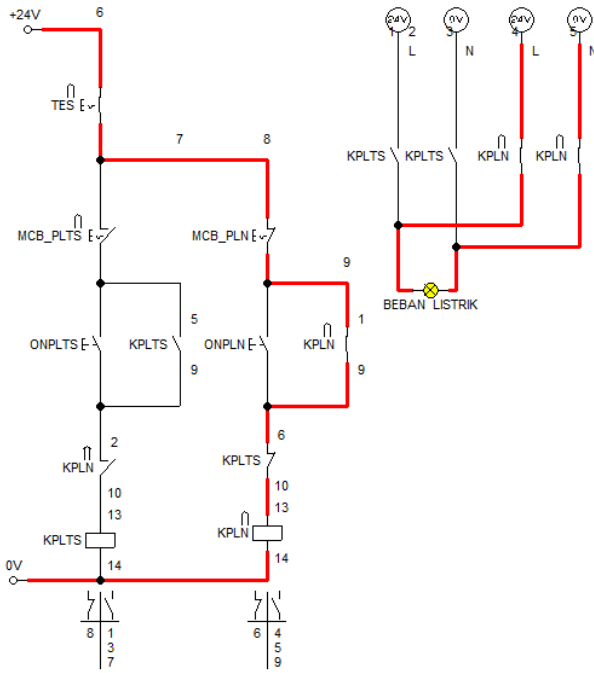
Gambar 5. Diagram Pengawatan Panel Kendali PLTS-PLN

### 3.5. Uji Coba Menggunakan *Software*

Pengujian hasil perencanaan rangkaian kendali PLTS-PLN dibuat dan diuji coba menggunakan simulasi *software Festo FluidSIM*. Hasilnya rangkaian kendali yang didesain dapat bekerja dengan baik. Pada saat tombol *ON* PLTS diaktifkan maka, koil PLTS aktif mentrigger kontak 5-9 yang semula *NO* menjadi *NC* dan kontak 6-10 yang semula *NC* menjadi *NO* sehingga beban listrik mendapatkan suplai dari PLTS seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6. Pada saat bersamaan listrik PLN tidak dapat ikut mensuplai beban dikarenakan koil PLTS masih aktif kontak PLN 2-10 masih dalam kondisi *NC*. Sistem ini dikenal dengan rangkaian *interlock*. Pada saat *MCB* PLTS dalam kondisi *off*, dan tombol *ON* PLN diaktifkan, maka koil PLN aktif mentrigger kontak 1-9 yang semula *NO* menjadi *NC* dan kontak 2-10 yang semula *NC* menjadi *NO* sehingga beban listrik mendapatkan suplai dari PLN seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7.

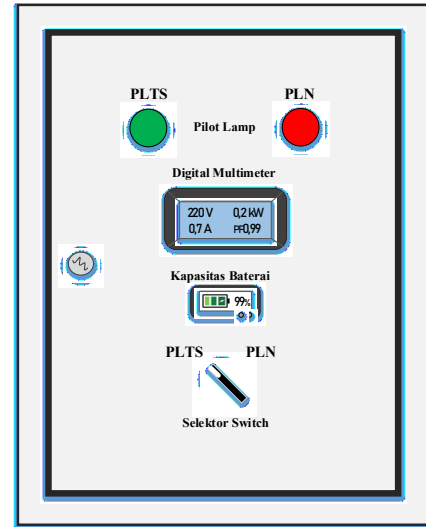


Gambar 6. Hasil Pengujian pada saat PLTS *ON*



Gambar 7. Hasil Pengujian pada saat PLN ON

(%) maupun dalam satuan tegangan (Volt). Gambar 8 dan Gambar 9 diperlihatkan desain tata letak komponen pada bagian depan dan bagian dalam box panel.

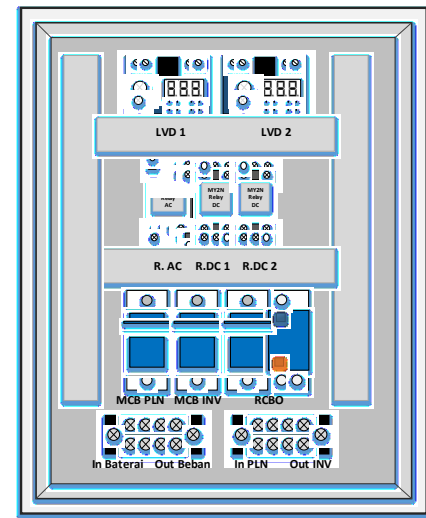


Gambar 8. Desain Box Panel Tampak Depan

### 3.6. Desain Tata Letak Komponen Dalam Box Panel

Box panel yang digunakan untuk mendesain dan meletakkan komponen-komponen kendali ATS menggunakan ukuran 20 x 30 cm. Rancangan panel kendali ini dimungkinkan untuk merubah sumber listrik utama yang akan digunakan, apakah bersumber dari PLTS ataukah dari PLN dengan cara memutar *selector switch*. Jika suplai listrik utama bersumber dari PLTS, maka perpindahan sumber listrik dari PLTS ke PLN berdasarkan nilai tegangan baterai yang diatur melalui LVD. Dan jika suplai listrik utama bersumber dari PLN, maka PLTS berfungsi hanya sebagai cadangan (backup) apabila listrik dari PLN padam.

Pada bagian depan box panel dipasang dua buah lampu indikator (pilot lamp) yang berfungsi sebagai indikator sumber listrik yang sedang aktif. Digital kWh meter dipasang guna memberikan informasi parameter-parameter kelistrikan seperti nilai tegangan (Volt), arus (Amper), daya (kW), energi listrik (kWh), faktor daya dan frekuensi (Hz). Adanya indikator baterai yang dipasang dapat memberikan informasi aktual terkait dengan kapasitas baterai, baik dalam satuan persentase



Gambar 9. Desain Box Panel Tampak Dalam

Tabel 4 diperlihatkan perkiraan biaya yang diperlukan untuk merealisasikan hasil rancangan panel kendali PLTS-PLN dengan total biaya sebesar Rp. 1.1780.000,-.

Tabel 4. Perkiraan Biaya Perancangan Panel Kendali PLTS-PLN

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Satuan	Qty	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Relai AC, Omron LY4	Koil 220 V, 10 A, 250 VAC, 125 VDC	Buah	1	100.000	100.000
2	Relai DC, Omron MY2N	Koil 12 V, 5 A, 250 VAC, 125 VDC	Buah	2	20.000	40.000
3	LVD	HCW-M635	Buah	2	70.000	140.000
4	Soket Relai LY4	-	Buah	1	20.000	20.000
5	Soket Relai MY2N	-	Buah	2	10.000	20.000
6	MCB AC	Schneider, 1 fasa, C4	Buah	2	85.000	170.000
7	RCBO	& %, 12-72 V	Buah	1	150.000	150.000
8	Indikator baterai	Displai volt & %, 12-72 V	Buah	1	75.000	75.000
9	Digital kWh meter	AC 220 V, Max 100 A	Buah	1	200.000	200.000
10	Selector switch	SS2511/2,25 mm, 5A,	Buah	1	15.000	15.000
11	Pilot lamp	22DS, LED 22 mm, AC 220 V	Buah	2	4.000	8.000
12	Terminal blok	TB-2504L, 4 pole, 25 A	Buah	2	10.000	20.000
13	Kabel	NYAF 1,5 mm, R & B	Meter	10	7.000	70.000
14	Box panel	Uk. 20x30x15 cm	Buah	1	150.000	150.000
<b>Total</b>						<b>1.178.000</b>

Sumber : Penulis, 2021

#### 4. Kesimpulan

1. Perencanaan panel kendali PLTS-PLN berdasarkan kapasitas baterai telah dipaparkan. Hasilnya penggunaan *relay AC LY4* dan peralatan *low voltage disconnect (LVD)* dengan tambahan *relay DC MY2N* dapat digunakan untuk mengatur proses perpindahan suplai listrik dari PLTS ke PLN atau sebaliknya secara otomatis.
2. Estimasi biaya yang diperlukan untuk merealisasikan rancangan tersebut sebesar Rp. 1.178.000.

#### 5. Saran

Perlu untuk ditambahkan sistem monitoring *real time* berbasis IoT untuk kondisi baterai dan energi listrik yang dihasilkan sehingga kondisi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat dipantau bahkan dikendalikan dari jarak jauh.

#### 6. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Banjarmasin melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai kegiatan penelitian tahun anggaran 2021.

#### 7. Daftar Pustaka

- [1] T. Hidayat, L. M. Hayusman dan R. Setiawan, "Integrasi Distributed Generation (DG) pada Sistem Distribusi 20 kV sebagai Upaya Mengurangi Losses dan Meningkatkan Profil Tegangan," *Jurnal Industri Inovatif.*, vol. 8, no. 2, pp. 22-26, 2018.
- [2] S. Prayogo, "Pengembangan Sistem Manajemen Baterai pada PLTS Menggunakan On-Off Grid Tie Inverter," *Jurnal Teknik Energi.*, vol. 9, no. 1, pp. 58-63, 2019.
- [3] Widjanarko, P. W. Wahyu Nugroho, A. Dani dan N. Alia, "Studi Implementasi Small PLTS Off Grid Berbasis Baterai LiFePO4 pada Rumah Tinggal Daya Tenaga Surya 200 Watt," *Jurnal Ilmiah Teknologi FST.*, vol. 13, no. 2, pp. 10-14, 2019.
- [4] A. F. Farizi dan D. A. Asfani, "Desain Sistem Monitoring State of Charge Baterai pada Charging Station Mobil Listrik Berbasis Fuzzy Logic dengan Mempertimbangan Temperature," *Jurnal Teknik.*, vol. 5, no. 2, pp. B278-B282, 2016.
- [5] R. T. Diantri, Erlina dan C. Widyastuti, "Studi Penyimpanan Energi pada Baterai PLTS," *Jurnal Energi & Kelistrikan.*, vol. 9, no. 2, pp. 120-125, 2017.
- [6] H. R. Iskandar, C. B. Elysees dan R. Ridwanulloh, "Analisis Performa Baterai Jenis Valve Regulated Lead Acid pada PLTS Off-Grid 1 kWp," *Jurnal Teknologi.*, Vol. 13, no.2, pp. 129-140, 2021.
- [7] A. Majid, "Perancangan Sistem Automatic Transfer Switch (ATS) sebagai Komponen

- Pelengkap Sistem Hybrid PLN-Sel Surya,” *Jurnal Teknik Elektro.*, vol. 7, no. 1, pp. 1-9, 2017.
- [8] I. Nugroho dan Jamaluddin, “Sistem ATS Hybrid dengan Daya PLTS dan PLN untuk Pompa Hidroponik Berbasis IOT,” *Procedia of Engineering and Life Science.*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [9] Wiranto, “Integrasi Solar Home System dengan Jaringan Listrik PLN Menggunakan Kendali Relay dan Kontaktor Magnet,” *Jurnal Teknik Elektro.*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [10] P. H. Ginting dan E. W. Sinuraya, “Perancangan Automatic Transfer Switch (ATS) Parameter Transisi Berupa Tegangan dan Frekuensi dengan Mikrokontroler ATMEGA 16,” *Jurnal TRANSMISI.*, vol. 16, no. 3, 2014.
- [11] E. Radwitya dan Y. Chandra, “Perencanaan PLTS On Grid Dilengkapi Panel ATS di Laboratorium Teknik Elektro Politeknik Negeri Ketapang,” *Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control (EPIC).*, vol. , no. 1, pp.52-58, 2020.
- [12] R. Pakpahan, D. N. Ramadan dan S. Hadiyoso, “Rancang Bangun dan Implementasi Automatic Transfer Switch (ATS) Menggunakan Arduino Uno dan Relay,” *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan.*, pp. 332-341, 2016.
- [13] E. Susanto, “Automatic Transfer Switch (Suatu Tinjauan),” *Jurnal Teknik Elektro.*, vol. 5, no. 1, pp. 18-21, 2013.
- [14] A. S. Grahadiastro, M. Mujiman dan G. Santoso, “Implementasi Automatic Transfer Switch PLN-PLTS serta Analisis Kemampuan Maksimal dalam Membackup Beban,” *Jurnal Elektrikal.*, vol. 3, no. 1, pp. 50-58, 2016.
- [15] L. M. Hayusman dan T. Hidayat, “Redesain Panel Kendali Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 400 Wp di Masjid Al-Ikhlas Perumahan Bumi Perkasa Regency Kabupaten Malang Jawa Timur,” *Buletin Profesi Insinyur.*, vol. 4, no. 2, pp. 62-69, 2021.
- [16] A. N. N. Chamim, A. P. Irwan and R. Syahputra, “Implementation of Automatic Transfer Switch on the Solar Home System at the Goat Farm Houses,” *Journal of Electrical Technology UMY.*, vol. 4, no. 2, pp. 79-86, 2020.16, no. 3, pp. 128-134, 2014.
- [17] H. S. Tira, A. Natsir dan M. R. Iqbal, “Pengaruh Sudut Surya Terhadap Daya Keluaran Sel Surya 10 WP Polycrystalline,” *Jurnal Teknik Mesin.*, vol. 7, no. 2, pp.69-74, 2018.
- [18] R. Hasrul, “Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif,” *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri.*, vol. 5, no. 3, pp. 79-8, 2021.
- [19] \_\_\_\_\_, Data Sheet Modul Surya MY SOLAR. Diakses pada hari Selasa 07 September 2021.  
<https://panelsuryajakarta.com/jual-solar-cell-150-wp-monocrystalline/>
- [20] \_\_\_\_\_, User Manual MPPT PowMR. Diakses pada hari Selasa 07 September 2021.  
[https://powmr.com/index.php?dispatch=attachments.getfile&attachment\\_id=28](https://powmr.com/index.php?dispatch=attachments.getfile&attachment_id=28)
- [21] Omron. 2010. Datasheet Omron LY Relay. Diakses pada hari Minggu 16 Mei 2021  
<http://www.kahael.com/download2.php?f=OMRON%20LY%20Relay.pdf>