

## DESAIN HIBRID PLN-PLTS DENGAN INSTALASI DC DI MASJID UWAIS AL QARNI SUDIANG MAKASSAR.

**Bakhtiar<sup>1)</sup>, dan Ruslan L<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Jurusan T. Elektro PNUP, Jl. P. Kemerdekaan Km 10, Makassar, 90245

<sup>2)</sup> Jurusan T. Elektro PNUP, Jl. P. Kemerdekaan Km 10, Makassar, 90245

E-mail : bakhtiar.listrik@poliupg.ac.id

### Abstract

The use of electrical energy from PLTS to supply loads can be done in 2 ways, namely with a Direct Current (DC) system and an Alternating Current (AC) system. To use PLTS with an AC system, an inverter is needed which functions to change the DC source to AC so that there is a loss of electrical energy on the inverter side of around 30% if the inverter efficiency is 70%. Therefore, this research designs PLTS by installing it on a load with a DC system to supply DC lights to reduce the use of AC lights supplied from PLN sources. To supply amplifiers and some AC lights are still supplied from PLN sources. This research was implemented at the Uwais Al Qarni Mosque, Sudiang Makassar. For a 50 W DC lamp load, 6 units are adjusted to prayer times, namely 18.00 – 20.00 and 04.00 – 06.00. PLTS design by calculating the load power, duration of use so that the total electrical energy is known to determine the capacity of the electrical energy storage battery, the size of the controller capacity and the capacity of the solar panels required. The total electrical energy required is 1200 WH so a PV panel capacity of 4 x 100 WP 12 V arranged in parallel is required, a controller capacity of 30 A 12 V and a battery capacity of 4 x 100 Ah 12 V arranged in parallel.

**Keywords:** Hybrid, PLN, PLTS, DC load

### Abstrak

Pemakaian energi listrik yang berasal dari PLTS untuk menyuplai ke beban dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan sistem *Direct Current* (DC) dan sistem *Alternating Current* (AC). Penggunaan PLTS dengan sistem AC maka diperlukan Inverter yang berfungsi merubah sumber DC menjadi AC sehingga ada kerugian energi listrik disisi inverter sekitar 30 % kalau efisiensi inverternya 70 %. Olehnya itu Penelitian ini Mendesain PLTS dengan Instalasi ke beban dengan sistem DC untuk menyuplai lampu DC untuk mengurangi penggunaan lampu AC yang disuplai dari sumber PLN. Untuk menyuplai Amplifier dan sebagian lampu AC masih disuplai dari sumber PLN. Penelitian ini diimplementasikan di Masjid Uwais Al Qarni Sudiang Makassar. Untuk beban lampu DC 50 W 6 buah disesuaikan waktu shalat yaitu menyala jam 18.00 – 20.00 dan jam 04.00 – 06.00. Desain PLTS dengan menghitung daya beban, lama pemakaian sehingga total energi listrik diketahui untuk menentukan kapasitas baterai penyimpanan energi listrik, besarnya kapasitas kontroller serta kapasitas panel solar surya yang dibutuhkan. Total energi listrik yang dibutuhkan 1200 WH sehingga diperlukan kapasitas panel PV 4 x 100 WP 12 V tersusun paralel, kapasitas kontroller 30 A 12 V serta kapasitas baterai 4 x 100 Ah 12 V tersusun paralel.

**Kata Kunci:** Hibrid, PLN, PLTS, Beban DC

## PENDAHULUAN

Merupakan suatu kenyataan bahwa kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia, makin berkembang menjadi bagian tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi. Namun pelaksanaan penyediaan energi listrik

yang dilakukan oleh PT.PLN (Persero), selaku lembaga resmi yang ditunjuk oleh pemerintah untuk mengelola masalah kelistrikan di Indonesia, sampai saat ini masih belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik secara keseluruhan.

Keterbatasan kemampuan pembangkitan tenaga listrik PT. PLN yang melayani beban di Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat dan Sulawesi Tenggara menyebabkan sering terjadi pemadaman bergilir utamanya pada saat beban puncak sekitar jam 17.00 sampai 22.00. Untuk meminimalisir pemakaian energi listrik yang dihasilkan oleh PT. PLN pada saat beban puncak diperlukan sumber energi listrik pengganti. Pada penelitian ini didesain dan diimplementasikan pemanfaatan solar cell untuk mengganti sumber PT. PLN pada saat terjadi beban puncak untuk daya terpasang 900 VA. Langkah awal dilakukan pengukuran pemakaian energi listrik pada saat beban puncak yakni jam 17.00 sampai jam 22.00, diperoleh hasil energi listrik yang terbesar adalah 2200 Wh. Berdasarkan pemakaian energi listrik maka diperlukan panel solar cell 12 V, 100 Wp sebanyak 14 buah, baterai penyimpanan energi listrik 12 V, 100 Ah sebanyak 8 buah, pengontrolan pengisian baterai 24 V, 30 A dan inverter 24 V/ 220 V, 1000 W (Bakhtiar, 2016).

Untuk meminimalisir pemakaian energi listrik yang dihasilkan oleh PT. PLN pada waktu beban puncak diperlukan sumber energi listrik pengganti, dan dalam penelitian ini mendesain dan mengimplementasikan pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk mengganti sumber PT. PLN pada WBP. Sumber PLN akan menyuplai beban pada saat Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) yaitu jam 22.00-17.00 WITA, sedangkan sumber PLTS didesain untuk menyuplai beban Waktu Beban Puncak (WBP) yaitu jam 17.00-22.00 WITA. Perpindahan dari PLN ke PLTS ataupun sebaliknya dikontrol secara otomatis. PLTS pada siang hari akan menyimpan energi listrik ke baterai yang dikontrol dengan *Solar Charge Controller (CCR)*. Pemilihan SCC penting karena bagian ini yang mengontrol pengisian ke baterai dari sumber listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Optimalisasi pengontrolan SCC dapat dilakukan dengan memilih SCC yang mempunyai pengisian yang lebih baik. Penelitian ini menguji 3 buah SCC tipe PWM untuk melihat pengisian dan hasilnya SCC dengan merk S Series adalah terbaik di bandingkan dengan merk OEM dan merk Y-Solar (Bakhtiar, 2018).

Hasil penelitian untuk melihat efisiensi pengisian baterai PLTS menunjukkan bahwa pengukuran tegangan dan arus BCR tipe PWM menunjukkan lebih besar dibandingkan dengan BCR tipe MPPT, Daya pengisian paling besar panel PV ke baterai terjadi pada jam 11.00, untuk BCR tipe PWM besarnya 208,4 W sedangkan BCR tipe MPPT besarnya 165,8 W, serta bisa menjadi indikator untuk memilih BCR untuk meningkatkan efisiensi pengisian baterai adalah besarnya daya pengisian yang bisa disimpan ke baterai dari energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya, hasil penelitian ini menunjukkan tipe PWM lebih baik dibandingkan dengan tipe MPPT dari merk yang diuji (Bakhtiar, 2019).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat kondisi intensitas 1007 lux maka tegangan yang dihasilkan oleh panel sel surya 1, 2, dan 3 adalah 16,5 V, 18 V, dan 19 V. Arus yang dihasilkan oleh panel sel surya 1, 2, dan 3 pada kondisi intensitas 1007 lux adalah 5,3 A, 5,8 A dan 6,1 A dari ketiga merk panel sel surya yang berbeda dengan daya yang sama dapat diketahui bahwa panel sel surya 3 dengan merk shinyoku lebih baik dari pada kedua panel sel surya yang dibandingkan. Pada saat intensitas rendah yaitu 312 lux dapat diketahui tegangan dari panel sel surya 1, 2, dan 3 adalah 20 V, 17 V, dan 18 V, dan untuk arus yang dihasilkan ketiga panel sel surya yang berbeda dengan intensitas rendah yaitu 312 lux adalah 5,3 A, 5,8 A, dan 6,1 A, dapat diketahui bahwa panel sel surya 3 dengan merk visicom lebih baik dari pada kedua panel sel surya yang lain (Muhammad Otong, 2019).

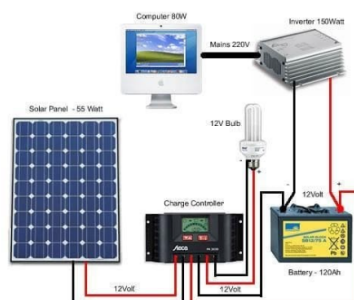
Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat kondisi intensitas 1007 lux maka tegangan yang dihasilkan oleh panel sel surya 1, 2, dan 3 adalah 16,5 V, 18 V, dan 19 V. Arus yang dihasilkan oleh panel sel surya 1, 2, dan 3 pada kondisi intensitas 1007 lux adalah 5,3 A, 5,8 A dan 6,1 A dari ketiga merk panel sel surya yang berbeda dengan daya yang sama dapat diketahui bahwa panel sel surya 3 dengan merk shinyoku lebih baik dari pada kedua panel sel surya yang dibandingkan. Pada saat intensitas rendah yaitu 312 lux dapat diketahui tegangan dari panel sel surya 1, 2, dan 3 adalah 20 V, 17 V, dan 18 V, dan untuk arus yang dihasilkan ketiga panel sel surya yang berbeda dengan intensitas rendah yaitu 312 lux adalah 5,3 A, 5,8 A, dan 6,1 A, dapat diketahui bahwa panel sel surya 3 dengan merk visicom lebih baik dari pada kedua panel sel surya yang lain (Reza Pahlevid, 2015).

## METODE PENELITIAN

Perancangan hibrid PLTS-PLN dilakukan di Lab / Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, untuk pengukuran, pengambilan data dan instalasi listriknya dilakukan di Masjid Uwais Al Qarni Sudiang Makassar.

Mengingat PLTS sangat tergantung pada kecukupan energi matahari yang diterima panel surya, maka diperlukan media penyimpan energi sementara bila sewaktu-waktu panel tidak mendapatkan cukup sinar matahari atau untuk penggunaan listrik malam hari. Baterai harus ada pada sistem PLTS terutama tipe *Off Grid*. Kebutuhan akan energi terbarukan pada masa energi fosil mulai menipis saat ini menjadikan penggunaan energi surya untuk memenuhi kebutuhan manusia akan energi menjadi pilihan yang tepat. Penggunaan energi matahari menjadi pilihan karena sifat sumber energi matahari yang tidak akan habis, serta penggunaan dan pengaplikasiannya yang mudah dibanding sumber energi terbarukan yang lain.

PLTS tidak memiliki daya konstan karena kapasitas keluarannya tergantung pada tingkat radiasi matahari yang selalu berubah setiap waktu. PLTS dinilai dari seberapa banyak energi yang bisa dihasilkan, bukan seberapa besar dayanya, kecuali pada sistem yang memiliki *storage system*. Oleh sebab itu, kapasitas suatu PLTS ditentukan oleh besarnya konsumsi energi suatu beban dalam suatu periode, yaitu dengan menggunakan harga rata-rata suatu beban pada suatu lokasi dalam periodenya. Kapasitas komponen utama ditentukan sesuai tipe dan desain dari PLTS yang akan dibangun. Pada sistem PLTS, menghitung kapasitas masing-masing komponen, sangat penting karena jika kapasitas komponen terlalu kecil, maka sistem tidak dapat memenuhi kebutuhan energi yang diinginkan, tetapi jika kapasitasnya terlalu besar, maka biaya untuk PLTS akan sangat besar. Sistem PLTS memiliki komponen utama yaitu: panel surya, *inverter*, *solar charge controller* (SCC) dan *storage system* (*Battery*). Sistem PLTS diperlihatkan gambar 1 di bawah.



Gambar 1. Diagram PLTS

Pada malam hari, panel surya tidak menghasilkan listrik, karena tidak terdapat lagi sumber energi, yaitu matahari, maka peran baterai penyimpanan energi listrik sangat penting sekali pada sistem off grid.

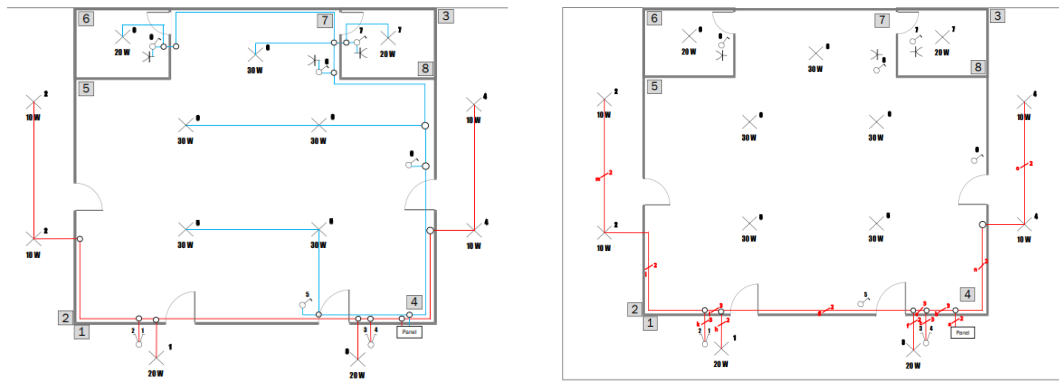
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Energi surya merupakan sumber energi alternatif yang saat ini banyak digunakan, karena ramah lingkungan, tidak menimbulkan polusi, dan perawatan yang mudah. Umumnya pemanfaatan energi surya yang digunakan di Indonesia terdapat di daerah yang terisolir dari jaringan listrik (*off grid*) dan hanya memanfaatkan listrik yang dari panel surya untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam rumah. Saat siang hari, listrik yang dihasilkan panel surya akan disimpan ke baterai, dan daya yang tersimpan dalam baterai akan digunakan untuk kebutuhan listrik saat malam hari.

Hal yang sangat penting dalam proses pengisian baterai yaitu mengetahui kondisi kapasitas pengisian sudah pada tahapan berapa persen atau biasa disebut Soc (*state of charge*). Parameter yang umum digunakan untuk memperkirakan kapasitas baterai adalah tegangan pada baterai, semakin penuh kapasitas baterai, maka nilai tegangan baterai juga semakin naik. Dengan mengetahui parameter batas pengisian maksimal, maka akan mencegah baterai dari pengisian berlebihan yang dapat mengakibatkan masa pakai baterai berkurang.

Masjid Uwais Al Qarni berlokasi di Kelurahan Sudiang Raya Kecamatan Birngkanaya. Pembangunannya dimulai 17 Agustus 2020 dan sudah digunakan shalat berjamaah awal tahun 2022. Alhamdulillah kegiatan di Masjid Uwais Al Qarni selain untuk shalat berjamaah juga digunakan untuk pembinaan dan perbaikan bacaan Al Qur'an santari anak-anak 23 orang, ibu-ibu Dirosa dan Bapak sekitar 27 orang. Kegiatan lainnya adalah Taklim setiap hari Ahad dengan 4 Ustadz yang gantian sesuai jadwal.

Masjid ini 3 lantai, lantai 1 dan 2 untuk digunakan shalat berjamaah dan lantai 3 diperuntukkan untuk santri tahfidz. Sampai saat ini baru lantai 1 yang difungsikan dan lantai 2 dan 3 masih tahap pembangunan. Gambar dan desain titik lampu AC dan DC serta gambar wiring instalasi seperti gambar 2.



Gambar 2. Wiring Instalasi AC 220 V dan Instalasi DC 12 V

Target pemakaian energi listrik menggunakan sumber suplai dari PLTS yaitu beban lampu DC 12 V, 50 W berjumlah 6 buah lampu. Lampu ini menyala pada saat shalat Magrib sampai Isya atau jam 18.00 – 20.00 WITA serta shalat Subuh sampai pagi atau jam 04.00 – 06.00. Sehingga diperlukan energi listrik suplai PLTS seperti tabel 1.

Tabel 1.

Pemakaian Energi Listrik

Lampu DC	Daya ( W )	Durasi ( Jam )	E.Listrik (WH)
Lampu 1	50	4	200
Lampu 2	50	4	200
Lampu 3	50	4	200
Lampu 4	50	4	200
Lampu 5	50	4	200
Lampu 6	50	4	200
Total Energi Listrik			1.200

Pemakaian total energi listrik pada waktu shalat Magrib-Isya dan Subuh adalah 1.200 WH merupakan penentuan awal untuk merancang sistem PLTS.

$$E_A = 1.200 \text{ WH}$$

Dengan memperhitungkan rugi-rugi pada sistem sebesar 15 % karena keseluruhan komponen sistem yang digunakan masih baru (Mark Hankins, 1991: 68), maka total energi sistem yang disyaratkan adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 E_T &= E_A + \text{rugi sistem} \\
 &= E_A + (15 \% \times E_A)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned} &= 1.200 + (15 \% \times 1.200) \\ &= 1.380 \text{ WH} \end{aligned}$$

Untuk menghitung kapasitas daya panel solar cell yang dibutuhkan, akan sangat tergantung dari besarnya energi listrik beban yang akan disuplai dan radiasi matahari harian yang tersedia di lokasi. Jam matahari ekivalen suatu tempat ditentukan berdasarkan peta insolasi matahari dunia yang dikeluarkan oleh Solarex (*Solarex, 1996*). Berdasarkan peta insolasi matahari dunia, diperoleh ESH untuk wilayah Sulawesi = 4,5

Faktor penyesuaian pada kebanyakan instalasi PLTS adalah 1,1 (Mark Hankins, 1991 *Small Solar Electric System for Africa* page 68). Kapasitas daya modul surya yang dihasilkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Daya Panel} &= \frac{E_T}{\text{Insolasi Matahari}} \times \text{faktor penyesuaian} \quad (2) \\ &= \frac{1.380}{4,5} \times 1,1 \\ &= 337,33 \text{ WPeak} \end{aligned}$$

Sehingga besarnya kapasitas daya panel solar cell dalam rancangan ini adalah 400 WP, 12 V. Kalau menggunakan panel solar cell 100 WP, 12 V maka diperlukan 4 buah dihubung paralel. Karena keterbatasan dana maka dalam implementasi di lapangan hanya menggunakan 2 buah panel solar cell 100 WP, 12 V.

Baterai (Aki) berperan sebagai penyimpan listrik DC yang dihasilkan oleh panel solar cell. Parameter yg terkait dengan penyimpanan listrik dalam baterai adalah tegangan (Voltage) dan Ampere Hour (AH) atau Ampere Jam. Satuan energi (dalam WH) dikonversikan menjadi AH yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} AH &= \frac{E_T}{V_S} \quad (3) \\ &= \frac{1.200}{12} \\ &= 100 \text{ AH} \end{aligned}$$

Hari otonomi yang ditentukan adalah 3 hari, jadi baterai dapat menyimpan energi dan menyalurkannya selama 3 hari. Besarnya deep of discharge (DOD) pada baterai adalah 80% (Mark Hankins, 1991: 68), sehingga kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{AH \times d}{DOD} & (4) \\ &= \frac{100 \times 3}{0,80} \\ &= 375 AH \end{aligned}$$

Dalam rancangan ini menggunakan baterai 12 V, 100 AH, sebanyak 4 buah, dipasang paralel. Untuk implementasi di lapangan menggunakan baterai 12 V, 100 AH 1 buah.

*Battery Charge Regulator* (BCR) mempunyai dua fungsi utama. Fungsi utama sebagai titik pusat sambungan ke beban, modul sel surya dan beteraai. Fungsi yang kedua adalah sebagai pengatur sistem agar penggunaan listriknya aman dan efektif, sehingga semua komponen-komponen sistem aman dari bahaya perubahan level tegangan. Untuk menetapkan ukuran BCR dipakai istilah total Ampere (A) dan Voltage (V).

Beban pada sistem PLTS mengambil energi dari BCR. Kapasitas arus yang mengalir pada BCR dapat ditentukan dengan mengetahui beban maksimal yang terpasang dalam hal ini daya terpasang pada tempat penelitian 300 W. Dengan beban maksimal tegangan sistem adalah 12 volt maka kapasitas arus yang mengalir di BCR adalah:

$$\begin{aligned} I_{maks} &= \frac{P_{maks}}{V_s} & (5) \\ &= \frac{300}{12} \\ &= 25 A \end{aligned}$$

Jadi kapasitas BCR yang digunakan adalah 30 A, 12 V.

## SIMPULAN

Rancangan sistem PLTS untuk menyuplai listrik DC pada waktu shalat Magrib, Isya dan Subuh di Masjid Uwais Al Qarni adalah dengan menghitung daya beban, lama pemakaian sehingga total energi listrik diketahui untuk menentukan kapasitas baterai penyimpanan energi listrik, besarnya kapasitas kontroller serta kapasitas panel solar surya yang dibutuhkan.

Total energi listrik yang dibutuhkan 1200 WH sehingga diperlukan kapasitas panel PV 4 x 100 WP 12 V tersusun paralel, kapasitas kontroller 30 A 12 V serta kapasitas baterai 4 x 100 Ah 12 V tersusun paralel.



**REFERENSI**

- Bakhtiar, Tadjuddin, Ruslan, “Pengembangan Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Listrik pada Saat Beban Puncak PLN”, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri IV Politeknik ATI, pp 167-173, November 15-16, 2016.
- Bakhtiar, Tadjuddin, “Optimalisasi Pengontrolan Pengisian Baterai Hibrid PLTS-PLN pada Waktu Beban Puncak”, Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, pp. 170-175, November 10-11, 2018.
- Bakhtiar, Tadjuddin, “Peningkatan Efisiensi Pengisian Baterai Pembangkit Listrik Tenaga Surya”, Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, pp. 131-136, November 2-3, 2019.
- Muhammad Otong, Didik Aribowo, Rizky Wahyudi, “Perancangan Modular Baterai Lithium Ion untuk Beban Lampu Led” Jurnal Ilmiah Setrum. Volume 8, No.2, pp. 260-273, Desember 2019.
- Reza Pahlevid, “Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya”, Skripsi Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, Januari 28, 2015