IMPLEMENTASI PLTS SEBAGAI PENGGANTI SUMBER ENERGI LISTRIK UTAMA RUMAH TANGGA 1300VA

Hendra Setiawan

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

Email: hendra.setiawan@uii.ac.id

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sistem pembangkit energi baru dan terbarukan (EBT) yang cukup menjanjikan di masa depan. Pada makalah ini, disajikan proses perancangan, implementasi, dan analisis hasil sistem PLTS sebagai sumber energi listrik utama di sebuah rumah yang sebelumnya menggunakan sumber PLN 1300VA. Sistem PLTS yang dibangun digunakan untuk memosok keperluan sebuah rumah yang penggunaan listrik berkisar antara 10,529kWh sampai dengan 22,37kWh per hari. Hasil kajian didapatkan PLTS bertipe hybrid off-grid dengan spesifikasi komponen utama adalah panel surya 3,2kWp, inverter 3000W, dan batere LiFePO4 48V 200Ah. Untuk membangun PLTS tersebut diperlukan investasi awal mendekati 53 juta rupiah. Selama 4 bulan implementasi, total energi yang dihasilkan dari panel surya sebesar 1478kWh. Sistem PLTS berhasil menjadi sumber energi utama di siang hari walupun kondisi sedang berawan atau hujan, dan belum pernah terjadi listrik padam karena tidak tersedianya pasokan dari PLTS dan PLN.

Kata kunci: Batere, Inverter, Off-Grid, Listrik, Panel Surya

ABSTRACT

A Solar Power Plant (SPP) is one of the renewable energy generation systems that are promising in the future. In this paper, we present the process of designing, implementing, and analyzing the results of the SPP system as the main source of electricity in a house that previously used a 1300VA PLN source. The SPP system is installed to supply electricity demand between 10,529kWh to 22.37kWh per day. The SPP design recommendation is a hybrid off-grid consist of 3.2kWp solar panels, 3000W inverters, and 48V 200Ah LiFePO4 batteries. The total initial investment to develop the SPP is 53 million rupiah. During 4 months of implementation, the total energy generated from solar panels is 1478kWh. The SPP system has succeeded as the main energy source even though the conditions are cloudy or rainy, and there is no power backout due to the failure of supplies from both PSS and PLN.

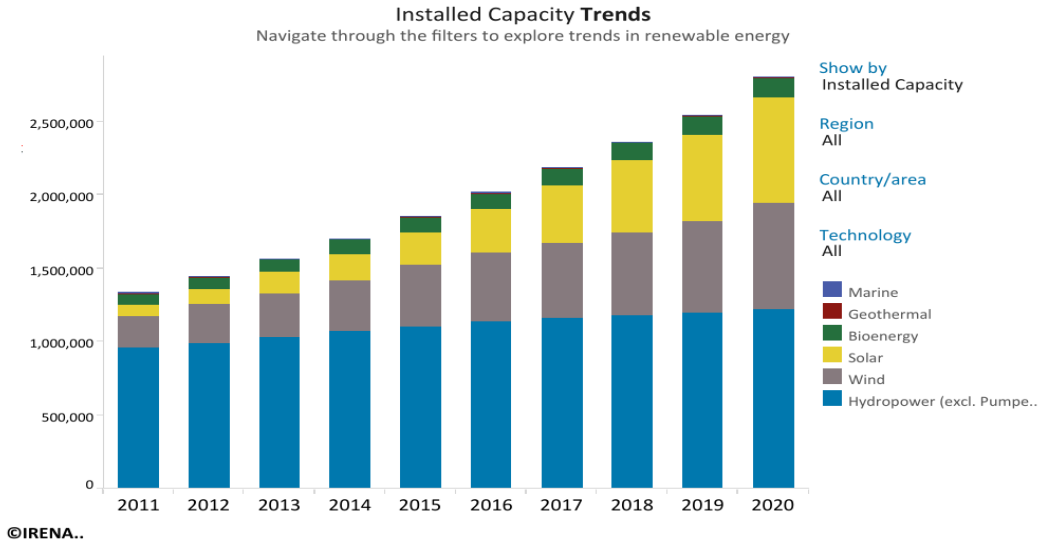
Keywords: Battery, Inverter, Off-Grid, Solar Power Plant, Solar Panel

PENDAHULUAN

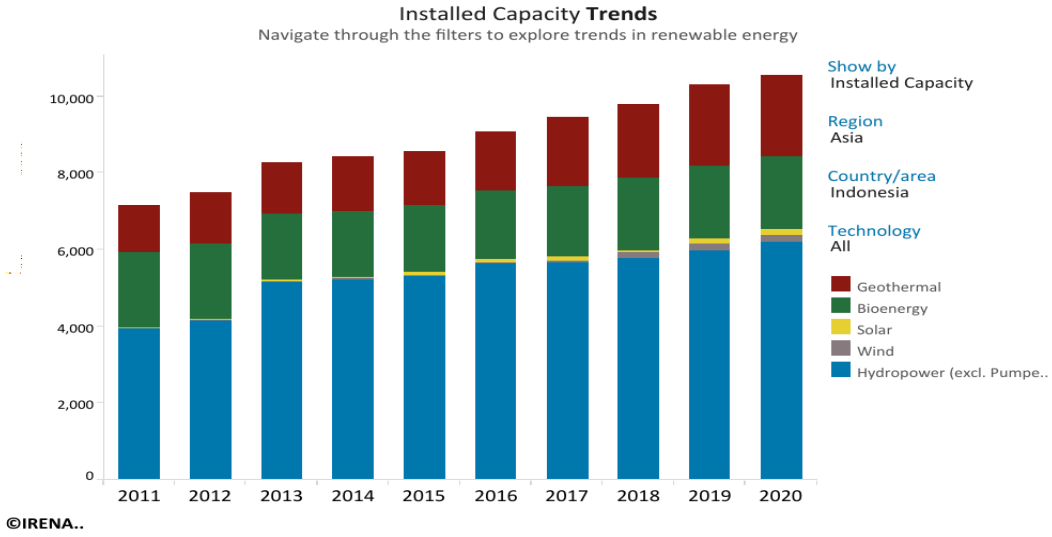
Indonesia berada di daerah yang mendapat intensitas sinar matahari sangat besar sekitar 3.6 – 6 kWh/m^2/hari atau setara dengan 1,170 – 1,530 kWh per tahun. (Solargis, 2018). Oleh karena itu pembangkit listrik tenaga surya menjadi sumber energi listrik alternatif yang patut

ISBN: 978-623-6572-45-0

diperhitungkan dan dikembangkan (Nayak, 2019). Secara global, potensi energi surya ini sudah mulai berkembang dengan pesat, Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1, energi surya adalah sumber energi terbarukan yang tumbuh paling cepat dengan penambahan pembangkit listrik tenaga surya pada tahun 2019 dan 2020 mencapai tambahan 126 GW (IRENA, 2021). Berdasarkan sumber yang sama, penerapan energi matahari di Indonesia sebagai energi baru dan terbarukan (EBT) masih sangat minim yaitu hanya 172MW atau 1,6% dari total 10,5GW sumber EBT yang digunakan (gambar 2).



Gambar 1. Tren perkembangan energi baru dan terbarukan di dunia



Gambar 2. Tren perkembangan energi baru dan terbarukan di Indonesia

Pemerintah Indonesia memandang serius permasalahan terkait energi ini dengan membentuk dewan energi nasional (DEN) pada tahun 2007. Selain itu, melalui Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 (PP, 2014), tetang kebijakan energi nasional telah menjadikan PLTS sebagai prioritas sumber energi terbarukan yang akan dikembangkan di Indonesia untuk mencapai target energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Kemudian peraturan pemerintah tersebut diturunkan kedalam peraturan presiden no.22 tahun 2017 (Perpres, 2017) tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Dalam PP tersebut disebutkan tentang potensi teknis surya di setiap provinsi di Indonesia. Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu provinsi yang mempunyai potensi teknis yang rendah yaitu hanya 996MW dengan target total kapasitas terpasang di tahun 2020 sebesar 8MW. Untuk mencapai sasaran pengembangan PLTS tersebut, terdapat beberapa kegiatan yang dilakukan yang salah satunya adalah memberlakukan kewajiban pemanfaatan sel surya minimal 25% dari luas atap (*rooftop*) bangunan rumah mewah, komplek perumahan dan apartemen.

Dalam rangka mendukung kebijakan tersebut, diperlukan berbagai kajian penerapan PLTS untuk sistem kelistrikan perumahan maupun gedung. Beberapa kajian yang telah dilakukan diuraikan berikut ini. Kajian penerapan PLTS off-grid dilakukan oleh Hasanah dkk, 2018, di Gedung Sekolah Tinggi Teknik – PLN. Penelitian tersebut bertujuan mendapatkan data total harmonik distorsi tegangan (THDv) dan total harmonik distorsi arus (THDi) PLTS yang terpasang di STT-PLN. Namun, tidak ada informasi spesifikasi lengkap sistem PLTS yang diterapkan tersebut. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa nilai THDi dan THDv masih di atas batas standar yang ditetapkan yaitu sebesar 5%. Kajian terkait penerapan PLTS lainnya dilakukan oleh Naim&Wardoyo, 2017, yang menerapkan PLTS on-grid 1500 watt di sebuah desa di provinsi Sulawesi Selatan. Pada sistem PLTS tersebut, jaringan PLN tetap menjadi pemasok utama, sedangkan PLTS sebagai *back-up*. Untuk membangun sistem tersebut diperlukan komponen berupa 6 buah Photovoltaic berkapasitas 250 Wp, *Solar Charge Controller* jenis MPPT berkapasitas 1500 Watt, AKI basah 2×100Ah dan 2×60Ah dengan tegangan 24 Volt dan kapasitas 160Ah, dan sebuah inverter jenis *Pure Sine Wave* dengan kapasitas 1500 Watt. Namun tidak ditemukan alasan pemilihan komponen tersebut dan tidak ada bahasan terkait unjuk kerja PLTS yang telah dibangun.

Kajian lain terkait PLTS dilakukan oleh terkait Syafii dkk, 2019, dengan bahasan terkait strategi pembebanan pada PLTS *off-grid*. Hasil kajian yang dilakukan didapatkan suatu

ISBN: 978-623-6572-45-0

rekomendasi strategi manajemen pembebanan PLTS dapat meningkatkkan lama operasi PLTS. Strategi yang direkomendasikan adalah pada saat sisa kapasitas baterai 15% dan PLN tersedia, sakelar pasokan akan dialihkan ke PLN. Sisa 15% kapasitas baterai PLTS dapat digunakan untuk mempertahankan pasokan listrik ke beban rendah sekiranya PLN padam. Strategi tersebut diklaim dapat meningkatkan kontinuitas suplai energi listrik. Namun pengujian yang dilakukan bersifat simulasi dan belum diujicobakan di lingkungan yang sebenarnya, sehingga banyak parameter yang masih bersifat ideal dan tidak dipertimbangkan dalam pembahasannya.

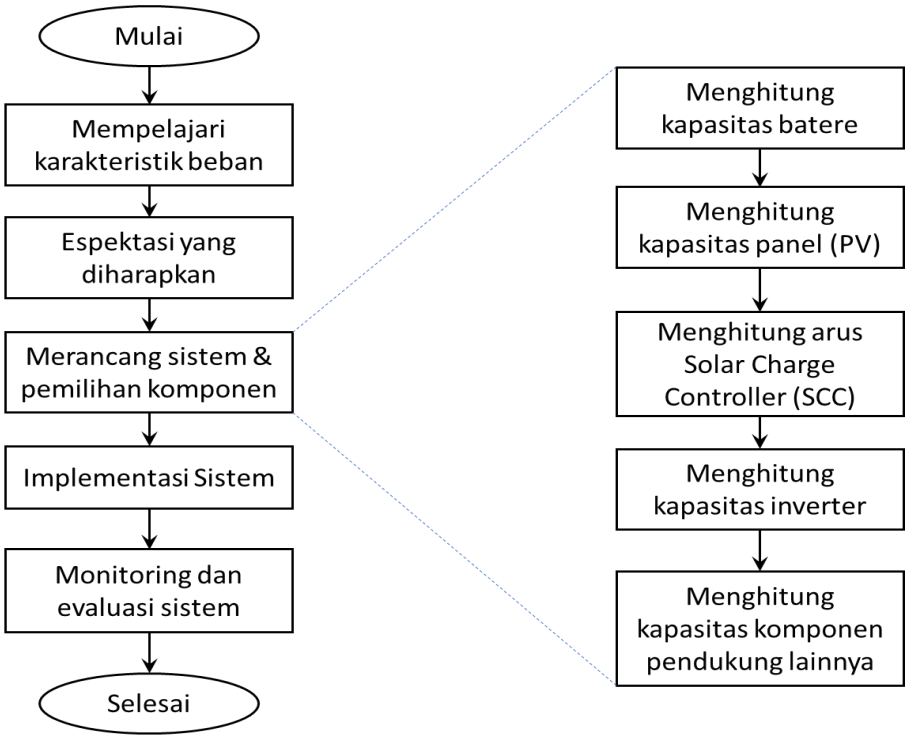
Terdapat juga penelitian yang membandingkan sistem PLTS off-grid dan on-grid, sebagaimana dilakukan oleh Jalaluddin dan Safarudin, 2020. Hasil kajian yang dilakukan di tingkat laboratorium diperoleh hasil bahwa pembuatan PLTS on-grid memerlukan biaya yang lebih rendah dibandingkan PLTS off-grid dan listrik PLN penuh. Namun dalam penerapatnnya, PLTS on-grid masih memerlukan listrik PLN. Sedangkan pada PLTS off-grid memerlukan biaya yang lebih besar daripada on-grid karena membutuhkan komponen batere sebagai penyimpan energi. Namun, dalam penelitian ini tidak dilakukan implementasi nyata dan menggunakan beberapa asumsi yang belum tentu tepat. Pertimbangan pemilihan bagian sistem juga tidak dijelaskan secara rinci, padahal suatu komponen dalam PLTS dapat memiliki rentang harga yang cukup lebar.

Kajian PLTS lainya dilakukan oleh Sepdian, 2021, yang merancang PLTS pada pelanggan listrik 900W. Hasil pengujian dalam skala laboatorium, dengan menggunakan panel surya 100Wp dan baterai 70Ah, diperoleh potensial energi yang dihasilkan sebesar 0,32 kWh sampai dengan 0,74 kWh per hari. Hasil perhitungan diperoleh potensi penghematan energi listrik sebesar 6% sampai 15% dari total 4,9kWh energi yang dibutuhkan oleh pelanggan listrik 900W per hari. Nilai ini tentu kurang mencukupi untuk pelanggan listrik yang ada di laur pulau Jawa yang umumnya sering terjadi pemadaman listrik. Untuk itu diperlukan rancangan dan impelemtasi yang lebih nyata.

Hasil kajian beberapa penelitian yang telah dipaparkan di atas, nampak bahwa, sebagian besar masih berupa rancangan atau simulasi ideal dengan beberapa asumsi. Perubahan yang terjadi setelah pemasangan PLTS juga tidak dijelaskan. Untuk itu, makalah ini berusaha menyajikan proses perancangan dan implementasi PLTS untuk perumahan yang berdaya 1300VA. Nilai investasi yang diperlukan dan unjuk kerja sistem setelah beberapa bulan juga disajikan salam makalah ini.

METODE PENELITIAN

Alur penelitian ini sampai dengan implementasi PLTS ditunjukkan pada Gambar 3. Pertama mempelajari karakteristik beban rumah yang akan dipasang PLTS. Dari proses ini akan diperoleh informasi yang berguna untuk menentukan kapasitas PLTS yang diperlukan. Selanjutnya menentukan ekpektasi sistem yang akan dibangun guna memilih satu dari beberapa alternatif yang mungkin. Berdasarkan data yang diperoleh di dua proses sebelumnya, dilakukan perancangan yang meliputi rincian sistem dan komponen yang terlibat di dalamnya. Proses perhitungan spesifikasi setiap komponen yang terlibat dirinci juga di Gambar 3. Setelah proses perancangan, dilakukan implementasi sistem dengan memperhatikan lokasi dan posisi yang paling menguntungkan untuk proses pemasangan dan pemeliharaan. Selanjutnya dilakukan proses monitoring dan evaluasi untuk mendapatkan efektivitas dan kemungkinan perbaikan sistem jika diperlukan. Beberapa parameter yang diamati adalah daya yang dihasilkan panel surya (*photovoltaic* = PV), total *cycle* batere, dan nilai kwh meter PLN.



Gambar 3. Alur penelitian yang dilakukan

ISBN: 978-623-6572-45-0

Lokasi penelitian adalah salah satu rumah di desa Sendangtirto, Kecematan Berbah, Kabupaten Sleman, yang sebelum penerapan PLTS menggunakan listrik PLN dengan kapasitas 1300VA. Beban yang ada di rumah tersebut dirinci dalam Tabel 1 berikut ini.

Berdasarkan data di atas, jumlah energi per hari yang diperlukan berkisar antara 10,529kWh sampai dengan 22,37kWh. Data tagihan listrik Dengan harga Rp.1.444,70 per kWh, maka biaya perbulan berkisar antara Rp.456.337,39 sampai dengan Rp.969.538,17. Sedangkan konsumsi daya per waktu tidak dapat ditentukan secara pasti karena penggunaan beban tidak dapat dipastikan waktunya, namun dengan memperhitungkan energi maksimal yaitu 22,37kWh perhari, maka daya rata-rata adalah 932 watt. Sehingga, batas daya 1300VA yang disediakan oleh PLN dapat terlampaui dengan mudah ketika beberapa beban besar hidup secara bersamaan. Hal ini diperparah dengan beberapa beban induktif yang memiliki karakteristik arus besar di awal penggunaannya.

Tabel 1. Rincian beban di rumah lokasi implementasi PLTS

Nama alat	Jumlah	Daya	Penggunaan per hari
Kulkas	1	120W	24 jam
Pompa air	1	125W	1 – 2 jam
	1	175W	1 – 3 jam
Mesin cuci	2	400W	2 – 3 jam
Televisi	1	60W	1 – 5 jam
Pendingin Ruangan	1	480W	4 – 8 jam
	1	450W	0 – 6 jam
Komputer PC	1	120W	2 – 6 jam
Kipas angin	2	30 W	20 – 24 jam
Treatmill	1	600W	0 – 2 jam
Setrika	1	300W	0 – 3 jam
Oven deck	1	100W	0 – 3 jam
Mixer roti	1	400W	0 – 1 jam
Vacuum cleaner	1	450W	0 – 1 jam
Penanak nasi	1	350W	0,5 – 4 jam
Lampu	1	20W	24 jam
	3	20W	8 – 10 jam
	1	15W	10 – 15 jam
	3	10W	10 – 12 jam

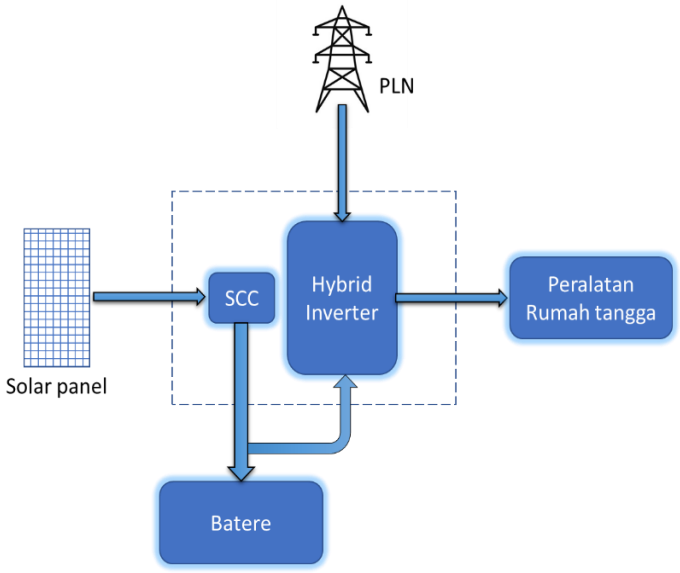
	2	7W	1 – 2 jam
	1	7W	24 jam
	3	9W	6 – 12 jam
	1	40W	10 – 12 jam

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mendapatkan karakteristik beban sebagaimana dijelaskan di bagian sebelumnya, pada bagian ini, dibahas mengenai proses dan hasil perancangan. Ekspektasi karakteristik sistem yang diharapkan sebagai berikut:

1. Sistem berjalan 24jam non-stop
2. Sumber utama dari PLTS dan PLN sebagai cadangan
3. Tidak terpengaruh oleh pemadaman/gangguan listrik PLN
4. Tidak ada penggantian komponen yang membutuhkan biaya besar sampai dengan nilai manfaat yang diperoleh sebanding dengan modal yang dikeluarkan

Berdasarkan karakteristik yang diharapkan di atas, maka sistem PLTS yang dibangun adalah jenis *hybrid off-grid*. Bagian utama yang terlibat dalam sistem tersebut adalah panel surya (PV), *solar charge controller* (SCC), batere, dan inverter sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 4. Selanjutnya penentuan spesifikasi untuk masing-masing bagian dijelaskan berikut ini.



Gambar 4. Diagram sistem *hybrid off-grid*

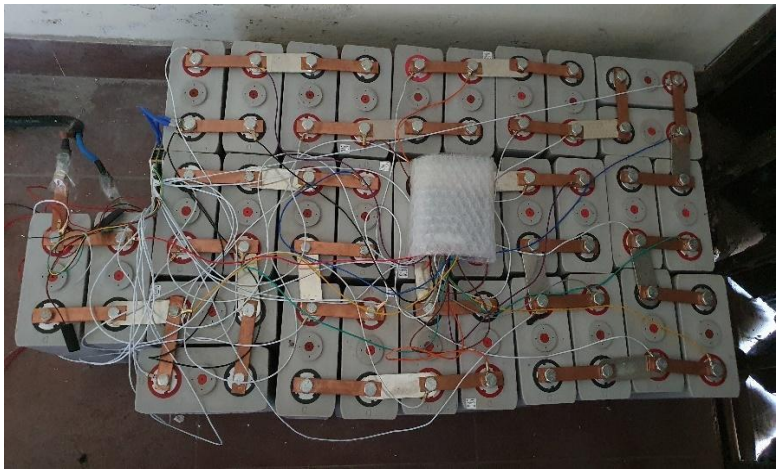
ISBN: 978-623-6572-45-0

Batere

Kapasitas batere yang diperlukan dihitung dari keperluan energi yang dibutuhkan untuk selang waktu tertentu. Keperluan energi listrik di siang hari dipenuhi dari panel surya bersamaan proses pengisian batere. Sedangkan pada malam hari energi yang tersimpan di batere menjadi sumber energi utama. Dari tabel 1 diketahui keperluan energi per hari antara 10,529kWh sampai 22,37kWh. Dengan asumsi penggunaan energi di siang dan malam hari sama, maka untuk mensuplai energi listrik di malam hari diperlukan batere dengan kapasitas 5,2645kWh sampai 11,185kWh. Dengan menggunakan nilai *Deep of Discard* (DoD) 80% maka kapasitas batere yang diperlukan antara 6,58kWh sampai dengan 13,98kWh.

Terdapat dua kelompok besar jenis batere yaitu batere asam timbal (*Lead Acid*) dan batere lithium. Berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan, diantaranya Cicconi dkk., 2019, dan Dufo dkk, 2021, didapatkan bahwa batere lithium memiliki umur (*life cycle*) yang lebih lama dibanding *Lead Acid* sehingga lebih menguntungkan secara ekonomi. Sehingga, dalam implementasi PLTS, digunakan batere lithium jenis LiFePO4 (*Lithium Ferro Phosphate* = LFP).

Ada beberapa pilihan sistem tegangan batere yang umum digunakan yaitu 12V, 24V, dan 48V. Di sistem PLTS yang dibangun ini dipilih 48V agar nilai arus yang mengalir sebelum masuk ke inverter cenderung lebih rendah sehingga rugi-rugi dapat diminimalisasi. Dengan tegangan 48V, maka kapasitas batere yang diperlukan adalah 137Ah sampai dengan 291Ah. Ketersediaan kapasitas batere yang ada di pasaran adalah 100Ah, 150Ah, 200Ah, dan 300Ah. Dalam implementasi PLTS tidak dipilih 150Ah karena terlalu berdekatan dengan batas bawah yang berakibat batere akan sering terkuras mendekali habis dan mempengaruhi umurnya. Dalam implementasi juga tidak digunakan 300Ah karena akan banyak tersisa sehingga tidak ekonomis. Akhirnya, di penelitian ini digunakan kapasitas 200Ah yang dinilai paling optimal. Batere yang sudah terangkai pada sistem 48V ditunjukkan dalam gambar 5.



Gambar 5. Batere yang digunakan dalam PLTS

Panel Surya

Panel surya berfungsi sebagai sumber energi utama di siang hari dan sekaligus mengisi batere untuk keperluan di malam harinya. Artinya pada siang hari, panel surya harus mampu mensuplai kedua hal tersebut. Total energi untuk keperluan rumah tangga di siang hari berkisar antara 5,2645kWh sampai 11,185kWh, sedangkan untuk mengisi batere diperlukan energi 9,6kWh. Dari informasi tersebut, panel surya harus mempunyai kemampuan menghasilkan energi sebesar minimal 14,8645kWh. Dengan asumsi waktu rata-rata sinar matahari terik adalah 5 jam, maka panel surya yang diperlukan berdaya 2972,9WP. Untuk mendapatkan kapasitas tersebut digunakan 8 buah panel dengan kemampuan daya masing-masing 410WP sehingga total diperoleh 3280WP. Delapan panel tersebut dirangkai dengan konfigurasi dua seri dan 4 paralel (2s4p). Gambar 6 menunjukkan penampakan panel surya setelah terpasang.



Gambar 5. Panel surya dalam PLTS

ISBN: 978-623-6572-45-0

SCC dan Inverter

Komponen SCC dan inverter yang digunakan tersedia dalam modul terpisah maupun telah menjadi satu. Dalam implementasi PLTS ini digunakan modul inverter yang sudah terintegrasi dengan SCC, sehingga tidak banyak perkabelan yang diperlukan. Parameter penting dalam perangkat ini adalah tegangan, arus, dan daya yang dapat ditangani oleh sistem. Tegangan yang digunakan sama dengan tegangan batere yaitu 48V. Arus SCC terkait dengan daya panel surya yang terpasang. Untuk 3280Wp dan tegangan 48V maka arus maksimal yang mengalir di SCC adalah 68A. Namun pada kenyataannya tidak akan mencapai nilai tersebut karena daya panel surya adalah daya maksimal. Kemudian inverter yang digunakan adalah jenis *hybrid off-grid* dengan kapasitas 3kW.

Komponen pendukung lainnya

Selain komponen utama yang telah dibahas sebelumnya, ada beberapa komponen tambahan lainnya yang nerfungsi sebagai penghubung, pengaman, dan pengaturan prioritas penggunakan daya. Komponen-komponen tersebut dituliskan dalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Komponen pendukung lainnya

Nama	Jumlah	Spesifikasi	Penggunaan
Kabel panel surya	20m	6mm^2	Koneksi panel surya ke SCC/inverter
Konektor MC4 2 to 1	4 pasang	-	Memparalel panel surya
Power distribution	2	1 in – 11 out	Memparalel panel surya
MCB DC	2	32A	Pengaman panel surya ke SCC/inverter
MCB DC	1	63A	Pengaman bater eke inverter
Kabel DC	3m	16mm^2	Koneksi batere ke SCC/inverter
BMS	1	16s; 100A	Battery management system untuk batere
Active balancing	1	16s; 1,2A	Untuk menyeimbangkan kapasitas setiap cell pada rangkaian batere

Hasil Pengamatan

Rumah yang dipasang PLTS awalnya merupakan pelanggan PLN pascabayar 1300VA dengan nilai tagihan per bulan lebih dari 500 ribu rupiah. Sistem PLTS mulai dipasang sejak 8 Mei 2021. Setelah pemasangan PLT terjadi penurunan tagihan di bulan Juni, Juli dan Agustus berturut-turut menjadi Rp. 213.013,00; Rp.83.884,00; dan Rp.83.884,00. Tagihan di bulan Juli dan Agutus

bernilai sama karena yang dibayarkan adalah biaya beban saja. Sedangkan dari catatan di kWh meter, penggunaan listrik PLN di bulan Juli dan Agustus hanya 13kWh dan 11 kWh. Dengan harga per kWh adalah Rp.1.444,70 maka yang seharusnya dibayarkan ke PLN adalah sekitar Rp.18.000 rupiah. Untuk itu sistem pelanggan yang awalnya pascabayar, sejak 5 Agustus 2021 diubah menjadi pelanggan prabayar dengan sistem pulsa. Pada awal pemasangan, pelanggan membeli pulsa sebesar 70 ribu rupiah dan mendapatkan nilai saldo 49kWh. Sedangkan sampai dengan 15 September 2021 nilai saldo yang tersisa masih 34kWh. Hal ini menunjukkan bahwa listrik masih diperlukan walaupun dengan jumlah yang kecil.

Sejak mulai beroperasi pada 8 Mei 2021 sampai dengan 15 September 2021 (±127 hari), tercatat energi yang masuk ke inverter sebesar 1478kWh, atau rata-rata 11,6kWh per hari. Nilai ini lebih kecil dari perkiraan semula yang seharusnya mencapai 14,8kWh, karena beberapa penyebab, yaitu:

(1) Tidak setiap hari sinar matahari cukup terik, sehingga asumsi hitungan waktu penyinaran 5 jam pada nenyataannya menjadi lebih kecil
(2) Ketika batere sudah mendekati penuh, maka SCC akan mengurangi pasokan arus yang masuk ke batere walaupun sinar matahari terik. Hal ini menyebabkan Sebagian energi yang ditangkap oleh panel surya dibuang.
(3) Pada siang hari kecenderungan penggunaan listrik lebih kecil dari malam hari, sehingga ketika batere sudah penuh dan keperluan energi siang hari kecil, maka akan ada sebagian energi yang ditangkap oleh panel surya tidak digunakan/dibuang

Apabila ditinjau dari kontinyuitas pasokan listrik dari panel surya, ada beberpa hal yang menjadi catatan penting yang diperoleh selama pengamatan beberapa bulan ini, yaitu:

(1) Pada kondisi terik, panel surya sanggup memasok energi ke rumah dan mengisi batere sampai penuh. Sehingga PLN tidak terpakai sama sekali. Walaupun demikian saldo di kWh meter tetap berkurang sebesar 0.3kWh per hari. Nilai setara dengan beban 12,5W menyala selama 24 jam.
(2) Tidak pernah pasokan energi listrik terputus karena tidak ada pasokan dari panel surya, batere habis, dan PLN mati.
(3) Pada kondisi berawan atau hujan di siang hari, pasokan energi dari panel hanya cukup untuk keperluan beban rumah tangga, namun tidak cukup untuk mengisi batere sampai

ISBN: 978-623-6572-45-0

penuh. Hal ini menyebabkan di malam hari setelah batere habis, sistem beralih ke PLN sebagai cadangan

Selanjutnya, pembahasan dari aspek ekonomi. Apakah biaya yang dikeluarkan untuk membangun sistem PLTS cukup menguntungkan dari segi ekonomi? Pertama, diperlukan informasi keperluan modal awal dalam membangun sistem PLTS perumahan 1300VA ini. Tabel 3 menyajikan rincian pembiayan yang diperlukan untuk pembelian komponen utama dan beberapa komponen pendukung yang harus disediakan di awal. Dari Tabel 3 tersebut diperoleh nilai investasi awal sebesar Rp. 52.861.000,00. Sedangkan rata-rata energi yang dapat dimanfaatkan oleh PLTS ini per hari adalah 11,6kWh, atau setara dengan Rp.16.758,52 per hari. Sehingga sistem PLTS ini akan mulai menguntungkan setelah berjalan selama 3154 hari atau sekitar 8,6 tahun. Perlu diingat bahwa biaya yang dimasukkan adalah pembelian komponen di awal, belum termasuk biaya pemasangan dan pemeliharaan. Jika dua komponen tersebut dimasukkan, maka diperlukan waktu yang lebih lama untuk dapat dinyatakan bahwa sistem PLTS mulai menguntungkan.

Tabel 3. Rincian pembiayaan di awal

Nama	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Total (Rp)
Panel surya @410WP	8	2.000.000,00	16.000.000,00
Batere LiFePO4 @3,2V 200Ah	16	1.600.000,00	25.600.000,00
Inverter 48V 3000W	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Kabel panel surya 6mm^2	20m	42.000,00	840.000,00
Konektor MC4 2 to 1	2 pasang	100.000,00	200.000,00
Power distribution	2	207.000,00	414.000,00
MCB DC 32A	2	260.000,00	520.000,00
MCB DC 63A	1	86.000,00	86.000,00
Kabel DC 16mm^2	4m	30.000,00	120.000,00
BMS 16s; 100A	1	1.100.000,00	1.100.000,00
Active balancer 16s; 1,2A	1	481.000,00	481.000,00
TOTAL			52.861.000,00

Terlepas dari besarnya biaya investasi di awal dan lamanya waktu untuk mencapai *break event point* (BEP), ada beberapa hal yang mendorong implementasi PLTS, yaitu:

(1) Daya yang bisa pasok dari PLTS adalah 3000W melebihi kemampuan pasok dari PLN yang hanya 1300VA. Hal ini menguntungkan karena MCB tidak trip walaupun digunakan untuk beban lebih dari 1300W.
(2) Tidak terdampak dengan pemadaman PLN. Kemungkinan dampak ini muncul ketika pemadaman terjadi di malam hari atau dalam jangka waktu lama sedangkan siang hari kondisi berawan. Sehingga sistem PLTS yang dipasang mampu menaikkan kontinyuitas pasokan energi listrik ke rumah
(3) Panel surya mempunyai usia pemakaian sampai dengan 25 tahun atau sekitar tiga kali lipat waktu mencapai BEP.
(4) Harga per kWh dari PLN sangat mungkin naik di masa depan, sehingga secara ekonomi waktu untuk mencapai BEP akan lebih cepat.
(5) Harga perangkat utama PLTS diperkirakan semakin menurun dengan efisiensi yang semakin tinggi.

Adapun dalam pemeliharaan, komponen utama yang perlu dimonitor adalah batere. Sesuai dengan spesifikasinya, LiFePO4 mempunyai usia lebih dari 2000 *cycle*. Jika diasumsikan sehari adalah satu *cycle* maka, usia batere sekitar 5,5 tahun. Namun usia batere bisa diperpanjang dengan meperhatikan menurunkan DoD (Cicconi dkk., 2019, dan Dufo dkk, 2021) dan memperhatikan batas tegangan pengisian dan pengosongan.

KESIMPULAN

Pada makalah ini, disajikan proses implementasi PLTS tipe hybrid off-grid sebagai sumber utama energi listrik di sebuah rumah yang sebelumnya menggunakan sumber PLN 1300VA. Hasil perhitungan di proses perancangan diperoleh spesifikasi komponen utama PLTS terdiri dari panel surya 3,2kWp, inverter 3000W, dan 48V batere LiFePO4 200Ah. Total investasi awal implementasi PLTS tersebut sekitar 53 juta rupiah. Selama 4 bulan implementasi, total energi yang dihasilkan dari panel surya selama 4 bulan sebesar 1478kWh. Sistem PLTS berhasil menjadi sumber energi utama di siang hari walupun kondisi sedang berawan atau hujan, dan belum pernah terjadi listrik padam karena tidak tersedianya pasokan dari PLTS dan PLN.

ISBN: 978-623-6572-45-0

DAFTAR PUSTAKA

Solargis, 2018. Global Horizontal Irradiation: Indonesia. https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/indonesia (Accessed 10 September 2021).

Nayak, C.K., Kasturi, K. and Nayak, M.R., 2019. Economical management of microgrid for optimal participation in electricity market. *Journal of Energy Storage*, *21*, pp.657-664.

IRENA, 2021. Renewable capacity statistics 2021. Available at: https://www.irena.org/, (Accessed 11 Spetember 2021).

Indonesia, P.R., 2014. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 79/2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. *Kebijakan Energi Nasional*.

Nomor, P.P.R.I., 22. Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*.

Hasanah, A.W., Koerniawan, T. and Yuliansyah, Y., 2018. Kajian Kualitas Daya Listrik PLTS Sistem Off-Grid Di STT-PLN. *Energi & Kelistrikan*, *10*(2), pp.93-101.

Naim, M. and Wardoyo, S., 2017. Rancangan Sistem Kelistrikan Plts On Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti. *Dinamika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, *8*(2), pp.11-17.

Syafii, S., Mayura, Y. and Muhardika, M., 2019. Strategi Pembebanan PLTS Off Grid untuk Peningkatan Kontinuitas Suplai Energi Listrik. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, *15*(3).

Jalaluddin, R. and Safarudin, Y.M., 2020, December. PERBANDINGAN BIAYA PERANCANGAN PLTS ON-GRID DAN OFF-GRID PADA LABORATORIUM LISTRIK PPSDM MIGAS. In *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, pp. 162-169.

Sepdian, S. and Isnen, M., 2021. Analisis Implementasi Panel Surya Pada Pelanggan Listrik 900W. *CYCLOTRON*, *4*(2)., pp. 8-12.

Cicconi, P., Postacchini, L., Pallotta, E., Monteriù, A., Prist, M., Bevilacqua, M. and Germani, M., 2019. A life cycle costing of compacted lithium titanium oxide batteries for industrial applications. *Journal of Power Sources*, *436*, p.226837.

Dufo-López, R., Cortés-Arcos, T., Artal-Sevil, J.S. and Bernal-Agustín, J.L., 2021. Comparison of lead-acid and li-ion batteries lifetime prediction models in stand-alone photovoltaic systems. *Applied Sciences*, *11*(3), p.1099.