

HYBRID ON-GRID SOLAR PANEL DENGAN ENERGY STORAGE PADA INSTALASI LISTRIK ENERGI TERBARUKAN PONDOK PESANTREN AL ANWAR BANTUL

Harry Prabowo, S.T., M.T.

*Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi,
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
harryprabowo@ugm.ac.id*

ABSTRAK

Energy storage merupakan sarana penyimpanan energi khususnya energi sinar matahari yang telah dikonversi menjadi energi listrik dan disimpan dalam piranti yang umum disebut sebagai *battere* atau *akumulator*. *Battere* yang dimaksud adalah memiliki tegangan dan arus listrik sebagai *volt* dan *ampere hour*, serta karakteristik *Deep of Discharge (DoD)* pada operasi *battere* yang *rechargeable*. *Hybrid On-Grid Inverter Solar Panel* pada instalasi listrik Pondok Pesantren Al Anwar, Bantul, Yogyakarta adalah *hybrid on-grid inverter* dengan *solar panel* yang beroperasi tahun 2019 tersambung membantu suplai daya listrik Pondok dari PLN. Apabila suplai daya listrik dari PLN sedang off, maka *hybrid on-grid inverter solar panel* tidak langsung mengambil alih suplai daya listrik PLN tersebut. *Hybrid on-grid inverter solar panel* ini, memiliki fungsi bekerja membantu suplai listrik dari PLN pada instalasi listrik bangunan Pondok Pesantren dengan memanfaatkan sinar matahari saat bersinar cukup terang. Malam hari suplai daya listrik Pondok tidak hanya dilayani dari jaringan listrik PLN tetapi terbantu suplai daya listrik dari *energy storage* yang terpasang. Sebelum terpasang *energy storage*, suplai daya listrik ke Pondok hanya terlayani pada siang hari atau pada saat ada matahari oleh *hybrid on-grid inverter solar panel* bersama suplai energi listrik dari PLN. Tahun 2022 Pondok memperoleh suplai daya listrik dari *hybrid on-grid inverter solar panel* dengan *energy storage* bersama suplai daya listrik dari PLN pada waktu siang dan malam. Dengan demikian PLN mensuplai daya listrik menjadi lebih ringan untuk Pondok baik di siang hari dan di malam hari. *Hybrid On-Grid Inverter* yang dipasang memiliki kapasitas hingga 5000 *Volt Ampere*, *Energy Storage* atau *Battere LiFePO₄* sebanyak 2 unit dengan masing-masing unit berkapasitas 48 *Volt 100 Ampere Hour*, serta *Solar Panel* atau *Photovoltaic* yang terpasang adalah *Monocrystalline 5 x 400 Watt Peak* sehingga berkapasitas total 2000 *Watt Peak*. Sementara saluran daya listrik dari PLN menuju ke instalasi listrik Pondok Pesantren adalah berkapasitas 3500 *Volt Ampere*.

Kata Kunci : Energy Storage, Battere LiFePO₄, Hybrid On-Grid Inverter, Photovoltaic.

ABSTRACT

Energy storage is a means of storing energy, especially solar energy which has been converted into electrical energy and stored in a device commonly referred to as a *battery* or *accumulator*. The battery in question is having a voltage and electric current as volts and ampere hours, as well as the characteristics of *Deep of Discharge (DoD)* in *rechargeable battery* operation. The *Hybrid On-Grid Inverter Solar Panel* at the Al Anwar Islamic Boarding School electrical installation, Bantul, Yogyakarta is a *hybrid on-grid inverter with solar panels* operating in 2019 connected to help supply the cottage's electric power from PLN. If the electric power supply from PLN is off, then the on-grid solar panel inverter hybrid does not immediately take over the

PLN electricity supply. This *hybrid on-grid inverter solar panel*, has the function of working to help supply electricity from PLN to the electrical installations of Islamic boarding schools by utilizing sunlight when it shines bright enough. At night the electricity supply for the cottage is not only served from the PLN electricity network but is assisted by the supply of electric power from the installed energy storage. Before energy storage was installed, the electricity supply to the cottage was only served during the day or when there was sun by a hybrid on-grid inverter solar panel together with electricity supply from PLN. In 2022, Pondok will receive electric power supply from a *hybrid on-grid inverter solar panel with energy storage* along with the electricity supply from PLN during the day and night. Thus PLN supplies electricity to be lighter for the Pondok both during the day and at night. The installed *Hybrid On-Grid Inverter* has a capacity of up to 5000 Volt Ampere, 2 units of *Energy Storage* or *LiFePO₄ Batteries* with each unit having a capacity of 48 Volts 100 Ampere Hours, and the *Solar Panel* or *Photovoltaic* installed is *Monocrystalline 5 x 400 Watt Peak* so that the capacity a total of 2000 Watt Peaks. Meanwhile, the electric power line from PLN to the Pondok Pesantren's electrical installation has a capacity of 3500 Volt Ampere.

Keyword : Energy Storage, Batterie LiFePO₄, Hybrid On-Grid Inverter, Photovoltaic.

1. PENDAHULUAN

Pondok Pesantren Al Anwar, Bolon, Bantul, Yogyakarta berdiri sejak 22 Desember 1998. Pondok pesantren ini menerima santri yang tergolong dari keluarga dengan dukungan keuangan mampu dan tidak mampu, serta menerima santri yatim dan atau piatu. Santri yang masuk adalah terkategori umur dari usia sekolah taman anak-anak, usia sekolah dasar, hingga usia sekolah menengah pertama. Pimpinan Pondok Pesantren pada saat implementasi program *renewable energy* ini adalah Bapak K.H. Aris Munawar.

Bangunan Pondok Pesantren Al Anwar, Bolon, Bantul, Yogyakarta tersambung dengan saluran tenaga listrik dari PLN dengan kapasitas 3500 Volt Ampere (VA). Kapasitas tersebut termasuk golongan tarif S2 : 3500 VA, belum mengalami kenaikan tarif atau subsidi. Sedangkan golongan tarif R2 : 3500 VA–5500 VA, per 1 Juli 2022

menurut PLN, mengalami kenaikan tarif. Tarifnya disesuaikan dari Rp 1.444,7 per kilowatt hour (kWh) menjadi Rp1.699,53 per kWh.

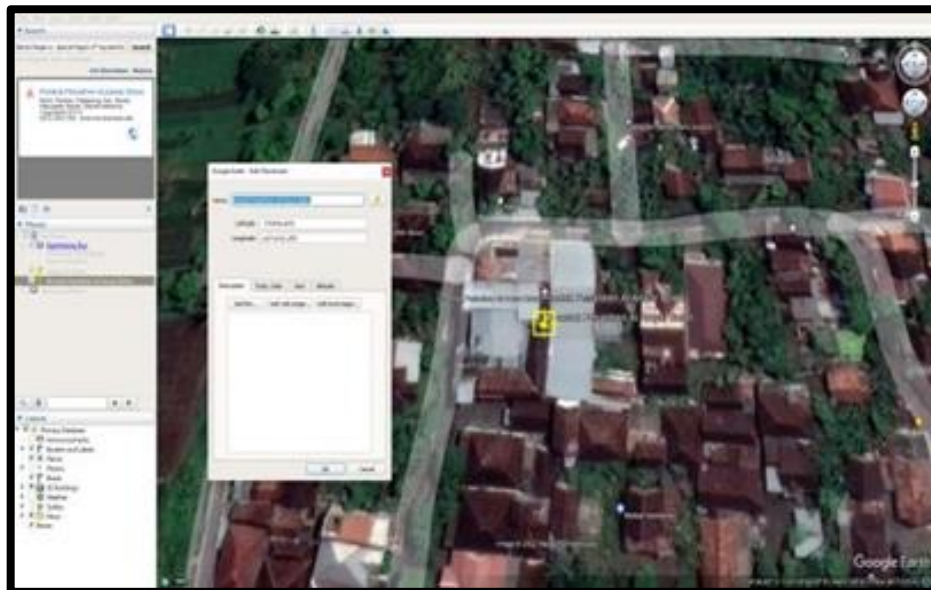
Tarif listrik S2 : 3500 VA tersebut, bagi Pondok Pesantren Al Anwar sedikit berpengaruh pada biaya operasional pondok pesantren, khususnya biaya listrik per bulan. Hal ini dikarenakan, sejak tahun 2019, Pondok Pesantren Al Anwar telah memasang *rooftop photovoltaic without energy storage*, dan penggantian (*retrofit*) lampu CFL (*Compact fluorescent lamp*) atau lampu neon kompak yang sering disebut sebagai lampu hemat energi (LHE), dengan *white LED* untuk penerangan.

Sistem *rooftop photovoltaic* yang terpasang pada tahun 2019 adalah *hybrid on-grid inverter solar panel without energy storage*. Kapasitas *photovoltaic* total adalah 2000 Watt Peak. Dengan demikian biaya operasional listrik pondok pesantren pada tahun 2019, 2020, hingga 2021, tidak

mengalami kenaikan biaya listrik. Tahun 2022 pada bulan Juni memasuki bulan Juli, terbit peraturan baru PLN tentang penyesuaian tarif listrik untuk golongan tarif R2. Walaupun demikian, Pondok Pesantren tergolong tarif S2, telah bersiap diri bilamana akan dikenai atau mengalami kenaikan tarif listrik PLN, yakni untuk melakukan update fungsi kerja dari *hybrid on-grid inverter solar*

panel without energystorage menjadi *hybrid on-grid inverter solar panel with energy storage*.

Pondok Pesantren Al Anwar terletak di Dusun Bolon, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, sesuai letak posisi menurut foto udara *Google Earth* :



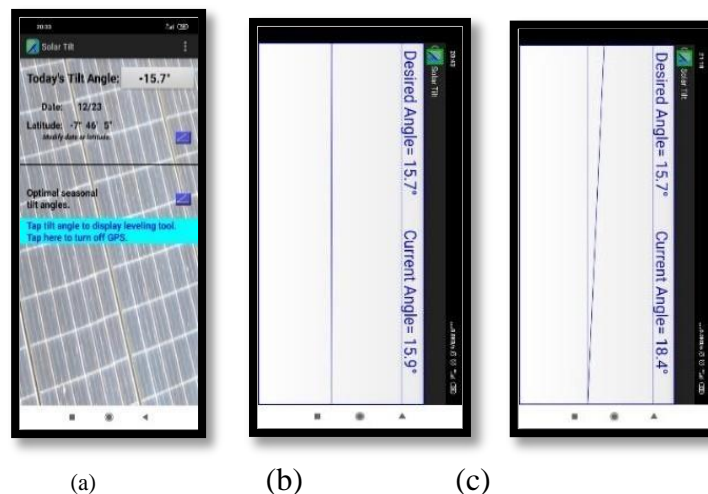
Gambar 1. Letak Pondok Pesantren Al Anwar menurut *Google Earth*.

Letak Pondok menurut *Google Earth* dalam Gambar 1, tersebut adalah pada posisi *Latitude* $7^{\circ}54'30.84''S$ dan *Longitude* $110^{\circ}19'25.25''E$.

Informasi tersebut dimanfaatkan untuk menentukan pemasangan kemiringan panel *photovoltaic* ke arah utara pada *rooftop* pondok sesuai program aplikasi *Solar Tilt*. Program aplikasi *Solar Tilt* adalah program aplikasi yang diunduh dan dipasang pada perangkat *smart phone*. Aplikasi tersebut membantu menentukan besarnya sudut kemiringan dan arah utara panel *photovoltaic*. Berikut Gambar 2, *Print Screen* program aplikasi *Solar Tilt*.

Sudut yang terukur dari hasil deteksi kemiringan oleh *smart phone* tersebut, diterapkan pada pemasangan panel surya ke arah utara.

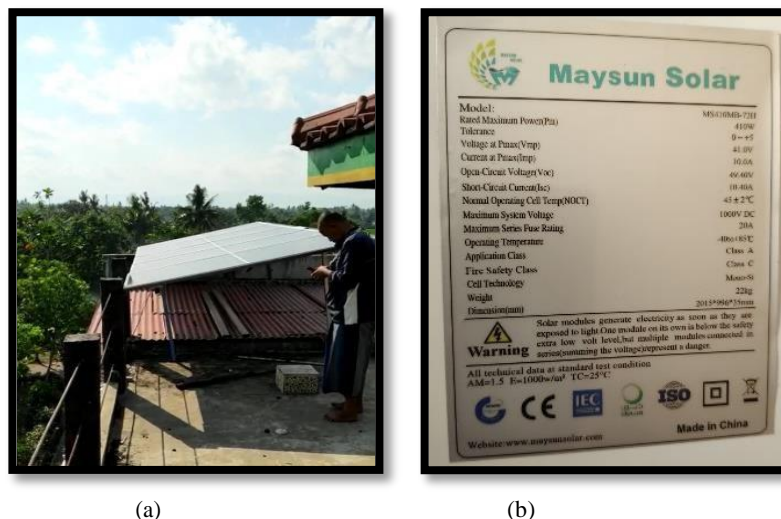
Posisi pulau Jawa berada di selatan garis *equatorial*, sehingga sebagian besar pemasangan panel surya di pulau Jawa, khususnya di Pondok Pesantren Al Anwar Bolon Bantul Yogyakarta adalah miring ke arah utara. Menurut Gambar 2 tersebut adalah sebagai contoh di suatu tempat dengan posisi *Latitude* $7^{\circ}46'5''$ dengan sudut pemasangan panel surya optimal $15,7^{\circ}$.



Gambar 2. (a) Contoh Print Screen layar Smart Phone Program Aplikasi Solar Tilt. (b) Kemiringan Smart Phone sesuai Solar Tilt. (c) Selisih kemiringan Smart Phone dengan Solar Tilt.

Program aplikasi solar tilt tersebut bekerja dengan memanfaatkan smart phone sebagai wakil photovoltaic, sehingga kemiringan smart phone terhadap permukaan tanah harus tepat seperti lukisan Gambar 2 (b), bilamana kemiringan belum tepat maka dihasilkan seperti lukisan Gambar 2 (c).

Berikut foto situasional pemasangan Photovoltaic 2000 Watt Peak pada rooftop Pondok pada Gambar 3 (a). Panel tampak dipasang miring ke arah utara dengan sudut sekitar 11° . Sudut kemiringan di lokasi pemasangan, mengikuti hasil pengukuran oleh program aplikasi solar tilt yang terpasang pada perangkat smart phone.



Gambar 3. (a) Foto kondisi pemasangan Photovoltaic 2000 Watt Peak pada rooftop Pondok, (b) Name plate yang menempel di balik satu panel Photovoltaic.

Seluruh panel photovoltaic tersebut dipasang secara serial. Satu panel memiliki spesifikasi sesuai name plate yang menempel di belakang setiap panel photovoltaic, seperti ilustrasi pada Gambar 3

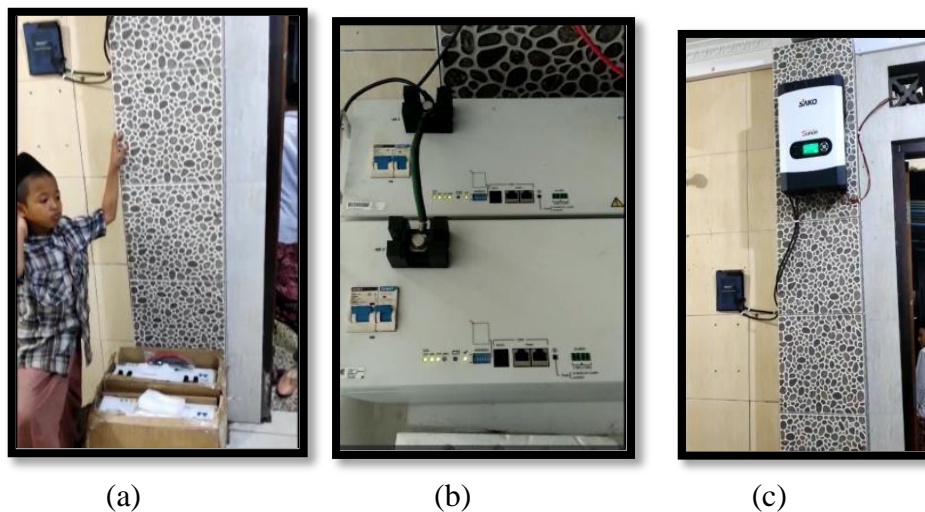
(b), yakni Maximum Power (Pm) 410 Watt, Voltage at Pmax (Vmp) 41 Volt, dan Current at Pmax (Imp) 10 Ampere. Jumlah panel terdapat 5 panel photovoltaic, dipasang dan dihubungkan secara serial, sehingga tegangan menjadi $5 \times 41 \text{ Volt} = 205 \text{ Volt}$, dengan arus

tetap yakni 10 *Ampere*, sehingga maksimum daya yang dihasilkan adalah $205 \text{ Volt} \times 10 \text{ Ampere} = 2050 \text{ Volt Ampere}$ atau lebih dari 2000 *Watt Peak*. Daya listrik *photovoltaic* ini akan terjadi, pada saat matahari bersinar terang dan cahaya tidak terhalangi bayangan karena awan.

Energy storage atau *battere* terpasang sebanyak 2 unit dengan spesifikasi per unit adalah 48 *Volt* 100 *Ampere Hour*, dipasang secara parallel, sehingga total menjadi 48 *Volt* 200 *Ampere Hour*, atau total energi listrik yang bisa disimpan dan dimanfaatkan adalah 48 *Volt* x 200 *Ampere Hour* yaitu 9600 *Volt Ampere Hour* atau 9600 *Watt Hour*. Berikut pada Gambar 4, berisi foto yang melukiskan sistem *hybrid on-grid inverter solar panel with energy storage*, terpasang

dan tersambung pada kotak hubung bagi instalasi listrik di Pondok.

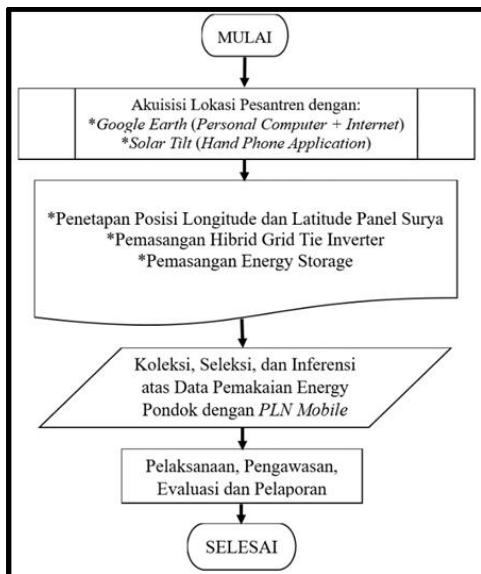
Operasional *hybrid on-grid inverter solarpanel with energy storage* yang telah terpasang tersebut, mulai beroperasi pada bulan Juni 2022. Sistem tersebut membantu penggunaan energi listrik PLN di Pondok dengan mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik tersimpan dan terpakai, sehingga suplai energi listrik untuk Pondok, terselenggara 24 jam. Sistem tersebut tidak didesain mengambil alih suplai listrik PLN pada saat *off*, melainkan sistem tersebut membantu pemakaian energi listrik PLN selama *on*. Bilamana suplai listrik dari PLN sedang *on*, maka sistem juga harus *on*, demikian sebaliknya, bilamana suplai listrik dari PLN sedang ada gangguan atau *off*, maka sistem juga *off*.



Gambar 4. (a) Dua unit *battere* belum terpasang, total kapasitas 9600 *Watt Hour*
 (b) Dua unit *battere* sedang beroperasi.
 (c) Kotak hubung bagi tersambung dengan *Hybrid On-Grid Inverter* 5000 VA dan belum tersambung dengan *battere*.

2. METODE PENELITIAN

Realisasi penelitian ini mengikuti diagram alir sesuai Gambar 5, sebagai berikut :



Gambar 5. Flow Chart Penelitian.

Pelaksanaan penelitian dan penerapan ini, memanfaatkan program aplikasi yang tersedia melalui *Personal Computer* dan *Internet* serta perangkat *cellular* atau *hand phone*, seperti aplikasi *Google Earth*, *Solar Tilt* dan terutama *PLN Mobile*.

PLN Mobile adalah program aplikasi yang diunduh untuk pelanggan PLN yang dapat diinstall pada perangkat *Hand Phone*.

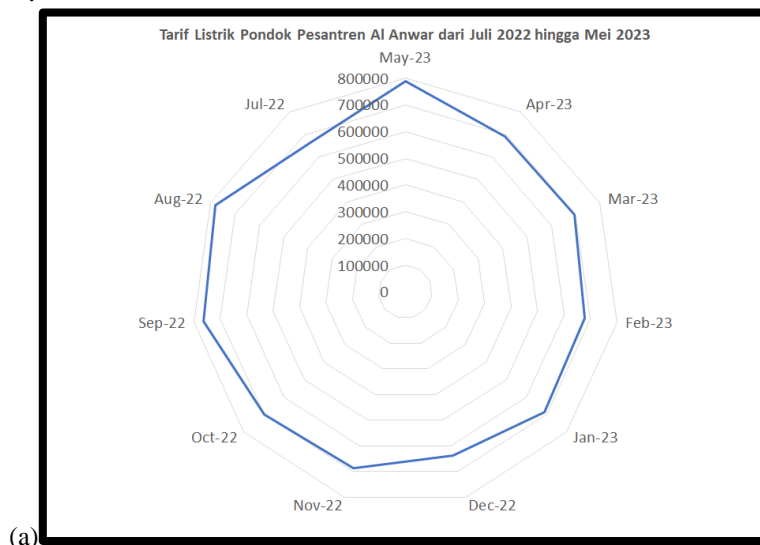
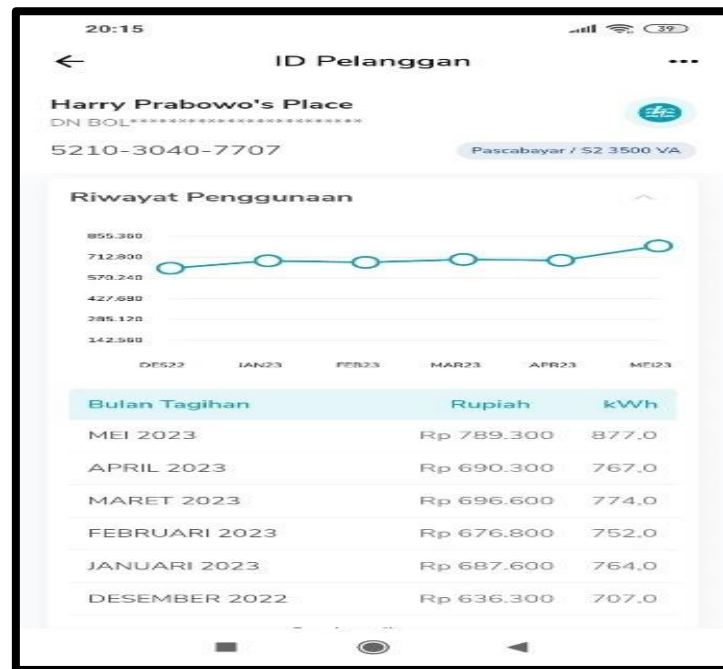
Aplikasi tersebut memberikan informasi kepada pelanggan perihal akumulasi biaya atas pemakaian listrik dari PLN.

Aplikasi *PLN Mobile* menampilkan biaya pemakaian listrik dalam bulan terkini yang ditinjau hingga dalam 6 bulan ke belakang, sehingga untuk mendapatkan informasi pemakaian listrik dalam 1 tahun ke belakang, dapat diperoleh tercetak melalui kantor PLN Yogyakarta di Gedung Kuning.

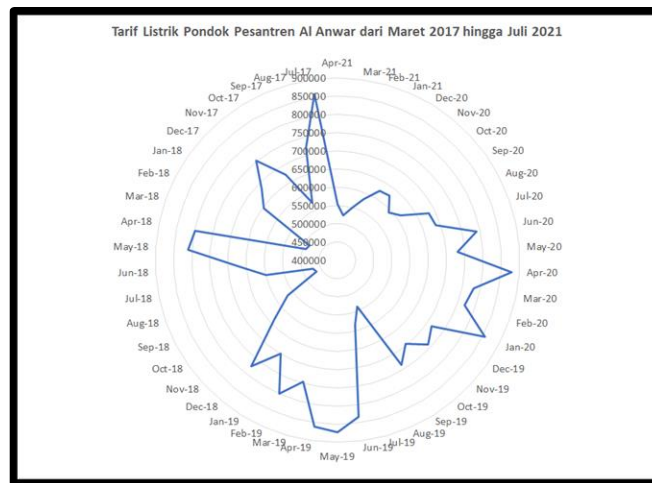
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengetahuan bahwa sistem *hybrid on-grid inverter solar panel with energy storage* yang terpasang tersebut beroperasi dan bekerja benar, adalah dengan melihat *disc* atau piringan *kWH meter* yang terpasang pada Pondok adalah tidak bergerak. Ini menunjukkan bahwa sistem menghasilkan energi listrik lebih banyak daripada pemakaian energi listrik yang tersuplai dari PLN, tetapi tidak mengganggu suplai listrik dari PLN.

Hingga bulan Desember 2022 informasi biaya listrik dari PLN dapat diperoleh dari mengunduh program aplikasi *PLN Mobile* untuk *smart phone*. Gambar 6 (a) adalah *print screen* aplikasi *PLN Mobile* pada *smart phone*, menunjukkan biaya listrik Pondok dari bulan Desember 2022 hingga Mei 2023



(a) (b)
 Gambar 6. (a) Biaya listrik Pondok pada *PLN Mobile*, bulan Desember 2022 - Mei 2023.
 (b) *Plot radar* biaya listrik pondok dengan *spread sheet*, bulan Juli 2022 - Mei 2023.



Gambar 7. Plot Radar Tarif Listrik Pondok Pesantren Al Anwar, Maret 2017 - Juli 2021

Gambar 7 adalah *plot radar* tarif listrik Pondok dari PLN, tentang rekaman biaya listrik pada bulan dan tahun sebelumnya, yaitu dari Maret 2017 hingga Juli 2021, yang tersusun menggunakan fasilitas *plot radar* program *spread sheet*. Nampak tarif listrik pada Gambar 7, *deviasi* masih lebar dibandingkan dengan tarif listrik pada Gambar 6 (b). Gambar 7 merupakan *plot radar* tarif listrik dari Maret 2017 hingga Juli 2021, sedangkan Gambar 6 (b) adalah tarif listrik bulan Juli 2022 hingga Mei 2023, menunjukkan *deviasi* tidak lebar.

Kondisi tersebut tercapai karena telah terdapat suplai energi listrik dari *hybrid on-grid inverter solar panel with energy storage*. *Deviasi* lebar yang dimaksud adalah grafik *radar* pada Gambar 7 yang masih tampak seperti bunga dengan jejari yang tidak seragam, sedangkan *deviasi* yang tidak lebar adalah grafik *radar* pada Gambar 6 (b) yang tampak mendekati bentuk lingkaran dengan jejari yang hampir seragam.

4. KESIMPULAN

Pemasangan *Energy Storage* pada *hybrid on-grid inverter solar panel* terbukti membantu kestabilan tarif listrik, yakni

deviasi tarif listrik sebelum pemasangan *energy storage* nampak lebar seperti Gambar 7, setelah pemasangan *energy storage* menghasilkan *deviasi* yang sempit seperti Gambar 6(b). Grafik tersebut juga memberikan deskripsi tidak langsung perihal perubahan tarif listrik PLN, selama tahun perubahan dari tahun 2017 hingga tahun 2022.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://al-anwar.business.site>
- [2] <https://jateng.idntimes.com/business/economy/anggun-puspitoningrum-1/tarif-listrik-golongan-3500-va-ke-atas-naik-per-1-juli?page=all>
- [3] Brian Clark Howard, Seth Leitman, William Brinsky - Green Lighting (Tab Green Guru Guides)-McGraw-Hill TAB Electronics (2010)
- [4] Harry Prabowo, Green Lithing dan Green Energy sebagai Pembelajaran Green Deen pada Pelajar dan Remaja di Pondok Sosial Anak Yatim Piatu Palbapang-Bantul, Wonosari-Gunung Kidul, Kalasan dan Klepu-Sleman, Jurnal Riset Daerah BPPD Kabupaten Bantul, Propinsi DIY, Vol XVII, No.3. Desember 2018

Curriculum Vitae Harry Prabowo

IDENTITY

Birth and Place Date : 08 October 1975, Yogyakarta

Recent Status : Lecture of Electrical Engineering Department of Engineering Faculty of Universitas Gadjah Mada, Jalan Grafika 2 Kampus Teknik, 55281, Yogyakarta, Indonesia.

Member of IET (Institution of Engineering and Technology) : 91818842

Residence : Jalan Cempaka Nomor 469A Perumnas Condongcatur, 55283, Yogyakarta, Indonesia.

Email : harryprabowo@ugm.ac.id

Cellular Phone : +628122698927

EDUCATION

Master Graduate of Electrical Engineering, Universitas Gadjah Mada, Indonesia,

Graduated: February 2006, Degree: **Master Engineering** (M.Eng.)

Master Thesis : *The Synergism of Ant Colony Optimization and Vehicle Tracking System on Fleet of Subsidized Kerosene Distribution System in Municipality Jogjakarta.*

Graduate of Electrical Engineering, Universitas Gadjah Mada, Indonesia,

Graduated: August 2000, Degree: **Sarjana Teknik** (S.T.)

Graduate Thesis : *Capabilities of Solver Methods on Nonlinear Simultaneous Equations Systems Using Algorithms Newtonian, Conjugate Gradient, and Genetic on The Effect of Bounding Variables on Global Nonlinear Unconstrained Minimization.*

EXPERIENCE

Researcher of PT PLN Jakarta (2021)

Project of Domestic Market Obligation

Kajian Dampak Perubahan Kebijakan Pemerintah dalam Mengelola Domestic Market Obligation (DMO) dan Melepas Harga Batubara Mengikuti Mekanisme Pasar Terhadap Industri Kelistrikan Nasional, Jakarta, Indonesia.

Researcher of Ministry Research and Technology of Republik Indonesia (2012)

Pilot Project of Small Scale Brown Palm Sugar Batch Plant of Rumah Mbok Tani.

Pilot Project of Development of Manual Book of Build It Yourself of Educational Toys.

Pilot Project of Development of Children Educational Toys of Rumah Pintar, Hargotirto, Kulon Progo, Yogyakarta, Indonesia.

Researcher of Ministry Research and Technology of Republik Indonesia (2011)

Village Small Scale Solar Home System of Saminyamau Island, Ternate, Maluku Utara.

Engineering Repair Recommendation to Bali's Company of State Electricity (PLN) of Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) Windfarm and Photovoltaic Operation of Nusapenida Hybrid Plant, Nusapenida Island, Bali, Indonesia.

Researcher of Ministry Research and Technology of Republik Indonesia (2010)

Development of Small Scale Radial Permanent Magnet Generator Based NdFeB.

Pilot Project of Hibrid Plant, Centralized Photovoltaic and Small Scale of Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) of Wind Farm Pantaibaru, Pandansimo, Bantul, Yogyakarta, Indonesia.

PUBLICATION

Dasar Elektronika

Author : Harry Prabowo

Penerbit Institut Teknologi Kalimantan (ITK) Press, Kampus Institut Teknologi Kalimantan, Karang Joang, Balikpapan, Kalimantan Timur 76127, **Desember 2022**, ISBN 9-786238-171033

***Design, Simulation, and Laboratory Experiments of High Voltage Strike for
Lightning Protection System in Fishing Boat Model***

Author : Harry Prabowo, Bernard Evan Kanigara

2nd International Conference on Smart Power & Internet Energy Systems (SPIES),
15-18 September 2020 Bangkok, Thailand, ISBN : 978-1-7281-6612-4

***Effect of Exposure Corona Discharge Against Nature of Change Hydrophobic Glass
Surfaces Specimen High Voltage Insulator***

Author : Harry Prabowo

18th International Symposium on High Voltage Engineering,
25-30 August 2013, Hanyang University, Seoul, Korea, ISBN : 978-89-86510-18-8

***Effect of Exposure Corona Discharge Against Nature of Change Hydrophobic
Surfaces Specimen Ceramic High Voltage Insulator.***

Author : Harry Prabowo

18th International Symposium on High Voltage Engineering,
25-30 August 2013, Hanyang University, Seoul, Korea, ISBN : 978-89-86510-18-8