

Studi Kelayakan Sistem PLTS Atap On-Grid 1000WP pada Pelanggan Listrik PLN 900VA R1M

Iswanono^{a,*}, Tjendro^b

^{a,b} Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta

*iswan_id@usd.ac.id

Abstract

To meet the 23% renewable energy mix target by 2025, the Indonesian government continues to encourage the installation of on-grid rooftop solar power generator systems for PLN electricity customers. However, the results were not as expected. This was due to the high investment costs and there were still many public doubts about the effectiveness of solar energy results in an effort to save PLN electricity bill payments. In this study, an on-grid rooftop solar power generator system with 1000WP solar panel power was implemented on the customer of electricity PLN 900VA R1M to determine the energy gain produced by the system in an effort to reduce the amount of PLN electricity bill payments. The results of the research for 6 months show that the daily average power of the solar system was 300 watts, with an average daily energy gain of 1.8kWH. The average daily electricity consumption of PLN is 7.85 kWh. The energy efficiency of the solar power generator system installed by PLN 900VA electricity customers can reach 23% with savings in billing costs for 6 months of 8%.

Keywords: Solar power generator; SPG rooftop on-grid; PLN electricity customers; electricity bill payment; electric energy.

Abstrak

Untuk memenuhi target bauran energi terbarukan 23% sampai tahun 2025, pemerintah Indonesia terus mendorong pemasangan sistem pembangkit listrik tenaga surya atap on-grid pada pelanggan listrik PLN. Akan tetapi hasilnya belum sesuai yang diharapkan. Hal ini disebabkan karena biaya investasi yang mahal dan masih banyaknya keraguan masyarakat akan keefektifan hasil energi surya dalam usaha penghematan pembayaran tagihan listrik PLN. Dalam penelitian ini diimplementasikan sistem pembangkit tenaga surya atap on-grid dengan daya panel surya 1000WP pada pelanggan listrik PLN 900VA R1M untuk mengetahui perolehan energi yang dihasilkan sistem tersebut dalam upaya mengurangi besarnya pembayaran tagihan listrik PLN. Hasil penelitian selama 6 bulan menunjukkan bahwa daya rata-rata harian sistem adalah 300 watt, dengan perolehan energi harian rata-rata 1,8kWH. Konsumsi energi listrik rata-rata harian listrik PLN adalah 7,85 kWh. Efisiensi energi sistem PLTS yang dipasang pelanggan listrik PLN 900VA dapat mencapai 23% dengan penghematan biaya tagihan selama 6 bulan sebesar 8%.

Kata Kunci Pembangkit listrik tenaga surya; PLTS atap on-grid; pelanggan listrik PLN; tagihan listrik; energi listrik.

1. Pendahuluan

Biaya berlangganan listrik rumah tangga masih dirasa mahal bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Walaupun kampanye penghematan listrik sering didengungkan, kenyataannya dengan kegiatan yang semakin banyak tergantung dengan energi listrik mau tidak mau akan menaikkan pemakaian biaya pemakaian

Untuk mengurangi biaya pemakaian atau tagihan pembayaran listrik oleh pemerintah Indonesia telah ditawarkan penggunaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di rumah yang disebut PLTS *roof top* (PLTS

atap) yang dipasang secara on-grid atau *hybrid* (Anisatul Umah, (2020). Dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), melalui Peraturan Presiden No.79 tahun 2014, Pemerintah Indonesia menetapkan kebijakan peningkatan pangsa energi terbarukan dalam bauran energi nasional hingga 23% pada tahun 2025. Untuk mendukung upaya tersebut, terutama di bidang pemanfaatan energi surya, pemerintah telah mengeluarkan beberapa kebijakan teknis sebagai landasan pelaksanaannya, salah satunya melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No.49 tahun

2018, jo. Permen ESDM No.13 tahun 2019, jo. Permen ESDM No.16 tahun 2019, tentang penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap (*rooftop*) oleh pelanggan PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero (USAID dan ESDM, 2020). Akan tetapi dikarenakan biaya investasi yang masih dianggap mahal, maka program ini belum banyak diminati masyarakat. Di Jateng dan DIY saja baru ada 95 pelanggan yang memasang PLTS atap (Anisatul Umah, 2020)

Untuk mendorong digunakannya PLTS atap dan layak diterapkan dimasyarakat khususnya di Yogyakarta, maka telah dilakukan penelitian sebagai suatu kajian kelayakan pemakaian PLTS atap tipe *on-grid* dengan kapasitas panel surya 1000WP pada pelanggan PLN 900VA R1M

2. Kajian Literatur

Sebagaimana yang telah dilakukan dalam penelitian oleh Habib Satria dan Syafii bahwa PLTS atap *on-grid* telah dimonitor menggunakan piranti berbasis Arduino (Habib Satria dan Syafii, 2018). Dalam monitoring PLTS ini dapat menghasilkan energi listrik mulai jam 07.00 – 18.00. Akan tetapi pada penelitian lain oleh Eka Nurdiana dkk waktu efektif penerimaan energi matahari hanya 3,5 jam/hari yang ditunjukkan dengan perolehan energi harian rata-rata 35kWh pada daya terpasang 10kWp (Eka Nurdiana et al., 2008).

PLTS jenis hibrid dirancang oleh Muhammad Naim dan Setyo Wardoyo dengan kapasitas 1500 watt di desa Timampu, Towuti, Luwu Timur (Muhammad Naim dan Setyo Wardoyo, 2017). PLTS dilengkapi baterai 2x100AH dan 2x60AH dengan tegangan 24V. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh A.A. Ngurah Bagus Budi Nathawibawa dkk menunjukkan pencapaian energi yang dihasilkan PLTS 1MWP hanya mencapai 83,21% (A. A. Ngurah Bagus Budi Nathawibawa et al., 2017).

Di Yogyakarta pernah dirancang PLTS 10MWp *on-grid* oleh Sigit Sukmajati, Mohammad Hafidz dan disimulasikan menggunakan perangkat lunak RETScreen (Sigit Sukmajati dan Mohammad Hafidz, 2015). Berdasarkan data sekunder pada parameter yang diperlukan hasil simulasi menunjukkan bahwa PLTS 10MWp dapat memasok sekitar 14237 MWh listrik per tahun atau 70% pada intensitas matahari 6 jam/hari.

Telah implementasikan rancangan PLTS *on-grid* 5500WP di rumah kost akademik di Banjarmasin dengan capaian energi 24,62 kWh/hari atau 738,6 kWh/bulan yang dipasang pada area 42m² dengan rata-rata

radiasi matahari di kota Banjarmasin sebesar 4.43kWh/m²/hari (Yuan Perdana, Isna Wardiah, dan Edi Yohanes, 2018).

Analisis sistem PLTS dengan beban arus searah yang terhubung dengan jala-jala PLN telah dilakukan oleh Winasis dan rekan yang menunjukkan bahwa efisiensi sistem mencapai 97,72% (Winasis dan Muhammad Syaiful Alim, 2020).

Perancangan dan penerapan PLTS mengatasi ketersediaan listrik juga banyak dilakukan di luar negeri, misalnya Ghana (Ebenezer Nyarko Kumi and Abeeku Brew-Hammond, 2013), Bangladesh (Sanjida Moury and R. Ahshan, 2009), Haiti (Shaheer M. Hussam, 2004), India (Manoj Kumar Singh, Samridhi Sajwan, and Nidhi Singh Pal, 2017), dan Hawaii (A. Hoke et al., 2018).

Pengembangan sistem pengontrolan PLTS *on-grid* untuk mendapatkan efisiensi yang lebih baik dilakukan menggunakan sistem jaringan cerdas (*smart grid*) baik secara perangkat lunak maupun perangkat keras (S. M. Suhail Hussain, Ashok Tak, Aha Selim Ustun, and Ikbali Ali, 2018), (H. Rahimi Mirazizi and M. A. Shafiyi (2018), (Nallapaneni Manoj Kumar, M. S. P Subathra, and J. Edwin Moses, 2018), (Rashmi Ranjan Behera and Amarnath Thakur, 2018), (Adel El-Shahat et al., 2019), (H. Rahimi Mirazizi and M. A. Shafiyi, 2018), (M. Nassereddine, M. Nagrial, J. Rizk, and A. Hellany, 2018), (B. Alipuria et al (2012), (J Preetha Roselyn et. al., 2020)

3. Metode Penelitian

A. Metode

Penelitian ini meliputi pemilihan lokasi pemasangan sistem PLTS, pemilihan material, desain implementasi sistem. Data diperoleh dari alat ukur kWh meter yang terpasang pada rumah pelanggan listrik PLN dan alat ukur kWh meter digital untuk mengukur energi yang dihasilkan oleh sistem PLTS. Alur penelitian ditunjukkan pada gambar 1.

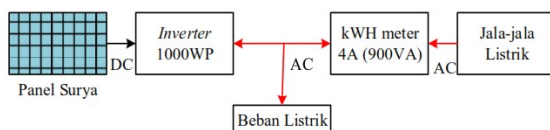


Gambar 1. Alur Penelitian

B. Desain

Skema gambar sistem PLTS atap on-grid 1000WP yang dipasang pada pelanggan listrik PLN 900VA R1M ditunjukkan dalam gambar 2. Panel surya yang digunakan sejumlah 10 buah dengan daya masing-masing 100WP.

Spesifikasi dari panel surya ditunjukkan pada tabel 1. Inverter yang digunakan adalah inverter tipe grid tie dengan daya keluaran maksimal 1000VA (tabel 2). Sedangkan Blok diagram sistem PLTS atap on-grid 1000WP ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram PLTS Atap On-Grid 1000WP.

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya

| Kriteria | Nilai |
|------------------------------------|---------------|
| Peak Power (P_{max}) | 100W |
| Cell Efficiency | 16.93% |
| Max Power Voltage (V_{mp}) | 17.8V |
| Max Power Current (I_{mp}) | 5.62A |
| Open-Circuit Voltage (V_{oc}) | 21.8V |
| Short-Circuit Current (I_{sc}) | 6.05A |
| Power Tolerance | ± 3% |
| Max System Voltage | 1000V DC |
| Connector | MC4 Plug Type |
| Dimension (mm) | 1000x670x30 |

Tabel 2. Spesifikasi Grid Tie Inverter

| Kriteria | Nilai |
|-------------|--------|
| Rated Power | 1000VA |

| | |
|------------------------------|--|
| Compatible with Solar Panels | 60 cells/24V, V_{mp} : 26-30V, V_{oc} : 34-38V. 72 cells/36V, V_{mp} : 35-39V, V_{oc} : 42-46V. |
| DC Input Range | 20-45V |
| MPPT Voltage | 28-36VDC |
| DC Max. Current | 60A |
| PV input | 540-1080WP |
| AC Output | 230VAC(190-260VAC) |
| Frequency | 50Hz/60Hz(Auto control) |
| Power Factor | >97.5% |
| THD | 5 % |
| Shift | 2 % |
| Efficiency | 87% |
| Stable Efficiency | 85% |

Sesuai spesifikasi dari panel surya dan inverter yang digunakan, maka 10 buah panel surya dirangkai secara seri dan paralel. Dua buah panel surya dirangkai secara seri, sehingga didapatkan tegangan maksimum (V_{max}) = 25,2V. Tegangan V_{max} ini memenuhi julat masukan inverter 20 – 45V. Diperoleh 5 buah rangkaian seri panel surya yang masing-masing menghasilkan arus maksimum I_{max} 5,62A. Kelima rangkaian seri panel surya dihubungkan secara paralel, sehingga menghasilkan arus maksimum kurang lebih 28A. Dengan demikian daya yang maksimal yang dapat dihasilkan panel surya adalah 980V.

4. Hasil dan Pembahasan

Gambar 3 menunjukkan komponen implementasi hasil perancangan sistem PLTS atap on-grid 1000WP pada pelanggan PLN 900VA R1M.



(a)



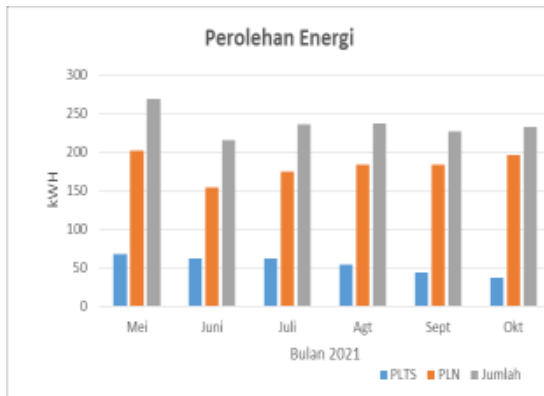
(b)



(c)

Gambar 3. Komponen PLTS hasil perancangan: (a) Array panel surya; (b) Kontrol panel dan inverter grid tie; (c) Combiner box

Perolehan energi hasil uji penelitian yang telah dilakukan selama 6 bulan, yaitu dari bulan Mei – Oktober 2021 ditunjukkan pada tabel 3. Perolehan energi harian pemakaian listrik pelanggan ditunjukkan pada tabel 3 dan grafik perolehan energi ditunjukkan pada gambar 3. Dinamika besarnya tagihan listrik PLN yang harus dibayar pelanggan sejak bulan Januari sampai dengan bulan November 2021 ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 3. Perolehan Energi

Pengambilan data yang tersaji dalam tabel 3 dicatat secara manual selama 6 bulan dan diusahakan setiap hari. Akan tetapi karena adanya kendala waktu ada beberapa data yang terlewatkan. Dari data pada tabel 3 jika dihitung, maka perolehan energi listrik PLTS dan pemakaian energi listrik selama sebulan disajikan pada tabel 4. Perolehan energi PLTS sangat tergantung dari cuaca yang terjadi di lokasi penelitian. Rata-rata dalam sehari diperoleh 1,8kWh dan dalam sebulan diperoleh energi PLTS sebesar 54,6kWh. Dari tabel 3 dan tabel 4 dapat dilihat pemakaian energi listrik selama 6 bulan adalah 1.902kWh, dengan rata-rata adalah 182kWh/bulan atau 6kWh/hari.



Gambar 4. Dinamika Tagihan Listrik PLN Tahun 2021.

Tabel 3. Catatan kWh Meter Energi PLTS Atap On-Grid 1000WP

| Tgl | Mei | | Juni | | Juli | | Agustus | | September | | Oktober | |
|-----|------|--------|------|--------|------|--------|---------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| | PLTS | PLN | PLTS | PLN | PLTS | PLN | PLTS | PLN | PLTS | PLN | PLTS | PLN |
| 1 | 34 | 33.574 | 106 | 33.787 | 170 | 33.548 | 233 | 34.128 | 288 | 34.217 | 332 | 34.500 |
| 2 | 36 | 33.280 | 110 | 33.720 | 172 | 33.953 | 234 | 34.134 | 289 | 34.222 | 333 | 34.518 |
| 3 | 38 | 33.587 | 111 | 33.799 | 174 | 33.900 | 234 | 34.143 | 291 | 34.228 | 337 | 34.523 |
| 4 | 41 | 33.594 | | | | | | | | | | |
| 5 | 43 | 33.602 | 110 | 33.808 | 173 | 33.971 | 236 | 34.153 | 293 | 34.242 | | |
| 6 | 45 | 33.610 | 119 | 33.815 | 180 | | 241 | 34.160 | | | | 34.539 |
| 7 | 48 | 33.618 | | | 182 | 33.981 | 243 | 34.166 | | | 341 | 34.544 |
| 8 | 50 | 33.626 | 123 | 33.824 | 185 | 33.989 | 246 | 34.171 | | | 342 | 34.550 |
| 9 | 53 | 33.632 | 127 | 33.829 | 188 | 33.992 | 247 | 34.177 | 299 | 34.267 | 343 | 34.556 |
| 10 | 54 | 33.638 | 129 | 33.829 | 188 | 33.999 | 249 | 34.181 | 301 | 34.274 | | |
| 11 | 56 | 33.644 | 130 | 33.841 | | | | 34.189 | 302 | 34.281 | | |
| 12 | 59 | 33.650 | | | 193 | 34.009 | 253 | 34.197 | 303 | 34.288 | 346 | 34.573 |
| 13 | 61 | 33.660 | 134 | 33.870 | 195 | 34.015 | 255 | 34.203 | 304 | 34.294 | 349 | 34.581 |
| 14 | 64 | 33.666 | 138 | 33.874 | 197 | 34.021 | | 34.210 | | | 351 | 34.588 |
| 15 | 66 | 33.674 | | | 199 | 34.026 | 259 | 34.214 | 307 | 34.297 | | |
| 16 | 69 | 33.681 | 143 | 33.883 | 201 | 33.831 | 261 | 34.221 | 309 | 34.313 | | |
| 17 | 71 | 33.688 | 145 | 33.889 | 203 | 34.037 | 263 | 34.226 | | | 355 | 34.609 |
| 18 | 73 | 33.695 | 140 | 33.873 | 205 | 34.043 | | | 313 | 34.432 | | |
| 19 | 75 | 33.703 | 148 | 33.879 | 207 | 34.049 | | | | | 358 | 34.621 |
| 20 | 78 | 33.711 | | | 209 | 34.057 | | | | | | |
| 21 | | | 153 | 33.889 | 212 | 34.063 | 270 | 34.250 | | | 359 | 34.638 |
| 22 | | | 155 | 33.894 | 213 | 34.071 | 272 | 34.256 | | | | 34.643 |
| 23 | 83 | 33.729 | 153 | 33.899 | 215 | 34.077 | | | 319 | 34.456 | | |
| 24 | 87 | 33.735 | | | 217 | 34.082 | 276 | 34.267 | 321 | 34.463 | | |
| 25 | 89 | 33.741 | 158 | 33.912 | 219 | 34.089 | | | 322 | 34.470 | 363 | 34.603 |
| 26 | 91 | 33.749 | 162 | 33.918 | 222 | 34.093 | | | | | 364 | 34.671 |
| 27 | 93 | 33.756 | 163 | 33.924 | 224 | 34.099 | 281 | 34.286 | | | | |
| 28 | 97 | 33.763 | 164 | 33.929 | 227 | 34.104 | | | | | 366 | 34.680 |
| 29 | 99 | 33.770 | 165 | 33.935 | 228 | 34.110 | | | 329 | 34.494 | 367 | 34.692 |
| 30 | 101 | 33.775 | 167 | 33.941 | | | | | 330 | 34.500 | | |
| 31 | | | | | 231 | 34.122 | 286 | 34.311 | | | 368 | 34.702 |

Tabel 4. Perolehan Energi Pelanggan PLN

| Energi | Mei | | Juni | | Juli | | Agustus | | September | | Oktober | |
|---------------------|------|-----|------|-----|------|-----|---------|-----|-----------|-----|---------|-----|
| | PLTS | PLN | PLTS | PLN | PLTS | PLN | PLTS | PLN | PLTS | PLN | PLTS | PLN |
| Perolehan Energi | 67 | 201 | 61 | 154 | 61 | 174 | 54 | 183 | 43 | 183 | 36 | 196 |
| Energi Total Harian | 268 | | 216 | | 235 | | 237 | | 226 | | 232 | |

Energi yang dihasilkan oleh PLTS adalah energi listrik yang langsung digunakan oleh pelanggan pada siang hari ketika energi matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik oleh panel surya. Dengan demikian energi listrik yang dikonsumsi pada pelanggan PLN adalah jumlah energi PLTS dan energi PLN. Jumlah energi listrik yang dikonsumsi pelanggan selama 6 bulan adalah 1.413kWh dan rata-rata sebulan sebesar 235,5kWh atau rata-rata 7,85kWh/hari. Dengan demikian konsumsi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS selama 6 bulan adalah sebesar 23%. Dari gambar 3 diperlihatkan perbandingan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS, energi listrik yang dikonsumsi dari PLN dan jumlah konsumsi energi listrik per bulan selama penelitian.

Pada gambar 4 dapat kita lihat grafik riwayat pembayaran tagihan listrik dari bulan Januari sampai dengan November 2021. Pembayaran tagihan listrik bulan Januari sampai dengan Mei 2021 adalah pembayaran tagihan listrik dari pemakai energi yang berasal dari listrik PLN saja, PLTS belum terpasang. Pembayaran tagihan listrik bulan Juni sampai dengan November 2021 adalah pembayaran tagihan listrik dari pemakai energi yang berasal dari listrik PLN dengan PLTS sudah terpasang.

Rata-rata pembayaran tagihan listrik per bulan dari Januari sampai dengan Mei 2021 adalah Rp. 312.000,-. Rata-rata pembayaran tagihan listrik dari Juni sampai dengan November 2021 adalah sejumlah Rp. 287.000,-. Besarnya selisih pembayaran tagihan listrik per bulan adalah sejumlah Rp. 25.000,- atau terjadi rata-rata penghematan 8%. Dengan data kasus ini masih perlu

dipertimbangkan kelayakan PLTS atap *on-grid* sebagai sumber energi listrik alternatif untuk mengurangi pembayaran tagihan listrik.

Apabila dilihat dari spesifikasi dari panel surya dengan daya 1000WP, maka perolehan energi listrik dalam sehari adalah 1800 WH. Jika rata-rata dalam sehari sistem PLTS dapat menghasilkan energi listrik selama 6 jam, maka daya yang diperoleh adalah 300 watt atau efisiensi daya sistem PLTS adalah $300/1000 = 30\%$.

Dari daftar spesifikasi panel surya 100WP yang digunakan tertulis bahwa daya puncak (Peak Power, Pmax) 100W, efisiensi sel: 16.93%, tegangan maksimum (Vmp) : 17.8V, arus maksimum (Imp) : 5.62A, tegangan rangkain terbuka (Voc) : 21.8V, arus hubung singkat (Isc) : 6.05A, tegangan sistem maksimum : 1000VDC, dimensi (mm) : 1000x670x30mm.

Secara teoritis efisiensi panel surya (η) dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta = \left[\frac{\text{daya keluaran maks.}}{\text{Incident radiation flux} \times \text{Luas panel surya}} \right] \times 100\%$$

dengan

$$\text{Incident radiation flux} = 1000\text{W/m}^2$$

$$\text{daya keluaran maks} = V_{mp} \times I_{mp}$$

$$= 17,8 \times 5,62 \cong 100 \text{ W}$$

$$\text{luas panel surya} = 1 \times 0,67 = 0,67 \text{ m}^2$$

$$\eta = \left[\frac{100}{(1000 \times 0,67)} \right] \times 100\%$$

$$= 14,9 \%$$

Nilai efisiensi dari hasil perhitungan lebih kecil dari yang tertulis dalam spesifikasi panel surya, akan tetapi dari hasil operasi sistem PLTS selama 6 jam nilai efisiensi sistem lebih besar, yaitu 30%.

5. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: 1) Efisiensi sistem PLTS dapat mencapai 30% pada operasi sistem selama 6 jam/hari; 2) Sistem PLTS atap *on-grid* 1000WP yang terpasang pada pelanggan listrik PLN 900VA mampu menghasilkan energi listrik 23% dari energi listrik yang dikonsumsi pelanggan listrik PLN 900VA; 3) Pemasangan sistem PLTS atap *on-grid* 1000WP hanya mampu menghemat pembayaran tagihan listrik setiap bulannya sebesar 8%.

Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Sanata Dharma Yogyakarta yang telah memberikan dana . dana penelitian yang kami lakukan ini.

Daftar Pustaka (Arial, 10, Bold)

Style kutipan dan daftar pustaka ditulis dengan menggunakan format APA Style 6th Edition.

(Arial, 9, Justify). Disarankan menggunakan *software reference manager* seperti: Mendeley atau Endnote.

A. A. Ngurah Bagus Budi Nathawibawa, I Nyoman Satya Kumara, dan Wayan Gede Ariastina (2017), Analisis Produksi Energi dari Inverter pada Grid-connected PLTS 1 MWp di Desa Kayubihi Kabupaten Bangli, Jurnal Teknologi Elektro, Vol. 16, No. 1, Januari-April 2017, halaman : 131~140.

Adel El-Shahat, Rami J. Haddad, Joseph Courson, Austin Martenson, and Aaron Mosley (2019), Solar-Powered House System Design, 2019 IEEE SounteastCon, 11 – 14 April 2019, pp: 1~14,

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9020465>, diakses pada tanggal 22 Januari 2021.

A. Hoke et al. (2018), Setting the Smart Solar Standard: Collaborations Between Hawaiian Electric and the National Renewable Energy Laboratory, in IEEE Power and Energy Magazine, vol. 16, no. 6, pp. 18~29, Nov.-Dec. 2018, doi: 10.1109/MPE.2018.2864226.

Anisatul Umah, (2020), 2.346 Pelanggan PLN Sudah Pasang PLTS Atap, Kamu Kapan?, <https://www.cnbcindonesia.com/news/20200916171055-4-187348/2346-pelanggan-pln-sudah-pasang-plts-atap-kamu-kapan>, CNBC Indonesia, diakses tanggal 21 Januari 2021.

B. Alipuria at all (2012), Incorporating Solar Home Systems for Smart Grid Applications, International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 4-7 Sept. 2012, London, UK, pp: 1~6, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6398440> diakses pada tanggal 20 Januari 2021.

Ebenezer Nyarko Kumi and Abeeku Brew-Hammond (2013), Design and Analysis of a 1MW Grid-Connected Solar PV System in Ghana, ATPS WORKING PAPER No. 78, Published by the African Technology Policy Studies Network, Kenya.

Eka Nurdiana dkk (2008), Sistem PLTS Rooftop 10 kWP Berbasis Smart Grid untuk Implementasi Demand Response, Simposium Nasional RAPI XVII – 2018 FT UMS, halaman : E-23~E-30.

Habib Satria dan Syafii, (2018), Sistem Monitoring Online dan Analisa Performansi PLTS Rooftop Terhubung ke Grid PLN, Jurnal Rekayasa Elekrika Vol. 14, No. 2, Agustus 2018, halaman:136~144.

H. Rahimi Mirazizi and M. A. Shafiyi (2018), A Comprehensive Analysis of Partial Shading Effect on Output Parameters of a

- Grid- connected PV System, International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol. 8, No. 2, April 2018, pp. 749~762.
- J Preetha Roselyn et. Al. (2020), Development of Hysteresis Current Controller for Power Quality Enhancement in Grid Connected PV System, International Journal of Electrical Engineering and Technology (IJEET) Volume 11, Issue 4, June 2020, pp. 8~21.
- Manoj Kumar Singh, Samridhi Sajwan, and Nidhi Singh Pal (2017), Solar Assisted Advance Smart Home Automation, 2017 International Conference on Information, Communication, Instrumentation and Control (ICICIC), Indore, India, 17-19 Aug 2017, pp: 1~6, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8279092>, diakses pada tanggal 22 Januari 2021.
- M. Nassereddine, M. Nagrial, J. Rizk, and A. Hellany (2018), PV Solar System for Residential Homes: PV Panel Tracking System using Electronics Circuits, 2018 Third International Conference on Electrical and Biomedical Engineering, Clean Energy and Green Computing (EBCEGEC), 25–27 May 2018, Beirut, Lebanon, pp: 39~42, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8357130> diakses pada tanggal 20 Januari 2021.
- Muhammad Nain dan Setyo Wardoyo (2017), Rancangan Sistem Kelistrikan PLts On Grid 1500 Watt dengan Back Up Battery di Desa Timampu Kecamatan Towuti, DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 8 No. 2, 2017, halaman: 11~17.
- Nallapaneni Manoj Kumar, M. S. P Subathra, and J. Edwin Moses (2018), On-Grid Solar Photovoltaic System: Components, Design Considerations, and Case Study, Proceesing of the 4th International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES), February 2018, pp: 616~619.
- Rashmi Ranjan Behera and Amarnath Thakur (2018), Finite- Control-Set Predictive Current Control Based Real and Reactive Power Control of Grid-Connected Hybrid Modular Multilevel Converter, International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS) Vol. 9, No. 2, June 2018, pp. 660~667.
- Sanjida Moury and R. Ahshan (2009), A Feasibility Study of an On- grid Solar Home System in Bangladesh, Proceedings of The 1st International Conference on the Developments in Renewable Energy Technology, ICDRET 2009, Dhaka, Bangladesh, Dec 17-19, 2009 pp: 92~95.
- Shaheer M. Hussam (2004), Design and Implementation of a Solar Power System in Rural Haiti, The Department of Mechanical Engineering in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Bachelors of Science in Mechanical Engineering at tyhe MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, February 2004, <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/32807/57587915-MIT.pdf?sequence=2&isAllowed=y>, diakses pada tanggal 23 Januari 2021.
- Sigit Sukmajati, Mohammad Hafidz (2015), Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW On Grid di Yogyakarta, JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 7 NO. 1, JANUARI - MEI 2015, halaman: 49~63.
- S. M. Suhail Hussain, Ashok Tak, Aha Selim Ustun, and Ikbali Ali, (2018), Communication Modeling of Solar Home System and SmartMeter in Smart Grids, IEEE Access Vol. 6, 2018, page : 16985~16996.
- USAID dan ESDM (2020), Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS Atap di Indonesia, <https://drive.esdm.go.id/wl/?id=XOegh8pXO9FMjeb14x0joDD6hIZe94Fm>, diakses tanggal 22 Januari 2021.
- Winasis dan Muhammad Syaiful Alim (2020), Analisis Sistem Photovoltaic Beban Arus Searah Terhubung Jala PLN dengan Penyearah Terkendali, Jurnal Rekayasa Elektronik Vol. 12, No. 2, Agustus 2020, hal 65 – 72.
- Yuan Perdana, Isna Wardiah, dan Edi Yohanes (2018), Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid 5500 Watt di Rumah Kost Akademi, Prosiding SNRT (Seminar Nasional Riset Terapan) Politeknik Negeri Banjarmasin, 7 November 2018, halaman : A63~A70.