

INSTALASI DAN PENGUJIAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ROOFTOP SISTEM ON GRID

Daud Obed Bekak^{1*}, Ambrosius A Tino², David S. Kotten³,
Michael G. Pae⁴, Aries Seubelan⁵, Yusuf Baitanu⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Kupang

*E-mail: daudobed@yahoo.com

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On-grid didesain untuk penghematan energi yang berdampak pada pengurangan nilai tagihan Listrik PLN. Konstruksi pemasangan atau mounting modul surya dan asesorisnya harus dibuat kokoh dengan mengikuti kemiringan atap rumah. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji implementasi PLTS on grid yang meliputi pemasangan dan pengujian kinerja sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya daya rata-rata yang dihasilkan oleh modul surya rooftop system On Grid sebesar 132,90 Watt/jam. Saat GTI disinkronkan dengan jaringan PLN, jika produksi energi dari modul surya melebihi besarnya daya beban maka seluruh daya dari modul surya yang digunakan. Sebaliknya jika energi yang diproduksi kurang dari beban maka energi sisanya diambil dari jaringan.grid PLN. Daya motor pompa air sebesar 1,3 Amper, 286 Watt. Saat sinkronisasi awal daya yang didistribusikan dari modul surya sebesar 1,2 Ampere, pada jam 11.30, sedangkan pada jam 12.00 daya yang digunakan dari modul surya sebesar 1,38 Ampere dan daya ini seluruhnya digunakan dari modul surya, sedangkan daya sisa dari modul surya didistribusi ke grid listrik PLN.

Kata kunci: Instalasi PLTS, modul surya, PLTS On-grid, inverter

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkit listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan *fotovoltaik* dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. *Fotovoltaik* mengubah secara langsung energi cahaya menjadi energi listrik menggunakan efek *fotoelektrik*.

Menurut *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) potensi alam, Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu Provinsi yang memiliki sumber energi listrik dari Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup tinggi. Rata – rata intensitas radiasi matahari di NTT adalah 6,39kWh/m². Potensi radiasi matahari ini sangat cocok dimanfaatkan sebagai energi terbarukan, khususnya PLTS.

Untuk mempercepat pengembangan Energi Baru dan Terbarukan, Pemerintah telah menetapkan beberapa regulasi diantaranya (Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 49 Tahun 2018 Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Konsumen PT. PLN (Persero), 2018). Sistem On grid adalah system PLTS yang terkoneksi langsung dengan grid PLN. Komponen utama dari system ini adalah Modul Photovoltaik, Inverter

Grid Tie dan Meteran Export-import (EXIM) sebagai instrument pengukuran konsumsi energi listrik dari PLTS dan PLN.

Dalam penelitian ini, tahapan pembuatan sistem berdasarkan hasil perancangan dan selanjutnya akan dilakukan pengujian dan menganalisis unjuk kerja system meliputi berapa besar produksi energi listrik dari PLTS dan kontribusi energi listrik dari PLN. Selanjutnya sistem akan dianalisis berdasarkan aspek ekonomis dan peluang penghematan ketika beban disuplai oleh PLTS sistem On-grid maupun suplai energi listrik dari PLN.

Berikut beberapa penelitian yang telah membahas Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem On-Grid dan manajemen energi listrik yang menjadi acuan pada penelitian ini sebagai berikut :

Penelitian yang dilakukan oleh Mehdi pada tahun 2018 tentang "*New Smart Home's energy management system design and implementation for frugal smart cities*". Pada penelitian ini, peneliti merancang sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang terkoneksi dengan grid utama. Perancangan sistem pada penelitian ini adalah sistem on grid yaitu local energi yang bersumber dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terkoneksi dengan main grid (PLN).

Dalam Penelitian Nahela Safri, dkk (2019) tentang “Analisa Unjuk Kerja Grid Tied Inverter Terhadap Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur PV pada PLTS On-Grid” Menyatakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On-Grid menggunakan jenis Grid Tied Inverter (GTI). GTI merupakan salah satu inverter yang secara otomatis dapat mensinkronkan tegangan DC yang bersumber dari panel PV dengan tegangan jala-jala PLN (Grid). Secara umum, topologi dasar rangkaian penyusun GTI dapat tersusun dari tiga jenis rangkaian, yaitu DC-DC Boost Converter, Isolating Converter, dan DC-AC Synchronous Converter.

Sisti Saodah dan Sri Utami, (2019) dalam penelitiannya untuk mendapatkan kinerja Grid Tie Inverter (GTI) yang baik diperlukan daya keluaran dari panel surya yang maksimum dan gelombang keluaran dari Grid Tie Inverter (GTI) harus berbentuk gelombang sinusoidal murni. Panel surya memiliki kelemahan dimana daya keluarannya tergantung kepada kondisi radiasi matahari. Ketika cahaya matahari redup, arus keluaran modul surya bisa drop secara drastis, sehingga daya keluarannya tidak digunakan secara maksimal.

Komponen PLTS On Grid

Komponen-komponen yang dibutuhkan dalam perancangan PLTS On Grid adalah :

1. Modul Surya

Modul surya sebagai komponen pembangkit, dalam penelitian ini peneliti menggunakan modul surya tipe polycristaline. Penentuan kapasitas daya serta jumlah modul yang digunakan berdasarkan beban sistem yang ada serta kapasitas daya listrik terpasang.

Perhitungan Kapasitas Modul Surya

Tahapan-tahapan perhitungan dan analisis dalam menentukan jumlah modul surya :

1. Perhitungan dan analisis radiasi matahari total rata-rata harian
2. Mendapatkan spesifikasi modul surya yang akan digunakan terutama data daya nominalnya (P_n) dimana

$$P_n = V_{mpp} \times I_{mpp} \quad (1)$$

P_n : daya nominal modul
 V_{mpp} : Tegangan maksim power point
 I_{mpp} : Arus maksimum power point
3. Mengetahui atau mengoptimasi temperature kerja harian
4. Menentukan/perkiraan waktu otonomi sistem (t_{oton})
5. Perkiraan waktu regenerasi sistem (t_{regen})

Mengacu pada lama waktu radiasi rata-rata (t_r) ($Wh/m^2 / 1.000 W/m^2$) berdasarkan STC maka diketahui daya dalam Watt hour setiap harinya

$$E_{modul} = P_N \cdot t_r \quad (2)$$

Sedangkan Jumlah modul (N)

$$N = (E_{total} \cdot t_{oton}) / (E_{modul} \cdot t_{regen}) \quad (3)$$

dimana :

E_{modul} : Energi yang dihasilkan modul surya

E_{total} : energi total

t_{oton} : Waktu otonomi

2. Grid tie Inverter

A-tie inverter grid (Grid Tie Inverter) adalah tipe khusus dari inverter yang mengubah arus searah listrik (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Sistem *Grid Tie* atau Sistem *On Grid* bekerja dengan cara mengalirkan listrik langsung dari panel surya tanpa menggunakan baterai/accumulator/aki. Sistem energi listrik yang dihasilkan dari panel surya berupa arus *Direct Current (DC)* kemudian dikonversi menjadi arus *Alternating Current (AC)* melalui Inverter. Arus DC yang sudah dikonversikan tersebut langsung dapat digunakan ke beban/alat rumah tangga yang membutuhkan energi listrik seperti lampu, televisi (TV), kipas angin dan alat elektronik lainnya yang membutuhkan energi listrik.

Sistem *Grid Tie* atau Sistem *On Grid* bekerja bersama dengan arus listrik dari PLN, yakni arus PLN menjadi penghubung atau penyalur arus listrik dari panel surya kepada beban, sehingga penggunaan listrik langsung dihasilkan dari energi listrik panel surya. Penggunaan panel surya dapat membantu mengurangi tagihan biaya listrik dari PLN, semua dapat terlihat pada box meteran listrik PLN yang tidak bergerak.



Gambar 1. Inverter Grid Tie

Menentukan Kapasitas Inverter

Untuk menentukan kapasitas inverter dalam suatu sistem PLTS, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [7]:

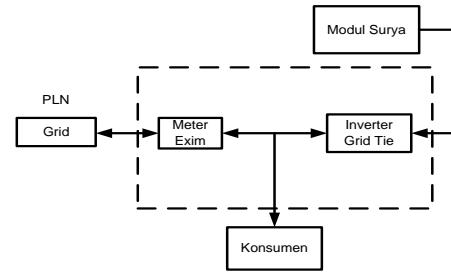
$$\text{Kapasitas Inverter} : W_{maks}/\text{beban} + (25\% W_{maks}/\text{beban}) \quad (4)$$

Kapasitas Inverter memiliki Rating 125% dari jumlah daya beban.

Cara kerja Sistem *On Grid*:

- Panel surya menyerap dan mengubah cahaya matahari menjadi listrik DC.
- Inverter *Grid Tie* atau *On Grid* mengubah listrik DC menjadi listrik AC yang sinkron dengan jaringan listrik (PLN).

- Listrik AC disalurkan ke panel listrik utama yang sudah terhubung langsung oleh inverter *Grid Tie* atau *On Grid*.
- Net Metering atau meteran Eksport-Import (Exim) menghitung konsumsi bersih pemakaian listrik. Jika ada surplus energi yang dihasilkan oleh sistem Grid Tie, maka kelebihan tersebut akan dikirim kembali ke jaringan PLN.



Gambar 3 Blok Sistem PLTS On Grid

3. Meteran Eksport-Import (EXIM)
 Meteran Eksport-Import (Exim) atau Net Metering adalah sebuah skema yang memungkinkan untuk menyuplai kelebihan listrik yang diproduksi oleh modul surya ke jaringan PLN. Sistem panel surya didesain sedemikian rupa untuk dihubungkan dari modul surya ke inverter dan meteran Exim, untuk pelanggan PLN yang menggunakan panel surya, PLN akan memasang meter listrik Exim.
 Meteran exim menghitung berapa energi surplus/lebih yang keluar dan berapa yang terpakai dari solar panel. Meteran Exim juga menghitung energi listrik yang dihasilkan dari Sistem On Grid.

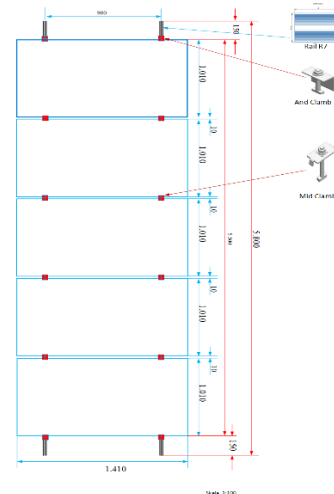


Gambar 2. Meteran Eksim

METODE PENELITIAN

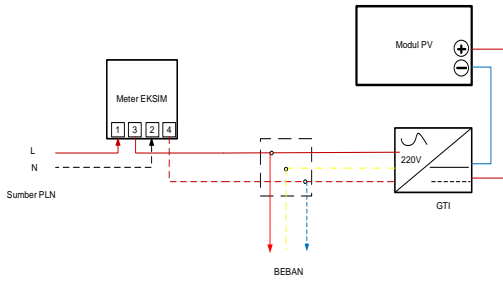
- A. Waktu dan Tempat Penelitian
 Waktu penelitian ini dilaksanakan mulai dari perhitungan, perancangan dan Instalasi sistem Rooftop On Grid serta pengujian daribulan Maret sampai dengan Mei 2023. Lokasi penelitian Laboratorium Instalasi dan Proteksi Politeknik Negeri Kupang Berdasarkan kajian dan literatur Penelitian ini meliputi Instalasi pemasangan PLTS *Rooftop sistem On Grid* dan melakukan pengukuran kinerja dari modul Surya dan pengujian sistem pompa untuk melihat kinerja dari grid Tie Inverter dan meteran eksim.

- B. Instalasi PLTS Rooftop sistem On Grid
 Konstruksi Pemasangan Mounting Modul surya berdasarkan ukuran/zise modul Panjang : 1410mm, lebar : 1010mm, dengan ketebalan frame 40mm. Volume/luas atap yang dibutuhkan untuk 1 (satu) buah modul surya = $1.424.100\text{mm} = 1,424\text{m}^2$
 Dari hasil perancangan diperoleh 5 buah Modul surya, maka volume atap konstruksi yang dibutuhkan = $7,120\text{m}^2$.
 Pemasangan konstruksi untuk penyangga Mounting profile Rail R 7, penyangga L breaket dan assesories Mid Clam, and Calam, T Bolt,
 Gambar 4 merupkan konstruksi penempatan modul surya dengan ukuran dan assesories untuk kelengkapan pemasangan sistem rooftop.



Gambar 4. Tampak atas Pemasangan Modul surya pada mounting modul surya

Gambar Instalasi sistem On Grid Hubungan antara GTI, Array Modul Surya, sumber PLN, Meteran Eksim dan beban.



Gambar 5 Instalasi Sistem On Grid

PEMBAHASAN

Berdasarkan data spesifikasi modul: jika diketahui Maximum Sistem V_{DC} : 1000V, jika pada intensitas radiasi $1.000W/m^2$ dan temperature $25^{\circ}C$, dengan tegangan $V_{mpp} = 45,0$, dan Arus (I_{mpp}) = 2,69 maka diperoleh daya nominal (P_N) modul dengan persamaan (1) sebesar 121,05 Watt.

Lama waktu radiasi rata-rata (t_r) = $897,24Wh/m^2 / 1.000 W = 0,897Wh$, setiap harinya.

Dengan demikian, dalam satu hari setiap modul harus mampu mensuplai energi rata-rata yang dihitung dengan persamaan (2) maka sebesar 118,38 Wh/hari.

Jadi jumlah modul (N) yang diperlukan untuk dapat mensuplai kebutuhan daya sebesar 600W dapat dihitung dengan menggunakan persamaan untuk mencari jumlah modul/n. Karena sistem On Grid maka waktu otonomi/otonomi days diabaikan. Waktu diperhitungkan saat Matahari bersinar dan dapat mengenai modul PV. Maka jumlah modul untuk dapat mensuplai daya sebesar 600W dengan persamaan (3) dibutuhkan modul surya sebanyak 5 buah.

Dari jumlah modul diatas karena dalam pengujian ini diabaikan factor deklinasi/sudut condong matahari karena sudut kemiringan modul mengikuti sudut kemiringan dari atap bangunan. Pada penelitian ini rata-rata radiasi diukur berdasarkan kemiringan dari atap bangunan.



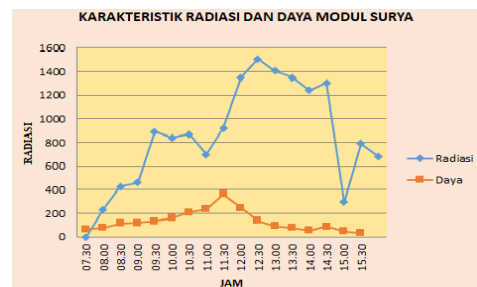
Gambar 6 Hasil Instalasi Sistem Rooftop On Grid

Dari hasil pengukuran Intensitas cahaya, hasil sangat bervariasi selama pengukuran, mulai pukul 7.30 WITA terukur dikisaran $231 W/m^2$. Kemudian pengukuran di jam – jam

selanjutnya mengalami peningkatan, Intensitas cahaya matahari pada pukul 11.30 WITA terukur $1.350 W/m^2$. Adapun intensitas cahaya tertinggi di pukul 12.00 WITA adalah $1.505 W/m^2$ dan Intensitas cahaya pada pukul 15.30 WITA adalah $682 W/m^2$. Tingkat radiasi ini mulai mengalami penurunan.

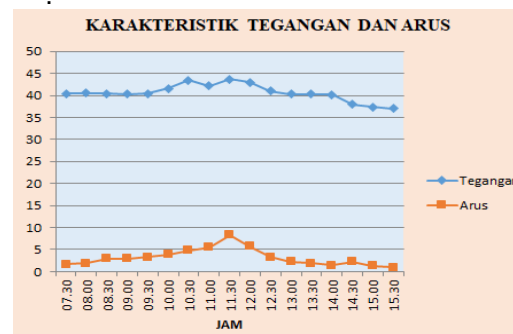
Berdasarkan karakteristik Radiasi dan daya modul surya terlihat semakin besar radiasi yang dihasilkan maka daya output Modul PV semakin besar, namun kenaikan suhu akan berpengaruh pada daya output dari modul surya. Dari karakteristik terlihat saat pukul 12.30 terjadi maksimum daya dan semakin tinggi suhu ($58,2$) $^{\circ}C$ maka terjadi kenaikan arus ($5,78$) Ampere dan tegangan output modul akan turun ($42,9$) sehingga daya output semakin turun/kecil. Hal ini dapat dilihat dengan keadaan pada jam 11.30 dimana saat suhu $52,8$ $^{\circ}C$ tegangan sebesar $43,45 VDC$, dan arus sebesar $4,48$ Ampere daya keluaran sebesar $210,30Watt$.

Gambar 6 dibawah merupakan karakteistik dari Radiasi dan Daya modul Photovoltaik hasil pengukuran



Gambar 7 Karakteristik radiasi dan daya modul surya

Pada saat pengukuran daya yang dihasilkan oleh Modul Photovoltaik karakteritiknya berubah (naik-turun) hal ini dipengaruhi oleh arus dan tegangan yang dihasilkan oleh modul surya.



Gambar 8 merupakan karakteristik arus dan Tegangan

Dari karakteristik terlihat saat jam 11.30 terjadi

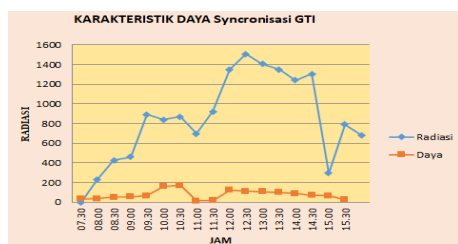
kenaikan tegangan 43,45Volt DC dan arus 8,33 ampere.

Saat Pengujian Beban

Dari hasil pengujian saat GTI disinkronkan dengan sumber listrik PLN dan diberi beban motor pompa air pada jam 11.00 daya yang dihasilkan oleh modul surya sebesar 210,30 Watt. Parameter yang ditunjukkan pada alat ukur meter EXIM, Arus sebesar 1,2 Ampere dan daya 15Watt sedangkan tegangan system sebesar 220 VAC. Sama halnya saat daya puncak pada jam 12.00 parameter arus, 1.38 Ampere, tegangan 220VAC. maupun daya 17,6 Watt pada meter EXIM.

Dari daya output pada meter exim dapat dianalisis sebagai berikut :

Daya motor pompa air sebesar 1,3 Ampere atau setara dengan 286Watt. Saat sinkronisasi awal daya yang didistribusikan dari modul surya sebesar 1,2 Ampere, pada jam 11.30, sedangkan pada jam 12.00 daya yang digunakan dari modul surya sebesar 1,38 Ampere dan daya ini seluruhnya digunakan dari modul surya, sedangkan daya sisa dari modul surya didistribusi ke grid listrik PLN.



Gambar 9. Karakteristik daya sinkronisasi GTI dengan Listrik PLN

Dari karakteristik daya output GTI terlihat mengalami penyerapan energi dari modul surya dimana pada pengujian daya output modul mengalami penurunan.

Tegangan sistem output dari GTI 220Volt AC dan tetap karena adanya kerja MPPT dan sinkronisasi dari microcontroller yang mengatur tegangan dan frekuensi inverter disesuaikan dengan tegangan listrik PLN.

KESIMPULAN

1. Besarnya daya rata-rata yang dihasilkan oleh modul surya rooftop system On Grid sebesar 132,90Watt/jam. Saat GTI disinkronkan dengan jaringan PLN energi yang digunakan oleh beban jika produksi energi dari modul surya melebihi besarnya daya beban maka seluruh daya dari modul surya yang digunakan. Sebaliknya jika energi yang diproduksi kurang dari beban

maka energi sisanya diambil dari jaringan.grid PLN.

2. Daya motor pompa air sebesar 1,3 Ampere/286Watt. Saat sinkronisasi awal daya yang didistribusikan dari modul surya sebesar 1,2 Ampere, pada jam 11.30, sedangkan pada jam 12.00 daya yang digunakan dari modul surya sebesar 1,38 Ampere dan daya ini seluruhnya digunakan dari modul surya, sedangkan daya sisa dari modul surya didistribusi ke grid listrik PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I K Agus Setiawan, dkk. "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTs) Satu Mwp Terinterkoneksi Jaringan Di Kayubih, Bangli," 2014
- [2] L. Mehdi *et al.*, "New Smart Home's energy management system design and implementation for frugal smart cities," *2018 Int. Conf. Sel. Top. Mob. Wirel. Netw.*, pp. 149–153, 2018.
- [3] Lubis Abubakar & Sudradjat Adjat, *Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik*, BPPT Press, 2006
- [4] Manual Pembangkit Listrik Tenaga Surya PLTS 2 kW Untuk SD Negeri Ngaek, PT Bina Lintas Usaha Ekonom, 2020
- [5] Permen RI No. 49 tahun 2018, "Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Aatap oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)
- [6] Pidoa Rifaldo dkk, *Analisa pengaruh kenaikan temperatur permukaan solar cell terhadap daya output*. 2017
- [7] Safri Nahela, dkk, "Analisa Unjuk Kerja Grid Tied Inverter Terhadap Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur PV pada PLTS On-Grid". *ELKHA*, Vol. 11, No.2, Oktober 2019,
- [8] Saodah Siti dan Sri Utami, "Perancangan Sistem Grid Tie Inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya". *ELKOMIKA*, Vol 7 Mei 2019.
- [9] S. Jose and R. L. Itagi, "Smart solar power plant," *2015 Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2015*, pp. 850–854, 2015.
- [10] Rail Joiner dan Assesories Rooftop system <http://megasolar/etalase/aluminium frame>.
- [11] Coctor MCY dan MC4 : <http://megasolar/etalase/aluminium frame>
- [12] Konfigurasi komponen PLTS *Off Grid* : <https://www.google.com/imgur>