


Case Study: Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Stasiun Tugu Yogyakarta

Tjaraka Adji Saputra ¹, Usman Nursusanto, M.Pd. ²

¹ Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro dan Elektronika, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Yogyakarta

² Wates, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55651, Indonesia

E-mail: tjarakaadji.2020@student.uny.ac.id

| ABSTRACT | Article Info |
|---|---|
| <p><i>The use of renewable energy is the right step in producing electrical energy, one of which is solar panels. In this research, observations and analysis of the solar power generation system at Tugu Yogyakarta Station. The PLTS system at the station works by connecting directly to the PLN network. The number of solar panels installed is 170 with a configuration of 15 series 2 parallel and 14 series 10 parallel. Using the SUN2000-60KTL-M0 inverter to connect to the PLN grid and AC combiner box as protection before connecting to the PLN grid. Simulations were carried out using Matlab Simulink to obtain voltage, current and panel power values with direct measurement data. This measurement data is in the form of sunlight intensity (lx) which is converted into solar irradiation (W/m²) and air temperature (°C). The simulation results showed that the highest power value produced by the solar panels was 56.32kW on the 4th day with a voltage of 420.9 Vdc and a current of 133.8 A. Then the lowest power was 39.35kW on the 3rd day with a voltage of 419 Vdc and current 93.9 A.</i></p> | Article history Received: Revised: Accepted: Keywords Panel Surya Inverter Box Combiner AC Matlab Simulink Intensitas Cahaya |
| ABSTRAK <p>Penggunaan energi terbarukan atau <i>renewable energy</i> merupakan langkah yang tepat dalam menghasilkan energi listrik. Salah satunya adalah panel surya. Pada penelitian ini akan dilakukan observasi sistem pembangkit listrik tenaga surya di Stasiun Tugu Yogyakarta. Sistem PLTS pada stasiun bekerja dengan sistem <i>on-grid</i> PLN. Panel surya yang terpasang di stasiun berjumlah 170 dengan konfigurasi 15 seri 2 paralel dan 14 seri 10 paralel. Menggunakan inverter SUN2000-60KTL-M0 untuk terhubung dengan grid PLN dan <i>box combiner</i> AC sebagai proteksi sebelum terhubung dengan grid PLN. Dilakukan simulasi menggunakan matlab simulink untuk mendapatkan nilai tegangan, arus, dan daya panel dengan data pengukuran secara langsung. Data pengukuran ini berupa intensitas cahaya matahari (lx) yang dirubah menjadi iradiasi matahari (W/m²) dan suhu udara (°C). Hasil simulasi didapat nilai daya paling besar yang dihasilkan panel surya sebesar 56,32kW pada hari ke-4 dengan tegangan 420,9 Vdc dan arus 133,8 A. Kemudian daya terendah sebesar 39,35kW pada hari ke-3 dengan tegangan 419 Vdc dan arus 93,9 A.</p> | |
| <p>This is an open access article under the CC-BY-SA license.</p>  | |

1. Pendahuluan

Indonesia terletak di daerah khatulistiwa sehingga memiliki intensitas penyinaran matahari yang baik sepanjang tahun dengan iradiasi rata - rata 4,5 - 4,8 kWh/m (1). Kondisi penyinaran ini potensial untuk digunakan dalam pembangkitan listrik tenaga surya (PLTS). Di Indonesia waktu efektif operasional panel surya kurang lebih 3,5 jam. Berdasarkan data kementerian ESDM tahun 2019 bahwa potensi pemanfaatan energi terbarukan mencapai 207,8GW pada energi surya. Di Bali potensi energi matahari dapat mencapai sebesar 113,436GWh pertahun (2).

Salah satu sistem pemasangan panel surya adalah sistem *on-grid* yang terhubung langsung ke jaringan listrik utama atau *grid*. Sistem *on-grid* memiliki kelebihan utama dalam biaya modal pemasangan panel surya. Sistem ini tidak memerlukan baterai sehingga, biaya dalam pemasangan panel surya dapat berkurang. Rancangan pada sistem *on-grid* menggunakan jenis inverter yang dirancang untuk saling terhubung dengan *grid* utama.

Umumnya sistem panel surya yang terhubung langsung dengan *grid* utama memiliki dua loop kontrol. Loop kontrol pertama untuk memodulasi arus keluaran inverter dalam membentuk gelombang fasa dengan PWM dan kontrol kedua mengatur keluaran daya inverter sesuai dengan MPP pada panel surya (3).

Pada penelitian yang dilakukan penulis, akan membahas mengenai Observasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Stasiun Tugu Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komponen dan sistem kerja panel surya pada Stasiun Tugu Yogyakarta. Akan digunakan perangkat lunak Matlab Simulink untuk dilakukan simulasi. Adapun hasil simulasi akan didapatkan besaran energi listrik yang dihasilkan dari PLTS.

2. Metode

Penelitian yang dilakukan penulis menggunakan metode observasi di Stasiun Tugu Yogyakarta dan simulasi menggunakan perangkat lunak Matlab Simulink. Adapun metode penelitian akan dilakukan sebagai berikut :

2.1. Pengumpulan Data

Metode ini dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan. Data ini dapat berupa intensitas radiasi matahari, temperatur udara, dan data spesifikasi komponen pada PLTS.

2.2. Observasi

Observasi dilakukan dengan melakukan pengamatan pemasangan PLTS di Stasiun Tugu Yogyakarta. Metode ini dapat dilakukan dengan mengobservasi pemasangan sistem mekanik dan observasi *box combiner AC* beserta komponen serta observasi kelistrikan.

2.3. Simulasi

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan sistem kerja keseluruhan panel surya dan energi listrik yang dihasilkan panel di Stasiun Tugu Yogyakarta. Untuk mendapatkan besaran nilai energi listrik yang dihasilkan panel surya maka dilakukan simulasi menggunakan Matlab Simulink. Hal ini karena keterbatasan alat ukur yang ada.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada lokasi Stasiun Tugu Yogyakarta dilakukan observasi, analisis, dan pengambilan data berupa intensitas cahaya matahari. Observasi ini mencakup pengamatan pemasangan mekanik seperti rail support PV, kabel tray, *box combiner AC*, inverter, sistem kelistrikan, dan prinsip kerja sistem kelistrikan tenaga surya. Adapun pengambilan data intensitas cahaya matahari digunakan untuk mensimulasikan panel surya yang berada di Stasiun Tugu Yogyakarta menggunakan perangkat lunak Matlab Simulink.

3.1. Observasi Pemasangan Panel Surya

Pemasangan panel surya ini dilakukan pada atap Stasiun Tugu Yogyakarta bagian selatan.



Fig 1. Atap Stasiun Tugu Yogyakarta.

Pemasangan dari panel surya menggunakan bantuan *rail support PV*. *Rail* ini menggunakan aluminium *rail PV mounting* yang dipasangkan pada bagian atap seng Stasiun Tugu Yogyakarta. Komponen pendukung dalam pemasangan *rail support PV* menggunakan *L shape solar panel mounting*. Kemudian panel surya ditempatkan pada atas *rail support PV* dan dikunci menggunakan *solar panel mounting clamp*.



Fig 2. Pemasangan Panel Surya Pada Rail Support PV.

Jumlah panel surya yang dipasang sebanyak 170 buah dengan konfigurasi 14 seri 12 paralel. Untuk 2 kelompok paralel pertama berjumlah 15 seri. Penempatan panel surya pada atap seng stasiun berjumlah 160 buah pada sisi barat dan 10 buah pada sisi timur.

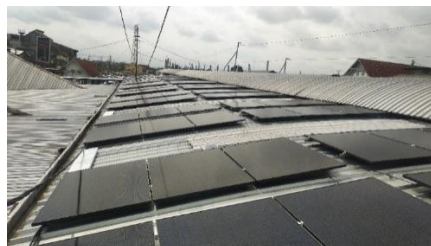


Fig 3. Panel Surya pada Stasiun Tugu Yogyakarta Atap Sisi Barat.

3.2. Observasi Pemasangan Inverter dan Box Combiner AC

Pemasangan dari inverter dan *box combiner AC* berada pada bagian dalam dekat dengan tempat pencetakan tiket dan dibawah dari panel surya. Penempatan dari kedua komponen ditempatkan bersamaan dengan panel kelistrikan yang lain dan tidak terlalu jauh dengan panel surya. Pemasangan inverter dipasang pada bagian beton bawah. Inverter dipasang lebih kebawah dari panel box combiner AC. Inverter yang digunakan memiliki *bracket* yang dapat dilepas pasang. Dalam pemasangan *bracket* inverter menggunakan dynabolt untuk menempatkannya pada bagian beton.



Fig 4. Penempatan Inverter.

Box combiner AC dipasang pada tembok dengan posisi lebih atas dari inverter. Dalam pemasangan *box combiner* AC menggunakan dynabolt yang dipasangkan pada tembok. Penempatan dari *box combiner* AC bersebelahan dengan box panel lain.



Fig 5. Penempatan *Box Combiner* AC.

3.3. Pengamatan Sistem Tenaga Surya

Sistem tenaga surya pada Stasiun Tugu Yogyakarta menggunakan sistem *on-grid* yang terhubung langsung dengan PLN. Dalam sistem *on-grid*, rangkaian dari sistem ini tidak menggunakan baterai sebagai penyimpanan daya. Energi yang dihasilkan panel surya akan langsung terhubung ke beban dengan perubahan arus DC ke AC menggunakan inverter *on-grid*.

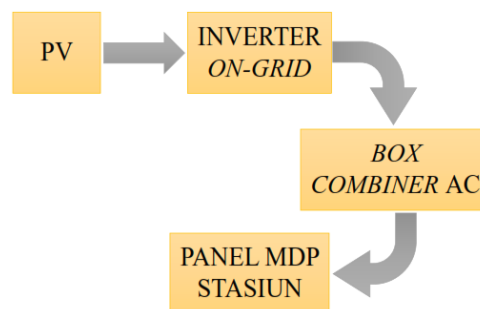


Fig 6. Blok Diagram Sistem PLTS.

Sistem PLTS pada Stasiun Tugu Yogyakarta dapat dilihat pada gambar 6 (Fig 6.). berdasarkan gambar 6, panel surya ke inverter *on-grid*, kemudian menuju *box combiner* AC dan ke panel MDP *existing* stasiun. Berikut analisis sistem tenaga surya pada Stasiun Tugu Yogyakarta.

3.3.1. Pengamatan Panel Surya

Pemasangan panel surya pada Stasiun Tugu Yogyakarta menggunakan konfigurasi 14 seri 10 paralel dan 15 seri 2 paralel. Dengan konfigurasi tersebut pemasangan panel surya ditujukan untuk mendapatkan tegangan yang lebih besar dari pada arus.



Fig 7. Spesifikasi Panel Surya.

Table 1. Spesifikasi Panel Surya

| PV NUSA108H-400MB | |
|--|-------------|
| Maximum Power (P _{mpp}) | 400W |
| Oper-Circuit Voltage (V _{oc}) | 37,23(±3%)V |
| Short-Circuit Current (I _{sc}) | 13,87(±3%)A |
| Voltage at P _{max} (V _{mp}) | 31,21V |
| Current at P _{max} (I _{mp}) | 12,98A |
| Power Tolerance | ±3% |

Standard Test Condition : 1000W/m² , 25 C, AM1.5

Berdasarkan spesifikasi panel surya dan konfigurasi panel surya dapat dihitung tegangan, arus, dan daya total yang dihasilkan panel surya.

Tegangan maksimal keluaran panel surya

$$V_{max_{15}} = V_{mp} \times \text{Jumlah Seri Panel Surya}$$

$$V_{max_{15}} = 31,21V \times 15$$

$$V_{max_{15}} = 468,15V$$

$$V_{max_{14}} = V_{mp} \times \text{Jumlah Seri Panel Surya}$$

$$V_{max_{14}} = 31,21V \times 14$$

$$V_{max_{14}} = 436,94V$$

Arus maksimal keluaran panel surya

$$I_{max_{15}} = I_{mp} \times \text{Jumlah Paralel Panel Surya}$$

$$I_{max_{15}} = 12,98A \times 2$$

$$I_{max_{15}} = 25,96A$$

$$I_{max_{14}} = I_{mp} \times \text{Jumlah Paralel Panel Surya}$$

$$I_{max_{14}} = 12,98A \times 10$$

$$I_{max_{14}} = 129,8A$$

Daya maksimal keluaran panel surya

$$P_{max} = (V_{max_{15}} \times I_{max_{15}}) + (V_{max_{14}} \times I_{max_{14}})$$

$$P_{max} = (468,15V \times 25,96A) + (436,94V \times 129,8A)$$

$$P_{max} = (12,153kW) + (56,714kW)$$

$$P_{max} = 68,8kW$$

3.3.2. Pengamatan Inverter *On-Grid*

Inverter yang digunakan pada Stasiun Tugu Yogyakarta dengan merek HUAWEI dan model SUN2000-60KTL-M0. Inverter ini dapat berkomunikasi dengan kWh meter pada panel *box combiner* AC. Dapat merubah arus DC yang mengalir dari panel surya ke inverter dan dirubah menjadi arus AC 3 fasa.



Fig 8. Spesifikasi Inverter.

Table 2. Spesifikasi Inverter

| SOLAR INVERTER SUN2000-60KTL-M0 | |
|---------------------------------|---|
| Max. Input Voltage | 1.100V |
| Max. Current per MPPT | 22A |
| Number of Inputs | 12 |
| Number of MPPT | 6 |
| Max. AC Apparent Power | 66kVA |
| Max. AC Active Power (cosφ=1) | 66kW |
| Max. Output Current | 100A (380V); 95,3A (400V); 79,4A (480V) |
| Rated AC Grid Frequency | 50Hz / 60Hz |
| Adjustable Power Factor Range | 0,8 leading ... 0,8 lagging |
| Max. Efficiency | 98,9% (480V); 98,7% (380V / 400V) |

Technical Specification Datasheet

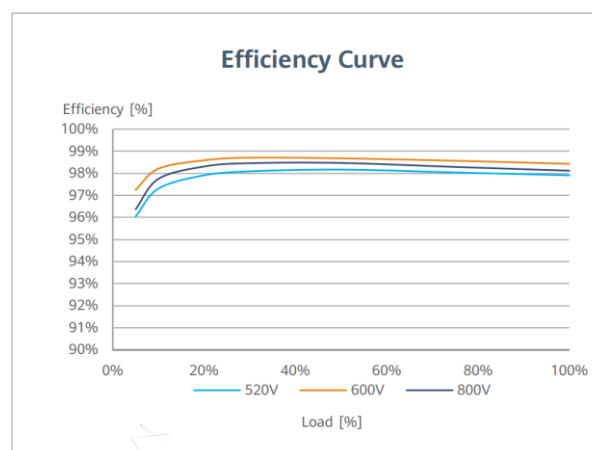


Fig 9. Kurva Efisiensi Inverter SUN2000-60KTL-M0.

Inverter SUN2000-60KTL-M0 memiliki pengaman *surge protection device*, EMI Filter, dan *output isolation relay*. SPD didalam inverter dapat memproteksi komponen dari lonjaka arus listrik pada masukan dan keluaran inverter yang disebabkan oleh petir. Arus lonjakan ini akan ditanahkan ke *ground*. EMI Filter pada inverter berfungsi untuk melindungi peralatan dari gangguan gelombang elektromagnetik. Gelombang ini umumnya memiliki rentang frekuensi pada 9kHz hingga 10kHz.

Inverter ini memiliki MPPT yang berfungsi untuk memaksimalkan keluaran daya pada panel surya dengan melacak arus yang mengalir dan tegangan yang mengalir. DC/AC inverter berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi AC. Memiliki jumlah enam MPPT dengan konfigurasi satu MPPT untuk dua kelompok paralel.

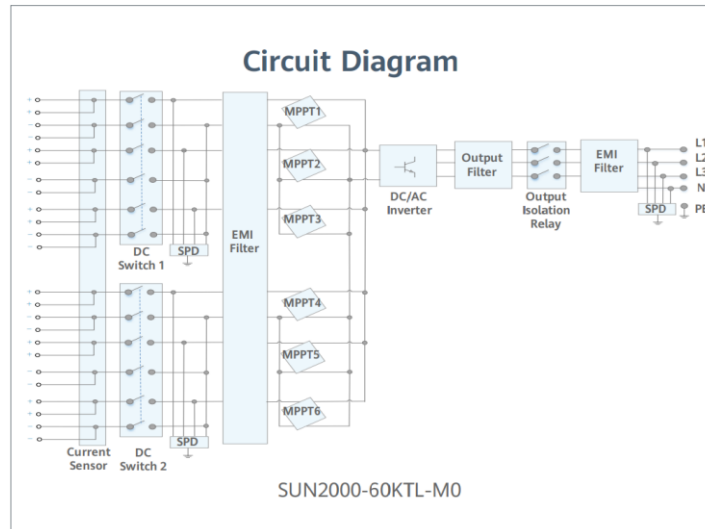


Fig 10. Circuit Diagram Inverter SUN2000-60KTL-M0.

3.3.3. Pengamatan Box Combiner AC

Box combiner AC yang digunakan berfungsi untuk metering panel dan proteksi dari keluaran inverter terhubung dengan *grid*. Metering panel menggunakan kWh meter DTSU666-h yang dapat mengukur tegangan, arus dan daya listrik yang terhubung dengan *grid*. kWh ini berkomunikasi dengan inverter agar keluaran inverter dapat mengeluarkan tegangan dan frekuensi yang sama dengan *grid*.



Fig 11. Box Combiner AC.

Pada *box combiner* AC terdapat beberapa komponen penting yaitu MCB 4 Pole, *magnetic contactor*, *surge arrester*, *smart kWh meter*, relay, dan fuse. Komponen ini dipilih dengan memperhitungkan beberapa parameter salah satunya arus. Dengan memperhitungkan tegangan dan arus, maka komponen yang terdapat pada panel *box combiner* AC sudah sesuai dengan perhitungan.

Table 3. MCB

| MCB 4 Pole C120N | |
|--|---|
| <i>Trip unit technology</i> | <i>Thermal-magnetic</i> |
| <i>Curve code</i> | C |
| <i>Breaking capacity</i> | 10000A Icn at 230...400VAC 6kA Icu at 440VAC 20kA Icu at 220...240VAC 10kA Icu at 380...415VAC 10kA Icu at <=500VDC |
| <i>Network frequency</i> | 50/60 Hz |
| <i>Rated operational voltage</i> | 380...415VAC 220...240VAC 230...400VAC 440VAC <=500VDC |
| <i>Current</i> | 125A |
| <i>Technical Specification Datasheet</i> | |

Table 4. Magnetic Contactor

| Magnetic Contactor LC1D80004 | |
|--|--|
| <i>Rated operational voltage</i> | <=300VDC <=690VAC |
| <i>Rated operational current</i> | 125A (at<60°C) at <=440VAC AC-1 80A (at<60°C) at <=440VAC AC-3 80A (at<60°C) at <=440VAC AC-3e 55A (at<60°C) at <=440VAC AC-4 |
| <i>Control circuit voltage</i> | 220VAC 50/60 Hz |
| <i>Rated breaking capacity</i> | 1100A at 440VAC |
| <i>Technical Specification Datasheet</i> | |

Table 5. kWh Meter

| DTSU666-H | |
|--|---|
| <i>Voltage</i> | Line Voltage 304...499VAC Phase Voltage 176...288VAC |
| <i>Current</i> | 0...250A |
| <i>CT</i> | 3CT 250A/50mA (5m) |
| <i>Technical Specification Datasheet</i> | |

Box combiner AC dihubungkan dengan keluaran inverter dan ke panel MDP *existing*. Sehingga arus yang masuk ke panel *box combiner* AC adalah arus keluaran inverter. Untuk menentukan arus MCB dan kontaktor perlu mencari nilai arus keluaran inverter. Berdasarkan tabel 2. spesifikasi inverter, arus maksimal keluaran inverter adalah 100A. Untuk mendapatkan nilai akurat dari arus yang mengalir maka perlu dilakukan perhitungan dengan parameter daya dan tegangan.

Arus keluaran inverter

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan Inverter}}$$

$$I_{max} = \frac{66kW}{\sqrt{3} \times 380V}$$

$$I_{max} = 100,27A$$

Berdasarkan perhitungan arus keluaran maksimal inverter didapat nilai sebesar 100,27A. Sehingga rating arus MCB dan kontaktor harus lebih dari 100,27A, maka dipilih MCB dan kontaktor dengan rating arus 125A.

Sistem kerja dari panel *box combiner* AC adalah saat terjadi pemadaman listrik maka genset pada stasiun akan hidup dan otomatis akan memutuskan rangkaian dari inverter. Pemutusan rangkaian menggunakan relay yang dikontrol oleh tegangan *power* genset. Relay digunakan untuk menghubungkan kontak bantu kontaktor A1 A2 dengan sumber tegangan panel MDP *existing*. Kontak relay yang digunakan untuk kontaktor adalah NC, sehingga saat koil relay mendapatkan tegangan dari *power* genset, maka kontak NC relay menjadi NO yang memutus rangkaian ke kontak bantu kontaktor A1 A2. Sehingga kontaktor pada kondisi *off*.

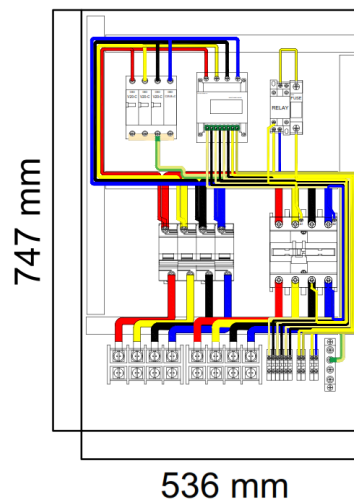


Fig 12. Wiring Box Combiner AC.

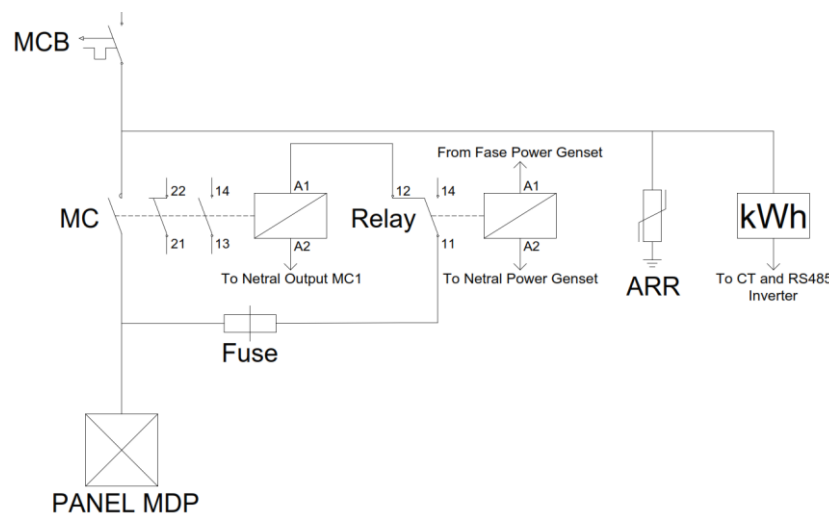


Fig 13. Schematic Diagram Box Combiner AC.

3.4. Hasil Simulasi Menggunakan Matlab Simulink

Untuk mengetahui nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya, maka akan dilakukan simulasi menggunakan Matlab Simulink. Simulasi ini akan menghasilkan nilai tegangan, arus dan daya PV dengan parameter iradiasi matahari dan suhu udara. Pengambilan data iradiasi matahari menggunakan nilai intensitas cahaya (I_x) yang diubah menjadi iradiasi matahari (W/m^2).

Table 6. Sampel Pengambilan Data Intensitas Cahaya Matahari

| Waktu | Rata-Rata Intensitas Cahaya Matahari (lx) | Iradiasi Matahari (W/m ²) |
|----------|---|---------------------------------------|
| 04-09-23 | 88.528,6 | 749,8 |
| 06-09-23 | 96.685,7 | 818,9 |
| 07-09-23 | 70.785,7 | 599,6 |
| 08-09-23 | 100.871,4 | 854,4 |
| 09-09-23 | 96.214,3 | 814,9 |
| 10-09-23 | 71.528,57 | 605,9 |

$$1 \text{ lx} = 0,00847 \text{ W/m}^2 \text{ (4)}$$

Sebelum dilakukan simulasi secara keseluruhan, perlu dilakukan validasi dalam mensimulasikan rangkaian Matlab. Validasi ini dengan cara mensimulasikan rangkaian menggunakan parameter dari spesifikasi PV yang digunakan. Perhitungan daya maksimal yang dihasilkan oleh PV sebesar 68,8kW. Daya ini didapatkan dengan parameter iradiasi matahari 1000W/m² dan suhu 25°C. Maka simulasi pertama dengan menggunakan parameter tersebut.

Table 7. Validasi Matlab Simulink

| Waktu | Iradiasi Matahari (W/m ²) | Rata-Rata Suhu (°C) | Tegangan PV (V) | Arus PV (A) | Daya PV (W) |
|-------|---------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------|-------------|
| - | 1000 | 25 | 437 | 155,7 | 68.039,67 |

Simulation Spesification of PV

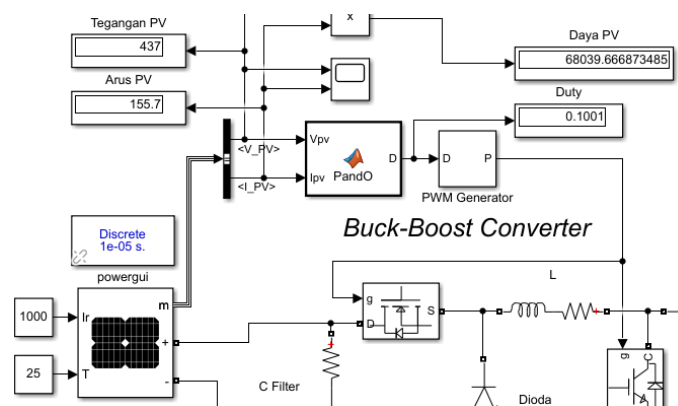


Fig 14. Validasi Matlab Simulink.

Presentase perbedaan = $(| \text{Teori} - \text{Simulasi} | / \text{Teori}) \times 100\%$.

Presentase perbedaan = $(| 68,8\text{kW} - 68,04\text{kW} | / 68,8\text{kW}) \times 100\%$.

Presentase perbedaan = 1,1%

Dengan hasil presentase perbedaan antara teori dan simulasi sebesar 1,1%, maka hasil dari rangkaian simulasi tidak sangat jauh dari hasil perhitungan teori.

Table 8. Simulasi Matlab Simulink

| Waktu | Iradiasi Matahari (W/m ²) | Rata-Rata Suhu (°C) | Tegangan PV (V) | Arus PV (A) | Daya PV (W) |
|----------|---------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------|-------------|
| 04-09-23 | 749,8 | 30,9 | 423,7 | 117,3 | 49.721 |
| 06-09-23 | 818,9 | 32,5 | 421,2 | 128,3 | 54.033 |
| 07-09-23 | 599,6 | 32,2 | 419 | 93,9 | 39.355 |
| 08-09-23 | 854,4 | 32,9 | 420,9 | 133,8 | 56.322 |
| 09-09-23 | 814,9 | 32,2 | 421,8 | 127,6 | 53.839 |
| 10-09-23 | 605,9 | 31,9 | 419,6 | 94,9 | 39.818 |

Simulation Spesification of PV

Hasil simulasi matlab simulink menunjukkan bahwa daya terbesar yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 56,32kW pada hari ke-4, dan daya terendah sebesar 39,35kW pada hari ke-3. Daya yang dikeluarkan oleh panel surya dipengaruhi oleh nilai iradiasi matahari (W/m^2) dan suhu udara.

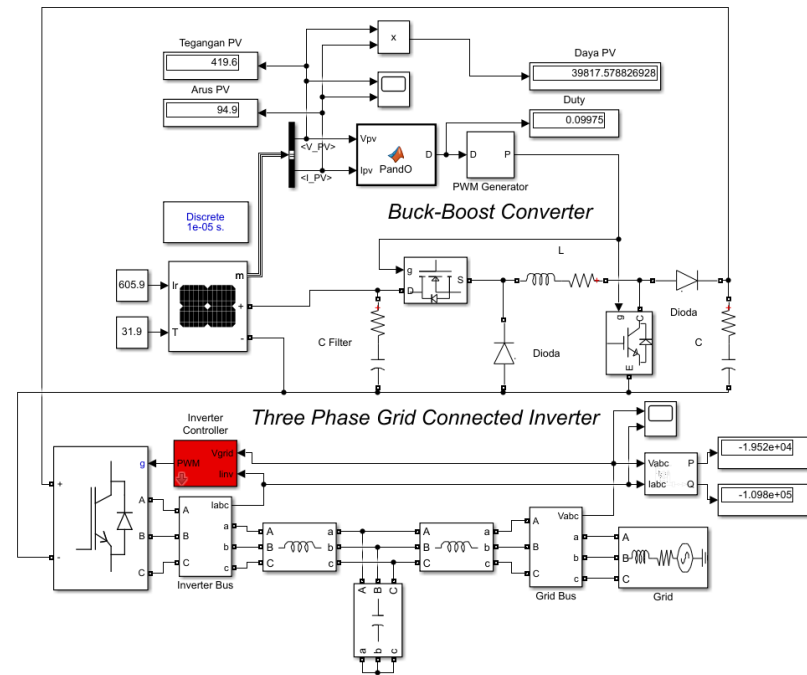


Fig 15. Rangkain Matlab Simulink.

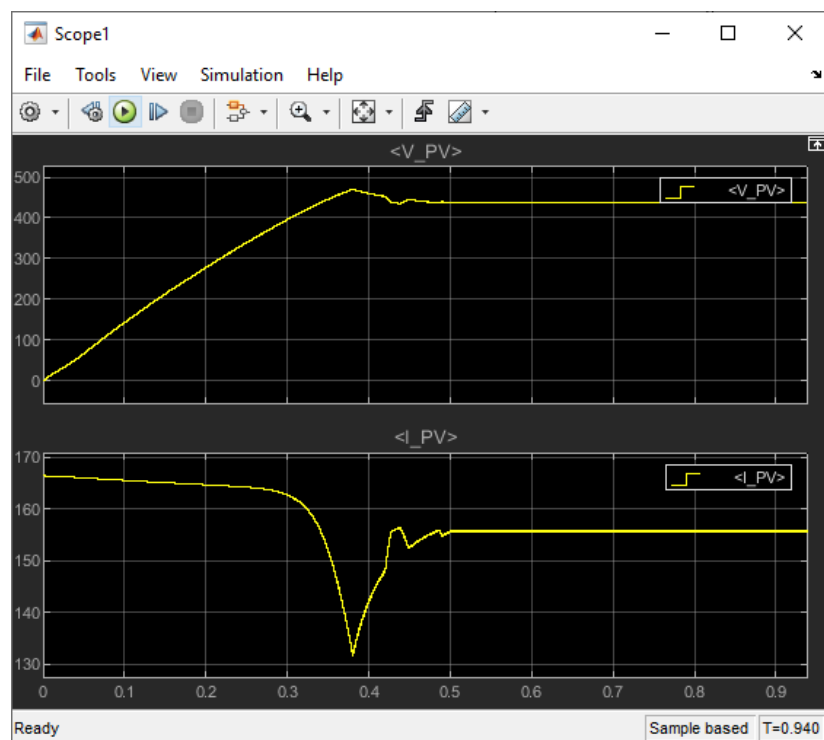


Fig 16. Grafik Tegangan dan Arus PV.

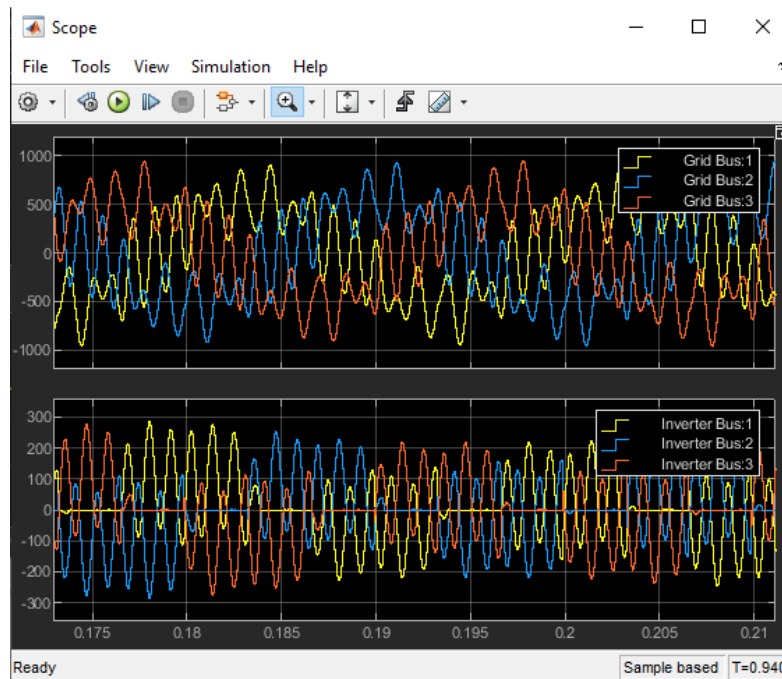


Fig 17. Grafik Keluaran Inverter 3-phase.

4. Simpulan

Hasil observasi pemasangan panel surya pada Stasiun Tugu Yogyakarta telah terpasang panel surya sebanyak 170 buah dengan daya maksimal 400W per panel. Konfigurasi pemasangan panel dengan rangkaian 15 seri 2 paralel, dan 14 seri 10 paralel. Rangkaian utama terdiri dari panel surya menuju inverter kemudian menuju *box combiner* AC dan disambung dengan grid utama PLN pada MDP *existing* stasiun. Komponen pada *box combiner* AC antara lain MCB 4 Pole Schneider C120N dengan rating arus 125A, *magnetic contactor* model LC1D80004, *smart kWh* meter DTSU666-H, OBO *arrester*, *relay*, dan *fuse*.

Berdasarkan hasil simulasi didapat nilai daya paling besar yang dihasilkan panel surya sebesar 56,32kW pada hari ke-4, dan daya terendah sebesar 39,35kW pada hari ke-3. Simulasi dilakukan dengan menggunakan parameter iradiasi matahari yang diubah dari intensitas cahaya matahari (lx) menjadi iradiasi matahari (W/m^2). Parameter kedua adalah suhu udara pada Daerah Istimewa Yogyakarta.

Namun dalam penelitian selanjutnya diharapkan pengukuran dari panel surya dapat dilakukan secara langsung. Hasil pengukuran tersebut merupakan nilai nyata yang dihasilkan langsung oleh panel surya.

Dalam kesimpulannya, hasil observasi ini menunjukkan bahwa pemasangan panel surya pada Stasiun Tugu Yogyakarta memiliki potensi besar dalam menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan. Dapat dilihat pada hasil simulasi daya paling besar adalah 56,32kW dengan tegangan 420,9 Vdc dan arus 133,8 A dari daya maksimal yang dihasilkan panel surya adalah 68kW. Sedangkan untuk daya terendah adalah 39,35kW pada hari ke-3 dengan tegangan 419 Vdc dan arus 93,9 A.

5. Ucapan Terimakasih

Saya ingin mengucapkan terimakasih kepada pimpinan PT. Jiwanta Astungkara Parama yang telah membimbing dan membantu dalam proses observasi pada Stasiun Tugu Yogyakarta, seperti teknisi pemasangan panel, staff, pengamat dan pihak yang memberikan dukungan moral dan materil selama proses observasi.

Saya juga mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing PIM yang telah membimbing dan membantu dalam proses observasi. Penelitian ini tidak mungkin terwujud tanpa dukungan dan bimbingan dari pihak terkait. Saya harap penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang terkait, serta masyarakat umum.

6. Daftar Rujukan

- [1] Hutajulu, Albert & Masbah r.t, Siregar & Pambudi, Mohammad. (2020). RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ON GRID DI ECOPARK ANCOL. TESLA: Jurnal Teknik Elektro. 22. 23. [10.24912/tesla.v22i1.7333](https://doi.org/10.24912/tesla.v22i1.7333).
- [2] Wiriastika, I & Setiawan, Nyoman & Sukerayasa, Wayan. (2022). PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI TEMPAT OLAH SAMPAH SETEMPAT WERDI GUNA DESA GUNAKSA KABUPATEN KLUNGKUNG. Jurnal SPEKTRUM. 9. 44. [10.24843/SPEKTRUM.2022.v09.i01.p6](https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2022.v09.i01.p6).
- [3] W. Libo, Z. Zhengming and L. Jianzheng, "A Single-Stage Three-Phase Grid-Connected Photovoltaic System With Modified MPPT Method and Reactive Power Compensation," in *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 22, no. 4, pp. 881-886, Dec. 2007, doi: [10.1109/TEC.2007.895461](https://doi.org/10.1109/TEC.2007.895461).
- [4] Michael, Peter & Johnston, Danvers & Moreno, Wilfrido. (2020). A conversion guide: solar irradiance and lux illuminance. Journal of Measurements in Engineering. 8. [10.21595/jme.2020.21667](https://doi.org/10.21595/jme.2020.21667).

7. Biografi Penulis

1st Author (Tjaraka Adji Saputra), lahir di Sleman pada 12 Juni 2002. Bertempat tinggal di Sleman. Saat ini penulis merupakan mahasiswa Program Studi Pendidikan D4 Teknik Elektro, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Yogyakarta. Penulis memiliki minat tinggi dalam bidang listrik dan dengan antusias mengembangkan karya atau perangkat. Ia senang melakukan penelitian dalam bidang energi baru terbarukan untuk menciptakan suatu karya inovatif. Penulis dapat dihubungi melalui email (tjarakaadji.2020@student.uny.ac.id) atau telepon +6282329080159.

2nd Author (Usman Nursusanto), lahir pada tahun 1993 di Magelang, adalah Magister Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta, saat ini aktif sebagai dosen di Sarjana Terapan Teknik Elektro Fakultas Vokasi Universitas Negeri Yogyakarta. Fokus penelitian peneliti adalah sistem tenaga listrik dan utilitasnya serta energi baru terbarukan. Peneliti dapat dihubungi melalui email di usmannursusanto@uny.ac.id atau telepon 087734155620.