

ANALISIS PENGARUH “*PARTIAL SHADING*” TERHADAP UNJUK KERJA PLTS OFF GRID 4 KWP SISTEM KELISTRIKAN ITN MALANG

Rian Arby Hidayat¹, Awan Uji Krismanto², I Made Wartana³

Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

¹arilekok@gmail.com, ²awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id, ³m.wartana@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan listrik di daerah terpencil atau yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik utama. Namun keberhasilan dari PLTS *Off-Grid* sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti gangguan bayangan (*Partial Shading*) yang dapat terjadi akibat pergerakan matahari. Akibat yang ditimbulkan dari pergerakan matahari membuat daya yang diterima oleh PV bergantung pada intensitas cahaya. Untuk mengoptimalkan dari intensitas cahaya ini digunakan sebuah pengendali penjejak titik maksimum daya (MPPT) untuk sistem pembangkit tenaga surya dimodelkan menggunakan MATLAB Simulink. Tujuan penelitian ini untuk mengoptimalkan kinerja PV yang ada di PLTS ITN Malang akibat adanya *shading* yang mempengaruhi *output* keluaran PV pada PLTS *Off-Grid* ITN Malang. Model yang dikembangkan dibangun dari modul PV yang ada pada software MATLAB Simulink yang disusun secara seri dan paralel dengan memodelkan sistem MPPT menggunakan metode FFA dan PnO. Metode FFA dan PnO memberikan pengoptimalan keluaran daya dari PV. Dari hasil percobaan model yang dikembangkan menghasilkan sifat yang sama dengan model dengan pendekatan rangkaian. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model yang dikembangkan dapat mengikuti titik daya maksimum menggunakan algoritma P&O (*Perturb dan Observe*) dan *Firefly*. Dari kedua algoritma memberikan efisiensi kinerja panel surya untuk mendapatkan daya yang optimal pada saat *partial shading*.

Kata Kunci: Algoritma *Perturb dan Observe*, fotovoltaik, *Firefly*, Model Simulink, MPPT.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik dunia terus meningkat seiring dengan meningkatnya kemajuan peradaban manusia. Pemanfaatan sumber energi listrik seperti batu bara, bahan bakar minyak, gas alam menghadapi kendala yang semakin besar kendala tersebut adalah sumbernya yang semakin berkurang dan yang lebih penting lagi munculnya persoalan polusi lingkungan hidup yang membahayakan bagi kehidupan umat manusia. Pengembangan sumber tenaga alternatif yang terbarukan dan bebas polusi menjadi kebutuhan mendesak bagi seluruh umat manusia. Sumber tenaga terbarukan tersebut seperti tenaga surya, tenaga angin,

tenaga air, tenaga gelombang air laut dan lain-lain. Pengembangan pemanfaatan energi terbarukan harus dilakukan baik dalam bentuk riset di laboratorium maupun terapannya berupa teknologi tepat guna yang langsung dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. [1]. *Shading* adalah dimana salah satu atau lebih sel silikon dari solar cell panel tertutup dari pancaran sinar matahari. *Shading*/teduh/bayangan PLTS biasanya dihasilkan dari susunan Array yang terdiri atas beberapa panel surya yang dihubungkan secara seri dan/atau paralel untuk menghasilkan daya yang diinginkan. Untuk mengurangi dampak hal tersebut, setiap panel surya harus dipasang bypass diodes, sehingga sel/panel yang bermasalah akan secara otomatis terlepas dari array.[2]. Adapun penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja *Partial Shading* PLTS menggunakan aplikasi Matlab. Indikator yang digunakan adalah energi keluaran inverter, pengukuran bayangan *Solmetric* dan hasil pengukuran *Supervisory Control and Data Acquisition (Scada)*. Penelitian ini dilakukan pada PLTS *Off-Grid* 400 KWP di ITN Malang dan diharapkan dapat meningkatkan dan mempertahankan kinerja PLTS ITN Malang pada saat *Partial Shading*. [3].

II. KAJIAN PUSTAKA

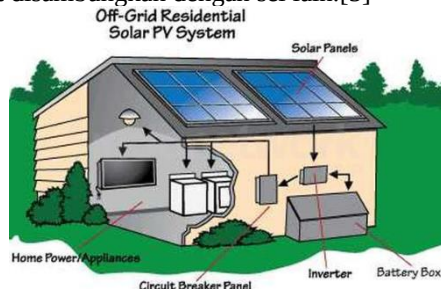
A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya, dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun hibrid (dikombinasikan dengan sumber energi lain), baik dengan metode desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metode sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel).[4]

B. Sistem PLTS *Off-Grid*

Sistem PLTS *Off-Grid* mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber listrik sehingga aman dari polusi atau tidak mencemari udara.. Sistem PLTS *Off Grid* merupakan solusi terbaik dalam penyediaan energi listrik di

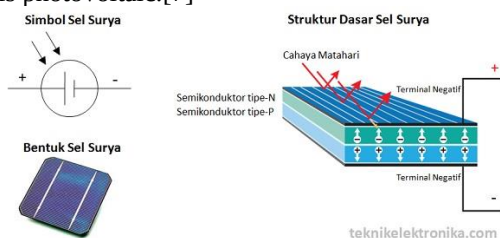
daerah terpencil dengan memanfaatkan energy matahari yang dikonversi menjadi energi listrik untuk melayani kebutuhan listrik penduduk dengan sistem pengoperasian dan perawatan yang sangat mudah serta dapat berfungsi sambungan listrik untuk dapat disambungkan dengan sel lain.[5]



Gambar 1. PLTS Off-Grid

C. Photovoltaic Array

Photovoltaic array adalah rangkaian dari beberapa modul photovoltaic, yang merupakan energi terbarukan (Renewable Energi) yang ramah lingkungan. Photovoltaic array ini pada siang hari atau ketika terkena cahaya matahari akan menghasilkan energi listrik dalam bentuk DC yang kemudian disalurkan ke inverter untuk dikonversikan menjadi dalam bentuk AC. Jumlah photovoltaic modul yang digunakan pada sistem ini adalah 5000 buah modul dengan kapasitas 200 Wp per modul. Untuk 1 Photovoltaic array terdiri dari 100 buah modul dengan total kapasitas 20 kWp. Dengan demikian dari 5000 buah modul akan tersusun 50 Photovoltaic array dengan total kapasitas 1 MWp. Tipe sel dari *photovoltaic* modul ini yaitu jenis monocrystalline dengan tegangan nominal 24 V. Temperatur operasi dari photovoltaic ini berkisar antara - 40OC sampai +85 OC. Secara umum struktur sebuah photovoltaic terdiri atas kontak metal atas (kutub positif), lapisan anti refleksi (ARC), lapisan semikonduktor tipe, sambungan p-n (p-n junction), lapisan semikonduktor tipe p, dan kontak metal bawah (kutub positif). Sel surya (solar cell) disebut juga divais photovoltaic.[7]



Gambar 2. Photovoltaic Array

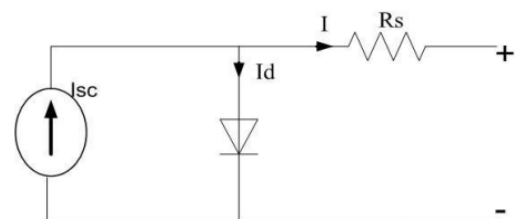
Kontak atas metal sangat dibutuhkan untuk mengumpulkan arus yang dibawa oleh sel surya. Busbar adalah bagian yang dihubungkan langsung dengan eksternal sel. Finger adalah bagian (elemen) yang lebih halus dari busbar yang berfungsi untuk mengumpulkan arus dan menyalurkannya ke busbar.[4][8]

D. Shading (Bayangan) Pada Photovoltaic

Efek shading pada PV array menyebabkan berkurangnya penyerapan radiasi matahari dan meningkatnya suhu pada modul-modul pada PV array. Berkurangnya penyerapan radiasi matahari mengakibatkan menurunnya tegangan pada PV string dan mengganggu kinerja sistem PV array. Modul PV yang tidak mendapat radiasi tidak seragam tersebut menjadi beban pada modul PV yang bekerja secara normal. Modul PV yang menjadi beban tersebut akan membuang daya yang dihasilkan melalui panas dan menyebabkan modul PV rusak jika dipaksa bekerja secara terus menerus. Shading akan mengurangi pengeluaran daya dari panel surya. Beberapa jenis modul panel surya sangat terpengaruh oleh shading dibandingkan yang lain.[9]

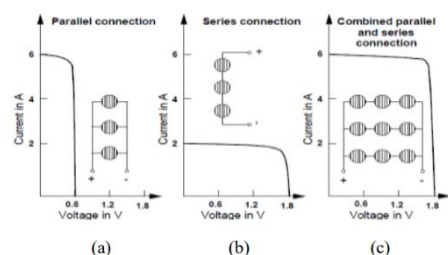
E. Studi Analisa Aliran Daya

Cara kerja *photovoltaic* mirip dengan piranti semikonduktor dioda p-n junction yang memiliki 2 buah bahan semikonduktor, tipe-p dan tipe-n. Dengan menggunakan photo-electric effect dari bahan semikonduktor yang pada umumnya terbuat dari silikon (Si) dan Germanium (Ge), photovoltaic dapat langsung mengkonversi sinar matahari menjadi listrik searah (dc). *Photovoltaic* dapat dimodelkan menjadi rangkaian ekuivalen jika *photovoltaic* ideal, maka cukup dimodelkan dengan sumber arus yang parallel dengan dioda. Tetapi, pada kenyataannya tidak ada *photovoltaic* yang ideal di dunia nyata, maka ditambahkan resistansi seri (R_s) dan resistansi parallel (R_p) sebagai representasi losses pada *photovoltaic*. R_s merepresentasikan resistansi dari material semikonduktor dan R_p merepresentasikan rugi-rugi yang disebabkan oleh arus bocor yang menembus melalui lintasan resistif paralel ke peralatan. R_s memiliki nilai resistansi yang sangat kecil, sedangkan R_p memiliki nilai resistansi yang sangat tinggi. Berikut gambar ekuivalen.



Gambar 3. Rangkaian Ekuivalen Sel PV

Kurva I-V *photovoltaic* dengan pasangan seri ataupun parallel dapat dilihat pada gambar.

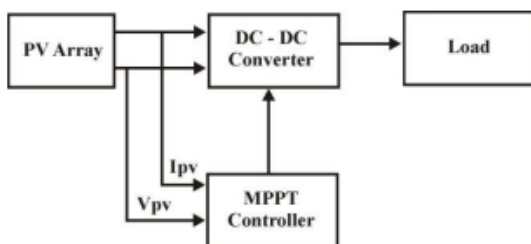


Gambar 4. Kurva I-V Photovoltaic

Daya yang dikeluarkan *photovoltaic* sangat terpengaruh oleh temperatur. Kenaikan temperatur pada *photovoltaic* dapat menyebabkan penurunan rating *photovoltaic*, atau yang biasa disebut derating. Derating mengurangi daya output yang seharusnya dikeluarkan *photovoltaic* [1.1]

F. Maksimum Power Point Tracking (MPPT)

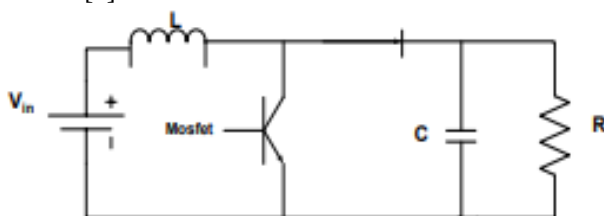
MPPT adalah suatu teknik untuk memaksimalkan output yang dihasilkan oleh PV. MPPT memiliki fungsi untuk menelusuri atau melacak daya yang dihasilkan PV agar selalu berada di titik maksimum dalam kondisi suhu dan iradiasi lingkungan yang selalu berubah. MPPT terbagi menjadi dua bagian utama, antara lain MPPT Controller yang berupa algoritma MPPT dan DC-DC converter atau konverter arus searah. Beberapa contoh algoritma M.P.P.T. yang sering digunakan untuk aplikasi sistem panel surya adalah *Incremental Conductance* (INC) dan *Perturb and Observe* (P&O). Sedangkan DC-DC converter atau konverter arus searah memiliki fungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan yang dari panel surya. Gambar 6 menunjukkan diagram blok *Maksimum Power Point Tracking* (MPPT).[12]



Gambar 5. *Maximum Power Point Tracking* (MPPT)

G. DC-DC Converter Design

DC- DC converter yang digunakan dalam makalah ini adalah jenis boost converter dengan beban resistif. DC-DC boost konverter memiliki peran penting dalam sistem PV. Kondisi MPP dapat dicapai dengan menggunakan boost konverter sebagai daya kondisioner *boost converter* sedangkan parameter yang diperlukan untuk desain *boost converter*[6]



Gambar 6. *DC-DC Converter Design*

Menghitung Duty Cycle (D)

$$D = 1 - (V_{in}/V_{out}) \quad (1)$$

Menghitung arus output (I_{out})

$$P = V_{out} \times I_{out} \quad (2)$$

$$I_{out} = P/V_{out} \quad (3)$$

Menghitung tahanan (R)

$$R = V_{out} \quad (4)$$

Menghitung arus induktor (I_L)

$$I_L = 0.2 \times I_{out} \times V_{out} \quad (5)$$

Menghitung Induktor (L) konverter boost

$$L = (V_{in} \times (V_{out} - V_{in})) / (\Delta I_L \times f \times (V_{out} + V_f)) \quad (6)$$

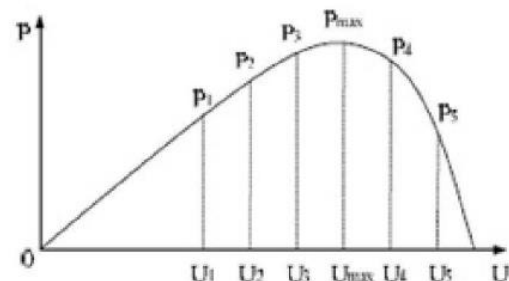
Menghitung Capacitor (C)

$$\text{Diasumsikan } \Delta V_{out}/V_r = 0.1v \quad (7)$$

$$C = (V_{out} \times D) / ((\Delta V_{out}/V_r) \times f \times R) \quad (8)$$

H. Algoritma *Pertube And Observe*

Dalam penelitiannya Morale melaporkan metode *Pertube and Observe* terdiri dari dua tahapan. *Pertube* mengirimkan perubahan kepada tegangan atau arus *observe*, melakukan perhitungan daya yang disebabkan oleh *pertube*-nya. Perbandingan daya sebelum dan sesudah proses *pertube* dilakukan digunakan sebagai acuan untuk menambah atau mengurangi tegangan untuk langkah berikutnya dan mendapatkan nilai MPP-nya, Langkah-langkah dalam metode *Pertube and Observe* ini seperti yang diilustrasikan oleh gambar.[13]



Gambar 7. Kurva Algoritma P&O

I. Algoritma *FireFly*

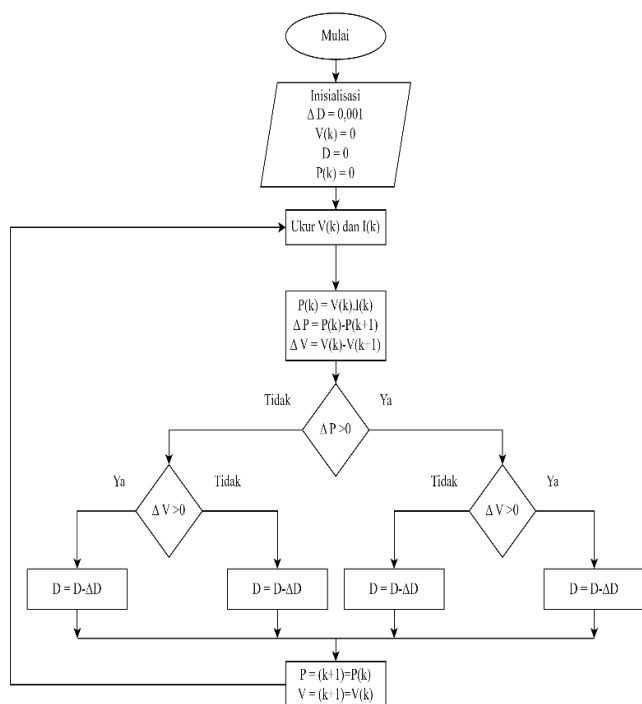
FireFly Algorithm atau algoritma kunang-kunang adalah algoritma metaheuristic yang terinspirasi dari perilaku koloni kunang-kunang. Kunang-kunang memiliki kemampuan untuk memancarkan cahaya yang berkedip. Fungsi kedipan Cahaya kunang-kunang adalah untuk komunikasi dengan kunang-kunang yang lain dan untuk menarik pasangan. Karakteristik algoritma kunang-kunang mempunyai 3 aturan sebagai berikut.

1. Semua kunang-kunang bersifat unisex, hal ini menyebabkan semua kunang kunang saling tertarik antara satu dan yang lain dengan tidak dipengaruhi jenis kelamin.
2. Tingkat ketertarikan sesuai dengan tingkat kecerahan cahaya nya. Kunang kunang yang mempunyai tingkat kecerahan Cahaya lebih tinggi akan menarik kunang kunang yang mempunyai tingkat kecerahan Cahaya lebih rendah. Kecerdahan cahaya berbanding terbalik dengan jarak. Semakin

dekat akan semakin cerah, semakin jauh akan semakin redup.

3. Fungsi tingkat intensitas cahaya yang dihasilkan kunang kunang di pengaruhi oleh fungsi dari sistem yang akan dioptimasi. [12]

III. METODOLOGI PENELITIAN



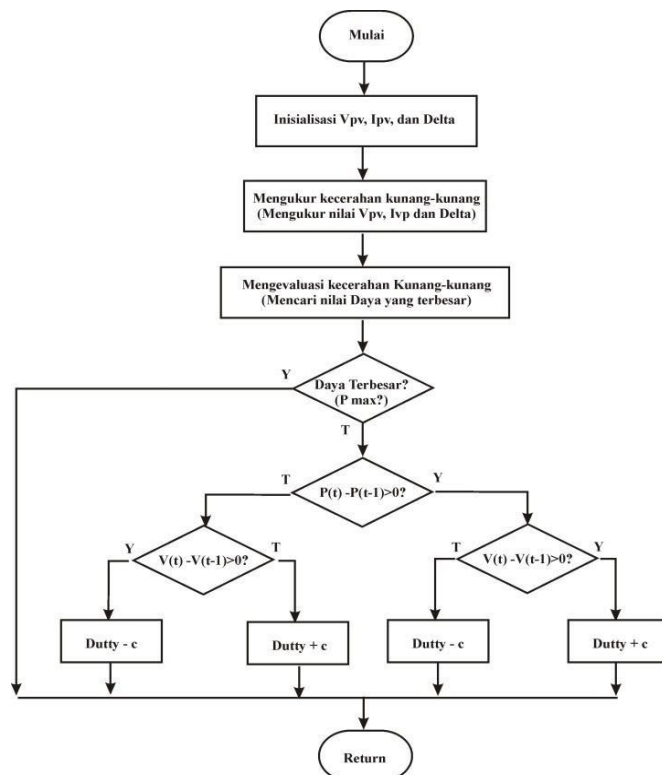
Gambar 8. flowchart Algoritma Optimasi

Algoritma *Pester and Observe* (P&O) bekerja mendeteksi gangguan pada tegangan PV secara berkala dengan memvariasikan duty cycle dan mengamati catu daya PV untuk menaikkan atau menurunkan tegangan PV pada siklus berikutnya. Algoritma ini bekerja secara positif atau negatif. Titik kerja lereng harus selalu berada pada titik terbesar. Algoritma ini membutuhkan nilai parameter daya, tegangan, dan arus dari sistem fotovoltaik sebagai masukan. Algoritma P&O dapat diubah menjadi diagram seperti terlihat pada gambar di atas.

MPPT sebenarnya adalah sistem elektronik yang dapat melakukan hal tersebut. mematuhi titik daya maksimum. Energi dapat dilepaskan oleh panel surya. Kapasitas sel surya dipengaruhi oleh sinar matahari, sehingga diperlukan algoritma untuk mencari titik daya maksimum (MPP) dan mempertahankan titik operasi. Algoritma *Disturb and Observe* dengan metode *Hill Climbing* dapat digunakan sebagai algoritma pengendalian MPPT. Algoritma ini dapat dijelaskan seperti pada Gambar 5, terdapat tiga jenis titik dan letaknya pada 3 posisi. Pada puncak kiri $\Delta P/\Delta V > 0$, puncak kurva $\Delta P/\Delta V = 0$ dan puncak kanan $\Delta P/\Delta V < 0$.

Metode ini bekerja dengan cara mengganggu (menambah atau mengurangi) jangka waktu siklus. Setiap kali siklus

kerja berubah, perubahan daya akan terlihat jelas. Jika kapasitas saat ini lebih tinggi dari kapasitas sebelumnya, maka duty cycle akan meningkat kembali. Jika kapasitas saat ini lebih rendah dari kapasitas sebelumnya, maka duty cycle akan menurun. Oleh karena itu, metode ini memerlukan memasukkan nilai daya keluaran untuk menentukan penurunan daya pada beban.



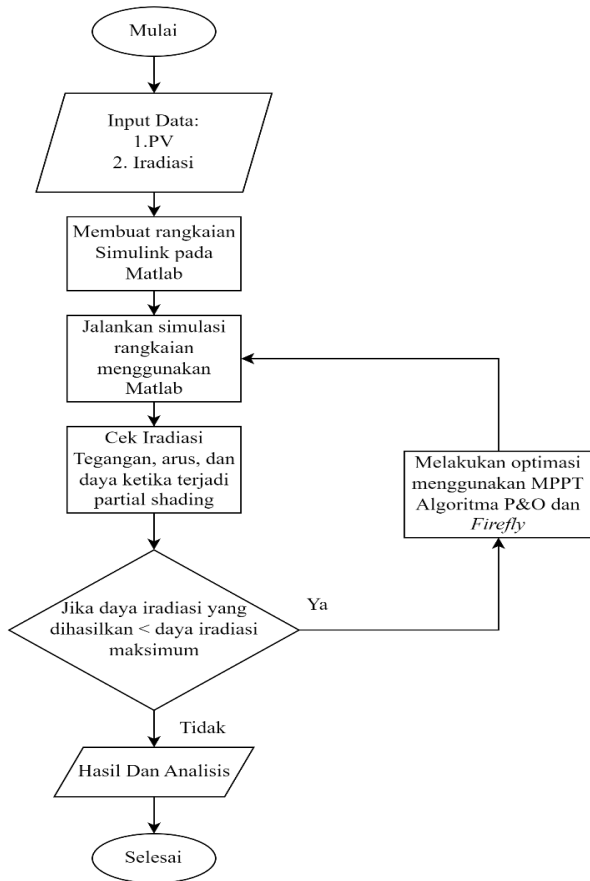
Gambar 9. Flowchart Algoritma Firefly

Agar mendapatkan MPPT dengan efisiensi maksimal, pada penelitian ini dilakukan optimasi algoritma Firefly. Modifikasi dilakukan pada level akhir algoritma Firefly, mengkonfirmasi kembali perbedaan daya dan tegangan yang dihasilkan panel surya, kemudian dilakukan observasi dengan menambah atau mengurangi nilai nilai duty cycle untuk mendapatkan waktu konvergensi yang cepat. dan kekuatan terbesar diagram algoritma Firefly yang dioptimalkan ditunjukkan pada gambar di atas.

IV. SIMULASI DAN ANALISA

IV.I. Pengujian PV Pada Kondisi *Base case* (Tanpa MPPT)

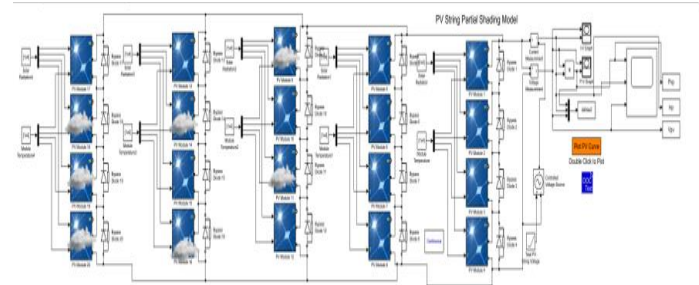
Pada bagian ini akan dilakukan pengujian terhadap PV. Pengujian dilakukan dengan beberapa perubahan intensitas (1000W/m^2 , 800W/m^2 , 500W/m^2 , 300W/m^2) dan kondisi Partial Shading. Perubahan intensitas dan kondisi *Partial Shading* bertujuan untuk menguji seberapa efisien dari sebuah algoritma MPPT yang digunakan dalam mencari titik daya maksimum PV. Ada algoritma MPPT yang ada digunakan pada bab ini yakni algoritma P&O.



Gambar 10. Flowchart Pengerjaan

Dalam pengerjaan penelitian adapun langkah-langkah yang sesuai dalam flowchart di atas yang dimana:

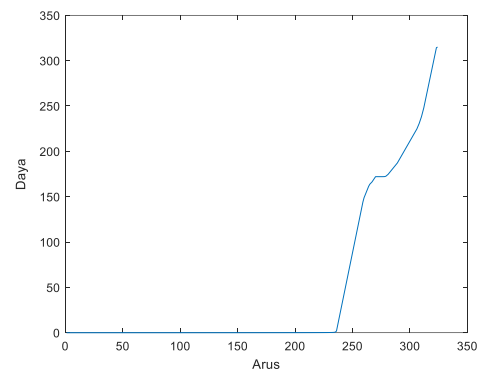
1. Mulai
2. Input data PV dan nilai iradiasi PV pada saat terjadi shading berdasarkan tabel 1 dan tabel 2.
3. Membuat dan menjalankan rangkaian dengan menggunakan Matlab Simulink.
4. Membaca arus, tegangan, dan daya Ketika terkena Partial Shading.
5. Jika daya yang dihasilkan kurang dari daya nominal ketika terjadi partial shading maka akan di proses melalui MPPT.
6. Fungsi dari MPPT untuk memproses agar daya yang di keluarkan pada partial Shading di atas diolah menggunakan algoritma P&O dan FireFly kemudian hasil dari MPPT memperbaiki daya arus dan tegangan.
7. Ketika keluaran daya sesuai dari partial Shading maka akan dilakukan analisa dari hasil proses di atas.
8. Selesai.



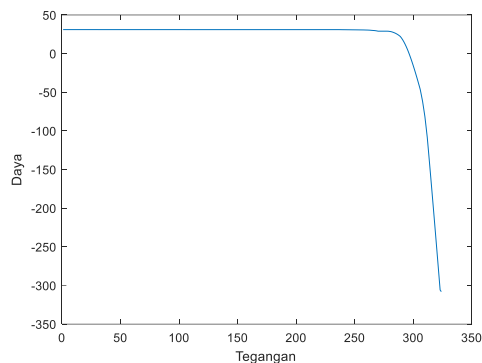
Gambar 11. Pemodelan Rangkaian PV pada Simulink

Intensitas cahaya dalam pengujian ditunjukkan oleh gambar. Masing-masing nilai intensitas cahaya menghasilkan daya maksimum yang berbeda-beda. Berikut grafik keluaran tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh PV pada simulink

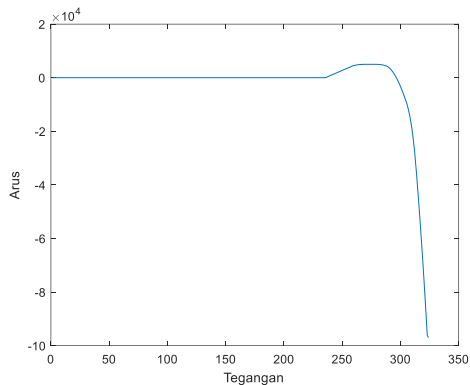
1. Irradiasi 1000 w/m^2



Gambar 12. Tegangan PV PV dengan iradiasi 1000 w/m^2



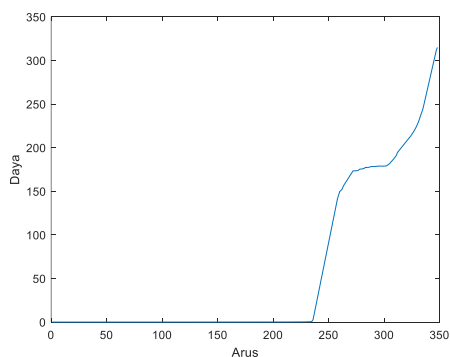
Gambar 13 Arus PV PV dengan irradiansi 1000 w/m2



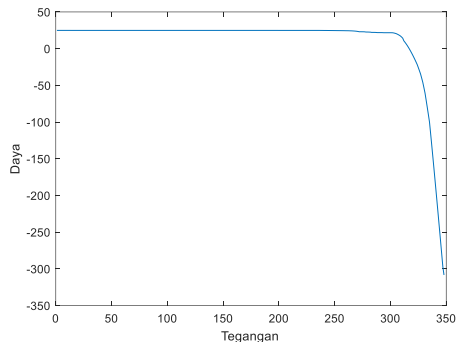
Gambar 14 Daya PV PV dengan irradiansi 1000 w/m2

Grafik diatas menunjukkan keluaran dari tegangan, arus, dan daya pada PV dengan irradiansi 1000 w/m². Pada gambar 12 grafik tegangan merupakan kurva dari tegangan yang dikeluarkan oleh PV ketika tidak terjadi shading. Pada gambar 13 grafik arus yang ditunjukkan ketika tegangan mencapai 250 daya yang dihasilkan akan turun. Pada gambar 14 menunjukkan grafik daya merupakan perkalian antara tegangan dan arus.

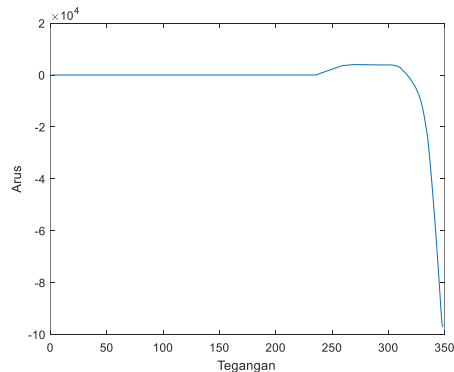
2. Irradiansi 800 w/m²



Gambar 15 Tegangan PV dengan irradiansi 800 w/m2



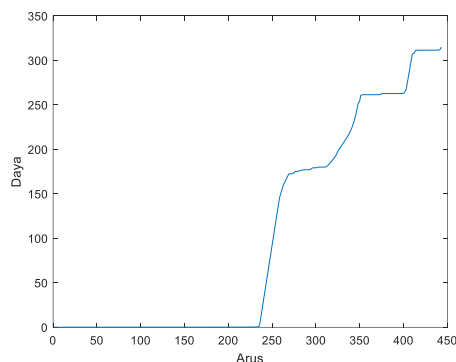
Gambar 16 Arus PV dengan irradiansi 800 w/m2



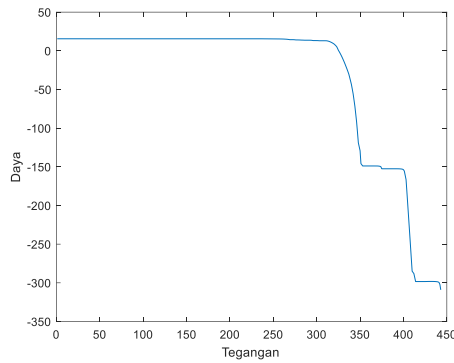
Gambar 17 Daya PV dengan irradiansi 800 w/m2

Grafik diatas menunjukkan keluaran dari tegangan, arus, dan daya pada PV dengan irradiansi 800 w/m². Pada gambar 15 grafik tegangan merupakan kurva dari tegangan yang dikeluarkan oleh PV ketika terjadi shading. Pada gambar 16 grafik arus yang ditunjukkan ketika tegangan mencapai 300 daya yang dihasilkan akan turun. Pada gambar 17 menunjukkan grafik daya merupakan perkalian antara tegangan dan arus.

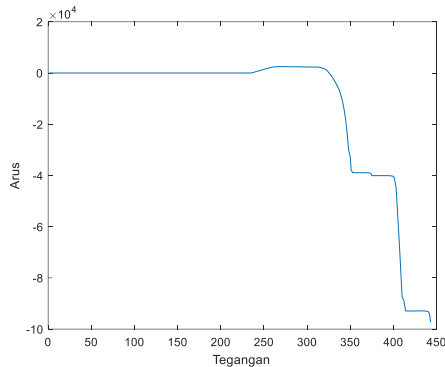
3. Irradiansi 500 w/m²



Gambar 18 Tegangan PV dengan irradiansi 500 w/m2



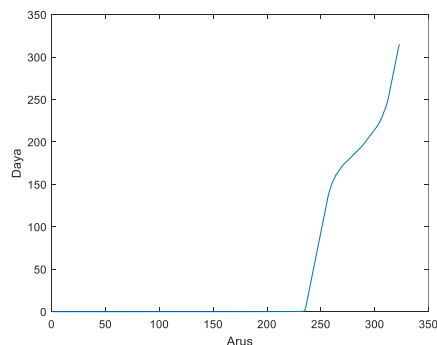
Gambar 19. Arus PV dengan irradiansi 500 w/m²



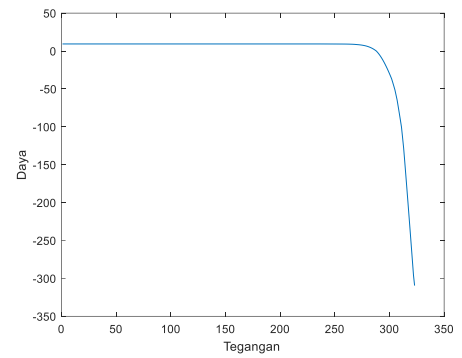
Gambar 20. Daya PV. dengan irradiansi 500 w/m²

Grafik diatas menunjukkan keluaran dari tegangan, arus, dan daya pada PV dengan irradiansi 500 w/m². Pada gambar 18 grafik tegangan merupakan kurva dari tegangan yang dikeluarkan oleh PV ketika terjadi shading. Pada gambar 19 grafik arus yang ditunjukkan ketika tegangan mencapai 250 daya yang dihasilkan akan turun. Pada gambar 20 menunjukkan grafik daya merupakan perkalian antara tegangan dan arus.

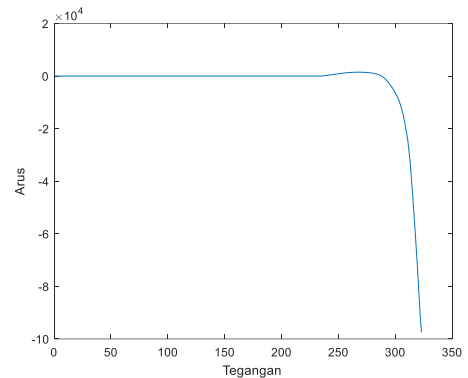
4. Irradiansi 300 w/m²



Gambar 21. Tegangan PV dengan irradiansi 300 w/m²



Gambar 22. Arus PV dengan irradiansi 300 w/m²



Gambar 23. Daya PV dengan irradiansi 300 w/m²

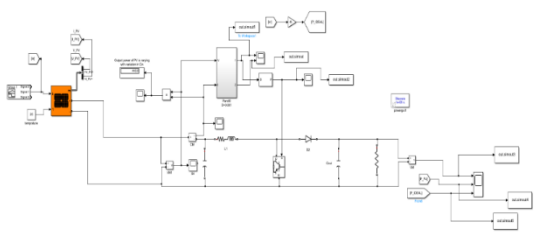
Grafik diatas menunjukkan keluaran dari tegangan, arus, dan daya pada PV dengan irradiansi 300 w/m². Pada gambar 20 grafik tegangan merupakan kurva dari tegangan yang dikeluarkan oleh PV ketika tidak terjadi shading. Pada gambar 21 grafik arus yang ditunjukkan ketika tegangan mencapai 250 daya yang dihasilkan akan turun. Pada gambar 23 menunjukkan grafik daya merupakan perkalian antara tegangan dan arus.

Dari ketiga percobaan diatas perbedaan antara ketiga bentuk kurva keluaran dari partial shading yang berbeda menunjukkan bahwa semakin rendah intensitas cahaya yang diterima oleh PV, maka keluaran dari PV akan semakin rendah, hal ini dapat dilihat dari gambar diatas.

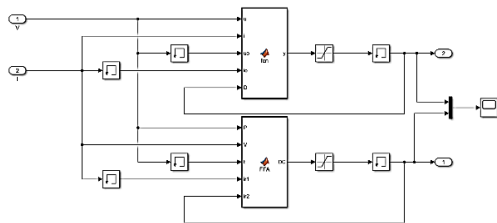
IV.II. Hasil Analisis

A Pengujian Algoritma MPPT

MPPT yang digunakan adalah algoritma gabungan antara *Firefly Algorithm* (FFA) dan *Perturb and Observe Algorithm* (P&O). Kedua algoritma ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. FFA memiliki keunggulan ketika berada dalam PSC tapi memiliki waktu konvergen yang lebih lama dari pada P&O. Disisi lain, P&O memiliki waktu konvergensi yang cepat tapi memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk terjebak pada titik *Local Maximum Power* (LMP) ketika terjadi kondisi PSC.

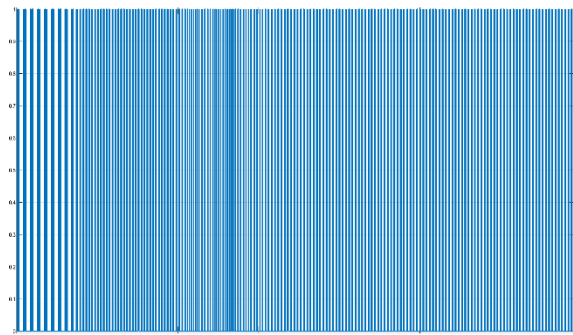


Gambar 26 Pemodelan Rangkaian MPPT Pada Simulink



Gambar 27 Simulink P&O dan FireFly

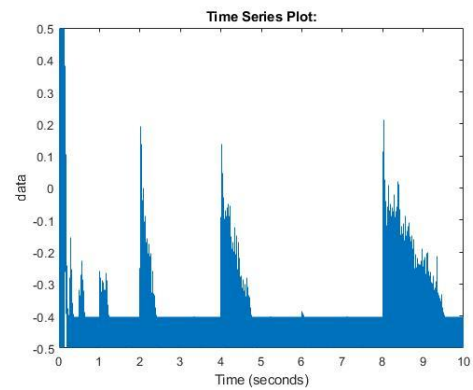
Ketika kedua algoritma ini di gabungan akan menghasilkan *duty Cycle* seperti gambar di bawah.



Gambar 27 Grafik Duty Cycle Pada Percobaan MPPT

Gambar 27 kedua algoritma ini digabungkan untuk menghasilkan algoritma yang lebih baik. Pertama kali MPPT ini bekerja menggunakan algoritma FFA untuk menghindari LMP pada PSC. Algoritme kemudian beralih ke P&O ketika rentang antara siklus tugas awal dan akhir di bawah ini cukup kecil (sekitar 0,5). Untuk algoritma P&O yang digunakan juga dilakukan sedikit modifikasi pada nilai noise yang akan berkurang jika daya baru lebih rendah dari daya lama.

B Pengujian Algoritma P&O

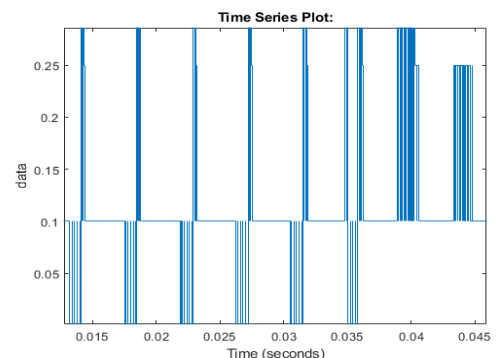


Gambar 28 Grafik Daya Optimum Menggunakan Metode P&O

Pada gambar 28 dengan menggunakan metode gabungan menghasilkan error daya (selisih daya referensi terhadap daya aktual) dan *time convergent* yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan menggunakan metode metode FFA. Disisi lain dengan menggunakan metode gabung menghasilkan riak daya jauh lebih sedikit dari pada dengan menggunakan metode P&O.

C Pengujian Algoritma FFA

Dengan menggunakan metode gabungan menghasilkan error daya (selisih daya referensi terhadap daya aktual) dan *time convergent* yang lebih dibandingkan dengan menggunakan metode FFA. Berikut adalah hasil pencarian daya optimum dengan metode gabungan dan metode FFA. Dalam hal ini akan dilakukan dari kedua metode tersebut.



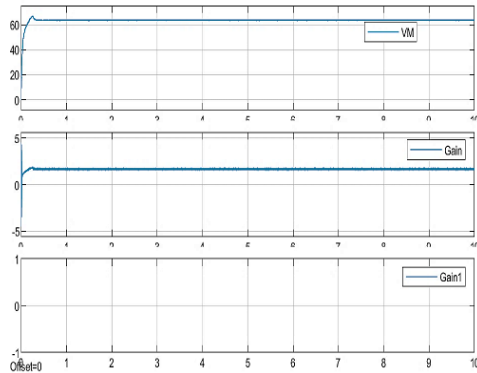
Gambar 28 Grafik Daya Optimum Menggunakan Metode FFA

Pada gambar 28 dari grafik diatas tegangan dan arus berbanding lurus dengan daya hal ini diakibatkan oleh besarnya daya output tergantung dari besarnya arus dan tegangan. Grafik keluaran

daya merupakan grafik yang terbentuk dari algoritma FFA atau membentuk kunang-kunang.

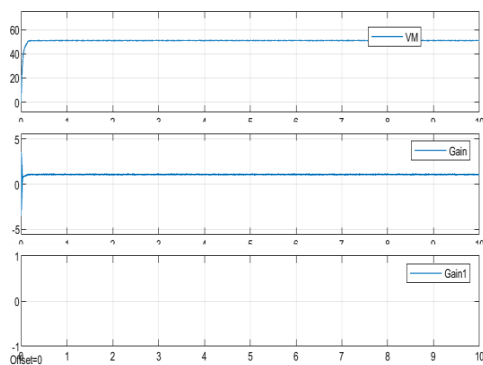
D Pengujian Partial Shading Condition (PSC) Algoritma P&O dan FFA

Gambar dibawah menunjukkan perbandingan antara metode gabungan, metode P&O dan metode FFA. Terlihat jelas bahwa metode P&O terjebak pada LMP dari PSC, sedangkan metode gabungan tidak terjebak di LMP. Untuk metode FFA, daya yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan P&O, tapi lebih kecil dibandingkan dengan metode gabungan. Sehingga dengan metode gabungan diperoleh nilai daya lebih optimum.

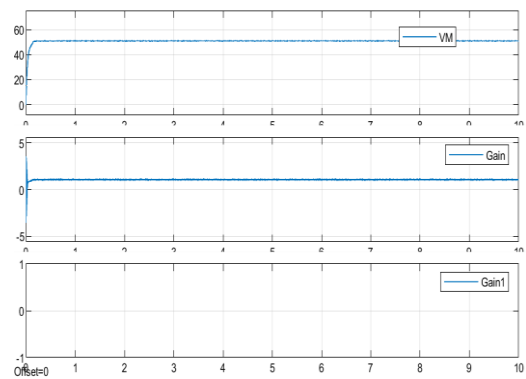


Gambar 29 PSC I (1000 w/m²)

Pada gambar 29 grafik daya PSC diatas memiliki tiga kondisi Dimana setiap kondisi PSC tergantung dari shading pad PV. Pada kondisi pertama Ketika tidak terjadi *shading* atau pada kondisi normal tegangan inputan akan berbanding lurus dengan tegangan output berdasarkan grafik PSC I. Beberapa kali mengalami perubahan daya pada output, hal ini dikarenakan adanya eror pada kedua metode sehingga mengakibatkan lonjakan daya pada pada panel di detik 0,2.

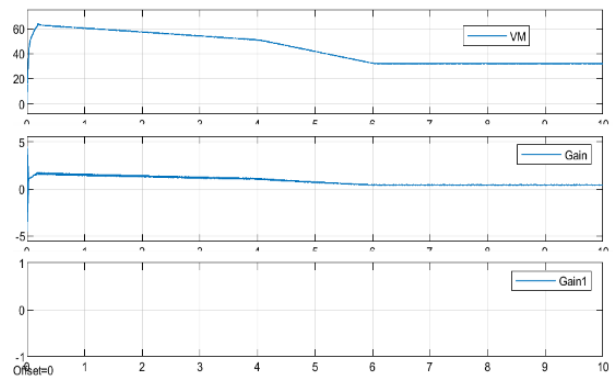


Gambar 30 PSC II (800 w/m²)



Gambar 31 PSC III (500 w/m²)

Pada gambar 30 dan gambar 31 Ketika beberapa panel mengalami *Shading* dengan total berjumlah 800 dan 500 w/m² mengalami fluktuatif pada keluaran yang signifikan dan dapat memperngaruhi kinerja MPPT secara cepat merupakan tidak terjadinya shading pada panel surya sehingga beberapa kondisi mengalami stabil berdasarkan pada grafik PSC II dan PSC III.



Gambar 32 PSC IV (1000,800,500 w/m²)

Pada gambar 32 dimana Sebagian panel mengalami shading sehingga bentuk grafik mengalami kenaikan maupun penurunan daya namun hal ini bisa diatasi oleh kedua algoritma tersebut untuk memberikan kestabilan tegangan ketika terjadi shading berdasarkan pada grafik PSC IV.

V. KESIMPULAN

A Kesimpulan

Dari hasil pengujian sistem dan analisis data pada penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pada saat mengalami *Shading* pada PV keluaran daya akan menyesuaikan dari daya yang diterima oleh PV. Daya, tegangan, dan arus akan mengalami kestabilan pada saat 0,2 detik, hal ini diakibatkan oleh proses pada MPPT dengan algoritma FFA dan PnO. Proses ini melibatkan perhitungan tegangan, arus dan daya yang diterima oleh PV ketika terjadi *Partial shading*.
2. Kenaikan dan penurunan daya yang dialami oleh PV sesuai dengan intensitas cahaya yang diterima, pada PSCII, PV menerima 800 w/m^2 , maka daya keluaran PV akan lebih kecil dibandingkan kondisi tidak ada *partial shading*. Dalam perhitungan pada MPPT daya keluaran yang dihasilkan oleh PV sebesar 720 w/m^2
3. Berdasarkan grafik dari masing-masing metode mengalami penurunan dan kenaikan sesuai dengan kondisi *partial shading*. Hal ini membuat kinerja sistem bekerja dengan baik sehingga memberikan kualitas daya yang optimal.
4. Pengaruh *partial shading* terhadap unjuk kerja PLTS off-grid 4KWP sistem kelistrikan ITN Malang dapat diatasi dengan menggunakan metode FFA dan PnO. Kedua metode ini dapat membantu dalam mengoptimalkan penyusunan panel surya untuk mengurangi bayangan sebagian dan meningkatkan produksi energi surya secara keseluruhan. Dengan menerapkan salah satu atau kombinasi dari kedua metode ini, sistem PLTS *off-grid* dapat mencapai unjuk kerja yang lebih baik dalam kondisi *partial shading*, dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi surya.

B Saran

Saran yang diberikan pada penelitian ini adalah

1. Dalam penelitian ini hanya intensitas yang divariasikan sebagai variabel. Akan lebih baik jika penelitian selanjutnya juga memperhatikan perubahan suhu.
2. Penelitian ini tidak membandingkan metode pengendalian arus inverter dengan metode lainnya. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk membandingkan dengan metode lain.
3. Perbandingan metode MPPT pada penelitian ini dengan metode P&O tidak mampu mengatasi kondisi arsiran parsial. Sebaiknya penelitian selanjutnya membandingkan dengan metode yang juga dapat mengatasi kondisi naungan parsial.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emit.v18i01.6251.
- [2] D. Pangestuningtyas, ... H. H.-... : J. I. T., and undefined 2014, "Analisis pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima oleh panel surya tipe larik tetap," *ejournal3.undip.ac.id*, Accessed: Oct. 24, 2022. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/4438>
- [3] A. Mansur, "Analisa Kinerja Plts On Grid 50 Kwp Akibat Efek Bayangan Menggunakan Software Pvsyst," *Transmisi*, vol. 23, no. 1, doi: 10.14710/transmisi.23.1.28-33.
- [4] D. G. N. S. M. I. C. B. M. S. Rois AR, "Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur," *J. Tek. POMITS*, pp. 1–8, 2012.
- [5] M. Naim, S. Pengajar, T. Mesin, and A. T. Sorowako, "Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa Loeha Kecamatan Towuti," *Vertex Elektro*, vol. 12, no. 01, pp. 17–25, 2022, [Online]. Available: <http://ojs.uho.ac.id/index.php/dinamika/article/view/3216>
- [6] D. Ajiatmo and I. Robandi, "Optimisasi Maximum Power Point Tracker (Mppt) Sistem Photovoltaic (Pv) Algoritma Pada Pengisian Baterai Kendaraan Listrik Berbasis Firefly," *Pros. SENTIA 2015 – Politek. Negeri Malang*, vol. 7, no. July, pp. 91–95, 2015.
- [7] E. P. D. Hattu, J. A. Wabang, and A. Palinggi, "Pengaruh Bayangan Terhadap Output Tegangan Dan Kuat Arus Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Electrical energy is a very important requirement for the community , along with the development of the era and technological advances that are urgently," vol. 11, no. November, 2018.
- [8] . S., S. D. Purwanto, M. Fikri, and C. Christiono, "Dampak Bayangan Pada Panel Surya Terhadap Daya Keluaran Photovoltaic," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 50–62, 2020, doi: 10.36055/setrum.v9i2.9202.
- [9] J. Desember and A. Mansur, "Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah Analisa Dampak Bayangan Modul Terhadap Output PLTS Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah," vol. 11, no. 2, pp. 160–170, 2019.
- [10] C. Record, I. Photovoltaic, S. Conference, H. Serreze, and S. Solar, "Optimizing SC performance

- by simultaneous consideration of grid pattern design and interconnect configuration,” no. February, 2015.
- [11] F. Irving Putra, “Pengaruh dan Prediksi Perubahan Variabel Cuaca Terhadap Performansi dan Efisiensi Sistem PV: Studi Kasus di Kota Surabaya,” p. 113, 2017,[Online].Available,<http://repository.its.ac.id/47049/>
- [12] S. Fuad, “Optimasi Algoritma Firefly Pada Maximum Power Point Tracking (Mppt) Saat Kondisi Panel Surya Terhalangi Sebagian,” *Multitek Indones.*, vol. 16, no. 1, pp. 21–36, 2022, doi: 10.24269/mtkind.v16i1.4844.
- [13] S. Utami, “implementasi algoritma petrub and observe untuk mengoptimasi daya keluaran solar cell menggunakan mppt,” *infotel*, vol. 9, 2017.
- [14] G. B. Sitanggang, T. Andromeda, and E. W. Sinuraya, “Perancangan Kontrol Mppt Dengan Metode P&O Pada Sistem Pv Di Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro,” *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 222–228, 2021, doi: 10.14710/transient.v10i1.222-228

VII. BIODATA PENULIS



Nama Rian Arby Hidayat, Tempat Tanggal Lahir, Narmada 6 April 1999, Nusa Tenggara Barat. Penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMKN 3 Mataram. Setelah itu pada tahun 2019 penulis melanjutkan Pendidikan Studi diperguruan tinggi swasta Institut Teknologi Nasional Malang program studi Teknik Elektro S-1 dengan konsentrasi Teknik Energi Listrik. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih dan rasa syukur yang sebanyak-banyaknya atas selesainya penelitian ini dengan judul. “Analisis Pagaruh “*Partial Shading*” Terhadap Unjuk Kerja PLTS *OFF GRID* 4 KWP Sistem Kelistrikan ITN Malang”