Investigasi Model Dan Simulasi Mppt Dnn Pada Sistem Fotovoltaik Di Indonesia

1st Christina Putri Ayu
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
christinaayu@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Reza Fauzi Iskandar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rezafauzii@telkomuniveristy.ac.id

3rd Tri Ayodha Ajiwiguna
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
triayodha@telkomuniversity.ac.id

***Abstrak* — Listrik merupakan suatu kebutuhan dalam kehidupan. Industri dan rumah tangga sangat bergantung pada pasokan listrik untuk dapat melakukan aktivitas sehari-hari. Listrik atau energi sangat dibutuhkan dalam menjalankan kegiatan ekonomi, maka dari itu energi harus dimanfaatkan semaksimal mungkin. Sumber energi atau pembangkit listrik di Indonesia dominan menggunakan bahan bakar fosil. Namun bahan bakar fosil sendiri kedepannya dapat habis, sehingga perlu adanya solusi dari keterbatasan energi. Maka dari itu adanya transisi dari bahan bakar fosil menjadi energi terbarukan. Energi terbarukan atau *renewable energy*adalah energi yang berasal dari sumber alam yang tidak terbatas seperti sinar matahari, angin, air, panas bumi dan biomassa.. Pemanfaatan energi matahari di Indonesia memiliki potensi yang sangat baik yang mana secara geografis indonesia merupakan negara tropis. Indonesia berpotensi dalam memanfaatkan energi matahari yang memiliki rata-rata jam penyinaran matahari harian yang cukup tinggi. Maka dari itu pada *project* ini kami menggunakan sistem fotovoltaik sebagai alternatif bagi permasalahan yang ada. Namun pada sistem fotovoltaik terdapat kendala yaitu sistem tidak bisa mengkonversi energi secara maksimal. Oleh karena itu, kontrol MPPT (Pelacakan Titik Daya Maksimum) diperlukan untuk pemantauan daya maksimum. MPPT memiliki fungsi memantau daya maksimum yang dihasilkan oleh fotovoltaik di bawah kondisi radiasi dan suhu matahari yang berbeda dan mempertahankannya pada titik daya maksimum.**

Kata kunci : bahan bakar fosil*, renewable energy,* sistem fotovoltaik*, maximum power point tracking*

I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik di Indonesia dominan menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber energinya, sedangkan konsumsi energi listrik di Indonesia kedepannya terus meningkat berbanding lurus dengan perkembangan teknologi dan peningkatan jumlah penduduk. Bahan bakar fosil sendiri dapat terdegradasi di masa depan karena konsumsi energi yang tidak mencukupi, sehingga adanya peralihan dari bahan bakar fosil ke energi terbarukan. Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari sumber alam yang tidak terbatas seperti sinar matahari, angin, air, panas bumi dan biomassa.

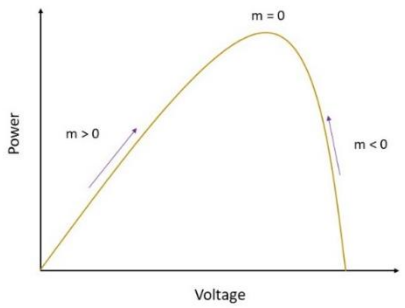
Pada *project* ini salah satu energi terbarukan yang digunakan adalah PV sistem. Alasan kami menggunakan PV sistem dikarenakan Indonesia terletak di wilayah beriklim tropis yang menyebabkan Indonesia terpapar sinar matahari sepanjang tahunnya, sehingga PV sistem merupakan alternatif yang mumpuni untuk transisi dari bahan bakar fosil ke energi terbarukan. Namun pada PV sistem ada kendala yaitu PV sistem tidak bisa mengkonversi energi secara maksimal serta tegangan dan arus tidak linier terkait pada suhu dan tingkat radiasi yang diperoleh sehingga membutuhkan pengontrolan MPPT untuk melacak daya maksimum dari PV sistem.

MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) berfungsi untuk melacak daya maksimum yang dihasilkan oleh PV di berbagai macam kondisi suhu dan iradiasi surya dan menjaga agar tetap berada di titik daya maksimumnya. Daya keluaran dari PV akan berubah jika terjadi kondisi perubahan radiasi dan suhu.

II. KAJIAN TEORI

A. *Maximum Power Point Tracking (MPPT)*

MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) merupakan teknik untuk mendapatkan daya maksimum dan efisiensi dari matahari [1]. Pada saat ini, PV beroperasi pada efisiensi maksimum dan menghasilkan keluaran daya terbesar. MPP bergantung pada intensitas iradiasi dan temperatur, dimana intensitas maupun temperatur dari matahari tidak pernah tetap dengan waktu dan juga kondisi cuaca yang ikut mempengaruhi, seperti halnya iradiasi. MPPT digunakan untuk menemukan daya maksimum di bawah perubahan cuaca dan mempertahankan titik operasi PV ke MPP [2]. MPPT adalah kontrol elektronik terpusat untuk mengetahui titik puncak karakteristik tegangan dan arus dari modul fotovoltaik, sehingga dapat dihasilkan daya keluaran maksimum pada modul fotovoltaik di bantuan MPPT



GAMBAR 2.1
Power gradient of P-V curve

Dari gambar 2.1 terlihat bahwa pada suatu saat daya mencapai nilai maksimum yang biasa dikenal dengan daya MPP. Titik pada MPP sesuai dengan nilai tegangan tertentu dan juga sesuai dengan arus tertentu. Agar sistem fotovoltaik memberikan kinerja terbaik, sistem harus dapat beroperasi pada titik daya MPP. Dalam pembelajaran MPPT terdapat beberapa metode, salah satunya adalah *artificial intelligence* (AI) atau kecerdasan buatan, dan metode konvensional. Metode konvensional umumnya digunakan untuk MPPT pada panel surya dengan intensitas radiasi yang seragam. Metode yang biasa digunakan adalah konduktivitas inkremental. Oleh karena itu, pada *capstone design* ini, pendekatan AI (*artificial intelligence*) akan lebih cocok digunakan. Ada beberapa algoritma yang banyak digunakan seperti Fuzzy, ANN, PSO ANFIS, DNN, dll.

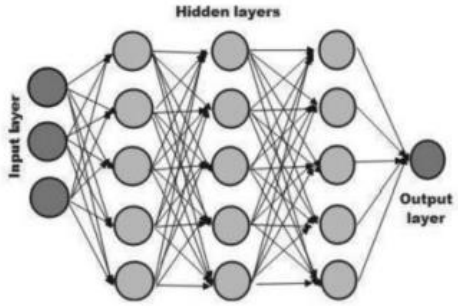
B. Metode Konvensional

Metode MPPT konvensional lebih mudah diimplementasikan daripada metode lain karena menggunakan pengukuran sederhana menggunakan sensor tegangan, arus, suhu dan radiasi untuk mendapatkan MPP. Metode perturbasi & observasi dan peningkatan konduktivitas adalah bagian dari metode MPPT biasa. Dalam metode konduktivitas menaik, semua data akan menggunakan kemiringan kurva P-V sistem dan memplot MPP dengan data tersebut. Namun, metode konduktivitas menaik hanya dapat bekerja jika fitur panel surya terkena radiasi normal, tetapi pada kenyataannya ada kondisi atau kondisi penyinaran sinar matahari normal sebagian tertutup. Metode IC untuk mendeteksi kemiringan kurva P-V dan MPP ini diplot dengan mencari kemiringan kurva P-V. Namun metode konvensional memiliki kelemahan yaitu ketika intensitas iradiasi terus meningkat, kinerja MPP menjadi tidak optimal, duty cycle-nya berada pada titik yang sama. Sedangkan pada dasarnya ketika irradiance meningkat maka duty cycle juga meningkat, namun IC tidak demikian. Radiasi matahari rendah ke tinggi akan mencegah IC mengikuti siklus kerja MPP. Metode MPPT konvensional tidak dapat bekerja dalam naungan parsial karena banyak puncak yang muncul pada kurva karakteristik PV.

C. Metode *Artificial Intelligence*

Ada beberapa teknik AI-MPPT yang umum digunakan, yaitu Jaringan saraf tiruan (ANN), Particle Swarm Optimization (PSO). Teknik ini mampu melacak MPP di PSC dan kondisi lingkungan berbeda. AI-MPPT *learning* nya diadaptasi dari komputasi sebelumnya sehingga AI-MPPT melacak MPP terakhir. Maka AI-MPPT telah mencapai MPP dengan cepat karena itu kecepatan pelacakannya tinggi. Kelebihan utamanya adalah kecepatan pelacakan tinggi dan lebih sedikit osilasi di sekitar MPP. Namun kekurangannya adalah kompleksitas algoritma nya tinggi dan biaya implementasinya tinggi dibandingkan dengan teknik konvensional. [3]

D. Deep Neural Network



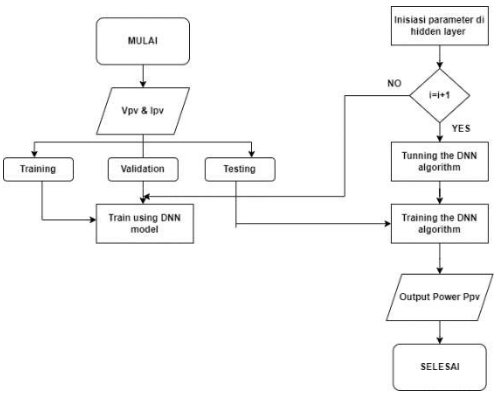
GAMBAR 2.2
Struktur DNN

Gambar 2.2 Struktur DNN merupakan gambar struktur DNN (*Deep Neural Network*) memiliki 3 lapisan tersembunyi. Lapisan masukan berperan sebagai pembawa informasi berupa data masukan yang diproses pada setiap lapisan tersembunyi dimana setiap neuron pada lapisan tersebut merupakan fungsi aktivasi dari masing-masing bobot dan selanjutnya pengolahan data diteruskan ke lapisan keluaran akan memberikan hasil akhir. hasil. hasil perhitungan dari masukan. DNN terhubung secara permanen tanpa gangguan dari input ke output, sehingga DNN memiliki kemampuan pemetaan sehingga DNN dapat memetakan model pada input ke model pada output menjadi pasangannya [4]. Tugas yang dapat dilakukan DNN meliputi prediksi fungsi atau estimasi dan klasifikasi. Adapun keuntungan dalam menggunakan DNN yaitu:

1. Dalam melakukan tugas pada sistem non-linier
2. Ketika salah satu elemen jaringan saraf gagal, dapat melanjutkan ke jaringan lainnya
3. Jaringan saraf tidak perlu di program ulang
4. Dapat diimplementasikan pada berbagai aplikasi

Kelemahan dalam menggunakan DNN yaitu:

1. Arsitektur jaringan saraf rumit
2. Membutuhkan waktu pemprosesan yang tinggi untuk jaringan saraf yang besar

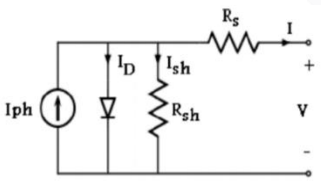


GAMBAR 2.3
Flowchart DNN [4]

Gambar 2.3 Flowchart DNN merupakan *flowchart* cara kerja DNN dalam MPPT di PV sistem. Langkah pertama dalam merancang DNN adalah mengumpulkan data dari masalah yang ada yang akan diselesaikan. Dalam kasus MPPT banyak iradiasi dan suhu yang dijadikan sebagai masukkan dalam proses *training*. Dari *flowchart* diatas yang pertama kali dilakukan sistem adalah validasi data apakah data berupa tegangan dan arus. Setelah itu di *training*, setelah itu di inisiasi parameter di *hidden layer*. Selanjutnya testing yang berfungsi untuk menguji kinerja DNN yang dirancang setelah di *training*. Setelah itu dapat dilihat hasilnya yang mencakup akurasi.

E. Sistem Fotovoltaik

Fotovoltaik merupakan skema yang mampu mengubah energi matahari menjadi listrik. Bahan dari fotovoltaik terbuat dari semikonduktor, sehingga ketika fotovoltaik terpapar sinar matahari menghasilkan aliran listrik. Proses arus listrik yang terjadi pada sistem fotovoltaik terjadi ketika elektron melompati celah pita menuju pita konduksi dan menjadi elektron bebas. Model sistem fotovoltaik terdiri dari arus foto, dioda, dan resistor. Rangkaian listrik ekuivalen pada fotovoltaik ditunjukkan pada gambar 2.4 Iph adalah sumber arus foto atau arus akibat konversi energi sel fotovoltaik. Rs adalah resistansi seri atau resistansi internal terhadap arus dan Rsh adalah resistansi paralel atau resistansi paralel karena kebocoran arus di persimpangan atau batas sel. . [5]



GAMBAR 2.4
equivalen circuit diagram [5]

Pada Gambar 2.2 merupakan model sel surya yang ideal yang dimodelkan secara parallel dengan diode oleh sumber arus. Namun pada praktiknya tidak ada sel surya yang ideal, maka dari itu diterapkan resistansi shunt dan resistansi seri. Berikut persamaan matematisnya :

$$I = Iph - Io\left[\exp\left(\frac{q}{nkT}(V + IRs) - 1\right] - \frac{V + IRs}{Rsh}$$

F. Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi untuk mendeteksi besarnya tegangan pada PV sistem. Desain komposit ini tegangan yang akan dimoderasi adalah tegangan keluaran panel surya. Sensor ini berfungsi sebagai umpan balik untuk mengontrol konverter boost PWM dan juga untuk mengatur parameter jeda beban dan jeda baterai. Sensor tegangan yang akan digunakan dapat beroperasi pada pengukuran dari 0 V – 25 V dengan error yang sangat kecil. [5]

G. Sensor Arus

Sensor arus digunakan untuk melihat besarnya arus baik masukan maupun keluaran di rangkaian *boost converter*. Fungsi dari bacaan sensor ini untuk masukan ke algoritma MPPT untuk diproses.

III. METODE

A. Langkah Pengujian

Langkah pengujian pada pengerjaan *capstone design* ini dilakukan dengan 3 skema pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian yang dilakukan pada skema pertama ini dengan cara memberikan masukan iradiasi yang bervariasi dengan suhu yang tetap 25°c
2. Pada skema kedua yaitu dengan memberikan masukan berupa suhu yang bervariasi dengan nilai iradiasi tetap 1000 W/m^2
3. Skema ketiga dengan memberikan masukan berupa iradiasi dan suhu yang bervariasi
4. Ketiga skema akan diuji dan akan dibandingkan daya keluarannya. Data iradiasi yang digunakan merupakan data sekunder dari *project* tugas akhir [6]

TABEL 3.1
data iradiasi PLTU paiton tahun 2015

Bulan	NASA (W/m²)	PVGIS (W/m²)	SODA (W/m²)	Rata-rata (W/m²)
Januari	332	329	332	331
Februari	347	342	349	346
Maret	376	379	371	375,33
April	408	408	409	408,33
Mei	411	413	414	412,67
Juni	485	486	482	484,33
Juli	532	529	533	531,33
Agustus	572	574	575	573,66
September	599	602	592	597,66
Oktober	550	551	551	550,66
November	457	492	476	475
Desember	356	360	363	359,66

Pada tabel 3.1 merupakan data iradiasi dari PLTU paiton yang merupakan data sekunder yang akan digunakan untuk pengujian sistem MPPT skema 1 dan skema 3.

TABEL 3.2
data suhu probolinggo tahun 2015 [6]

Bulan	°C	°C min	°C max
Januari	27.2	22.2	32.2
Februari	27.1	22.2	32
Maret	27	22	32
April	26.8	21.7	32
Mei	26.3	20.9	31.8
Juni	25.7	19.7	31.8
Juli	25.1	18.6	31.7
Agustus	25.6	19.0	32.3
September	26.4	19.7	33.1
Oktober	27.1	20.7	33.6
November	27.6	21.8	33.4
Desember	27.2	21.9	32.5

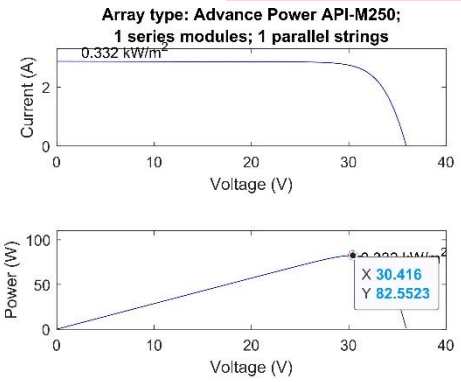
Pada tabel 3.2 merupakan data suhu probolinggo di tahun 2015 yang akan digunakan pada pengujian sistem pada skema 2 dan skema 3.

TABEL 4.1
karakteristik daya saat iradiasi bervariasi

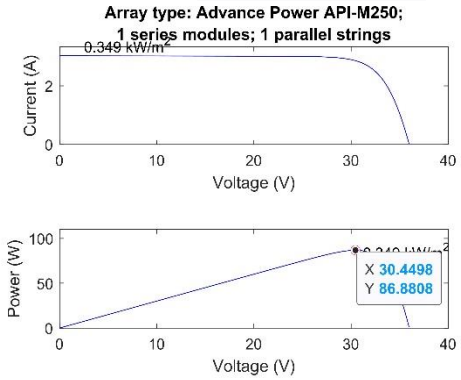
Bulan	Nilai Iradiasi (W/m²)	Pmax (W)
Januari	332	82.5523
Februari	349	86.8808
Maret	371	92.47.97
April	409	102.145
Mei	414	103.417
Juni	482	120.675
Juli	533	133.578
Agustus	575	144.173
September	590	147.949
Oktober	551	138.123
November	476	119.154
Desember	360	89.6814

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan ini ada daya karakteristik PV dan juga ada daya masukan serta daya keluaran yang akan dihasilkan.

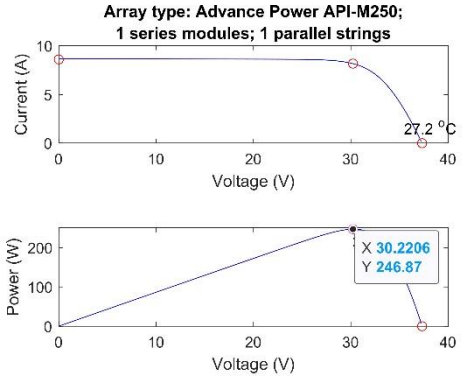


GAMBAR 4.1
Karakteristik Daya saat Iradiasi 332 W/m²

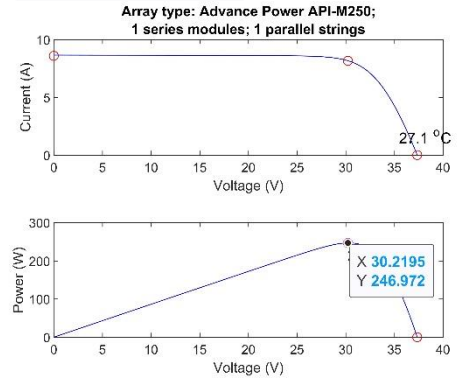


GAMBAR 4.2
Karakteristik Daya saat Iradiasi 349 W/m²

Gambar 4.1 dan 4.2 merupakan karakteristik daya dari perbedaan iradiasi dengan suhu konstan 25°C. Berikut merupakan tabel karakteristik dari daya ketika iradiasi bervariasi dengan suhu konstan 25°C:



GAMBAR 4.3
Karakteristik Daya saat suhu 27.2°C



GAMBAR 4.4
Karakteristik Daya saat suhu 27.1°C

Gambar 4.3 dan 4.4 merupakan karakteristik daya saat suhu bervariasi dengan iradiasi konstan di 1000 W/m² daya karakteristik ini merupakan spesifikasi dari pabrik ketika suhu bervariasi. Berikut merupakan tabel karakteristik dari daya ketika suhu bervariasi dengan iradiasi konstan pada 1000 W/m²:

TABEL 4.2
karakteristik daya saat suhu bervariasi

Bulan	Nilai suhu (°C)	Pmax (W)
Januari	27.2	246.87
Februari	27.1	246.972
Maret	27	247.074
April	26.8	247.274
Mei	26.3	247.757
Juni	25.7	248.481
Juli	25.1	249.162
Agustus	25.6	248.597
September	26.4	246.972
Oktober	27.1	247.662
November	27.6	246.449
Desember	27.2	246.87

TABEL 4.3
hasil pengujian skema 1

Metode	Bulan	Nilai Iradiasi	P_{pv} (W)	P_{output} (W)	Osilasi (W)	*Settling Time non-MPPT (ms)*	*Settling Time MPPT (ms)*
Tidak menggunakan MPPT & Menggunakan MPPT dengan algoritma DNN	Januari	332	47.08	40.97	0	3.337	3.888
	Februari	349	51.89	45.26	0	3.233	3.848
	Maret	371	58.47	51.12	0	3.319	3.841
	April	409	70.74	62.07	0	3.526	3.780
	Mei	414	72.44	63.59	0	4.112	3.845
	Juni	482	97.49	85.98	0	3.440	4.007
	Juli	533	118.3	104.6	0	4.538	3.858
	Agustus	575	135.9	120.4	0	3.261	3.521
	September	590	142	125.9	0	3.257	3.395
	Oktober	551	125.9	111.4	0	4.039	3.069
	November	476	95.14	83.88	0	3.581	3.810
	Desember	360	55.13	48.14	0	3.760	6.265

Pada tabel 4.3 merupakan hasil pengujian di skema 1 dapat dianalisa bahwa nilai masukan iradiasi yang berbeda dapat mempengaruhi keluaran dari PV (Daya, Tegangan, Arus). Jika dilihat pada tabel 4.3 ketika masukan iradiasi besar maka baik daya masukan maupun daya keluaran pun besar sedangkan semakin masukan nilai iradiasi kecil maka daya masukan dan daya keluaran akan kecil. Daya masukan disini tidak mencapai spesifikasi dari PV array itu sendiri hal itu dikarenakan pada proses simulasi pastinya tidak ada yang efisiensinya 100%. Maka dari itu daya masukan nya tidak sesuai dengan spesifikasi pabrik

TABEL 4.4
Hasil Pengujian Skema 2

Metode	Bulan	Nilai Suhu	P_{pv} (W)	P_{output} (W)	Osilasi (W)	*Settling Time non-MPPT (ms)*	*Settling Time MPPT (ms)*
Tidak menggunakan MPPT & Menggunakan MPPT dengan algoritma DNN	Januari	27.2	201.8	179.7	0	0.95	0.92
	Februari	27.1	202	179.8	0	0.92	0.94
	Maret	27	202.1	179.9	0	0.95	0.92
	April	26.8	202.4	180.2	0	1.130	0.96
	Mei	26.3	203.1	180.8	0	1.051	0.851
	Juni	25.7	204	181.6	0	0.90	0.857
	Juli	25.1	204.9	182.4	0	0.94	0.84
	Agustus	25.6	204.1	181.7	0	1.196	0.85
	September	26.4	203	180.7	0	0.95	0.85
	Oktober	27.1	202	179.8	0	0.92	0.94
	November	27.6	201.3	179.1	0	1.048	0.85
	Desember	27.2	201.8	179.7	0	0.95	0.92

Pada tabel 4.4 yang merupakan hasil dari pengujian pada skema 2 dapat dianalisa bahwa suhu mempengaruhi dalam masukan maupun keluaran PV. Namun suhu disini akan merugikan daya masukan maupun daya keluaran, semakin tinggi suhu maka daya yang dikeluaran akan semakin kecil, sedangkan semakin kecil suhu maka daya keluaran semakin besar. Karena suhu ini bersifat panas dan pada praktiknya dapat merusak lapisan panel surya, maka dari itu akan lebih baik jika suhu yang digunakan tidak terlalu tinggi.

TABEL 4.5
Hasil Pengujian Skema 3

Metode	Bulan	Nilai Iradiasi	Nilai Suhu	P_{pv} (W)	P_{output} (W)	Osilasi (W)	*Settling Time non-MPPT (ms)*	*Settling Time MPPT (ms)*
Tidak menggunakan MPPT & Menggunakan MPPT dengan algoritma DNN	Januari	332	27.2	47.18	41.07	0	3.320	3.867
	Februari	349	27.1	52.01	45.36	0	4.296	3.915
	Maret	371	27	58.59	51.23	0	3.421	3.826
	April	409	26.8	70.88	62.18	0	3.861	3.787
	Mei	414	26.3	72.54	63.67	0	4.181	3.842
	Juni	482	25.7	97.55	86.04	0	4.310	3.775
	Juli	533	25.1	118.3	104.6	0	3.869	3.666
	Agustus	575	25.6	135.9	120.4	0	4.048	3.553
	September	590	26.4	141.8	125.7	0	3.408	3.259
	Oktober	551	27.1	125.9	111.5	0	4.269	3.588
	November	476	27.6	95.37	84.08	0	4.268	3.823
	Desember	360	27.2	55.26	48.26	0	3.445	3.861

Pada tabel 4.5 merupakan hasil dari skema 3 yakni pengujian dari variasi iradiasi dan suhu dari skema 1 dan skema 2.

Analisis dari ketiga skema pengujian diatas melibatkan beberapa parameter yakni settling time yang dinilai dalam kinerja MPPT, rentang osilasi, dan daya efisiensi yang sudah di lakukan penjajakan.

1. *Settling Time* (Parameter Dinamis)

Pada parameter dinamis ini dari pengujian yang didapatkan algoritma DNN untuk mencari nilai MPPT membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai kondisi stabil dari pada mencari daya keluaran dengan tidak menggunakan MPPT. *Settling Time* merupakan waktu dari titik nol hingga mencapai stabil.

2. *Settling time* pada skema 1

Pada skema 1 yakni perbedaan iradiasi dengan suhu konstan pada 25^0C settling time bisa dilihat pada tabel 4.3 *settling time* pada MPPT lebih lama dibandingkan dengan yang tidak menggunakan MPPT. Hal itu dikarenakan MPPT membutuhkan waktu untuk dapat mencari nilai optimum, sedangkan yang tidak menggunakan MPPT dia tidak membutuhkan banyak waktu karena keluaran daya sesuai dengan masukkannya.

3. *Settling Time* pada skema 2

Pada skema 2 yakni perbedaan suhu dengan iradiasi konstan 1000 W/m^2 , jika dilihat dari tabel 4.4 berbanding terbalik dengan skema 1 yakni untuk *settling time* pada MPPT lebih cepat dari pada yang tidak menggunakan MPPT. Hal ini dikarenakan suhu berpengaruh pada kinerja MPPT, semakin tinggi suhu maka kinerja MPPT untuk mendapatkan nilai optimum lebih lambat karena suhu disini bersifat merugikan, sedangkan semakin rendah suhu maka waktu dalam pencarian nilai MPPT dapat lebih cepat.

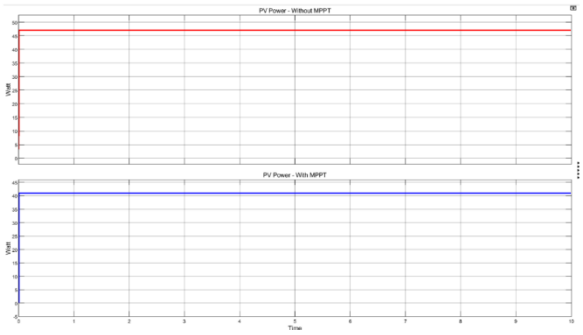
4. *Settling Time* pada skema 3

Pada skema 3 ini yakni perbedaan iradiasi dan suhu, jika dilihat dari tabel 4.5 *settling time* hampir sama dengan skema 1 untuk MPPT membutuhkan waktu lebih lama karena disini

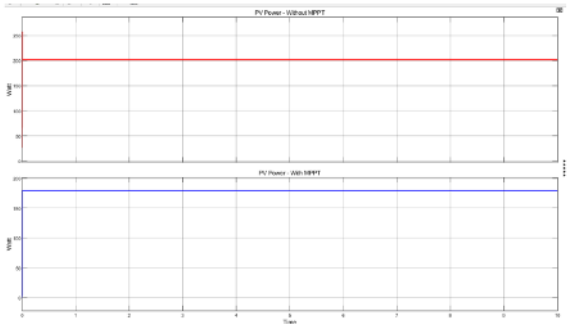
melibatkan nilai iradiasi sedangkan perubahan suhu tidak terlalu signifikan maka dari itu *settling time* yang didapatkan seperti skema 1.

5. Osilasi (Parameter Statis)

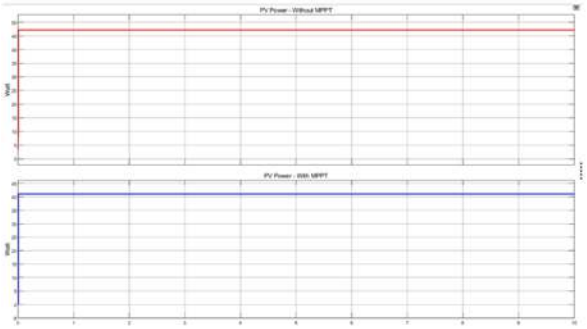
Indikator osilasi merupakan bagian paling penting ketika MPPT mencapai puncaknya. Pada *capstone design* ini dengan menggunakan algorithma DNN untuk meningkatkan keadaan pada kondisi rentang ketidakstabilan karena osilasi terjadi pada titik maksimum. Osilasi pada hasil pengujiannya yakni 0.



GAMBAR 4.5
PV MPPT skema 1 (iradiasi 332 W/m^2)



GAMBAR 4.6
PV MPPT skema 2 (suhu 27.2ºC)



GAMBAR 4.7
PV MPPT skema 3 (iradiasi 332 suhu 27.2ºC)

6. Efisiensi

Adapun efisiensi pada analisis dari hasil pengujian. Berikut merupakan persamaan dari efisiensi:

$$\eta = \frac{Pout}{Pin} x\ 100\%$$

Dimana Pout yang didapatkan pada sistem ini merupakan Pout setelah menggunakan MPPT dengan algoritma DNN. Dari semua percobaan yang dilakukan efisiensi yang didapatkan 87%. Pengambilan efisiensi dilihat dari skema 3 karena pada skema 3 masukan berupa nilai iradiasi dan suhu yang bervariasi maka dari itu efisiensi yang dihitung hanya pada skema 3 saja

V. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa dari ketiga skema pengujian bahwa MPPT bekerja cukup baik terbukti dari efisiensi mencapai 87% dari pengujian yang dilakukan. Adapun kelebihan dari MPPT menggunakan DNN ini yakni tidak terdapat osilasi pada daya masukan dan daya keluaran, selisih daya keluaran dengan daya acuan iradiasi kecil ketika iradiasi diatas 500 W/m^2, *settling time* atau waktu dari titik nol mencapai daya stabil rata-rata berada pada 3.75 ms. Namun kekurangan dari percobaan ini adalah selisih daya keluaran dengan daya acuan besar atau akurasi 50% pada kondisi iradiasi dibawah 500 W/m^2. Sehingga hasil nya sudah cukup baik untuk diimplementasikan.

REFERENSI

[1] W. I. Hameed, A. L. Saleh, B. A. Sawadi, Y. I. Al-yasir dan R. A. Abd-Alhameed, "Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic System by Using Fuzzy Neural Network," *Journal Invention,* 2019.

[2] L. Shang, H. Guo dan W. Zhu, "An improved MPPT control strategy based on incremental conductance algorithm," *Protection and Control of Modern Power Systems,* 2020.

[3] H. Patel, R. Gajjar, R. Pandya dan S. Mohammad, "Artificial Intelligence Based MPPT techniques for Solar PV System: A Review," *SSRN Electronic Journal,* vol. 06, no. 05, pp. 212-221, 2019.

[4] L. M dan V. S. Kumar, "Deep neural network algorithm for MPPT control of double diode equation based PV module," *Materials Today : Proceedings* , pp. 4764-4771, 2022.

[5] F. Devanika, "Analisis Pengaruh Fuzzy Logic Controller Pada Penelusuran Titik Daya Maksimum Untuk Sistem Konversi Energi Berbasis Photovoltaic," *Controll Energy,* 2017.

[6] I. A. Kurniawan, "ANALISA POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) SEBAGAI PEMANFAATAN LAHAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) PAITON," *DEPARTEMEN OF ENGINEERING PHYSICS Faculty of Industrial Technology Sepuluh November Institute of Technology Surabaya,* 2016.