

DESAIN DAN SIMULASI SISTEM PLTS DENGAN MAXIMUM POWER POINT TRACKING METODE PERTURB AND OBSERVE DI SMA NEGERI 4 SEMARANG MENGUNAKAN MATLAB SIMULINK

Muhammad Ridho^{*)}, Bambang Winardi dan Budi Setiyono

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
Jl. Prof. Sudharto, SH., Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: ridholee11@gmail.com

Abstrak

SMA Negeri 4 Semarang memiliki lahan kosong dan area parkir yang terbuka dan belum teroptimalkan dengan baik. Dengan intensitas radiasi matahari yang cukup tinggi tiap harinya, SMA Negeri 4 Semarang dapat memanfaatkan lahan kosong dan sarana parkir sepeda motornya menjadi siteplan PLTS yang cukup besar. PLTS merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan yang dapat menjadi salah satu alternatif atau pengganti sumber energi yang tidak terbarukan. Fotovoltaik (PV) dapat mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. Selain menghasilkan energi listrik, fotovoltaik memiliki kelebihan lainnya, yaitu tidak menghasilkan pencemaran lingkungan, dan tidak menimbulkan kebisingan, walaupun secara efisiensi masih perlu pertimbangan lebih jauh. MPPT merupakan sebuah metode pelepasan daya yang bekerja dengan melacak titik daya keluaran tertinggi dari sistem PV. Sistem kendali MPPT akan mengatur produksi dan penyimpanan daya sistem PV memanfaatkan DC-DC *boost converter*. *Boost converter* dikendalikan oleh sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang berasal dari *duty cycle* hasil operasi algoritme MPPT. Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk melakukan perancangan dan simulasi PLTS dengan menggunakan MPPT metode *Perturb&Observe* untuk memaksimalkan serta mengoptimalkan daya keluaran dari PV dengan menggunakan software Simulink Matlab 2016b.

Kata kunci : Fotovoltaik, PLTS, MPPT, Matlab

Abstract

SMA Negeri 4 Semarang has land and parking areas that are open and haven't optimized properly. With high intensity radiation every day, SMA Negeri 4 Semarang can use of vacant land and motorcycle parking facilities become fairly large PLTS siteplan. PLTS is power plant that uses renewable energy sources which can alternative or substitute for non-renewable energy sources. Photovoltaic can convert solar radiation into electrical energy. Apart from being able to generate electrical energy, photovoltaics have other advantages, they don't produce environmental pollution, and don't cause noise, efficiency needs further consideration. Main component of photovoltaic technology is photovoltaic cell consists of cells made of semiconductor materials. The power produced and stored Photovoltaic influenced temperature factors and intensity of solar radiation. This research discusses a control system that functions that performance PV can maximized. Control system method PV systems, namely MPPT. MPPT method works tracking highest output power points of the PV system. The MPPT control system will regulate production and storage PV with DC-DC boost converter, controlled by PWM signal comes from duty cycle of the MPPT algorithm operation. The research of final project aims design and simulate PLTS using MPPT Perturb&Observe to maximize output power of PV using Simulink Matlab 2016b software

Keywords: Photovoltaic, PLTS, MPPT, Matlab

1. Pendahuluan

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Peningkatan kebutuhan energi yang terus meningkat dapat dijadikan sebagai indikator kemakmuran. Namun meningkatnya konsumsi energi listrik berbanding terbalik dengan ketersediaan bahan bakar yang semakin menipis. Sementara pembangunan

pembangkit listrik di Indonesia hingga saat ini masih berfokus pada penggunaan sumber energi bahan bakar fosil seperti batu bara untuk PLTU dan solar untuk PLTD, dimana bahan bakar tersebut tidak dapat terbarukan. Hal ini didukung data kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) yang menyatakan bahwa kapasitas terpasang pembangkit listrik di Indonesia pada tahun 2014 yang sebesar 53,065 MW terdiri dari pembangkit listrik

dengan sumber energi tidak terbarukan sebesar 46,379 MW dan pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan sebesar 6,686 MW [1]. Pada penggunaan sumber energi tidak terbarukan berbahan bakar fosil yang berlebihan akan meningkatkan emisi gas karbon sehingga menyebabkan terjadinya *global warming* [7]. Oleh karena itu, membuat banyak orang melirik kepada sumber energi yang terbarukan dan ramah lingkungan.

Jika dilihat pada tahun 2014 [1] diketahui bahwa kapasitas terpasang pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan, baru mencapai 12,6% dari total keseluruhan kapasitas pembangkit listrik yang terpasang. Sementara, dari Kebijakan Energi Nasional Indonesia [2] ditargetkan pada tahun 2025 peran pembangkit listrik dengan energi baru terbarukan paling sedikit 23% dari total penggunaan energi nasional. Hal ini menunjukkan bahwa perlu adanya peningkatan minimal 10,4% dalam kurun waktu 10 tahun dari kapasitas terpasang pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan apabila menganggap tidak ada peningkatan kapasitas pembangkit listrik dengan sumber energi tidak terbarukan untuk mencapai target Kebijakan Energi Nasional tahun 2025 [3]. Untuk itu diperlukan upaya-upaya pengembangan teknologi yang mampu menyuplai kebutuhan energi dengan menggunakan energi terbarukan yang ramah lingkungan. Sehingga sumber energi yang terbarukan kini tengah menjadi topik yang sangat menarik untuk peningkatan energi khususnya peningkatan energi listrik. Indonesia merupakan salah satu negara yang mendapatkan paparan matahari sepanjang tahun. Diketahui bahwa rata-rata radiasi matahari bulanan pada horizontal dalam setahun adalah sebesar 5.1 kWh/m²/hari [2]. Hal ini berarti Indonesia, khususnya kota Semarang yang memiliki intensitas radiasi matahari pada tahun 2019 sebesar 8,454 kWh/m²/hari mempunyai potensi pemanfaatan energi matahari yang cukup besar. Pemanfaatan energi surya untuk pembangkit listrik disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). SMA Negeri 4 Semarang merupakan salah satu SMA dengan mahasiswa dan pegawai yang banyak. SMA Negeri 4 Semarang juga memberikan beberapa fasilitas sebagai penunjang kinerja siswa, guru serta staff. Fasilitas yang ada meliputi laboratorium, kantin, peribadatan, ruang kelas, perpustakaan, ruang kesenian, ruang komite sekolah, ruang OSIS, kamar mandi, dan ruang UKS. Dan tentu saja fasilitas tersebut memiliki benda-benda yang membutuhkan energi listrik seperti komputer, kipas angin, lampu, dan lain sebagainya. Lalu jika listrik padam, maka segala kegiatan akan terhambat dikarenakan segala urusan kegiatan belajar mengajar akan mengalami gangguan. Salah satu cara agar kegiatan belajar mengajar tetap berlangsung normal yaitu dengan memasang PLTS sebagai tenaga listrik cadangannya SMAN 4 Semarang dipilih karena mempunyai lahan kosong dan tidak terpakai. Hal ini akan sangat baik apabila lahan kosong tersebut dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik yang bersumber dari cahaya matahari. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat perencanaan PLTS dengan

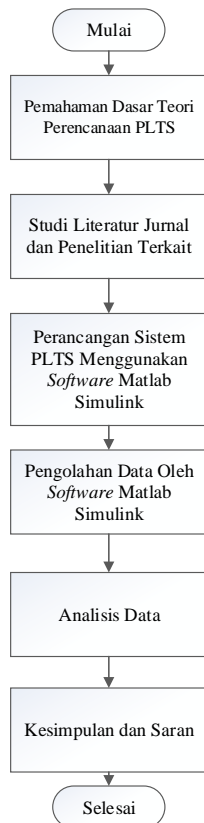
memanfaatkan lahan kosong pada SMAN 4 Semarang sebagai lahan PLTS tersebut. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan yang dapat menjadi salah satu alternatif atau pengganti sumber energi yang tidak terbarukan [5]. Panel surya atau *Photovoltaic* (PV) dapat mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. Selain dapat menghasilkan energi listrik, *photovoltaic* memiliki kelebihan lainnya, yaitu tidak menghasilkan pencemaran lingkungan (tidak menimbulkan emisi), dan tidak menimbulkan kebisingan, walaupun secara efisiensi masih perlu pertimbangan lebih jauh. Komponen utama dari teknologi *photovoltaic* adalah sel *photovoltaic* yang terdiri dari sel-sel yang terbuat dari bahan semikonduktor [6]. Daya yang di produksi dan tersimpan oleh panel surya atau sering di sebut dengan sistem *Photovoltaic* (PV) dipengaruhi oleh faktor suhu dan intensitas radiasi cahaya matahari. Perubahan kedua faktor non-linier ini menjadi penyebab utama sistem PV [4] sulit memaksimalkan konversi energi listrik dan penyimpanan daya. Penelitian ini membahas tentang sebuah sistem kendali yang berfungsi agar sistem PV dapat dimaksimalkan kinerjanya. Sistem kendali ini memanfaatkan metode yang populer digunakan untuk sistem PV yaitu *Maximum Power Point Tracker* (MPPT).

MPPT merupakan sebuah metode pelepasan daya yang bekerja dengan melacak titik daya keluaran tertinggi dari sistem PV. Sistem kendali MPPT akan mengatur produksi dan penyimpanan daya sistem PV memanfaatkan DC-DC *boost converter*. *Boost Converter* dikendalikan oleh sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang berasal dari *duty cycle* hasil operasi algoritme MPPT. Adapun penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk melakukan perancangan dan simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan menggunakan MPPT metode *Perturb and Observe* untuk memaksimalkan serta mengoptimalkan daya keluaran dari PV dengan menggunakan *software Simulink Matlab 2016b*.

2. Metode

2.1. Perancangan Simulasi

Diagram alir dari Tugas Akhir berjudul “Analisis Potensi dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di SMA Negeri 4 Semarang” dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir

2.2. Pengambilan Data

Pada tahap pengerjaan Tugas Akhir ini, dilakukan pengambilan data dari *NASA Prediction of Worldwide Energy Resource Higher Resolution Daily Time Series Climatology Resource for SSE-Renewable Energy* guna mengetahui beragam parameter meteorologi dan klimatologi di wilayah perencanaan [9]. Data pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Intensitas Radiasi Matahari di Kota Semarang pada Tahun 2019

BULAN	Intensitas Radiasi Matahari (kWh/m ² /hari)
Januari	4.90
Februari	5.30
Maret	4.80
April	5.20
Mei	5.44
Juni	5.30
Juli	5.45
Agustus	6.04
September	6.39
Oktober	6.58
November	6.24
Desember	5.60
Rata-Rata	5.60

Tabel 2. Data Temperatur Kota Semarang pada tahun 2019

BULAN	Temperatur Rata-rata (°C)
Januari	25,20
Februari	25,10
Maret	25,00
April	25,50
Mei	25,20
Juni	25,00
Juli	25,00
Agustus	25,80
September	26,20
Oktober	26,00
November	26,00
Desember	25,00
Rata-Rata	25,40

Data pada tabel 1 dan tabel 2 adalah dua parameter meteorologi yang diperlukan dalam simulasi [19]. Selain 2 data tersebut, terdapat data lama penyinaran untuk mengetahui pengaruh lama penyinaran terhadap produksi energi listrik PLTS. Data lama penyinaran ini diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Klimatologi Semarang.

Tabel 3. Data Lama Penyinaran Matahari Kota Semarang pada tahun 2019

BULAN	Lama Penyinaran Matahari (Jam)
Januari	4,58
Februari	4,85
Maret	6,04
April	6,95
Mei	8,49
Juni	8,69
Juli	9,33
Agustus	9,69
September	9,78
Oktober	9,91
November	8,03
Desember	6,11
Rata-rata	7,70

Selain itu pengambilan data guna menunjang Tugas Akhir ini diperoleh juga melalui pengukuran perkiraan penggunaan beban harian di SMA Negeri 4 Semarang. Data ini dibutuhkan sebagai estimasi penggunaan beban harian yang dicatu oleh listrik PLN baik dalam hari kerja maupun hari libur. Pengambilan data dilakukan dengan observasi manual secara periodik dan diperoleh hasil menurut pemakaian per jam dalam sehari seperti pada tabel 3.

Dari data pada tabel 3 dapat kita ketahui bahwa besar pemakaian daya listrik saat hari kerja (5 hari) adalah 0,215 MWh per hari dan saat hari libur (2 hari) adalah sebesar 0,059 MWh.

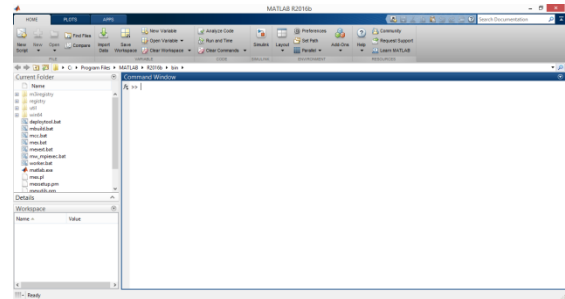
Tabel 4. Data perkiraan beban per jam di SMA Negeri 4 Semarang

Waktu (WIB)	Beban (W)	
	Hari kerja	Hari libur
00.00 – 00.59	3.211,4	2.810,9
01.00 – 01.59	3.166,4	2.765,9
02.00 – 02.59	3.166,4	2.765,9
03.00 – 03.59	3.166,4	2.765,9
04.00 – 04.59	3.186,4	2.785,9
05.00 – 05.59	3.186,4	2.785,9
06.00 – 06.59	2.217,4	1.786,9
07.00 – 07.59	8.805,4	3.382,9
08.00 – 08.59	14.214,75	2.136,9
09.00 – 09.59	18.478,47	3.801,9
10.00 – 10.59	33.903,7	2.018,075
11.00 – 11.59	25.447	1.834,9
12.00 – 12.59	22.561,4	1.786,9
13.00 – 13.59	22.920,4	1.786,9
14.00 – 14.59	18.270	1.786,9
15.00 – 15.59	5.033,4	1.786,9
16.00 – 16.59	2.443,4	1.849,4
17.00 – 17.59	2.332,4	1.846,9
18.00 – 18.59	3.245,4	2.770,9
19.00 – 19.59	3.186,4	2.785,9
20.00 – 20.59	3.186,4	2.785,9
21.00 – 21.59	3.581,4	3.180,9
22.00 – 22.59	3.231,4	2.830,9
23.00 – 23.59	3.231,4	2.830,9
Total	215.373,5	59.671,275

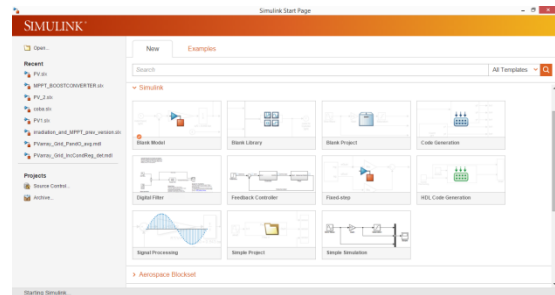
2.3. Simulasi Matlab

MATLAB merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang cukup populer pada kalangan ilmuwan dan praktisi. Dalam Matlab sudah terintegrasi kaitan komputasi, visualisasi dan pemrograman yang mudah digunakan dengan masalah dan solusi dapat diwujudkan dengan model matematika yang sudah umum digunakan [10]. Secara mendasar Matlab telah banyak digunakan untuk berbagai bidang, seperti membentuk algoritma matematika dan komputasi, Pemodelan akuisisi data, simulasi, dan analisis prototif data, eksplorasi, dan pembuatan visualisasi grafis ilmu pengetahuan dan teknologi, termasuk untuk membuat sistem antar muka dengan perangkat lain. Nama MATLAB sebenarnya diambil dari dua istilah pokok yaitu matrix laboratory [11]. MATLAB yang semula ditujukan untuk memudahkan kalkulasi pada matix, oleh pengembangnya, yaitu LINPACK dan EISPACK, kemudian berkembang menjadi sistem yang kompleks dengan banyak variasi dan banyak bidang ilmu yang dibuat program-program dasarnya. Pada saat sekarang MATLAB merupakan hasil kolaborasi dari dua perusahaan, yaitu LAPACK and BLAS, dengan tetap matrik sebagai salah satu komponen utama dalam komoutasinya [16]. MATLAB memiliki karakteristik antara lain Bahasa pemrogramannya didasarkan pada matriks (baris dan kolom) tersedia banyak *toolbox* untuk aplikasi-aplikasi spesifik dan *window*. *Toolbox* yang terdapat pada Matlab antara lain : *Signal Processing, Control System, System Identification, optimization, fuzzy, neural network* dan sebagainya. Selain *toolbox*, Matlab juga menawarkan produk yaitu

SIMULINK suatu sistem untuk simulasi dinamika proses atau plant. Simulink adalah *platform* didalam MATLAB yang digunakan untuk mensimulasikan sistem dinamik secara *realtime*. Didalam simulink terdapat berbagai macam *toolbox* yang dapat digunakan untuk merangkai sistem dinamik.



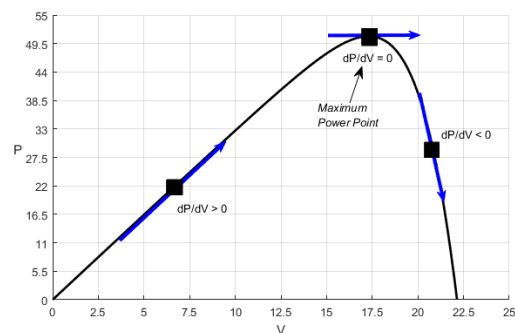
Gambar 2. Tampilan awal Software Matlab



Gambar 3. Tampilan awal Simulink

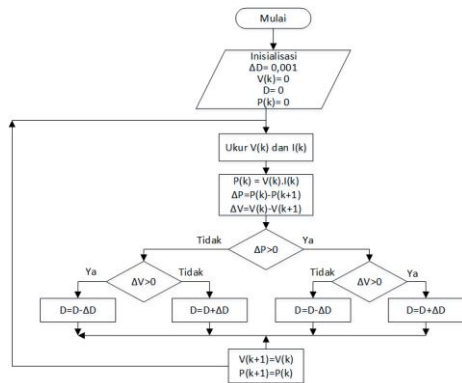
2.4. MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Maximum Power Point Tracker (MPPT) merupakan teknik pelacakan titik daya keluaran sistem PV maksimal. Prinsip kerja MPPT adalah membaca setiap titik keluaran di kurva karakteristik P – V pada panel surya [12]. Sistem kendali MPPT akan mengubah titik kerja sehingga *converter* memaksakan kerja panel surya sesuai kemampuan untuk selalu mencapai titik daya maksimum. MPPT bukan merupakan sebuah sistem mekanik yang membuat sistem panel surya bergerak mengikuti sesuai arah datang intensitas matahari, melainkan sistem elektronik yang bekerja untuk mengoptimalkan keluaran daya dari panel surya



Gambar 4. Karakteristik pada kurva P-V

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, digunakan metode algoritma optimasi untuk mppt yaitu metode Perturb&Observe [13].



Gambar 5. Diagram alir metode Perturb and Observe [14]

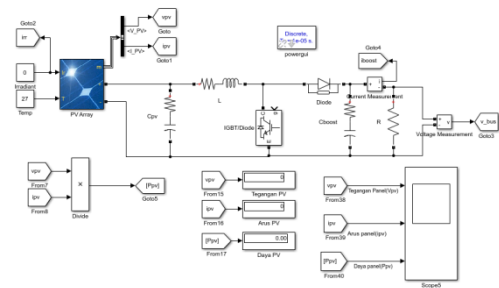
MPPT benar-benar sebuah sistem elektronik yang bisa menelusuri titik daya maksimum. Daya yang bisa dikeluarkan oleh sebuah panel sel surya [15]. Keluaran dari sel surya dipengaruhi oleh cahaya matahari, diperlukan suatu algoritma untuk menemukan *maximum power point* (MPP) dan menjaga titik kerja. Algoritma Perturb and Observe dengan metode *Climbing Hill* dapat digunakan sebagai algoritma kendali MPPT. Algoritma ini dapat dijelaskan sebagaimana pada Gambar 4, ada tiga jenis poin dan terletak pada 3 posisi. Di *left peak* $\Delta P/\Delta V > 0$, puncak kurva $\Delta P/\Delta V = 0$, dan *right peak* $\Delta P/\Delta V < 0$ [18].

Metode ini bekerja dengan cara *perturbing* (menaikkan atau menurunkan) *duty cycle*. Setiap kali perubahan *duty cycle* akan dilihat perubahan dayanya. Bila daya sekarang lebih besar dibandingkan daya sebelumnya, maka *duty cycle* akan dinaikkan lagi. Bila daya yang sekarang lebih kecil dibandingkan daya yang sebelumnya, maka *duty cycle* akan dikurangi [17]. Karena itu, metode ini memerlukan *input* nilai daya *output* untuk mengetahui daya yang jatuh di beban

3. Hasil dan Analisis

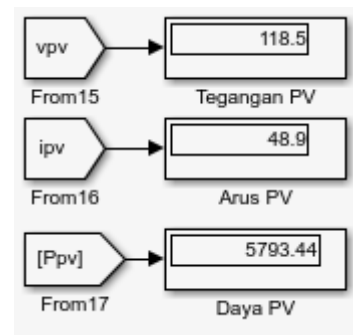
3.1. Hasil Pengujian Rangkaian PV Tanpa Menggunakan MPPT

Pengujian rangkaian PV tanpa menggunakan MPPT bertujuan untuk mengetahui kinerja panel dalam menghasilkan daya yang dirancang tanpa menggunakan algoritma MPPT. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan nilai iradiasi dan suhu dan kemudian menganalisa nilai tegangan dan arus panel surya, gambar merupakan rangkaian pengujian PV tanpa menggunakan algoritma MPPT.



Gambar 6. Rangkaian pengujian PV tanpa menggunakan algoritma MPPT

Berdasarkan pada gambar 6 input dilakukan pengujian tanpa menggunakan algoritma MPPT dan beban yang digunakan adalah resistor dengan nilai 5.5 Ω. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan variasi iradiasi 200 dengan suhu 22°, iradiasi 500 dengan suhu 25°, iradiasi 650 dengan suhu 26, iradiasi 800 dengan suhu 27°, serta iradiasi 1000 dengan suhu 29°.

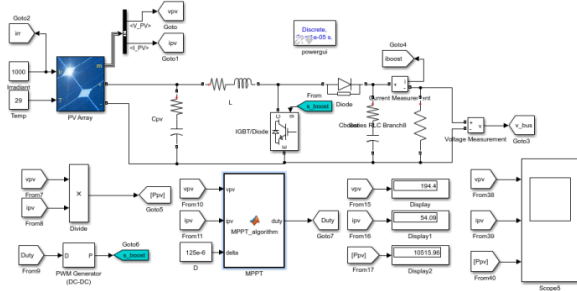


Gambar 7. Display pengujian tanpa MPPT dengan Iradiasi 800 W/m² dan suhu 27°

Berdasarkan pada gambar 7 terlihat bahwa ketika iradiasi 800 W/m² dengan suhu 27°C pada display ditunjukkan nilai tegangan panel yaitu 118,5 V, arus panel 48,9 A , dan daya yang dihasilkan yaitu sebesar 5793 W. Sedangkan kebutuhan beban SMA N 4 untuk 1 SCC yaitu 7,75 KW (asumsi semua beban terpakai), sehingga rangkaian tanpa menggunakan algoritma MPPT pada saat iradiasi 800 W/m² masih belum dapat menyuplai beban maksimum pada 1 SCC.

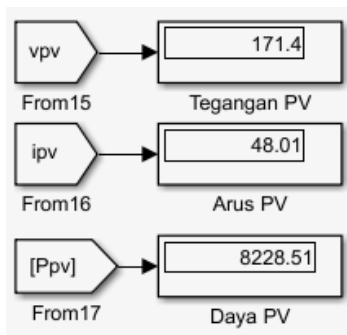
3.2 Hasil pengujian rangkaian PV dengan MPPT

Pengujian rangkaian PV menggunakan MPPT bertujuan untuk mengetahui kinerja panel dalam menghasilkan daya yang dirancang dengan menggunakan algoritma MPPT. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan nilai iradiasi dan suhu dan kemudian menganalisa nilai tegangan dan arus panel surya, gambar dibawah ini merupakan rangkaian pengujian PV menggunakan algoritma MPPT.



Gambr 8. Rangkaian pengujian PV menggunakan algoritma MPPT

Berdasarkan pada gambar 4.7 input dari IGBT yaitu sinyal PWM hasil pengolahan duty cycle yang diolah dari algoritma *perturb and observe*, dengan frekuensi PWM sebesar 20000 Hz dan beban yang digunakan adalah resistor dengan nilai 5.5 Ω. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan variasi iradiasi 200 dengan suhu 22°, iradiasi 500 dengan suhu 25°, iradiasi 650 dengan suhu 26, iradiasi 800 dengan suhu 27°, serta iradiasi 1000 dengan suhu 29°



Gambar 9. Display pengujian MPPT dengan iradiasi 800 W/m² dan suhu 27°

Tabel 5. hasil perbandingan pengujian MPPT

Iradiasi (W/m ²)	Suhu (°C)	Daya MPPT (W)	Tanpa	Daya Dengan MPPT (W)
200	22	374		550
500	25	2298		3343
650	26	3846		5579
800	27	5793		8228
10000	29	8963		10542

Berdasarkan pada gambar 9 terlihat bahwa ketika iradiasi 800 W/m² dengan suhu 27°C pada display ditunjukkan nilai tegangan panel yaitu 171,4 V, arus panel 48 A, dan daya yang dihasilkan yaitu sebesar 8228,51 W. Sedangkan daya yang dihasilkan oleh rangkaian tanpa algoritma MPPT saat iradiasi yang sama adalah 5793 W, hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan algoritma mppt *perturb and observe* daya yang dihasilkan menjadi lebih besar. Sehingga algoritma MPPT *perturb and observe* telah berjalan dengan baik. Kebutuhan beban

SMA N 4 untuk 1 SCC yaitu 7,75 KW (asumsi semua beban terpakai), sehingga rangkaian menggunakan algoritma MPPT pada saat iradiasi 800 sudah dapat menyuplai beban maksimum pada 1 SCC.

Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat bahwa dengan menggunakan MPPT daya yang dihasilkan menjadi maksimum, dengan daya maksimum yang dapat dihasilkan MPPT saat iradiasi 1000 W/m² dan suhu 29°C yaitu 10542 W. Pada iradiasi 800 W/m² dan suhu 27° pada rangkaian tanpa MPPT dihasilkan daya sebesar 5793 W. Dalam hal ini rangkaian PV tanpa MPPT belum dapat mensuplai beban puncak 7,75 KW pada 1 SCC di SMAN 4, sedangkan rangkaian PV dengan MPPT pada saat iradiasi dan yang sama sudah dapat mensuplai beban puncak 7,75KW pada 1 SCC di SMAN 4.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tugas akhir berjudul perancangan PLTS menggunakan MPPT metode *Perturb and Observe* dengan Simulink pada SMA Negeri 4 Semarang, dapat disimpulkan bahwa sistem PLTS yang dirancang menggunakan MPPT dengan metode *Perturb and Observe* daya keluaran dari panel surya menjadi lebih maksimal.

Dalam perancangan sistem pada Matlab Simulink menggunakan sampel panel surya yang berjumlah 100 unit dengan 10 seri dan 10 paralel dan sampel beban 1 SCC 7,75 KW pada SMA N 4.

Hasil Percobaan tanpa menggunakan MPPT saat iradiasi 800 W/m² dan suhu 27° panel surya menghasilkan daya sebesar 5793 W sedangkan hasil percobaan dengan menggunakan MPPT dengan iradiasi dan suhu yang sama panel surya menghasilkan daya sebesar 8228 W. Sehingga saat iradiasi 800 W/m² dan suhu 27° rangkaian PV menggunakan MPPT sudah dapat mensuplai beban maksimum 1 SCC dengan kebutuhan maksimum daya 7,75 KW.

Hasil percobaan dengan variasi iradiasi dan suhu, MPPT menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan MPPT

Referensi

- [1]. Kementerian ESDM Republik Indonesia, Rencana Strategis Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan 2015-2019. 2015.
- [2]. Earthscan, *Planning and Installing Photovoltaic Systems: A guide for installers, architects and engineers - second edition*. 2008.
- [3]. NASA. Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) Higher Resolution Daily Time Series Climatology Resource for SSE-Renewable Energy.” [Online]. Tersedia: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. [Diakses: 08 Februari 2020].

- [4]. W. Omran, "Performance Analysis of Grid-Connected Photovoltaic Systems", Ph.D thesis, University of Waterloo at Ontario, 2010.
- [5]. Duffie, John A. and William A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes, 3th*, Jon Wiley & Sons Inc, New Jersey, 2006.
- [6]. D. L. Pangestuningtyas, Hermawan, dan Karnoto, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Yang Diterima Oleh Panel Surya Tipe Larik Tetap," Universitas Diponegoro, 2013.
- [7]. M. A. Ridho, B. Winardi, dan A. Nugroho, "Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro Menggunakan Software PVSyst 6.43," Universitas Diponegoro, 2018.
- [8]. B. Ramadhani, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. 2018.
- [9]. ABB, *Technical Application Papers NO.10 Photovoltaic Plants*, Bergamo Italy, 2008.
- [10]. International Finance Corporation (IFC), *Utility-Scale Solar Photovoltaic Power Plants*. India, 2012.
- [11]. M. Sengupta et al., *Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications*, no. NREL/TP-5D00-63112. 2015.
- [12]. RETScreen International, *Clean Energy Project Analysis: RETScreen Engineering & Cases Textbook*, no. 3. Canada, 2005.
- [13]. E. P. D. Hattu, J. A. Wabang, dan A. Palinggi, "Pengaruh Bayangan terhadap Output Tegangan dan Kuat Arus pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," Politeknik Negeri Kupang, 2018.
- [14]. Nadia Al-Rousan, Nor Ashidi Mat Isa, and Mohd Kharirunaz M.D "Advances in Solar Photovoltaic Tracking Systems: A review," Universiti Sains Malaysia, 2018.
- [15]. R. Banerjee, "Solar Tracking System," Guru Nanak Institute of Technology, 2015.
- [16]. G. H. Susilo dan B. Winardi, "Diesel Dan Energi Terbarukan Di Pulau Enggano , Bengkulu," Universitas Diponegoro, 2014.
- [17]. E. Setyani, B. Winardi, dan Karnoto, "Analisis Potensi dan Unjuk Kerja Perencanaan PLTS On Grid System di GOR Jatidiri Semarang Menggunakan Software PVSyst 6.43," Universitas Diponegoro, 2019.
- [18]. ESRAM, T. & Chapman, P.L. 2007. *Comparasion of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques. Energy Conversion*, IEEE Transaction on, 22(2), 439-449.
- [19]. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Jawa Tengah, Stasiun Klimatologi Semarang, 2019. "Data Lama Penyinaran Matahari". [Online]. Tersedia : <https://dataonline.bmkg.go.id/>. [Diakses: 08 Februari 2020].