

PENGEMBANGAN SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEM DENGAN MPPT UNTUK TEKNOLOGI IOT- SEMAR

Putra Asmara Danu¹, Erik Tridianto², Sritrusta Sukaridhoto³

^{1,2} Program Studi D4 Sistem Pembangkit Energi, Departemen Teknik Mekanika dan Energi

³ Program Studi D3 Teknologi Multimedia Broadcasting, Departemen Teknologi Multimedia Kreatif
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Kampus PENS, Jalan Raya ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Tel: (031) 594 7280; Fax: (031) 594 6114

email: ¹putraasmaradanu@gmail.com, ²erik@pens.ac.id, ³dphoto@pens.ac.id

ABSTRACT

Photovoltaic system is one of renewable energy applied to industrial equipments and public facilities. The case study in this study was demonstrated by the design of photovoltaic systems on the Internet of Things (IoT) technology of Smart Environment Monitoring and Real Time System Analytics (SEMAR). IoT - SEMAR is designed on a ship prototype consisting of motor drives, servo motors, and raspberry pi. Photovoltaic system design process is done by considering location, electric energy consumption per day, and solar radiation with the aim of obtaining efficient design. From the calculation obtained solar photovoltaic capacity of 50 Wp / 18 V, with a storage battery of 17 Ah / 12 V. The results obtained by considering the accumulation of power consumption per day multiplied by a correction factor of 1.3. Based on the measurement, the driving force requires energy of 51 Wh, a servo motor of 1.5 Wh, and raspberry pi of 52 Wh so that the energy requirement per day is obtained by 105 Wh. For more effective electrical energy absorption, solar charge is used with Maximum Power Point Tracking (MPPT) with 5 A capacity. The test result through direct hardware application shows that the design with the addition of MPPT solar charge can produce 140 Wh / day, which is enough to operate IoT - SEMAR non-stop. This procedure is compatible for designing off-grid photovoltaic applications, particularly those located in remote locations.

Keywords : photovoltaic system, IoT-SEMAR, efficient, Maximum Power Point Tracking (MPPT).

INTISARI

Photovoltaic system merupakan salah satu energi baru terbarukan yang diaplikasikan pada peralatan industri dan fasilitas umum. Studi kasus pada penelitian ini ditunjukkan dengan desain *photovoltaic system* pada teknologi Internet of Things (IoT) Smart Environment Monitoring and Analytics Real Time System (SEMAR). IoT - SEMAR dirancang pada prototype kapal yang terdiri dari motor penggerak, motor servo, dan raspberry pi. Proses desain *photovoltaic system* dilakukan dengan mempertimbangkan lokasi, konsumsi energi listrik per hari, dan radiasi matahari dengan tujuan mendapatkan desain yang efisien. Dari perhitungan didapatkan solar photovoltaic berkapasitas 50 Wp / 18 V, dengan baterai penyimpanan sebesar 17 Ah / 12 V. Hasil tersebut didapat dengan mempertimbangkan akumulasi konsumsi daya per hari dikalikan dengan faktor koreksi sebesar 1,3. Berdasarkan pengukuran, motor penggerak membutuhkan energi sebesar 51 Wh, motor servo sebesar 1,5 Wh, dan raspberry pi sebesar 52 Wh sehingga didapat kebutuhan energi per hari sebesar 105 Wh. Untuk penyerapan energi listrik yang lebih efektif, digunakan solar charge dengan Maximum Power Point Tracking (MPPT) dengan kapasitas 5 A. Hasil pengujian melalui pengaplikasian pada perangkat keras secara langsung menunjukkan bahwa rancangan dengan penambahan solar charge MPPT dapat menghasilkan 140 Wh/hari, yang cukup untuk mengoperasikan IoT - SEMAR secara non-stop. Prosedur ini memiliki kesesuaian untuk merancang aplikasi photovoltaic off-grid, khususnya fasilitas yang terletak di lokasi terpencil.

Kata kunci : Desain, Solar Photovoltaic System, Modified Perturbation and Observation (MP&O), IoT-SEMAR.

1. PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan data kualitas air diberbagai wilayah indonesia sangat dibutuhkan. Kebutuhan itu sejalan dengan indikasi penurunan kualitas air dari tahun ke tahun. Saat ini telah ada pengembangan sebuah teknologi Internet of Things (IoT) Smart Environment Monitoring and Analytics Real Time System (SEMAR) yang

dapat melakukan kontrol dan analisa terhadap parameter kualitas air diberbagai daerah. Selain itu teknologi ini dapat bergerak bebas di wilayah perairan. Permasalahan utama dari teknologi SEMAR ini adalah kebutuhan sumber energi listrik untuk men-supply sistem dalam waktu 24 jam non-stop di daerah perairan yang tidak terjangkau jaringan listrik.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan sebuah sistem pembangkit energi listrik berupa *Solar Photovoltaic System* yang dilengkapi dengan perangkat *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* guna memaksimalkan penyerapan energi listrik yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian (Muhammad Arshad K., 2014), MPPT adalah komponen penting yang secara umum dapat menyumbang efisiensi *Solar Photovoltaic System* sebesar 40%. Selain itu dibutuhkan juga desain yang sesuai untuk dapat men-supply kebutuhan SEMAR. *Solar Photovoltaic System* ini juga harus dapat mengapung dan tahan terhadap kondisi lingkungan perairan.

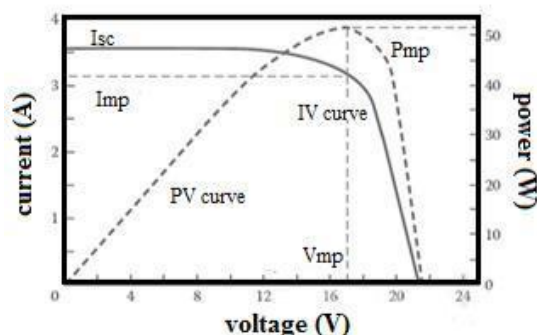
Pada penelitian ini dibuat sebuah *Solar Photovoltaic System* yang dapat efektif digunakan pada perngkat SEMAR. *Solar Photovoltaic System* ini terdiri dari *Solar Panel*, (*MPPT*) *Maximum Power Point Tracking* dengan *Modified Perturb and Observe Technique* dan baterai sebagai penyimpanan energi listrik. Dengan adanya perangkat ini diharapkan SEMAR dapat digunakan selama 24 jam non-stop di daerah perairan yang tidak terjangkau jaringan listrik.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Solar Photovoltaic

Solar Photovoltaic merupakan suatu semikonduktor yang memanfaatkan energi foton dari matahari sebagai sumbernya dan diubah menjadi energi listrik. *Solar Photovoltaic* ini ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi pada saat proses konversi ke energi listrik.

Pada grafik I-V curve seperti gambar 1 (Putra T. T., 2015) yang menggambarkan keadaan sebuah sel surya beroperasi secara normal. Sel surya akan menghasilkan energi *maximum* jika nilai V_m dan I_m juga maximum. Sedangkan I_{sc} adalah arus listrik *maximum* pada nilai volt = nol; I_{sc} berbanding langsung dengan tersedianya sinar matahari. V_{oc} adalah volt maximum pada nilai arus nol; V_{oc} naik secara logaritma dengan peningkatan sinar matahari, karakter ini yang memungkinkan sel surya untuk mengisi accu (Putra T. T., 2015).



Gambar 1. Grafik I-V Curve

Keterangan Gambar 2.1 :

- I_{sc} = Arus hubung singkat.
- V_{sc} = Tegangan tanpa beban.
- V_m = Tegangan maksimum.
- I_m = Arus maksimum.
- P_m = Daya maksimum.

Faktor pengoperasian *solar photovoltaic* sangat tergantung pada (Putra T. T., 2015) :

- a. Temperatur permukaan PV (Ikhsan Baihaqi, 2017)
- b. Radiasi solar matahari (insolation)
- c. Kecepatan angin bertiup
- d. Keadaan atmosfer bumi
- e. Orientasi panel atau array PV
- f. Posisi letak sel surya terhadap matahari (tilt angle) (John A. Duffie, 2013)

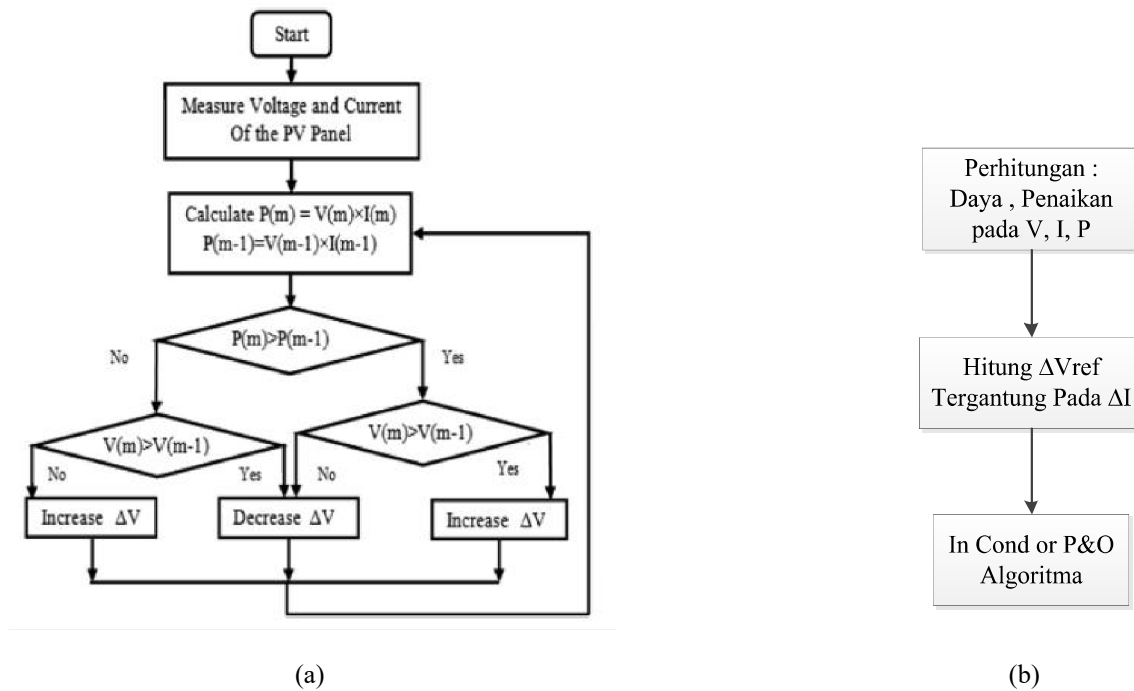
2.2 Algoritma *MPPT MP&O*

Teknik *perturb and observe* terbilang sangat sederhana dan tidak mahal untuk diaplikasikan pada *solar photovoltaic* (David S. M., 2010). Flow diagram P&O dapat dilihat pada gambar 2.a. Kelemahan utama dari metode ini adalah memiliki kecepatan pelacakan lambat dan daya keluaran berosilasi di sekitar MPP (Venkata R. K., 2017). Untuk mencapai daya maksimum secara cepat dengan mengurangi osilasi, dilakukan sebuah modifikasi pada metode P&O atau dapat disebut dengan *Modified Perturbation and Observation (MP&O)*.

Modified Perturbation and Observation (MP&O) ini dikembangkan dengan menambahkan beberapa proses sebelum masuk pada algoritma P&O. Dalam proses tersebut dilakukan pertimbangan dalam menentukan perubahan tegangan (ΔV_{ref}) dengan melihat perubahan arus (ΔI) dan selanjutnya ΔV_{ref} akan digunakan pada metode P&O. Dalam hal ini terdapat 5 kasus yang dipertimbangkan yaitu

1. Jika $\Delta I \mid -0,001 \leq \Delta I \leq 0,001$ maka $\Delta V_{ref} = 0,5 \text{ V}$
2. Jika $\Delta I \mid -0,001 > \Delta I \geq -0,005$ atau $0,001 < \Delta I \leq -0,005$ maka $\Delta V_{ref} = 0,2 \text{ V}$
3. Jika $\Delta I \mid -0,01 \leq \Delta I < -0,005$ atau $0,01 \geq \Delta I > 0,005$ maka $\Delta V_{ref} = 0,5 \text{ V}$
4. Jika $\Delta I \mid -0,015 \leq \Delta I < -0,01$ atau $0,015 \geq \Delta I > 0,01$ maka $\Delta V_{ref} = 1 \text{ V}$
5. Jika $\Delta I \mid -0,015 < \Delta I < 0,015$ maka $\Delta V_{ref} = 1,5 \text{ V}$

Berdasarkan dari kasus diatas akan lebih jelas dengan ilustrasi gambar 2.b. yang menunjukkan flow diagram MP&O.



Gambar 2. (a) P&O konvensional [6] (b) Modified P&O

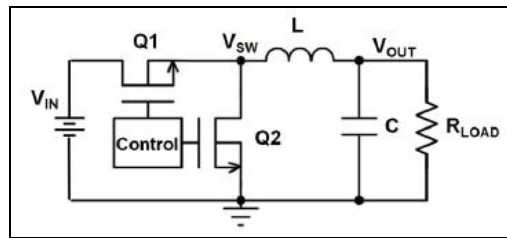
2.3 Synchronous Buck Converter

Pemilihan jenis *DC-DC converter* seperti buck, boost atau buck-boost tergantung pada pemilihan tegangan *Maximum Power Point (MPP) solar photovoltaic* dan tegangan dari baterai yang digunakan. Dalam proses pemilihan tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

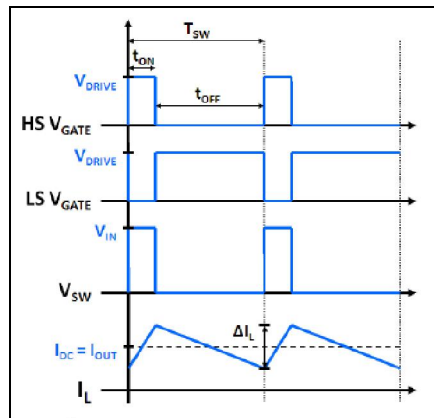
Tabel 1. Pemilihan konverter (Byamakesh N., 2017)

Tegangan Baterai	Tegangan MPP	Kondisi	Pemilihan Konverter
V _b	V _{mpp}	V _b ≥ V _{mpp}	Boost
		V _b ≤ V _{mpp}	Buck
		V _b ≥ V _{mpp}	Buck Boost
		Atau V _b ≤ V _{mpp}	

Pada penelitian ini digunakan pengembangan dari *buck converter* yaitu *synchronous buck converter* karena dianggap lebih efisien. Pemilihan converter ini berdasarkan dari tabel 1. yang telah dijelaskan sebelumnya. Synchronous buck converter dapat dibangun dengan menggunakan 2 buah power MOSFETs, Induktor dan juga Capacitor. Komposisi dari synchronous buck converter dapat dilihat pada gambar 3 (ON Semiconductor, 2013) dan kerja dari *Synchronous buck converter* dapat dilihat pada gambar 4 (ON Semiconductor, 2013).



Gambar 3. Synchronous buck converter



Gambar 4. Gelombang Synchronous buck converter

Pendesainan *buck* converter harus memperhatikan frekuensi *switching*, tegangan masukan, tegangan keluar, beban dan lain-lain. Perhitungan nilai induktor minimal, dapat dicari dengan persamaan berikut (Daniel W. H., 2010).

$$L_{MIN} = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \cdot D}{HS \cdot I_{OUT,MAX} \cdot \Delta I_L} \quad (1)$$

$$D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \quad (2)$$

Untuk meningkatkan performa keluaran filter dapat direkomendasikan dengan menggunakan nilai LIR sebesar 0,2 sampai 0,4. Setelah didapat nilai induktor, selanjutnya adalah mencari nilai filter kapasitor yaitu dengan persamaan dibawah ini (ON Semiconductor, 2013).

$$C_{MIN} = \frac{HS \cdot I_{OUT,MAX}}{S \cdot \Delta V_L \cdot V_{OUT}} \quad (3)$$

Atau

$$C_{MIN} = \frac{L \cdot I_{PK}^2}{(V_{IN} + V_{OUT})^2 - V_{OUT}^2} \quad (4)$$

$$I_{PK} = I_{OUT,MAX} \cdot \frac{\Delta I_L}{2} \quad (5)$$

2.4 Desain Solar Photovoltaic System

Untuk melakukan desain sistem dari *solar photovoltaic* adapun tahap-tahap yang harus dilakukan. Tahap-tahap tersebut yaitu :

1. Tingkat Radiasi Matahari

Tingkat radiasi matahari pada suatu daerah tertentu akan mempengaruhi desain dari *solar photovoltaic system*. Untuk mengetahui tingkat radiasi tersebut dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut (John A. Duffie, 2013).

$$\delta = 23,45 \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \tag{6}$$

$$\cos \theta_z = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta \tag{7}$$

$$G_o = G_{sc} \left(1 + 0,033 \cos \frac{360 n}{365}\right) \cos \theta_z \tag{8}$$

2. *Solar Photovoltaic System*

Untuk melakukan desain *solar photovoltaic system* dibutuhkan tahap sebagai berikut (Leonic, 2013).

a. Hitung total energi per hari untuk setiap alat yang digunakan.

$$E_t' = \sum P_b \times t \tag{9}$$

b. Hitung total Watt-jam per hari yang dibutuhkan dari solar photovoltaic.

$$E_t = E_t' \times 1,3 \tag{10}$$

c. Hitung total rating daya puncak yang dibutuhkan oleh solar photovoltaic (Directorate of Various New Energy and Renewable Energy, 2013).

$$W_p = \frac{E_t}{42} \tag{11}$$

d. Hitung jumlah solar photovoltaic untuk sistem

$$n = \frac{W_p}{W_p'} \tag{12}$$

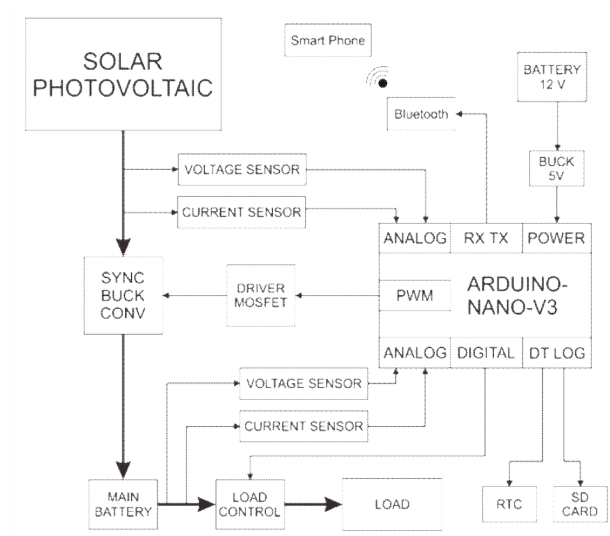
e. Hitung kebutuhan kapasitas Baterai

Penentuan baterai juga harus diperhatikan. Data yang diperlukan utamanya adalah tegangan dan karakteristik baterai. Untuk menentukan kapasitas baterai dapat dihitung melalui persamaan berikut.

$$C_b = \frac{E_t \times 1,3}{(0,85 \times 0,85 \times V_b)} \tag{13}$$

2.5 Sistem Pengujian

Sistem pengujian ditunjukkan menggunakan diagram alir pada gambar 3 dibawah ini. Sistem MPPT *Solar Photovoltaic* ini menggunakan arduino nano V3 sebagai *microcontroller* yang akan memproses kontrol MPPT. Terminal keluar *solar photovoltaic* di pasang sensor tegangan dan arus untuk kebutuhan kontrol yang nantinya akan digunakan mengatur *PWM* yang masuk *converter*. Selain itu untuk menjaga keamanan baterai digunakan juga kontrol beban setelah baterai utama. Untuk kebutuhan daya sistem, digunakan baterai 12 V dengan penurun tegangan sebesar 5 V. *Bluetooth* dan sistem *data logging* digunakan untuk kebutuhan *monitoring* melalui *smartphone* serta penyimpanan data yang nantinya akan digunakan sebagai analisis performa dari sistem MPPT.



Gambar 5. Diagram sistem penelitian MPPT MP&O

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Desain Solar Photovoltaic System

SEMAR memiliki beberapa komponen yang membutuhkan tenaga listrik, adapun data kebutuhan setiap komponen dijabarkan dalam tabel berikut.

Tabel 2. Data beban SEMAR

	Beban Rusp	Beban Servo	Beban Motor
Tegangan (Volt)	5,01	5,01	12
Arus (Amp)	0,43	0,54	4,27
Daya (Watt)	2,1543	2,7054	51,24
Jam/Hari (hour/day)	24	0,5	1

Berdasarkan dari data diatas didapat desain solar photovoltaic system seperti yang ditunjukkan pada tabel 3. Perhitungan desain didapat berdasarkan persamaan yang telah dijabarkan pada metodologi penelitian.

Tabel 3. Data Perhitungan Desain

Uraian	Nilai
Radiasi rata-rata per hari	800 W/m ²
Kebutuhan energi per hari	104,296 Wh/jam
Daya PV yang dibutuhkan	32 Wp
Jumlah Solar PV	1
Kapasitas baterai	17,042 Ah

Tabel 4. Lanjutan Data Perhitungan Desain

Uraian	Nilai
	$Mosfet = 100\text{ V} / 42\text{ A}$
Desain konverter	$L_{MIN} = 330\ \mu\text{H} / 5\text{ A}$
	$C_{MIN} = 68\ \mu\text{F} / 50\text{ V}$

3.1 Hasil Pengujian

Pada penelitian ini pengujian dilakukan pada kondisi alam secara langsung dengan pemakaian selama 24 jam menggunakan beban uji resistor. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sistem

Radiasi	P_PV	Waktu	Energi
374,56	17,76	0,30	5,33
430,22	18,26	0,30	5,48
486,11	22,59	0,30	6,78
519,67	24,55	0,30	7,36
593,44	24,97	0,30	7,49
622,00	25,87	0,30	7,76
672,11	28,11	0,25	7,03
711,00	30,02	0,25	7,50
748,33	30,44	0,25	7,61
767,56	30,52	0,25	7,63
797,78	30,79	0,25	7,70
821,89	31,29	0,25	7,82
829,56	33,59	0,25	8,40
853,11	37,65	0,25	9,41
853,67	36,88	0,25	9,22
858,00	37,45	0,25	9,36
862,78	36,68	0,25	9,17
859,33	37,09	0,25	9,27
Total Energi			140,33

Dari tabel diatas dapat terlihat bahwa semakin besar nilai radiasi matahari maka nilai daya solar photovoltaic juga meningkat. Hal tersebut dikarenakan energi photon yang diserap photovoltaic juga semakin besar. Selain itu dengan nilai daya yang semakin besar menjadikan penyerapan energi yang dilakukan juga semakin meningkat. Dan didapatkan penyerapan energi listrik sebesar 140 Wh yang dapat mencukupi kebutuhan dari IoT SEMAR.

4. KESIMPULAN

Bedasarkan dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan energi IoT-SEMAR selama 24 jam digunakan *solar photovoltaic* berkapasitas 50 Wp / 18 V, dengan baterai peyimpanan sebesar 17 Ah / 12 V. Untuk penyerapan energi listrik yang lebih efektif pada sistem, digunakan *solar charge* dengan *Maximum Power Point Tracking (MPPT) Modified P&O* dengan kapasitas 5 A. Hasil pengujian melalui pengaplikasian pada perangkat keras secara langsung menunjukkan bahwa rancangan dengan penambahan *solar charge MPPT MP&O* dapat menghasilkan energi listrik sebesar 140 Wh/hari sehingga kebutuhan energi IoT SEMAR dapat terpenuhi dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Syukur Alhamdulillah atas segala nikmat yang telah Allah SWT limpahkan. Penulis sangat menyadari bahwa terselesainya penelitian ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, doa serta dukungan dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, keikhlasan dan ketulusan, Penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga
2. Kampus Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
3. Program Studi Sistem pembangkit Energi
4. AKPRIND selaku pihak penyelenggara seminar
5. Serta, seluruh pihak yang telah banyak membantu

DAFTAR PUSTAKA

- Byamakesh N., A. M. (2017). *Selection criteria of dc-dc converter and control variable for MPPT of PV system utilized in heating and cooking applications*. Rourkela: Department of Electrical Engineering.
- Daniel W. H. (2010). *Power Electronics*.
- David S. M. (2010). *Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaic Applications*. Otaniemi: Aalto University.
- Directorate of Various New Energy and Renewable Energy. (2013). *Development and Challenge of Solar PV in Indonesia*. Jakarta: Ministry of Energy and Mineral Resources.
- Erik Tridianto, T. R. (2016, Desember). Maximum Power Point Tracking dengan Algoritma Perturb and Observation untuk Turbin Angin. *Jurnal Ilmiah SETRUM*, 3.
- Ikhsan Baihaqi, E. T. (2017). Studi Eksperimen Pengaruh Ketebalan Lapisan Air Pendingin Terhadap Daya

Keluaran Modul Photovoltaic Monocrystalline. *SNST*, 6, 1.

John A. Duffie, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes* (4th ed.). Amerika: John Wiley & Sons, Inc.

Leonic. (2013). *How to Design Solar PV System*. Dipetik Februari Jumat, 2017, dari http://www.leonics.com/support/article2_12j/articles2_12j_en.php.

Muhammad Arshad K., M. A. (2014). *A Review and Analysis of Solar MPPT Algorithms and Hardware Architectures*. German: LAP LAMBERT Academic Publishing.

ON Semiconductor. (2013). *LC Selection Guide for the DC-DC Synchronous Buck Converter*.

Putra T. T. (2015). *Maximum Power Point Tracking (MPPT) Metode Incremental Conductance dengan dc – dc fullbridge converter 3 fasa terisolasi untuk suplai inverter 3 fasa*.

7



CATATAN DISKUSI DI KELAS PARAREL
SNAST 2018

ID : 168
Judul : Pengembangan photovoltaic system dgn MPPT utk
Teknologi IoTsemar
Penulis : Putra Asmara Daw
Ruang kelas : B2-16

Pertanyaan/Saran:

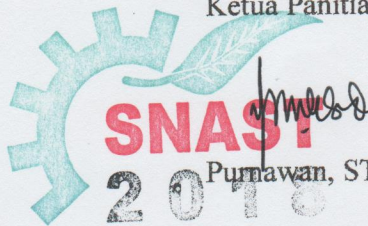
Moderator :

- Apabila di produksi massal bagaimana biaya ?

Jawaban :

- 1 unit Rp 4 jt.

Ketua Panitia SNAST 2018.



Purnawan, ST., M.Eng., C.WS

Yogyakarta, 15 September 2018

Moderator.

(Danis A.W., ST, MT)

Sekretariat Panitia:

Fakultas Sains Terapan, IST AKPRIND Yogyakarta
Jl. Bima Sakti No 3 Pengok, Yogyakarta, 55222
website: snast.akprind.ac.id; email: snast@akprind.ac.id
CP: Mita (085743007839), Noviana (085640096285)