

Analisis Sistem Pendinginan Panel Surya Jenis Polycrystalline dan Monocrystalline

Ajeng Bening Kusumaningtyas[✉], Silo Wardhono, Ricky Eka Ananda

Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Jakarta, Depok Indonesia 16425

[✉]e-mail: ajeng.beningkusumaningtyas@elektro.pnj.ac.id

Abstrak

Panel surya merupakan salah satu energi terbarukan yang banyak dikembangkan teknologinya saat ini. Salah satunya adalah pengembangan sistem pendinginan untuk panel surya. Suhu panel surya merupakan salah satu parameter yang penting dari PLTS karena suhu panel dapat mempengaruhi tegangan output panel. Panel monocrystalline dapat bekerja meskipun dalam suhu yang tinggi sedangkan panel polycrystalline akan menurun kinerjanya apabila bekerja dalam suhu tinggi, dalam penelitian ini akan dianalisis perbandingan dampak adanya sistem pendinginan terhadap tegangan output dari panel monocrystalline dan panel polycrystalline. Sistem kontrol untuk pendinginan PLTS menggunakan sensor thermocontrol yang terhubung ke pompa bak penampungan air, sehingga ketika sensor mendeteksi suhu yang tinggi maka sensor akan menggerakkan pompa air agar mengalirkan air ke permukaan panel. Dari data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada panel polycrystalline tegangan output meningkat ketika suhu panel lebih dingin, pada pukul 12.15 suhu awal panel adalah 35°C dengan tegangan output 12,3 volt setelah proses pendinginan suhu panel menjadi 33,6°C dengan tegangan output menjadi 12,5 volt. Untuk panel monocrystalline pada pukul 12.15 suhu awal panel adalah 35°C dengan tegangan output 12,8 volt setelah proses pendinginan suhu panel menjadi 32,8°C dengan tegangan output menjadi 12,9 volt.

Article History

Submitted: 26/09/2023

Revised : 09/01/2023

Accepted : 31/01/2023

Published: 31/01/2023

Kata Kunci:

Tegangan Output,
Suhu,
Monocrystalline,
Polycrystalline

Pendahuluan

Saat ini penggunaan energi terbarukan sudah mulai banyak dilakukan di banyak negara, salah satunya Indonesia. Hal ini disebabkan karena menipisnya jumlah cadangan bahan bakar fosil yang ada serta polusi udara yang cukup tinggi serta dampak negatif yang lain nya terhadap lingkungan yang ditimbulkan dari pemakaian bahan bakar fosil. Salah satu teknologi terbarukan yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah panel surya[1]. Panel surya merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang banyak digunakan di Indonesia hal ini dikarenakan panel surya yang rendah emisi karbon nya dan tidak membutuhkan perawatan. Selain itu iklim di Indonesia sangat cocok untuk penggunaan panel surya . Terdapat dua jenis panel surya yaitu monocrystalline dan polycrystalline, kedua jenis panel surya ini memiliki karakteristik yang berbeda. Panel monocrystalline dapat bekerja meskipun dalam suhu yang tinggi sedangkan panel polycrystalline akan menurun kinerjanya apabila bekerja dalam suhu tinggi. Adanya perbedaan karakteristik pada kedua panel ini maka akan berbeda pula dampaknya terhadap sistem pendinginan. Kenaikan suhu yang ada di permukaan panel dapat mempengaruhi tegangan output dari panel[2]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa adanya kenaikan suhu permukaan panel surya akan mempengaruhi tegangan output panel dan penurunan efisiensi panel [3][4]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya penurunan suhu sebesar 0,1%/°C akan menurunkan tegangan open circuit sebesar -2mV/°C yang mana hal ini akan menimbulkan penurunan daya output sehingga efisiensi pun juga akan menurun[5][6]. Sehingga diperlukan adanya sistem pendinginan di panel surya agar dapat meningkatkan tegangan output panel [7][8][9][10]. Selain itu dalam penelitian ini juga akan menganalisa dampak sistem pendinginan terhadap tegangan output di panel tipe monocrystalline dan polycrystalline.

Dasar Teori

A. Prinsip kerja panel surya

Panel Surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang banyak digunakan di Indonesia hal ini dikarenakan panel surya yang

rendah emisi karbon nya dan tidak membutuhkan perawatan [6,7]. Selain itu iklim di Indonesia sangat cocok untuk penggunaan panel surya. Dalam penelitian ini akan digunakan dua jenis panel yang berbeda yaitu polycrystalline dan monocrystalline. Polycrystalline merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe polycrystalline memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monocrystalline untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Monocrystalline merupakan panel surya yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 24%. Kelemahan dari panel ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan [5].

Prinsip kerja sel surya Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan foton. Ketika terkena sinar Matahari, foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan "hole" dengan muatan Positif (+). Daerah Semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai pendonor elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan hole bersifat positif dan bertindak sebagai penerima (Acceptor) elektron yang dinamakan dengan Semikonduktor tipe P (P-type). Di persimpangan daerah positif dan negatif (PN Junction), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif sedangkan hole akan bergerak menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di persimpangan positif dan negatif (PN Junction) ini, maka akan menimbulkan arus listrik.

B. Faktor Yang Mempengaruhi Daya Output Sel Surya

- Ambient air temperature
Sebuah Sel Surya dapat beroperasi secara maximum jika temperatur sel tetap normal (pada 25 derajat Celsius), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperature normal pada PV sel akan melemahkan voltage open circuit (Voc). Setiap kenaikan temperatur Sel Surya 1 derajat celsius (dari 25 derajat) akan berkurang sekitar 0.4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperatur Sel per 10 derajat C [4].
- Radiasi solar matahari (insolation)
Radiasi solar matahari di bumi besarnya bervariasi, tergantung pada keadaan spektrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan mempengaruhi nilai arus (I).
- Kecepatan angin bertiup
- Keadaan atmosfer bumi
- Orientasi panel atau array PV

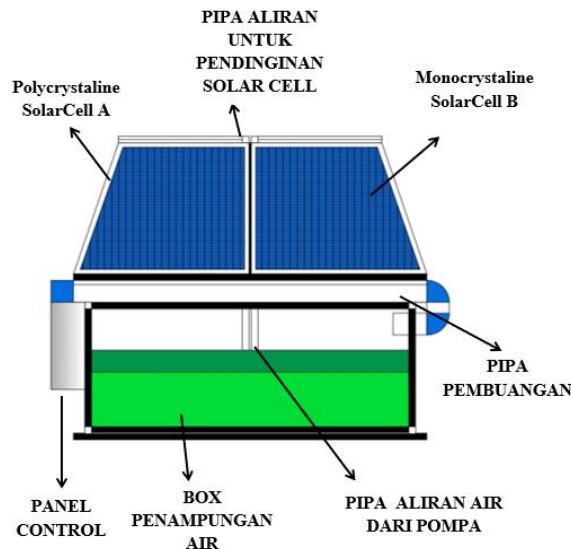
C. Komponen Pada Sistem PLTS

- *Baterai*
Secara garis besar, baterai dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan aplikasi maka baterai dibedakan untuk automotif, marine dan deep cycle. Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi type basah, gel dan AGM (Absorbed Glass Mat). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dgn VRLA (Valve Regulated Lead Acid). Baterai yang cocok digunakan untuk PV adalah baterai deep cycle lead acid yang mampu menampung kapasitas 100 Ah, 12 V, dengan efisiensi sekitar 80%. Waktu pengisian baterai/aki selama 12 jam - 16 jam [4].
- Solar Charge Controller
SCC adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya / solar cell. Kelebihan tegangan dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.
- Inverter
merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi sebagai pengubah arus dearah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan menggunakan metode switching dengan frekuensi tertentu[4]

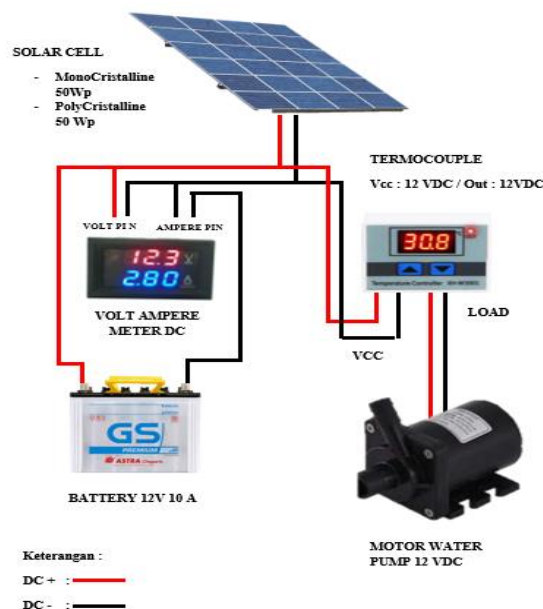
Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk dapat mengetahui bagaimana efek dari adanya sistem pendinginan di panel terhadap penurunan suhu panel dan tegangan output panel. Panel yang digunakan menggunakan dua jenis yaitu panel monocrystalline dan polycrystalline. Penelitian dilakukan di bengkel teknik listrik Politeknik Negeri Jakarta, dan pengambilan data dilakukan mulai pukul 09.00 sampai 14.00 WIB selama 3 hari. Model sistem untuk penelitian ini terdiri dari rangkaian solar panel dan rangkaian kontrol. Rangkaian solar panel terdiri dari solar PV sebanyak satu buah panel tipe monocrystalline 50 Wp, satu buah panel polycrystalline 50 Wp dan baterai. Untuk rangkaian kontrol terdapat sensor thermocontrol, thermocouple, dan pompa air. Selain itu terdapat alat pengukuran yaitu voltmeter dan amperemeter DC. Berikut ini adalah gambar rancang bangun model sistem

A. Gambaran Sistem



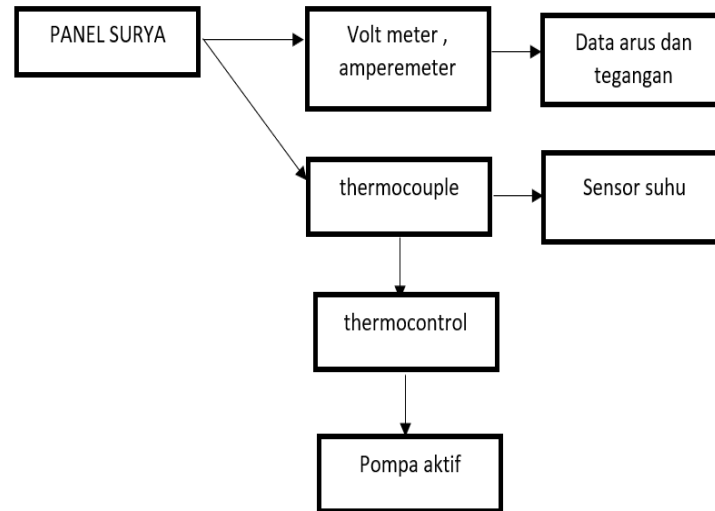
Gambar 1. Rancang Bangun Model Sistem Pendinginan



Gambar 2. Instalasi kelistrikan Sistem

Berikut ini adalah gambar instalasi kelistrikan dari model sistem. PLTS yang digunakan adalah tipe monocrystalline dan polycrystalline masing masing sebesar 50 WP. Output dari panel akan terhubung ke alat ukur yaitu voltmeter DC dan amperemeter DC untuk membaca tegangan dan arus yang dihasilkan panel. Selain itu output dari panel juga terhubung ke thermocouple dan thermocontrol. Baterai dan motor DC digunakan sebagai beban panel surya. Thermocouple merupakan sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi suhu permukaan

panel, yang mana thermocouple ini akan terhubung juga ke thermocontrol sehingga hasil pembacaan suhu dari sensor akan mengaktifkan thermocontrol.



Gambar 3. Diagram input-proses sistem pendinginan panel

Gambar 3 tersebut adalah diagram dari input dan proses sistem pendinginan panel. Sistem pendinginan yang digunakan menggunakan aliran air. Pompa akan mengalirkan air sehingga air dapat mengalir di saluran pipa panel surya. Output dari panel surya terhubung pada alat ukur yaitu voltmeter DC dan ampere meter DC sehingga dapat mengukur tegangan dan arus output dari panel. Selain itu output dari panel juga terhubung ke sensor thermocouple, sensor ini berfungsi sebagai sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi suhu permukaan panel. Thermocouple yang ada di panel terhubung dengan thermocontrol. Sehingga ketika suhu panel mencapai diatas 38°C maka sensor thermocouple akan mengaktifkan thermocontrol. Pompa air akan aktif apabila mendapat sinyal input dari thermocontrol, sehingga pompa akan mengalirkan air melewati pipa yang ada di atas panel. Ketika suhu permukaan panel sudah mencapai kurang dari 34°C maka pompa akan mati. Ketika suhu panel lebih rendah maka tegangan output panel akan meningkat.

Hasil dan Pembahasan

Berikut ini adalah data hasil pengukuran di panel polycrystalline

Tabel 1. Data suhu dan tegangan output pada panel polycrystalline pada kondisi tidak berbeban

Pukul	Kondisi awal		Kondisi dingin	
	Suhu	Voutput	Suhu	Voutput
09.15	36,9	21,5	30,5	21,8
10.00	36	20,9	31	21,4
11.00	35,9	20,1	33,6	22,5
12.00	36	22	32	22,4
13.00	37,9	21,4	33	21,6
14.00	38,6	20,8	34	20,9

Tabel 1 tersebut adalah data hasil pengukuran panel polycrystalline dalam kondisi tidak berbeban. Rata rata tegangan output meningkat sebesar 0,65% setelah suhu panel diturunkan. Hal ini menunjukkan untuk kondisi tidak berbeban sistem pendinginan dapat meningkatkan tegangan output

Tabel 2. Data suhu dan tegangan output pada panel polycrystalline pada kondisi berbeban

Pukul	Kondisi awal		Kondisi dingin	
	Suhu	Voutput	Suhu	Voutput
09.15	36	12,6	32,4	13
10.00	36,5	12,4	31,8	12,5
11.00	35,9	12	32,7	12,1
12.00	36	12,3	33,6	12,5
13.00	37	12,1	34	12,5
14.00	38,6	12,1	34,2	12,4

Tabel 2 tersebut adalah data hasil pengukuran panel polycrystalline dalam kondisi berbeban. Rata rata tegangan output meningkat sebesar 0,25% setelah suhu panel diturunkan. Hal ini menunjukkan untuk kondisi berbeban sistem pendinginan dapat meningkatkan tegangan output panel.

Tabel 3. Data suhu dan tegangan output pada panel monocrystalline pada kondisi tidak berbeban

Pukul	Kondisi awal		Kondisi dingin	
	Suhu	Voutput	Suhu	Voutput
09.15	33	22,1	32	22,2
10.00	35	22,3	32,4	22,4
11.00	35,1	20,3	32,7	21,1
12.00	34,8	22	31,8	22,7
13.00	36,1	22,1	34	22,2
14.00	37,8	20,9	33,9	21,6

Tabel 3 tersebut adalah data hasil pengukuran panel monocrystalline dalam kondisi tidak berbeban. Rata rata tegangan output meningkat sebesar 0,38% setelah suhu panel diturunkan. Hal ini menunjukkan untuk kondisi tidak berbeban sistem pendinginan dapat meningkatkan tegangan output panel monocrystalline namun peningkatan tegangan output pada panel monocrystalline tidak terlalu signifikan seperti peningkatan tegangan output pada panel polycrystalline, hal ini disebabkan karena karakteristik yang berbeda antara panel polycrystalline dan monocrystalline.

Tabel 4. Data suhu dan tegangan output pada panel monocrystalline pada kondisi berbeban

Pukul	Kondisi awal		Kondisi dingin	
	suhu	Vout	suhu	Vout
09.15	32	11,8	30,2	12,1
10.00	35	12	32,4	12,2
11.00	36	13,1	33	13,2
12.00	35	12,8	32,8	12,9
13.00	38	12,5	34	12,6
14.00	37,9	12,9	34,6	12,9

Tabel 4 adalah data hasil pengukuran dari panel monocrystalline saat kondisi berbeban. Terjadi kenaikan tegangan output namun tidak signifikan, namun data pada pukul 14.00 tidak terjadi kenaikan tegangan output saat panel kondisi dingin. Hal ini menunjukkan bahwa untuk panel monocrystalline adanya sistem pendinginan tidak terlalu berdampak untuk dapat menaikkan tegangan output karena panel monocrystalline memiliki karakteristik dapat bekerja meskipun dalam kondisi suhu tinggi. Prosentase kenaikan tegangan output saat panel sudah didinginkan sebesar 0,13%.

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan maka dapat disimpulkan beberapa point berikut:

1. Kenaikan rata rata tegangan output pada panel polycrystalline saat kondisi tidak berbeban setelah suhu panel diturunkan sebesar 0,65% .
2. Untuk tegangan output panel polycrystalline saat kondisi berbeban terjadi kenaikan rata rata sebesar 0,25%. Hal ini membuktikan bahwa sistem pendinginan pada panel polycrystalline dapat meningkatkan tegangan output
3. Tegangan output pada panel monocrystalline setelah diturunkan suhu panel pada kondisi tidak berbeban terjadi kenaikan tegangan sebesar 0,38% dan saat kondisi berbeban kenaikan tegangan output hanya sebesar 0,13%. Hal ini menunjukkan adanya sistem pendinginan di panel monocrystalline tidak terlalu berdampak untuk dapat menaikkan tegangan output.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada politeknik negeri jakarta yang sudah mendanai penelitian ini

Daftar Pustaka

- [1] E. Saputra, D. Purwanto, S. R. Rahim, and A. I. Bakhtiar, "Peningkatan Performa Panel Surya Dengan Sistem Pendingin Untuk Mereduksi Panas Permukaan," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 23, no. 1, pp. 28–35, 2022, doi: 10.23917/mesin.v23i1.16390.
- [2] P. K. Dash and N. C. Gupta, "Effect of Temperature on Power Output from Different Commercially available Photovoltaic Modules," *J. Eng. Res. Appl. www.ijera.com*, vol. 5, no. 1, pp. 148–151, 2015, [Online]. Available: www.ijera.com
- [3] Z. L. Edaris, M. F. Mohammed, M. S. Saad, S. Yusoff, and M. F. N. Tajuddin, "Experimental and Simulated Evaluation of Temperature Effect on Panel Efficiency Performance with Front Water Cooling," *2018 Int. Conf. Comput. Approach Smart Syst. Des. Appl. ICASSDA 2018*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/ICASSDA.2018.8477625.
- [4] B. Sreewirote, A. Noppakant, and C. Pothisarn, "Increasing efficiency of an electricity production system from solar energy with a method of reducing solar panel temperature," *Proc. 2017 IEEE Int. Conf. Appl. Syst. Innov. Appl. Syst. Innov. Mod. Technol. ICASI 2017*, pp. 1308–1311, 2017, doi: 10.1109/ICASI.2017.7988141.
- [5] S. Sandhya, R. Narciss Starbell, and G. Jims John Wessley, "Study on performance enhancement of PV cells by water spray cooling for the climatic conditions of Coimbatore, Tamilnadu," *ICIECS 2015 - 2015 IEEE Int. Conf. Innov. Information, Embed. Commun. Syst.*, pp. 0–4, 2015, doi: 10.1109/ICIECS.2015.7193019.
- [6] S. A. Saada, I. Kecili, and R. Nebbali, "Preliminary study of a water cooled PV system," *Proc. - Int. Conf. Commun. Electr. Eng. ICCEE 2018*, pp. 1–4, 2019, doi: 10.1109/CCEE.2018.8634464.
- [7] S. S. Konjare, R. L. Shrivastava, R. B. Chadge, and V. Kumar, "Efficiency improvement of PV module by way of effective cooling - A review," *2015 Int. Conf. Ind. Instrum. Control. ICIC 2015*, no. Icic, pp. 1008–1011, 2015, doi: 10.1109/IIC.2015.7150893.
- [8] C. A. Matias, L. M. Santos, A. J. Alves, and W. P. Calixto, "Electrical performance evaluation of PV panel through water cooling technique," *EEEIC 2016 - Int. Conf. Environ. Electr. Eng.*, 2016, doi: 10.1109/EEEIC.2016.7555643.
- [9] S. Kalaiselvan, V. Karthikeyan, G. Rajesh, A. Sethu Kumaran, B. Ramkiran, and P. Neelamegam, "Solar PV Active and Passive Cooling Technologies-A Review," *7th IEEE Int. Conf. Comput. Power, Energy, Inf. Commun. ICCPEIC 2018*, pp. 166–169, 2018, doi: 10.1109/ICCPEIC.2018.8525185.
- [10] T. Phan, V. Huy, P. Nonthakarn, and M. Ekpanyapong, "Solar-cell based In-Vehicle Cooling System," pp. 1–5, 2012.