

Tegangan Keluaran Solar Cell Type Monocrystalline Sebagai Dasar Pertimbangan Pembangkit Tenaga Surya

Aris Heri Andriawan ¹, Puji Slamet ²

¹ Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
email: aris_po@untag-sby.ac.id

² Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
email: Pujislamet@untag-sby.ac.id

Abstrak

Kinerja sel surya dapat diukur dengan melihat kekuatan tegangan keluaran yang dihasilkan dari sel surya tersebut. Kerja sel surya dipengaruhi oleh beberapa hal seperti bahannya, resistansi bahan, temperatur dan tingkat radiasi matahari. Dari kurva arus-tegangan (I-V) dapat diketahui parameter-parameter keluaran sel surya seperti arus hubung singkat (I_{sc}), tegangan terbuka (V_{oc}), arus maksimum, dan tegangan maksimum serta daya maksimum. Dari pengukuran yang dilakukan pada jam 08.00 sampai dengan 17.00 di lingkungan Fakultas Teknik Untag Surabaya, diperoleh data tegangan rata-rata *monocrystalline* 18,64 V. Besarnya arus pengisian rata-rata *monocrystalline* 1 A. Sedangkan besarnya arus hubung singkat rata-rata *monocrystalline* 0,6 A. Dari analisa data sementara didapatkan kesimpulan bahwa solar cell tipe *monocrystalline* cocok digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga surya pada kondisi iklim tropis di Indonesia, karena memiliki rata-rata arus pengisian yang lebih besar dibanding dengan polycrystalline.

Kata Kunci: *Solar Cell, Monocrystalline, Polycrystalline*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi saat ini semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia. Hal ini menyebabkan adanya indikasi terjadi krisis energi di dunia. Salah satu penyebab dari krisis energi tersebut adalah masih besarnya tingkat ketergantungan pada sumber energi fosil terutama minyak bumi. Seperti yang kita ketahui bahwa cadangan minyak bumi yang tersedia di bumi ini terbatas. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya pemanfaatan energi alternatif agar tercipta keseimbangan energi yang baik.

Potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4.8 KWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Saat ini pemerintah telah mengeluarkan roadmap

pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 adalah sebesar 0.87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun. Jumlah ini merupakan gambaran potensi yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa datang.

Pemanfaatan energi alternatif dapat dilakukan dengan mulai memberikan peluang kepada jenis-jenis energi alternatif yang selama ini sudah dikembangkan maupun jenis energi yang baru. Ada berbagai alternatif yang bisa dikembangkan antara lain batubara, gas bumi, geothermal, biomassa, air, angin, gelombang, matahari hingga nuklir. Dari beberapa alternatif tersebut, diklasifikasikan ke dalam dua kelompok, yaitu jenis energi tak terbarukan dan energi terbarukan. Energi tak terbarukan di antaranya terdiri dari minyak bumi, batubara, nuklir dan gas bumi. Sedangkan yang termasuk

jenis energi terbarukan antara lain geothermal, biomassa, air, angin, matahari, gelombang dan lain-lain yang masih terbuka pengembangannya.

Energi terbarukan mempunyai potensi lebih unggul dibandingkan energi fosil. Ada beberapa alasan yang mendasari, antara lain karena persediaannya yang tak terbatas, dapat diperbaharui, dan ramah lingkungan. Energi matahari, energi air, energi angin, energi biomassa, energi laut, dan sumber energi alternatif lainnya tersedia secara melimpah di alam, sedangkan pemanfaatannya masih sedikit. Kendala utama dalam pemanfaat energi terbarukan adalah teknologi yang dipakai sekarang, efisiensinya masih rendah sehingga energi yang dikonversi sedikit. Salah satunya upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Di Indonesia yang merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dan waktu penyinaran yang cukup lama. Hampir di setiap pelosok Indonesia, matahari menyinari sepanjang pagi sampai sore dan kondisi ini menjadi sangat ideal bagi penggunaan pembangkit listrik tenaga surya.

Dilihat dari bahan pembuatnya, ada tiga tipe solar cell yaitu monocrystalline, polycrystalline, dan galium arsenit dimana masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Untuk mengetahui kelebihan dan kekurangannya maka perlu dilakukan analisa karakter tegangan dan arus output dari masing-masing tipe.

Dari hal tersebut diatas maka pada penelitian ini akan di analisis karakter tegangan dan arus output sel surya tipe monocrystalline dan polycrystalline. Dari data ini didapatkan kemampuan daya maksimum dari masing-masing tipe dan bisa dijadikan acuan pada kondisi bagaimana tipe monocrystalline digunakan dan pada kondisi bagaimana tipe polycrystalline digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga surya. Pengukuran akan dilakukan di Lingkungan Fakultas Teknik Untag Surabaya pada kondisi dan waktu yang sama pada kedua tipe sel surya.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan karakter tegangan dan arus output dari sel surya tipe monocrystalline dan polycrystalline sehingga kita dapat menentukan **kemampuan daya maksimum dari masing-masing tipe dan bisa dijadikan acuan pada kondisi bagaimana tipe monocrystalline digunakan dan pada kondisi bagaimana tipe polycrystalline digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga surya.**

1.3 Tinjauan Pustaka

Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit listrik alternatif selain air, uap angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi.

Langkah yang lebih besar untuk pengembangan bidang photovoltaic ini terjadi tahun 1954 ketika tiga orang peneliti (Gerald Pearson, Calvin Fuller dan Daryl Chapin) dari Laboratorium Bell secara tidak sengaja menemukan bahwa silicon dengan impurities tertentu menjadi sangat sensitif terhadap cahaya. Dan mereka bertiga pun menjadi orang yang pertama membuat perangkat praktis yang mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel surya buatan mereka bisa mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik dengan tingkat efisiensi sebanyak 6%. Kemudian battery solar cell pun dibuat pertama kali pada tanggal 25 April 1954. Dan satelit buatan manusia yang pertama kali menggunakan perangkat solar cell adalah Vanguard 1 yang diluncurkan pada bulan Maret 1958. Satelit ini menggunakan battery solar cell yang dibuat oleh perusahaan Hoffman Electronic. Selanjutnya pada tanggal 4 Oktober 1955, perusahaan Bell telah berhasil menggunakan battery solar cell buatannya untuk mengoperasikan system operator telepon di Georgia.

Dengan menggabungkan Galium dan Arsenik untuk dijadikan sebagai bahan semikonduktor yang lebih maju, Zhores Ivanovich Alferov seorang ilmuwan Rusia yang juga merupakan politikus dan anggota parlemen di negaranya, telah berhasil membuat panel surya yang lebih efektif. Penemuan ini kemudian dikembangkan oleh para ilmuwan AS hingga bisa dibuat panel surya yang memiliki efisiensi 17% dalam menghasilkan

energi listrik. Angka efisiensi itu terus meningkat karena lebih banyak lagi kalangan ilmuwan dan industri yang berperan aktif dalam pengembangan bidang photovoltaic ini. Saat ini ada lima negara yang berperan sebagai produsen utama perangkat photovoltaic yaitu Jepang, Cina, Jerman, Taiwan, dan Amerika. Dan pada tahun 2008 yang lalu, Cina telah mengukuhkan diri sebagai negara produsen photovoltaic dengan jumlah terbesar di dunia (www.wikipedia.org).

1.4.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), adalah contoh pembangkit yang memanfaatkan energi surya dengan sinar matahari sebagai sumber penghasil listrik. Alat utama untuk menangkap, perubah dan penghasil listrik adalah *Photovoltaic* atau yang secara umum disebut *Modul / Panel Solar Cell*. Dengan alat tersebut sinar matahari dirubah menjadi listrik melalui proses aliran-aliran elektron negatif dan positif didalam cell modul tersebut karena perbedaan electron. Hasil dari aliran elektron-elektron akan menjadi listrik DC yang dapat langsung dimanfaatkan untuk mengisi battery / aki sesuai tegangan dan ampere yang diperlukan. (www.AnekaSurya.com)

Adapun kelebihan Pembangkit Listrik Tenaga Surya antara lain adalah:

1. Energi tidak pernah habis
2. Mudah mendapatkan bahan bakarnya
3. Tidak menimbulkan polusi dan ramah lingkungan
4. Umur panel sel surya panjang/ investasi jangka panjang
5. Praktis karena dapat disimpan dalam baterai
6. Cocok untuk daerah tropis, jarang penduduknya dan terpencil.

Saat ini pengembangan PLTS di Indonesia telah mempunyai basis yang cukup kuat dari aspek kebijakan. Namun pada tahap implementasi, potensi yang ada belum dimanfaatkan secara optimal. Secara teknologi, industri *photovoltaic* (PV) di Indonesia baru mampu melakukan pada tahap hilir, yaitu memproduksi modul surya dan mengintegrasikannya menjadi PLTS, sementara sel suryanya masih impor. Padahal sel surya adalah komponen utama dan yang paling mahal dalam sistem PLTS. Harga yang masih tinggi menjadi isu penting dalam perkembangan industri sel surya. Berbagai

teknologi pembuatan sel surya terus diteliti dan dikembangkan dalam rangka upaya penurunan harga produksi sel surya agar mampu bersaing dengan sumber energi lain. Mengingat ratio elektrifikasi di Indonesia baru mencapai 55-60 % dan hampir seluruh daerah yang belum dialiri listrik adalah daerah pedesaan yang jauh dari pusat pembangkit listrik, maka PLTS yang dapat dibangun hampir di semua lokasi merupakan alternatif sangat tepat untuk dikembangkan. Dalam kurun waktu tahun 2005-2025, pemerintah telah merencanakan menyediakan 1 juta *Solar Home System* berkapasitas 50 Wp untuk masyarakat berpendapatan rendah serta 346,5 MWp PLTS hibrid untuk daerah terpencil. Hingga tahun 2025 pemerintah merencanakan akan ada sekitar 0,87 GW kapasitas PLTS terpasang.

Dengan asumsi penguasaan pasar hingga 50%, pasar energi surya di Indonesia sudah cukup besar untuk menyerap keluaran dari suatu pabrik sel surya berkapasitas hingga 25 MWp per tahun. Hal ini tentu merupakan peluang besar bagi industri lokal untuk mengembangkan bisnisnya ke pabrikasi sel surya.

(<http://www.litbang.esdm.go.id>).

1.4.4 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Dalam proses pengkonversian panas matahari menjadi energi listrik perlu adanya komponen-komponen khusus, komponen-komponen itu meliputi:

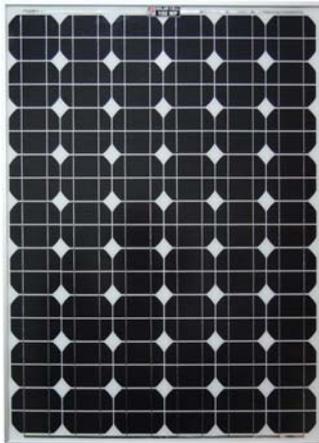
1. Modul solar sel/panel surya
2. Charger controller
3. Baterai
4. Inverter (jika beban menggunakan beban listrik AC)
5. Beban

Panel surya menghasilkan energi listrik dengan mengkonversikan tenaga matahari menjadi listrik. *Charger Controller* digunakan untuk mengatur pengisian baterai sehingga menjamin panel dan baterai bekerja secara optimal. Baterai adalah perangkat kimia untuk menyimpan tenaga listrik dari tenaga surya sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Tanpa baterai, energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari. *Inverter* adalah perangkat elektrik yang mengkonversikan tegangan DC menjadi tegangan AC. Penting untuk diingat bahwa panel surya dan baterai menggunakan arus DC. Sedangkan beban merujuk pada alat apapun

yang memerlukan daya listrik, dan merupakan jumlah konsumsi listrik dari semua peralatan listrik yang dihubungkan dengan sistem. (SpeedyWiki; WNDW; Komponen Sistem Photovoltaic)

1.4.5 Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atas Matahari atau "sol" karena Matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic, photovoltaic dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik". Sel surya atau sel PV bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi Matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.



Gambar 1. Panel surya (Modul Solar Sel)

Sebuah panel surya terbuat dari banyak sel surya. Sel tersambung secara elektrik untuk memberikan arus dan tegangan tertentu. Sekumpulan panel surya dapat dibuat dengan menyambung sekumpulan panel dalam serial dan/atau paralel untuk menyediakan daya yang diperlukan untuk beban yang ada. Arus listrik yang disediakan oleh panel surya bervariasi secara proporsional terhadap radiasi surya. Ini akan bervariasi menurut kondisi iklim, jam, dan waktu pada suatu tahun.

2.4.2 Sel Surya

Sel surya atau sel photovoltaic, adalah sebuah alat [semikonduktor](#) yang terdiri dari sebuah wilayah-besar [diode p-n junction](#), di mana, dalam datangnya [cahaya matahari](#) mampu menciptakan [energi listrik](#). Perubahan ini disebut efek photovoltaic. Bidang riset yang

berhubungan dengan sel surya dikenal sebagai [photovoltaics](#).



Gambar 2. Sel Surya

Sel Surya diproduksi dari bahan semikonduktor yaitu silikon yang berperan sebagai isolator pada temperature rendah dan sebagai konduktor bila ada energi dan panas. Sebuah silikon sel surya adalah sebuah dioda yang terbentuk dari lapisan atas silikon tipe-n dan lapisan bawah silikon tipe-p (Martin Jowan; Eksperimen Karakteristik...; FMIPA UI, 2008).

2.4.3. Perkembangan Sel Surya

Pengembangan Sel surya semakin banyak menggunakan bahan semikonduktor yang bervariasi dan silikon yang secara individu (chip) banyak digunakan, diantaranya:

4. *Mono-crystalline* (Si), dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentuk bujur. Sekarang Mono-crystalline dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24%.
5. *Polycrystalline/Multi-crystalline* (Si) dibuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik, kemudian pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul di atas lapisan silikon. Sel ini kurang efektif dibandingkan dengan sel Polycrystalline (efektivitas 18%) tetapi biaya lebih murah.
6. *Gallium Arsenide (GaAs)*. Gallium Arsenide pada unsure periodik III-V berbahan semikonduktor ini sangat efisien dan efektif dalam menghasilkan energi listrik sebesar 25%. Banyak digunakan pada aplikasi pemakaian sel surya.

2.4.4. Parameter Panel Surya

Parameter utama yang mengkarakterisasi panel photovoltaic adalah:

1. ARUS SIRKUIT PENDEK atau SHORT CIRCUIT CURRENT (ISC): arus maksimum yang disediakan oleh

- panel waktu konektor mengalami sirkuit pendek.
2. **TEGANGAN SIRKUIT TERBUKA** atau **OPEN CIRCUIT VOLTAGE (VOC)**: tegangan maksimum yang disediakan oleh panel ketika terminal tidak dihubungkan pada beban sama sekali (kontak terbuka). Nilai ini biasanya 22 V untuk panel-panel yang bekerja di sistem 12 V, dan secara langsung proporsional dengan sejumlah sel yang tersambung dalam serial.
 3. **TITIK DAYA MAKSIMUM** atau **MAKSIMUM POWER POINT (Pmax)**: titik dimana daya yang disediakan oleh panel berada di titik maksimum, dimana $P_{max} = I_{max} \times V_{max}$. Titik daya maksimum panel diukur dalam Watt (W) atau Watt tertinggi (W_p). Penting untuk tidak lupa bahwa dalam kondisi normal, panel akan tidak dapat bekerja pada kondisi tertinggi, karena tegangan operasi ditetapkan oleh beban atau pengatur. Nilai umum V_{max} dan I_{max} sebaiknya sedikit lebih rendah daripada ISC dan VOC.
 4. **FAKTOR PENGISI** atau **FILL FACTOR (FF)**: hubungan antara daya maksimum sesungguhnya yang dapat disediakan oleh panel dengan perkalian $ISC \times VOC$. Ini memberikan anda gambaran kualitas panel karena ini adalah indikasi tipe kurva karakteristik IV. Semakin dekat FF kepada 1, semakin banyak daya yang dapat diberikan oleh panel. Nilai umum biasanya berkisar antara 0,7 dan 0,8.
 5. **EFISIENSI** atau **EFFICIENCY (h)**: rasio antara daya listrik maksimum yang dapat diberikan oleh panel kepada beban dan daya dari radiasi surya (PL) yang masuk ke panel. Ini biasanya sekitar 10-12%, tergantung pada tipe sel (monocrystalline, polycrystalline, amorphous atau film tipis).

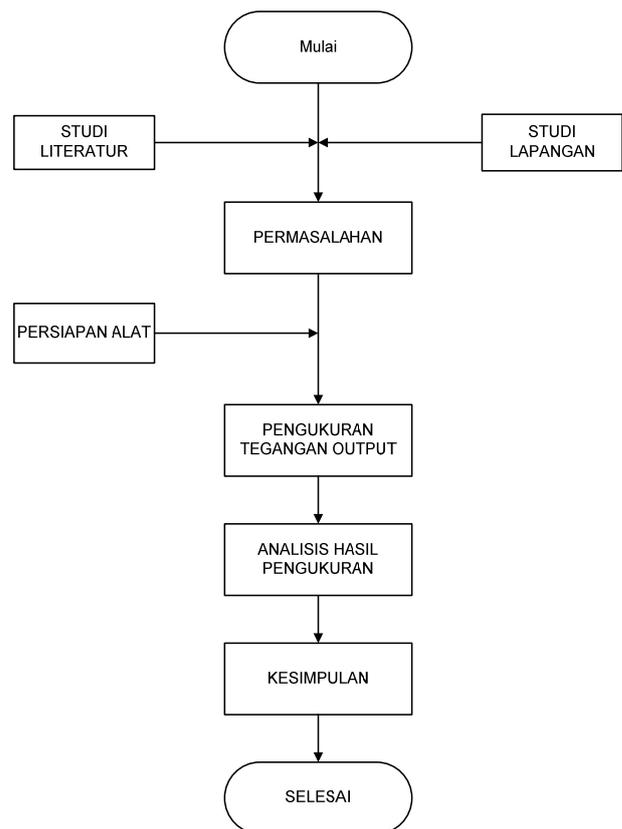
Mempertimbangkan definisi titik daya maksimum dan faktor pengisi, kita dapat melihat bahwa: $h = P_{max} / PL = FF \cdot ISC \cdot VOC / PL$

Nilai ISC, VOC, I_{Pmax} dan V_{Pmax} disediakan oleh pabrik dan merujuk pada kondisi standar pengukuran dengan penyinaran $G = 1000$

W/m², pada ketinggian permukaan laut, untuk suhu sel $T_c = 25^\circ C$.

Nilai parameter panel berubah jika penyinaran dan suhu berbeda. Vendor kadang-kadang akan memasukkan grafik atau tabel dengan nilai untuk kondisi yang berbeda dari yang standar. Perlu diperhatikan bahwa dua panel bisa mempunyai W_p yang sama tetapi berbeda tingkah laku dalam kondisi operasi yang berbeda. Ketika memperoleh panel, adalah penting untuk mengecek, jika memungkinkan, bahwa parameter mereka (setidaknya, ISC dan VOC) sesuai dengan nilai yang dijanjikan oleh vendor.

2. EKSPERIMEN/PERCOBAAN



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Gambar 3 merupakan diagram alir penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran tegangan output panel surya tipe monocrystalline.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Gambar 4. menunjukkan metode pengukuran arus dan tegangan dari panel surya tipe mono crystalline. Pengukuran tegangan outputnya dilakukan pada 4 kondisi yaitu:

- a. Panel dalam kondisi bersih
- b. Panel dalam kondisi diberi air pada permukaannya
- c. Panel dalam kondisi diberi daun kering
- d. Panel dalam kondisi berdebu

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Karakteristik Tegangan Output Sollar Cell Monocrystalline Kondisi bersih

No	Periode (WIB)	Teg Output (V)	Keterangan
		Monocrystalline	
1	08.00	18,9	Belum terkena cahaya matahari
2	09.00	19,5	Terkena cahaya matahari
3	10.00	20,1	
4	11.00	19,6	
5	12.00	19,7	
6	13.00	18,5	mendung
7	14.00	18,4	Terkena cahaya matahari
8	15.00	19,1	
9	16.00	18,4	Tidak terkena cahaya matahari
10	17.00	14,3	

Dari Tabel 1 terlihat bahwa pada kondisi panel surya bersih, karakter tegangan output panel surya relatif sama tidak banyak terpengaruh terhadap perbedaan sinar matahari yang mengenai permukaan.

Tabel 2. Karakteristik Tegangan Output Sollar Cell Monocrystalline Kondisi diberi air

No	Periode (WIB)	Teg Output (V)	Temperatur (°C)	Keterangan
		Monocrystalline	Monocrystalline	
1	08.00	18,6	27,5	Belum terkena cahaya matahari, belum ada air
2	09.00	18,9	29	Terkena cahaya matahari, belum ada air
3	10.00	20,4	47,2	Terkena cahaya matahari, belum ada air
4	11.00	20,6	48,1	
5	12.00	20,4	46,4	
6	13.00	19,7	45,1	Setengah terkena matahari, terkena air
7	14.00	18,6	29,1	Tidak terkena cahaya matahari, belum ada air
8	15.00	18,1	30,3	
9	16.00	17	27,4	
10	17.00	14,1	29,3	
11	18.00	1,7	29,4	

Dari Tabel 2 terlihat bahwa pada kondisi panel surya diberi air pada permukaannya, karakter tegangan output panel surya relatif sama tidak banyak terpengaruh terhadap perbedaan sinar matahari yang mengenai permukaan.

Tabel 3. Karakteristik Tegangan Output Sollar Cell Monocrystalline Kondisi diberi daun kering

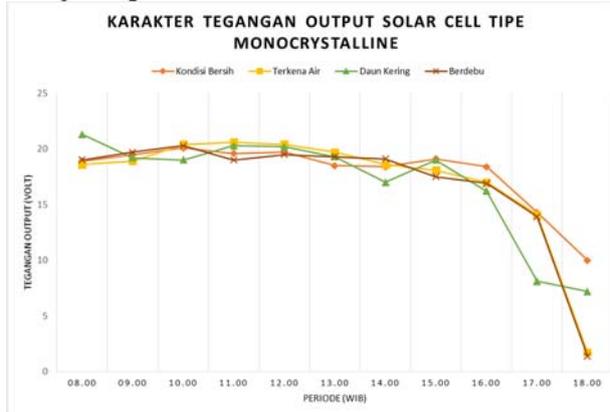
No	Periode (WIB)	Monocrystalline	Monocrystalline	Keterangan
		Monocrystalline	Monocrystalline	
1	08.00	21,3	30,8	Cuaca berawan
2	09.00	19,2	34,2	Terkena cahaya matahari
3	10.00	19	46,3	
4	11.00	20,3	49,2	
5	12.00	20,2	44,5	
6	13.00	19,3	34	Cuaca berawan
7	14.00	17		Hujan deras
8	15.00	19	30,6	Cuaca mendung, dan terkena air
9	16.00	16,2	29	
10	17.00	8,1	27,2	
11	18.00	7,2	27	

Dari Tabel 3 terlihat bahwa pada kondisi panel surya diberi daun kering pada permukaannya, karakter tegangan output panel surya relatif sama tidak banyak terpengaruh terhadap perbedaan sinar matahari yang mengenai permukaan.

Tabel 4. Karakteristik Tegangan Output Sollar Cell Monocrystalline Kondisi berdebu

No	Periode (WIB)	Teg Output (V)	Temperatur (°C)	Keterangan
		Monocrystalline	Monocrystalline	
1	08.00	19	30	Belum terkena matahari, belum ada debu
2	09.00	19,7	35	Terkena cahaya matahari, belum ada debu
3	10.00	20,3	42	
4	11.00	19	47,2	Terkena cahaya matahari, ada debu
5	12.00	19,5	52,7	
6	13.00	19,3	47,5	Panel setengah terkena matahari
7	14.00	19,1	32,5	Cuaca berawan, panel berdebu
8	15.00	17,5	30,7	
9	16.00	16,9	28,4	
10	17.00	13,9	28,5	Tidak terkena cahaya matahari, berdebu
11	18.00	1,4	29	

Dari Tabel 4 terlihat bahwa pada kondisi panel surya berdebu pada permukaannya, karakter tegangan output panel surya relatif sama tidak banyak terpengaruh terhadap perbedaan sinar matahari yang mengenai permukaan.



Gambar 5. Perbandingan Karakter Tegangan Output Solar Cell Tipe Monocrystalline

Gambar.5 memperlihatkan perbandingan karakter tegangan output solar cell tipe monocrystalline pada kondisi yang berbeda yaitu: kondisi permukaan panel bersih, diberi air, diberi daun kering, dan berdebu.

4. KESIMPULAN

Dari pengukuran tegangan output yang dilakukan, mendapatkan 3 kesimpulan sementara yaitu:

- Panel surya mampu menghasilkan tegangan output maksimum sebesar 21,3 Volt, kondisi ini terjadi pada saat panel terkena daun kering.
- Panel surya mampu menghasilkan tegangan output minimum sebesar 1,4 Volt, kondisi ini terjadi pada jam 18.00 dan panel kondisi berdebu.
- Solar cell type Monocrystalline menghasilkan karakter tegangan output yang relatif stabil/tidak terlalu berpengaruh pada kondisi yang terjadi pada permukaan (bersih, terkena air, terkena daun kering maupun berdebu). Sehingga solar cell tipe ini cocok dipakai untuk pembangkit listrik tenaga surya pada daerah terpencil yang kurang sinar matahari.

5. REFERENSI

- A.R. Jha, PhD, “**Solar Cell Technology and Application**”, Taylor and Francis group, LLC, 2010.
- Satwiko S, “**Uji Karakteristik Sel Surya Pada Sistem 24 Volt Dc Sebagai Catudaya Pada Sistem Pembangkit Tenaga**”, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY, Purworejo 14 April 2012, ISSN : 0853-0823
- www.alpensteel.com ; **Pemanfaatan Energi Surya Dimulai**, diakses Desember 2012
- www.esdm.go.id ; **Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)**, diakses Desember 2012
- www.litbang.esdm.go.id ; **Prinsip Kerja Sel Surya**, diakses Desember 2012