

PENGARUH KEBERSIHAN MODUL SURYA TERHADAP UNJUK KERJA PLTS

P.A. Sujana¹, I.N.S. Kumara², I.A.D Giriantari³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : aristasujana@gmail.com¹, ins_kumara@yahoo.com², dayu.giriantari@yahoo.com³

Abstrak

PLTS adalah suatu teknologi pembangkit yang mengkonversikan foton dari matahari menjadi energi listrik. Faktor penting yang mempengaruhi besarnya foton yang diterima oleh sel surya adalah kebersihan modul surya. Studi pengaruh kebersihan modul surya terhadap unjuk kerja PLTS dilakukan di Denpasar pada bulan Januari sampai Maret, menggunakan dua modul surya yang indentik 14,1 Wp. Modul pertama dibersihkan secara berkala sedangkan modul kedua tidak dibersihkan. Dari studi ini, modul surya dibersihkan menghasilkan daya tertinggi 13,63 Watt. Sedangkan modul surya tidak dibersihkan menghasilkan daya tertinggi sebesar 13,45 Watt, terjadi penurunan sebesar 5,48%. Dari studi ini didapat hasil output dari modul surya yang dibersihkan lebih besar dibandingkan modul surya tidak dibersihkan. Penurunan yang relatif kecil disebabkan oleh pembersihan permukaan modul oleh hujan yang sering terjadi, sehingga secara tidak langsung air hujan membersihkan permukaan modul dari kotoran.

Kata kunci : PV, kebersihan modul surya, Output PV

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan peta energi matahari, Bali memiliki radiasi harian matahari rata-rata 5,2 kWh/m². Maka provinsi Bali memiliki potensi yang baik untuk pengembangan pembangkit listrik dari energi surya [1]. Bali memiliki dua musim, yaitu kemarau dan hujan. Ditinjau dari perkembangan daerah, Bali merupakan daerah yang sedang berkembang sehingga menyebabkan polusi udara. Panas, hujan, banyak pepohonan, unggas, dan polusi udara merupakan sumber - sumber yang dapat menyebabkan kotor pada permukaan modul surya, berakibat pengurangan daya dari modul surya.

1.1 State of the art review

Md. Mizanur Rahman dalam tulisannya dengan judul *Effects of Natural Dust on the Performance of PV Panels in Bangladesh*. Melakukan percobaan dengan menggunakan dua modul surya 1 Wp di Banglades. Percobaan tersebut dilakukan dengan cara membandingkan dua modul. Modul pertama dibiarkan terkena debu alami dan modul kedua dibersihkan secara berkala. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan penurunan ISC pada modul surya kotor sebesar 35%. [2].

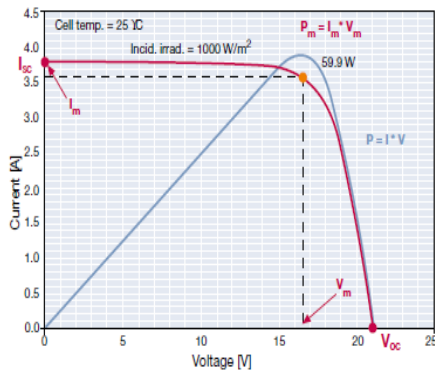
Dari latar belakang tersebut penulis melakukan studi terhadap pengaruh kebersihan modul surya terhadap energi outputnya, yang dipasang pada suatu lokasi di Denpasar. Didalam penelitian ini dilakukan monitoring dan pengukuran terhadap arus-tegangan dari modul surya yang tetap dijaga agar tetap bersih dan modul surya yang

dibiarkan terkena dampak kotoran dari kondisi sekitar. Sehingga dari penelitian ini akan memperoleh informasi bagaimana pengaruh kebersihan terhadap energi keluaran modul surya jika terpasang di daerah Denpasar.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Arus dan Tegangan

Seperti yang disebutkan pada buku ABBQT dengan judul *Photovoltaic plants* bahwa karakteristik arus dan tegangan pada modul surya diperlihatkan pada gambar 1 saat kondisi hubungan tertutup (*short-circuit*) arus dalam kondisi nilai tertinggi (*Isc*), sebaliknya pada kondisi hubung terbuka (*open-circuit*) tegangan dalam kondisi nilai tertinggi (*Voc*). Berdasarkan dua kondisi yang disebutkan, daya yang dibangkitkan modul surya adalah nol, dimana pada semua kondisi lainnya, ketiga tegangan meningkat maka produksi daya meningkat juga. Pada mulanya akan mencapai *maximum power point* (*Pm*) dan kemudian turun seketika hingga mendekati nilai tegangan tanpa beban [3]. Gambar 1 merupakan kurva I-V pada modul surya.



Gambar 1. Kurva I-V pada modul surya [3]

Oleh karena itu, data karakteristik dari PV module dapat dijabarkan sebagai berikut:

I_{sc} = arus hubung singkat PV module (A)

V_{oc} = tegangan tanpa beban (V)

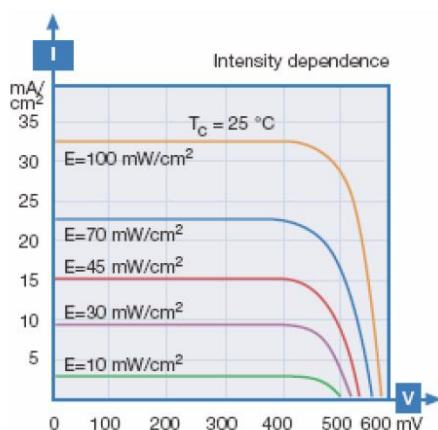
P_m = produksi daya maksimum pada kondisi standar (W)

I_m = produksi arus pada maximum power point (A)

V_m = produksi tegangan pada maximum power point (V)

2.2 Radiasi Matahari

Menurut Diputra dalam tulisan Simulator Algoritma Pendeteksi Kerusakan Modul Surya Pada Rangkaian Modul Surya menyebutkan, radiasi matahari yang diterima bumi terdistribusi pada beberapa range panjang gelombang, mulai dari 300 nm sampai dengan 4 mikron. Sebagian radiasi mengalami refleksi di atmosfer (*diffuse radiation*) dan sisanya dapat sampai ke permukaan bumi (*direct radiation*). Kedua radiasi ini yang dipakai untuk mengukur besaran radiasi yang diterima sel surya. Intensitas radiasi sangat mempengaruhi besar kecilnya arus yang dihasilkan. Arus *short circuit* (I_{sc}) mengalami penurunan ketika intensitas radiasi yang diterima oleh sel surya berkurang. Intensitas radiasi yang berkurang menyebabkan elektron-elektron yang terlepas semakin sedikit sehingga arus listrik menurun [4].

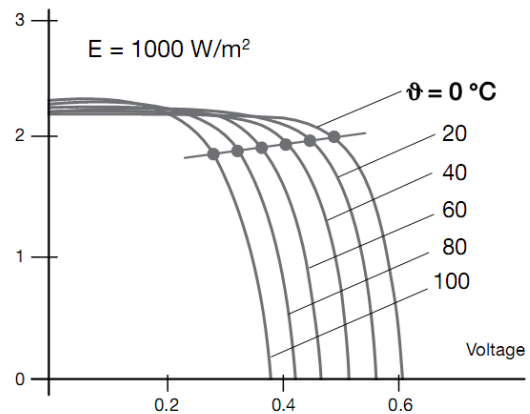


Gambar 2. Kurva arus dan tegangan sel surya terhadap intensitas radiasi [4]

Gambar 2 memperlihatkan intensitas radiasi berpengaruh terhadap perubahan tegangan *open circuit* (V_{oc}). Tegangan *open circuit* semakin berkurang ketika intensitas radiasi dikurangi tetapi perubahannya tidak signifikan.

2.3 Temperatur Modul Surya

Berdasarkan *datasheet* dari modul surya CI-26P. Modul surya akan bekerja secara optimum pada temperatur konstan yaitu 25°C dengan iradiasi matahari 1000 W/m². Jika temperatur disekitar modul surya meningkat melebihi 25°C, maka akan mempengaruhi daya keluaran modul surya, sehingga tegangan akan berkurang seperti Gambar 3. Selain itu, efisiensi modul surya juga akan menurun. Sedangkan sebaliknya, arus yang dihasilkan akan meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur pada modul surya[5].



Gambar 3. Kurva arus dan tegangan terhadap perubahan temperatur PV module [5]

2.4 Orientasi Modul Surya

Seperti yang disebutkan pada buku ABBQT dengan judul *Photovoltaic plants* bahwa Efisiensi maksimum modul surya akan meningkat jika sudutnya saat terjadi sinar matahari selalu berada pada 90°. Faktanya poros rotasi bumi adalah dengan kemiringan 23,45° terhadap bidang dari orbit bumi oleh matahari, pada garis lintang tertentu tinggi dari matahari pada langit bervariasi setiap harinya. Untuk mengetahui ketinggian maksimum (dalam derajat) ketika matahari mencapai langit (α), secara mudah dengan menggunakan rumus berikut [3] :

$$\alpha = 90^\circ - \text{lat} + \delta \text{ (N hemisphere); } 90^\circ + \text{lat} - \delta \text{ (Shemisphere)}$$

Sedangkan sudut yang harus dibentuk oleh modul surya terhadap permukaan bumi (β), dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

Dengan:

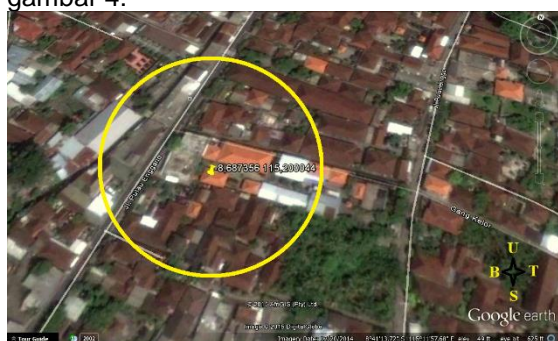
lat adalah garis lintang (*latitude*) lokasi instalasi panel surya terpasang (dalam satuan derajat)

δ adalah sudut dari deklinasi matahari [23,34°][3].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Lokasi Penelitian

Studi pengaruh kebersihan modul surya terhadap unjuk kerja PLTS ini dilakukan di Jl. Pulau Enggano No.9 Denpasar, dengan koordinat -8°68'73"56 LS 115°20'00"44" BT yang didapatkan dari *software Polaris Navigation*. Dengan menggunakan aplikasi google earth, lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar 4:



Gambar 4. Lokasi penelitian

3.2 Konfigurasi Modul Surya

Pada studi ini digunakan dua buah modul surya *polycrystalline*, dengan kondisi satu buah modul surya tidak dibersihkan dan satu buah modul surya dibersihkan secara berkala. Modul surya yang digunakan adalah CI-26P dengan spesifikasi dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Data Spesifikasi modul surya CI-26P

Model Name	CI-26P
Maximum Power	14,1 Wp
Short Circuit Current (Isc)	0,98 A
Current at Pmax (I _L)	0,81 A
Open Circuit Voltage (Voc)	21,1 W
Voltage at Pmax (V _L)	17,5 W
Maximum System Voltage	DC 100 V
Power Tolerance	±3%
Nominal Operating Cell Temp (NOCT)	48°C
Solar Cell Efficiency	14,50%
Cell Technology	Poly-Si

Untuk sudut kemiringan modul surya (β) ditentukan dengan mencari terlebih dahulu nilai ketinggian maksimum matahari dalam derajat (α) dengan menggunakan persamaan 2.6 yaitu:

$$\begin{aligned} \alpha &= 90^\circ + \text{lat} - \delta \\ &= 90^\circ + 8.68 - 23.45 \\ &= 75.23^\circ \end{aligned}$$

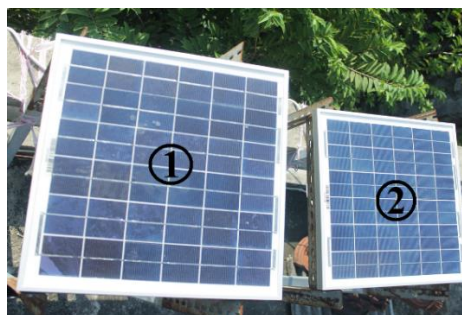
Sedangkan sudut yang harus dibentuk oleh modul surya terhadap permukaan bumi (β), dapat diperoleh dengan persamaan 2.7 sebagai berikut [6]:

$$\begin{aligned} \beta &= 90^\circ - \alpha \\ &= 90^\circ - 75.23 \\ &= 14,77^\circ \approx 15^\circ \end{aligned}$$

Dengan sudut kemiringan tersebut dapat dibuatkan penyangga modul surya yang dirancang menggunakan tiang penyangga tetap. Konfigurasi modul surya dapat dilihat pada gambar 5 dibawah.



Gambar 5. Foto konfigurasi modul surya



Gambar 6. Modul surya 1 dan 2

Penelitian ini menggunakan 2 buah modul surya *polycrystalline*, dengan kondisi satu buah modul surya tidak dibersihkan dan 1 buah modul surya dibersihkan pada saat pengukuran. Lokasi penelitian berada pada koordinat -8°68'73"56 LS 115°20'00"44" BT, maka orientasi modul surya mengarah ke utara.

Modul surya terpasang dengan tiang penyangga tetap dan memiliki sudut kemiringan modul surya 15°. 2 buah modul surya diletakan secara berdekatan. Modul 1 dalam kondisi dibiarkan menerima kotoran dari lingkungan sekitar dan modul surya 2 dalam kondisi dibersihkan secara berkala.

3.3 Pengukuran Output Modul Surya

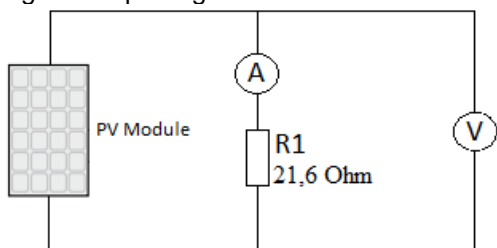
Pengukuran arus dan tegangan modul surya dilakukan dari tanggal 4 Februari 2015 sampai 15 Maret 2015. Pengukuran dilakukan selama 11 jam/hari. Pengukuran tegangan, arus, temperatur modul surya, intensitas cahaya matahari dan pengamatan pada kondisi modul surya dimulai dari jam 07.00 Wita s/d

18.00 Wita. Pengukuran dilakukan setiap 15 menit sekali. Dari 7 kali pengukuran terdapat 3 kali cuaca cerah yaitu pada tanggal 6 Ferbruari, 9 Maret dan 10 Maret 2015. Cuaca mendung sebanyak 2 kali, yaitu pada tanggal 5 Maret dan 8 Maret. Dan cuaca hujan yaitu pada tanggal 6 Maret dan 7 Maret. Arus dan Tegangan diukur menggunakan alat ukur *multimeter*, temperatur diukur menggunakan *thermocouple*, intensitas cahaya matahari diukur dengan alat ukur yaitu *luxmeter*.

3.4 Tegangan dan Arus beban

Tegangan (V_L) adalah tegangan yang diukur pada kedua terminal modul surya didapat dengan menambahkan beban tahanan pada modul surya yang menerima sinar matahari secara langsung.

Arus beban (I_L) adalah arus yang mengalir pada rangkaian beban dengan menambahkan beban tahanan pada modul surya yang menerima sinar matahari secara langsung. Pengujian tegangan berbeban (V_L) dan arus beban (I_L) ditunjukkan pada skematik pengukuran pada gambar 7.



Gambar 7. Skematik pengukuran tegangan dan arus beban yang berbeban tahanan

3.5 Perhitungan daya modul surya

Daya listrik didapat dari hasil perkalian tegangan berbeban dan arus berbeban. Hasil pengukuran dan perhitungan dari keluaran modul surya dibersihkan dengan beban 21.6 Ohm pada kondisi cuaca cerah dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 berikut :

Tabel 2. Hasil perhitungan daya modul surya dibersihkan

Modul surya dibersihkan					
Waktu	Tegangan (VL)	Arus (IL)	Daya (Watt)	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Kondisi Cuaca
7:00	1,27	0,05	0,06	2210	Cerah
8:00	4,80	0,22	1,06	12370	Cerah
9:00	5,59	0,27	1,51	20110	Cerah
10:00	9,14	0,40	3,66	27100	Cerah
11:00	13,85	0,65	9,00	79600	Cerah
12:00	16,24	0,73	11,36	96700	Cerah
13:00	17,00	0,79	13,43	82300	Berawan
14:00	16,87	0,75	12,69	79100	Berawan
15:00	7,89	0,36	2,84	83400	Berawan
16:00	4,98	0,23	1,15	22800	Berawan
17:00	2,77	0,12	0,33	13950	Cerah
18:00	1,37	0,05	0,07	4990	Berawan

Tabel 3. Hasil perhitungan daya modul surya tidak dibersihkan

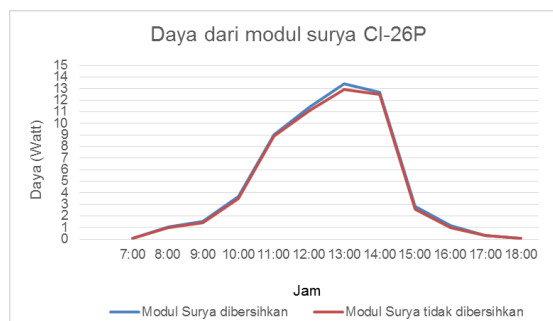
Modul surya tidak dibersihkan					
Waktu	Tegangan (VL)	Arus (IL)	Daya (Watt)	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Kondisi Cuaca
7:00	0,87	0,05	0,04	2210	Cerah
8:00	4,66	0,21	0,98	12370	Cerah
9:00	5,23	0,27	1,41	20110	Cerah
10:00	9,01	0,39	3,51	27100	Cerah
11:00	13,86	0,64	8,87	79600	Cerah
12:00	15,65	0,71	11,11	96700	Cerah
13:00	17,00	0,76	12,92	82300	Berawan
14:00	16,62	0,76	12,47	79100	Berawan
15:00	7,49	0,34	2,55	83400	Berawan
16:00	4,69	0,21	0,98	22800	Berawan
17:00	2,65	0,11	0,29	13950	Cerah
18:00	1,05	0,05	0,05	4990	Berawan

Hasil perhitungan daya keluaran dari modul surya dibersihkan dengan tegangan berbeban dan arus berbeban kondisi cuaca cerah diatas dapat dilihat V_L sebesar 17.00 Volt pada pukul 13.00 Wita dengan arus beba (I_L) yaitu sebesar 0.76 Ampere. Dan daya yang dihasilkan sebesar 13.43 Watt. Sedangkan V_L terendah sebesar 1.27 Volt pada pukul 07.00 Wita dengan I_L sebesar 0.05 Ampere. Dan daya yang dihasilkan sebesar 0.06 Watt.

Sedangkan pada tabel 3 hasil perhitungan daya keluaran dari modul surya tidak dibersihkan dengan tegangan dan arus beban kondisi cuaca cerah diatas dapat dilihat V_L sebesar 17.00 Volt pada pukul 13.00 Wita dengan I_L sebesar 0.76 Ampere. Dan daya yang dihasilkan sebesar 12.92 Watt. Sedangkan V_L terendah sebesar 0.87 Volt pada pukul 07.00 Wita dengan I_L sebesar 0.05 Ampere. Dan daya yang dihasilkan sebesar 0.04 Watt.

Berdasarkan hasil perhitungan daya modul surya dengan V_L dan I_L modul surya dapat bekerja secara efektif dari pukul 12.00 Wita sampai dengan pukul 14.45 Wita.

Dari tabel 2 dan 3 hasil perhitungan daya keluaran dari modul surya berdasarkan V_L dan I_L ditunjukkan dengan grafik dibawah:



Gambar 8. Grafik perhitungan daya modul surya

Selisih perbandingan daya modul surya dibersihkan dengan modul surya tidak dibersihkan ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Selisih perbandingan daya modul surya dibersihkan dengan modul surya tidak dibersihkan

Waktu	Daya (Watt) modul surya dibersihkan	Daya (Watt) modul surya tidak dibersihkan	Selisih daya
7:00	0,06	0,04	0,02
8:00	1,06	0,98	0,08
9:00	1,51	1,41	0,10
Rata-rata pagi hari	0,88	0,81	0,07
10:00	3,66	3,51	0,15
11:00	9,00	8,87	0,13
Rata-rata menjelang siang	6,33	6,19	0,14
12:00	11,36	11,11	0,25
13:00	13,43	12,92	0,51
14:00	12,69	12,63	0,06
Rata-rata siang hari	12,49	12,22	0,27
15:00	2,84	2,55	0,29
16:00	1,15	0,98	0,17
Rata-rata menjelang sore	2,00	1,77	0,17
17:00	0,33	0,29	0,04
18:00	0,07	0,05	0,02
Rata-rata daya sore hari	0,20	0,17	0,03
Rata-rata keseluruhan	4,76	4,61	0,15

Dari perbandingan nilai rata-rata daya output modul surya selama 07:00 Wita – 18:00 Wita, didapatkan rata-rata selisih daya output modul surya sebesar 5,48% yaitu 0,15 watt. Perbedaan daya yang tidak begitu besar dikarenakan pengukuran dilakukan pada musim hujan, dan kedua permukaan modul surya dibersihkan dari kotoran oleh hujan. Pada saat musim kemarau jumlah deposit kotoran pada modul surya akan meningkat. Membersihkan permukaan modul surya disarankan memakai alat dan bahan pembersih yang tidak sembarang.

3.6 Alat dan Bahan Pembersih Permukaan Modul Surya

Membersihkan permukaan modul surya secara efektif dan aman diperlukan alat dan bahan yang khusus atau tidak sembarang. Berikut merupakan rekomendasi alat dan bahan pembersih permukaan modul surya [7]:

1. Alat penyemprot air bertekanan tinggi, Alat penyemprot ini berguna untuk membersihkan permukaan modul surya yang kotor.
2. Alat Penyemprot cairan
Alat penyemprot digunakan untuk menyemprotkan cairan pembersih modul surya sekaligus menjadi wadah pencampuran larutan pembersih dan air.
3. *Squeegee*
Squeegee merupakan alat pembersih kaca moderen dengan karet panjang yang dapat membersihkan permukaan modul surya

sekaligus meratakan cairan pembersih pada permukaan modul surya.

4. Spons Lembut

Spons yang lembut digunakan untuk menggosok permukaan modul surya pada saat membersihkan disarankan agar tidak menggunakan spons yang kasar, jika menggunakan spon yang kasar akan membuat permukaan kaca tergores, dan spons berguna untuk menyerap air di permukaan modul surya, jika air tersebut dibiarkan mengendap di permukaan akan menyebabkan flek pada permukaan modul surya.

Cairan pembersih yang disarankan untuk membersihkan permukaan modul surya yaitu jenis pembersih kaca yang mengandung alkohol / etanol / metanol bisa digunakan untuk membersihkan permukaan modul surya. Tidak disarankan menggunakan bubuk penggosok, *scrubber cleaner*, natrium hidroksida, benzena, tiner, asam atau alkali, dan zat kimia lainnya yang akan menyebabkan permukaan modul surya menjadi terkikis.

4 Simpulan dan Saran

Dari studi pengaruh kebersihan modul surya terhadap unjuk kerja PLTS, modul surya tidak dibersihkan menghasilkan daya tertinggi sebesar 12,63 Watt dan daya modul surya tidak dibersihkan terendah sebesar 0,04 Watt sedangkan modul surya dibersihkan menghasilkan daya tertinggi sebesar 12,69 Watt dan daya modul surya dibersihkan terendah sebesar 0,06. Dari perhitungan daya yang dilakukan, terjadi penurunan sebesar 5,48%. Dari studi ini didapat hasil output dari modul surya yang dibersihkan lebih besar dibandingkan modul surya tidak dibersihkan. Perbedaan daya yang tidak begitu besar dikarenakan pengukuran dilakukan pada musim hujan, dan kedua permukaan modul surya dibersihkan dari kotoran oleh hujan. Disarankan penelitian ini dilakukan pada musim kemarau agar mengetahui dampak maksimal dari kebersihan modul surya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahardjo, Amien. **Optimalisasi Pemanfaatan Sel Surya Pada Bangunan Komersial Secara Terintegrasi Sebagai Bangunan Hemat Energi**. Universitas Indonesia. Depok : 2008.
- [2] Md. Mizanur Rahman. **Effects of Natural Dust on the Performance of PV Panels in Banglades**. MECS 2012.
- [3] ABB. **Technical Application Papers NO.10 Photovoltaic Plants**. Bergamo. Italy : 2010.

- [4] Diputra, Wibeng. **Simulator Algoritma Pendeteksi Kerusakan Modul Surya Pada Rangkaian Modul Surya**. Universitas Indonesia : 2008.
- [5] Solarex, **Data Sheet Photovoltaic Modules MSX 60**. USA 1998.
- [6] Hanif M. **Studying Power Output of PV Solar Panels at Different Temperatures and Tilt Angel**. *Pakistan* : 2012. Khyber Pakhtunkhwa Agricultural University Peshawar.
- [7] Serbot, AG. **Solar Panel Cleaning**. 2014.