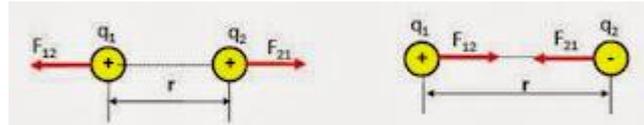


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrostatik

Gaya elektrostatik terjadi pada dua benda dengan muatan listrik statik. Mereka akan saling menolak jika muatannya sama atau sejenis, dan menarik jika muatannya berlawanan.



Gambar 2. 1 Hukum Couloumb[25]

Gaya listrik (tarik-menarik atau tolak-menolak) antara dua muatan listrik sebanding dengan besar muatan listrik masing-masing dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak pisah antara kedua muatan listrik, menurut hukum Coulomb.

Metode elektrostatik untuk membersihkan panel surya adalah dengan mengumpulkan debu dan menggunakan medan elektrostatik untuk mengisi partikel debu. Metode ini mirip dengan sistem precipitator elektrostatik, menggunakan gaya elektrostatik dan memiliki tiga proses utama. Pertama, proses ionisasi, atau pemberian muatan kepada partikel debu. Kemudian, debu yang terkumpul pada permukaan diangkat. Yang pertama, elektrode pelepasan (discharge electrode) adalah kawat, dan yang kedua adalah elektrode pengumpul (collecting electrode), yang juga dikenal sebagai pelat pengumpul atau pelat besi. Elektroda pelepasan (DE) memiliki muatan listrik negatif. Akibatnya, DE menghasilkan elektron bebas, yang menambah muatan untuk partikel debu yang melewatinya. Proses pengumpulan debu kedua, yang juga disebut sebagai pengumpulan debu yang telah terionisasi, dimulai dengan elektroda pengumpul (CE). Elektroda pengumpul (CE) menarik partikel debu yang telah disumbang oleh DE, sehingga debu tertarik dan menempel pada plat pengumpul. Ketiga, debu yang terkumpul di atas plat besi kehilangan daya tariknya dan gravitasi membuatnya

jatuh ke tanah. Sistem ini bekerja dengan menggunakan arus listrik bertegangan tinggi pada kawat-kawat elektrode yang bermuatan negatif untuk menarik atau mengikat partikel debu dari permukaan solar panel. Debu kemudian akan tertarik dan terikat pada pelat besi pengumpul yang memiliki muatan positif. [33].

2.2 Panel Surya

Beberapa buah sel surya yang tersusun secara seri merupakan suatu komponen yang disebut sel surya kemudian dapat mengkonversi energi dengan menggunakan prinsip yang dikenal sebagai efek photovoltaic mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Akibatnya, dua elektroda terhubung untuk menghasilkan tegangan listrik. [10]. Untuk ilustrasi gambar solar panel ada pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 2 Panel Surya [11]

2.2.1 Parameter Kinerja Photovoltaik

1. Arus Sirkuit Pendek

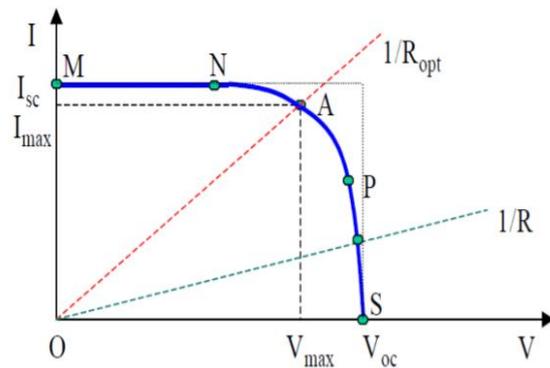
Arus hubung singkat ialah arus yang melalui sel solar panel ketika tegangan padanya bernilai nol atau ($V_{oc}=0$).

2. Rangkaian tegangan terbuka

V_{oc} mencapai titik tegangan maksimumnya dalam kondisi di mana arus sel surya bernilai nol.

3. Parameter kurva tegangan (V) dan arus (I)

Gambar 2.2 di bawah ini menunjukkan kurva yang menggambarkan tegangan dan arus pada solar panel. Satwiko S dkk menemukan bahwa, Kurva karakteristik tegangan dan arus pada solar panel bisa beralih sesuai dengan intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaannya. [12].



Gambar 2. 3 Kurva karakteristik tegangan dan arus [12]

Keterangan :

- I = Arus
- I_{sc} = Arus hubung singkat
- I_{max} = Arus Maksimal
- MN= Daerah kurva atas
- PS = Daerah Kurva bawah
- V_{oc} = Tegangan Hubung Terbuka
- V = Tegangan

Gambar di atas memperlihatkan bahwa ketika solar panel terhubung dengan beban (R), beban memberi hambatan sebagai garis linear dengan $I/V = 1/R$, yang menunjukkan bahwa daya yang diperoleh tergantung pada hasil resistensi. Sel berada pada daerah kurva MN, yang menyediakan arus pendek atau konstan, dan pada daerah kurva PS, yang menyediakan tegangan bebas atau konstan. Jikalau nilai R besar, maka sel berada pada daerah kurva MN. Sel surya akan membuahkan daya, arus, dan tegangan maksimal jika dihubungkan dengan hambatan optimal R_{opt} .

[12]. Tiga komponen yang sangat penting dalam kurva karakteristik sel fotovoltaik adalah V_{mp} dan I_{mp} , VOC, dan Kurungan Pendek Circuit (I_{sc}). Nilai output solar panel dihitung menggunakan parameter berikut.

- Arus keluaran maksimum sel surya ketika tidak ada resistansi, $V = 0$, adalah arus hubung singkat (I_{sc}).
- Tegangan sirkuit terbuka ialah tegangan maksimal yang bisa dicapai ketika tidak adanya arus.
- Daya maksimum atau yang biasa disimbolkan (P_{max}) berada pada titik A yang disimbolkan oleh (V_{max} , I_{max}) bisa dilihat pada **Gambar 2.2** kurva karakteristik arus dan tegangan.

4. Faktor Pengisi

Parameter yang dikenal sebagai faktor pengisi memperlihatkan besarnya hasil perkalian $I_{sc} \times V_{oc}$ dari daya maksimum $V_m \times I_m$ yang dihasilkan sel surya. Kualitas sel surya bisa diukur dengan mengkomparasikan daya maksimal dan daya output pada rangkaian terbuka dan hubungan pendek. Sel surya lebih baik jika hasil dari faktor pengisi lebih besar dari nilai 0,7. Berikut rumus untuk mengetahui nilai *fill factor* atau faktor pengisi bisa dilihat dibawah ini.

$$\text{Fill Faktor} = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (1)$$

Keterangan:

- FF = Fill Faktor
- V_m = Tegangan maksimal
- I_m = Arus maksimal
- V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka
- I_{sc} = Arus hubung singkat

5. Daya maksimal

Daya maksimal atau yang biasa disimbolkan (P_m) sel surya didapat secara grafik pada setiap titik A kurva I-V yang ditunjukkan pada gambar 2.2, puncak dengan luas terbesar memiliki daya maksimum (P_m). Maximum PowerPoint Point (MPP) adalah titik puncak. [12]

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung daya maksimum sel surya :

$$P_m = V_m \times I_m \quad (2)$$

Ket:

- P_m = Daya Maksimal Keluaran
- V_m = Tegangan Maksimal
- I_m = Arus Maksimal

6. Daya input

Daya input dapat dihitung dengan mengalikan intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya dibandingkan dengan luas area solar panel. Untuk mencapai hasil ini, persamaan berikut digunakan. [32]:

$$P_{in} = I_r \times A \quad (3)$$

Keterangan:

- P_{in} = Daya input akibat radiasi matahari (W)
- I_r = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)
- A = Luas area permukaan sel surya (m^2)

7. Daya Output

Untuk menghitung daya output, bisa dengan mengalikan tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dengan arus hubung singkat (I_{sc}) dan fill faktor (FF) dapat dilakukan dengan persamaan berikut [32]:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (4)$$

Keterangan:

- P_{out} = Daya keluaran (W)
- V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka (Volt)
- I_{sc} = Arus hubung singkat (Ampere)
- FF = Faktor pengisi

8. Efisiensi sel surya

Untuk menghitung efisiensi sel surya (η), yang merupakan komparasi daya output dengan daya intensitas sinar matahari, rumus berikut ini bisa digunakan untuk mencari hasil efisiensi sel surya. [32]:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (5)$$

Keterangan:

- η = Efisiensi solar panel (%)
- P_{in} = Daya intensitas matahari (W)
- P_{max} = Daya maksimal keluaran (W)

9. Persentase kenaikan

Untuk mengetahui seberapa banyak nilai meningkat sebelum dan setelah pembersihan, Anda dapat menghitung persentase kenaikan.

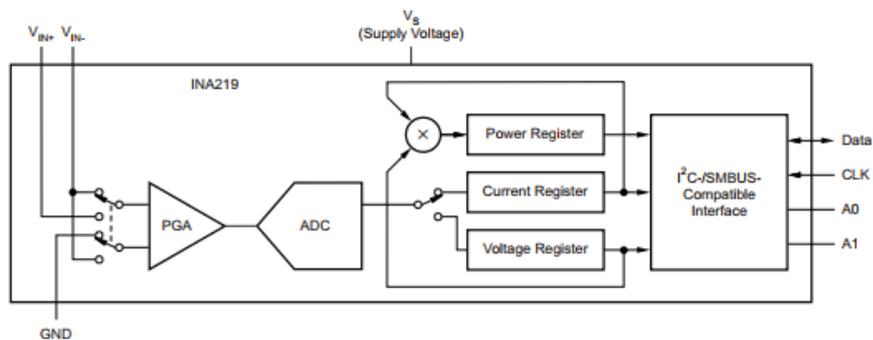
$$\Delta = \frac{\text{Nilai akhir} - \text{Nilai awal}}{\text{Nilai awal}} \times 100\% \quad (6)$$

2.2.2 Pengaruh Intensitas Sinar Matahari Terhadap Tegangan

Intensitas sinar matahari dan tegangan solar panel memiliki hubungan langsung. Jika semakin tinggi intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya, semakin banyak elektron yang terlepas dari bahan semikonduktor dalam panel surya. Hal ini mengakibatkan peningkatan arus listrik yang mengalir dan oleh karena itu meningkatkan tegangan panel surya[12].

2.3 Sensor Tegangan dan Arus INA219

Modul sensor INA219 memiliki kemampuan untuk melihat tegangan dan arus secara bersamaan pada rangkaian listrik. INA 219 didukung oleh interface I2C atau SMBUS-COMPATIBLE. Dengan 16 alamat yang dapat diprogram, ia memiliki kemampuan untuk melacak tegangan shunt dan suplai tegangan bus, serta memiliki kemampuan untuk mengubah waktu program dan memfilter [13].



Gambar 2. 4 Blok Diagram Sensor INA219 [13]

Sensor INA219 memiliki karakteristik berikut: tegangan masukan dari 0 hingga 26 V; dapat mengukur arus, tegangan, dan daya; dapat diprogram dengan 16 alamat; sangat akurat; opsi filter; dan register kalibrasi.



Gambar 2. 5 Sensor INA219 [14]

2.4 Mikro Kontroler

Programing mikrokontroler adalah kemampuan chip atau IC yang dapat diprogram oleh komputer. Tujuan programing mikrokontroler adalah untuk memungkinkan rangkaian elektronik membaca input, memprosesnya, dan kemudian menghasilkan output yang diinginkan. Dengan kata lain, mikrokontroler berfungsi sebagai otak yang mengontrol input, proses, dan output. Gambar 2.7 tersebut ditunjukkan di bawah ini . [10]



Gambar 2. 6 Mikrokontroler [10]

2.5 Sensor Cahaya BH1750

Sensor cahaya digital BH1750 memiliki antarmuka bus I2C dan memiliki rentang deteksi luas dan resolusi tinggi sekitar 16-bit. BH1750 dapat membuahkan nilai luminositas dalam lux (satuan iluminasi turunan SI) mulai dari 1 lux hingga 65535 lux. Lux adalah satuan yang tingkat kecerahan yang diterima oleh sumber cahaya. Dengan menggunakan lux meter untuk mengukur intensitas cahaya, Anda dapat mendapatkan nilai intensitas cahaya dalam satuan lux. Sebagai persamaan berikut menunjukkan konversi lux ke iradiansi, menurut beberapa sumber [23].

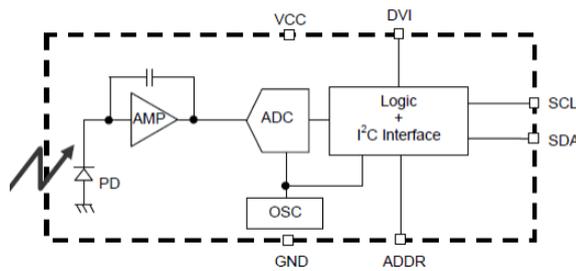
$$I_r = Lux * 0.0079 \quad (8)$$

Keterangan :

I_r = Intensitas radiasi (W/m^2)

Lux = Nilai intensitas cahaya

Untuk ilustrasi gambarnya bisa dilihat pada gambar 2.17 dibawah ini. [23]



Gambar 2. 7 Blok Diagram Ambien BH1750 [23]



Gambar 2. 8 Sensor Cahaya Ambien BH1750 [23]

2.6 Penelitian Terdahulu

Studi ini ditulis oleh Jaswanth Yerramsetti dkk. Pada penelitian ini, peneliti membuat system pembersih debu dan kotoran pada panel surya yang terapung diatas air dengan sistem komunikasi internet yang dapat di operasikan secara manual ataupun otomatis untuk mengatur arah gerakan melalui smartphone ataupun perangkat lain melalui node red, sistem ini memakai robot sebagai pembersihnya dengan kamera yang bekerja sebagai pemantau kemudian di upload ke cloud. dan menggunakan raspberry PI untuk mengontrol ketinggian air[26].

Penelitian yang dilakukan oleh Yuvraj U. Rathod, Mithun M. Bhavsar, dkk. Pada penelitian ini sistem menggunakan sensor LDR yang mengatur waktu pembersihan dan pendeteksi debu, ketika siang sensor LDR dapat bekerja untuk mendeteksi debu dan memberi input ke mikrokontroler untuk melakukan pembersihan menggunakan wiper, kemudian jika sudah masuk waktu malam, sistem pembersihan tidak dapat bekerja[27].

Penelitian yang dilakukan oleh Sreedath Panat Dan Kripa K. Varanasi menjelaskan dalam penelitiannya yaitu sistem ini hampir sama seperti penelitian ke empat yang dilakukan oleh Hiroyuki Kawamoto menggunakan metode elektrostatis, namun perbedaannya penelitian ini menggunakan plat besi untuk menarik debu dari solar panel[28].

Penelitian yang dilakukan Hussein A. Mohammed dkk didapatkan hasilnya berupa sistem yang digunakan terdiri dari tiga bagian. Bagian pertama adalah memproses kepadatan debu menggunakan sensor DSM501A dan mengirimkan SMS peringatan kepada operator jika diperlukan. Bagian kedua adalah sensor tegangan dan arus dengan mikrokontroler Arduino Uno untuk mengukur output solar panel secara real time, dan kemudian memproses efek akumulasi debu pada daya output. Bagian ketiga adalah sistem pembersih debu yang beroperasi dari sinyal mikrokontroler melalui relai yang diberi energi ketika nilai daya keluaran mendekati 50% dari nilai output[29].