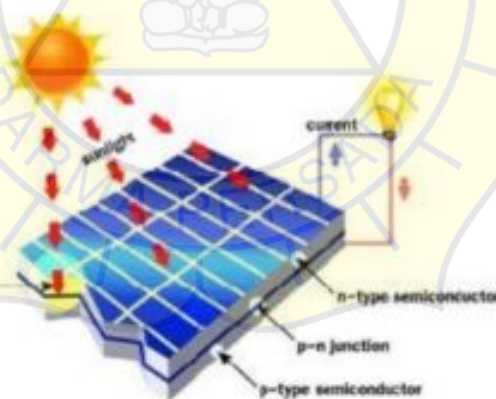


BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Panel Surya

Panel surya atau dapat disebut solar panel merupakan sebuah alat dari material semi konduktor yang bekerja mengubah sinar langsung dari matahari menjadi tenaga listrik secara langsung. langsung mengenai permukaan panel surya, energi yang dihasilkan oleh sinar matahari ini akan langsung diserap oleh elektron pada sambungan p-n kemudian berpindah dari bagian diode p ke n dan untuk selanjutnya dialirkan ke luar melalui kabel yang terpasang ke panel. Energi yang berasal dari surya merupakan sumber energi terbarukan yang ketersediaannya tidak pernah habis dan tidak terbatas. (Julisman Andi , Sara Devi Ira, Siregar Ramdhan Halid,2017)



Gambar 2.1 Panel Surya. (Julisman Andi , Sara Devi Ira, Siregar Ramdhan Halid,2017)

Gambar diatas menjelaskan mengenai bagaimana panel surya bekerja menggunakan prinsip *p-n junction*. Sistem kerja panel surya konvensional

dasar. (Julisman Andi, Sara Devi Ira, Siregar Ramdhan Halid, 2017)

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS merupakan pembangkit listrik yang dihasilkan dengan cara mengubah sinar matahari menjadi energi listrik, Pembangkit listrik dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu menggunakan *photovaltic* (secara langsung), dan dengan pemusatan energi surya (secara tidak langsung). Pemusatan energi surya dapat dilakukan dengan menggunakan sistem lensa atau cermin dan digabungkan dengan system pelacak yang berguna untuk memfokuskan energi surya ke satu titik dengan mesin kalor yang digerakkan.

2.3 Potensi Energi Surya di Indonesia

Memasuki abad ke-21, persediaan minyak dan gas bumi semakin menipis ketersediaannya. Namun energi listrik yang dibutuhkan semakin banyak dan meningkat seiring berjalannya waktu. Pada negara negara industri diperkirakan kebutuhan listrik akan meningkat sampai diangka 70% pada tahun 2000-2030. Di tahun 2015, energi listrik yang dibutuhkan mencapai 19,5-20 Triliyun kWh. Namun sumber energi primer pada saat itu hanya mampu mencapai 12,4 Triliyun kWh saja, hal ini sangat berdampak negatif mengingat bahwa minyak dan gas bumi yang tersedia semakin menipis. Maka dari itu pemanfaatan energi surya memiliki potensi besar akan berkembang di Indonesia.

2.4 Dampak Kotor Pada Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya tergantung pada cuaca dan kondisi polusi seperti debu, pasir, dan salju. Misalnya debu mengurangi transparansi kaca pada transparansi kaca pada pada panel surya yang akan mengaburkan sel surya dari cahaya matahari

yang datang yang dapat menyebabkan rendahnya efisiensi pembangkit listrik. (Sorndach Thanapon, PuDChuen Noppadol, Srisungsitthisunti,2018)

Efisiensi sel surya sangat dipengaruhi oleh jumlah radiasi matahari. Ini adalah salah satu faktor paling dinamis yang mengubah kinerja array surya. Ini adalah ukuran jumlah radiasi matahari dari matahari yang mengenai tertentu permukaan.

Dalam kondisi ideal panel surya harus menerima radiasi 1000 W/m² tapi sayangnya ini tidak benar di sebagian besar lingkungan. Radiasi tergantung pada lokasi geografis, sudut matahari ke panel surya dan jumlah energi yang terbuang oleh refleksi dari partikel debu atau dari kabut atau awan. Oleh karena itu panel surya perlu dibersihkan secara berkala untuk tetap menjaga jumlah radiasi yang masuk ke dalam panel surya untuk menciptakan efisiensi kerja panel surya dapat terjaga dengan baik. (Sorndach Thanapon, PuDChuen Noppadol, Srisungsitthisunti,2018)

2.5 Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Panel Surya

Saat panel surya bekerja, ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi *Output* kinerja dari panel surya tersebut. Faktor- faktor tersebut yaitu :

- Suhu udara.
- Radiasi matahari yang masuk.
- Keadaan atmosfer bumi.
- Kecepatan angin bertiup.
- Sudut cahaya matahari.
- Orientasi panel ke arah matahari secara optimum.
- Luas permukaan panel surya.

2.6 Pembersih Panel Surya

Karena semakin banyaknya panel surya yang terpasang, maka pembersihan solar panel menjadi masalah baru bagi para pemilik panel surya. Panel surya perlu dibersihkan untuk memaksimalkan kinerja daripada panel surya tersebut, karena kemampuan listrik yang dihasilkan bergantung pada jumlah cahaya yang melewati semi konduktor (A. Sayyah, M. N. Horenstein, and M. K. Mazumder).

Ada beberapa jenis proses pembersihan yang banyak digunakan dalam pembersihan panel surya. Pembersih panel surya otomatis merupakan solusi yang diinginkan untuk berinvestasi karena terkadang pekerjaan yang dilakukan oleh manusia tidak aman untuk panel surya. Pada penelitian kali ini, penulis akan mengembangkan robot pembersih panel surya yang berfokus dengan desain penggerak menggunakan *brush* pembersih. Yang mana alat ini akan mengurangi waktu pembersihan dan menghasilkan pembersihan yang lebih efisien.

2.7 Metode Pembersihan Debu Mekanis

Sistem pembersih debu mekanis mencakup berbagai metode seperti metode *Ultrasonic*, *blowing*, *brushing*, dan *Vibrating*. Getaran mekanis dapat menghilangkan partikel debu, dengan menggabungkan actuator *piezoceramic* di panel surya. Dengan hal ini efisiensi panel surya meningkat hingga 95 %. Salah satu metode pembersihan debu mekanis yaitu dengan cara *brushing* atau menyikat, metode ini menggunakan sikat sebagai alat untuk membersihkannya. (Saravanan V. S. , Darvekar S. K, 2018)

2.8 Metode Pembersihan Panel Surya

Saat ini metode pembersih solar panel telah ditingkatkan dengan kenyamanan dan keamanan dalam pembersihan. Metode pembersihan tidak boleh merusak panel

surya. Ada berbagai metode pembersihan yang ada, tergantung dengan sifat area pemasangan dan biaya pembersihan.

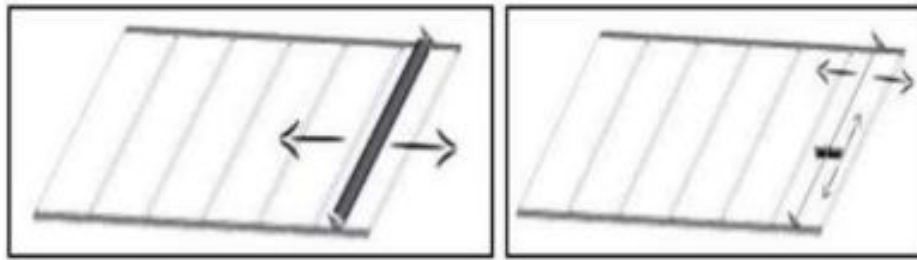
Metode pembersihan dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu pembersihan alami, pembersihan manual, dan otomatis pembersihan. Pembersihan alami meliputi hujan, angin, embun, dan gravitasi. Sementara pembersihan manual bergantung pada manusia dan perkakas. Untuk mengurangi waktu dan tenaga, maka pembersihan otomatis menggunakan otomatisasi dan teknologi robot canggih dapat menggantikan pekerjaan manusia. (Sorndach Thanapon, PuDChuen Noppadol, Srisungsitthisunti, 2018).

2.9 Klasifikasi Pembersih Panel Surya

Ada tiga jenis utama pada sistem pembersihan panel surya otomatis, yaitu :

1. Sistem Rail

Sistem ini terdiri dari dua rel kaku. Salah satu rel dipasang di bagian atas panel dan satunya di pasang dibawah panel. Orientasi peletakan rel dapat berupa rel horizontal dengan sikat *vertical* atau rel *vertical* dengan sikat horizontal. Jenis horizontal memiliki area yang luas untuk dibersihkan tetapi sikat memiliki bobot yang berat. Jenis *vertical* memiliki sikat yang ringan tetap membutuhkan waktu yang lebih lama untuk membersihkan karena jangkauan pembersihan yang kecil. Sistem rail ini adalah jenis tetap dimana rel terpasang secara permanen ke panel surya, sistem rail ini umumnya digunakan untuk panel kontinu di ladang panel surya. (Sorndach Thanapon, PuDChuen Noppadol, Srisungsitthisunti,2018).



Gambar 2.2 Sistem Rel Horizontal Dengan Sikat *Vertical* Dan Rel Sistem *Vertical* Dengan Sikat *Horizontal*. (Thanapon Sorndach,2018)

2. Sistem Robot Tertambat

Robot sistem ini menggunakan 2, 3, atau 4 kabel untuk menghubungkan perangkat pembersih dan untuk mengontrol pergerakan robot pada panel. Sistem ini membutuhkan tiang untuk memegang kabel. Namun kekuatan sistem ini lebih rendah dari sistem rel karena sistem rel memiliki kekakuan yang lebih. Sistem ini cocok untuk panel atap dimana panel dipasang disatu area yang luas. (Sorndach Thanapon, PuDChuen Noppadol, Srisungsithisunti,2018)



Gambar 2.3 Ciri Khas Sistem Tertambat: Dua Sudut Tether (Kiri) Dan Empat Sudut Tethers (Kanan). (Thanapon Sorndach,2018)

3. Sistem Robot Seluler

Sistem ini adalah sistem pembersihan yang sangat fleksibel. Tidak memerlukan instalasi atau peralatan tambahan pada panel surya. Sangat cocok untuk panel surya dengan konfigurasi yang berbeda karena robot pembersih dapat mencakup semua area panel. Robot itu dapat dikendalikan

secara manual atau otomatis. Namun, robot harus dirancang dan dikontrol secara ketat untuk beroperasi dengan aman di panel licin agar tidak meluncur atau jatuh. (Sorndach Thanapon, PuDChuen Noppadol, Srisungsitthisunti,2018)



Gambar 2.4 Contoh Sistem Seluler : Raybot (Kiri) dan Miraikikai Prototipe Inc (Kanan) (Thanapon Sorndach,2018).

2.10 Mekanisme Alat

Sistem pada Mesin Pembersih Panel Surya ini yaitu dengan cara menggunakan sistem mikrokontroler, *Power Supply* memberikan tenaga melalui *Printed Circuit Board (PCB)* ke motor *driver* dan *Arduino* yang kemudian disambungkan ke motor DC untuk menggerakkan *brush*.

2.11 Elemen Mesin Pembersih Panel Surya

2.11.1 Arduino Mega 2560

Arduino merupakan board yang berdasar papan rangkaian elektronik yang didalamnya terdapat komponen utama *chip* mikrokontroler, yang berjenis AVR. Mikrokontroler memiliki fungsi sebagai pemeran utama dalam pengendalian proses *Input Output* pada sebuah rangkaian elektronik.



Gambar 2.5 *Arduino Mega 2560*.

Arduino jenis ini memiliki pin I/O sejumlah 54 yang 15 Pin adalah PWM, 16 pin analog *Input*, 4 pin UART. 54 pin digital ini memiliki fungsi sebagai *Input* dan output, menggunakan `digitalWrite()`, `pinMode()`, dan `digitalRead()` fungsi. Pada masing masing pin dapat menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* yang terputus dari 20-50 KOhms.

Arduino tipe ini mempunyai 16 *Input* analog yang pada masing masing *Input*nya tersedia 10 bit resolusi. Secara kasar *Arduino* ini dapat mengukur dari tanah hingga 5 volt. *Arduino* mega dapat deprogram menggunakan software *Arduino*.

2.11.2 Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) yaitu motor listrik yang membutuhkan masukan tegangan arus yang searah pada kumparan medan yang kemudian diubah menjadi energi gerak mekanik. Terdapat dua kumparan dalam motor DC yaitu kumparan medan dan kumparan jangkar kumparan medan berguna untuk membentuk medan magnet, sedangkan yang memiliki fungsi sebagai wadah terbentuknya gaya gerak

listrik disebut dengan kumparan jangkar. Torsi akan timbul jika arus dalam kumparan jangkar berinteraksi dengan medan magnet, (Firmansyah Praditya,2019)



Gambar 2.6 Motor DC.

Motor DC berfungsi untuk mengonversi tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Beda tegangan yang diberikan pada dua terminal motor maka motor akan berputar satu arah, namun ketika dibalik maka akan terjadi putaran terbalik. Polaritas tegangan di kedua terminal sangat menentukan pergerakan dari motor, perbedaan besar tegangan pada kedua terminal tersebut akan mempengaruhi kecepatan motor. (Bagia I Nyoman, Parsa I Made,2018)

Motor DC memerlukan *support* tegangan searah pada kumparan medan magnet yang kemudian akan diubah menjadi tenaga mekanik. Jika terdapat putaran pada kumparan jangkar maka akan timbul tegangan yang tidak tetap pada putaran, sehingga menghasilkan arus bolak balik. (Bagia I Nyoman, Parsa I Made,2018)

2.11.2.1 Bagian Bagian Motor DC

Pada motor DC terdapat 3 komponen penyusun. Komponen-komponen penyusun yaitu :

1. Kutub Medan

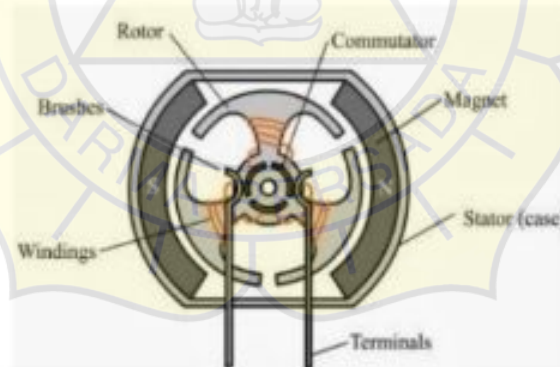
Motor DC memiliki medan kutub yang stasis. Motor DC memiliki dua kutub yaitu kutub selatan dan kutub utara. Kedua kutub stasioner dan dinamo yang menggerakkan berarung diantara ruang kutub medan.

2. Dinamo

Dinamo dihubungkan ke penggerak untuk menggerakkan beban. Bila ada arus yang masuk ke dinamo, maka arus akan menjadi electromagnet. Dinamo pada motor DC memiliki bentuk silinder. Pada motor DC kecil, dinamo akan berputar dalam medan magnet, yang menyebabkan kutub utara dan selatan akan bertukar posisi.

3. Commutator

Commutator merupakan komponen yang berfungsi untuk membolak balikan arah dari arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga memiliki fungsi sebagai pembantu motor dalam mentransmisikan arus dari dinamo dan sumber daya. (Bagia I Nyoman, Parsa I Made,2018)



Gambar 2.7 Bagian Motor DC. (Yuwi,2016)

2.11.2.2 Motor Driver BTS 7960

Motor Driver merupakan suatu rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mengatur pergerakan dari motor sehingga motor dapat diatur arah perputarannya. *Motor Driver* ini dapat mengaliri arus hingga 43A yang memiliki fungsi PWM.

Pada penelitian kali ini penulis menggunakan rangkaian full H-Bridge yang terdapat dalam IC BTS7960.



Gambar 2.8 *Driver motor BTS7960.*

Konfigurasi penggunaan pin *Driver motor* BTS7960 ini yaitu memiliki 8 pin *Input* yang didalamnya terdiri dari RPWM, LPWM, R_EN, L_EN, R_IS, L_IS, Vcc, Gnd. Sedangkan dalam pin *Output* terdapat 4 pin yaitu W-, W+, B+, B- (Ardianto,2017). Untuk detail penggunaan pin *Input* ke *Arduino* dan pin *Output* ke motor dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Detail *Pin Input* BTS7960.

Nama Pin	Keterangan
RPWM	<i>Input</i> PWM Forward Level, Aktif High
LPWM	<i>Input</i> PWM Reverse Level, Aktif High
R_EN	<i>Input</i> Enable Forward <i>Driver</i> , Aktif High
L_EN	<i>Input</i> Enable Reverse <i>Driver</i> , Aktif High
R_IS	Forward Drive, Side current alarm ouput
L_IS	Reverse Drive, Side current alatm ouput
Vcc	+5 V <i>Power Supply</i> Mikrokontroler
Gnd	Gnd <i>Power Supply</i> Mikrokontroler

Tabel 2.2 Detail *Pin Output* BTS7960.

Nama Pin	Keterangan
W-	Dihubungkan ke Motor DC (V-)
W+	Dihubungkan ke Motor DC (V+)
B+	Tegangan <i>Input</i> V+ Motor
B-	Tegangan <i>Input</i> V- Motor

2.11.3 Sensor Ultrasonic HC-SR04

Sensor *Ultrasonic* Hc-Sr 04 sonar digunakan untuk mengetahui jarak suatu benda seperti yang biasa dilakukan oleh kelelawar. Hal ini dapat mendeteksi secara non-kontak dengan ketepatan yang tinggi dan hasil bacaan yang stabil dalam jarak yang mudah digunakan mulai dari 2cm hingga 400cm. pengoperasian sensor ini



Gambar 2.9 Sensor HC-SR04.

Sensor *ultrasonic* menggunakan pantulan suara dalam memperoleh waktu antara gelombang yang dikirim dan gelombang yang diterima. Biasanya sensor mengirim gelombang pada terminal transmisi dan diterima pada gelombang yang dipantulkan. Waktu yang dibutuhkan digunakan bersama dengan kecepatan normal suara.

2.11.4 Cara Kerja Sensor Ultrasonic

Sensor *Ultrasonic* bekerja menggunakan suara dalam menentukan jarak antara sensor dengan objek terdekat yang dilaluinya. Sensor *Ultrasonic* pada

dasarnya merupakan sensor suara, tetapi sensor ini berfungsi pada frekuensi diatas pendengaran manusia.



Gambar 2.10 Cara Kerja Sensor *Ultrasonic*.

Dari gambar diatas bisa kita lihat bahwa sensor bekerja dengan cara memberikan gelombang suara pada frekuensi tertentu. Kemudian mengambil kembali gelombang yang dipantulkan dari suatu benda. Sensor melacak waktu diantara pengiriman gelombang suara dan gelombang balik.

2.11.5 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan singkatan dari "*Integrated Development Environment*". Aplikasi ini adalah *software* yang memperkenalkan *Arduino*. CC kegunaan utamanya adalah untuk mengedit, mengkompilasi dan memasukkan kode pada perangkat *Arduino*. Hampir semua modul *Arduino* kompatibel dengan *Arduino IDE*.

2.11.6 Power Supply

Power Supply atau Catu Daya adalah sumber utama untuk mengoperasikan rangkaian dasar elektronik dan kebutuhan pasokan harus pada tegangan rendah arus searah.



Gambar 2.11 *Power Supply* 12V.

2.12 Kebutuhan Daya Motor Penggerak Roda

Untuk menentukan kebutuhan daya, maka dapat disimpulkan dengan rumus formula sebagai berikut :

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

- Keterangan:
- P = Daya (Watt)
 - t = Waktu (Second)
 - W = Usaha (Joule)

Dari persamaan diatas, maka dapat kita ubah persamaan rumus menjadi:

$$W = F \cdot S \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana $F = M \times A$

$A \approx g$ dimana g adalah nilai gravitasi $9,807 \text{ m/s}^2$ pembulatan 10

Sedangkan M adalah massa benda.

Maka untuk mendapatkan P (Daya) diperoleh rumus :

$$P = \frac{M \cdot g \cdot s}{t} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.13 Kecepatan Keliling Pulley Penggerak Brush

Untuk mengetahui kecepatan keliling pulley pada motor penggerak brush maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{pull} = \frac{\pi \cdot d_{pulley} \cdot n_{input}}{1000 \cdot 60} \dots\dots\dots(2.4)$$

- Keterangan:
- V_{pull} = Kecepatan Keliling Pulley m/s
 - d_{pulley} = Diameter Pulley (mm)
 - n_{input} = Putaran Motor Penggerak

2.14 Perhitungan Percepatan Pada Alat

Rumus untuk menghitung percepatan pada alat dapat dilihat pada rumus dibawah ini.

$$v = \frac{s}{t} \dots\dots\dots(2.5)$$

- Keterangan :
- v = Kecepatan
 - s = Jarak
 - t = Waktu

2.15 Perhitungan Gaya Berat Pada Alat

Rumus untuk menentukan gaya berat pada alat ini menggunakan rumus sebagai berikut :

$$w = m \cdot g \dots\dots\dots(2.6)$$

- Keterangan :
- w = Gaya Berat (N)
 - m = Massa Benda (kg)
 - g = Gravitasi (m/s^2) = 9,81/ (10)

2.16 Perhitungan Tegangan Geser yang diijinkan (τ_a)

$$\tau a = \frac{\sigma B}{(Sf I x Sf II)} \dots \dots \dots (2.7)$$

2.17 Mencari Momen Inersia Poros

Untuk mencari momen inersia poros yang akan diputar dapat menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

- M = Massa Total
- R = Jari-Jari *Brush*

2.18 Menghitung Kecepatan Sudut

Maka untuk menghitung kecepatan sudut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\omega = \frac{2 \pi N}{60} \dots \dots \dots (2.9)$$

2.19 Menghitung Percepatan Sudut

Waktu (t) yang dibutuhkan untuk memutar *Brush* yaitu 1 (Detik), maka Percepatan sudut dapat dihitung dengan perumusan :

$$\alpha = \frac{\omega}{t} = \frac{20.9 \text{ Rad/s}}{1 \text{ s}} \dots \dots \dots (2.10)$$

2.20 Menghitung Torsi Poros

Untuk mengetahui torsi poros dapat menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$T = I \cdot \alpha \dots \dots \dots (2.11)$$