



PROTOTIPE SISTEM PULLY MEKANIK *HIGH TORQUE* PENGGERAK ALAT PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS DENGAN MASSA 40 KG

Riko Rakhmat¹⁾, Ageng Sadnowo Repelianto²⁾, FX Arinto Setyawan³⁾, Helmy Fitriawan⁴⁾, Sri Ratna Sulistiyanti⁵⁾

^{1,2,3,4,5}Prodi Teknik Elektro, Universitas Lampung

^{1,2,3,4,5}Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung

Email: ¹riko.rakhmat@staff.itera.ac.id, ²ageng.sadnowo@eng.unila.ac.id, ³fx.arinto@eng.unila.ac.id,

⁴helmy.fitriawan@eng.unila.ac.id, ⁵sr_sulistiyanti@eng.unila.ac.id

Abstract

Solar energy is one of the New Renewable Energy (EBT) which is used specifically to meet electrical energy needs by converting it using a device often called a solar panel. Solar panels are generally arranged in PLTS in open areas so they have the potential to be exposed to dirt such as dust which can accumulate over a certain time and cause a reduction in the efficiency of sunlight irradiance on the surface of the solar panels. The solar panel cleaning system in solar power plants (PLTS) usually still uses conventional methods, namely cleaning by human power. In current technological developments, many automatic cleaning tools have been developed, but most of them in the field are only able to support a tool mass of under 10 kg. To clean a large 330 Wp solar panel, a frame construction is needed as a panel holder that can support a device mass of more than 10 kg, so in this paper a solar panel frame is designed that can support a weight of up to 40 kg. This tool is designed with a mechanical system that is able to support a larger mass of tools than is generally available in the field. In terms of mechanical system, the frame design of this tool uses a rectangular shape with hollow iron material to maintain a balanced position and is driven by a motor with a pulley system as a kinetic energy transmission system for rotational motion using a High Torque motor. From the research results, it was found that the tool was able to work with a mass of 40 kg, a power consumption of 53.15 Watts with a tool operating time of 4 hours.

Keyword: *energy, mechanics, DC motor, automatic, solar panels.*

Abstrak

Energi matahari merupakan salah satu Energi Baru Terbarukan (EBT) yang dimanfaatkan khususnya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dengan mengkonversinya menggunakan alat yang sering disebut panel surya. Panel surya umumnya disusun di PLTS pada area terbuka sehingga berpotensi terkena kotoran seperti debu yang dapat menumpuk dalam waktu tertentu dan menyebabkan berkurangnya efisiensi iradiansi sinar matahari terhadap permukaan panel surya. Sistem pembersihan panel surya di pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) biasanya masih menggunakan cara konvensional yaitu dibersihkan oleh tenaga manusia. Dalam perkembangan teknologi saat ini banyak dikembangkan alat pembersih otomatis tetapi kebanyakan dilapangan hanya mampu menopang massa alat dibawah 10 kg. untuk membersihkan panel surya yang berukuran besar 330 Wp dibutuhkan suatu konstruksi rangka sebagai dudukan panel yang dapat menopang massa alat lebih dari 10 kg sehingga dalam tulisan ini dirancanglah sebuah rangka panel surya yang mampu menahan bobot sampai dengan 40 kg. Alat ini dirancang dengan sistem mekanik yang mampu menopang massa alat yang lebih besar dari yang ada pada umumnya dilapangan. Secara sistem mekanik, desain kerangka alat ini menggunakan bentuk persegi panjang dengan bahan besi *hollow* untuk menjaga posisi seimbang dan digerakkan oleh motor dengan sistem *pully* sebagai sistem transmisi energi kinetik gerak rotasi menggunakan motor *High Torque*. Dari hasil penelitian diperoleh alat mampu bekerja dengan massa 40 kg, konsumsi daya 53,15 Watt dengan lama pengoperasian alat selama 4 jam.

Kata Kunci: energi, mekanik, motor, otomatis, panel surya.

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi telah berkembang dan meningkat sesuai dengan perkembangan manusia itu sendiri. Energi matahari merupakan salah satu Energi Baru Terbarukan (EBT) yang dimanfaatkan khususnya untuk memenuhi kebutuhan energi[1]. Energi matahari merupakan salah satu yang dimanfaatkan, khususnya untuk panel surya. Panel surya dapat



mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Semakin besar cahaya yang mengenai permukaannya, energi listrik yang didapat akan semakin besar[2]. Panel surya sebagai sumber energi listrik alternatif dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang memerlukan energi listrik. Dalam hal ini, yang menjadi salah satu permasalahan ialah polusi udara yang membawa partikel debu menjadi faktor penyebab debu terakumulasi. Partikel debu tersebut terbawa angin menutupi permukaan panel surya dalam jumlah periode tertentu menumpuk terdistribusi di permukaan panel surya[1]. Sistem pembersihan pada panel surya yang ada saat ini kebanyakan masih menggunakan cara konvensional yaitu dengan cara menyapu atau membersihkan dengan menggunakan tenaga manusia sepenuhnya, hal ini memiliki kekurangan seperti adanya resiko kecelakaan kerja pada manusia yang disebabkan tingginya susunan panel surya pada meja, membutuhkan banyak biaya untuk membayar tenaga manusia, dan membutuhkan banyak waktu dalam pengerjaannya[2]. Semua kekurangan ini menjadi tidak efektif jika terus di terapkan pada sistem pembersihan panel surya, oleh karena itu dibutuhkan sebuah alat yang dapat menggantikan tenaga kerja manusia tersebut agar dapat membersihkan panel surya secara efektif. Dengan perawatan dan kebersihan panel surya terjaga maka proses penyerapan energi radiasi matahari lebih maksimal sehingga energi matahari yang diubah menjadi listrik memiliki nilai efisiensi maksimal[3].

Penelitian sebelumnya, penelitian yang dilakukan[4] menjelaskan pembersih panel surya menggunakan aktuator piezoelektrik. Aktuator piezoelektrik bergerak secara linear horizontal terhadap permukaan panel surya digunakan untuk menggerakkan wiper yang terpasang pada aktuator. Tekanan antara wiper, solar panel dan aktuator mendorong wiper untuk menyapu lapisan debu dipermukaan panel surya. Penelitian lain[5] menjelaskan tentang alat pembersih panel surya yang bekerja berdasarkan tingkat intensitas debu dan beroperasi pada waktu tertentu yakni pukul 06.00 WIB dan 18.00 WIB. Alat ini dilengkapi dengan sensor debu untuk membaca tingkat intensitas debu, modul RTC untuk mengatur waktu, motor servo untuk penggerak wiper, dan pompa air untuk menyempatkan air kepermukaan panel surya sebelum dan selama proses pembersihan. Peneliti lain[6] melakukan penelitian tentang solar brush yang merupakan sistem pembersihan robot untuk panel surya atau sering disebut Robot solar brush. Robot ini beroperasi di atas solar panel pada posisi datar dengan sistem nirkabel dan daya dapat diisi ulang. Memiliki sikat pembersih yang menyapu debu dan beratnya hanya 2,5 kg. Penelitian lainnya[7] menjelaskan tentang sistem pembersih secara otomatis dengan mencuci dan membilas panel surya, yang terdiri dari reservoir untuk konsentrasi sabun. Ada juga filter sedimen yang mengandung softener. Sistem tersebut juga memiliki katup anti-siphon, untuk mencegah backwashing ke dalam sistem. Sistem terdiri dari pengontrol yang secara otomatis melakukan siklus cuci dan bilas. Pemrograman pengontrol dapat diubah sesuai kebutuhan. Penelitian lain[8] melakukan pembersihan panel surya dengan cara memonitoring kondisi permukaan panel surya menggunakan kamera yang diintegrasikan dengan Raspberry PI. Alat tersebut secara otomatis berkala pada waktu tertentu akan membersihkan panel surya dan dapat dikontrol secara manual oleh pengguna untuk melakukan pemantauan dan pembersihan permukaan panel surya.

Dari sistem pembersihan secara konvensional dan penelitian sebelumnya yang hanya mampu membuat alat pembersih panel surya dengan bobot yang ringan kurang dari 10 kg sehingga pada studi kasus PLTS yang ada di kampus Institut Teknologi Sumatera yang dibangun dari 3036 unit panel surya, dimana masing-masing modul disusun menjadi satu unit meja panel surya yang terdiri dari 2 string (baris)[9]. Pada setiap string terdiri dari 23 susunan modul panel surya. Jika seluruh meja tersebut dibersihkan dengan cara konvensional atau jika menggunakan alat yang diterapkan pada penelitian sebelumnya tentu akan membutuhkan waktu yang lama, tenaga yang lebih banyak, pengerjaan yang tidak optimal. Sehingga untuk mengoptimalkan pembersihan panel surya tersebut dibutuhkan alat pembersih panel surya dengan kapasitas massa 40 kg agar dapat menopang kerja alat dalam membersihkan permukaan panel surya 330 Wp dengan luas permukaan 6.071 m² [10]. Desain kerangka alat ini menggunakan bahan besi *hollow* dan memiliki konsep yang bergerak secara horizontal menggunakan roda yang digerakkan dengan motor dc. Sistem kerangka ini dibangun dari bahan besi *hollow* karena kokoh dan lebih mudah dalam pembentukan kerangka serta membentuk segi empat vertikal yang menyesuaikan dengan susunan dari meja panel surya. Alat ini digerakkan dengan 4 roda penggerak dan 4 roda penyeimbang yang bergerak diatas permukaan panel surya dimana roda penggerak utama ada 2 yang terletak sejajar dan 2 disisi lain yang terhubung dengan motor penggerak dc dan 4 roda penyeimbang lainnya yang mengikuti. Kemudian ada 4 roda yang diletakkan pada bagian samping dari permukaan panel surya yang tidak terhubung dengan penggerak motor dc dan berfungsi sebagai roda penyetabil/penyeimbang gerak agar rangka dapat berjalan dengan seimbang sehingga alat dapat berpindah secara simetris. Rangka ini bergerak satu arah mau dan mundur secara horizontal dengan gerak rotasi yang terjadi pada delapan rodanya dimana motor dc sebagai output perintah dari program yang telah dirancang[11].

Pada bagian lain, terdapat kain *microfiber* yang berfungsi untuk menyapu partikel yang menutupi permukaan panel surya yang bergerak secara rotasi yang dihubungkan dengan motor dc sebagai penggerak kain tersebut. Alat ini dirancang agar mampu untuk mengaktifkan pompa penyiram air dan kain sebagai penyapu permukaan panel surya yang diprogram secara otomatis oleh prosesor mikrokontrol berdasarkan kondisi kekotoran permukaan panel surya sampai kondisi permukaan terdeteksi bersih[12]. Sehingga kerugian dan kekurangan pada pembersihan secara konvensional atau pembersihan secara manual seperti terjadi kerusakan pada permukaan panel, kecelakaan kerja saat proses pembersihan, sistem pemeliharaan yang kurang baik, dan lainnya dapat diminimalisir[13]. Sehingga tujuan dari penelitian ini ialah



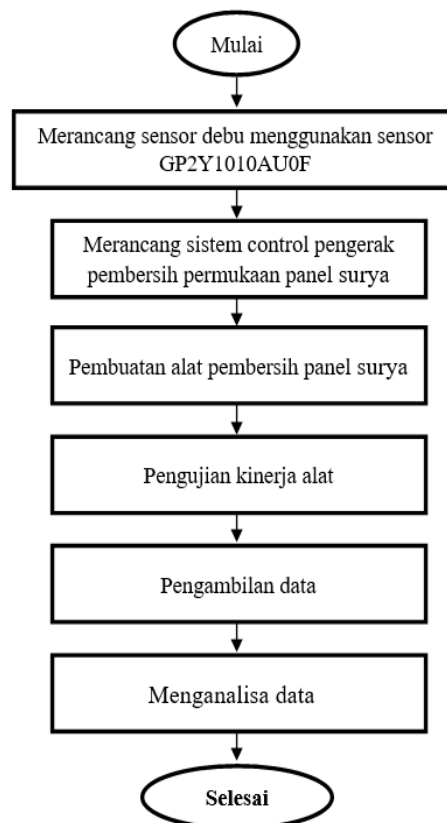
dibangun suatu sistem mekanik alat pembersih panel surya dengan massa alat 40 kg yang memiliki kemampuan. Mampu menyapu partikel yang menutupi permukaan panel surya pada pembangkit listrik tenaga surya seperti kotoran atau debu. Mampu mengambil alir peran pekerjaan manusia dalam membersihkan modul panel surya pada pembangkit listrik tenaga surya[7]. Dapat meningkatkan waktu pngerjaan dan mengurangi tenaga yang digunakan dalam membersihkan panel surya. Dapat menghemat biaya untuk membayar tenaga manusia saat melakukan pembersihan secara berkala untuk rentan waktu tertentu. Mampu melakukan pembersihan dititik lokasi tertentu yang sulit terjangkau oleh manusia jika dilakukan secara konvensional[14].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan

Dalam penelitian ini akan dirancang suatu alat pembersih panel surya secara otomatis dengan merancang sistem mekanik pada sistem rangkaian kontrol motor penggerak roda dan motor penggerak sistem pembersih berdasarkan kondisi yang terbaca. Sistem mekanik dirancang dengan mendesai kerangka alat yang disusun dari besi hollow 4x4 cm yang berbentuk persegi panjang agar kerangka dapat seimbang. Setelah kerangka dibuat maka ditentukan titik untuk posisi motor penggerak roda dan kain pembersih. Roda di posisikan sejajar terhadap motor agar gerak rotasi dapat seimbang, begitu juga dengan penggerak kain juga di posisikan sejajar terhadap motor. Untuk mentransmisikan energi kinetik dari motor ke roda dan penggerak kain maka digunakan sistem pully dengan ukuran *timing belt* antar keduanya dihitung sesuai kebutuhan. Setelah semua sistem penggerak terpasang maka dilakukan penentuan posisi box kontrol untuk pengendali gerak alat dan juga letak pompa untuk mengalirkan air saar proses pembersihan terjadi.

Metodologi yang digunakan direpresentasikan oleh Gambar berikut.

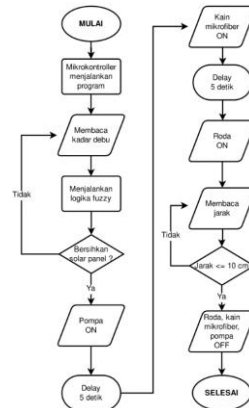


Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian



2.2 Perancangan Sistem

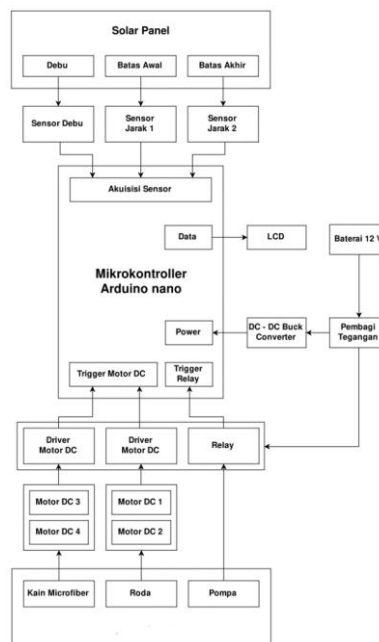
2.2.1 Diagram Alir Sistem Kerja Alat



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Kerja Alat

Gambar 2 menunjukkan diagram alir pada sistem kerja alat. Pada sistem ini, alat bekerja dimulai dengan melakukan inisiasi oleh mikrokontroler dengan menjalankan program yang terbaca sesuai kondisi konsentrasi debu yang terdeteksi oleh sensor debu dan dijadikan nilai input. Nilai tersebut digunakan untuk menjalankan logika fuzzy untuk menentukan tingkat konsentrasi debu berdasarkan derajat keanggotaannya dengan mengikuti rule atau aturan yang sudah ditentukan pada saat melakukan inferensi. Output dari nilai tersebut merupakan himpunan fuzzy yang digunakan untuk melakukan defuzzifikasi dalam rangka mengendalikan gerak putar motor kain pembersih panel surya[15]. Selanjutnya jika kondisi terdeteksi sedang atau kotor maka pompa akan ON selama 5 detik untuk menyiramkan air ke permukaan panel surya, lalu motor akan menggerakkan kain mikrofiber untuk berputar menyapu permukaan panel surya dengan jeda waktu 5 detik maka motor akan menggerakkan roda secara rotasi dan alat akan berpindah secara horizontal maju dan mundur bergerak membersihkan seluruh permukaan. Saat alat bekerja, sensor ultrasonik akan membaca jarak alat terhadap ujung panel jika jarak kurang dari 10 cm maka roda, motor mikrofiber, dan pompa akan dalam kondisi OFF. Sistem akan membaca ulang kondisi permukaan, jika terdeteksi sudah bersih maka alat akan berhenti dan jika terdeteksi kondisi sedang/kotor maka alat akan beroperasi kembali[16].

2.2.2 Perancangan Sistem Rangkaian



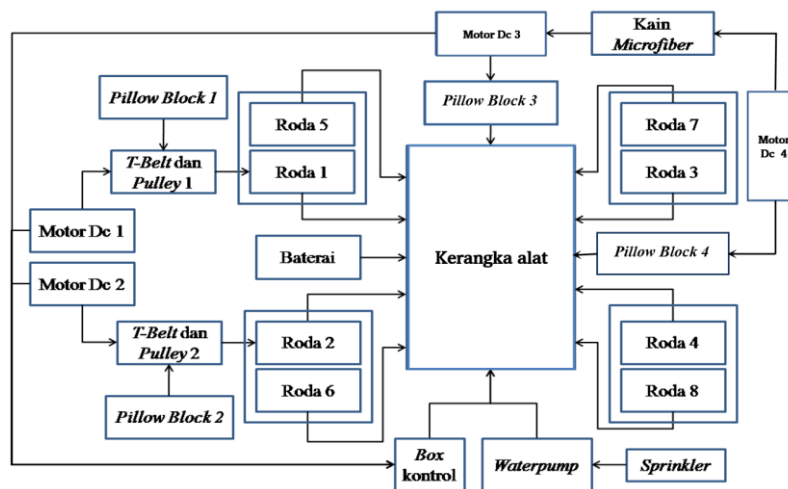
Gambar 3. Diagram Blok Sistem Rangkaian



Pada sistem rangkaian alat ini terbagi 2 yaitu sistem elektrik dan mekanik. Pada sistem elektrik terdapat inputan berupa nilai konsentrasi debu dan nilai jarak yang terdeteksi oleh sensor debu dan sensor ultrasonik. Nilai-nilai tersebut terakuisisi sehingga menghasilkan data sinyal analog yang masuk ke pin input analog Arduino untuk diubah menjadi sinyal digital pada bagian ADC. Hasil tersebut berupa data digital yang diolah untuk mengeksekusi perintah sesuai kondisi yang dirancang. Eksekusi perintah berupa tindakan yang dilakukan oleh alat tersebut untuk menggerakkan motor driver untuk memutar roda maupun kain *microfiber* dan pompa air. Terdapat LCD pada box kontrol untuk memudahkan pengguna dalam pengoperasian alat[17].

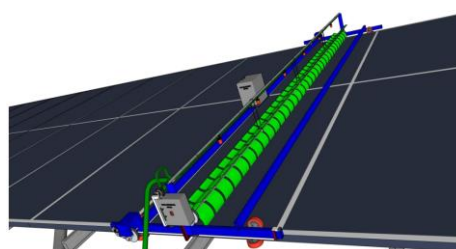
2.2.3 Perancangan Sistem Mekanik

Pada sistem mekanik, terdapat komponen *t-belt* dan *pulley* serta *pillow block* sebagai komponen pendukung yang berfungsi sebagai komponen transmisi energi kinetik, energi kinetik tersebut dalam *pulley* yang memiliki diameter yang berbeda akan ditransmisikan melalui gerakan dan gaya putar dari poros penggerak ke poros yang digerakkan sehingga didapatkan nilai rpm yang lebih kecil dan torsi yang lebih besar. Hal ini yang membuat alat mampu menopang beban dengan massa yang lebih besar meski gerak rotasinya rendah[18]. Pada bagian lain terdapat *pillow block* yang berfungsi sebagai penyangga as besi pada motor dc maupun pada motor servo dilengkapi dengan *bearing* pada sisi tengah untuk meletakkan as besi. Pada bagian kerangka alat, alat dibangun dengan ukuran dimensi 75 cm x 200 cm x 10 cm. Berikut ini merupakan gambaran dari rancangan blok diagram mekanik alat seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok Diagram Mekanik

Pada Gambar 4, Sistem kerangka alat dirancang membentuk persegi panjang yang menyesuaikan dengan susunan dari panel surya. Alat digerakan menggunakan 8 roda dimana terdapat 4 roda yang bergerak pada bagian atas permukaan panel dan terdapat 4 roda yang bergerak pada sisi samping panel. 2 roda sebagai penggerak utama yang dihubungkan dengan motor dc dan roda lainnya bersifat sebagai penyeimbang. Kemudian terdapat 4 roda di samping panel surya yang tidak dihubungkan dengan motor dc akan tetapi berfungsi sebagai penyeimbang rangka agar dapat berjalan dengan stabil seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain Alat Tampak Samping

Pada Gambar 5, alat didesain sesuai dengan rancangan blok diagram seperti pada Gambar 4 dimana peletakan komponen yang digunakan dimaksimalkan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Pada alat ini terdapat baterai 12 VDC 18 Ah sebagai sumber daya utama yang diturunkan menjadi 5 VDC menggunakan konverter *DC to DC* agar

dapat dapat mensuplai daya pada mikrokontroler. Pada box kontrol terdapat tombol ON/OFF untuk mengaktifkan alat. Kemudian terdapat relay yang terhubung pada motor driver, motor dc dan *waterpump* yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran daya. Seluruh kontrol gerak alat akan dikendalikan oleh arduino uno yang sudah terhubung ke beberapa sensor sehingga alat akan bekerja otomatis sesuai kondisi yang terdeteksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Prototipe Alat Pembersih Panel Surya

Berikut ini adalah prototipe alat pembersih panel surya otomatis yang terdiri dari box kontrol, kerangka alat berupa besi hollow berbentuk persegi panjang, kain mikrofiber yang berwarna hijau dengan panjang 200 cm, pompa air untuk mengalirkan air membasuh permukaan panel surya, motor DC penggerak roda dan kain, dan baterai sebagai daya input seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Prototipe Alat Pembersih Panel Surya

Berikut merupakan rincian analisa terkait konsumsi daya pada alat untuk mengetahui jumlah daya yang digunakan untuk mengoperasikan alat agar dapat mengukur kemampuan kerja alat berdasarkan spesifikasi komponen yang digunakan seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Konsumsi Daya Alat

No	Komponen	Daya (W)	Daya Total (W)
1	Arduino	2,5	2,5
2	Waterpump	25	25
3	Motor DC	4,2*4	16,8
4	Solenoid valve	5	5
5	Modul Relay	0,25	0,25
6	Driver motor DC	1,8*2	3,6
	Total Daya		53,15

Pada Tabel 1 terlihat konsumsi daya motor DC ialah 16,8 W, Driver motor 3,6 W, motor pompa 25 W, solenoid 5 W, arduino 2,5 W, relay 0,25 W. Sehingga total daya ialah 53,15 W. Jika alat bekerja selama 24 Jam = 53,15 watt x 24 jam = 1.275,6 Whour. Untuk menghitung kapasitas baterai yang dibutuhkan menggunakan rumus pada persamaan (1) sebagai berikut.

$$\text{Daya baterai total} = \frac{\text{kebutuhan energi}}{\text{Nominal baterai} \cdot \text{DoD baterai}} \quad (1)$$

Jika DoD (Depth of Discharge) baterai 80% = 0,8, maka diperoleh



$$\text{Daya baterai total} = \frac{1.275,6 \text{ Wh}}{12 \text{ V} * 0,8} = 85,04 \text{ Ah}$$

Sehingga saat sistem bekerja selama 4 jam dalam sehari, maka kapasitas minimal baterai 12V yang dibutuhkan adalah 14,17Ah. Dari data hasil tersebut maka secara perhitungan alat dapat bekerja dengan maksimal lebih dari 4 jam dalam sehari jika menggunakan baterai dengan kapasitas 18 Ah. Hal ini tentu akan membuat proses kerja alat lebih lama dan dalam proses pengisian baterai juga lebih lama.

3.2 Pengujian Mekanik Kerangka

Pada pengujian mekanik ini terdapat 3 bagian komponen pengujian yaitu bagian *timing belt* dan *pulley* serta kain *microfiber*. Untuk menopang massa alat, digunakan diameter *pulley* pada roda dengan perbandingan 1: 4 sehingga didapatkan hasil bahwa motor dc pada roda dapat menopang massa beban alat. Sedangkan diameter *pulley* pada kain *microfiber* menggunakan perbandingan adalah 1 : 5,5 dan diperoleh hasil bahwa motor dc pada kain *microfiber* dapat berotasi sebanyak 100 putaran per menit. Hal tersebut menunjukkan bahwa gerak motor pada kain mampu menyapu permukaan panel surya yang tertutup partikel atau kotoran seperti debu.

Pada analisis mekanik kerangka *plant* digunakan metode perbandingan dengan menggunakan persamaan 2 untuk menentukan ukuran diameter yang dipakai pada *timing belt pulley* dalam rangka pengujian torsi motor DC, seperti pada persamaan berikut ini.

$$\frac{d1}{d2} = \frac{n2}{n1} \tag{2}$$

Dimana :

d1 : Diameter *Pulley* penggerak

d2 : Diameter *Pulley* yang digerakkan

n1 : Rpm *Pulley* penggerak

n2 : Rpm *Pulley* yang digerakkan

jika diameter *Pulley* penggerak d1 adalah 1 cm, dan diameter *pulley* yang digerakkan d2 adalah 4 cm, serta rpm *pulley* penggerak n1 adalah 20 rpm, maka akan diperoleh nilai rpm *pulley* yang digerakkan n2 ialah

$$1 \times 20 = 4 \times n2$$

$$n2 = \frac{1 \times 20}{4} = 5 \text{ rpm}$$

Dari hasil tersebut diatas diperoleh nilai rpm pully yang digerakan lebih rendah dibandingkan dengan nilai rpm pully penggerak. Sedangkan untuk ukuran diameter pully penggerak lebih kecil dibanding dengan diameter pully yang digerakkan. Hal ini membuktikan teori hubungan torsi dan rpm sesuai seperti pada persamaan 2, bahwa torsi dan rpm berbanding terbalik. Dengan menggunakan diameter kedua *pulley* yang telah ditentukan dan dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa alat dapat mampu beroperasi dan berpindah sehingga hal ini membuktikan bahwa alat mampu bergerak dengan menopang massa mencapai 40 kg berdasarkan besarnya torsi yang dihasilkan oleh motor menggunakan konsep perbandingan rpm terhadap torsi..

Selanjutnya dilakukan perhitungan diameter diameter *Pulley* penggerak d1 dengan *timing belt* pada kain *microfiber*. Ukuran diameter yang digunakan d1 ialah 1 cm, diameter *pulley* yang digerakkan d2 adalah 5,5 cm, sedangkan rpm *pulley* penggerak n1 adalah 210 rpm, sehingga akan diperoleh nilai rpm pully yang digerakkan n2 ialah

$$1 \times 210 = 5,5 \times n2$$

$$n2 = \frac{1 \times 210}{5,5} = 38,18 \text{ rpm}$$

Dari hasil tersebut diperoleh hasil bahwa nilai rpm pada *pulley* yang digerakkan ialah 38,18 rpm, lebih kecil dibandingkan dengan nilai rpm *pulley* penggerak. Dengan rpm yang tinggi maka akan dihasilkan torsi yang rendah sesuai dengan persamaan 2. Hal ini yang digunakan untuk memutar motor DC pada kain sehingga kain dapat menyapu permukaan panel surya dengan maksimal..

3.3 Pengujian Panel surya Sebelum Dan Sesudah Dibersihkan

Berikut spesifikasi panel surya yang dipakai dalam penelitian ini. Panel surya yang dipakai berjenis *monocrystalline* dengan daya 330 Wp. Ukuran dimensi 99 x 197 cm² dengan massa 30 kg, tegangan maximal mencapai 45,9 volt dan arus



maximal 9,12 A seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Modul Panel surya Yang Digunakan
System Design Spesification

Tipe	MP330 C72
Daya Maks. (Wp)	330W
Toleransi	3%
Tegangan Op. Maks (Vm)	37,5V
Arus Op. Maks (Im)	8,8A
Tegangan OC (Voc)	45,9V
Arus SC (Ioc)	9,12A
Suhu Operasi (NOCT)	45°C
Tegangan Sis. Maks	1500V
Hambatan Udara	2400Pa
Berat	30kg
Ukuran	1970m m x 992mm x 40mm

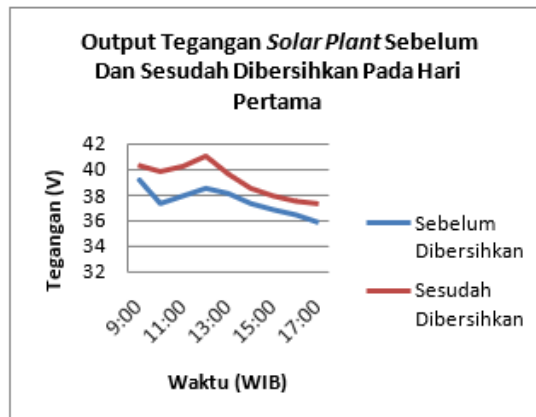
Pada pengujian alat ini dilakukan pengukuran tegangan output panel surya sebelum dan setelah dibersihkan untuk mendapatkan data tegangan sebelum dan sesudah dibersihkan agar dapat dilakukan perbandingan data untuk melihat pengaruh tegangan output setelah dibersihkan. Posisi panel membentuk sudut dengan kemiringan panel surya 15 derajat dan pengambilan data dilakukan selama 3 hari dari pukul 09.00 wib sampai 17.00 wib. Berdasarkan kondisi dan suhu cuaca yang berbeda-beda maka pengujian dilakukan seperti berikut :

- a. Hari pertama, cuaca cerah pada pagi dan siang, namun sore mendung dengan suhu mencapai 30°C pada pagi dan siang.
- b. Hari kedua, cuaca kurang cerah hingga sore haridan suhu mencapai 27°C.
- c. Hari ketiga, cuaca sangat cerah pagi dan siang namun sore mendung dengan suhu mencapai 32°C pada pagi dan siang hari.

Pada pengujian hari pertama dimulai dari pukul 09.00 wib sampai 17.00 wib diperoleh perubahan tegangan output panel surya berubah ubah yang relatif menurun, hal ini dapat terlihat pada gambar 7 yang menggambarkan grafik naik dan turun tegangan berdasarkan perubahan waktu. Dimana tegangan tertinggi ialah pada pukul 09.00 wib dengan nilai tegangan sebelum alat pembersih bekerja ialah 39,4 volt dan setelah alat bekerja 40,4 volt seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Pengukuran Tegangan Panel Surya Sebelum Dan Sesudah Dibersihkan Pada Hari Pertama

Waktu	Tegangan <i>Output</i> Panel Surya (V)	
	Sebelum dibersihkan	Sesudah dibersihkan
9:00	39,4	40,4
10:00	37,4	39,9
11:00	38,0	40,3
12:00	38,6	41,1
13:00	38,2	39,7
14:00	37,4	38,6
15:00	36,9	38
16:00	36,5	37,6
17:00	35,9	37,4

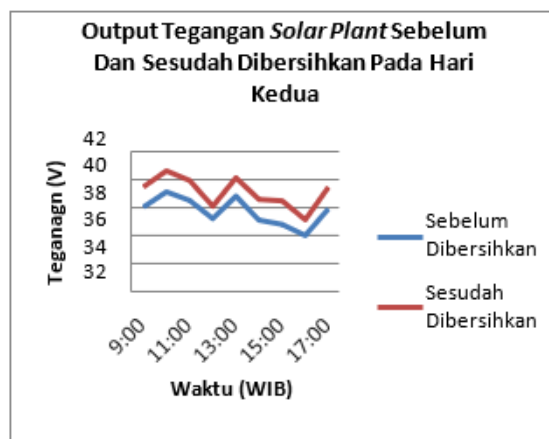


Gambar 7. Grafik Tegangan *Output* Panel surya Sebelum Dan Sesudah Dibersihkan Pada Hari Pertama

Pada pengujian hari kedua dimulai dari pukul 09.00 wib sampai 17.00 wib diperoleh perubahan tegangan output panel surya berubah ubah yang relatif tidak stabil karena selalu naik dan turun berdasarkan perubahan waktu, hal ini dapat terlihat pada gambar 8 yang menggambarkan grafik naik dan turun tegangan. Dimana tegangan tertinggi ialah pada pukul 10.00 wib dengan nilai tegangan sebelum alat pembersih bekerja ialah 39,1 volt dan setelah alat bekerja 40,7 volt seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Pengukuran Tegangan Panel Surya Sebelum Dan Sesudah Dibersihkan Pada Hari Kedua

Waktu	Tegangan <i>Output</i> Panel Surya (V)	
	Sebelum dibersihkan	Sesudah dibersihkan
9:00	38	39,5
10:00	39,1	40,7
11:00	38,5	40
12:00	37,2	38,1
13:00	38,8	40,2
14:00	37,1	38,6
15:00	36,8	38,5
16:00	36	37,1
17:00	37,9	39,5



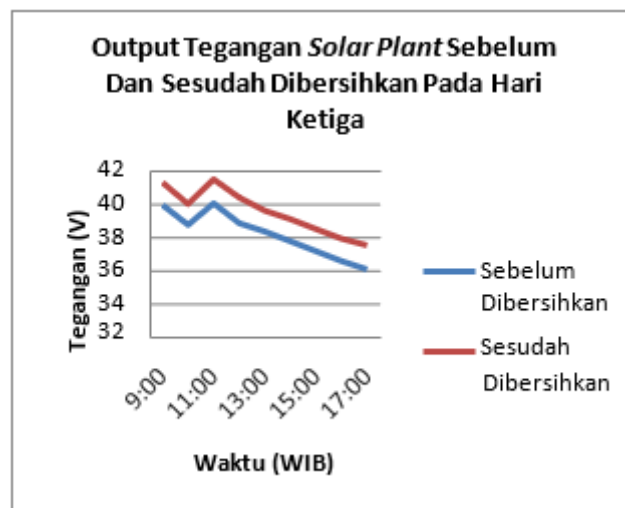
Gambar 8. Grafik Tegangan *Output* Panel surya Sebelum Dan Sesudah Dibersihkan Pada Hari Kedua



Pada pengujian hari ketiga dimulai dari pukul 09.00 wib sampai 17.00 wib diperoleh perubahan tegangan output panel surya berubah ubah yang cenderung menurun tajam, hal ini dapat terlihat pada gambar 9 yang menggambarkan grafik naik dan turun tegangan secara ekstrim dibandingkan gambar grafik 7 dan 8. Dimana tegangan tertinggi ialah pada pukul 11.00 wib dengan nilai tegangan sebelum alat pembersih bekerja ialah 40,1 volt dan setelah alat bekerja 41,5 volt seperti pada tabel 4.

Tabel 5. Pengukuran Tegangan Panel Surya Sebelum Dan Sesudah Dibersihkan Pada Hari Ketiga

Waktu	Tegangan Output Panel Surya (V)	
	Sebelum dibersihkan	Sesudah dibersihkan
9:00	40	41,3
10:00	38,8	40
11:00	40,1	41,5
12:00	38,9	40,4
13:00	38,4	39,6
14:00	37,8	39,1
15:00	37,2	38,5
16:00	36,6	37,9
17:00	36,1	37,5



Gambar 9. Grafik Tegangan Output Panel surya Sebelum Dan Sesudah Dibersihkan Pada Hari Ketiga

Pada tabel 3, 4, dan 5 dapat dilihat hasil dari pengukuran tegangan panel surya pada saat sebelum dan sesudah dibersihkan secara keseluruhan mengalami peningkatan nilai tegangan. Pengukuran dilakukan dengan cara menutupi salah satu permukaan modul panel surya dengan tumpukan kotoran dan membersihkan satu modul panel surya lainnya kemudian mengukur tegangan dikedua modul dengan waktu yang sama dengan pengambilan sampel per satu jam sebanyak 9 kali dari pukul 9 pagi hingga pukul 5 sore. Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh panel surya yang bersih dari kotoran lebih besar daripada tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dalam kondisi kotor dengan nilai tegangan terendah mencapai 35,9 volt pada kondisi kotor dan mencapai 41,5 pada kondisi setelah dibersihkan. Hal tersebut menunjukan peningkatan tegangan output panel surya saat kondisi sudah dibersihkan dikarenakan penyerapan sinar matahari lebih maksimal oleh panel surya yang mengenai permukaan panel surya.

4. KESIMPULAN

Dengan menggunakan sistem mekanik pada roda menggunakan *timing belt* dan *pulley* sangat membantu dalam menambah torsi yang dihasilkan dengan nilai rpm pully roda yang digerakkan ialah 5 rpm dan rpm pully kain yang



digerakkan ialah 38,18 rpm. Pada implementasi sistem mekanik pada alat, tata letak komponen penyusunnya harus disusun secara seimbang agar distribusi beban dapat merata di semua titik kerangka terutama pada motor dc, sehingga kedua sisi dapat berjalan secara seimbang dan bersamaan. Penggunaan baterai baik dengan kapasitas 14,17Ah sudah baik untuk mengoperasikan alat ini, sehingga jika dalam sehari penggunaan hanya 4 jam maka baterai dapat bertahan selama 6 hari pengoperasian alat. Sistem pembersihan dengan alat otomatis terbukti lebih efisien dibandingkan dengan sistem pembersihan cara konvensional yaitu dari segi waktu, tenaga dan biaya. Alat ini sangat bermanfaat untuk di aplikasikan pada panel surya yang tersusun dalam jumlah banyak sehingga proses pembersihan dapat berjalan efektif dan efisien.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada para dosen teknik elektro Universitas Lampung, terutama bapak Dr. Eng. Ageng Sadnowo Repelianto, S.T., M.T. dan Dr.Eng. FX Arinto Setyawan, S.T., M.T. selaku pembimbing 1 dan 2, dan juga kepada Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. dan Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T. selaku penguji 1 dan 2 yang telah memberikan kritik dan saran. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tenaga pendidik laboratorium elektronika yang sudah membantu dalam banyak hal baik bersifat sarana maupun administrasi. Serta kepada rekan rekan pasca sarjana teknik elektro Universitas Lampung 2020 yang selalu kebersamai. Semoga penelitian ini dapat terus berkembang dan semakin bermanfaat khususnya dalam hal penelitian energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Ferdyson, and J. Windarta, "Overview Pemanfaatan dan Perkembangan Sumber Daya Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan di Indonesia," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 4, no. 1, pp. 1-6, Sep. 2023.
- [2] S. Samsurizal, S. Azzahra, chistiono Christiono, M. Fikri, H. Azis, and A. Yogiarto, "Prototype Pembelajaran Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Berbasis Energi Surya", *terang*, vol. 4, no. 1, pp. 125–135, Dec. 2021.
- [3] M. I. R. Jamaludin Purba, Aep Saepul Uyun, Didik Sugiyanto, "Perancangan Prototipe Alat Pembersih Panel Surya," *Kaji. Tek. Mesi*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [4] Nattharith, Panus; Kosum, Tanee. "Development of mobile robot system for monitoring and cleaning of solar panels". *Int. J*, 16: 302-306, 2022
- [5] H. A. Maddah, "Modeling and designing of a novel lab-scale passive solar still," *J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 51, no. 3, pp. 303–322, 2019
- [6] X. Lu, Q. Zhang, dan J. Hu, "A Linear Piezoelectric Actuator Based Solar Panel Cleaning System," *Energy*, vol. 60, no. 41, hal. 401–406, 2019.
- [7] Kusuma, W, R, M, Apriakar, E, & Djuniadi. „Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Pada Solar Panel Menggunakan wiper Berbasis Mikrokontroler“, *Jurnal Ilmiah Elektronika*, hal. 23-24, 2020.
- [8] A. D. Darusman, M. Dahlan, dan F. S. Hilyana, "Rancang Bangun Prototype Alat Penjemur Pakaian Otomatis Berbasis Arduino Uno," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 1, hal. 513–518, 2018
- [9] A. K. Mondal dan K. Bansal, "A Brief History and Future Aspects in Automatic Cleaning Systems for Solar Photovoltaic Panels," *Adv. Robot.*, vol. 29, no. 8, hal. 515–524, Apr 2018.
- [10] A. Hussain, A. Batra, and R. Pachauri, "An Experimental Study on Effect of Dust on Power Loss in Solar Photovoltaic Module," *Renewables* 4-9, 2017.
- [11] S. Baqaruzi, A. Muhtar, and D. J. Puradimaja, "Forecasting of Using Electricity Consumption at ITERA (Institut Teknologi Sumatera) until 2025, to Improve Application of Renewable Energy in Lampung Province," *Journal of Sustainability Perspectives*, vol. 1, pp. 353-359, Aug. 2021.
- [12] W. Qu et al., "An approach of studying the full-spectrum conversion potential for solar photovoltaic and thermal processes," *Energy Convers. Manag.*, vol. 253, no. January, p. 115194, 2022.
- [13] H. G. Astrianto, O. A. Nugroho, A. K. Yanti, "Perancangan Dan Simulasi Rangka Dudukan Solar Panel Guna Menahan Mesin Robot Solar Cleaner Dengan Bobot Total 64 Kg", *Jurnal Inkofar*, vol 6, pp. 118-125, 2022.
- [14] Omur Akyazi, Erdinc Sahim, Timur Ozsoy, Mehmet Algul, "a Solar Panel Cleaning Robot Design and Appliation, " *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, pp. 343–348, 2019.
- [15] A. Gheitasi, A. Almaliky, dan N. Albaqawi, "Development of An Automatic Cleaning System for Solar plant Plants," in *IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, hal. 1–4, 2018.
- [16] M. B, A. Bari, dan P. C M, "B, M., Bari, A., & C M, P, "Automatic Solar Panel Cleaning System," *Int. J. Adv. Sci. Res. Eng.*, vol. 4, no. 7, hal. 26–31, 2019.
- [17] D. B. Wibowo, E.Prasetyo; D. Natosudjono,Fiddiansyah, "Rancang Bangun Alat Pembersih Debu Panel Surya (Solar Cell) Secara Otomatis," *Progr. Stud. Tek. Elektro, Fak. Tek. Pakuan 1*, vol. 1, no. 1, hal. 1–11, 2018
- [18] A. I. Saputra, I. Hidayat, W. Priharti, "Perancangan Single Axis Solar Tracker Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Arduino Guna Mengoptimalkan Output Daya Pada Panel Surya", *eProceedings of Engineering*, vol 9, 2022.
- [19] Riawan, G, P, I, Kumara, S, N, I, Partha, I, G, C, Setiawan, N, I, & Santiari, S, A, D. "Robot for Cleaning Solar PV panele to Support Rooftop PV Development", *ICSGTEIS (International Conference on Smart-Green Technology in Electrical and*



- Information Systems*), pp. 132-136, 2018.
- [20] Nattharith, Panus; Kosum, Tanee. "Development of mobile robot system for monitoring and cleaning of solar panels". *GMSARN International Journal*, 16: 302-306, 2022.