

# RANCANG BANGUN PROTOTYPE PEMBERSIH SOLAR PANEL OTOMATIS PADA ROOFTOP BERBASIS MIKROKONTROLER

Wahyu Purnomo<sup>1</sup>, Sandy Bhawana Mulia<sup>2\*</sup>, Muhammad Fikri<sup>3</sup>  
Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung, Indonesia<sup>1,2,3</sup>  
korespondensi: sandy@ae.polman-bandung.ac.id<sup>2</sup>

## Abstract

*The need for alternative sources of electric power is urgently needed when world fuel oil reserves are dwindling. In this effort, unlimited energy sources such as solar power are needed. Factors that affect the optimal performance of a solar panel are the influence of temperature, shading effect, and the material the solar cell itself is made of. This solar cell panel must be in optimal condition at all times. Because the solar panels are stored on the rooftop, they are susceptible to shading effects. This study aims as a reference and to automatically eliminate the shading effect on solar panels. The research method used is problem identification, field observation, concept planning, flow chart and schematic design including pyranometer and solar cell design, water pump design, solar panel design, DC motor design, RTC design. The test results show that this cleaning tool can maximize absorption, where the total power generated before cleaning is 162.93W and after cleaning it increases to 180.69W. The power needed to clean if the wiper goes up is 21.55W and if the wiper goes down is 18.67W. these results can also change based on the set point used. these results use a ratio of 15 w/m<sup>2</sup>.*

**Keywords:** Solar Panels, Pyranometer, Auto Cleaner

## Abstrak

Kebutuhan akan sumber tenaga listrik alternatif sangat dibutuhkan ketika cadangan bahan bakar minyak dunia semakin menipis. Dalam upaya tersebut maka dibutuhkanlah sumber energi yang tidak terbatas seperti tenaga surya. Faktor-faktor yang mempengaruhi optimal kinerja dari suatu panel surya adalah pengaruh suhu, shading effect, dan bahan pembuat sel surya itu sendiri. Panel sel surya ini harus dalam kondisi optimal setiap saatnya. Karena panel surya disimpan pada rooftop maka panel ini rentan terkena shading effect. Penelitian ini bertujuan sebagai acuan serta untuk menghilangkan shading effect pada panel surya secara otomatis. Metode penelitian yang digunakan yaitu identifikasi masalah, observasi lapangan, perencanaan konsep, diagram alir serta skematik perancangan meliputi perancangan pyranometer dan solar cell, perancangan water pump, perancangan panel surya, perancangan motor DC, perancangan RTC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, alat pembersih ini dapat lebih memaksimalkan penyerapan yang dimana didapat nilai total daya yang dihasilkan sebelum pembersihan sebesar 162,93W dan sesudah dibersihkan naik menjadi 180,69W. Daya yang diperlukan untuk melakukan pembersihan jika wiper naik sebesar 21,55W dan jika wiper turun sebesar 18,67W. Hasil ini pun dapat berubah berdasarkan set point yang digunakan hasil tersebut menggunakan perbandingan 15 w/m<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** Panel Surya, Piranometer, Pembersih Otomatis

## I. PENDAHULUAN

Saat ini energi listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan sehari-hari bagi seluruh manusia. Perkembangan budaya global juga sangat memicu berkembangnya kebutuhan listrik, Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang melakukan banyak pembangunan dalam lingkup pemukiman, lahan kerja dan sebagainya sehingga kebutuhan energi listrik sangatlah dibutuhkan [1]. Listrik menggambarkan salah satu kategori tenaga yang sangat dibutuhkan dalam segala aspek pembangunan [2]. Pemanfaatan energi matahari sebagai suatu sumber alternatif pembangkit energi listrik yang dinilai sebagai terobosan baru karena potensi energi matahari merupakan sumber energi yang sangat besar serta tidak memberi dampak negatif terhadap lingkungan [3].

Dari hal tersebut kebutuhan akan sumber tenaga listrik alternatif sangat dibutuhkan ketika cadangan bahan bakar minyak dunia semakin menipis. Dalam upaya tersebut maka dibutuhkanlah sumber energi yang tidak terbatas seperti tenaga surya atau tenaga matahari. Pada implementasi sel surya sebagai penghasil energi listrik sehari-hari seperti pada lampu penerangan jalan umum atau pada rumah. Menurut Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 Tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik menandai dimulainya era pembangunan pembangkit listrik rendah emisi dan ramah

lingkungan sekaligus pelarangan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) baru, namun dipastikan tidak akan mengganggu pembangkit-pembangkit yang sudah berjalan.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS merupakan sumber energi listrik terbarukan, dimana sinar matahari sebagai sumber energi ramah lingkungan [4]. Tenaga surya dikembangkan dan banyak digunakan oleh negara maju dan berkembang sebagai sumber energi selain minyak bumi, seperti Jerman, Cina, Amerika, Jepang dan lain-lain [3]. Namun, terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi optimal kinerja dari suatu panel surya adalah pengaruh suhu, shading effect, dan bahan pembuat sel surya itu sendiri. Salah satu contohnya adalah apabila cover glass yang merupakan lapisan terluar dari suatu panel surya tertutupi oleh debu atau bahan penghalang lainnya maka hal tersebut menghalangi masuknya intensitas cahaya matahari dan sangat mempengaruhi proses efek fotolistrik pada panel sel surya tersebut sehingga energi listrik yang dihasilkan tidak optimal, kejadian ini disebut dengan shading effect.

PT. Insivre merupakan salah satu contoh perusahaan yang menggunakan sel surya sebagai sumber utama tenaga listrik tanpa menggunakan back up dari PLN. Pada lantai 2 PT. Insivre terdapat rooftop untuk menyimpan panel surya yang menangkap cahaya matahari dan mengkonversikannya menjadi arus listrik. Namun, sel surya harus selalu dalam

kondisi optimal setiap saatnya, panel surya yang rentan terkena sading effect akan membuat sel surya tidak optimal dalam menangkap energi matahari. Persoalan yang kini dihadapi oleh PT. Insvire pada pembersihan panel surya yang masih menggunakan tenaga manusia, dimana pembersihan panel surya tersebut hanya menggunakan kanebo setiap harinya membuat banyak waktu terbuang dan sangat tidak efisien.

Berasarkan hal tersebut, maka dirancanglah sebuah alat pembersih solar cell secara otomatis yang berfungsi untuk membersihkan panel sel surya dikarenakan pembersihan ini masih dilakukan secara manual oleh petugas di PT Insvire. Untuk itu, diajukannya penelitian “Prototype Pembersih Panel Surya Otomatis Pada Rooftop Berbasis Mikrokontroler” yang diharapkan menjadi acuan pembuatan alat sebenarnya untuk dapat memudahkan salah satu proses maintenance pada panel surya di rooftop. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu mempermudah dalam hal pembersihan panel.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### A. Panel Surya

Panel sel surya mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik, panel sel surya menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi baterai. Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaic, oleh karenanya dinamakan juga sel fotovoltaic (PV) [5]. Fotovoltaic, yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. [6]



Gbr 1. Panel Surya

### B. Arduino Uno

Arduino Uno adalah salah satu produk berlabel arduino yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer) [7]. Arduino uno adalah Sebuah mikrokontroler yang dapat diprogram dan digunakan untuk mengontrol alat berbasis mikrokontroler [8].

### C. Pyranometer

Pyranometer merupakan sebuah alat untuk mengukur radiasi matahari. Energi matahari sendiri menjadi salah satu sumber daya energi selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi [9]. Pyranometer merupakan alat standar untuk mengukur intensitas radiasi matahari secara digital [10]. Alat ukur ini digunakan untuk mengukur radiasi gelombang pendek matahari baik radiasi global maupun radiasi diffuse dari spektrum 300 nm sampai dengan 3000

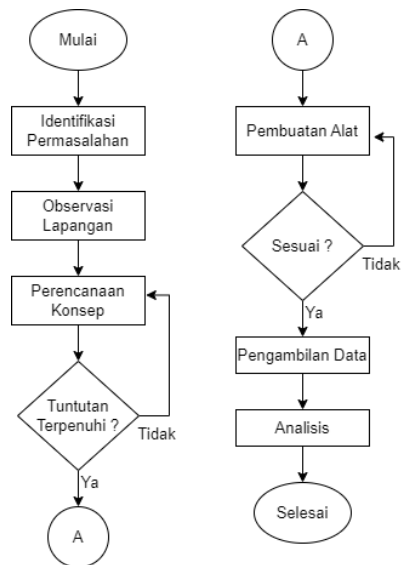
nm. Radiasi global merupakan radiasi matahari yang diterima dari sudut ruang  $2\pi$  steradian (berbentuk setengah bola) pada permukaan horizontal [11].



Gbr 2. Pyranometer

## III. METODE

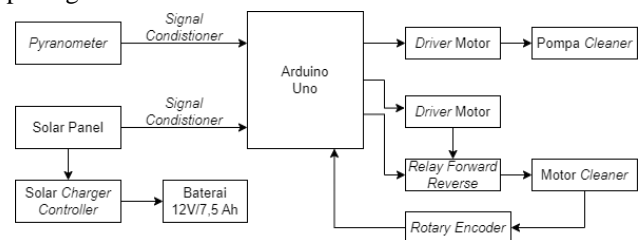
Dalam menyelesaikan rancang bangun alat pembersih panel surya pada rooftop diperlukan alur dan metodologi penyelesaian yang tepat agar proses pengerjaan menjadi lebih terstruktur. Berikut merupakan diagram alir pelaksana pada Gbr 3.



Gbr 3. Diagram Alir Pelaksana

### A. Perencanaan Konsep

Berdasarkan hasil dari observasi dan target yang akan dicapai, maka konsep sistem yang akan dibuat menggunakan perangkat sensor, mikrokontroler, serta aktuator sebagai perangkat utama.



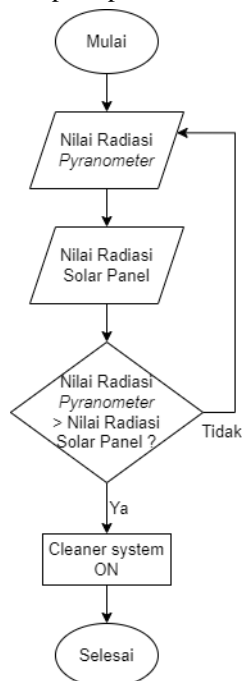
Gbr 4. Perencanaan Konsep

Dengan mempertimbangkan kebutuhan yang dibutuhkan oleh sistem maka digunakan sensor pyranometer sebagai input untuk mengukur intensitas cahaya matahari yang kemudian intensitas matahari disimpan dibaterai maupun digunakan untuk sumber tegangan yang digunakan perangkat. tetapi nilai daya serap ini digunakan sebagai nilai input Arduino uno. Setelah itu, output dari Arduino uno digunakan untuk menggerakkan motor maupun pompa air sebagai output yang akan membersihkan panel surya serta

untuk mengalirkan air sebagai media bantu dalam membersihkan panel surya. Sehingga, hal ini proses pembersihan panel surya dapat terjadi dengan semestinya.

### B. Diagram Alir Sistem

Menurut gambaran umum sistem di atas dapat dijelaskan alur sistem alat pembersih panel surya secara otomatis melalui diagram alir seperti pada Gbr 5.

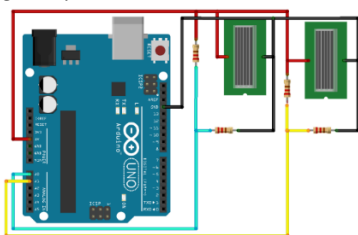


Gbr 5. Diagram Alir Sistem

Pada awal program setiap komponen yang terkoneksi dengan Arduino uno diberi inisial dengan pin apa dan berapa komponen tersebut terpasang mulai dari output panel surya, pyranometer, dan motor driver. Setelah diberi inisial, maka input atau output yang lainnya dikonfigurasi, yaitu diberi fungsi setiap komponen apakah akan dijadikan input atau output pada Arduino.

Sistem akan dimulai ketika komparasi hasil output antara pyranometer dan daya serap yang terjadi oleh panel surya. Jika hasil dari daya serap panel surya kurang dari hasil yang didapat oleh pyranometer maka mikrokontroler akan mengirim perintah ke driver motor untuk menggerakkan motor penggerak dan motor pompa untuk melakukan pembersihan panel solar menggunakan wiper.

### C. Perancangan Pyranometer dan Solar Cell

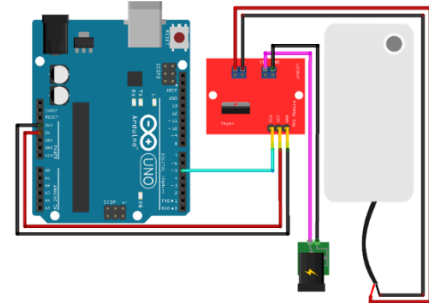


Gbr 6. Perancangan Pyranometer dan Solar Cell

Untuk komunikasi pengiriman dan penerimaan data pyranometer dengan Arduino uno menggunakan serial single, artinya sensor dapat mengirim dan menerima data hanya

menggunakan satu pin saja. Pyranometer yang digunakan sebanyak 2 (dua) buah, dimana setiap pyranometer disambungkan dengan pin A1, dan A2. Pada datasheet, sensor ini membutuhkan waktu kurang dari 2 (dua) detik. Untuk merespon.

### D. Perencanaan Water Pump



Gbr 7. Perancangan Water Pump

Untuk komunikasi pengiriman dan penerimaan data *water pump* dengan Arduino uno menggunakan driver motor. Driver motor berfungsi untuk mengatur PWM motor *water pump* sehingga pengeluaran air dapat dikontrol. *Water pump* dirangkai dengan Arduino uno menggunakan pin D5 dengan *supply* tegangan input 5V. Kemudian tegangan output pada driver motor di *supply* tegangan sebesar 12V.

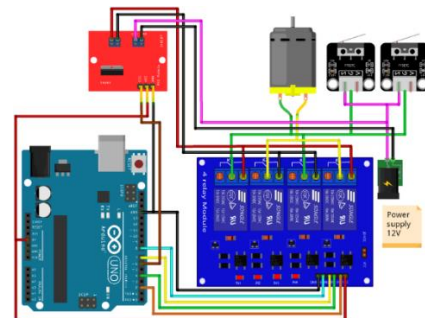
### E. Perancangan Panel Surya



Gbr 8. Perancangan Panel Surya

Panel surya yang berfungsi sebagai penyerap daya intensitas cahaya matahari akan dikonversi menjadi tegangan. Tegangan yang diperoleh tidak akan stabil, sehingga membutuhkan suatu alat yaitu solar *charge controller*. *Solar charge controller* berfungsi sebagai kontrol tegangan menjadi stabil. Tegangan yang dihasilkan alat ini akan disimpan di aki dengan output tegangan sebesar 12 V dan Arduino uno melalui *buck converter* yang akan mengirim tegangan 12 V ke 5 V. Output yang dihasilkan dari *buck converter* dihubungkan ke Vin dan Gnd Arduino uno.

### F. Perancangan Motor DC

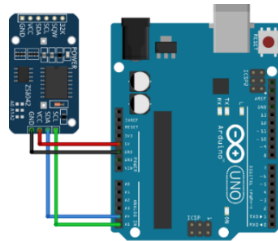


Gbr 9. Perancangan Panel Surya

Proses pembersihan panel surya menggunakan motor DC melalui relay dan *limit switch* sebagai pengendali gerakan

*forward reverse* dari motor DC. Gerakan *forward reverse* ialah gerakan maju ke depan dan mundur. Pengaturan PWM Motor DC menggunakan driver MOSFET. Untuk mematikan motor DC menggunakan komponen limit switch. Supaya proses berjalan dengan baik, diperlukan koneksi antara motor DC dan Arduino uno melalui relay 4 channel dengan pin yang digunakan ialah Gnd ke Gnd arduino uno, VCC ke 5 V Arduino uno, In 1 ke D8, In 2 ke D7, In 3 ke D4, dan In 4 ke D2. Pin com pada relay dihubungkan ke motor dan *limit switch*. Kemudian NO pada relay dihubungkan ke driver motor.

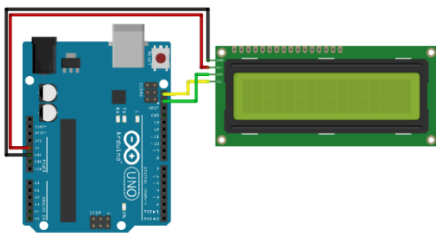
#### G. Perancangan RTC



Gbr 10. Perancangan RTC

Penelitian ini menggunakan RTC yang berfungsi untuk meriset sistem pada motor. Hal ini dikarenakan dalam sehari dilakukan sebanyak 2 (dua) kali. Sehingga untuk keesokan hari nya, perlu diriset system sebelumnya. Untu menghubungkan RTC ke arduino uno menggunakan pin SDA ke A4 arduino uno, pin SCL ke A5, VCC ke 5 V Arduino uno, dan Gnd ke Gnd Arduino uno.

#### H. Perancangan 12C LCD 16x2



Gbr 11. Perancangan 12C LCD 16x2

Display LCD berfungsi untuk menampilkan nilai suhu dan kelembapan pada saat sensor mendeteksi suhu dan kelembapan pada kandang ayam, LCD mode 4 bit terdapat VR untuk mengatur kecerahan LCD, dikarenakan LCD mendapatkan komponen tambahan yaitu sistem *Inter Integrated Circuit* (I2C). Sistem I2C terdiri dari *Serial Clock* (SCL) dan *Serial Data* (SDA) yang membawa sinyal data ke mikrokontroler. SCL dihubungkan dengan Pin Data, SDA dihubungkan dengan Pin *Clock*, VCC dihubungkan dengan Vin, dan GND dihubungkan dengan GND Arduino Uno.


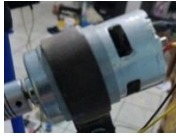



Modul LCD membutuhkan 6 sampai 7 pin untuk menghubungkan ke mikrokontroler. Dengan demikian sebuah kontroler harus mengendalikan banyak *Input/Output* (I/O), menggunakan jalur parallel terlalu banyak menggunakan pin. Dengan perpindahan jalur parallel ke serial I2C hanya membutuhkan 2 pin saja yaitu SCL dan SDA ditambah dengan sumber tegangan yaitu vcc dan *ground* yang ditunjukkan pada Gambar 10.

#### I. Mechanical Engineering

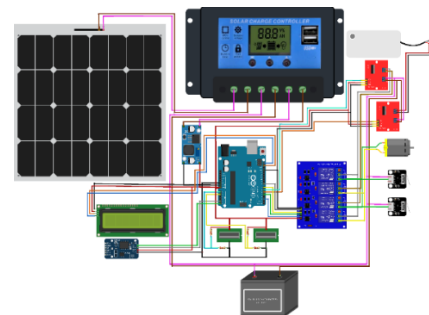
Konsep mekanik difokuskan kea lam pembuatan prototipe pembersih panel surya. Berdasarkan Tabel 1

konsep rancangan terpilih, ditentukan terlebih dahulu komponen yang digunakan sebagai penunjang dalam sisi mekanik dalam pembuatan prototipe tersebut. Berikut beberapa komponen mekanik yang menunjang dalam pembuatan prototipe pembersih panel surya.

Tbl 1. Komponen Mekanik

No	Komponen	Gambar	Spesifikasi	QTY
1	Bearing			2
2	Motor DC		Putaran mesin 4000 RPM, Arus 1,2 A, Tegangan 12 V, Panjang kabel 50 cm	1
3	As Ulir / Threaded rod			1
4	Nut lead screw dan wiper			2
5	Flexible coupling			1

#### J. Wiring Sistem pembersihan Panel Surya



Gbr 12. Wiring System

Pada tahap ini akan dilakukan proses wiring komponen pada Arduino sebagai control. Proses wiring pada tahapan awal yaitu menentukan komponen yang akan digunakan. Setelah itu penghubungan komponen pada 58progr. Dalam penghubungan komponen harus sesuai dengan pin yang terdapat pada 58progr. Komponen yang digunakan pada alat ini yaitu Arduino uno, Modul Relay 4 *channel* (*Forward Reverse*), Modul Relay 2 *channel* (pengambil data per 10

Detik), Modul MOSFET mengatur kecepatan motor wiper, Solar panel, Solar panel modul *pyranometer*, *Rotary encoder*, *Step down* untuk daya Arduino, dan aki 12 V.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Realisasi Prototipe



Gbr 13. Prototipe Pembersih Solar Panel Otomatis

Komponen yang digunakan pada penelitian ini saling berhubungan satu sama lain yaitu 59progr uno, *pyranometer*, pompa air, *limit switch*, relay, driver motor, solar panel, rotary encoder, *buck converter*, *realtime clock*, dan baterai. Sensor *pyranometer* berfungsi untuk menyerap intensitas cahaya matahari yang digunakan sebagai nilai

Tbl 2. Pengujian Panel Surya

Hari Ke-	Panel Surya						Cuaca		
	Pagi (v)		Siang (v)		Sore (v)		Pagi	Siang	Sore
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah			
1	16,70	17,10	20,11	20,43	18,21	18,35	Cerah	Cerah	Cerah
2	14,42	14,53	18,86	17,14	16,89	17,21	Mendung	Berawan	Berawan
3	16,42	16,87	20,17	20,32	18,93	19,27	Berawan	Cerah	Cerah
4	16,40	16,51	20,15	20,29	17,87	18,10	Berawan	Cerah	Cerah
<b>Rata-rata</b>	15,98	16,25	19,82	20,04	17,97	18,23			

Berdasarkan pada Tbl 2 menunjukkan bahwa pengujian dilakukan selama empat hari dengan waktu pagi, siang dan sore setiap harinya. Kemudian dilakuan perhitungan nilai rata-rata. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata pada pagi hari sebelum dibersihkan sebesar 15,98 V, siang hari sebesar 19,82 V, dan sore hari sebesar 17,97 V. Nilai rata-rata pada pagi hari sesudah dibersihkan sebesar 16,25 V, siang hari sebesar 20,04 V, dan sore hari sebesar 18,23 V. Berdasarkan Tabel 4.1 nilai rata-rata sebelum dibersihkan dan sesudah dibersihkan menunjukkan ada selisih tegangan pada pagi hari sebesar 1,66 %, siang hari sebesar 1,09 %, dan sore hari sebesar 1,4 %.

##### C. Pengujian Pyranometer dan Solar Cell

Tbl 3. Pengujian Panel Surya

Waktu	Pyranometer		Solar Cell	
	Tegangan (v)	Radiasi	Tegangan (v)	Radiasi
13.00	5,68	606,76	13,85	593,6
14.00	5,24	541,04	13,37	520,12
15.00	5,52	576,8	13,54	560,68
16.00	3,87	406,52	13,24	440,96
17.00	4,41	460,68	13,36	489,32

input pada ardino uno. Kemudian, output dari 59progr uno mengaktifkan modul relay yang terhubung dengan motor dan pompa air. Pada Gbr 13 prototype pembersihan panel surya otomatis.

##### B. Pengujian Panel Surya

Hasil pengujian sinar matahari dilakukan di PT. Surya Energi Indotama, Bandung, Jawa Barat. Proses ini dilakukan dengan menggunakan panel surya yang berfungsi untuk menyerap cahaya matahari menjadi sumber tegangan. Oleh karena itu, output yang dihasilkan panel surya dikatakan baik jika sesuai spesifikasi yang tertera pada panel surya.



Gbr 14. Panel Surya

Pengujian ini dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Data yang diperoleh pada panel surya yang diukur dengan multimeter untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan dari panel surya yang kondisi sebelum pembersihan dan setelah pembersihan.

<b>Rata-Rata</b>	4,94	518,38	13,47	52,936
------------------	------	--------	-------	--------

Selain pengujian panel surya pada penelitian ini, dilakukan juga pengujian radiasi sinar matahari yang diterima *pyranometer* dan solar *cell* serta pengujian tegangan yang dihasilkan dari *pyranometer* dan solar *cell*. Pengujian tersebut dilakukan selama 5 jam dengan dengan nilai rata-rata radiasi yang terima *pyranometer* sebesar 518,36 dan tegangan yang dihasilkan sebesar 4,94 V. Nilai rata-rata radiasi matahari yang diterima oleh solar *cell* selama 5 jam sebesar 520,93 dan tegangan yang dihasilkan sebesar 13,47 V. Dari hasil pengujian diatas terdapat nilai error sebesar 2,57 w/m2 itu dikarenakan posisi matahari juga mempengaruhi penyerapan radiasi matahari, berikut pada Gbr 14 merupakan *pyranometer* dan solar *cell*.



Gbr 15. Pyranometer dan Solar Cell

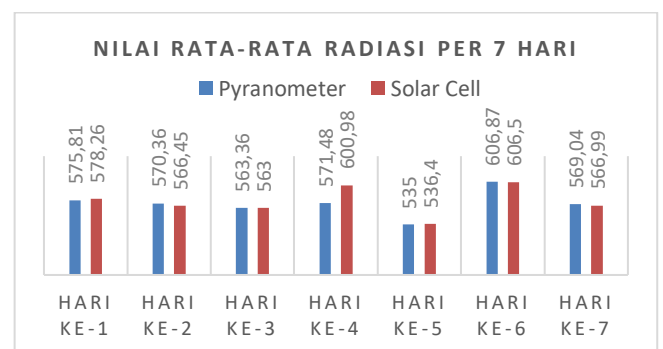
Pengujian *pyranometer* digunakan sebagai nilai input untuk mengaktifkan modul relay motor penggerak dan pompa. Motor dan pompa berfungsi untuk membersihkan panel surya. Berdasarkan hal tersebut dibutuhkan pengujian terhadap motor DC dan pompa. Untuk mengaktifkan relay yang terhubung ke motor DC dan pompa maka diperlukan nilai inputan pada Arduino uno. Nilai inputan sendiri terdiri dari 2 parameter yaitu nilai dari *pyranometer* dan solar *cell* yang kemudian dibandingkan, jika nilai *pyranometer* dan solar *cell* lebih dari  $10 \text{ W/m}^2$ . Hasil pengujian motor DC dan pompa ditunjukkan pada Tbl 4.

#### D. Pengujian Motor DC dan Pompa

Tbl 4. Pengujian Motor DC dan Pompa

Hari	Nilai Perbandingan Radiasi ( $\text{W/m}^2$ )		Selisih Nilai Perbandingan ( $\text{W/m}^2$ )	Nilai Rata-Rata ( $\text{W/m}^2$ )		Pompa	Motor DC
	Pyranometer	Solar Panel		Pyranometer	SolarPanel		
1	581,60	578,52	3,08	575,81	578,26	Tidak Menyala	Tidak Menyala
	645,92	649,52	3,60				
	712,60	721,28	8,68				
	556,80	551,84	9,08				
	382,12	390,16	8,04				
2	670,36	662,28	8,08	570,36	566,45	Tidak Menyala	Tidak Menyala
	712,60	717,92	5,32			Menyala	Menyala
	594,44	583,60	10,84			Tidak Menyala	Tidak Menyala
	484,24	481,08	3,16				
	390,16	387,60	2,56				
3	714,00	717,92	3,92	563,36	563,00	Tidak Menyala	Tidak Menyala
	662,12	668,72	6,60				
	571,60	566,60	5,00				
	463,08	454,16	8,92				
	406,00	407,60	1,60				
4	622,12	668,72	6,60	571,48	600,98	Tidak Menyala	Tidak Menyala
	712,60	711,28	1,32				
	722,60	724,64	2,04				
	503,84	497,64	6,20				
	296,24	402,60	6,36				
5	579,16	572,56	6,60	535,00	536,40	Tidak Menyala	Tidak Menyala
	662,92	649,52	13,40			Menyala	Menyala
	554,66	564,66	10,00			Tidak Menyala	Tidak Menyala
	488,84	497,64	8,80				
	389,44	397,60	8,16				
6	627,92	624,36	3,56	606,87	606,50	Tidak Menyala	Tidak Menyala
	712,60	721,28	8,68				
	645,92	652,68	6,76				
	596,76	590,56	6,20				
	451,16	443,60	7,56				
7	721,24	724,64	3,40	569,04	566,99	Tidak Menyala	Tidak Menyala
	654,00	659,08	5,08				
	612,20	602,76	9,44				
	538,04	528,68	9,36				
	319,72	319,83	0,12				

Berdasarkan Tbl 4 ketika nilai perbandingan *pyranometer* dengan solar *cell* kurang dari sama dengan  $10 \text{ W/m}^2$ . Maka motor DC dan pompa tidak menyala, sedangkan ketika nilai perbandingan *pyranometer* dan solar *cell* lebih dari  $10 \text{ W/m}^2$  Maka motor DC dan pompa menyala. Hal tersebut terjadi pembersihan maksimal 2 kali pembersihan dalam sehari.



Gbr 16. Nilai Rata-Rata Radiasi Selama 7 Hari

Pada Gambar 16, untuk pyranometer dan solar cell dan nilai rata-rata intensitas radiasi matahari tertinggi pada hari ke-6 yaitu pyranometer sebesar 606,87 W/m<sup>2</sup>, solar cell sebesar 606,50 W/m<sup>2</sup>. Nilai rata-rata intensitas radiasi matahari yang paling rendah pada hari ke-5 yaitu pyranometer sebesar 535 W/m<sup>2</sup>, solar cell sebesar 536,40 W/m<sup>2</sup>. Nilai rata-rata tersebut tidak dipungkiri keadaan alam yang sering berubah-ubah. Hal ini sangat mempengaruhi pada nilai inputan pada Arduino uno.

hasil pembacaan modul. Proses ini dilakukan karena modul pyranometer yang digunakan buatan. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara mengukur liniaritas dengan hasil oleh panel surya lalu mencari nilai perbedaan dari hasil pembacaan kedua komponen terus. Untuk lebih jelasnya sebagai berikut:

E. Kalibrasi Sensor

Sebelum dilakukan proses pengujian 61eprog, dilakukan proses kalibrasi modul *pyranometer* buatan guna mengetahui

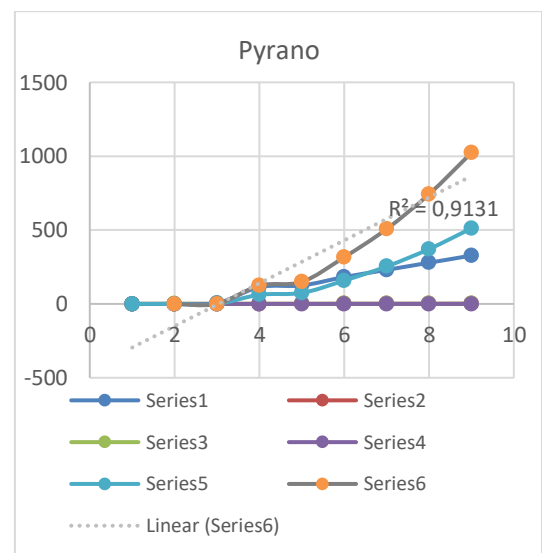
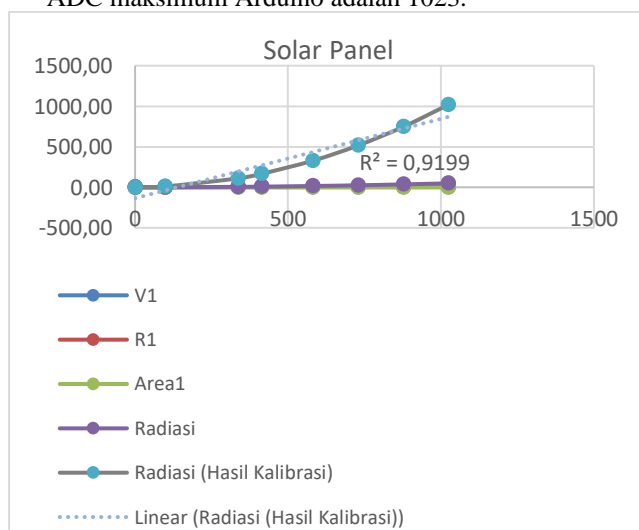
- 1) Melakukan kalibrasi menggunakan nilai maksimum ADC pada Arduino yang digunakan. Diketahui bahwa nilai maksimum analog yang dapat diterima oleh 61eprog yaitu 5v sehingga mencari nilai rata sampai maksimum.

Tbl 5. Kalibrasi Sensor

Solar Panel	V1	R1	Area 1	Radiasi	Radiasi (Hasil Kalibrasi)
0	0,00	1,00	0,52	0,00	0,00
98	0,48	1,00	1,00	0,44	9,32
337	1,65	1,00	1,00	5,25	110,24
413	2,02	1,00	1,00	7,88	165,57
581,5	2,84	1,00	1,00	15,63	328,24
729,3	3,56	1,00	1,00	24,59	516,30
877,1	4,29	1,00	1,00	35,56	746,76
1024,9	5,01	1,00	1,00	48,55	1019,54

Pyranometer	V2	R2	Area 2	Radiasi	Penyimpangan (%)	w/m2 (referensi)
0	0,00	1,00	0,005	0,00	0,00	0
5	0,02	1,00	0,005	0,12	0,24	-0,89
114	0,56	1,00	0,005	62,09	124,18	1,37
125	0,61	1,00	0,005	74,65	149,30	-1,60
182	0,89	1,00	0,005	158,26	316,51	-1,15
230,4	1,13	1,00	0,005	253,62	507,24	-0,89
278,8	1,36	1,00	0,005	371,37	742,74	-0,40
327,2	160	1,00	0,005	511,50	1023,00	0,33
						1000

Pada table 4 berwarna kuning merupakan nilai yang diambil dari berbagai kondisi setelah itu ditarik rata rata sampai bawah lalu dilakukan kalibrasi menggunakan w/m<sup>2</sup> referensi yang diambil dari spesifikasi panel surya yang digunakan, dikatakan bahwa panel surya dapat menyerap maksimum 1000 W/m<sup>2</sup> maka dari itu dijadikan referensi. Dan didapatkan hasil radiasi hasil kalibrasi 61eprog mendekati nilai sempurna maksimum ADC yang dapat dibaca oleh Arduino yang dimana nilai ADC maksimum Arduino adalah 1023.

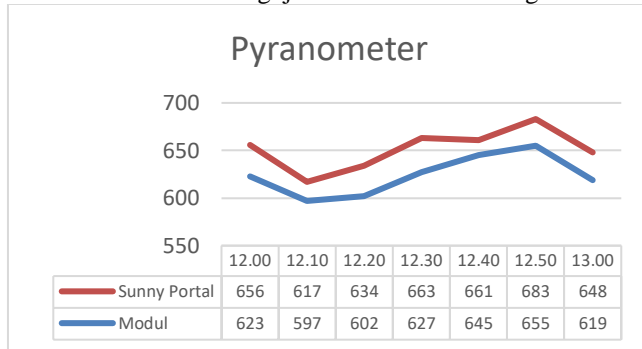


Hasil dari kalibrasi dimasukan dalam grafik dari persamaan garis antara hasil kalibrasi dan referesi kalibrasi. Hal ini dibuktikan dengan nilai R square atau koefisien determinasi yang bernilai 0,9. Yang dimana koefisien determinasi memiliki ketentuan semakin mendekati angka 1 maka persamaan garis yang didapat semakin baik.

- 2) Dilakukan pengujian dengan *pyranometer* yang asli yang terdapat pada PT SEI Bandung.



Gbr 17. Pengujian di PT SEI Bandung



Gbr 18. Kalibrasi Sensor

Setelah dilakukan proses kalibrasi sensor Kembali diuji untuk membuktikan hasil proses kalibrasi dengan sensor *pyranometer* yg telah terkalibrasi. Pada hasil pengujian ini menunjukkan bahwa terdapat nilai error atau perbedaan sebesar 27,71 w/m<sup>2</sup>.

F. Pengujian Daya

1) Pengujian Sensor Terhadap Daya

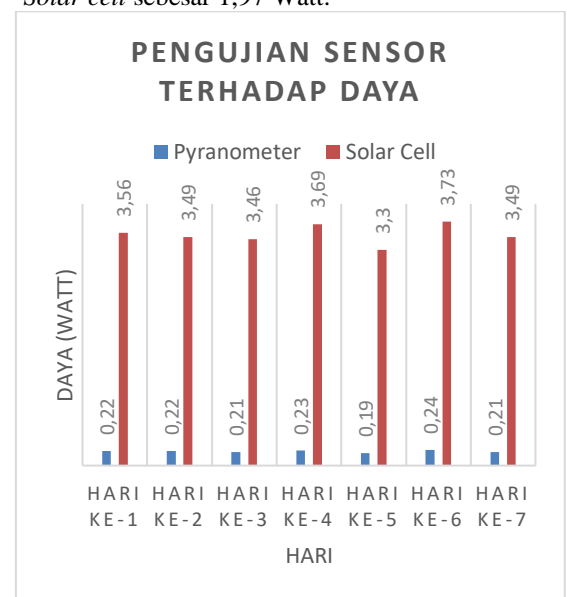
Tbl 6. Pengujian Sensor Terhadap Daya

Hari Ke-	Nilai Radiasi (W/m <sup>2</sup> )		Daya (Watt)		Nilai Rata-Rata Daya (Watt)	
	<i>Pyranometer</i>	<i>Solar Cell</i>	<i>Pyranometer</i>	<i>Solar Cell</i>	<i>Pyranometer</i>	<i>Solar Cell</i>
1	581,60	578,52	0,23	3,56	0,22	3,56
	645,92	649,52	0,26	4,00		
	712,60	721,28	0,31	4,44		
	556,80	551,84	0,22	3,40		
	382,12	390,16	0,09	2,40		
2	670,36	662,28	0,28	4,07	0,22	3,49
	712,60	717,92	0,31	4,42		
	594,44	583,60	0,25	3,59		
	484,24	481,08	0,17	2,96		
	390,16	387,60	0,08	2,40		
3	714,00	717,92	0,30	4,42	0,21	3,46
	662,12	668,72	0,27	4,11		
	571,60	566,60	0,23	3,49		
	463,08	454,16	0,15	2,79		
	406,00	407,60	0,10	2,51		
4	662,12	668,72	0,27	4,11	0,23	3,69
	712,60	711,28	0,31	4,38		
	722,60	724,64	0,31	4,46		
	503,84	497,64	0,18	3,06		
	296,24	402,60	0,09	2,48		
5	579,16	572,56	0,23	3,52	0,19	3,30
	662,92	649,52	0,26	4,00		
	554,66	564,66	0,21	3,49		
	488,84	497,64	0,18	3,06		
	389,44	397,60	0,09	2,45		
6	627,92	624,36	0,26	3,84	0,24	3,73

Hari Ke-	Nilai Radiasi (W/m <sup>2</sup> )		Daya (Watt)		Nilai Rata-Rata Daya (Watt)	
	<i>Pyranometer</i>	<i>Solar Cell</i>	<i>Pyranometer</i>	<i>Solar Cell</i>	<i>Pyranometer</i>	<i>Solar Cell</i>
	712,60	721,28	0,31	4,44	0,21	3,49
	645,92	652,68	0,26	4,02		
	596,76	590,56	0,24	3,63		
	451,16	443,60	0,14	2,73		
	721,24	724,64	0,31	4,46		
7	654,00	659,08	0,27	4,05	0,21	3,49
	612,20	602,76	0,25	3,71		
	538,04	528,68	0,20	3,25		
	319,72	319,83	0,03	1,97		

Pada Tbl 6 menunjukkan bahwa pengujian daya pada *pyranometer* sangat bervariasi. Hari ke-1 pada *pyranometer* daya yang paling tinggi sebesar 0,31 Watt, *solar cell* sebesar 4,44 Watt dan paling rendah pada daya *pyranometer* sebesar 0,09 Watt dan *Solar cell* sebesar 2,40 Watt. Hari ke-2 pada *pyranometer* daya yang paling tinggi sebesar 0,31 Watt, *solar cell* sebesar 4,42 Watt dan paling rendah pada daya *pyranometer* sebesar 0,08 Watt dan *Solar cell* sebesar 2,40 Watt. Hari ke-3 pada *pyranometer* daya yang paling tinggi sebesar 0,30 Watt, *solar cell* sebesar 4,42 Watt dan paling rendah pada daya *pyranometer* sebesar 0,10 Watt dan *Solar cell* sebesar 2,51 Watt.

Hari ke-4 pada *pyranometer* daya yang paling tinggi sebesar 0,31 Watt, *solar cell* sebesar 4,46 Watt dan paling rendah pada daya *pyranometer* sebesar 0,09 Watt dan *Solar cell* sebesar 2,48 Watt. Hari ke-5 pada *pyranometer* daya yang paling tinggi sebesar 0,26 Watt, *solar cell* sebesar 4,00 Watt dan paling rendah pada daya *pyranometer* sebesar 0,09 Watt dan *Solar cell* sebesar 2,45 Watt. Hari ke-6 pada *pyranometer* daya yang paling tinggi sebesar 0,31 Watt, *solar cell* sebesar 4,44 Watt dan paling rendah pada daya *pyranometer* sebesar 0,14 Watt dan *Solar cell* sebesar 2,73 Watt. Hari ke-7 pada *pyranometer* daya yang paling tinggi sebesar 0,31 Watt, *solar cell* sebesar 4,46 Watt dan paling rendah pada daya *pyranometer* sebesar 0,03 Watt dan *Solar cell* sebesar 1,97 Watt.



Gbr 19. Pengujian Sensor Terhadap Daya

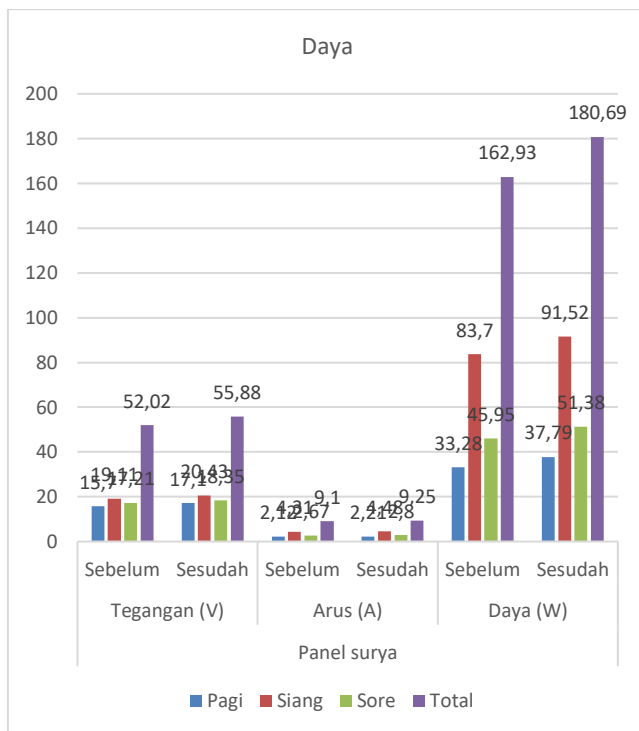


Pada Gbr 19, untuk *pyranometer* dan solar cell, nilai rata-rata daya tertinggi pada hari ke-6 yaitu *pyranometer* sebesar 0,24 Watt, solar cell sebesar 3,73 Watt. Nilai rata-rata daya yang paling rendah pada hari ke-5 yaitu *pyranometer* sebesar 0,19 Watt, *solar cell* sebesar 3,30 Watt.

2) Pengujian Solar Panel Terhadap Daya

Tbl 7. Pengujian Solar Panel Terhadap Daya

Kondisi	Panel Surya					
	Tegangan (V)		Arus (A)		Daya (W)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Pagi	15,70	17,10	2,12	2,21	33,28	37,79
Siang	19,11	20,43	4,31	4,48	83,70	91,52
Sore	17,21	18,35	2,67	2,80	45,95	51,38
Total	52,02	55,88	9,10	9,25	162,93	180,69



Gbr 20. Pengujian Daya Output Panel Surya

Hasil pengujian panel surya monocrystalline 100 Wp selama 1 hari pada pagi hari menghasilkan tegangan, arus, dan daya sebelum pembersihan masing-masing sebesar 15,70 V, 2,12 A, dan 33,28 W. tetapi, mengalami kenaikan setelah pembersihan masing-masing sebesar 17,10 V, 2,21 A, dan 37,79 W. Pada Siang hari menghasilkan tegangan, arus, dan daya sebelum pembersihan masing-masing sebesar 19,11V, 4,31A, dan 83,70 W. Setelah pembersihan masing-masing parameter tersebut mengalami kenaikan sebesar 20,43 V, 4,48 A, dan 91,52 W. pada Sore hari menghasilkan tegangan, arus, dan daya sebelum pembersihan masing-masing sebesar 17,21 V, 2,67 A, dan 45,95W. Setelah pembersihan masing-masing parameter tersebut mengalami kenaikan sebesar 18,35 V, 2,80 A, dan 51,38 W.

Keluaran daya output dari panel surya tertinggi pada pengujian ini terjadi pada daya kondisi siang hari sebesar 91,52 W sebelum dilakukan pembersihan. Hal

ini dikarenakan pada radiasi matahari di siang hari, panel surya berada pada suhu kerja maksimal, sedangkan pada pagi hari panel surya pada suhu kerja tidak maksimal. Oleh sebab itu, temperature dilingkungan sekitar sangat mempengaruhi daya output yang dihasilkan.

Daya untuk pembersihan dibagi menjadi 2 yaitu pada saat wiper naik dan turun, Adapun daya yang dibutuhkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Pompa: } P &= V \cdot I \\ &= 12,2 \cdot 0,53 \\ &= 6,466 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\text{Motor naik : } P = V \cdot I$$

$$\text{Motor Turun : } P = V \cdot I$$

$$= 5,59 \cdot 2,7$$

$$P = 8,09 \cdot 1,51$$

$$= 15,09 \text{ W}$$

$$P = 12,21 \text{ W}$$

Maka siklus pertama pembersihan yaitu motor turun memerlukan daya sebesar 18,67 W dan untuk siklus kedua yaitu motor naik sebesar 21,55. Tegangan dan Arus diatas didapat hasil pengukuran saat system pembersihan sedang berjalan menggunakan multimeter.

Tabel 8. Daya panel surya terhadap kebutuhan daya untuk pembersihan

Kondisi	Daya Panel Surya (W)		Kebutuhan Daya Pembersihan (W)	
	Sebelum	Sesudah	Naik	Turun
Pagi	33,28	37,79	21,55	18,67
Siang	83,70	91,52		
Sore	45,95	51,38		
<b>Total</b>	<b>162,93</b>	<b>180,69</b>		

Berdasarkan Tabel 7 Daya harian yang dihasilkan oleh panel surya 100 Wp dapat dilihat pada pagi hari 33,28 W, siang hari 83,70 W, dan sore hari sebesar 45,95 W. total daya output yang di hasilkan panel surya 100 wp sebesar 162,93 W sebelum pembersihan. Tetapi, kebutuhan daya untuk peralatan jika terjadi proses pembersihan panel surya dalam siklus turun sebesar 18,77 W dan pada siklus naik sebesar 21,55 W.

G. Pengujian RTC

*Real Time Clock* (RTC) adalah jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu (mulai detik hingga tahun) dengan akurat dan menjaga atau menyimpan data waktu tersebut secara real time. Karena jam tersebut bekerja *real time*, RTC dilengkapi dengan baterai cadangan untuk berjaga-jaga apabila sumber daya utama mati. Pengujian pada komponen ini dilakukan dengan cara menghubungkan 63eprogram

Uno dengan RTC sehingga dapat 63eprogram sesuai kebutuhan. Apabila pada pengujian RTC dapat menunjukkan waktu yang sesuai dengan yang diharapkan peneliti, maka dapat dipastikan bahwa RTC bekerja dengan baik. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa RTC dapat berfungsi dengan semestinya dan dapatdigunakan sebagai reset otomatis pada pagi hari, dapa dilihat pada serial monitor bahwa RTC dapat mereset otomatis sesuai jam yang diinginkan.

```

COM28
-----
Daya Pyranometer : 0.19 W Area Pyranometer : 0.005 m2 Radiasi Pyranometer : 133.53 W/m2
X = 1
13:34:09
Cleaning Limits Reached
Daya Solar Panel : 1.30 W Area Solar Panel : 0.52 m2 Radiasi Solar Panel : 52.70 W/m2
Daya Pyranometer : 0.19 W Area Pyranometer : 0.005 m2 Radiasi Pyranometer : 131.82 W/m2
X = 1
13:34:20
Cleaning Limits Reached
Daya Solar Panel : 1.26 W Area Solar Panel : 0.52 m2 Radiasi Solar Panel : 51.35 W/m2
Daya Pyranometer : 0.18 W Area Pyranometer : 0.005 m2 Radiasi Pyranometer : 130.13 W/m2
X = 1
13:34:31
Cleaning Limits Reached
Daya Solar Panel : 1.22 W Area Solar Panel : 0.52 m2 Radiasi Solar Panel : 49.58 W/m2
Daya Pyranometer : 0.18 W Area Pyranometer : 0.005 m2 Radiasi Pyranometer : 128.46 W/m2
X = 1
13:34:42
Cleaning Limits Reached
Daya Solar Panel : 1.19 W Area Solar Panel : 0.52 m2 Radiasi Solar Panel : 48.27 W/m2
Daya Pyranometer : 0.17 W Area Pyranometer : 0.005 m2 Radiasi Pyranometer : 125.17 W/m2
X = 1
13:34:53
Cleaning Limits Reached
Daya Solar Panel : 1.18 W Area Solar Panel : 0.52 m2 Radiasi Solar Panel : 47.84 W/m2
Daya Pyranometer : 0.17 W Area Pyranometer : 0.005 m2 Radiasi Pyranometer : 125.17 W/m2
X = 1
13:35:04
Resetting Limit
Motor Speed :0
Motor Speed :0
Motor Speed :0
Motor Speed :0
Motor Speed :0
Autoscroll Show timestamp

```

Gbr 21. Pengujian RTC

#### H. Pengujian LCD I2C

Pada tahap ini dilakukan pengujian komunikasi mikrokontroler Arduino dengan module LCD I2C 16x2. Pada alat ini module LCD I2C 16x2 digunakan sebagai monitoring dan menampilkan hasil radiasi dari *pyranometer* dan solar cell serta tampilan waktu yang *realtime*. Berikut adalah hasil pengujian LCD ditunjukkan pada Gbr 22.



Gbr 22. Pengujian LCD I2C

Pada LCD ditampilkan indicator S, P, dan waktu yang dimana S= Solar Panel, P= Pyranometer. Pengujian ini dapat dibilang berhasil dikarenakan LCD dapat menampilkan apa yang akan dimonitoring sesuai keinginan.

#### V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan serangkaian pengujian dan Analisa. Dapat disimpulkan bahwa alat pembersih otomatis panel surya telah dibuat untuk memaksimalkan dalam penyerapan eradiasi matahari oleh panel surya. Alat ini berfungsi dengan baik secara system mekanikal maupun elektrik. Hasil pengujian menunjukkan selalu ada selisih tegangan sebelum dibersihkan dan sesudah dibersihkan. Pada siang hari menunjukkan selisih tegangan paling tinggi dibandingkan sore hari. Hal ini dikarenakan kondisi cahaya matahari di sore hari kurang maksimal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa alat pembersih ini dapat lebih memaksimalkan penyerapan yang dimana didapat nilai total daya yang dihasilkan sebelum pembersihan sebesar 162,93W, dan sesudah dibersihkan naik menjadi 180,69W. Adapun daya yang diperlukan untuk melakukan pembersihan jika wiper naik sebesar 21,55W dan jika wiper turun sebesar 18,67W. hasil ini pun dapat berubah berdasarkan set point yang

digunakan hasil tersebut menggunakan perbandingan 15 w/m2.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada tim redaksi Journal of Energy and Electrical Engineering yang telah bersedia menampung tulisan kami, serta kepada Politeknik Manufaktur Bandung yang sudah mendukung setiap penelitian yang telah dibuat.

#### REFERENSI

- [1] Daryal Fuaddin, Aceng Daud, ST., M.Eng, Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Kapasitas 20 kWp untuk Residensial, Jurnal Energi, Volume 10 Nomor 1, November 2020.
- [2] Sri Endah Susilowati dan Imamuddin, Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Daya 50watt Menggunakan Compact Disc Bekas, Jurnal Kajian Teknik Mesin.
- [3] Handoko Rusiana Iskandar, Een Taryana dan Syandy Syaidina, Perancangan Kebutuhan Energi Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Hanggar Delivery Center PT. Dirgantara Indonesia, jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek.
- [4] Hari Satryawan, Perancangan Solar Home System Di Daerah Terpencil Nusa Tenggara Barat, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [5] B. Purwoto and Jatmiko, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif.
- [6] P. Harahap, "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya," RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro, vol. 2, no. 2, 2020.
- [7] Destiarini, "ROBOT LINE FOLLOWER BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO ATMEGA328," Jurnal Informanika, vol. 5, no. 1, 2019.
- [8] D. Hariyanto, E. Setiawan, and D. Syauly, "Kendali Posisi Robot Beroda Dengan Sistem Global Positioning System (GPS) Menggunakan Proportional, Integral dan Derivative (PID) Berbasis Arduino Mega 2560," 2021. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [9] N. Novriansyah, P. G. Chamdareno, and B. Budiyanto, "Aplikasi Pyranometer Digital Berbasis Node Webkit Dengan Sistem Penampilan Data Secara Realtime," elektum, vol. 14, no. 1, p. 9, Apr. 2017, doi: 10.24853/elektum.14.1.9-15
- [10] Y. Fitri, B. Sulianto, N. Fitriya, and F. Retnowati, "Perancangan Alat Digital Pengukur Intensitas Radiasi Matahari Dan Lama Penyinaran Matahari (Prototype of Digital Radiation Intensity and the duration of visible sunshine measurement)," 2018.
- [11] J. Aulia Sashiomarda and D. Prabowo, "Perancangan Peralatan Untuk Pengukuran Radiasi Gelombang Pendek Matahari," 2016.