

Optimasi Sistem Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Mesin Cuci Tangan Otomatis

Junior Ramadhani Syahri¹, Yogi Sirodz Gaos¹

¹Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

Email: juniorramadhani13@gmail.com, yogisirodz@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan energi surya merupakan energi listrik tidak terbatas yang tersedia di muka bumi ini. Energi surya mengubah sinar matahari menjadi listrik yang bisa digunakan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup. Daya keluaran panel surya berbanding lurus dengan hasil tangkap cahaya matahari terhadap panel. Pengaturan sudut panel surya merupakan salah satu metode optimasi terhadap hasil daya yang dihasilkan. Maka dari itu perlu dilakukan optimasi sistem agar panel surya yang digunakan optimal. Pengaplikasian energi listrik dari panel surya untuk menggerakkan alat mesin cuci tangan secara otomatis sebagai media pencegahan virus Covid-19 dan pola hidup sehat di masyarakat. Menggunakan sensor ultrasonik, suhu dan LDR sebagai pelacak cahaya dalam mesin cuci tangan otomatis. Perancangan alat digambar menggunakan *software Autodesk Inventor Professional*, program arduino dan skema alat dibuat menggunakan *software Fritzing*, alat dibuat efisiensi mungkin agar alat dapat digunakan dengan mudah dan efisien sudut panel surya dapat diatur otomatis mengikuti pergerakan matahari (*solar tracker*). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan 4 varian berturut-turut adalah sudut yang mengikuti pergerakan matahari, 20°, 30°, dan 40°. Didapatkan hasil optimasi pada varian sudut otomatis didapat kelebihan daya yang bisa disimpan di baterai sebesar 8,81% dan melakukan metode komparatif antara perbandingan data sudut melalui perhitungan sudut *azimuth* dengan eksperimen pada varian sudut otomatis, didapat perbandingan rata-rata sudut sebesar 11,13%.

Kata Kunci: Covid, Sudut, Solar, Tracker

ABSTRACT

The utilization of solar energy is unlimited electrical energy available on this earth. Solar energy converts sunlight into electricity that can be used by humans to meet their daily needs. The output power of the panel surya is directly proportional to the capture of sunlight on the panel. Setting the angle of the Panel Surya is one method of optimizing the resulting power output. Therefore it is necessary to optimize the system so that the Panel Suryas are used optimally. The application of electrical energy from panel suryas to drive hand washing machines automatically as a medium for preventing the Covid-19 virus and a healthy lifestyle in society. Using sensors ultrasonic, temperature, and LDR sensors as light trackers in an automatic hand washing machine. The design of the tool was drawn using Autodesk Inventor Professional software, the Arduino program, and the schematic for the tool was made using Fritzing software, the tool was made as efficient as possible so that the tool can be used easily and efficiently angle of the Panel Surya can be adjusted automatically to follow the sun's movement. This study used an experimental method with 4 consecutive variants, namely the angle that follows the movement of the sun, 20°, 30°, and 40°. Optimization results obtained in the automatic corner variant obtained an excess of power that can be stored in the battery by 8.81% and carried out a comparative method between angle data comparisons through calculating azimuth angles with experiments on variants automatic angle, obtained an average comparison of 11.13%.

Keywords: Covid, Angle, Solar, Tracker

PENDAHULUAN

Penyebaran wabah virus Covid-19 sudah berlangsung melanda dunia sejak tahun 2019. Tercatat virus Covid-19 memasuki Indonesia diawal tahun 2020 dan Kementerian Kesehatan menetapkan Indonesia menjadi pandemi Covid-19 pada tanggal 11 Maret 2020 [1]. Mencuci tangan merupakan hal penting untuk mengurangi covid-

19, alat cuci tangan di tempat umum [2]. Cuci tangan sebagai sarana mengurangi penyebaran virus melalui benda atau permukaan yang terkontaminasi [3]. Sistem otomatis pada alat cuci tangan harus didukung dengan pasokan energi listrik untuk menggerakkan sistem sensor dan pompa salah satunya dengan energi sel surya. Kakiay *et al.* meneliti alat cuci tangan otomatis menggunakan sensor *proximity* dan *ultrasonic* dan didapat hasil dari sensor *proximity* mampu

mendeteksi tangan dengan jarak 3-12 cm sedangkan untuk sensor ultrasonik didapat ketelitian pembacaan debit air sebesar 99,61% [4]. Yuniar *et al.* melakukan penelitian di pondok pesantren dan panti asuhan di Balikpapan Pembuatan alat cuci tangan otomatis dengan penggunaan sensor IR yang berfungsi sebagai sensor keberadaan tangan terdeteksi oleh sensor IR, yang dimana untuk kran air mengalir secara otomatis dan dilengkapi panel surya sebagai sumber tenaga listrik [5]. Purba *et al.* merancang bangun handwash otomatis dan handsanitizer menggunakan sensor proximity dengan Arduino, kran pencuci tangan dengan debit keluar air berdasarkan jarak tangan, takaran sabun, dan handsanitizer otomatis, menggunakan alat Arduino Uno R3 sebagai pengolah data dan 3 Sensor Proximity Optic untuk mendeteksi sensor tangan, sabun dan handsanitizer [6]. Eman melakukan evaluasi kinerja 4 modul PV kecil di sudut kemiringan berbeda dan hubungan produksi tenaga radiasi matahari dengan sudut 0° , 15° , 30° , 45° , hasil menunjukkan bahwa *output* tertinggi kekuatan PV pada bulan Juli sudut 35° selama sepanjang hari dan sepanjang tahun di Irak [7]. Anoi *et al.* melakukan analisis sudut panel terhadap daya *output* dan efisiensinya dengan sudut 0° , 8° , 16° menggunakan variasi sudut kemiringan dengan efisiensi tertinggi di kemiringan sudut 16° di waktu 09.00 pagi dengan hasil 46.076%, lalu sudut 8° di waktu 9.00 dengan hasil 45.052%, lalu sudut 0° pada jam 9.00 dengan hasil 43,986% [8]. Wardhana *et al.* melakukan penelitian membahas pengaruh sudut kemiringan pada panel surya dan nilai intensitas cahaya matahari terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan dengan sudut 0° , 30° , 60° . Hasilnya semakin kecil nilai intensitas sinar matahari, maka semakin kecil tegangan keluaran yang dihasilkan sudut 30° menghasilkan tegangan *output* maksimum lebih signifikan daripada sudut 0° dan 60° [9]. Jeneiro *et al.* melakukan penelitian dengan menggunakan arduino sebagai pengatur *solar tracker* otomatis, sudut elevasi penerimaan intensitas terbaik pada penelitian ini terletak pada sudut berkisar 90° - 110° dengan rata – rata 1016 Cd dan jumlah *voltage* yang diterima pada sudut 31° - 140° yang dapat ditampung berkisar 9,8 V itu dibuktikan dengan tampilan *voltmeter* [6]. Oscar *et al.* melakukan penelitian pembuatan *solar tracker* pada palang pintu perlintasan kereta api. Perancangan alat *solar tracker* dapat dimonitoring melalui *Intenet of Thing* (IoT) menggunakan sensor LDR. Didapat perbandingan presentase yang dihasilkan antara panel surya diam dan panel surya bergerak mengikuti arah datangnya sinar matahari sebesar 12,53% [10]. Harahap *et al.* melakukan penelitian *solar tracker* dengan panel surya tipe *monocrystalin*, *solar tracker* dibuat

menggunakan modul LDR dan *timer*. Pengujian dilakukan tanpa beban *output* daya. Didapat hasil panel surya menggunakan *solar tracker* mampu menghasilkan daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan sudut statis [11].

Besarnya intensitas cahaya yang diterima berbanding lurus dengan tegak lurus solar panel terhadap sinar matahari. Tegak lurus solar panel dengan sinar matahari dapat dicapai dengan cara mengatur sudut kemiringan solar panel. Kemiringan sudut solar panel yang optimal dapat ditentukan dengan melihat posisi matahari sebagai acuan dan pengukuran hasil daya yang dihasilkan oleh solar panel pada setiap sudut [12].

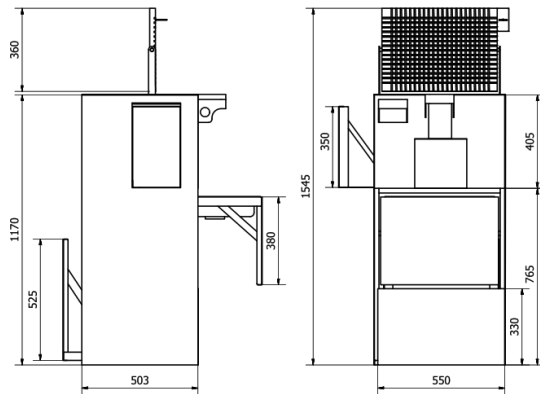
Berdasarkan kebutuhan alat cuci tangan otomatis melalui referensi diatas dibutuhkan penelitian berkelanjutan terhadap model panel surya, baterai yang digunakan dan sudut tangkap cahaya yang digunakan agar hasil yang didapat bisa optimum dan sesuai apa yang diinginkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pemilihan parameter perancangan yang dibutuhkan sebagai tolak ukur perancangan mesin berupa sudut tangkap cahaya yang bisa diatur melalui studi literatur yang didapat. Beberapa acuan parameter yang digunakan adalah baterai, sensor yang digunakan, dan konstruksi alat yang akan dibuat. Dilakukan perancangan konsep gambar analisa konstruksi menggunakan *software Autodesk Inventor* pada Gambar 1. Desain dibuat berdasarkan fungsi dan kegunaannya yang optimal seperti solar panel yang dapat diatur,



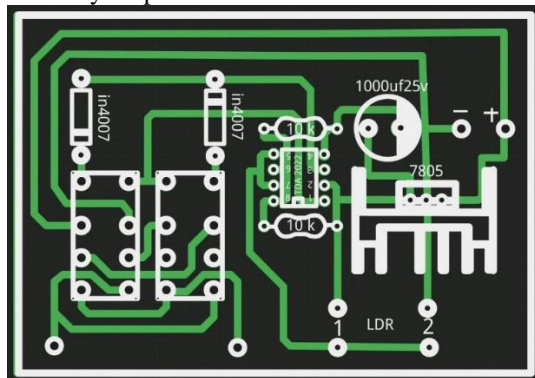
Gambar 1. Desain Alat 3D



Gambar 2. Desain Alat 2D

Pada Gambar 2 perencanaan desain alat mesin cuci tangan otomatis dengan ketinggian tanpa panel surya adalah 1170 mm dan ketinggian saat dipakai panel surya adalah 1545 mm. Perencanaan dibuat agar alat dapat digunakan dengan mudah, terdapat slider pada rak penyimpanan air dan wastafel sehingga mempermudah pada saat pengisian air dan pada saat penyimpanan. Sudut panel surya yang dapat diatur dengan *solar tracker* menggunakan aktuator.

Solar tracker pada penelitian ini digunakan untuk mendapatkan sudut yang optimal selalu menghadap arah datangnya matahari, sehingga daya yang dihasilkan bisa optimal karena selalu tegak lurus dengan sudut datang matahari. Sensor LDR digunakan sebagai mendeteksi cahaya matahari yang dapat memerintahkan motor aktuator untuk menggerakkan solar panel dengan desain layout pada Gambar 3.



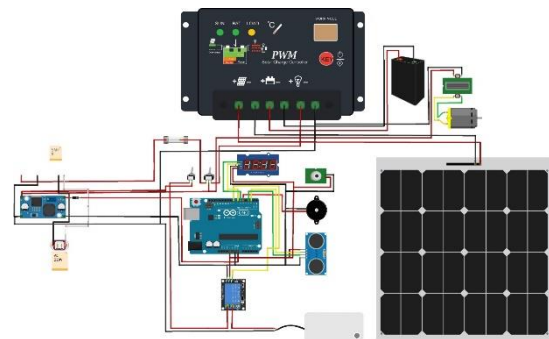
Gambar 3. Layout *Solar tracker*

Solar tracker merupakan sistem pengatur arah solar panel secara otomatis dengan pergerakan sudut setengah lingkaran 0° sampai 180° [6]. Dengan sensor LDR sebagai pendeteksi cahaya matahari yang dapat menyalakan motor aktuator untuk menggerakkan solar panel model GH20P-18 20WP dimensi 500x360x25mm dengan

spesifikasi pada Tabel 1 yang dapat mengikuti pergerakan matahari.

Tabel 1. Spesifikasi Solar Panel GH20P-18 20WP

NO	KETERANGAN	SATUAN
1	Rated Maximum Power (P_m)	20 W
2	Tolerance	$\pm 3\%$
3	Voltage at P_{max} (V_{mp})	18 V
4	Current at P_{max} (I_{mp})	1,11 A
5	Open- Circuit Voltage (V_{oc})	22,1 V
6	Short- Circuit Current (I_{sc})	1,21 A
7	Normal Operating Cell Temp (NOTC)	$47 \pm 2^\circ\text{C}$
8	Maximum System Voltage	1000V DC
9	Maximum Series Fuse Rating	10 A
10	Operating Temperature	$-40\text{to}+85^\circ\text{C}$
11	Applicantin Class	Class A
12	Cell Technology	Poly - Si
13	Weight	1,88 Kg
14	Dimension (mm)	500*360*25 mm



Gambar 4. Skema Alat Cuci Tangan Otomatis

Dalam Gambar 4 pembuatan skema dan program arduino menggunakan *software Fritzing*. Sensor-sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik dan sensor suhu tipe GY-906 yang diatur menggunakan arduino UNO R3 sebagai sistem otomatis yang digunakan. Sensor ultrasonic yang digunakan untuk mendeteksi objek seseorang dengan jarak 20cm yang akan menggunakan alat, lalu memerintahkan sensor suhu bekerja mendeteksi suhu seseorang dengan program bila suhu normal $36,1^\circ - 37,7^\circ\text{C}$ akan memerintahkan motor pompa untuk bekerja dan bila suhu diatas normal $\geq 37,8^\circ\text{C}$ akan menyalakan *alarm* pada alat. Menggunakan baterai sebagai media penyimpanan 12V 4,2Ah.

Local Standart Time Meridian (LSTM) merupakan garis yang diperlukan untuk zona waktu tertentu. didasarkan pada jarak derajat bujur bumi dari *Greenwich Mean Time (GMT)*. Satu jam = 15° ($360^\circ/24$ jam), LSTM dapat ditentukan dengan Persamaan 1 [13]:

$$\text{LSTM} = 15^\circ \times \Delta T \text{ GMT} \quad (1)$$

Pada saat mencapai *Time Correction Factor* (TCF), bumi berputar $1^\circ/4$ menit maka TCF dapat dihitung dengan Persamaan 2 [14]:

$$TCF = 4(Longitude - LTSM) + EoT \quad (2)$$

Local Solar Time (LST) dapat ditemukan dengan menyesuaikan *Local Time* (LT) menggunakan TCF sebagai berikut:

$$LST = LT + \frac{TCF}{60} \quad (3)$$

Deklinasi matahari adalah jarak sudut dari matahari di utara atau selatan khatulistiwa Bumi. Sudut deklinasi δ untuk belahan bumi utara (negatif untuk sudut deklinasi belahan bumi selatan) dirumuskan [15][16][17].

$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(\frac{360}{365}\right) (N - 81) \quad (4)$$

Dimana N = hari dalam setahun, dengan Januari $1 = 1$.

Sudut Jam (HRA) adalah sudut *azimuth* sinar matahari yang disebabkan oleh rotasi Bumi. Sudut jam di pagi hari negatif, sedangkan sudut jam positif di sore hari. Satu jam diwakili oleh sudut $360/24 = 15$ derajat jam. HRA dapat dihitung dengan Persamaan 5 [18].

$$HRA = 15^\circ (LST - 12) \quad (5)$$

Sudut elevasi matahari (α) adalah sudut antara sinar matahari yang masuk dengan vertikal bumi. Sudut elevasi (α) dengan Persamaan 6 [19].

$$\alpha = \sin^{-1}(\sin \delta) (\sin \varphi) + \frac{(\cos \delta) (\cos \varphi) \cos HRA}{\cos \alpha} \quad (6)$$

Azimuth matahari, α_1 , merupakan putaran sudut mata angin dari cahaya datang matahari dengan Persamaan 7 [19].

$$\cos^{-1} \left(\frac{(\sin \delta) (\cos \varphi) - (\cos \delta) (\sin \varphi) \cos HRA}{\cos \alpha} \right) \quad (7)$$

Kemudian dilakukan fabrikasi alat dan pengujian analisis dari alat yang sudah dirakit sampai mendapatkan hasil yang diinginkan yaitu sudut yang dapat bergerak otomatis, listrik yang dihasilkan dan alat berfungsi sesuai program dengan baik. Kemudian dilakukan pengujian rangka menggunakan software Inventor. Fabrikasi konstruksi alat dilakukan menggunakan sambungan las dengan mesin las SMAW elektroda E6013 2,6mm dan sambungan rivet pada sambungan besi dengan triplek melamin yang digunakan. Beberapa bahan yang digunakan pada fabrikasi alat terdapat

- 1) Besi hollow 40x20x2mm
- 2) Besi siku 40x40x2mm
- 3) Triplek melamin tebal 4mm
- 4) Besi plat 500x500x4mm

5) Plat strip 40x4mm

6) Wastafel

Pengujian dilakukan dengan metode eksperimen pada beberapa variasi sudut tangkap cahaya dengan waktu yang sudah ditentukan yaitu pukul 08.00-15.00 dan dihitung hasil dari setiap 30 menit daya listrik yang dihasilkan. Dengan varian sudut yang sudah ditentukan, penentuan sudut didapat dari hasil terbaik 2 penelitian sebelumnya dengan varian baru sebagai pembanding yaitu 20° [20], 30° [9], dan sudut yang mengikuti pergerakan matahari secara otomatis. Selanjutnya dilakukan metode komparatif antara hasil perhitungan sudut *azimuth* dengan hasil metode eksperimen pada varian sudut otomatis. Maka ditemukan optimasi sudut tangkap cahaya terbaik sebagai sumber listrik dan perbandingan sudut dari perhitungan dan eksperimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

- A. Latitude (Garis Lintang)
Terletak -6° LS -106° BT
- B. LSTM (*Local Standard Time Meridian*)
LSTM = $15 \times 7 = 105^\circ$
- C. EoT (*Equation of Time*)
$$B = \frac{360}{365} (346 - 81)$$

$$= 261.3698^\circ$$

$$EoT = 9,87 \sin 2(261.3698) - 7.53 \cos (261.3698) - 1,5 \sin(261.368)$$

$$= 2.9285 - (-1.1299) - (-1.4830)$$

$$= 5.5414$$
- D. TC (*Time Correction*)
TC = $4 (106^\circ - 105^\circ) + 5.5414$
$$= 9.5414^\circ$$
- E. LST (*Local Solar Time*)
LST = $LT + \frac{9.5414}{60} = 8.1590^\circ$
- F. HRA (*Hour Angle*)
HRA = $15^\circ (8.1590 - 12) = -57.615$
- G. Sudut Deklinasi
$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(\frac{360}{365}\right) (364 - 81)$$

$$= -23.18^\circ$$
- H. Sudut Elevasi
$$= \sin^{-1}(\sin(-23.18)(\sin(-6)) + \cos(-23.18) \cos(-57.615))$$

$$= \sin^{-1}[(0.0411) + (0.4896)]$$

$$= 32.05^\circ$$

I. Sudut Azimuth

$$\cos^{-1}\left(\frac{(\sin -23.18)(\cos -6) - (\cos -23.18)(\sin -6)\cos(-57.61)}{\cos 32.05}\right)$$

$$= \cos^{-1}\frac{(-0.3914)-(0.0514)}{\cos 32.05}$$

$$= \cos^{-1}(-0.40117)$$

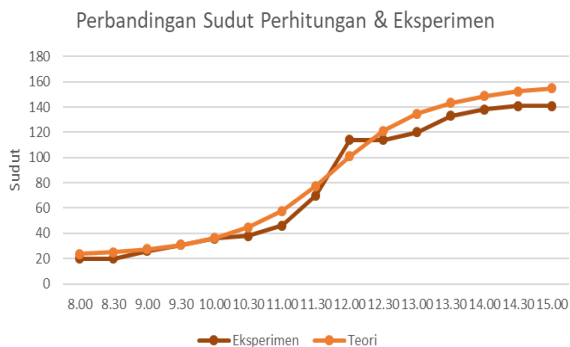
$$= 113.56^\circ$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Sudut Optimal Per 30 Menit

No	Jam	Sudut	Sudut -90
1	8.00	113.56	23.56
2	8.30	115.04	25.04
3	9.00	117.34	27.34
4	9.30	120.84	30.84
5	10.00	126.22	36.22
6	10.30	134.63	44.63
7	11.00	147.89	57.89
8	11.30	167.55	77.55
9	12.00	190.94	100.94
10	12.30	210.99	120.99
11	13.00	224.64	134.64
12	13.30	233.31	143.31
13	14.00	238.84	148.84
14	14.30	242.45	152.45
15	15.00	244.66	154.66

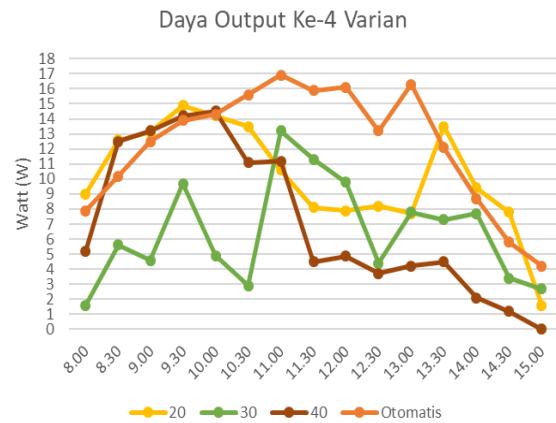
Tabel 3. Hasil Eksperimen Output Daya Varian Menggunakan Solar tracker

No	Jam	Sudut Eksperimen	Suhu (°C)	Intensitas (Cd)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	8.00	20	29.1	67660	12.56	0.63	7.9
2	8.30	20	30	127000	13.81	0.74	10.2
3	9.00	26	30.5	125000	13.88	0.9	12.5
4	9.30	31	32.1	131400	14.21	0.98	13.9
5	10.00	36	33.1	126400	13.27	1.08	14.3
6	10.30	38	30.8	136200	14.39	1.09	15.6
7	11.00	46	33.5	143700	13.22	1.28	16.9
8	11.30	70	32.2	103100	14.91	1.07	15.9
9	12.00	114	34.7	117500	12.91	1.25	16.1
10	12.30	114	33.4	128300	13.11	1.01	13.2
11	13.00	120	31.1	124500	12.54	1.3	16.3
12	13.30	133	29.8	106800	13.47	0.9	12.1
13	14.00	138	30.2	69860	12.46	0.7	8.7
14	14.30	141	31.4	42530	12.24	0.48	5.8
15	15.00	141	30.2	17280	12.85	0.33	4.2

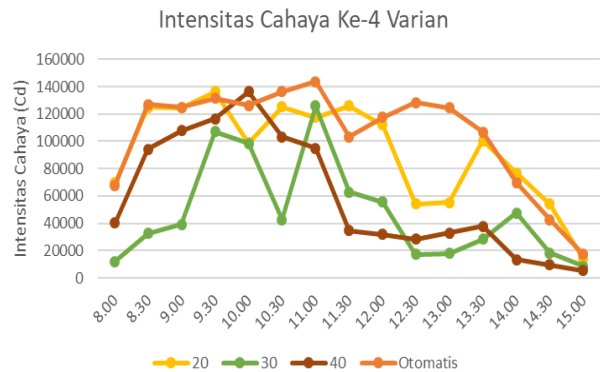


Gambar 4. Perbandingan Sudut Perhitungan dan Eksperimen

Pada Tabel 2 dan Gambar 4 pada ke 4 varian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan sudut dari hasil perhitungan sudut azimuth dan hasil eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan solar tracker. Perbedaan sudut terbesar pada saat jam 12.30 yaitu dengan selisih sudut sebesar 14,64°. Sedangkan untuk hasil optimasi didapat hasil rata-rata penyimpangan sudut sebesar 11,13%.



Gambar 5 Grafik Hasil Daya Eksperimen ke-4 Varian



Gambar 6 Grafik Intensitas Cahaya ke-4 Varian

Pada Gambar 5 dan 6 didapat hasil maksimal output daya dan intensitas cahaya setiap varian,

1. Sudut 20 daya output sebesar 14,9 W dengan intensitas matahari 136300 Cd pada jam 09.30.
2. Sudut 30 daya output sebesar 13.2 W dengan intensitas matahari 125800 Cd pada jam 11.00.
3. Sudut 40 daya output sebesar 14.5 W dengan intensitas matahari 136400 pada jam 10.00.
4. Sudut optimasi yang mengikuti pergerakan matahari daya output sebesar 16.9 W pada saat sudut 46° dengan intensitas matahari 143700 Cd pada jam 11.00.

Perbandingan Daya

Charging input saat eksperimen didapatkan dari hasil rata rata daya panel surya selama pengujian pada Tabel 3 dibagi dengan waktu pengujian yaitu selama 7 jam. Maka didapat daya panel berdasarkan eksperimen pada setiap varian:

$$P = Wp(\text{rata-rata}) \times \text{Charging Time}$$

$$P_{20} = 10,1W \times 7h = 70,98 \text{ Wh}$$

$$P_{30} = 6,5W \times 7h = 45,22 \text{ Wh}$$

$$P_{40} = 7,1W \times 7h = 49,1 \text{ Wh}$$

$$P_{\text{otomatis}} = 12,2W \times 7h = 85,67 \text{ Wh}$$

Tabel 4. Perbandingan Daya Hasil Eksperimen

Sudut	Daya Input (Wh)	Daya Output Mesin (Wh)	Perbandingan kebutuhan (%)
20	70,98	77,33	-8,21
30	45,22	77,33	-41,52
40	49,1	77,33	-36,5
Otomatis	85,67	78,73	+8,81

Pada Tabel 4 perbandingan daya pada varian sudut statis tidak dapat memenuhi kebutuhan pasokan listrik sesuai target yang diinginkan, sedangkan pada hasil optimasi pada varian sudut otomatis didapat kelebihan daya yang bisa disimpan di baterai sebesar 8,81% dari daya *output* mesin.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan hasil eksperimen yang dilakukan, lalu menganalisa data dari hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Panel surya dengan sudut otomatis dapat mendapatkan hasil terbaik sebesar 85,67 Wh dikarenakan letak panel surya selalu tegak lurus dengan arah datangnya matahari.
2. Hasil optimasi sistem pada sudut otomatis didapat kelebihan daya yang bisa disimpan di baterai sebesar +8,81% dari daya *output* mesin yang digunakan sebesar 78,73 Wh.
3. Rata-rata penyimpangan sudut yang didapat antara sudut perhitungan dan eksperimen sebesar 11,13%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan RI, *Pedoman Umum Program Indonesia Sehat Dengan Pendekatan Keluarga*. 2016.
- [2] <https://covid19.go.id/>, "Data Sebaran Covid di Indonesia," <https://covid19.go.id/>, 2022. [Online]. Available: <https://covid19.go.id/>
- [3] S. Sahidin and S. Alam, "Mesin Cuci Tangan Otomatis Menggunakan Sensor Proximity Dan Dfplayer Mini Berbasis Arduino UNO," vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2021.
- [4] A. B. P. Kakiay, D. B. Santoso, and U. Latifa, "Sistem Instrumentasi Pada Pendeteksian Tangan dan Monitoring Tangki Persediaan Alat Cuci Tangan Otomatis Menggunakan Photovoltaic," *JEC J. Electro Luceat*, vol. 6, no. 2, pp. 117–123, 2020.
- [5] R. J. Yuniar, S. S. Suprpto, and K. Sugiarto, "Pencegahan Penyebaran Virus Corona Melalui Pembuatan Alat Cuci Tangan Otomatis Di Ponpes Dan Panti Asuhan Jami ' Atul Islamiyah Balikpapan," *J. ITK*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2021.
- [6] J. Rezkyanzah, L. P. Purba, and C. A. Putra, "Perancangan Solar Tracker Berbasis Arduino Sebagai Penunjang Sistem Kerja Solar Cell Dalam Penyerapan Energi Matahari," *SCAN-Jurnal Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 11, no. 2, pp. 55–60, 2016.
- [7] E. Mohammed, "The optimum tilt angle and orientation for Solar panels," *JPORT J. Port Sci. Res.*, vol. 2, p. 2, 2019.
- [8] Y. H. Anoi, A. Yani, and W. Yunanri, "Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin UM Metro*, vol. 8, no. 2, pp. 0–5, 2019.
- [9] A. S. J. Wardhana, E. S. Damarwan, and M. L. Hakim, "The Effect of Inclination Angle of the Solar Panel on the Resulting Output Voltage," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2111, no. 1, 2021.
- [10] O. Y. Kristiawan, Akhwan, and M. D. Pupitasari, "Rancang Bangun Solar Tracker Sebagai Penghasil Energi Cadangan Pada Palang Pintu Perlintasan Kereta Api," *Pros. Forum Stud. Transp. antar Perguru. Tinggi*, pp. 41–47, 2019.
- [11] R. A. Harahap and E. Susanti, "Perancangan Plts 200 Wp Dengan Solar Tracker," *Sigma Tek.*, vol. 5, no. 2, pp. 323–332, 2022.
- [12] D. L. Pangestuningtyas, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Yang Diterima Oleh Panel Surya Tipe Larik Tetap Metode," *TRANSIENT*, vol. 2, pp. 0–7, 2013.
- [13] D. Thorpe, *Passive Solar Architecture Pocket Reference*, First Edit. New York:

- Routledge, 2018.
- [14] A. P. Pramagusta, H. Hariyanto, and B. Prakoso, "Sistem Penjejak Matahari Menggunakan Metode Pengukuran Titik Koordinat Lokasi Untuk Optimalisasi Perolehan Data Pengukuran Oleh Sunphotometer," pp. 10–11, 2019.
- [15] J. A. Duffie and W. A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, Fourth Edi. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2013.
- [16] ASHRAE, *Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications*, Inch-Pound. Atlanta, 2015.
- [17] R. Darussalam, A. Rajani, and T. D. Atmaja, "Pengaturan Arah Azimuth Dan Sudut Tilt Panel Photovoltaic Untuk Optimalisasi Radiasi Matahari , Studi Kasus: Bandung – Photovoltaic Untuk Optimalisasi Radiasi Matahari , Studi Kasus: Bandung – Jawa Barat," no. October 2017, 2016.
- [18] M. Abdurrahman *et al.*, "Solar Elevation Angle and Solar Culmination Determination using Celestial Observation ; A Case Study Of Hadejia Jigawa State , Nigeria," *Int. J. Adv. Sci. Res. Eng.*, vol. 5, no. 9, pp. 7–17, 2019.
- [19] T. Arunkumar *et al.*, "An experimental study on a hemispherical solar still," *Elsevier*, vol. 286, pp. 342–348, 2012.
- [20] O. Jaelani and A. N. Lasman, "Optimasi Perancangan Sistem Solar Cell Sebagai Sumber Energi Untuk Penggerak Pompa Air Di Daerah Pertanian Desa Karang Sari Kecamatan," *Ilm. TEKNOBIZ*, vol. 8, no. 1, pp. 17–22, 2018.