

Optimasi Perancangan Sistem Solar Cell Sebagai Sumber Energi Untuk Penggerak Pompa Air Di Daerah Pertanian Desa Karangsari Kecamatan Pakanjenjeng Garut.

Otong Jaelani *), As Natio Lasman **)

Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

Email: otongj.1973@gmail.com, asnatio@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam pemanfaatan energi surya digunakan modul solar sell untuk mengkonversikan secara langsung energi surya menjadi energi listrik, selanjutnya energi listrik tersebut digunakan untuk menggerakkan pompa air yang pemanfaatannya untuk pertanian. Salah satu factor yang mempengaruhi daya optimal pada modul solar cell adalah iklim dan sudut kemiringan modul solar cell. Penelitian ini mengkaji secara eksperimental pengaruh dari sudut kemiringan modul solar cell (β), sudut jam optimal (ω) dan jumlah hari (n). Dalam pengujian dilakukan 2 tahapan yaitu pengujian mengikuti pergerakan arah matahari dari sudut $75^\circ - 0^\circ$ dan sudut tetap kemiringan modul solar cell 20° dan 15° .

Hasil eksperimen dan dianalisa dengan menggunakan metode full factorial menunjukan bahwa sudut kemiringan modul solar cell yang optimal 20° dengan sudut jam optimal 16° dan jumlah hari 300, dengan intensitas radiasi matahari $1054,99 \text{ W/m}^2$, sedangkan intensitas matahari yang paling minimum yaitu pada sudut kemiringan modul solar cell 15° dengan sudut jam optimal 17° dan jumlah hari 301 besarnya radiasi matahari $1040,86 \text{ W/m}^2$.

Kata kunci : sudut jam optimal (ω), sudut kemiringan modul solar cell (β), jumlah hari (n), Intensitas radiasi matahari (I_r)

ABSTRACT

In the solar energy utilization used solar module to convert solar energy directly into electrical energy, then electric energy is used to move water pump which utilization for agriculture. One of the factors that influence the optimum power in solar cell module is the climate and the angle of the solar cell module. This study assessed experimentally the influence of the angle of the solar cell module (β), the optimum hour angle (ω) and the number of days (n). In testing is done 2 stages of testing following the movement of the direction of the sun from the angle $75^\circ - 0^\circ$ and fixed angle of the module of solar cell 20° and 15° .

The experimental results and analyzed using full factorial method indicate that the optimum angle of solar cell module 20° with optimum hour angle of 16° and the number of days 300, with the intensity of solar radiation $1054,99 \text{ W / m}^2$, while the sun intensity is the minimum that is at the angle of tilt 15° solar cell module with optimum hour angle of 17° and 301 days of sun radiation $1040,86 \text{ W / m}^2$.

Keywords : optimum hour angle (ω), tilt angle of solar cell module (β), number of days (n), solar radiation intensity (I_r)

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris sebagian besar penduduk Indonesia adalah petani, kehidupan petani sangat tergantung terhadap ketersediaan air untuk mengelola lahan pertanian. Ketersediaan air yang memenuhi sayarat untuk kebutuhan petani tersebut diatas, sering terjadinya masalah, karena belum adanya irigasi yang memadai, karena kebutuhan air untuk 1 hektar sawah memerlukan sebanyak $500 \text{ M}^3/\text{hari}$ [1]. Sehingga perlu pompa untuk memperoleh air

guna memenuhi kebutuhan pengairan untuk pertanian dengan spesifikasi pompa; head 40 m, daya 1.8 – 2 kW, kapasitas $13 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Mengingat daerah Pasanggrahan Desa Karangsari Kecamatan Pakenjeng Kabupaten Garut. Sangat memungkinkan untuk penggunaan solar cell sebagai penghasil energi listrik yang digunakan untuk menggerakkan pompa karena radiasi matahari rata-rata yang terjadi yaitu $4.57 - 5.43 \text{ kWh/m}^2$. Menurut pengukuran dari pusat meteorologi dan giofisika diperkirakan besar radiasi rata-rata wilayah Indonesia berkisar antara

1700 – 1950 Kwh/mi² tahun = 4.66 – 5.34 kWh/m² hari dengan variasi bulanan sekitar 9.5% [2].

Energi matahari atau energi surya adalah bentuk energi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi secara terus menerus, selain itu energi surya adalah sangat atraktif karena tidak bersifat polutan, tidak habis dan gratis.

Dalam pemanfaatan energi surya digunakan modul solar cell untuk mengkonversikan secara langsung energi surya menjadi energi listrik, selanjutnya energi listrik tersebut digunakan untuk menggerakkan pompa air yang pemanfaatannya untuk pertanian. Salah satu factor yang mempengaruhi daya optimal pada modul solar cell adalah iklim dan sudut kemiringan modul solar cell. Penelitian ini mengkaji secara eksperimental pengaruh dari sudut kemiringan modul solar cell (β), sudut jam optimal (ω) dan jumlah hari (n). Dalam pengujian dilakukan 2 tahapan yaitu pengujian mengikuti pergerakan arah matahari dari sudut 75° – 0° dan sudut tetap kemiringan modul solar cell 20° dan 15°.

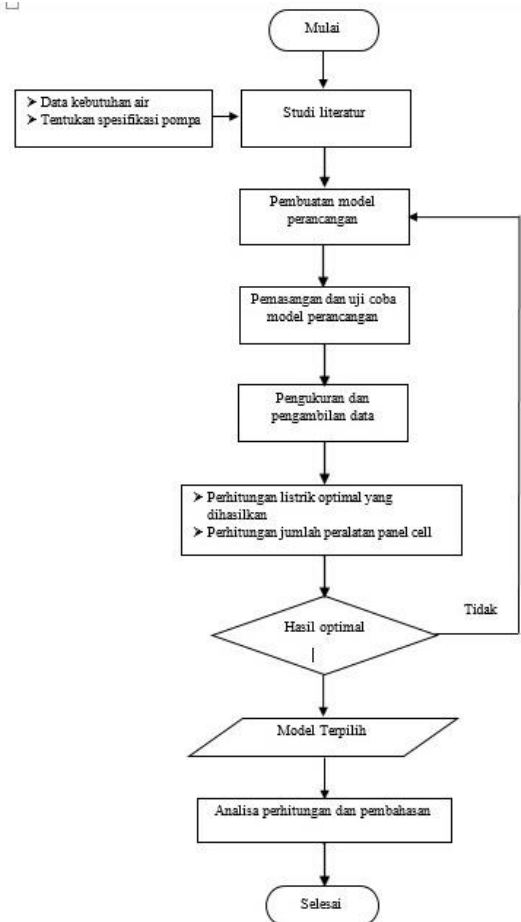
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode atau pendekatan secara teoritis dan eksperimental. Kajian secara teoritis untuk mendapatkan parameter-parameter utama solar cell dengan berbagi sumber literature berupa buku teks, jurna-jurnal, internet. Sedangkan pendekatan secara eksperimental dilakukan dengan pembuatan model perancangan, untuk pengambilan data energi listrik yang dihasilkan dari sudut kemiringan modul solar cell. Sedangkan tempat penelitian dilakukan di daerah pertanian Pasanggrahan Desa karangsari Kecamatan Pakenjeng Kabupaten Garut Jawa Barat. Dimulai dari 23 sampai dengan 28 Oktober 2017.

Terdapat 3 (tiga) variabel pengujian yang digunakan didalam penelitian ini, yaitu :

1. Jumlah hari (n)
2. Sudut jam optimal (ω)
3. Sudut kemiringan modul solar cell β

Gambar dibawah ini merupakan gambar dari diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dalam proses pengujian ini bahan yang digunakan adalah modul solar cell tipe *Poly-crystalline* model GH100P-18 yang akan dijadikan sebagai sistem penghasil energi listrik untuk menggerakkan pompa air.



Gambar 2. Modul Solar cell *Poly-crystalline*

Tabel 1. Spesifikasi *Poly-crystalline*.

No	Parameter	Besaran
1	Rated Maximum Power	100 W
2	Toleranci	$\pm 3 \%$
3	Voltage at Pmax (Vmp)	17 V
4	Current at Pmax (Imp)	5,89 A
5	Open - Cir Cuit Voltage (Voc)	22,0 V
6	Short - Cir Cuit Current (Isc)	6,08 A
7	Normal Oprating Cell Temp (NOCT)	$47 \pm 2^{\circ}\text{C}$
8	Maxsimun System Voltage	1000 VDC
9	Maxsimun Series Fuse Rating	15 A
10	Operating Temperature	40 to $+ 85^{\circ}\text{C}$
11	Application Class	Class A
12	Cell Teknologi	Poly.Si
13	Weight	12,5 KGS
14	Dimension	1020*670*30 mm

Pengumpulan data yang dilakukan dengan 2 cara pengujian yaitu :

1. Pengujian model modul solar cell pada sudut kemiringan yang mengikuti pergerakan matahari dari jam 8.00 – 16.00 yang bertujuan untuk mendapatkan sudut kemiringan modul solar cell yang terbaik untuk dijadikan sebagai acuan pengujian selanjutnya.
2. Pengujian model solar cell dengan kemiringan 15° dan 20° menghadap Timur, setiap 30 menit dilakukan pengukuran dari jam 8.00 – 16.00, dengan menggunakan multimeter. Pengukuran ini dilakukan berkali-kali untuk mendapatkan data yang tepat dan akurat.

Data-data yang sudah diperoleh dari hasil penelitian dilakukan perhitungan dan analisa dengan menggunakan metode full factorial [3], dibantu dengan kalkulator dan mikrososf exel untuk melakukan perhitungan 8 kali percobaan. Tujuan dari menggunakan metode full factorial untuk melihat interaksi antara factor yang kita cobakan, sehingga mendapatkan hasil yang tertinggi. Selanjutnya lakukan perhitungan rata-rata untuk dibandingkan antara variabel satu dengan yang lainnya dan ditunjukkan dengan grafik.

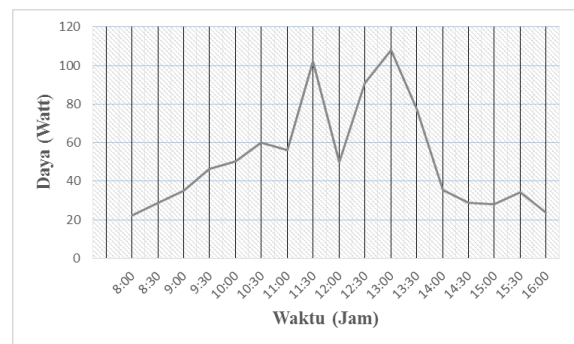
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dari data hasil pengukuran menggunakan *Solar radiation finder* 2017, intensitas radiasi matahari rata-rata diketahui sebesar $4,89 \text{ kWh/m}^2$, sedangkan intensitas radiasi matahari yang terjadi pada bulan oktober 2017

ditempat pemasangan modul solar cell (Pasanggrahan) $5,17 \text{ kWh/m}^2$. Maka daya matahari yang dapat diserap oleh modul solar cell adalah $646,25 \text{ Watt/m}^2$.

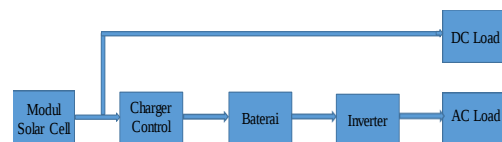
Tabel 2. . Data hasil pengujian modul solar cell model GH100P-18

NO	waktu Test (Jam)	Jumlah han (n)	Kemiringan Modul Solar Cell (B)	Sudut Jam Optimal (o)	Tegangan (Voc)	Arus (Isc)	P (Daya) (watt)
1	8:00	300	20	16	19,7	1,12	22,064
2	8:30	300	20	16	19,9	1,45	28,855
3	9:00	300	20	16	19,9	1,77	35,223
4	9:30	300	20	16	19,9	2,33	46,367
5	10:00	300	20	16	20	2,51	50,2
6	10:30	300	20	16	20	3	60
7	11:00	300	20	16	20	2,81	56,2
8	11:30	300	20	16	20,1	5,08	102,108
9	12:00	300	20	16	19,9	2,5	49,75
10	12:30	300	20	16	20	4,55	91
11	13:00	300	20	16	20	5,4	108
12	13:30	300	20	16	20	3,88	77,6
13	14:00	300	20	16	19,7	1,81	35,657
14	14:30	300	20	16	19,7	1,46	28,762
15	15:00	300	20	16	19,6	1,43	28,028
16	15:30	300	20	16	19,9	1,73	34,427
17	16:00	300	20	16	19,7	1,2	23,64



Gambar 2. Grafik Perbandingan Daya Terhadap Waktu.

Adapun sistem kerja sel surya dapat dijelaskan dengan diagram balok dibawah ini:



Gambar 3. Diagram Blok Sistem Modul Solar Cell.

Dari Gambar 3. diatas dapat dijelaskan bahwa energi sinar matahari diterima oleh modul solar cell, dikonversi menjadi energi listrik disalurkan ke charger control untuk mengatur pengisian energi listrik pada baterai, lalu masuk ke inverter untuk dirubah dari arus DC menjadi AC sehingga dapat dimanfaatkan pada beban . Dan

bisa juga langsung dari modul solar cell di gunakan untuk beban DC (pompa DC).

Deklinasi δ yaitu sudut yang dibentuk oleh matahari dengan bidang ekuator, ternyata berubah sebagai akibat kemiringan bumi, dari $+ 23,45^0$ musim panas (21Juni) ke $-23,45^0$ di musim dingin (21 Desember). Harga deklinasi pada setiap saat dapat diperkirakan dengan persamaan 2.15 di mana n hari dari tahun yang bersangkutan.

Maka : pada tanggal 27 Oktober, $n = 300$

$$\delta = - 23,45 \sin \left(360 \frac{284+300}{365} \right) \\ = 13,78^0$$

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 25, 27, 28 Oktober dimulai dari pagi sampai sore hari dimana sudut jam (ω) adalah 16^0 dan 17^0 (untuk lokasi Pasanggrahan Pamengpeuk) diambil ($\omega = 16^0$), sudut kemiringan (β) adalah 20^0

Menghitung sudut zenith (θ_z)

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \varnothing + \cos \delta \cos \varnothing \cos \omega$$

Dimana $\varnothing$ adalah lokasi Pasanggrahan Pamengpeuk 7.40^0

$$\begin{aligned} \cos \theta_z &= \sin (13,78) \sin (7,40) + \cos (13,78) \\ &\quad \cos (7,40) \cos 16 \\ &= (0,2383) (0,1288) + (0,9712) \\ &\quad (0,9917) (0,9613) \\ &= (0,0307) + (0,9259) \\ &= 0,9566 \\ \theta_z &= 16,94^0 \\ &= 17^0 \end{aligned}$$

Menghitung sudut ketinggian (α)

$$\begin{aligned} \alpha &= 90 - 17^0 \\ &= 73^0 \end{aligned}$$

Menghitung sudut Azimut (θ_A)

$$\begin{aligned} \cos \theta_A &= \frac{\sin \delta - \sin \varnothing \cos \theta_z}{\cos \varnothing \sin \theta_z} \\ \cos \theta_A &= \frac{\sin(13,78) - \sin(7,40) \cos(17)}{\cos(7,40) \sin(17)} \\ &= \frac{(0,2383) - (0,1288) (0,9566)}{(0,9917) (0,2914)} \\ &= \frac{0,115}{0,2889} \\ \cos \theta_A &= 0,3981 \\ \theta_A &= 66,54^0 \end{aligned}$$

Intensitas radiasi sorotan (I_{bT}) pada permukaan miring

$$I_{bT} = I_b (\cos \beta \times \cos \omega + \sin \beta \times (\theta_A - \alpha))$$

Dimana komponen langsung (pada sebuah permukaan horizontal) [4].

$$\begin{aligned} I_b &= 2,70 \text{ kWh/m}^2 \\ &= \frac{2700}{8} \text{ Wh/m}^2 \\ &= 337,5 \text{ W/m}^2 \\ I_{bT} &= 337,5 \times (\cos 20 \times \cos 16 + \sin 20 \times (66,54 \\ &\quad - 73)) \\ &= 337,5 \times (0,9396 \times 0,9613 + 0,3420 \times \\ &\quad 0,9936) \\ &= 337,5 \times 1,2431 \\ &= 419,5463 \\ &= 419,55 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Radiasi sebaran (*diffuse radiation*) yang disebut juga radiasi langit (*sky radiation*), adalah radiasi yang dipancarkan ke permukaan penerima oleh atmosfer, dan karena itu berasal dari seluruh bagian hemisfer langit. Radiasi sebaran (langit) didistribusikan merata pada hemisfer (disebut distribusi isotropik), maka radiasi sebaran pada permukaan miring dinyatakan dengan :

$$\begin{aligned} I_{dt} &= I_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) \\ I_d &= 5,21 \text{ kWh/m}^2 \\ &= \frac{5210}{8} \text{ W/m}^2 \\ &= 651,25 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Dimana I_d adalah radiasi sebaran pada bulan Oktober.[4].

$$\begin{aligned} I_{dt} &= 651,25 \left(\frac{1 + \cos 20}{2} \right) \\ &= 651,25 \times 0,9698 \\ &= 631,5823 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Radiasi pantulan selain komponen radiasi langsung dan sebaran, permukaan penerima juga mendapatkan radiasi yang dipantulkan dari permukaan yang berdekatan, jumlah radiasi yang dipantulkan tergantung dari reflektansi α (albeldo) dari permukaan yang berdekatan itu, dan kemiringan permukaan yang menerima .Radiasi yang dipantulkan per jam, juga disebut radiasi pantulan. Dimana reflektansi α dianggap 0,20 – 0,25 untuk permukaan-permukaan tanpa salju dan 0,7 untuk lapisan salju yang baru turun, kecuali

jika tersedia data yang lain, dimana H radiasi global.[4].

$$I_{rT} = \alpha \cdot H \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} H &= 5,12 \text{ kWh/m}^2 \\ &= \frac{5120}{8} \text{ Wh/m}^2 \\ &= 640 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$I_{rT} = 0,20 \times 640 \left(\frac{1 - \cos 20}{2} \right)$$

$$= 128 \times 0,0302$$

$$I_{rT} = 3,8656 \text{ W/m}^2$$

Intensitas Radiasi Total

$$\begin{aligned} I_T &= I_{bT} + I_{dT} + I_{rT} \\ &= 419,5463 + 631,5823 + 3,8656 \\ &= 1054,9942 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Daya yang dihasilkan oleh modul solar cell setelah dioptimalkan sebagai berikut :

$$P = A \cdot I_T \cdot \eta_{sc} \cdot F_r$$

$$A = \text{Luas penampang (Panjang x Lebar)}$$

pada modul solar cell

$$\eta_{sc} = \text{Efisiensi solar sell (19,80 \%)}$$

$$F_r = \text{Faktor koreksi (0,7)}$$

$$I_T = \text{Intensitas radiasi total}$$

$$P = 15,7182 \text{ m}^2 \times 1054,9942 \text{ W/m}^2 \times 0,1980 \times 0,7$$

$$P = 2298,35 \text{ Watt}$$

Optimasi Solar Cell dengan Eksperimen *Full Factorial*. Pada optimasi solar cell diambil 3 faktor untuk dioptimasi yaitu:

1. Jumlah hari (n)
2. Sudut jam optimal (ω)
3. Sudut kemiringan modul solar cell (β)

Tabel 3. Data Pengujian

No	Faktor	Level 1 27 Oktober	Level 2 28 Oktober
1	Jumlah hari (n)	300	301
2	Jumlah sudut Optimal (ω)	16	17
3	Sudut Kemiringan Modul solar Cell (β)	15	20

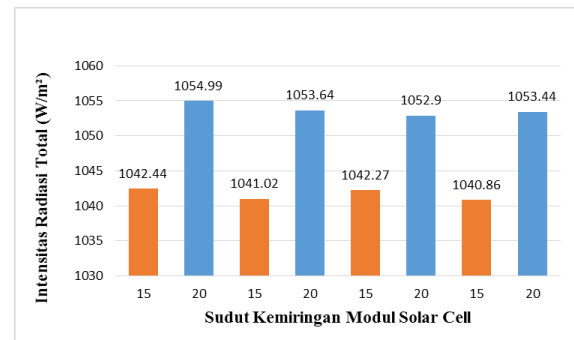
Perhitungan optimasi di atas dilakukan dengan metode full Factorial sehingga mendapatkan percobaan sebanyak 8 kali dari hasil $2^3(2 \times 2 \times 2)$ dengan berbagai variasi sudut jam optimal (ω), sudut kemiringan modul solar cell (β) dan jumlah hari (n), maka diperoleh data hasil

yang dirangkum dalam sebuah tabel sebagai berikut :

Tabel 4. Data Hasil Optimasi *Full Factorial*

No	Hari (n)	ω (°)	β (°)	δ (°)	θ_z (°)	θ_A (°)	I_{bT} (W/m ²)	I_{dT} (W/m ²)	I_{rT} (W/m ²)	I_T (W/m ²)
1	300	16	15	13,78	16,94	66,54	400,14	640,11	2,19	1,042,44
2	300	16	20	13,78	16,94	66,54	419,55	631,58	3,87	1,054,99
3	300	17	15	13,78	17,88	67,68	398,72	640,11	2,19	1,041,02
4	300	17	20	13,78	17,88	67,68	418,20	631,58	3,87	1,053,64
5	301	16	15	14,11	17,1	65,55	399,97	640,11	2,19	1,042,27
6	301	16	20	14,11	17,1	65,55	417,45	631,58	3,87	1,052,90
7	301	17	15	14,11	17,99	66,67	398,55	640,11	2,19	1,040,86
8	301	17	20	14,11	17,99	66,67	417,99	631,58	3,87	1,053,44

Dari tabel di atas jumlah hari (n) yang berjumlah 300 dan 301 di hitung dari bulan awal tahun yang bersangkutan yaitu terhitung dari bulan Januari sampai bulan Oktober, jika di lihat dari tabel 4.3 di atas maka intensitas matahari yang paling optimum dihasilkan terdapat pada saat sudut jam matahari di posisi 16° dan kemiringan bidang permukaan diposisi 20° dengan intensitas 1054,99 W/m². Intensitas matahari yang paling minimum dihasilkan terdapat pada perhitungan pada saat sudut jam matahari diposisi 17° dan kemiringan bidang permukaan modul solar cell diposisi 15° dengan intensitas 1040,86 W/m².

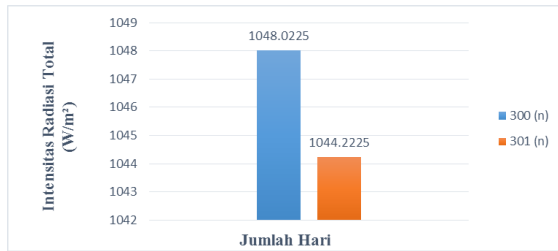


Gambar 3. Grafik Hasil Optimasi *Full Factorial*.

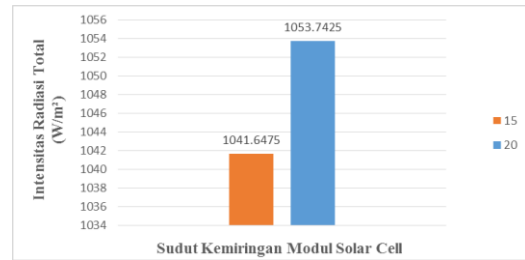
Pengaruh Rata-Rata Jumlah Hari (n) Terhadap intensitas radiasi total (I_T)

Tabel 5. Hasil perhitungan rata – rata (n) terhadap (I_T)

	(n) 300	n(301)
I_T	1042.44	1042.27
	1054.99	1052.9
	1041.02	1040.86
	1053.64	1040.86
Rata-rata	1048.0225	1044.2225



Gambar 4. Grafik Pengaruh Rata-rata (n) terhadap (I_T)

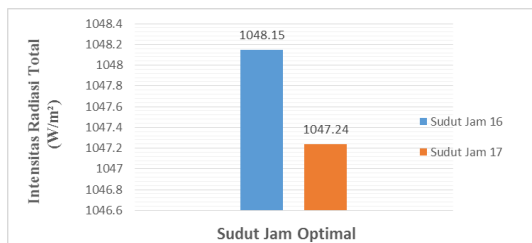


Gambar 6. Grafik Pengaruh Rata-rata (β) Terhadap (I_T)

Pengaruh Rata-Rata Sudut Jam optimal (ω) Terhadap intensitas radiasi total (I_T)

Tabel 6. Hasil perhitungan rata – rata (ω) terhadap (I_T)

	ω (16)	ω (17)
I_T	1,042.44	1,041.02
	1,054.99	1,053.64
	1,042.27	1,040.86
	1,052.90	1,053.44
Rata-rata	1,048.15	1,047.24



Gambar 5. Grafik Pengaruh Rata – rata (ω) terhadap (I_T)

Pengaruh rata-rata Sudut kemiringan modul solar cell (β) terhadap intensitas radiasi total (I_T)

Tabel 7. Hasil Perhitungan Rata-rata (β) terhadap (I_T)

	(β) 15	(β) 20
I_T	1042.44	1054.99
	1041.02	1053.64
	1042.27	1052.9
	1040.86	1053.44
Rata -rata	1041.65	1053.74

IV. KESIMPULAN

Optimasi sel surya menggunakan metode full factorial dengan percobaan sebanyak 8 kali, terhadap berbagai variasi, jumlah hari (n), sudut jam optimal (ω), sudut kemiringan modul solar cell (β) memberikan hasil yaitu Intensitas matahari yang paling optimum terdapat pada bulan Oktober di mana jumlah hari 300, sudut jam matahari di posisi 16°, kemiringan modul solar cell 20° dengan intensitas 1054,99 W/m². Sedangkan Intensitas matahari yang minimum terdapat pada bulan Oktober di mana jumlah hari 301, sudut jam matahari di posisi 17°, kemiringan bidang permukaan diposisi 15° dengan intensitas 1040,86 W/m². Daya yang dihasilkan oleh modul solar cell dari hasil optimasi untuk menggerakkan pompa sebesar 2298,35 Watt.

Kondisi iklim tempat dimana modul solar cell dipasang sangat mempengaruhi terhadap daya optimal, maka untuk pemilihan jenis dari modul solar cell perlu disesuaikan dengan kondisi iklim di daerah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Priyonugroho. 2014. *Analisa Kebutuhan Air Irigasi Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keben Daerah Kabupaten Empat Lawang*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- [2] Fereferik H, Sumbuyung, Yohanes Letsoin. 2012. *Analisa dan Estimasi Radiasi Konstan Energi Matahari Melalui Variasi Sudut Panel Fotovoltatik SHS 50 WP*. Papua: Universitas Musamus Merauke.
- [3] J. Antoni. 2003. *Design of experiments for engineers and scientits*.
- [4] Marcel Sury, Tomas Cebecauer. 2017. *Solar Resource anad Photovoltaic Power Potensial Of Indonesia*.