

# Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Panel Surya Untuk Pemanas Air Dengan Sumber Energi Surya

Miguel Debtan Marpaung<sup>1</sup>, Jhon Sufriadi Purba<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Sumatera Utara, Indonesia

Email: <sup>1</sup>miguelpurba1@gmail.com, <sup>2</sup>jhonsufriadi@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: <sup>1</sup>jhonsufriadi@gmail.com

**Abstrak**- Tujuan dari Penelitian ini adalah dengan menggunakan variasi sudut kemiringan pada panel surya dengan membuat sudut 15°, 30° dan 45° untuk mencari efisiensi panas radiasi matahari yang bertujuan untuk memanaskan air. Pemanas air tenaga surya merupakan suatu alat yang memanfaatkan radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi panas yang berfungsi untuk memanaskan air. Adapun metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah studi literatur dan eksperimen pengembangan. Studi literatur digunakan untuk mengetahui dasar-dasar teori tentang panel surya, bagaimana prinsip kerjanya hingga bagaimana pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap daya listrik yang dihasilkan dan pengaruhnya terhadap tingkat kematangan air. Pada sudut kemiringan 30° memiliki rata – rata terbesar terhadap kenaikan suhu air, jumlah tegangan listrik dan kuat arus listrik. Pada sudut kemiringan 30° nilai efisiensi panel surya mencapai 13,7%, lebih tinggi dari sudut kemiringan lainnya. Suhu air yang paling tinggi di dapatkan pada sudut kemiringan 30° di jam 15.00 WIB yaitu 86,4°C dimana  $\Delta T$  (86,4°C - 25°C) 61,4°C dengan rata – rata kenaikan suhu air sebanyak 10,23°C perjamnya. Suhu air paling rendah di dapatkan pada sudut kemiringan 45° di jam 15.00 WIB yaitu 84,1°C dimana  $\Delta T$  (84,1°C - 25°C) 59,1°C dengan rata - rata kenaikan suhu air sebanyak 9,5°C.

**Kata Kunci:** Kemiringan, Radiasi, Pemanas, Suhu, Efisiensi

**Abstract**– The aim of this research is to use variations in the angle of inclination of the solar panel by making angles of 150, 300 and 450 to find the efficiency of solar radiation heat which aims to heat water. A solar water heater is a device that utilizes solar radiation and converts it into heat energy which functions to heat water. The research methods used in this research are literature study and development experiments. Literature studies are used to find out the theoretical basics of solar panels, how their principles work and how the angle of inclination of the solar panels affects the electrical power produced and its effect on the level of water maturity. The slope angle of 30° has the largest average increase in water temperature, the amount of electric voltage and the strength of the electric current. At a tilt angle of 30° the solar panel efficiency value reaches 13.7%, higher than other tilt angles. The highest water temperature was obtained at a slope angle of 30° at 15.00 WIB, namely 86.4°C where  $\Delta T$  (86.4°C - 25°C) was 61.4°C with an average increase in water temperature of 10.23°C per hour. The lowest water temperature was obtained at a slope angle of 45° at 15.00 WIB, namely 84.1°C where  $\Delta T$  (84.1°C - 25°C) was 59.1°C with an average increase in water temperature of 9.5°C.

**Keywords:** Slope, Radiation, Heating, Temperature, Efficiency

## 1. PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan salah satu energi fosil yang masih ada hingga saat ini dan juga menjadi pilihan utama dalam memenuhi kebutuhan energi dunia khususnya di Indonesia. Namun saat energi ini digunakan terus menerus akan habis karena ketersediaannya sangat terbatas dan tidak terbarukan. Energi surya merupakan energi terbarukan yang berasal dari sinar matahari dan panas yang tidak menimbulkan polusi dan bersifat ada terus menerus [1].

Potensi energi panas matahari di Indonesia sangat melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal. Indonesia sangat kaya akan energi terbarukan dengan potensi lebih dari 400.000 Mega Watt (MW), 50% diantaranya atau sekitar 200.000 MW adalah potensi energi surya. Sementara pemanfaatan energi surya sendiri saat ini baru sekitar 150 MW atau 0,08% dari potensinya (Humas EBTKE. 2021. [ebtke.esdm.go.id](http://ebtke.esdm.go.id), 20 Juli 2023) [2]. Padahal, Indonesia adalah negara yang berada di garis khatulistiwa yang wajib menjadi panglima dalam pengembangan energi surya. Dengan adanya tantangan penyediaan energi dan potensi energi panas matahari, banyak penelitian yang dilakukan untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi surya. Salah satu pemanfaatan energi surya adalah penggunaan kolektor surya untuk mengumpulkan energi panas matahari. Pemanas air tenaga surya (*solar water heater*) merupakan suatu alat yang memanfaatkan radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi panas yang berfungsi untuk memanaskan air [3].

Pemanas air tenaga surya merupakan salah satu solusi untuk mengurangi penggunaan energi fosil dan mengurangi emisi karbon dioksida. Untuk memaksimalkan intensitas matahari yang diterima oleh panel surya maka pada perancangan sistem dibutuhkan sudut kemiringan panel yang tepat untuk menerima radiasi matahari yang paling tinggi [1]. Sudut kemiringan kolektor panas yang efektif dapat berbeda di berbagai lokasi geografis. Perbedaan sudut matahari yang jatuh pada permukaan bumi pada lintang dan bujur yang berbeda akan mempengaruhi penangkapan energi matahari oleh kolektor panas [1]. Oleh karena itu, studi mengenai sudut kemiringan ini penting untuk memahami bagaimana efisiensi pemanas air dapat ditingkatkan dengan mengoptimalkan sudut kemiringan kolektor panas.

Matahari mempunyai diameter  $1,39 \times 10^9$  m. Bumi mengelilingi matahari dengan lintasan berbentuk ellipse dan matahari berada pada salah satu pusatnya. Jarak rata-rata matahari dari permukaan bumi adalah  $1,49 \times 10^{11}$  m. Daya radiasi rata-rata yang diterima atmosfer bumi yaitu ( $G_{sc}$ ) 1367 W/m<sup>2</sup>. Lintasan bumi terhadap matahari berbentuk ellipse, maka jarak antara bumi dan matahari tidak konstan. Jarak terdekat adalah  $1,47 \times 10^{11}$  m yang terjadi pada

tanggal 3 Januari dan jarak terjauh pada tanggal 3 juli dengan jarak 1,52x10<sup>11</sup> m. Karena adanya perbedaan jarak ini, menyebabkan radiasi yang diterima atmosfer bumi juga akan berbeda [4].

Panel surya pada umumnya ada tiga jenis yang pertama adalah jenis *Monocrystalline*. *Monocrystalline* menggunakan satu sel surya *crystalline* murni yang memiliki efisiensi paling besar dibandingkan jenis panel sel surya lainnya. Sel suryanya terbuat dari silikon yang diiris tipis-tipis dengan menggunakan mesin. Karakteristiknya identik karena penggunaan mesin potong ini. Secara bentuk, panel ini dapat diidentifikasi dari warna selnya yang hitam gelap dengan model terbagi pada setiap sudutnya. *Monocrystalline* memiliki kemurnian silikon sehingga dapat memiliki tingkat efisiensi terbesar mencapai 20% ke atas. Panel surya monocrystalline memiliki keluaran daya yang tinggi, tidak terlalu butuh banyak ruang dan paling tahan lama dibanding jenis lainnya. Yang kedua dengan jenis *Polycrystalline* yang memiliki bahan yang sama dengan *monocrystalline*, hanya saja bentuk panel agak berbeda dan memiliki efektivitas yang lebih rendah. panel ini berbentuk persegi, sudutnya tidak terpotong, dan ada bintik-bintik biru di tampilannya. Efisiensi hanya 15% dibanding *monocrystalline* efisiensi sekitar 20%. Begitupun keluaran daya yang dihasilkan. Dan yang ketiga yaitu jenis *Thin Flim Solar Cell*. Jenis panel ini memiliki lapisan silikon yang diendapkan pada bahan dasar seperti logam atau gelas untuk membuat panel surya. Panel surya ini memiliki ukuran yang sangat tipis dan memiliki bobot yang lebih ringan. Selain itu, sifatnya juga sangat fleksibel. Panel ini dibuat dengan mendepositkan lapisan tipis zat *fotovoltaic* ke permukaan padat, seperti kaca [5].

Panel surya merupakan perangkat yang dapat mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Sinar matahari merupakan sumber energi terbarukan yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik baru. Teknologi panel surya berpotensi untuk diterapkan di Indonesia yang memiliki iklim tropis. Permasalahan utama energi surya adalah ketidakstabilan daya yang dihasilkan panel surya karena sangat bergantung pada intensitas sinar matahari yang diterima [2]. Intensitas sinar matahari yang diterima panel surya dapat dimaksimalkan dengan memasang panel surya dengan sudut kemiringan yang tepat sehingga akan diperoleh daya keluaran yang maksimal.

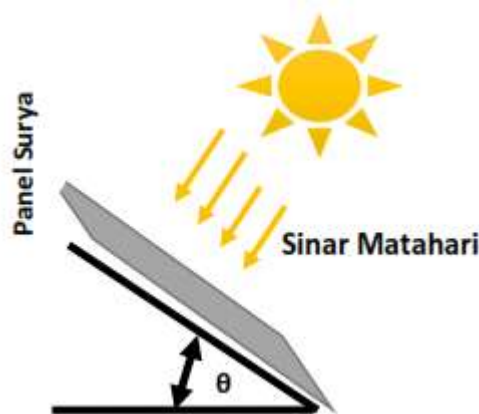
Penelitian ini bertujuan untuk memanaskan air dengan sumber energy surya dengan menggunakan variasi sudut kemiringan pada panel surya dengan membuat sudut 15°, 30° dan 45° untuk mencari efisiensi panas radiasi matahari. Pemanas air tenaga surya merupakan suatu alat yang memanfaatkan radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi panas yang berfungsi untuk memanaskan air [6].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode eksperimen.

### 2.1 Metode Eksperimen

Adapun metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah studi literatur dan eksperimen pengembangan. Studi literatur digunakan untuk mengetahui dasar-dasar teori tentang panel surya, bagaimana prinsip kerjanya hingga bagaimana pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap daya listrik yang dihasilkan dan pengaruhnya terhadap tingkat kematangan air [7]. Metode eksperimen pengembangan yang dilakukan adalah dengan menggunakan variasi sudut kemiringan 15°, 30° dan 45° pada panel surya 250 WP untuk memanaskan air sebanyak 20 liter dengan suhu awal air sekitar 25°C. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan setiap hari mulai dari jam 10.00 – 15.00 WIB dengan sudut kemiringan panel yang diletakkan menghadap arah datangnya matahari dari timur [8]. Usaha yang dilakukan untuk mengupayakan agar panel surya selalu mengikuti cahaya matahari adalah *tracking* yaitu dengan cara memindahkan panel surya mengikuti arah pergerakan matahari. Setiap satu sudut kemiringan dilakukan pengujian lima kali untuk mendapatkan data yang lebih optimal. Variabel bebas yang diamati dalam penelitian ini adalah pengaruh radiasi matahari, tegangan listrik dan kuat arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Sedangkan variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah suhu air yang dihasilkan oleh alat pemanas air energi surya [9].



Gambar 1, Skema optimasi sudut kemiringan panel surya [10]

Parameter yang diamati pada pengujian sistem pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 250 WP meliputi pengukuran besaran secara berkala antara pukul 10:00 – 15:00 WIB dan setiap satu jam sekali dilihat pada alat ukur yang digunakan pada pengujian dan mencatat nilai dari hasil pengukuran. Penggunaan alat ukur perlu diperhatikan dari jenis dan kegunaannya seperti yang digunakan pada pengujian sistem pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 250 WP, alat ukur yang digunakan berupa solar power meter yang berfungsi untuk mengukur radiasi matahari, tang amper untuk mengukur tegangan listrik dan kuat arus listrik dan juga termokopel untuk mengukur suhu air [11].

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data keluaran panel sel surya yang meliputi data radiasi matahari, data tegangan yang dihasilkan dan data arus listrik yang dihasilkan pada tiap variasi sudut kemiringan  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $45^\circ$ . Data dari sudut kemiringan paling optimal yang diperoleh dari hasil pengamatan berupa suhu air, tegangan listrik dan arus listrik serta radiasi matahari, kemudian akan dilakukan uji regresi linear untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Dari hasil pengolahan tersebut kemudian akan dianalisis dan selanjutnya data akan di sajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menampilkan grafik daya *output* dan efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga surya [12].

## 2.2 Prosedur Penelitian

Berikut prosedur dalam pengujian [13] :

1. Proses *assembling* / penyambungan semua komponen alat pemanas air tenaga surya. Dipastikan semua komponen terpasang dengan baik
2. Wadah pemanas di isi air sebanyak 20 liter dengan suhu awal air yaitu  $25^\circ\text{C}$ .
3. Pengujian dilakukan mulai pukul 09:00 WIB hingga 15:00 WIB. Karena intensitas matahari yang terjadi pada kondisi tersebut sangat bagus.
4. Sebelum melakukan penelitian dilakukan pemeriksaan peralatan untuk mengetahui apakah peralatan pengujian berfungsi dengan baik
5. Tentukan sudut kemiringan panel surya agar menghadap arah datangnya matahari dari timur
6. Menggunakan *Solar Power Meter* untuk mengukur radiasi matahari
7. Pastikan baterai masih penuh sebagai sumber daya cadangan ketika tiba tiba langit menjadi mendung
8. Menggunakan Tang Meter untuk mengukur tegangan dan kuat arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya
9. Menempatkan 4 termokopel di ke empat sudut wadah pemanas air dan kemudian 1 termokopel lainnya di tengah wadah pemanas air untuk mengetahui setiap kenaikan suhu air.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Tabel Hasil Pengamatan

Pengujian setiap satu sudut kemiringan dilakukan dalam lima hari ulangan yang dilakukan saat cuaca panas optimal agar bisa mendapatkan nilai efektivitas dari setiap sudut kemiringan dengan cara mengamati dan mengukur nilai tertinggi dari setiap variabel uji panel surya dan juga pemanas air.

Tabel 1 Hasil Pengamatan Suhu Air

| Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Terhadap Suhu Air | Lima Hari Pengujian |      |      |      |      | Rata - Rata Suhu Air ( $^\circ\text{C}$ ) |
|-----------------------------------------------------|---------------------|------|------|------|------|-------------------------------------------|
|                                                     | 1                   | 2    | 3    | 4    | 5    |                                           |
| Sudut Kemiringan $15^\circ$                         | 60                  | 59,8 | 58,8 | 59,6 | 59,3 | 59,5                                      |
| Sudut Kemiringan $30^\circ$                         | 61,3                | 60,7 | 60,9 | 58,2 | 61,4 | 60,5                                      |
| Sudut kemiringan $45^\circ$                         | 57,9                | 57,6 | 59,1 | 58,6 | 58,8 | 58,4                                      |

Tabel 2 Hasil Pengamatan Tegangan Listrik

| Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Terhadap Tegangan Listrik | Lima Hari Pengujian |      |      |      |      | Rata – Rata Tegangan Listrik (Volt) |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|------|------|------|------|-------------------------------------|
|                                                             | 1                   | 2    | 3    | 4    | 5    |                                     |
| Sudut Kemiringan $15^\circ$                                 | 30,2                | 30,1 | 29,6 | 29,3 | 28,7 | 29,58                               |
| Sudut Kemiringan $30^\circ$                                 | 30,2                | 29,5 | 29,8 | 29,6 | 30,2 | 29,86                               |
| Sudut kemiringan $45^\circ$                                 | 29,1                | 29,3 | 30,2 | 29,6 | 29,4 | 29,52                               |

Tabel 3 Hasil Pengamatan Kuat Arus Listrik

| Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Terhadap Kuat Arus Listrik | Lima Hari Pengujian |      |      |     |      | Rata – Rata Kuat Arus Listrik (Ampere) |
|--------------------------------------------------------------|---------------------|------|------|-----|------|----------------------------------------|
|                                                              | 1                   | 2    | 3    | 4   | 5    |                                        |
| Sudut Kemiringan $15^\circ$                                  | 8                   | 8,04 | 7,68 | 7,4 | 7,73 | 7,77                                   |

|                      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Sudut Kemiringan 30° | 8,11 | 7,8  | 7,77 | 8,03 | 8,14 | 7,97 |
| Sudut kemiringan 45° | 7,61 | 7,42 | 8,1  | 7,83 | 7,59 | 7,71 |

Tabel 4 Hasil Pengamatan Radiasi Matahari

| Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Terhadap Radiasi Matahari | Lima Hari Pengujian |        |        |        |        | Rata - Rata Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------------------------------------------------|
|                                                             | 1                   | 2      | 3      | 4      | 5      |                                                  |
| Sudut Kemiringan 15°                                        | 1083,1              | 1081,7 | 1082,5 | 1082,6 | 1083,1 | 1082,6                                           |
| Sudut Kemiringan 30°                                        | 1082,5              | 1081,3 | 1082,6 | 1083,1 | 1083,2 | 1082,54                                          |
| Sudut kemiringan 45°                                        | 1083,2              | 1082,3 | 1082,8 | 1082,4 | 1083,1 | 1082,76                                          |

Dari Tabel 1 di atas didapatlah data hasil penelitian yang menunjukkan bahwa nilai rata – rata terhadap kenaikan suhu air tertinggi dicapai oleh sudut kemiringan 30° dan juga dapat dilihat data variabel bebas pada Tabel 2 dan Tabel 3 yang menunjukkan bahwa pada sudut kemiringan 30° memiliki rata – rata terbesar terhadap kenaikan jumlah tegangan listrik dan kuat arus listrik. Sedangkan pada Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa pada sudut kemiringan 30° yang memiliki rata-rata radiasi matahari yang kurang, tidak terlalu berpengaruh terhadap kenaikan suhu air, tegangan listrik dan kuat arus listrik.

Efisiensi panel surya bisa didapat dengan membagikan daya masukan dengan daya keluaran dikali 100% dengan menggunakan rumus:

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100\%$$

Daya output diperoleh dengan mengalikan tegangan rangkaian terbuka (Volt) dengan arus hubungan singkat (Ampere) dan faktor pengisi. Begitu juga dengan daya input di dapatkan dengan mengalikan intensitas radiasi matahari (W/m<sup>2</sup>) dengan luas permukaan sel surya (m<sup>2</sup>) dimana luas panel surya yang digunakan yaitu 1,6 m<sup>2</sup>. Pada sudut kemiringan panel surya 15° didapatkan nilai efisiensi panel surya sejumlah 13,2%, kemudian pada sudut kemiringan panel surya 30° diperoleh nilai efisiensi sejumlah 13,7% dan yang terakhir pada sudut kemiringan 45° diperoleh nilai efisiensi sejumlah 13,1%. Dengan ini didapatkan hasil tertinggi dari efisiensi panel surya sebesar 13,7% pada sudut kemiringan panel surya 30°.

### 3.2 Variasi Menggunakan Sudut Kemiringan Panel surya 15°

Pada pengujian pertama menggunakan sudut kemiringan panel surya 15° kemudian panel surya dihadapkan kearah timur dimana merupakan arah Matahari terbit. Pengujian ini bertujuan untuk menemukan sudut mana yang lebih berpengaruh pada proses pemanasan air panas dengan menggunakan energi matahari. Pengujian mulai dilakukan pada jam 09.00 WIB dengan suhu air awal 25°C, pengujian dilakukan seoptimal mungkin dalam cuaca yang sangat cerah sampai akhir di jam 15.00 WIB. Berikut adalah hasil pengujian pertama dimana suhu air, jumlah radiasi matahari, tegangan listrik dan kuat arus listrik diukur setiap 1 jam sekali :

Tabel 5 Pengukuran Suhu Air pada Sudut Kemiringan Panel 15°

| Waktu (t) | Suhu Termokopel (°C) |      |      |      |      |
|-----------|----------------------|------|------|------|------|
|           | T1                   | T2   | T3   | T4   | T5   |
| 10.00 WIB | 34,5                 | 34,6 | 34,5 | 34,5 | 34,6 |
| 11.00 WIB | 44,5                 | 44,5 | 44,6 | 44,5 | 44,6 |
| 12.00 WIB | 54,9                 | 54,9 | 54,9 | 54,9 | 54,9 |
| 13.00 WIB | 65,3                 | 65,4 | 65,3 | 65,4 | 65,4 |
| 14.00 WIB | 75,5                 | 75,5 | 75,5 | 75,5 | 75,5 |
| 15.00 WIB | 85,0                 | 85,0 | 85,0 | 85,0 | 85,0 |

Dari Tabel 5 diperoleh hasil pengukuran dari jam 10.00 WIB sampai dengan jam 15.00 WIB dimana dengan menggunakan sudut kemiringan 15° mendapatkan suhu maksimal air sebesar 85°C dan jumlah kenaikan suhu sebanyak  $\Delta T = (85^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 60^\circ\text{C}$ .

Tabel 6 Pengujian Panel surya pada Sudut 15°

| Waktu Pengukuran | Radiasi Matahari | Tegangan Listrik | Kuat Arus Listrik | Perubahan Suhu Zat |
|------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Jam              | W/m <sup>2</sup> | Volt             | Ampere            | °C                 |
| 10.00 WIB        | 956,4            | 28,6             | 7,75              | 9,5                |

|                        |                |              |             |             |
|------------------------|----------------|--------------|-------------|-------------|
| 11.00 WIB              | 975,4          | 29,8         | 7,81        | 10          |
| 12.00 WIB              | 1081,3         | 30,1         | 8           | 10,4        |
| 13.00 WIB              | 1083,1         | 30,2         | 8           | 10,5        |
| 14.00 WIB              | 974,7          | 29,7         | 7,88        | 10,1        |
| 15.00 WIB              | 950,6          | 28,9         | 7,62        | 9,5         |
| <b>Rata - Rata</b>     | <b>1003,58</b> | <b>29,55</b> | <b>7,84</b> | <b>10</b>   |
| <b>Nilai Tertinggi</b> | <b>1083,1</b>  | <b>30,2</b>  | <b>8</b>    | <b>10,5</b> |
| <b>Nilai Terendah</b>  | <b>950,6</b>   | <b>28,6</b>  | <b>7,62</b> | <b>9,5</b>  |

Dari Tabel 4.6 dapat dilihat rata – rata perubahan kenaikan suhu air pada variasi sudut kemiringan panel surya 15° mencapai 10°C / jamnya untuk menghitungnya dapat kita pakai rumus untuk mencari daya (W) dari panel surya kemudian menghitung waktu pemanasan kalor (Q) :

$$P_{sel} = V_{sel} \times I_{sel}$$

$$P = 29,55 \times 7,84$$

$$P = 231,672 \text{ watt}$$

Untuk menghitung waktu pemanasan air maka :

$$P \times t = m \times c \times \Delta T$$

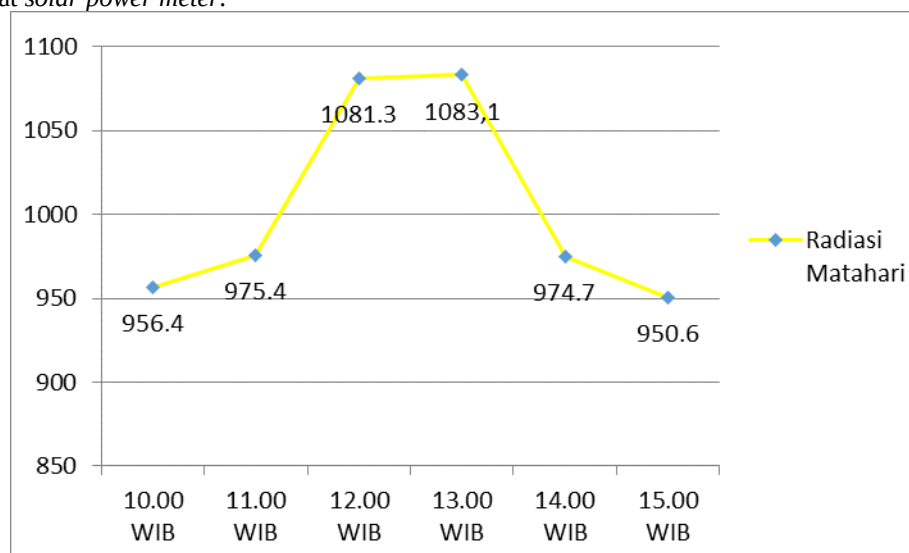
$$231,672 \text{ watt} \times t = 20\text{kg} \times 4.200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C}$$

$$231,672 \text{ watt} \times t = 840.000 \text{ J}$$

$$t = \frac{840.000 \text{ J}}{231,672 \text{ watt}} = 3.625 \text{ detik}$$

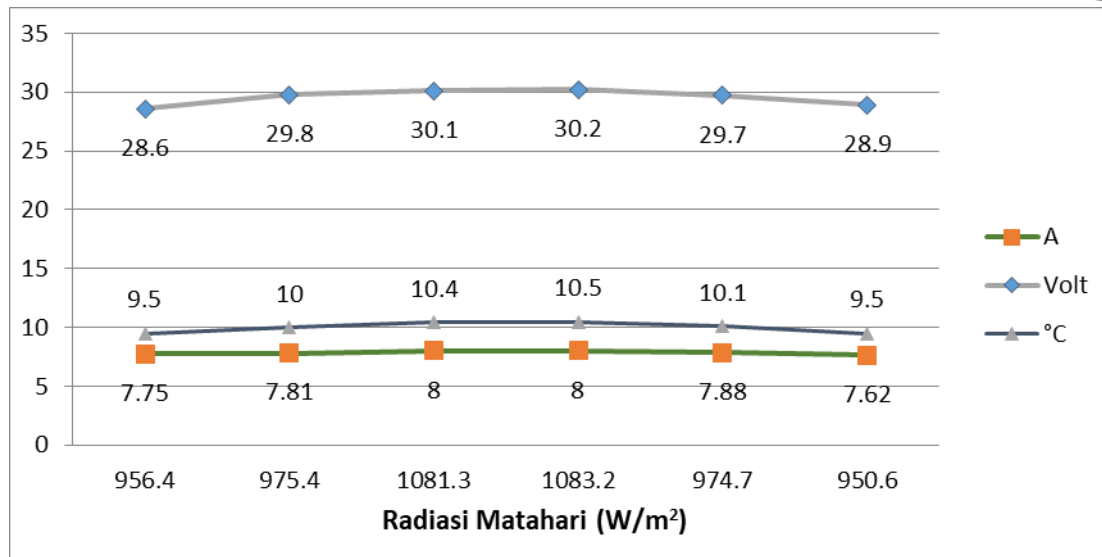
$$t = \frac{3.625 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} = 60,43 \text{ menit}$$

Dibawah ini adalah grafik kenaikan jumlah radiasi matahari optimal yang telah diukur perjamnya dengan menggunakan alat *solar power meter*.



Gambar 2. Grafik kenaikan jumlah radiasi matahari pada sudut 15°

Dibawah ini merupakan grafik pengaruh radiasi matahari terhadap tegangan listrik, kuat arus listrik dan kenaikan suhu pada sudut kemiringan panel surya 15°.



Gambar 3. Grafik pengaruh radiasi matahari pada sudut 15°

### 3.3 Variasi Menggunakan Sudut Kemiringan Panel surya 30°

Pada pengujian kedua menggunakan sudut kemiringan panel surya 30° kemudian panel surya dihadapkan kearah timur dimana merupakan arah Matahari terbit. Pengujian ini bertujuan untuk menemukan sudut mana yang lebih berpengaruh pada proses pemanasan air panas dengan menggunakan energi matahari. Pengujian mulai dilakukan pada jam 09.00 WIB dengan suhu air awal 25°C, pengujian dilakukan seoptimal mungkin dalam cuaca yang sangat cerah sampai akhir di jam 15.00 WIB. Berikut adalah hasil pengujian kedua dimana suhu air, jumlah radiasi matahari, tegangan listrik dan kuat arus listrik diukur setiap 1 jam sekali :

Tabel 7. Pengukuran Suhu Air pada Sudut Kemiringan Panel 30°

| Waktu (t) | Suhu Termokopel (°C) |      |      |      |      |
|-----------|----------------------|------|------|------|------|
|           | T1                   | T2   | T3   | T4   | T5   |
| 10.00 WIB | 35,1                 | 35,1 | 35,1 | 35,1 | 35,2 |
| 11.00 WIB | 45,3                 | 45,4 | 45,3 | 45,3 | 45,4 |
| 12.00 WIB | 55,8                 | 55,9 | 55,8 | 55,9 | 55,9 |
| 13.00 WIB | 66,6                 | 66,6 | 66,5 | 66,6 | 66,6 |
| 14.00 WIB | 76,7                 | 76,8 | 76,7 | 76,8 | 76,8 |
| 15.00 WIB | 86,4                 | 86,4 | 86,4 | 86,4 | 86,4 |

Dari Tabel 7 diperoleh hasil pengukuran dari jam 10.00 WIB sampai dengan jam 15.00 WIB dimana dengan menggunakan sudut kemiringan 30° mendapatkan suhu maksimal air sebesar 86,4°C dan jumlah kenaikan suhu sebanyak  $\Delta T = (86,4^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) = 61,4^{\circ}\text{C}$

Tabel 8. Pengujian Panel surya pada Sudut 30°

| Waktu Pengukuran       | Radiasi Matahari | Tegangan Listrik | Kuat Arus Listrik | Perubahan Suhu Zat |
|------------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Jam                    | W/m²             | Volt             | Ampere            | °C                 |
| 10.00 WIB              | 954,1            | 29,7             | 7,9               | 10,1               |
| 11.00 WIB              | 976,2            | 29,9             | 7,94              | 10,2               |
| 12.00 WIB              | 1082,6           | 30,1             | 8,09              | 10,6               |
| 13.00 WIB              | 1083,2           | 30,2             | 8,14              | 10,7               |
| 14.00 WIB              | 969,7            | 29,7             | 7,89              | 10,2               |
| 15.00 WIB              | 952,6            | 28,9             | 7,7               | 9,6                |
| <b>Rata - Rata</b>     | <b>1003,06</b>   | <b>29,75</b>     | <b>7,94</b>       | <b>10,23</b>       |
| <b>Nilai Tertinggi</b> | <b>1083,2</b>    | <b>30,2</b>      | <b>8,14</b>       | <b>10,7</b>        |
| <b>Nilai Terendah</b>  | <b>952,6</b>     | <b>28,9</b>      | <b>7,7</b>        | <b>9,6</b>         |



Dari Tabel 4.8 dapat dilihat rata – rata perubahan kenaikan suhu air pada variasi sudut kemiringan panel surya 30° mencapai 10,23°C / jamnya untuk menghitungnya dapat kita pakai rumus untuk mencari daya (W) dari panel surya kemudian menghitung waktu pemanasan kalor (Q) :

$$P_{sel} = V_{sel} \times I_{sel}$$

$$P = 29,75 \times 7,94$$

$$P = 236,215 \text{ watt}$$

Untuk menghitung waktu pemanasan air maka :

$$P \times t = m \times c \times \Delta T$$

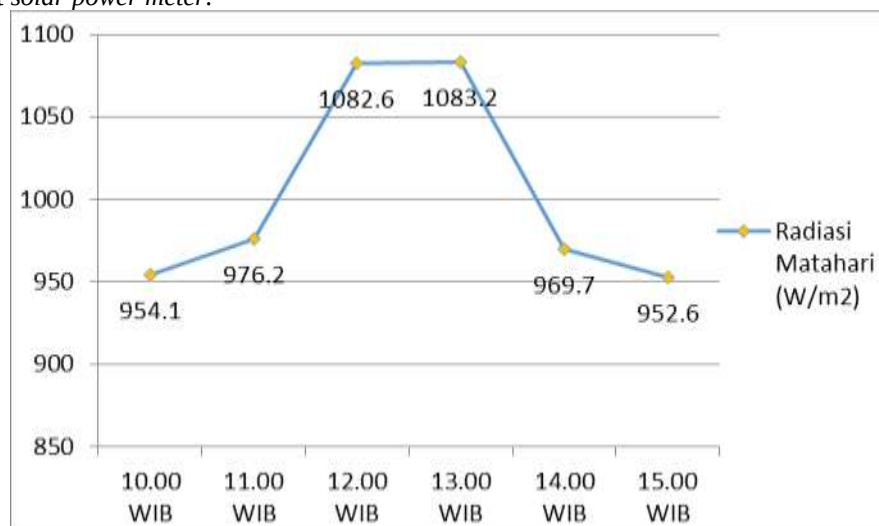
$$236,215 \text{ watt} \times t = 20 \text{ kg} \times 4.200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times 10,23^\circ\text{C}$$

$$236,215 \text{ watt} \times t = 859.320 \text{ J}$$

$$t = \frac{859.320 \text{ J}}{236,215 \text{ watt}} = 3.637 \text{ detik}$$

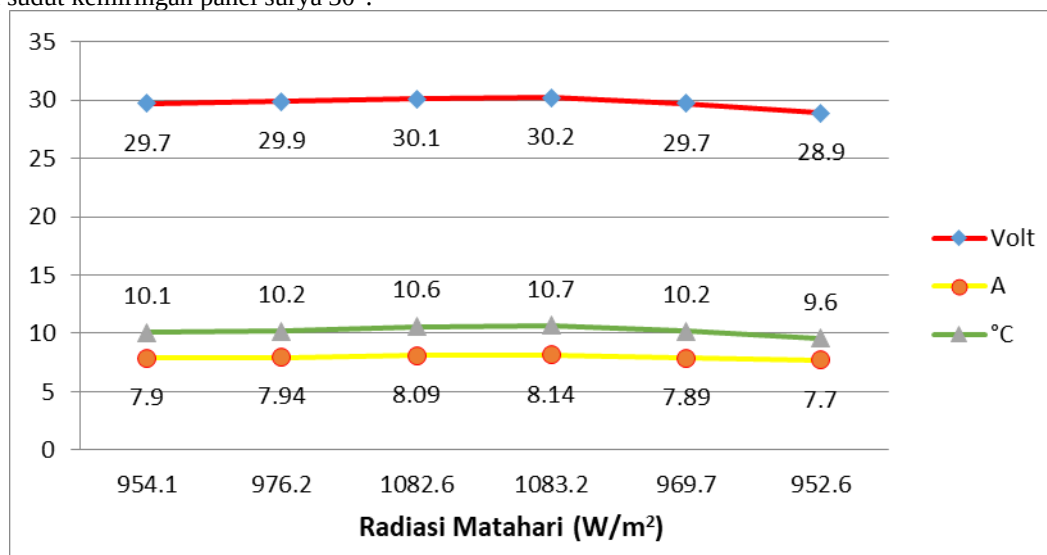
$$t = \frac{3.637 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} = 60,63 \text{ menit}$$

Dibawah ini adalah grafik kenaikan jumlah radiasi matahari optimal yang telah diukur perjamnya dengan menggunakan alat *solar power meter*.



Gambar 4. Grafik kenaikan jumlah radiasi matahari pada sudut 30°

Dibawah ini merupakan grafik pengaruh radiasi matahari terhadap tegangan listrik, kuat arus listrik dan kenaikan suhu pada sudut kemiringan panel surya 30°.



Gambar 5. Grafik pengaruh radiasi matahari pada sudut 30°

### 3.4 Variasi Menggunakan Sudut Kemiringan Panel surya 45°

Pada pengujian ketiga menggunakan sudut kemiringan panel surya 45° kemudian panel surya dihadapkan kearah timur dimana merupakan arah Matahari terbit. Pengujian ini bertujuan untuk menemukan sudut mana yang lebih

berpengaruh pada proses pemanasan air panas dengan menggunakan energi matahari. Pengujian mulai dilakukan pada jam 09.00 WIB dengan suhu air awal 25°C, pengujian dilakukan seoptimal mungkin dalam cuaca yang sangat cerah sampai akhir di jam 15.00 WIB. Berikut adalah hasil pengujian ketiga dimana suhu air, jumlah radiasi matahari, tegangan listrik dan kuat arus listrik diukur setiap 1 jam sekali :

Tabel 9. Pengukuran Suhu Air pada Sudut Kemiringan Panel 45°

| Waktu (t) | Suhu Termokopel (°C) |      |      |      |      |
|-----------|----------------------|------|------|------|------|
|           | T1                   | T2   | T3   | T4   | T5   |
| 10.00 WIB | 35,1                 | 35,2 | 35,2 | 35,2 | 35,2 |
| 11.00 WIB | 45,5                 | 45,5 | 45,5 | 45,5 | 45,5 |
| 12.00 WIB | 56                   | 56   | 56   | 56   | 56   |
| 13.00 WIB | 66,5                 | 66,6 | 66,5 | 66,6 | 66,6 |
| 14.00 WIB | 75,8                 | 75,8 | 75,8 | 75,8 | 75,8 |
| 15.00 WIB | 84,1                 | 84,1 | 84   | 84,1 | 84,1 |

Dari Tabel 4.9 diperoleh hasil pengukuran dari jam 10.00 WIB sampai dengan jam 15.00 WIB dimana dengan menggunakan sudut kemiringan 45° mendapatkan suhu maksimal air sebesar 84,1°C dan jumlah kenaikan suhu sebanyak  $\Delta T = (84,1^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) = 59,1^{\circ}\text{C}$

Tabel 10. Pengujian Panel surya pada Sudut 45°

| Waktu Pengukuran       | Radiasi Matahari | Tegangan Listrik | Kuat Arus Listrik | Perubahan Suhu Zat |
|------------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Jam                    | W/m <sup>2</sup> | Volt             | Ampere            | °C                 |
| 10.00 WIB              | 956,3            | 29,7             | 7,92              | 10,2               |
| 11.00 WIB              | 976,3            | 29,9             | 7,96              | 10,3               |
| 12.00 WIB              | 1082,4           | 30,2             | 8,04              | 10,5               |
| 13.00 WIB              | 1082,9           | 30,2             | 8,1               | 10,6               |
| 14.00 WIB              | 967,6            | 28,7             | 7,4               | 9,2                |
| 15.00 WIB              | 952,3            | 26,8             | 7,11              | 8,3                |
| <b>Rata - Rata</b>     | <b>1002,96</b>   | <b>29,25</b>     | <b>7,75</b>       | <b>9,85</b>        |
| <b>Nilai Tertinggi</b> | <b>1082,9</b>    | <b>30,2</b>      | <b>8,1</b>        | <b>10,6</b>        |
| <b>Nilai Terendah</b>  | <b>952,3</b>     | <b>26,8</b>      | <b>7,11</b>       | <b>8,3</b>         |

Dari Tabel 10 dapat dilihat rata – rata perubahan kenaikan suhu air pada variasi sudut kemiringan panel surya 45° mencapai 9,85°C / jamnya untuk menghitungnya dapat kita pakai rumus untuk mencari daya (W) dari panel surya kemudian menghitung waktu pemanasan kalor (Q) :

$$P_{sel} = V_{sel} \times I_{sel}$$

$$P = 29,25 \times 7,75$$

$$P = 226,687 \text{ watt}$$

Untuk menghitung waktu pemanasan air maka :

$$P \times t = m \times c \times \Delta T$$

$$226,687 \text{ watt} \times t = 20\text{kg} \times 4.200 \text{ J/kg } ^{\circ}\text{C} \times 9,85^{\circ}\text{C}$$

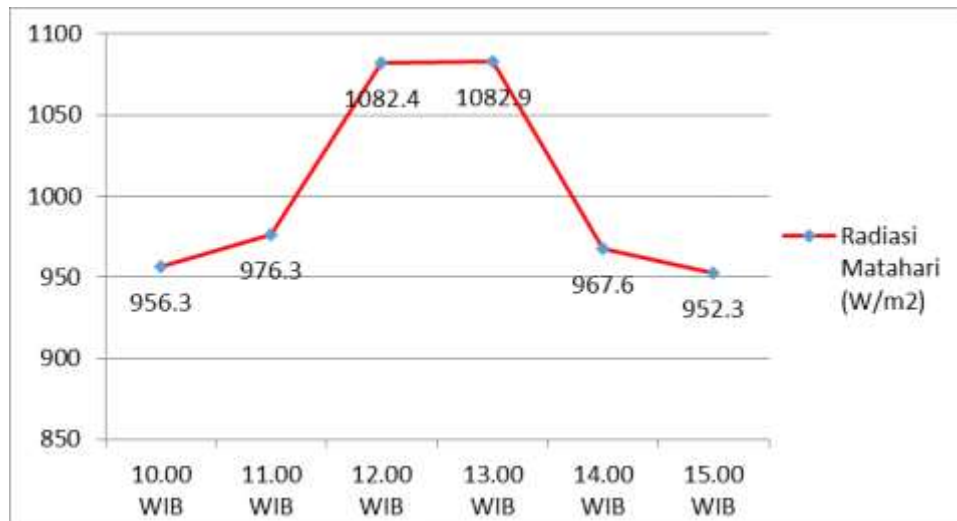
$$226,687 \text{ watt} \times t = 840.000 \text{ J}$$

$$t = \frac{827.400 \text{ J}}{226,687 \text{ watt}} = 3.649 \text{ detik}$$

$$t = \frac{3.649 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} = 60,83 \text{ menit}$$

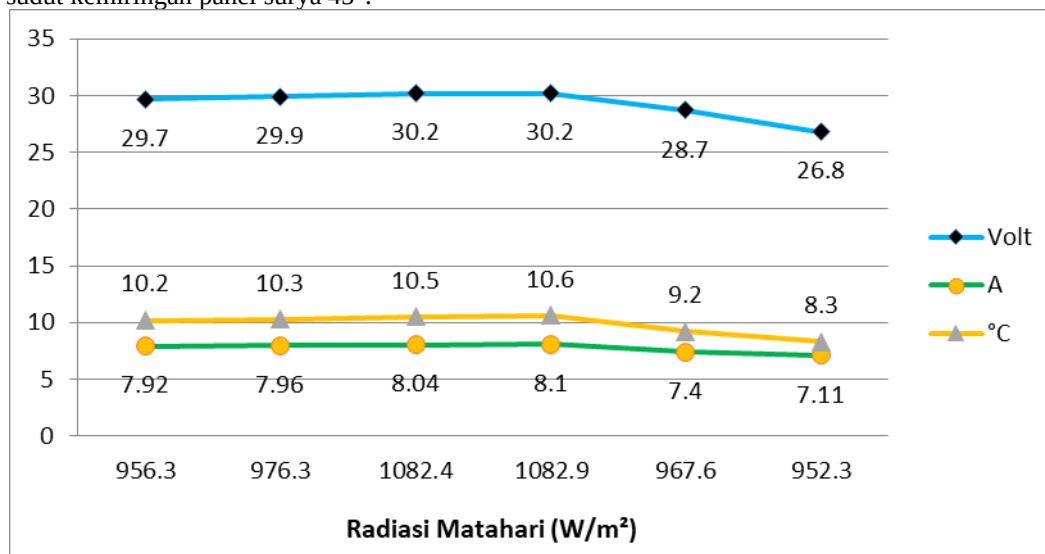
Dibawah ini adalah grafik kenaikan jumlah radiasi matahari optimal yang telah diukur perjamnya dengan menggunakan alat solar power meter.





Gambar 6. Grafik kenaikan jumlah radiasi matahari pada sudut 45°

Dibawah ini merupakan grafik pengaruh radiasi matahari terhadap tegangan listrik, kuat arus listrik dan kenaikan suhu pada sudut kemiringan panel surya 45°.



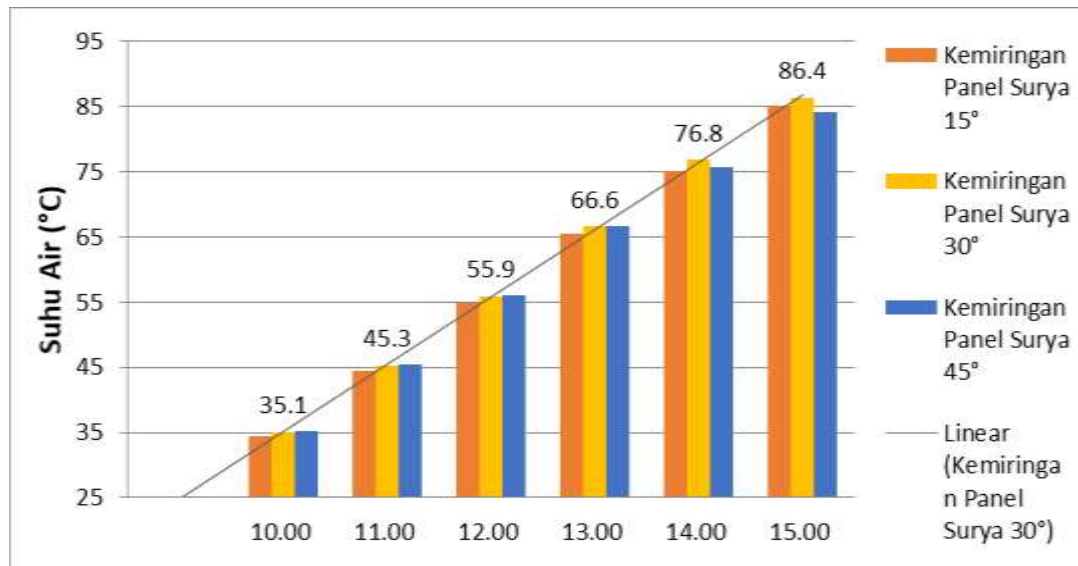
Gambar 7. Grafik pengaruh radiasi matahari pada sudut 45°

### 3.5 Grafik Perbandingan Pemanas Air Berdasarkan Tiga Sudut Kemiringan Panel surya

Pada tiga pengujian sudut kemiringan yang sudah dilakukan diperoleh data perbandingan dari setiap variabel yang diuji dan diamati berikut adalah grafik perbandingannya :

#### 3.5.1 Perbandingan Suhu Air pada Tiga Sudut Kemiringan

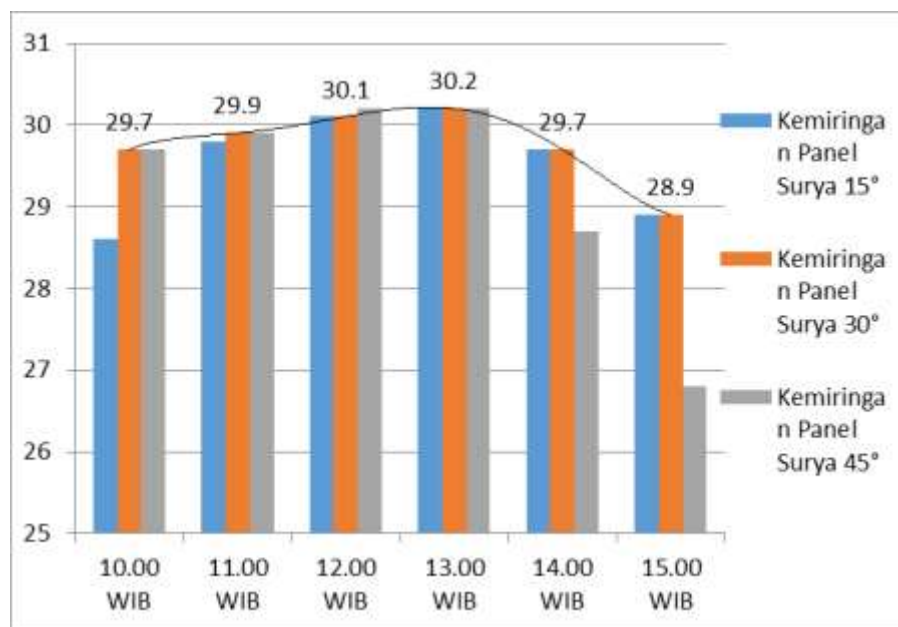
Sesuai data dari tabel pengujian panel surya pada sudut 15°, 30° dan 45° di atas dimana gambar di bawah ini merupakan grafik perbandingan setiap perbedaan kenaikan suhu air di tiga variasi sudut kemiringan yang berbeda. Tampak bahwa pada sudut kemiringan 30° lebih unggul dibandingkan dua sudut kemiringan lainnya karena pada sudut tersebut panel surya lebih efektif menyerap panas yang datang. Suhu air yang paling tinggi didapatkan di jam 15.00 WIB yaitu 86,4°C dengan rata – rata kenaikan suhu air sebanyak 10,23°C perjamnya.



Gambar 8. Grafik perbandingan suhu air pada tiga sudut kemiringan

### 3.5.2 Perbandingan Tegangan Listrik pada Tiga Sudut Kemiringan

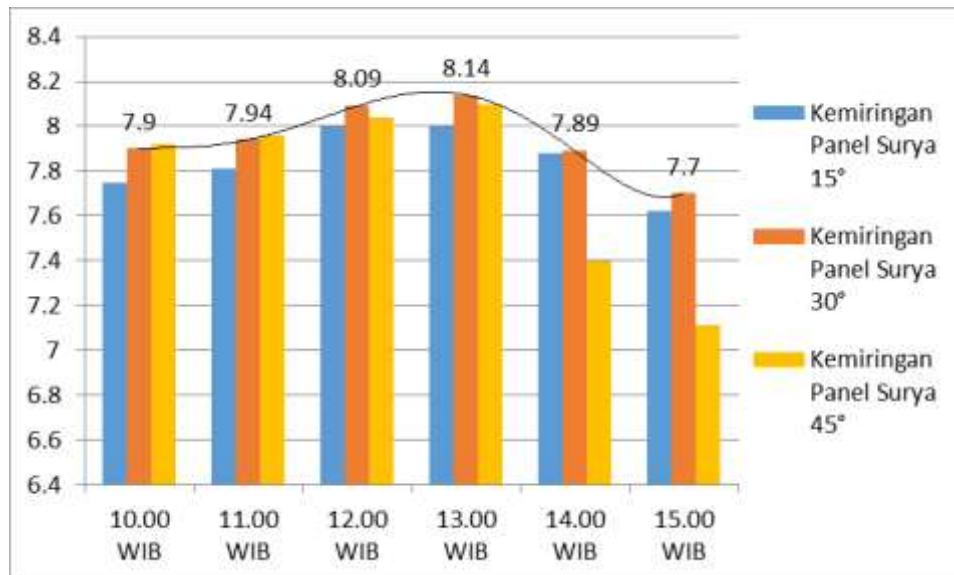
Berdasarkan data hasil pengujian pada tiga sudut kemiringan panel surya, tiap tegangan listrik yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.8 dimana pada grafik di bawah jelas menggambarkan bahwa pada sudut kemiringan 30° tegangan listrik (Volt) yang dihasilkan oleh panel surya lebih optimal dan cenderung lebih stabil dibandingkan dua sudut kemiringan lainnya. Tegangan listrik (Volt) paling tinggi didapat pada jam 12.00 WIB sampai pada jam 13.00 WIB dimana rata – rata jumlah sinar matahari yang datang mencapai lebih dari 1000 W/m<sup>2</sup>.



Gambar 9. Grafik perbandingan tegangan listrik pada tiga sudut kemiringan

### 3.5.3 Perbandingan Kuat Arus Listrik pada Tiga Sudut Kemiringan

Berdasarkan data hasil pengujian pada tiga sudut kemiringan panel surya, tiap kuat arus listrik yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.9 dimana pada grafik di bawah jelas menggambarkan bahwa pada sudut kemiringan 30° kuat arus listrik (Amp) yang dihasilkan oleh panel surya lebih optimal dan cenderung lebih stabil dibandingkan dua sudut kemiringan lainnya. Kuat arus listrik (Amp) paling tinggi didapat pada jam 13.00 WIB yaitu sebesar 8,14 Amp.



Gambar 10. Grafik perbandingan kuat arus listrik pada tiga sudut kemiringan

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian pengaruh variasi kemiringan panel surya untuk pemanas air dengan sumber energi surya yaitu :

1. Dari tiga sudut kemiringan panel surya yang diuji yaitu pada sudut kemiringan 15°, 30° dan 45° didapatkan hasil bahwa pada sudut kemiringan 30° lebih unggul dibandingkan dua sudut kemiringan lainnya dikarenakan pada sudut tersebut panel surya lebih efektif menyerap panas yang datang dengan nilai efisiensi mencapai 13,7% lebih tinggi dari sudut kemiringan lainnya. Suhu air yang paling tinggi didapatkan di jam 15.00 WIB yaitu sebanyak  $\Delta T = (86,4^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) = 61,4^{\circ}\text{C}$  dengan rata – rata kenaikan suhu air sebanyak 10,23°C perjamnya.
2. Suhu air paling rendah di dapatkan pada sudut kemiringan 45° di jam 15.00 WIB yaitu 84,1°C dimana  $\Delta T (84,1^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) = 59,1^{\circ}\text{C}$  dengan rata - rata kenaikan suhu air sebanyak 9,5°C.
3. Pada grafik pengujian sudut kemiringan 15°, 30° dan 45° dapat diketahui bahwa daya yang dihasilkan oleh panel surya lebih stabil dan tinggi jika dilakukan dengan sudut kemiringan 30° dibandingkan jika dilakukan dengan sudut kemiringan 15° dan 45°
4. Berdasarkan data hasil pengujian pada tiga sudut kemiringan panel surya, tiap kuat arus listrik yang dihasilkan dapat menggambarkan bahwa pada sudut kemiringan 30° kuat arus listrik (Amp) yang dihasilkan oleh panel surya lebih optimal dan cenderung lebih stabil dibandingkan dua sudut kemiringan lainnya. Kuat arus listrik (Amp) paling tinggi didapat pada jam 13.00 WIB yaitu sebesar 8,14 Amp.

#### REFERENCES

- [1] Pangestuningtyas, D. L., Hermawan, H., & Karnoto, K. (2014). Analisis pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima oleh panel surya tipe larik tetap. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2(4), 930-937.
- [2] Priatam, P. P. T. D., Zambak, M. F., Suwarno, S., & Harahap, P. (2021). Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 48-54.
- [3] Fernando, Y. (2021). *Studi Kinerja Panel Surya Tipe 180 WP Berdasarkan Air Cooling System Dan Perpindahan Panas Pada Permukaan Panel* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- [4] KURNIAWAN, I. A. SOLAR POWER PLANT POTENTIAL ANALYSIS AS STEAM POWER PLANT (PAITON) AREA UTILIZATION.
- [5] Julisman, A., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (2017). Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Stadion Bola. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 2(1).
- [6] Hutauruk, I., Ambarita, H., & Setyawan, E. Y. (2018). Analisa Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Hybrid Dengan Variasi Sudut Kemiringan Kolektor 15o dan 30o Untuk Memanaskan 80 Liter Air. *JURNAL FLYWHEEL*, 9(2), 1-6.
- [7] Jhon Sufriadi Purba, “Unjuk Kerja Solarcooker Type Parabolic Dengan Diameter 100 cm tinggi 50 cm”, *Jurnal Ilmiah MAKSITEK*, vol.5 no.2, Juni, 2020.
- [8] Sugiono, F. A. F., Larasati, P. D., & Karuniawan, E. A. (2022). PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA TERHADAP POTENSI PEMANFAATAN PLTS ROOFTOP DI BENGKEL TEKNIK MESIN, POLITEKNIK NEGERI SEMARANG. *Jurnal Rekayasa Energi*, 1(1), 1-8.
- [9] Albahar, A. K., & Haqi, M. F. (2020). Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (PV) Terhadap Keluaran Daya. *JURNAL ELEKTRO*, 8(2), 115-122.
- [10] Duffie, J. A., Beckman, W. A., & Blair, N. (2020). *Solar engineering of thermal processes, photovoltaics and wind*. John Wiley & Sons.



- [11] Hariningrum, R. (2021). Analisa pengaruh sudut kemiringan panel surya100 wp terhadap daya listrik. *Marine Science and Technology Journal*, 1(2), 67-76.
- [12] Tumangke, M. R., Priharti, W., & Silalahi, D. K. (2021). Rancang Bangun Sistem Pemanas Air Fotovoltaik. *eProceedings of Engineering*, 8(6).
- [13] Anoi, Y. H., Yani, A., & Yunanri, W. (2019). Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan. *TURBO*, 8(2), 177-182.