



# Pengaruh Kemiringan Sudut Panel Surya Terhadap Daya Keluaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (Surya – Angin)

Bilal Maulana Yusuf<sup>1\*</sup>, Samsul Nur Hidayat<sup>1</sup>, Tedi Indra Gunawan<sup>1</sup>, Emir Ridwan<sup>1</sup>, dan Rahman Filzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

## Abstrak

*Listrik yang dibangkitkan di Indonesia masih mengandalkan sumber energi yang berasal dari fosil. Hal ini terus berjalan seiring naiknya konsumsi energi di Indonesia sehingga dapat menyebabkan menipisnya energi fosil di Indonesia. Guna untuk memanfaatkan energi baru terbarukan salah satu caranya adalah dengan membangun pembangkit listrik tenaga hybrid angin dan surya. Panel surya yang terpasang pada pembangkit hybrid harus pada posisi sudut yang tepat agar proses penyerapan sinar matahari oleh panel surya dapat maksimal. Pada penelitian ini akan memperhitungkan pengaruh sudut kemiringan yang telah ditentukan yaitu sudut 10°, 30° dan 60° terhadap daya yang dikeluarkan oleh panel surya. Dalam penelitian ini, panel surya pada kemiringan sudut 10° menghasilkan daya rata-rata terbesar yaitu 29.442 Watt diikuti dengan kemiringan sudut 30° sebesar 24.8353 Watt lalu sudut 60° sebesar 19.778 Watt. Dalam penelitian ini didapatkan bahwa menggunakan metode perhitungan sudut kemiringan panel yang di usulkan dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh panel surya pada pembangkit listrik tenaga hybrid.*

*Kata-kata kunci: Energi, Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid, Panel Surya, Kemiringan sudut, Daya Panel*

## Abstract

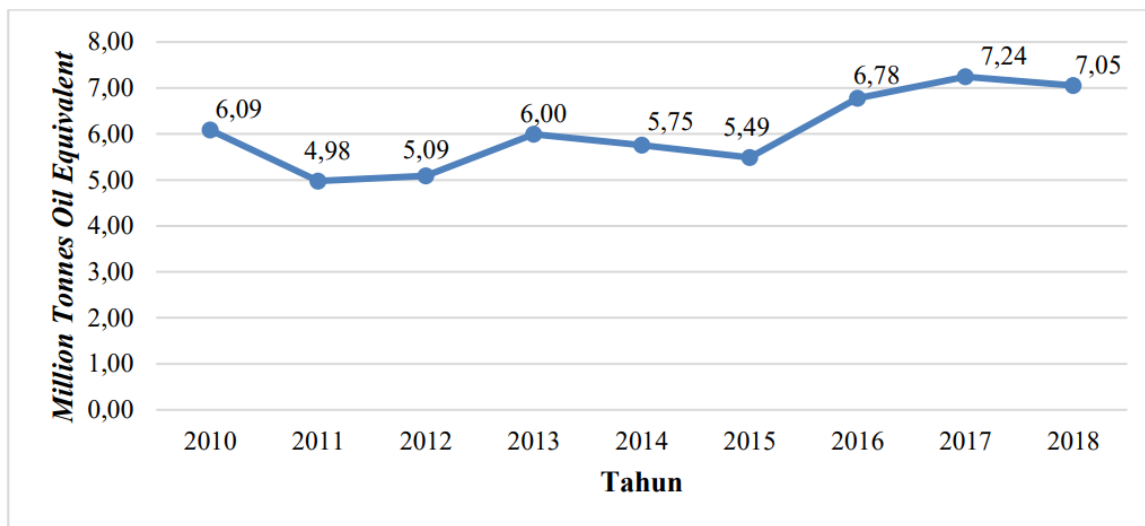
*Electricity generated in Indonesia still relies on energy sources derived from fossils. This continues to go along with the increase in energy consumption in Indonesia so that it can cause the depletion of fossil energy in Indonesia. One way to use renewable energy is to build a wind and solar hybrid power plant. The solar panels installed on the hybrid generator must be in the right angle position so that the process of absorption of sunlight by the solar panels can be maximized. In this study, we will take into account the influence of predetermined tilt angles, namely the angles of 10°, 30° and 60° on the power released by the solar panels. In this study, solar panels at an angle of 10° produce the largest average power of 29,442 Watts followed by a tilt angle of 30° of 24,8353 Watts and then an angle of 60° of 19,778 Watts. In this study, it was found that using the proposed panel tilt angle calculation method can affect the power generated by solar panels in hybrid power plants.*

*Keywords: Energy, Hybrid Power Plant, Solar Panels, Tilt angle, Solar Panel Power*

\* Corresponding author E-mail address: bilal.maulanayusuf.tm19@mhs.w.pnj.ac.id

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan pertumbuhan konsumsi energi yang cepat. Konsumsi total energi primer di Indonesia yang terus-menerus mengalami peningkatan. Hal ini dijelaskan oleh BP Statistical Review of World Energi pada tahun 2019[1], berikut gambar 1. tentang Konsumsi Total Energi Primer Indonesia.



Gambar 1. 1 Konsumsi Total Energi Primer Indonesia

Konsumsi energi primer di Indonesia didominasi oleh konsumsi energi fosil berjalan seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi, sementara itu cadangan energi fosil memiliki terbatas dan tidak dapat diproduksi kembali. Menurut Direktur Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi (EBTKE) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada tahun 2018 bahwa cadangan energi fosil kian menipis.[2]

Energi angin yang dibangkitkan ini masih jauh dari potensi yang Indonesia miliki, yaitu sekitar 60,6 GW atau hanya 0,24% yang dibangkitkan, hal ini dipaparkan dalam Indonesia Outlook Energy.[3] Kemudian salah satu sumber energi alternatif lainnya yang memiliki jumlah sangat melimpah dan ramah lingkungan adalah energi matahari. Potensi energi matahari di Indonesia cukup tinggi karena secara geografis Indonesia mendapatkan radiasi matahari sepanjang tahun dengan lama penyinaran 6-8 jam per hari. Nilai rata-rata insolasi (radiasi matahari persatuan luas dan waktu) di Indonesia sekitar 4 kWh/m<sup>2</sup>. [4]

Energi matahari dan energi angin dapat diimplementasikan di hampir semua kondisi. Tetapi setiap energi yang diterapkan memiliki kelemahannya masing-masing, salah satu cara mengatasi masalah ini adalah dengan menciptakan sistem hibrida kedua energi ini. Pembangkit Hybrid adalah pembangkit listrik yang memiliki dua sumber energi yang berbeda. Dua sumber energi yang berbeda ini akan dimasukkan dalam sistem yang sama untuk saling mengisi kekurangan.

Tujuan pembuatan PLTH adalah optimalisasi fungsi masing-masing pembangkit yang digabungkan. Tujuan pengembangan teknologi hybrid ini diantaranya untuk mendapatkan daya guna optimal dengan memadukan kelebihan-kelebihan dari dua atau lebih jenis sistem pembangkit tenaga yang bekerja secara terpadu sebagai suatu sistem yang kompak. Sistem-sistem yang mendukung Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid adalah sistem sel surya, sistem konversi energi, sistem baterai, sistem inverter, dan sistem kontrol [5]

Guna untuk memanfaatkan potensi energi matahari, maka dibangunlah rancang bangun alat berupa pembangkit listrik tenaga hybrid angin dan surya dengan menggunakan Panel Surya 50 WP yang akan menyuplai aki atau baterai. Dalam melakukan desain sistem PLTS, faktor kemiringan permukaan atau kemiringan modul sangat berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan. Desain yang dilakukan sebisa mungkin selalu tegak lurus dengan arah datangnya matahari. Sehingga perlu dilakukan perhitungan sudut kemiringan yang efektif dalam melakukan desain sistem PLTS. [6]

Secara umum pada penelitian ini akan banyak membahas tentang pengaruh kemiringan sudut panel surya terhadap daya keluaran panel surya. Parameter yang dibutuhkan pada sub judul penelitian ini adalah arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya berdasarkan pengaruh sudut kemiringan dan intensitas radiasi cahaya matahari.

## 2. METODE PENELITIAN

### Metode Pengumpulan Data

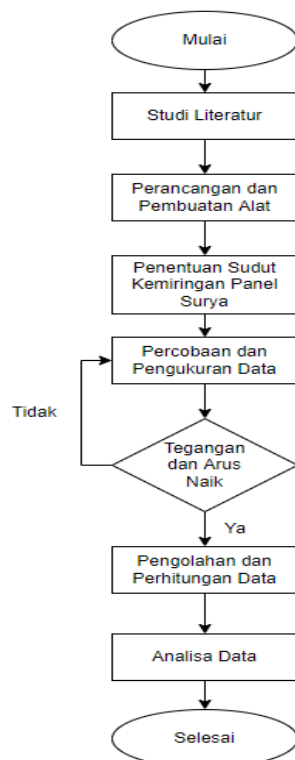
- 1) Metode Eksperiment, yaitu dengan melakukan pengoperasian atau percobaan pada komponen yang digunakan untuk mencapai tujuan yang dirancang
- 2) Metode Observasi, yaitu dengan melakukan pengamatan langsung pada data yang diperoleh dari pembangkit hybrid
- 3) Metode Kuantitatif, yaitu mengumpulkan data dengan menggunakan alat ukur untuk mendapatkan data objektif penelitian.

### Sumber Data

Sumber data yang akan digunakan dalam laporan tugas akhir ini didapat dari beberapa percobaan dan menganalisa alat ukur yang meliputi data tegangan, arus, dan intensitas cahaya matahari.

### Diagram Alir

Pada penelitian ini, memiliki diagram alir seperti pada Gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Diagram Alir

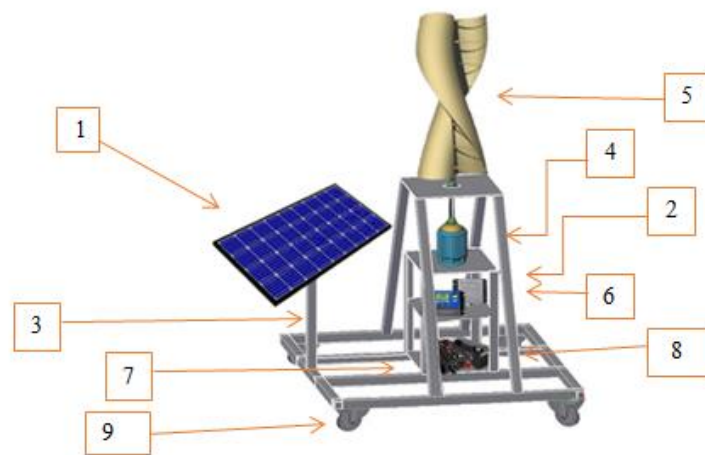
### Penjelasan Langkah Kerja

1. Menyiapkan literatur berupa jurnal, artikel, buku, dan hasil diskusi sebagai referensi untuk merancang turbin angin helix dan panel surya sebagai pembangkit hybrid.
2. Perancangan turbin helix dan rangka panel surya menggunakan *Software Visio*. Perancangan yang dibuat oleh *software* ini dibuat berdasarkan ukuran aslinya untuk mempermudah dalam perakitan alat. Setelah desain selesai, dilanjutkan dengan pembuatan alat.
3. Pembuatan alat dengan design yang telah dibuat dimulai dengan pembuatan rangka alat, kemudian pembuatan sistem panel surya dan komponen-komponen pendukung, kemudian pembuatan sistem turbin helix.

4. Penentuan sudut yang akan diteliti untuk pengujian pengaruh sudut terhadap daya keluaran panel. Pada penelitian ini ditentukan 3 buah variable sudut yaitu sudut  $10^\circ$ , sudut  $30^\circ$  dan sudut  $60^\circ$ .
5. Pengukuran dilakukan guna untuk mencari parameter yang diperlukan seperti : tegangan, arus, dan intensitas cahaya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sesuai standar atau SNI agar data yang didapatkan akurat
6. Pengukuran yang dilakukan perlu diperhatikan parameter yang didapatkan, apakah sesuai dengan referensi, apabila tidak maka melakukan pengukuran ulang, apabila sesuai dilanjutkan dengan pengolahan dan perhitungan data yang didapatkan.
7. Analisa data dilakukan ketika sudah mendapatkan data hasil pengolahan dan dilakukan untuk mendapatkan tujuan yang diinginkan dalam penelitian ini kemudian diakhiri dengan menarik kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini

### Design Alat

Pada penelitian ini dibuat desain alat yang digunakan sebagai gambaran seperti apa rancang bangun alat yang dibuat. Berikut merupakan desain alat Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid :



Gambar 2. 2 Design Pembangkit Hybrid

Keterangan gambar :

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| 1. Panel Surya              | 5. Turbin Helix    |
| 2. Solar Charger Controller | 6. Wind Controller |
| 3. Rangka Besi              | 7. Aki             |
| 4. Generator                | 8. Inverter        |
|                             | 9. Roda            |

### Alat Penunjang Pembangkit Hybrid

1. Panel surya merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi foton matahari secara langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya sel tersebut berjenis diode yang tersusun atas P-N junction. Panel Surya terbuat dari bahan semi konduktor yang diproses sedemikian rupa, yang dapat menghasilkan listrik arus searah[7]
2. Aki/baterai berfungsi untuk penyimpanan sementara energi listrik pada PLTH. Baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah baterai jeni VRLA tidak memerlukan perawatan rutin sehingga dari segi ekonomis dapat menghemat dalam perancangan dan memiliki life time yang lebih lama[8]
3. Solar Charge Controller merupakan peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai. SCC mengatur over charging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya, kelebihan tegangan dan pengisian akan mengurangi umur baterai.[6]

### Perhitungan Pada Panel Surya

Perhitungan yang diperlukan pada penelitian ini adalah daya output atau daya keluaran pada panel surya. Parameter yang diperlukan adalah arus dan tegangan karena daya didapatkan dari perkalian antara arus dan tegangan. Berikut rumus daya output panel surya :

$$P_{out} = V \times I [9] \quad (1)$$

Keterangan :

$P_{out}$  = Daya Output Panel Surya (Watt)

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

### Lokasi Penelitian Alat

Penelitian ini di lakukan pada Bulan Juli hingga Agustus di Kampus Politeknik Negeri Jakarta, tepat di depan Gedung Alat Berat. Alasan tempat tersebut dijadikan tempat untuk pengujian panel surya dan pengambilan data karena pada tempat tersebut memiliki intensitas cahaya matahari yang cukup dan tidak terhalang oleh gedung-gedung maupun pepohonan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengukuran Data

Tabel 3. 1 Spesifikasi Panel Surya

| Spektifikasi Panel Surya   |                   |
|----------------------------|-------------------|
| Model                      | SP050-18P         |
| Type                       | Polycrystalline   |
| Maximum Power at (Pmax)    | 50 W              |
| Cell Efficiency            | 16.93%            |
| Max. Power Volt. (Vmp)     | 17.8V             |
| Max. Power Current (Imp)   | 2.81A             |
| Open circuit volt (Voc)    | 21.8V             |
| Short circuit current(1sc) | 3.03A             |
| Power Tolerance            | ±3%               |
| Max. System Voltage        | 1000V             |
| Series fuse rating(A)      | 12                |
| Number of bypass diode     | 1                 |
| Operating temperature      | 4°Cto+85°C        |
| Maximum system voltage     | 1000 V DC         |
| Dimensi                    | 540 x 670 x 30 mm |

Diketahui dari Tabel 1 merupakan spesifikasi panel surya yang digunakan dalam penelitian ini. Panel surya *type Polycrystalline* panel jenis ini memiliki beberapa susunan kristal acak yang dicairkan kemudian dituangkan kedalam cetakan persegi. Efisiensi panel surya jenis ini sekitar 13%-16% [10] dengan kapasitas daya maksimal 50 WP dan memiliki dimensi luas modul 0,3618 m<sup>2</sup>

Tabel 3. 2 Hasil Pengukuran Pada Sudut 10°

| No. | Waktu | Sudut | Tegangan(V) | Arus(A) | Radiasi Cahaya(W/m <sup>2</sup> ) |
|-----|-------|-------|-------------|---------|-----------------------------------|
| 1   | 10:00 | 10°   | 13.42       | 2.56    | 109.4                             |
| 2   | 10:15 |       | 13.42       | 2.46    | 108.5                             |

Bilal Maulana Yusuf, et al/Prosiding Semnas Mesin PNJ (2022)

|             |       |         |        |        |
|-------------|-------|---------|--------|--------|
| 3           | 10:30 | 13.6    | 2.7    | 124.8  |
| 4           | 10:45 | 13.59   | 2.76   | 125.6  |
| 5           | 11:00 | 13.51   | 2.65   | 121.7  |
| 6           | 11:15 | 13.56   | 2.74   | 120.5  |
| 7           | 11:30 | 13.41   | 2.52   | 119.1  |
| 8           | 11:45 | 13.64   | 2.77   | 122.2  |
| 9           | 12:00 | 13.77   | 2.86   | 139.2  |
| 10          | 12:15 | 13.61   | 2.67   | 126.3  |
| 11          | 12:30 | 13.41   | 2.45   | 119.6  |
| 12          | 12:45 | 13.38   | 2.66   | 121.2  |
| 13          | 13:00 | 13.62   | 2.71   | 130.7  |
| 14          | 13:15 | 13.52   | 2.73   | 115    |
| 15          | 13:30 | 13.2    | 2.4    | 121.3  |
| 16          | 13:45 | 13.2    | 2.15   | 118.8  |
| 17          | 14:00 | 13.08   | 2.1    | 121.1  |
| 18          | 14:15 | 13.15   | 2.15   | 118.4  |
| 19          | 14:30 | 12.94   | 1.9    | 111.5  |
| 20          | 14:45 | 12.89   | 1.6    | 80.7   |
| 21          | 15:00 | 12.54   | 1.44   | 78.7   |
| 22          | 15:15 | 12.41   | 1.31   | 67.1   |
| 23          | 15:30 | 12.32   | 1.27   | 70.8   |
| 24          | 15:45 | 12.25   | 0.98   | 64.2   |
| 25          | 16:00 | 12.12   | 0.74   | 59.8   |
| Rata - Rata |       | 13.1824 | 2.2112 | 108.65 |

Tabel 3. 3 Hasil Pengukuran Pada Sudut 30°

| No. | Waktu | Sudut | Tegangan(V) | Arus(A) | Radiasi Cahaya(W/m <sup>2</sup> ) |
|-----|-------|-------|-------------|---------|-----------------------------------|
| 1   | 10:00 | 30°   | 13.42       | 2.41    | 105.7                             |
| 2   | 10:15 |       | 13.49       | 2.57    | 106.4                             |
| 3   | 10:30 |       | 13.53       | 2.54    | 119.5                             |
| 4   | 10:45 |       | 13.52       | 2.51    | 113.1                             |
| 5   | 11:00 |       | 13.58       | 2.59    | 122.3                             |
| 6   | 11:15 |       | 13.61       | 2.66    | 122.2                             |
| 7   | 11:30 |       | 13.68       | 2.6     | 130.8                             |
| 8   | 11:45 |       | 13.7        | 2.58    | 134.1                             |
| 9   | 12:00 |       | 13.78       | 2.78    | 141.5                             |
| 10  | 12:15 |       | 13.72       | 2.58    | 133.3                             |
| 11  | 12:30 |       | 13.64       | 2.43    | 130.5                             |
| 12  | 12:45 |       | 13.48       | 2.21    | 125.8                             |
| 13  | 13:00 |       | 13.24       | 2.06    | 101.4                             |
| 14  | 13:15 |       | 12.87       | 1.83    | 108.5                             |
| 15  | 13:30 |       | 12.52       | 1.6     | 91.8                              |
| 16  | 13:45 |       | 12.55       | 1.63    | 92.2                              |
| 17  | 14:00 |       | 12.27       | 1.41    | 74.9                              |
| 18  | 14:15 |       | 12.24       | 1.36    | 70.1                              |
| 19  | 14:30 |       | 12.32       | 1.24    | 80.4                              |
| 20  | 14:45 |       | 12.31       | 1.14    | 81.8                              |
| 21  | 15:00 |       | 12.23       | 0.97    | 78.6                              |
| 22  | 15:15 |       | 12.24       | 1.02    | 68.9                              |

|             |       |  |         |        |         |
|-------------|-------|--|---------|--------|---------|
| 23          | 15:30 |  | 12.18   | 0.91   | 66.1    |
| 24          | 15:45 |  | 12.09   | 0.7    | 56.6    |
| 25          | 16:00 |  | 12.02   | 0.68   | 52.3    |
| Rata - Rata |       |  | 12.9692 | 1.8804 | 100.352 |

Tabel 3. 4 Hasil Pengukuran Pada Sudut 60°

| No.         | Waktu | Sudut | Tegangan(V) | Arus(A) | Intensitas Cahaya(W/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------|-------|-------------|---------|--------------------------------------|
| 1           | 10:00 | 60°   | 13.04       | 2.16    | 111.6                                |
| 2           | 10:15 |       | 13.11       | 2.24    | 114.4                                |
| 3           | 10:30 |       | 13.21       | 2.17    | 118.1                                |
| 4           | 10:45 |       | 13.54       | 2.35    | 118.8                                |
| 5           | 11:00 |       | 13.53       | 2.56    | 121.3                                |
| 6           | 11:15 |       | 13.57       | 2.66    | 128.9                                |
| 7           | 11:30 |       | 13.68       | 2.73    | 140.8                                |
| 8           | 11:45 |       | 13.6        | 2.41    | 127.6                                |
| 9           | 12:00 |       | 13.54       | 2.31    | 122.1                                |
| 10          | 12:15 |       | 13.12       | 2.15    | 112.5                                |
| 11          | 12:30 |       | 13.06       | 2.04    | 121.1                                |
| 12          | 12:45 |       | 12.56       | 1.77    | 119.4                                |
| 13          | 13:00 |       | 12.33       | 1.59    | 107.8                                |
| 14          | 13:15 |       | 12.35       | 1.38    | 90.4                                 |
| 15          | 13:30 |       | 12.37       | 1.18    | 78.1                                 |
| 16          | 13:45 |       | 12.36       | 0.98    | 79                                   |
| 17          | 14:00 |       | 12.34       | 0.89    | 75.2                                 |
| 18          | 14:15 |       | 12.25       | 0.74    | 73.7                                 |
| 19          | 14:30 |       | 12.15       | 0.61    | 68.5                                 |
| 20          | 14:45 |       | 12.1        | 0.58    | 60.8                                 |
| 21          | 15:00 |       | 11.81       | 0.46    | 57.6                                 |
| 22          | 15:15 |       | 11.94       | 0.52    | 57.8                                 |
| 23          | 15:30 |       | 11.87       | 0.59    | 59.8                                 |
| 24          | 15:45 |       | 11.84       | 0.47    | 48.6                                 |
| 25          | 16:00 |       | 11.76       | 0.44    | 43.4                                 |
| Rata - Rata |       |       | 12.6812     | 1.5192  | 94.292                               |

Tabel 3.2 hingga Tabel 3.4 merupakan hasil dari pengujian dan pengambilan data dari panel surya. Pada pengujian alat ini menggunakan alat ukur berupa Voltmeter, Amperemeter, dan Solarimeter. Pada pengujian data ini menggunakan beban berupa lampu AC 25 W yang disambungkan dengan inverter.

Pada Tabel 3.2 didapat bahwa, panel surya pada kemiringan sudut 10° dapat menghasilkan tegangan dan arus terbesar berturut-turut 13.77 V dan 2.86 A pada jam 12.00. Dengan nilai rata-rata tegangan dan arus berturut-turut sebesar 13.182 V dan 2.2112 A kemudian mampu menyerap intensitas rata-rata sebesar 108.65 W/m<sup>2</sup>.

Pada Tabel 3.3 merupakan tabel data dari hasil pengukuran pada kemiringan sudut panel surya 30°. Berdasarkan tabel tersebut maka diperoleh arus, tegangan dan intensitas cahaya matahari. Pada sudut 30° mampu menerima intensitas cahaya matahari rata-rata sebesar 100.35 W/m<sup>2</sup>. Nilai tegangan dan arus terbesar yaitu pada jam 12.00 memiliki nilai sebesar berturut-turut 13,78 V dan 2,78 A. Kemudian dari hasil pengukuran tersebut didapatkan rata-rata tegangan dan arus berturut-turut yaitu 12.9692 V dan 1.8804 A.

Pada Tabel 3.4 didapatkan bahwa pengukuran pada kemiringan sudut 60° menerima rata-rata intensitas cahaya matahari hanya sebesar 94.292 W/m<sup>2</sup> kemudian menghasilkan rata-rata tegangan dan arus berturut-turut yaitu 12.6812 V dan 1.5192 A. Tegangan dan arus tertinggi pada jam 11.30 sebesar 13,68 V dan 2,73 A.

### Pengolahan Data

Pengolahan data dari Tabel 3.2 hingga Tabel 3.4 maka didapatkan daya panel surya dari hasil perkalian tegangan dan arus. Contoh perhitungan yang digunakan adalah pada Tabel 3.2 data ke-9 yang merupakan tegangan dan arus terbesar, dengan menggunakan persamaan (1) maka didapat daya panel surya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \\ P_{out} &= 13,77 \times 2,86 \\ P_{out} &= 39,38 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Jadi daya yang dihasilkan panel surya pada data ke-9 Tabel 3.2 yaitu sebesar 39,38 Watt.

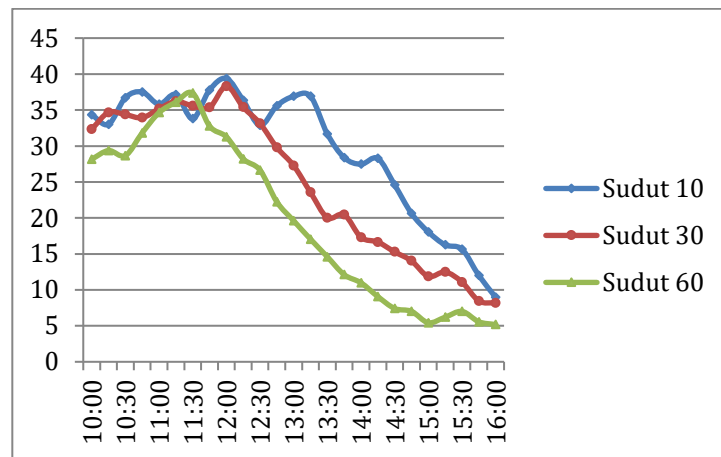
Tabel 3. 5 Hasil Perhitungan dari Pengukuran Data

| No. | Daya Panel Surya Pada Sudut 10° |         | Daya Panel Surya Pada Sudut 30° |         | Daya Panel Surya Pada Sudut 60° |         |
|-----|---------------------------------|---------|---------------------------------|---------|---------------------------------|---------|
|     | Waktu                           | Daya    | Waktu                           | Daya    | Waktu                           | Daya    |
| 1   | 10:00                           | 34.3552 | 10:00                           | 32.3422 | 10:00                           | 28.1664 |
| 2   | 10:15                           | 33.0132 | 10:15                           | 34.6693 | 10:15                           | 29.3664 |
| 3   | 10:30                           | 36.72   | 10:30                           | 34.3662 | 10:30                           | 28.6657 |
| 4   | 10:45                           | 37.5084 | 10:45                           | 33.9352 | 10:45                           | 31.819  |
| 5   | 11:00                           | 35.8015 | 11:00                           | 35.1722 | 11:00                           | 34.6368 |
| 6   | 11:15                           | 37.1544 | 11:15                           | 36.2026 | 11:15                           | 36.0962 |
| 7   | 11:30                           | 33.7932 | 11:30                           | 35.568  | 11:30                           | 37.3464 |
| 8   | 11:45                           | 37.7828 | 11:45                           | 35.346  | 11:45                           | 32.776  |
| 9   | 12:00                           | 39.3822 | 12:00                           | 38.3084 | 12:00                           | 31.2774 |
| 10  | 12:15                           | 36.3387 | 12:15                           | 35.3976 | 12:15                           | 28.208  |
| 11  | 12:30                           | 32.8545 | 12:30                           | 33.1452 | 12:30                           | 26.6424 |
| 12  | 12:45                           | 35.5908 | 12:45                           | 29.7908 | 12:45                           | 22.2312 |
| 13  | 13:00                           | 36.9102 | 13:00                           | 27.2744 | 13:00                           | 19.6047 |
| 14  | 13:15                           | 36.9096 | 13:15                           | 23.5521 | 13:15                           | 17.043  |
| 15  | 13:30                           | 31.68   | 13:30                           | 20.032  | 13:30                           | 14.5966 |
| 16  | 13:45                           | 28.38   | 13:45                           | 20.4565 | 13:45                           | 12.1128 |
| 17  | 14:00                           | 27.468  | 14:00                           | 17.3007 | 14:00                           | 10.9826 |
| 18  | 14:15                           | 28.2725 | 14:15                           | 16.6464 | 14:15                           | 9.065   |
| 19  | 14:30                           | 24.586  | 14:30                           | 15.2768 | 14:30                           | 7.4115  |
| 20  | 14:45                           | 20.624  | 14:45                           | 14.0334 | 14:45                           | 7.018   |
| 21  | 15:00                           | 18.0576 | 15:00                           | 11.8631 | 15:00                           | 5.4326  |
| 22  | 15:15                           | 16.2571 | 15:15                           | 12.4848 | 15:15                           | 6.2088  |
| 23  | 15:30                           | 15.6464 | 15:30                           | 11.0838 | 15:30                           | 7.0033  |
| 24  | 15:45                           | 12.005  | 15:45                           | 8.463   | 15:45                           | 5.5648  |
| 25  | 16:00                           | 8.9688  | 16:00                           | 8.1736  | 16:00                           | 5.1744  |
|     | Rata – Rata                     | 29.442  |                                 | 24.8353 |                                 | 19.778  |

Dari Tabel 3.5 diatas diperlihatkan nilai dari pengukuran daya keluaran panel surya berdasarkan kemiringan sudut panel surya. Pada kemiringan sudut 10° memiliki nilai rata-rata daya yang paling besar, yaitu sebesar 29.442 Watt. Diikuti oleh kemiringan sudut 30° dengan nilai daya rata-rata sebesar 24.835 Watt lalu pada kemiringan sudut 60° memiliki nilai daya rata-rata sebesar 19.778 Watt. Berdasarkan tabel diatas kemiringan sudut berpengaruh pada daya yang dihasilkan oleh panel surya. Pada penelitian ini kemiringan sudut yang besar memiliki daya keluaran yang lebih rendah dibandingkan dengan kemiringan sudut yang lebih kecil. Dapat disimpulkan berdasarkan penelitian ini, pemasangan panel surya akan lebih optimal dalam menghasilkan daya apabila pemasangan panel surya pada kemiringan sudut 10°.



## Analisa Grafik



Gambar 3. 1 Grafik Daya Terhadap Waktu

Gambar 3.1 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan daya panel surya terhadap waktu. Terdiri dari 3 garis yang menunjukkan besarnya daya pada waktu-waktu tertentu. Dapat dilihat pada grafik, daya yang dihasilkan cenderung naik pada pagi hari hingga siang hari, hal tersebut dikarenakan besarnya energi matahari yang diterima oleh panel surya sehingga panel surya dapat menghasilkan arus dan tegangan cenderung lebih besar. Semakin besar arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya maka akan semakin besar pula daya yang dihasilkan. Berdasarkan gambar diatas, pada sudut  $10^\circ$  ada dari beberapa data yang naik turun tidak stabil, titik puncaknya berada pada jam 12.00 dan memiliki daya rata-rata terbesar. Meskipun setelah melewati titik puncak, daya yang dihasilkan cukup besar dibandingkan dengan kemiringan sudut  $30^\circ$  dan  $60^\circ$  namun cenderung tidak stabil. Pada sudut  $30^\circ$  mengalami kenaikan pada pagi hari hingga pada titik puncaknya pada jam 12.00, setelah melewati titik puncak grafik cenderung turun dan stabil. Daya yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan kemiringan sudut  $60^\circ$  namun lebih kecil jika dibandingkan daya pada kemiringan sudut  $10^\circ$ . Pada sudut  $60^\circ$  menunjukkan grafik yang relatif stabil kenaikan dan penurunannya namun daya yang dihasilkan memiliki rata-rata paling kecil diantara kemiringan sudut lainnya Daya menunjukkan penurunan yang disebabkan oleh sedikitnya energi matahari yang diterima oleh panel dan berdampak pada tegangan dan arus yang dihasilkan akan semakin kecil. Ketidakstabilan tegangan dan arus pada pengukuran data mengakibatkan naik turunnya daya yang dihasilkan panel surya. Berdasarkan gambar 3.1 menunjukkan kemiringan sudut panel surya yang memiliki nilai daya yang lebih besar ditunjukkan oleh kemiringan sudut  $10^\circ$  kemudian diikuti dengan kemiringan sudut  $30^\circ$  dan  $60^\circ$ .

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini sebagai berikut :

1. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, kemiringan sudut pada panel surya dapat mempengaruhi besarnya daya yang dihasilkan oleh panel surya. Hal ini dibuktikan pada percobaan panel surya dengan memvariasi kemiringan sudut yaitu sudut  $10^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $60^\circ$  dengan didapatkan hasil yang berbeda-beda dari segi tegangan dan arus tiap sudut yang berbeda-beda. Pada sudut  $10^\circ$  nilai rata-rata tegangan dan arus berturut-turut sebesar 13.182 V dan 2.2112 A. Pada sudut  $30^\circ$  didapatkan rata-rata tegangan dan arus berturut-turut yaitu 12.9692 V dan 1.8804 A. Pada sudut  $60^\circ$  menghasilkan rata-rata tegangan dan arus berturut-turut yaitu 12.6812 V dan 1.5192 A.
2. Daya panel surya dapat dicari dengan mengalikan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya. Berdasarkan penelitian ini daya yang dihasilkan oleh panel surya pada kemiringan sudut tertentu memiliki nilai yang berbeda-beda. Hasil daya dengan rata-rata terbesar yaitu pada kemiringan sudut  $10^\circ$  kemudian diikuti oleh kemiringan sudut  $30^\circ$  dan  $60^\circ$ . Maka pada penelitian ini, penggunaan kemiringan sudut  $10^\circ$  panel surya lebih optimal dibandingkan dengan kemiringan sudut  $30^\circ$  dan  $60^\circ$ . Dalam penelitian ini, panel surya pada kemiringan sudut  $10^\circ$  menghasilkan daya rata-rata terbesar yaitu 29.442 Watt diikuti dengan kemiringan sudut  $30^\circ$  sebesar 24.8353 Watt lalu sudut  $60^\circ$  sebesar 19.778 Watt

## Saran

Saran untuk kemajuan dan optimalisasi penelitian ini sebagai berikut :

1. Melakukan pengambilan data pada cuaca yang mendukung untuk mengoptimalkan kerja panel surya yaitu pada saat kondisi sangat cerah agar menghasilkan daya yang lebih besar.
2. Melakukan pengambilan data di berbagai tempat sehingga akan mendapatkan data yang lebih variatif.
3. Panel surya terpasang dengan *tracker* otomatis agar dapat menentukan sudut kemiringan yang sesuai dan menghasilkan daya lebih maksimal.

## REFERENSI

- [1] “BP Statistical Review of World Energy Statistical Review of World,” 2019.
- [2] Y. Afriyanti, H. Sasana, and G. Jalunggono, “DINAMIC: Directory Journal of Economic Volume 2 Nomor 3 ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KONSUMSI ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA ANALYSIS OF INFLUENCING FACTORS RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION IN INDONESIA 1).”
- [3] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, “Indonesia Energy Outlook 2019,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [4] H. Asy’ari, Jatmiko, and Angga, “Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya,” *Simp. Nas. RAPI XI FT UMS*, pp. 52–57, 2012.
- [5] H. A. S, “PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN TERHADAP EFISIENSI SEL FOTOVOLTAIK ( Influence Of Slope Angle On Efficiency Of The Photovoltaic Cell ),” no. October 2017, 2018.
- [6] A. K. Albahar and Muhammad Faizal Haqi, “PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA (PV) TERHADAP KELUARAN DAYA,” *Sustain.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2020, [Online]. Available: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/mhdl-20203177951%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0887-9%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0884-z%0Ahttps://doi.org/10.1080/13669877.2020.1758193%0Ahttp://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article>
- [7] M. Roal, “Peningkatan Efisiensi Energi Menggunakan Baterai Dengan Kendali Otomatis Penerangan Ruang Kelas Berbasis PLTS,” vol. 7, no. 2, pp. 12–19, 2015.
- [8] W. Sunanda and R. F. Gusa, “Jurnal Presipitasi Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya : Studi Kasus di Kota Pangkalpinang,” no. September, 2019, doi: 10.14710/presipitasi.v16i2.
- [9] M. and others Syukri, “129219-ID-perencanaan-pembangkit-listrik-tenaga-su,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 9, no. 2, pp. 77–80, 2010.
- [10] N. Pramesti Sartono *et al.*, “Pengaruh Perbedaan Posisi Sudut Kemiringan Panel Surya 120 Watt Peak Terhadap Peningkatan Efisiensi,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, pp. 246–253, 2021, [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>