

Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Daya Keluaran Pada Panel Surya Jenis *Polycrystalline* 100 WP Menggunakan *Regression Quadratic*

Muhammad Andre Hardianto¹ Novia Utami Putri^{2,*}, Elka Pranita³, Ernando Rizki Dalimunthe⁴

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dan Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia

² Program Studi Mekanisasi Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung

Article Info

Article history:

Received October 19, 2024

Accepted January 3, 2025

Published May 20, 2025

Keywords:

PLTS

Regresi Kuadratik

Polycrystalline

Sudut Kemiringan

ABSTRACT

This research discusses how to find a suitable tilt angle for use on POLYCRYSTALLINE 100 WP solar panels using quadratic regression from 08.00-16.00 with a tilt angle ranging from 0° to 60°. In this researcher, the quadratic regression method is used to find predicted values which will later be compared with the slope angles which have the closest values between the field data and the predicted data. Based on the research results obtained, it shows that the optimal tilt angle is 5.11° with an average power produced of 66.51 watts/hour and an RMSE value from a tilt angle of 0° to 60° of 3. Meanwhile, the average energy produced was issued based on a tilt angle of 5.11° of 13.6 watts/hour with an overall RMSE value from an angle of 0° to 60° of 7.52.



Corresponding Author:

Novia Utami Putri

Jurusan Teknologi Pertanian

Politeknik Negeri Lampung

Jl. Soekarno Hatta, No.10, Rajabasa Raya, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141

Email : noviautami@polinela.ac.id, noviautami@teknokrat.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang mengandalkan radiasi panas matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya sebagai mediana. Di Indonesia PLTS sangat cocok diterapkan dikarenakan sebagian besar wilayah Indonesia memiliki tingkat intensitas radiasi matahari yang tinggi dan mudah digunakan terutama bagi masyarakat umum. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa keunggulan PLTS tersebut dapat digunakan oleh masyarakat umum meskipun di daerah yang sulit atau belum dapat dijangkau oleh listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Oleh sebab itu dilakukan cara untuk memaksimalkan potensi PLTS dalam menghasilkan energi listrik yaitu dengan menentukan arah sudut rotasi panel surya secara efektif untuk mendapatkan sinar matahari dari pagi sampai sore seperti halnya pada beberapa penelitian seperti penelitian Samsurizal yang membahas pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap arus secara realtime Analisis Pengaruh Radiasi Matahari Dan Temperatur Terhadap Daya Keluaran Fotovoltaik Menggunakan SPSS[1], Optimasi Daya Keluaran PLTS Berdasarkan Sudut Kemiringan di Institut Teknologi PLN Jakarta[2], dan Regression Quadratic Method untuk Menganalisis Hubungan Sudut Kemiringan terhadap Radiasi dan Energi Panel Surya[3], [4].

Terkait dari hasil dari beberapa penelitian tersebut terdapat kekurangan yaitu tidak menjelaskan lebih dalam pengaruh sudut kemiringan terhadap daya yang dihasilkan dari panel surya sampai daya output untuk menghidupkan beban listrik. Oleh sebab itu tema yang diangkat dari kasus penelitian tersebut ialah mengukur seberapa berpengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap daya pada PLTS dari output panel surya sampai output menghidupkan beban listrik.

Pada kasus analisis penelitian yang membedakan jika dibandingkan dengan sudut kemiringan PLTS lain yaitu terdapat parameter pengukuran daya output dari panel surya sampai daya output pada beban listrik guna menunjukkan apakah PLTS tersebut berfungsi dengan baik dan sekaligus menjelaskan apakah energi listrik

dari PLTS sudah mencukupi untuk menghidupkan 2 lampu listrik AC dengan masing-masing daya 25 watt secara real time.

Selama analisis berlangsung peneliti menggunakan daya sebagai patokan hasil penelitian dengan alasan peneliti daya merupakan salah satu parameter dalam mengukur energi yang dihasilkan selain arus, dan tegangan. Selain itu daya sangat cocok digunakan sebagai parameter rata-rata daya yang dihasilkan PLTS secara umum ketimbang tegangan, dan arus yang sudah dibahas dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Dalam proses penelitian dijelaskan bahwa penulis harus membuktikan bahwa sudut kemiringan berpengaruh dalam menghasilkan energi listrik secara keseluruhan dan menentukan sudut kemiringan panel yang tepat untuk menerima radiasi matahari secara optimal dari pagi sampai sore menggunakan metode *regression quadratic* [5]. Selama proses peneliti metode yang akan digunakan yaitu metode *regression quadratic* sebagai acuan dari hasil analisis penelitian.

Regression quadratic secara umum merupakan regresi yang biasa digunakan untuk menentukan sudut koordinat pada masing-masing variabel. Namun pada kasus penelitian ini digunakan untuk menemukan sudut kemiringan yang efektif dan menghitung nilai data-data prediksi baik dari output panel surya maupun output pada beban listrik. Ada beberapa alasan peneliti menggunakan metode tersebut yaitu lebih mudah digunakan untuk mencari beberapa data penting seperti mencari rata-rata daya prediksi panel dan beban listrik jika dibandingkan dengan regresi non linear, dan linear lainnya, regresi ini dinilai sangat cocok digunakan mengingat data-data yang akan didapat nanti bersifat non linear antara variabel-variabel yang didapat, dan *regression quadratic* sering digunakan dalam hal analisis penelitian sehingga diharapkan mampu mempermudah sekaligus memperkuat argumen dari hasil penelitian tersebut secara keseluruhan.

Oleh sebab itu sebelum memulai proses penelitian terlebih dahulu harus mengetahui bagian penting yang perlu disampaikan supaya tidak terjadi kesalahan informasi selama proses penelitian. Peneliti menggunakan beberapa alat dan komponen penting yang akan digunakan dalam proses penelitian diantaranya panel surya jenis *polycrystalline* 100 wp dengan alasan panel jenis ini mampu menghasilkan energi listrik yang lebih stabil, di kondisi sinar matahari yang sedang redup. Sedangkan untuk mengukur sudut kemiringan panel surya menggunakan *angle meter* secara manual dari sudut 0° sampai 60°. Sedangkan untuk beban listrik yang digunakan selama pengujian keluaran energi listrik digunakan lampu listrik AC 25 watt 2 buah [6]

Dalam proses peneliti *regression quadratic* digunakan untuk mencari nilai data prediksi baik data prediksi output daya panel surya dan output beban daya sebelum dibandingkan dengan data lapangan. Hasil dari perbandingan tersebut peneliti akan mengambil salah satu data yang dimana semakin besar nilai antara data lapangan dan data prediksi semakin berkemungkinan besar peneliti dapat menemukan sudut kemiringan panel surya yang cocok digunakan berdasarkan lokasi tempat penelitian.

Dari hasil analisis penelitian tersebut peneliti mampu menjelaskan hasil dari penelitian berdasarkan perhitungan data, dan kesimpulan yang didapat berdasarkan opini dari hasil riset penelitian didapat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis adanya pengaruh sudut kemiringan di panel surya terhadap daya yang dihasilkan panel surya, daya output pada beban dan menemukan sudut kemiringan yang ideal menggunakan panel surya jenis *polycrystalline* 100 WP.

Landasan Teori :

1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari berupa radiasi matahari yang kemudian akan dikonversikan menjadi energi listrik melalui Panel surya [7]. Secara sistematis PLTS mampu menghasilkan energi Listrik melalui sel surya yang bisa memperoleh energi listrik secara total melalui penyerapan radiasi matahari, sehingga PLTS tidak perlu lagi membutuhkan bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik. Kemudian secara sistem sel surya kerap dinyatakan lebih praktis daripada generator Listrik [8], [9].

1.2. Panel surya

Panel surya merupakan elemen aktif (semikonduktor) yang memanfaatkan efek Panel surya untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik tanpa penggunaan dari bagian-bagian mekanis yang bergerak dan tanpa penggunaan bahan bakar [10].

1.3 Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) merupakan *software* yang digunakan untuk mengolah berbagai data dengan perhitungan tertentu menjadi informasi yang sangat jelas dan mudah dipahami dalam mengambil keputusan dalam sebuah penelitian [11]. SPSS mempunyai kemampuan perhitungan statistik yang tinggi, sehingga memudahkan pengguna dalam analisis data termasuk data untuk menemukan regresi terutama *regression quadratic* [12]

1.4 Regression quadratic

Regression quadratic merupakan pengembangan dari regresi linear, dimana data yang dimodelkan dalam *regression quadratic* mempunyai atau membentuk pola kuadrat jika divisualisasikan ke dalam grafik atau diagram [13].

1.5 RMSE (Root Mean Square Error)

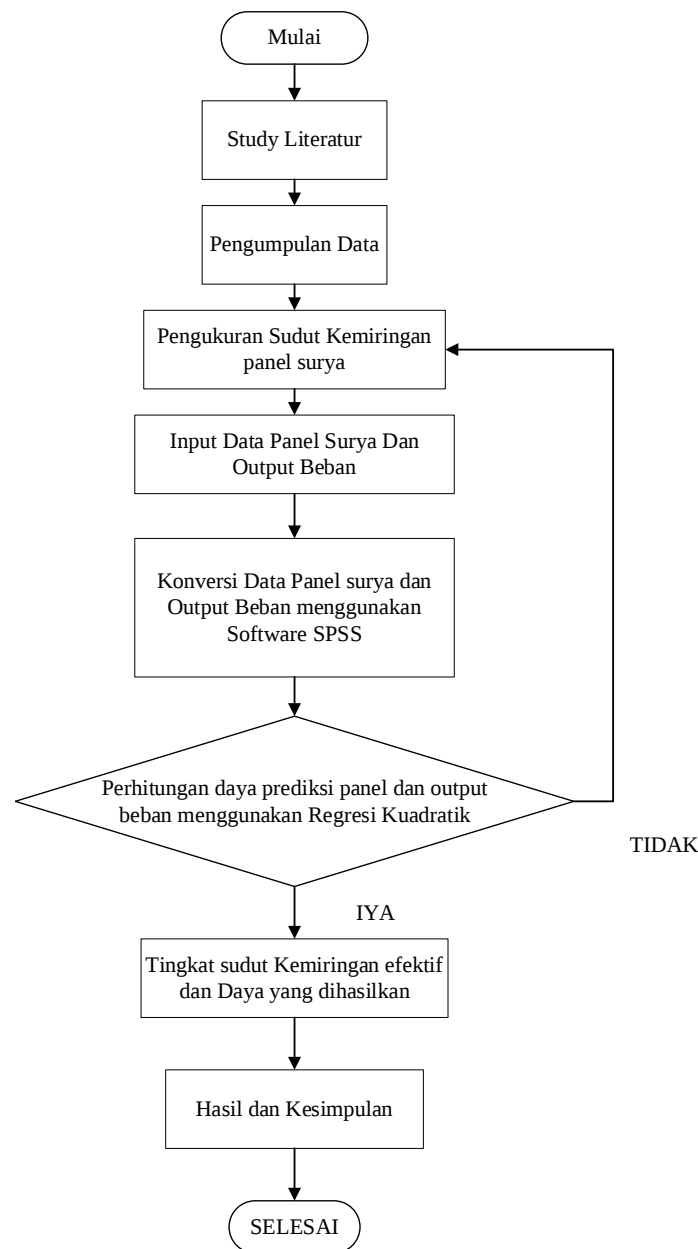
RMSE (*Root Mean Square Error*) adalah salah satu metrik yang digunakan untuk mengukur seberapa baik sebuah model prediktif sesuai dengan data observasi sebenarnya. RMSE mengukur rata-rata besar kesalahan antara nilai yang diprediksi oleh model dan nilai yang sebenarnya, dengan memberikan penalti lebih besar pada kesalahan yang lebih besar [14].

2. METODE PENELITIAN

Pada alur proses penelitian terdapat beberapa tahapan yang dimulai dari studi literatur untuk mencari beberapa sumber referensi jurnal yang membahas serupa tentang PLTS selanjutnya setelah penulis sudah mengumpulkan beberapa sumber kuat terkait literatur, problematika permasalahan serta solusi yang dibahas, teori dasar, tujuan penelitian yang akan dibahas.

Tahapan selanjutnya penulis akan mengambil data penting pada masing-masing sudut kemiringan di lapangan serta mencari koefisien regresi kuadratik menggunakan SPSS. Setelah menemukan data hasil koefisien ditemukan menggunakan SPSS akan dilakukan perhitungan rata-rata prediksi baik untuk rata-rata daya prediksi output panel surya dan rata-rata daya output untuk menghidupkan beban listrik menggunakan metode *Regression quadratic* dari sudut kemiringan 0° sampai 60° .

Setelah mendapatkan nilai rata-rata data lapangan dan data prediksi akan dilakukan beberapa hal penting yang harus dilakukan untuk menemukan menyimpulkan serta menjelaskan dari hasil penelitian tersebut berupa menemukan sudut kemiringan yang ideal digunakan menggunakan regresi kuadratik polinomial, besaran daya yang dikeluarkan berdasarkan sudut yang sudah ditemukan dan nilai RMSE untuk membuktikan seberapa akurat dari data prediksi regresi kuadratik baik untuk panel surya maupun beban output. untuk alur proses penelitian bisa dilihat berdasarkan flowchart dibawah berikut.



Gambar 1. Blok Diagram Alur Kerja Penelitian

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) digunakan untuk mengukur energi listrik yang dihasilkan pada panel surya jenis *polycrystalline* 100 wp dan mengukur daya output untuk menghidupkan beban listrik berupa lampu 25 watt AC 2 buah dari pagi sampai sore. untuk susunan PLTS dimulai dari panel surya *polycrystalline* 100 wp selanjutnya terhubung ke watt meter sebelum memasuki *solar charger controller* (SCC) untuk mengetahui daya yang dihasilkan panel selama 1 jam, selanjutnya setelah melewati SCC energi listrik akan melewati terlebih dahulu inverter AC dan wattmeter untuk mengukur daya output sebelum lampu listrik AC tujuan dari inverter AC dan watt output yaitu mengubah dan mengetahui besaran energi yang dikeluarkan untuk menghidupkan 2 lampu listrik AC dengan masing-masing 25 watt.

2.2. Panel surya

Panel surya digunakan untuk menghasilkan energi Listrik pada PLTS. Selama proses penelitian panel yang akan digunakan yaitu jenis *polycrystalline* 100 wp Alasan peneliti menggunakan panel surya jenis *polycrystalline* 100 wp yaitu panel surya jenis ini merupakan panel surya yang sering digunakan mengingat harganya yang terjangkau, mudah dicari, dan lebih stabil dari pada *monocrystalline* dalam kondisi matahari redup sedangkan untuk ukuran 100 wp dikarenakan memiliki kapasitas yang lebih cukup untuk menghidupkan

2 lampu listrik 25 watt meskipun dalam keadaan berawan. Selama proses pengambilan data panel surya akan diatur tingkat sudut kemiringan dan dicatat seberapa besar daya yang dihasilkan berdasarkan tingkat sudut kemiringan di jam berapa secara real time dari pagi 09.00 sampai 15.00. Untuk satuan yang diambil sebagai patokan dalam analisis pengaruh sudut kemiringan terhadap panel surya yaitu satuan daya watt/hour dari 0° sampai 60°.

2.3 Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) digunakan untuk menentukan koefisien pada daya output pada panel surya dan daya output untuk menghidupkan beban Listrik dengan cara mengambil daya rata-rata pada sudut kemiringan 0° sampai 60°. selanjutnya akan di konversikan bentuk tabel yang nantinya akan digunakan untuk menghitung rata-rata daya prediksi baik output panel surya dan output pada beban.

2.4 Regression quadratic

Regression quadratic digunakan untuk mencari nilai rata-rata prediksi pada daya output panel surya dan daya output pada beban dari sudut kemiringan 0° sampai 60°. tujuan dari nilai prediksi tersebut adalah sebagai penentu dalam menentukan sudut kemiringan panel surya yang ideal jika terdapat nilai rata-rata daya yang dihasilkan tertinggi baik berdasarkan nilai lapangan maupun nilai prediksi menurut metode regresi kuadrat. Setelah menemukan sudut kemiringan berpotensi digunakan penulis akan memberikan sebuah bukti perhitungan sudut kemiringan menggunakan regresi kuadrat polinomial. Untuk hasil melihat rumus-rumus yang akan digunakan bisa dilihat dibawah berikut :

Menemukan nilai prediksi rata-rata daya output panel surya dan daya output pada beban [15]:

$$u\hat{I} = ax^2 + bx + c$$

$$y\hat{I} = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

Dimana :

$u\hat{I}$ = rata-rata daya prediksi yang dihasilkan Panel surya

$y\hat{I}$ = rata-rata daya prediksi keluaran pada beban listrik

x = Sudut kemiringan panel

a = diambil dari masing-masing Daya *coefficients Unstandardized* panel surya (A) dan output beban (A)

b = diambil dari masing-masing Daya *coefficients Unstandardized* panel surya (B) dan output beban (B)

c = diambil dari masing-masing Daya *coefficients Unstandardized* panel surya (C) dan output beban (C)

menentukan sudut kemiringan panel surya menggunakan regresi kuadrat polinomial [1]

$$x = \frac{dy}{dx} \quad (2)$$

Dimana :

x = Sudut kemiringan Panel surya

dy = diambil dari *coefficients Unstandardized* panel surya (B)

dx = diambil dari *coefficients Unstandardized* panel surya (A)

2.5 RMSE (Root Mean Square Error)

RMSE akan digunakan untuk mengukur seberapa baik sebuah model prediktif sesuai dengan data observasi sebenarnya baik untuk data rata-rata prediksi pada output daya panel surya maupun output pada beban Listrik dari sudut 0° sampai 60°. Untuk rumus yang akan digunakan baik untuk menemukan RMSE pada output panel surya dan output pada beban bisa digunakan rumus dibawah ini [15]:

$$RMSE \text{ output panel surya} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (u_i - u\hat{I})^2} \quad (3)$$

$$RMSE \text{ output beban listrik} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y\hat{I})^2}$$

Dimana:

u_i = nilai rata-rata data lapangan panel surya.

$u\hat{I}$ = nilai rata-rata prediksi berdasarkan hasil perhitungan regresi kuadrat pada panel surya.

y_i = nilai rata-rata data lapangan panel surya.

$y\hat{I}$ = nilai rata-rata prediksi berdasarkan hasil perhitungan regresi kuadrat pada output beban listrik.

n = jumlah observasi

3. HASIL DAN ANALISIS

Isi dari hasil berupa penjelasan lengkap alur proses penelitian dalam mengolah data lapangan menjadi data perhitungan prediksi menggunakan regresi kuadratik pada isi penjelasan hasil penulis menjelaskan juga cara mencari sudut kemiringan yang ideal, nilai prediksi, dan nilai RMSE secara keseluruhan dari hasil perhitungan regresi kuadratik. Sedangkan untuk analisis menjelaskan secara ringkas kenapa hasil perhitungan tersebut terjadi berdasarkan data sumber referensi yang didapat.

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Pengukuran Kemiringan Panel surya

Pada proses pengambilan data penelitian akan terlebih dahulu mengukur kemiringan Panel surya secara manual menggunakan eagle meter. Untuk gambaran proses pengukuran kemiringan Panel surya bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Pengukuran Sudut Kemiringan pada Panel surya

Selama pengukuran kemiringan Panel surya peneliti akan mengambil data mulai dari jam 09.00 -15.00 dengan hasil data berupa tingkat kemiringan yang sudah ditentukan yang dimulai dari 0° , 5° , 10° , dan seterusnya dengan tambahan kelipatan 5° mencapai 60° .

3.1.2 Pengujian Solar Charger Controller (SCC)

Pada pengujian *Solar Charger Controller* (SCC) hanya digunakan untuk mengecek arus dan tegangan Listrik dari panel surya menuju baterai selanjutnya akan disimpan sebelum digunakan untuk menghidupkan beban listrik berupa 2 lampu Listrik AC dengan masing-masing besaran daya sebesar 25 watt. SCC juga berperan penting untuk mengontrol energi listrik dari Panel surya menuju baterai hal ini perlu dilakukan supaya tidak merusak baik untuk baterai maupun perangkat lain untuk mengalirkan arus Listrik menuju beban listrik.



Gambar 3. Proses pengecekan Solar Charger Controller (SCC)

3.1.3 Pengujian daya output yang dihasilkan pada Panel surya

Cara mendapatkan daya yang dihasilkan pada Panel surya peneliti harus mencatat statistic perkembangan data pada daya yang dihasilkan pada panel surya di lapangan dimulai dari pagi jam 09.00 sampai sore jam 15.00 dengan sudut kemiringan 0° , 5° , 10° , 15° , dan seterusnya sampai sudut 60° . Setelah mendapatkan data tersebut akan dihitung rata-rata daya yang dihasilkan pada masing sudut kemiringan Panel surya yang akan digunakan nanti untuk menghitung regresi kuadratik terhadap daya rata-rata yang dihasilkan pada masing-masing sudut kemiringan panel surya. Untuk melihat hasil nilai data yang dimasukan bisa dilihat pada beberapa tabel berikut.

Tabel 1. Data pengukuran daya pada kemiringan panel surya 0° sampai 60°

Waktu	Daya yang dihasilkan (Watt)												
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
09.00	44,1	44,2	38,9	59,2	53,2	48,6	46,5	43,7	40,3	31,9	28,7	25,3	22
10.00	52,7	75,4	47,3	53,5	64,1	55,3	49,6	46,5	43,2	32,5	29,4	27,4	24,9
11.00	63	86,5	86,8	72,8	73,4	49,6	54,4	50,1	47	37,7	32,9	29,8	26,8
12.00	93,7	97,8	95,4	95	88	83,2	83,2	75,9	63,7	66,8	46	44,1	41,1
13.00	84,7	85,3	83,6	82	75,7	58,6	64	69,5	57,8	56,2	49,2	45,8	47,8
14.00	58,6	59,8	60,7	59,7	55,4	55,8	56	49	38,7	28,9	50,8	47,8	44,5
15.00	41,9	40,3	33,8	45,3	48,1	37,3	40,6	39,8	41,7	22,9	30,6	28,8	28

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata daya yang dihasilkan pada masing-masing sudut kemiringan pada Tabel 1 diketahui untuk sudut 0° sebesar 62,67 watt/hour, sudut 5° menghasilkan 69,99 watt/hour dan sudut 10° menghasilkan 63,79 watt/hour. sudut 15° sebesar 66,79 watt/hour, sudut 20° menghasilkan 65,41 watt/hour dan sudut 25° menghasilkan 58,23 watt/hour. sudut 30° sebesar 58,33 watt/hour, sudut 35° menghasilkan 53,5 watt/hour dan sudut 40° menghasilkan 47,48 watt/hour. sudut 45° sebesar 22,9 watt/hour, sudut 50° menghasilkan 30,6 watt/hour, sudut 55° menghasilkan 28,8 watt/hour, dan sudut 60° menghasilkan 28 watt/hour.

3.1.4 Daya yang dikeluarkan pada Beban Listrik

Selama proses pengambilan daya keluaran dimulai dari jam 09.00 sampai jam 15.00. Selama proses pengambilan data penelitian akan mengambil data dari watt meter yang terhubung langsung antara inverter dan beban listrik dengan pengambilan data berupa data keluaran output untuk menghidupkan beban listrik dimulai dari jam 09.00 sampai jam 15.00 dengan jeda pengambilan data akan dilakukan setiap 1 jam sekali.



Gambar 4. Pengecekan daya yang dikeluarkan untuk menghidupkan lampu

Tabel 2. Statistik daya keluaran pada beban listrik

Waktu	Daya yang dihasilkan berdasarkan sudut kemiringan (Watt)													
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	
09.00	14,24	14,23	13,8	13,92	14,63	14,78	14,55	15,12	14,96	13,07	11,64	11,95	11,87	
10.00	17,12	16,87	15,28	13,7	14,57	16,23	15,87	15,74	15,34	13,13	12,78	12,45	12,36	
11.00	14,94	16,47	17,36	17,41	16,61	17,89	16,89	16,27	16,25	15,87	13,25	13,12	12,98	
12.00	14,89	17,46	17,71	18,42	18,5	18,46	18,12	17,95	18,09	17,59	14,54	14,44	14,33	
13.00	17,94	18,37	15,53	18,47	15,27	15,18	16,09	16,01	16,56	15,55	14,59	14,56	14,49	
14.00	15,23	16,12	16,32	15,86	15,4	15,55	15,27	15,36	15,06	14,89	14,59	14,59	14,39	
15.00	14,22	14,37	14,43	14,21	14,42	14,26	14,24	14,41	14,39	14,27	13,82	13,9	14,04	

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata daya yang dihasilkan pada masing-masing sudut kemiringan pada Tabel 6 diketahui untuk sudut 0° sebesar 15,51 watt/hour, sudut 5° menghasilkan 16,27 watt/hour dan sudut 10° menghasilkan 15,77 watt/hour. sudut 15° sebesar 62,67 watt/hour, sudut 5° menghasilkan 69,99 watt/hour dan sudut 10° menghasilkan 63,79 watt/hour. untuk sudut 30° sebesar 15,86 watt/hour, sudut 35° menghasilkan 15,83 watt/hour dan sudut 40° menghasilkan 15,8 watt/hour. untuk sudut 45° sebesar 14,91 watt/hour, sudut 50° menghasilkan 13,6 watt/hour, sudut 55° menghasilkan 13,57 watt/hour, dan sudut 60° menghasilkan 13,49 watt/hour.

3.1.5 Data Hasil perhitungan regression quadratic

Setelah mendapatkan data rata-rata daya yang dihasilkan pada panel surya dan rata-rata daya keluaran beban selanjutnya akan dikonversikan menjadi perhitungan *regression quadratic* menggunakan software SPSS. Untuk hasil konversinya akan digunakan untuk menghitung rata-rata daya prediksi yang dihasilkan panel surya dan rata-rata daya prediksi keluaran pada beban berdasarkan rumus *regression quadratic* di setiap sudut kemiringan dari 0° sampai 60° untuk membandingkan apakah data lapangan dan data prediksi kontras dengan perhitungan atau tidak.

Setelah menemukan rata-rata daya prediksi pada panel surya dan keluaran pada beban, penulis akan menentukan sudut kemiringan paling efektif digunakan dengan cara mengambil daya rata-rata tertinggi pada data lapangan dan data prediksi pada panel surya dari sudut kemiringan 0° sampai 60° serta menentukan sudut kemiringan menggunakan rumus regresi kuadratik polinomial untuk memperjelas bahwa sudut tersebut layak digunakan. Sedangkan untuk menunjukkan seberapa besar nilai eror antara nilai lapangan dan prediksi secara keseluruhan pada daya dihasilkan panel dan output beban digunakan rumus RMSE.

a). Regression quadratic terhadap Panel surya

Selama proses penelitian dibutuhkan data penting untuk menentukan Coefficients pada regresi kuadratik pada panel surya. Untuk menentukan Coefficients regresi kuadratik diperlukan data rata-rata daya output yang sudah dihitung berdasarkan tabel 1 selanjutnya akan dikonversikan menggunakan perhitungan SPSS. Untuk hasil konversi data rata-rata daya menjadi Coefficients regresi kuadratik bisa dilihat pada tabel dibawah berikut.

Tabel 3 Coefficients kemiringan panel panel		
Model	Unstandardized	Coefficients Error
Daya A (dx)	-0,09	0,003
Daya B (dy)	-0,92	0,190
Constant Daya C	67,222	2,459

Pada Tabel 3 merupakan Coefficients kemiringan panel surya dari hasil konversi data lapangan pada tabel 1 menggunakan software SPSS dengan settingan mencari nilai Coefficients regresi kuadratik. Pada tabel 3 akan digunakan untuk mencari nilai prediksi terhadap daya yang dihasilkan pada masing-masing sudut kemiringan panel menggunakan rumus regresi yang bisa dilihat pada pers (1). Untuk hasil nilai prediksi pada masing-masing sudut kemiringan bisa dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Data hasil lapangan, perhitungan regresi dan RMSE pada Panel surya secara keseluruhan.

Kemiringan (x)	Daya Rata-rata ui (Watt/hour)	Daya prediksi $u\hat{i}$ (Watt/hour)	Selisih $(u_i - u\hat{i})^2$
0°	62,67	67,22	20,7025
5°	69,9	66,535	11,323225
10°	63,79	65,4	2,5921
15°	66,79	63,815	8,850625
20°	65,41	61,78	13,1769
25°	58,23	59,295	1,134225
30°	58,33	56,36	3,8809
35°	53,5	52,975	0,275625
40°	47,48	49,14	2,7556
45°	39,55	44,855	28,143025
50°	37,78	40,12	5,4756
55°	35,71	34,935	0,600625
60°	33,58	29,3	18,3184

Berdasarkan tabel 4 terdapat perbedaan tipis antara nilai rata-rata daya yang dihasilkan pada panel surya baik dari data lapangan (u_i) maupun data prediksi menggunakan rumus regresi kuadratik ($u\hat{i}$). Sehingga pada tabel 4 penulis harus membuktikan seberapa besar eror atau miss nilai prediksi ($u\hat{i}$) terhadap nilai lapangan (u_i). Untuk itu penulis menggunakan rumus (*Root Mean Square Error*) RMSE berdasarkan pers (3) terhadap rata-rata daya yang dihasilkan PLTS secara keseluruhan dari sudut 0° sampai 60° . Untuk hasil perhitungan RMSE penulis mendapatkan bahwa nilai RMSE yang didapat sebesar 3,00275 yang termasuk nilai yang cukup jauh berbeda dikarenakan terdapat selisih yang cukup banyak di beberapa sudut kemiringan sehingga jika dijumlahkan keseluruhan terdapat nilai rata-rata yang banyak sehingga nilai RMSE jika dibulatkan menjadi 3.

Berdasarkan tabel 4 menunjukkan bahwa sudut kemiringan 5° merupakan sudut kemiringan tertinggi dalam menghasilkan rata-rata energi Listrik secara keseluruhan. Untuk membuktikan apakah sudut kemiringan tersebut paling efektif atau tidak diperlukan rumus regresi kuadratik polinomial dengan mengambil input data dx dan dy diambil dari tabel 3. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui sudut yang ideal menurut regresi kuadratik polinomial menyatakan bahwa sudut kemiringan yang ideal yaitu $5,11$ yang artinya sudut kemiringan 5° merupakan sudut paling efektif digunakan jika dibandingkan dengan sudut yang lain.

b). Regression quadratic terhadap daya output beban Listrik.

Selama proses penelitian dibutuhkan data penting untuk menentukan Coefficients pada regresi kuadratik pada output beban. Untuk menentukan Coefficients regresi kuadratik diperlukan data rata-rata daya output beban yang sudah dihitung berdasarkan tabel 2 selanjutnya akan dikonversikan menggunakan perhitungan SPSS. Untuk hasil konversi rata-rata daya output pada beban menjadi Coefficients regresi kuadratik bisa dilihat pada tabel dibawah berikut.

Tabel 5. coefficients kemiringan panel panel

Model	Unstandardized B	Coefficients Error
Daya A	0,004396	0
Daya B	-0,018	0,014
Constant Daya C	13,672	0,286

Pada Tabel 5 merupakan coefficient dari hasil perhitungan daya output pada beban menggunakan software SPSS sehingga dari hasil data tersebut bisa dilakukan analisa lebih lanjut pengaruh sudut kemiringan terhadap daya keluaran pada beban listrik menggunakan perhitungan data prediksi berdasarkan rumus regresi kuadratik pada pers (1). Untuk hasil perhitungan data prediksi terhadap daya output pada beban dari sudut 0° sampai 60° bisa dilihat pada tabel 6 dibawah berikut.

Tabel 6. Data hasil lapangan, perhitungan regresi dan RMSE pada Panel surya secara keseluruhan.

Kemiringan (x°)	daya Rata-rata y_i (Watt/hour)	daya prediksi $\hat{y}_i$ (Watt/hour)	Selisih $(y_i - \hat{y}_i)^2$
0°	13,35	13,672	0,103684
5°	13,8	13,6919	0,01168561
10°	13,62	13,9316	0,09709456
15°	13,51	14,3911	0,77633721
20°	13,47	15,0704	2,56128016
25°	12,88	15,9695	9,54501025
30°	13,1	17,0884	15,90733456
35°	13,27	18,4271	26,59568041
40°	12,91	19,9856	50,06411536
45°	12,88	21,7639	78,92367921
50°	12,42	23,762	128,640964
55°	12,48	25,9799	182,2473
60°	12,93	28,4176	239,8657538

Pada table 6 menampilkan rata-rata daya output pada beban berdasarkan hasil lapangan (y_i) dengan rata-rata daya output prediksi berdasarkan perhitungan regresi kuadratik pada pers (1) sebelumnya, dari sudut kemiringan 0° sampai 60° .

Untuk mengetahui nilai RMSE (*root mean square error*) yang terjadi pada daya output keseluruhan bisa menggunakan rumus RMSE yang bisa dilihat pada pers (3) sebelumnya. Untuk hasil perhitungan RMSE secara keseluruhan diketahui sebesar 7,52 yang secara arti memang terdapat perbedaan data antara data lapangan maupun data prediksi dapat mempengaruhi keputusan untuk meletakkan sudut kemiringan secara langsung. Sedangkan untuk mengetahui daya output pada beban Listrik berdasarkan perhitungan regresi kuadratik, dapat dilakukan dengan menggunakan rumus regresi sama pada pers (1) dengan variabel nilai regresi menggunakan coefficients pada tabel 6. Untuk hasil perhitungan daya output berdasarkan sudut kemiringan $5,11^\circ$ mendapatkan nilai rata-rata daya sebesar 13,6 watt/jam.

3.2 Pembahasan

Pada hasil penelitian sebelumnya terdapat beberapa poin penting yang dapat disampaikan bahwa :

A). Hasil penelitian dilapangan menunjukkan bahwa, Penempatan posisi Panel surya dapat mempengaruhi produktivitas PLTS baik dari segi menghasilkan energi listrik, maupun energi yang dikeluarkan untuk menghidupkan beban listrik. Hal ini terjadi dikarenakan selama proses penelitian terdapat beberapa faktor yang

mempengaruhi yaitu terdapat penempatan posisi panel surya yang kurang maksimal pada masing-masing sudut kemiringan, perubahan cuaca setiap saat ketika proses pengambilan data lapangan, dan kualitas alat yang berperan penting dalam menghasilkan energi Listrik pada PLTS. hal ini lah yang membuktikan bahwa posisi PLTS, iklim setempat serta alat yang digunakan.

B). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut kemiringan yang cocok digunakan untuk pemasangan PLTS berdasarkan perhitungan *regression quadratic* sebesar $5,11^\circ$ dengan daya yang dihasilkan berkisar rata-rata sebesar 66,51 watt/hour Sedangkan untuk RMSE (*root mean square error*) secara keseluruhan sebesar 3 dari setiap sudut kemiringan dari 0° sampai 60° . Sesuai dengan metode penelitian dari samsudial dkk yang berkaitan menggunakan metode *regression quadratic* terdapat perbedaan daya yang dihasilkan pada panel surya dari sudut kemiringan 0° sampai 60° [14].

C). Berdasarkan perhitungan rata-rata daya output yang keluar untuk menghidupkan beban Listrik setiap 1 jam

menggunakan *regression quadratic* dengan Tingkat sudut kemiringan $5,11^\circ$ sebesar 13,6 watt/hour sedangkan untuk nilai RMSE (*root mean square error*) yang didapat berdasarkan sudut kemiringan keseluruhan dari 0° sampai 60° sebesar 7,52.

4.KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Berdasarkan hasil penelitian yang dapat disimpulkan bahwa :

Berdasarkan hasil penelitian secara keseluruhan untuk menentukan sudut kemiringan yang berdasarkan rumus regresi kuadratik yang didapat sebesar $5,11^\circ$. Sedangkan untuk daya yang dihasilkan berdasarkan tingkat kemiringan serupa sebesar 66,51 Watt dengan nilai RMSE dari sudut kemiringan 0° sampai 60° sebesar 3. Sedangkan untuk daya yang dikeluarkan untuk menghidupkan 2 lampu listrik berdasarkan sudut kemiringan $5,11^\circ$ sebesar 13,6 watt dengan nilai RMSE secara keseluruhan dari sudut 0° sampai 60° sebesar 7,52. Hal ini terjadi dikarenakan terjadi perbedaan hasil data lapangan dengan data prediksi yang cukup bervariasi dari sudut kemiringan 0° sampai 60° baik untuk mengukur daya yang dihasilkan maupun daya keluaran pada beban. Meskipun begitu peneliti sudah membuktikan bahwa sudut kemiringan sangat berpengaruh dalam menghasilkan energi Listrik pada panel surya.

4.2 Berdasarkan hasil penelitian terdapat beberapa hal penting yang perlu disampaikan :

1.Selama proses penelitian panel yang digunakan untuk mengambil data yaitu panel jenis Polycrystalline 100 wp. Untuk itu diharapkan bagi peneliti selanjutnya mengembangkan lebih dalam lagi kedepannya baik untuk membandingkan daya yang dihasilkan pada panel jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline* dengan kapasitas daya yang dihasilkan sama maupun membandingkan seberapa efektif PLTS menggunakan solar tracking otomatis dengan PLTS menggunakan sudut kemiringan menggunakan regresi kuadratik.

2.Penelitian ini hanya berfokus mencari sudut kemiringan daya output pada panel surya dan daya output untuk menghidupkan lampu Listrik. Untuk itu diharapkan ada pengembangan terutama pada bagian rancangan PLTS yang lebih efektif dalam menghasilkan energi Listrik secara konsisten dan tahan lama bersamaan dengan penjelasan lebih luas baik dari spesifikasi PLTS yang digunakan, dan penjelasan potensi energi yang dihasilkan secara keseluruhan yang nanti akan mudah diterapkan bagi sebagian Masyarakat umum dalam penggunaan PLTS secara massal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. A. F. Sugiono, D. A. Munawwaroh, and F. Yudhanto, "Regression Quadratic Method untuk Menganalisis Hubungan Sudut Kemiringan terhadap Radiasi dan Energi Panel Surya," *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, vol. 4, no. 2, pp. 97–101, Jun. 2023, doi: 10.18196/jqt.v4i2.16992.
- [2] S. Putra, C. Rangkuti, and J. Teknik Mesin, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal," *Seminar Nasional Cendekiawan*, 2016.
- [3] S. Samsurizal, A. Makkulau, and C. Christiono, "ANALISIS PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN TERHADAP ARUS KELUARAN PADA PHOTOVOLTAIC DENGAN MENGGUNAKAN REGRETION QUADRATIC METHOD," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 137–144, Jan. 2019, doi: 10.33322/energi.v10i2.286.
- [4] Bagas Pamuji and Novia Utami, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable Untuk Penerangan Kolam Budidaya Ikan (Studi Kasus : Kolam Warga Desa Jembrana, Kecamatan Waway Karya, Lampung Timur)," *Electrician : Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 3, pp. 317–325, Sep. 2023, doi: 10.23960/elc.v17n3.2512.
- [5] Rifaldo Pido, Rahmat Hidayat Boli, Moh Rifal, Wawan Rauf, Nurmala Shanti Dera, and Randy Rianto Day, "ANALISIS PENGARUH VARIASI SUDUT KEMIRINGAN TERHADAP

- OPTIMASI DAYA PANEL SURYA,” *RADIAL: Jurnal PerADaban SaIns RekAyasan dan TeknoLogi*, vol. 10, no. 2, pp. 234–240, Dec. 2022, doi: 10.37971/radial.v10i2.287.
- [6] M. Mussard and M. Amara, “Performance of solar photovoltaic modules under arid climatic conditions: A review,” *Solar Energy*, vol. 174, pp. 409–421, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.solener.2018.08.071.
- [7] M. F. Z. S. S. P. H. Putu Pawitra Teguh Dharma Priatam, “Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP,” *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, Jul. 2021.
- [8] AFRYAN WAHYU NARDI, “ANALISA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT PLTS DESA TANAMALALA,” Skripsi, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR, MAKASSAR, 2024.
- [9] Sapto Prayogo, “Pengembangan sistem manajemen baterai pada PLTS menggunakan on-off grid tie inverter,” *Jurnal Teknik Energi*, vol. 9, no. 1, pp. 58–63, Nov. 2019, doi: 10.35313/energi.v9i1.1646.
- [10] A. Makkulau, S. Samsurizal, M. Fikri, and C. Christiono, “Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Karakteristik Sel Surya Jenis Polycrystalline Menggunakan Regresi Linear,” *KILAT*, vol. 10, no. 1, pp. 69–76, Apr. 2021, doi: 10.33322/kilat.v10i1.994.
- [11] Bayu Ranga Julian, Muliadi, and Syukri, “Analisis Pengaruh Radiasi Matahari Dan Temperatur Terhadap Daya Keluaran Fotovoltaik Menggunakan SPSS,” *Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology*, vol. 3, no. 1, 2023, Accessed: May 19, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.unida-aceh.ac.id/index.php/ajeetech/article/view/531>
- [12] S. Riyanto and F. Nugrahanti, “Pengembangan Pembelajaran Statistika Berbasis Praktikum Aplikasi Software SPSS dengan Bantuan Multimedia untuk Mempermudah Pemahaman Mahasiswa terhadap Ilmu Statistika,” *DoubleClick: Journal of Computer and Information Technology*, vol. 1, no. 2, p. 62, Feb. 2018, doi: 10.25273/doubleclick.v1i2.1590.
- [13] A. Rizal, M. Fajri, and L. S. Yuniar, “Estimasi Biaya Konstruksi Pada Perumahan Tipe 45 di Sulawesi Tengah Menggunakan Regresi Kuadratik,” *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, pp. 31–34, Sep. 2020, doi: 10.22487/renstra.v1i2.27.
- [14] T. O. Hodson, “Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not,” *Geosci Model Dev*, vol. 15, no. 14, pp. 5481–5487, Jul. 2022, doi: 10.5194/gmd-15-5481-2022.
- [15] S. Samsurizal, A. Makkulau, and C. Christiono, “ANALISIS PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN TERHADAP ARUS KELUARAN PADA PHOTOVOLTAIC DENGAN MENGGUNAKAN REGRETION QUADRATIC METHOD,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 137–144, Jan. 2019, doi: 10.33322/energi.v10i2.286.