

**PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT DAN ARAH MATA
ANGIN PADA *ON GRID PV SYSTEM* DI KUTAJAYA
KABUPATEN SUKABUMI**

SKRIPSI

RIDO SUKMA RAMDANI

20190120016



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
SUKABUMI
AGUSTUS 2023**

**PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT DAN ARAH MATA
ANGIN PADA *ON GRID PV SYSTEM* DI KUTAJAYA
KABUPATEN SUKABUMI**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana teknik*

RIDO SUKMA RAMDANI

20190120016



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
SUKABUMI
AGUSTUS 2023**

PERNYATAAN PENULIS

**JUDUL : PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT DAN ARAH MATA
ANGIN PADA *ON GRID PV SYSTEM* DI KUTAJAYA
KABUPATEN SUKABUMI**

NAMA : RIDO SUKMA RAMDANI

NIM 20190120016

“Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti- bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.

Sukabumi, 4 Agustus 2023



PENGESAHAN SKRIPSI

**JUDUL : PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT DAN ARAH MATA
ANGIN PADA *ON GRID PV SYSTEM* DI KUTAJAYA
KABUPATEN SUKABUMI**

NAMA : RIDO SUKMA RAMDANI

NIM 20190120016

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal 4 agustus 2023, Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana teknik (S.T)
Sukabumi, 4 Agustus 2023

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Marina artiyasa, M.T., IPM.
NIDN. 0403127308

Muchtar Ali Setyo Yudono, S.T.,M.T.
NIDN. 0426019502

Ketua Penguji

Ketua Program Studi

Anang Suryana, S.Pd., M.Si.
NIDN. 0407098009

Aryo De Wibowo M.S, S.T., M.T.
NIDN. 0402128905

Dekan Fakultas Teknik, Komputer dan Desain

Ir. Paikun, S.T, M.T, IPM.
NIDN. 0402037401

ABSTRACT

The orientation of the cardinal directions and the angle of inclination on the PV system is very important in optimizing and efficiency of energy production in the PV system. This study aims to investigate the effect of cardinal orientation and tilt angle in optimizing energy production in Kutajaya, Sukabumi district. This study uses the PVSyst software to model the PV system with a variety of tilt angles of the solar panels. Several scenarios with various tilt angles were studied to evaluate their effect on the power production of the PV system. System technical specifications, including PV panels, inverters and other components, are presented, and the installation process is described in detail. Based on the results of this study, it was found that the orientation of the cardinal directions and the most optimal tilt angle in energy production in the PLTS system, where in the south orientation direction and at an angle of 80, the energy value is 4.15 Kwh/Kwp/day and the performance ratio value is 84.89%.

Keywords: *directions, on grid, plts, power, pvsyst.*



ABSTRAK

Orientasi arah mata angin dan sudut kemiringan pada *pv system* sangatlah penting dalam pengoptimalan dan efisiensi produksi energi pada *pv system*. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh orientasi arah mata angin dan sudut kemiringan dalam pengoptimalan produksi energi di kutajaya kabupaten sukabumi. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak PVsyst untuk memodelkan *pv system* dengan berbagai variasi sudut kemiringan panel surya. Beberapa skenario dengan berbagai sudut kemiringan dipelajari untuk mengevaluasi pengaruh mereka terhadap produksi daya dari *pv system*. Spesifikasi teknis sistem, termasuk panel PV, inverter, dan komponen lainnya, disajikan, dan proses pemasangan dijelaskan secara rinci. Berdasarkan hasil penelitian ini didapat orientasi arah mata angin dan sudut kemiringan yang paling optimal dalam produksi energi pada sistem PLTS, dimana pada arah orientasi selatan dan pada kemiringan sudut 8° mendapatkan nilai energi sebesar 4.15 Kwh/Kwp/hari dan mendapatkan nilai rasio performa sebesar 84.89%.

Kata kunci: *arah mata angin, daya, on grid, plts, pvsyst.*



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT DAN ARAH MATA ANGIN PADA *ON GRID PV SYSTEM* DI KUTAJAYA KABUPATEN SUKABUMI”. Adapun skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Sukabumi.

Berbagai pihak telah banyak membimbing, membantu, dan memberikan arahan selama penyusunan skripsi ini. Sehubungan dengan itu penulis secara tulus ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Nusa Putra Sukabumi Bapak Dr. H. Kurniawan, S.T., M.Si., M.M.
2. Dekan Fakultas Teknik, Komputer, dan Desain Universitas Nusa Putra Sukabumi Bapak Ir. Paikun, S.T, M.T, IPM.
3. Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Sukabumi Bapak Aryo De Wibowo Muhammad Sidik, S.T., M.T.
4. Dosen Pembimbing I Ibu Ir. Marina Artiyasa, M.T.,IPM.
5. Dosen Pembimbing II Bapak Muchtar Ali Setyo Yudono, S.T., M.T.
6. Orang tua dan seluruh keluarga.
7. Rekan-rekan mahasiswa yang penulis banggakan.
8. Pihak-pihak lain yang telah banyak membantu dan memberikan semangat, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak sekali kekurangan. maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat dijadikan sebagai pembelajaran untuk perbaikan kedepannya baik bagi penulis maupun pembaca.

Sukabumi, 4 Agustus 2023

Rido Sukma Ramdan

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rido Sukma Ramdani
NIM : 20190120016
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Jenis karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty- Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT DAN ARAH MATA ANGIN PADA
ON GRID PV SYSTEM DI KUTAJAYA KABUPATEN SUKABUMI**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Sukabumi
Pada tanggal : 4 Agustus 2023

Yang menyatakan

(Rido Sukma Ramdani)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL SKRIPSI	i
PERNYATAAN PENULIS	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
ABSTRACK	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat penelitian.....	3
1.5. Sistematika penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.2. Konsep <i>On Grid PV System</i>	6
2.3. komponen <i>PV system on grid</i>	8
2.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi energi PV	11
2.4. Pengaruh kemiringan sudut pada produksi energi PV	12
2.5. Studi terdahulu tentang pengaruh kemiringan sudut pada <i>ON GRID PV system</i>	13
2.6. Peluang Kebaruan	15
2.7. Lokasi Penelitian.....	15
2.8. Perangkat Lunak PVsyst	15
2.9. <i>Website Global Solar Atlas</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Desain penelitian.....	19
3.2. Pengumpulan data	20
3.3. Simulasi Perangkat Lunak PVsyst	21

BAB IV HASIL PENELITIAN	24
4.1. Deskripsi data produksi energi PV.....	24
4.2. Analisis pengaruh kemiringan sudut pada produksi energi PV	29
BAB V KESIMPULAN	31
5.1. Kesimpulan dari hasil penelitian.....	31
5.2. Saran untuk peneliti selanjutnya	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem PLTS	6
Gambar 2.3. Konsep <i>ON GRID PV system</i>	7
Gambar 2.4. Solar Cell Ja Solar Jam72d30-550.....	8
Gambar 2.5. Inverter Huawei Sun2000-10ktl	10
Gambar 2.6. Gerak Semu Matahari.....	11
Gambar 2.8. Perangkat Lunak Pvsyst	16
Gambar 2.9. Peta Global Solar Atlas.....	18
Gambar 3.1. Diagram Alir Desain Penelitian	19
Gambar 3.2. Diagram Alir Simulasi PVSYST	20
Gambar 3.3. Orientasi Arah Dan Sudut Kemiringan <i>Pv System</i>	22
Gambar 3.4. Mengisi <i>user's needs</i> PVSYST.....	22
Gambar 3.5. Hasil Simulasi Data <i>Pv System</i> PVSYST	23
Gambar 4.1. PLTS yang telah terpasang ke arah utara kemiringan 9°	27
Gambar 4.2 Data produksi energi yang terpasang di lapangan dengan orientasi utara kemiringan sudut 9°	27
Gambar 4.3. PLTS yang telah terpasang ke arah selatan kemiringan 8°	28
Gambar 4.4. Data produksi energi yang terpasang di lapangan dengan orientasi selatan kemiringan sudut 8°	28

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data PLTS area PT. Amerta Indah Otsuka Kabupaten sukabumi.	20
Tabel 4.1. Data Hasil Simulasi Mwh/tahun arah Utara	23
Tabel 4.2. Data Hasil Simulasi Mwh/tahun Arah Selatan	24



BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan dari penelitian pengaruh kemiringan sudut dan arah angin pada *on grid pv system* di kabupaten sukabumi.

1.1. Latar Belakang.

Salah satu kebutuhan utama manusia adalah energi. Namun, masalah energi mulai muncul ketika permintaan energi untuk menopang pertumbuhan ekonomi beberapa negara menjadi lebih besar, yang membuat cadangan energi konvensional menjadi sedikit. Dalam mencari sumber energi baru, Anda harus mempertimbangkan beberapa hal, seperti menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, biaya ekonomis, dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan [1].

Pemenuhan kebutuhan energi listrik saat ini masih bergantung pada sumber energi fosil yang ketersediaanya terbatas. Oleh karena itu dimasa mendatang pemanfaatan sumber energi terbarukan merupakan alternatif yang perlu terus dikembangkan[2].

Sumber energi matahari tidak terbatas. Energi terbarukan adalah istilah yang digunakan untuk menyebut energi matahari sebagai sumber utama sel surya. Energi terbarukan memiliki beberapa keuntungan. Ini relatif mudah diakses, tidak menyebabkan polusi, dan tidak dipengaruhi oleh bahan bakar [3]

Karena iklimnya yang tropis, Indonesia dapat memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik[4]. Karena stok energi bahan bakar fosil semakin menipis dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan[5], energi terbarukan adalah opsi alternatif untuk energi fosil. Oleh karena itu, teknologi yang berbasis sel surya, juga dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sel Surya, saat ini menjadi subjek penelitian yang sedang dilakukan atau dimulai [6]

Namun, dalam praktiknya, sel surya ini bergantung pada intensitas cahaya matahari atau radiasi matahari yang diterima panel surya[7] Salah satu masalah

utama sel surya adalah daya yang dihasilkan oleh panel surya selalu berubah-ubah karena bergantung pada besar kecilnya intensitas cahaya matahari[8]. Sudut kemiringan sel surya mempengaruhi tegangan panel surya, yang pada gilirannya mempengaruhi daya keluaran sel surya [9].

Salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi kinerja sel surya adalah sudut kemiringan panel. Untuk memaksimalkan intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya, sistem dirancang untuk menghitung sudut kemiringan panel. Ada dua sudut yang berdampak pada pemasangan panel surya di instalasi. Yang pertama adalah sudut kemiringan panel surya terhadap bidang horisontal, juga dikenal sebagai slope, dan yang kedua adalah sudut yang diukur searah ke selatan, juga dikenal sebagai azimut[10].

Energi terbarukan tidak hanya terbarukan, tetapi juga berkesinambungan. Pembangkit listrik tenaga surya (*PV system*) terutama terdiri dari sel surya (*sel photovoltaic*), yang berfungsi sebagai sumber energi terbarukan[11]. PLTS umumnya digunakan di daerah dengan radiasi matahari yang tinggi dan di daerah yang belum terjangkau oleh listrik PLN[12].

Hal tersebut dapat digunakan sebagai modal utama pembangkitan listrik dengan menggunakan photovoltaic. Komponen utama dari sistem photovoltaic adalah sel surya yang berfungsi untuk mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik[13].

Dalam perancangan sistem, dibutuhkan sudut kemiringan panel yang paling tepat untuk menerima radiasi matahari yang paling besar. Ada dua sudut yang berdampak pada pemasangan panel surya di instalasi. Yang pertama adalah sudut kemiringan panel surya terhadap bidang horisontal, yang juga dikenal sebagai slope, dan yang kedua adalah sudut yang diukur searah ke selatan. Perubahan suhu, intensitas radiasi matahari, dan tertutupnya beberapa permukaan (bayangan) sel surya adalah beberapa faktor lingkungan yang dapat memengaruhi fungsi sel surya[14].

Penelitian terkait sudut kemiringan plts yang sudah banyak dilakukan salah satunya berjudul “Optimasi Sudut Kemiringan Panel Surya Pada Prototipe Sistem Penjejak Matahari Aktif”, yang mendapatkan hasil penelitian pada sudut

kemiringan yang menghasilkan tegangan dan arus yang paling banyak adalah 10 derajat pada sumbu x negatif. Pada sudut ini, panel surya menghasilkan jumlah daya yang paling besar, yang berarti bahwa panel surya dapat bekerja dengan optimal pada sudut ini [15]. Berdasarkan permasalahan yang ada maka pada penelitian ini akan membahas pengaruh kemiringan sudut dan arah pada *PV system* di Kutajaya Kabupaten Sukabumi untuk mencari sudut dan orientasi arah mata angin terbaik untuk pemasangan *pv system*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi, yaitu:

1. Bagaimana sudut kemiringan terbaik untuk mendapatkan daya maksimal pada PLTS?
2. Bagaimana arah mata angin yang terbaik untuk mendapatkan daya maksimal pada PLTS?
3. Bagaimana pengaruh sudut kemiringan dan arah mata angin terhadap produksi energi pada PLTS?



1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh arah posisi *PV system on-grid* terhadap produksi listrik di kabupaten Sukabumi. Penelitian ini juga mencoba memahami bagaimana perubahan orientasi dan pengaruh kemiringan sudut *PV system on-grid* dapat mempengaruhi kinerja dan produksi listrik yang dihasilkan. Hasil analisis ini dapat membantu dalam mengoptimalkan pemasangan *PV system* dan menemukan orientasi terbaik untuk meningkatkan efisiensi produksi energi surya.

1.4. Manfaat penelitian.

Berdasarkan rumusan masalah, maka manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah menjadi sebuah rekomendasi sudut kemiringan dan orientasi arah pada pemasangan PLTS di daerah Kabupaten Sukabumi.

1.5. Sistematika penulisan

Dalam melakukan penelitian terdapat beberapa tahapan-tahapan dalam proses penulisan yang terdiri dari:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi informasi tentang mekanisme penelitian sebagai referensi untuk pelaksanaan penelitian. Ini dimulai dengan menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian, sebelum menyimpulkan dengan sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Teori tentang PLTS on grid dibahas dalam bab ini, yang mendukung penelitian ini dan mendasari metode pemecahan masalah. Tinjauan pustaka mencakup uraian menyeluruh tentang temuan penelitian sebelumnya dan hubungannya dengan penelitian yang akan dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan desain, metode, atau teknik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah penelitian. Ini mencakup parameter penelitian, model yang digunakan, rancangan penelitian, teknik pengumpulan dan analisis data, serta teori yang mendukung pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL PENELITIAN.

Bab ini menjelaskan dari hasil penelitian, Deskripsi data produksi energi PV, dan Analisis pengaruh kemiringan sudut pada produksi energi PV

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan serta berisi saran tentang rekomendasi untuk ditindaklanjuti.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas tentang beberapa dasar teori dan kajian pustaka berdasarkan penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebelumnya sebagai pendukung pembuatan sistem penelitian ini.

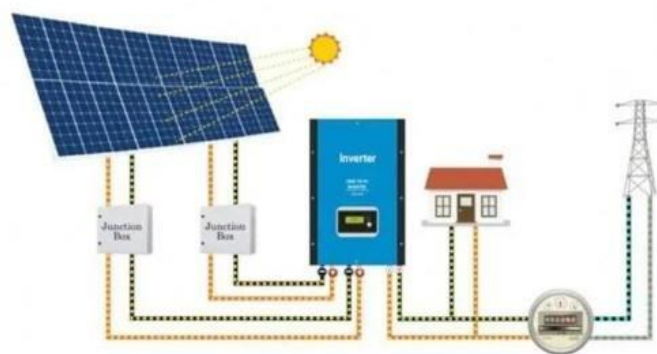
2.1. konsep PV system

Pv system, juga dikenal sebagai PLTS, adalah sistem yang dimaksudkan untuk menghasilkan energi dari cahaya matahari. transformasi energi menjadi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. adalah peristiwa fisika yang terjadi padapermukaan sel surya ketika menerima sinar matahari. Selanjutnya, sinar matahari yang diterima menghasilkan energi listrik. Ini disebabkan oleh energi foton. cahaya yang mengeluarkan elektron untuk mengalir melalui sambungan semikonduktor dari kategori N dan P yang pada akhirnya menciptakan aliran listrik[16].

Pv system konsepnya sederhana, yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya[17]. Cara kerja sel surya sendiri adalah sebagai berikut: kaca pelindung, material adhesive yang tidak terlihat yang melindungi bahan dari lingkungan, material anti-refleksi yang menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semikonduktor P dan N yang terbuat dari campuran silikon yang menghasilkan medan listrik, dan saluran awal dan akhir yang terbuat dari logam tipis yang mengirim elektron ke perabot listrik. Perubahan sigma gaya-gaya terjadi pada bahan apabila elektron dapat bergerak menuju semi-konduktor pada lapisan yang berbeda[18].

2.2. Konsep On Grid PV System

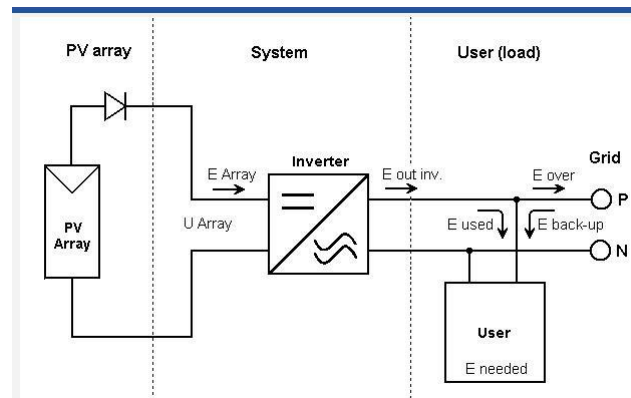
Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah jenis pembangkit yang menggunakan panel surya yang terdiri dari sel surya untuk mengubah energi foton dari matahari menjadi energi listrik. *solar energy* untuk menghasilkan listrik DC (*Direct Current*), yang kemudian dapat diubah menjadi listrik AC (*Alternating Current*) saat diperlukan. Pada dasarnya, PLTS adalah pencatu daya yang dapat digunakan untuk mencatu kebutuhan listrik skala kecil dan besar, baik secara mandiri maupun hibrida[19].



Gambar 2.1 Sistem PLTS [20]

Sistem pemanenan air hujan mirip dengan sistem panel surya. Dalam sistem panel surya, jumlah listrik yang terkumpul bergantung pada cuaca; terkadang banyak air yang terkumpul, terkadang tidak sama sekali. Pada hari yang cerah, banyak listrik dihasilkan, tetapi pada hari yang mendung, lebih sedikit [21].

Untuk Sistem PLTS terinterkoneksi (*On Grid*) atau yang disebut dengan *Grid Connected PV Sistem* adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi matahari untuk menghasilkan listrik. Dan sesuai dengan namanya, maka sistem ini akan dihubungkan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari melalui modul surya atau photovoltaic modul yang menghasilkan listrik semaksimal mungkin[22].



Gambar 2.2 Pengkabelan Rangkaian *On Grid* [23]

Untuk diketahui PT PLN (Perusahaan Listrik Negara) membatasi pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap hanya hingga 10% hingga 15% dari kapasitas listrik PLN yang terpasang. Kebijakan ini berlaku untuk pelanggan PLN rumah, residensial, komersil, atau industri yang akan menggunakan atau memasang PLTS dalam sistem ongrid tie dan hybrid on. Mereka harus mengajukan meteran net atau meteran KWH exim. Penggunaan PLTS atap (*Solar Roof Top*) dapat meng-export kelebihan daya (*surplus energy*) yang dihasilkan oleh PLTS ke jaringan grid PLN. kebijakan PT PLN (Persero) tersebut yang dinilai tertuang di dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 26 Tahun 2021[24].



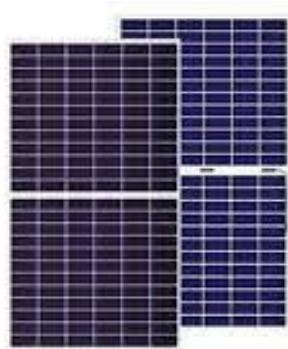
Gambar 2.3. Konsep *ON GRID PV system* [25]

2.3. komponen *PV system on grid*

Komponen yang di perlukan dalam sebuah instalasi sistem PLTS *on grid* diantaranya yaitu:

1. *Solar Cell*

Untuk komponen pada instalasi sistem PLTS *on grid* yang pertama yaitu modul *solar cell*



Gambar 2.4. Solar Cell Ja Solar Jam72d30-550 [26]

Dalam proses yang dikenal sebagai *photovoltaic* (PV), sinar matahari dapat diubah menjadi energi listrik. Istilah "photo" mengacu pada cahaya, dan "voltaic" mengacu pada tegangan. Sel elektronik yang menghasilkan energi listrik arus searah dari energi radian matahari disebut dengan terminologi ini. Sel surya menghasilkan tegangan listrik yang sangat kecil, sekitar 0,6 volt tanpa beban atau 0,45 volt dengan beban[27].

Jenis-jenis solar cell:

- A. *Monocrystalline* (Si), yang memiliki nilai efisien sekitar 24%, dibuat dari silikon kristal tunggal yang dihasilkan dari peleburan silikon dalam bentukan bujur. Tebalnya dapat mencapai 200 mikron[28].
- B. *Polycrystalline/multicrystalline* (Si), dibuat dengan melebur silikon dalam tungku keramik dan kemudian mendinginkannya perlahan untuk menghasilkan bahan campuran silikon yang akan muncul di atas lapisan silikon. Meskipun lebih murah daripada sel monocrystalline, sel ini kurang efektif (18 %)[29].

Pada penelitian ini panel surya yang digunakan adalah Solar cell ja solar jam72d30-550 yang dimana panel surya dengan jenis *monocrystalline* dan memiliki kapasitas 550 Wp, jumlah *solar cell* yang digunakan pada penelitian ini adalah 20 buah, sehingga kapasitas PLTS adalah 11.0 Kwp.

Dimana kelebihan dari panel jenis *monocrystalline* adalah Tingkat efisiensi konversi sinar matahari menjadi energi listrik dari 15% hingga 20%, Panel surya monocrystalline memerlukan tempat yang lebih kecil dibandingkan dengan jenis yang lainnya, lalu Memiliki umur pakai yang lama dan banyak dari pabrikan pembuat panel surya monocrystalline memberi garansi hingga 25 tahun umur pemakaian, dan Panel surya monocrystalline mempunyai performa yang lebih baik sehingga sangat tepat bila digunakan pada daerah yang sering mendung/hujan[30].

2. inverter

Inverter merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengubah tegangan searah (DC) dari panel surya menjadi tegangan bolak – balik (AC). Inverter dibutuhkan karena sebagian besar beban yang digunakan dan jaringan listrik PLN merupakan tegangan bolak – balik (AC)[31].

Jenis-jenis inverter:

A. Gelombang arus murni (*true-sinewave*), atau inverter gelombang sinus murni, menghasilkan gelombang listrik yang sama dengan daya PLN, bahkan lebih stabil daripada daya PLN. Gelombang daya listrik terlihat seperti gelombang sinus yang sempurna di oskiloskop. *True sine wave inverter* dirancang untuk beban yang masih menggunakan motor sehingga lebih mudah, lancar, dan tidak cepat panas. Ini karena jenis inverter ini paling mirip dengan bentuk gelombang asli jaringan PLN, sehingga harganya lebih tinggi daripada jenis inverter lainnya [32].

B. Inverter *modified-sinewave* (gelombang sinus modifikasi) merupakan kombinasi antara *square wave* dan *sine wave* menghasilkan daya listrik yang cukup memadai untuk sebagian peralatan elektronik tapi memiliki kelemahan karena kekuatan daya listrik yang dihasilkan tidak sama persis dengan daya listrik PLN. Bentuk gelombang yang muncul berbentuk kotak yang kaku.

Perangkat yang menggunakan kumparan masih bisa beroperasi dengan *modifiedsinewave inverter*, hanya saja kurang maksimal [33].

C. *Grid Tie Inverter* yang merupakan special inverter yang biasanyadigunakan dalam sistem energi listrik terbarukan, yangmengubaharus listrik DC menjadi AC yang kemudian diumpankan ke jaringanlistrik yang sudah ada. Grid Tie Inverter juga dikenal sebagaisynchronous inverter dan perangkat ini tidak dapat berdiri sendiri,apalagi bila jaringan tenaga listrik tidak tersedia [34].



Gambar 2.5. Inverter Huawei Sun2000-10kTL [35].

Inverter berfungsi sebagai konverter tegangan arus searah (DC) ke tegangan bolak balik (AC). Fungsinya adalah untuk mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC yang simetris dengan magnitude dan frekuensi yang diinginkan pengguna, pada penelitian ini menggunakan Inverter huawei sun2000-10kTL yang dimana memiliki nilai efisiensi sebesar 98.6% dengan *output power* 3 phase sebesar 10.000 W[36].

Untuk mengetahui daya inverter yang dibutuhkan jika total beban belum di ketahui Perhitungan inverter:

$$\text{Jumlah Inverter} = N \text{ Panel} \times \text{Max Power Panel} \text{ Kapasitas Inverter}$$

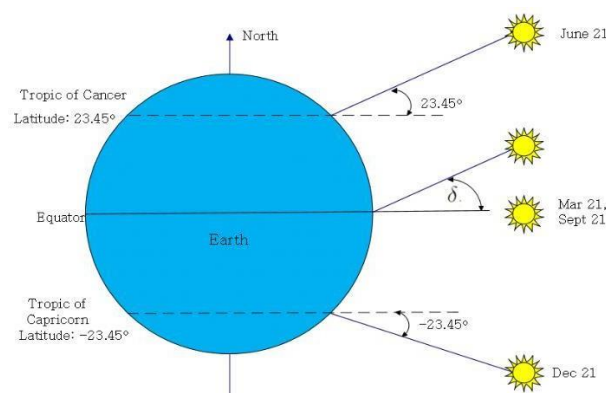
Dimana :

Jumlah Inverter	: Inverter yang digunakan
N Panel surya	: Jumlah Panel Surya
Max Power Panel Surya	: Kapasitas power panel surya
Kapasitas Inverter	: Daya Inverter [37].

2.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi energi PV

Faktor – faktor yang mempengaruhi produksi energi listrik PLTS adalah iradiasi matahari, suhu modul surya, shading, tingkat kebersihan modul surya dan sudut kemiringan serta orientasi pemasangan modul surya.

1. Pertama, energi yang dihasilkan modul surya menurun seiring menurunnya iradiasi matahari. Gerak bumi terhadap Matahari menyebabkan perubahan sudut iradiasi matahari yang akan diterima oleh PV. Gerak semu Matahari terhadap bumi dalam 1 tahun dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2.6. Gerak Semu Matahari [38].

Kemiringan dan orientasi panel PV harus diatur sedemikian rupa agar bisa mendapatkan iradiasi yang optimal. Kemiringan panel PV dapat berpengaruh pada nilai rata-rata iradiasi dalam satu tahun (W/m^2) [39]. Nilai iradiasi matahari akan berpengaruh pada energi listrik yang dihasilkan PV sesuai dengan persamaan

$$E = A \times r \times H \times PR$$

Dimana :

E = Energi (V)

A = Luas area panel PV

r = Solar Panel Yield (%)

H = rata-rata iradiasi dalam satu tahun (W/m^2)

PR = Performance Ratio [39].

Perfomance ratio adalah Rasio performa, juga dikenal sebagai rasio unjuk kerja, menunjukkan tingkat performa dan kualitas sistem PLTS, biasanya Rasio unjuk kerja ini, yang ditunjukkan dalam bentuk persentase. Di Indonesia yang terletak di daerah ekuator memiliki keunggulan dapat menerima sinar matahari sepanjang tahun. Dalam penelitian ini akan dianalisis efek perubahan kemiringan PV terhadap energi listrik yang dihasilkan PLTS [40]. Perlu diketahui *perfomance ratio* yang baik biasanya berkisar antara 70-80%, tetapi angka ini dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor seperti lokasi geografis, kondisi cuaca, dan ukuran dan kualitas sistem PLTS yang digunakan. Rasio yang lebih tinggi biasanya berarti sistem PLTS tersebut lebih efisien dan produktif [41].

2. Kedua, energi yang dihasilkan menurun seiring dengan meningkatnya suhu tergantung dari besarnya koefisien suhu pada modul surya. Penurunan produksi energi akibat pengaruh dari kenaikan suhu adalah sekitar 0,4% setiap peningkatan 1°C.
3. Ketiga, ketika benda-benda disekeliling PLTS yang menghalangi penyinaran matahari ke modul surya sehingga mengurangi nilai iradiasi matahari yang ditangkap oleh modul surya.
4. Keempat, kotoran yang menempel pada modul surya juga dapat mengurangi iradiasi matahari yang diterima oleh modul surya.
5. Kelima, sudut kemiringan dari panel surya berpengaruh dalam penyerapan sinar matahari. Setiap lokasi memiliki sudut kemiringan optimal dalam penyerapan iradiasi matahari[40].

2.4. Pengaruh kemiringan sudut pada produksi energi PV.

Kemiringan sudut atau sudut kemiringan panel fotovoltaik (PV) merujuk pada kemiringan atau inklinasi panel terhadap permukaan bumi. Sudut kemiringan ini dapat mempengaruhi produksi energi PV karena memengaruhi sejauh mana panel menerima radiasi matahari secara langsung

1. Penerimaan radiasi matahari: Sudut kemiringan yang tepat dapat meningkatkan penerimaan radiasi matahari pada panel PV. Jika sudut kemiringan panel terlalu datar, panel akan menerima lebih sedikit sinar matahari karena cahaya akan tersebar. Namun, jika sudut terlalu curam, panel mungkin tidak menangkap sinar matahari yang optimal. Oleh karena itu, pemilihan sudut kemiringan yang sesuai dapat meningkatkan penerimaan energi dari sinar matahari.
2. Intensitas radiasi: Sudut kemiringan panel juga dapat mempengaruhi intensitas radiasi yang diterima. Di daerah dengan musim yang berbeda-beda atau perubahan posisi matahari sepanjang tahun, sudut kemiringan panel dapat disesuaikan untuk memaksimalkan intensitas radiasi yang diterima pada setiap waktu. Misalnya, di daerah beriklim empat musim, sudut kemiringan panel yang lebih curam pada musim dingin dan sudut yang lebih datar pada musim panas dapat meningkatkan produksi energi sepanjang tahun.
3. Produktivitas panel: Kemiringan sudut yang tepat juga dapat meningkatkan produktivitas panel PV. Dengan memaksimalkan penerimaan sinar matahari, panel dapat menghasilkan lebih banyak listrik. Hal ini terutama penting dalam sistem PV skala besar, di mana produksi energi yang lebih tinggi berarti penggunaan lahan yang lebih efisien dan pengurangan biaya per kilowatt jam (kWh) yang dihasilkan.
4. Pembersihan panel: Sudut kemiringan yang optimal juga memudahkan pembersihan panel PV. Dengan sudut yang benar, air hujan dapat membantu membersihkan debu, kotoran, dan kotoran lainnya dari panel. Ini penting karena penumpukan kotoran dapat mengurangi efisiensi panel dan mengurangi produksi energi [42].

2.5. Studi terdahulu tentang pengaruh kemiringan sudut pada *ON GRID PV system*

Penelitian terdahulu yang berhubungan dengan PLTS on-grid dan pengaruh sudut kemiringan pada instalasi sistem PV yang berfokus pada evaluasi kinerja sistem dan optimalisasi energi yang dihasilkan. Beberapa tinjauan pustaka yang dapat memberikan wawasan tentang hal ini adalah:

Penelitian Studi tersebut melakukan analisis terhadap sudut kemiringan dan orientasi panel *fotovoltaik* yang optimal di Konya, Turki. Yang berjudul “Analisa pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap intensitas cahaya matahari dan tegangan yang dihasilkan panel surya tipe *polycrystalline*”, Penelitian ini menggunakan model simulasi berbasis komputer untuk mengevaluasi energi yang dihasilkan oleh sistem PLTS pada sudut kemiringan yang berbeda dan mempelajari pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap intensitas cahaya matahari dan tegangan. Jenis panel surya *Polycrystalline* 10 Wp. Sudut kemiringan panel surya dibuat 20°, 30° dan 40°. Waktu penyinaran jam 10, jam 11, jam 12, jam 13 dan jam 14.00 WIB [42].

Penelitian selanjutnya berjudul “analisa kinerja plts on grid 50 kwip akibat efek bayangan menggunakan software pvsyst” penelitian tersebut Menganalisa kinerja PLTS dengan membandingkan antara energi riil dengan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak PVSyst, dan Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja PLTS dengan membandingkan antara energi riil dengan hasil simulasi menggunakan Software PVSyst [43].

Penelitian selanjutnya yang berjudul “pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap potensi pemanfaatan plts rooftop di bengkel teknik mesin, politeknik negeri semarang” pada tahun 2022, penelitian tersebut melakukan observasi lokasi, konfigurasi dan spesifikasi sistem PLTS, mengumpulkan data dokumentasi pada PLTS, simulasi unjuk kerja PLTS dengan berbagai variasi sudut kemiringan menggunakan software Helioscope dan menganalisis data hasil simulasi yang telah dilakukan, dan hasil penelitian tersebut diperoleh sudut kemiringan panel surya yang optimal untuk pemasangan PLTS rooftop di Gedung Bengkel Mesin Politeknik Negeri Semarang adalah sebesar 10° dengan radiasi yang diterima sebesar 1773,7 kWh/m² dan total produksi energi yang dihasilkan sebesar 13577,8 kWh [44].

Penelitian berikutnya yang berjudul “Analisis pengaruh variasi sudut kemiringan terhadap optimasi daya panel surya” pada tahun 2022, penelitian tersebut melakukan pengujian panel surya dengan variasi sudut kemiringan 9°, 12° dan 15° alat menghadap ke utara. Masing-masing variasi diambil data perhari

dengan durasi waktu 8 jam perharinya, dan Dari hasil pengujian instalasi pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 50 WP dapat diambil kesimpulan bahwa daya output tertinggi terjadi pada sudut kemiringan 15° dan pada jam 12:00 dengan nilai sebesar 43.85 Watt, kemudian yang kedua terjadi pada sudut kemiringan 12° dan pada jam 12:00 dengan nilai sebesar 41.70 Watt, kemudian daya output terendah terjadi pada sudut kemiringan 9° dan pada jam 12:00 dengan nilai sebesar 39.43 Watt [45].

2.6. Peluang Kebaruan

Peluang kebaruan pada penelitian ini yaitu dapat merekomendasikan daya, posisi arah mata angin dan sudut kemiringan pada sistem PLTS *on grid* yang ada di kutajaya Kabupaten Sukabumi.

2.7. Lokasi Penelitian

Untuk lokasi penelitian di lakukan di PT. Amerta indah otsuka yang Merupakan salah satu perusahaan besar yang berada di Kabupaten Sukabumi, tepatnya di Kecamatan Cicurug. Perusahaan ini bergerak dibidang pengolahan minuman dan merupakan perusahaan asal jepang [46].

Untuk Detail Perusahaan PT. Amerta Indah Otsuka yang beralamat di Jl. Raya Siliwangi Km 28, Kutajaya, Kecamatan Cicurug, Kab. Sukabumi 43359, memiliki Kantor Pusat yang berada di Wisma Pondok Indah 1, Lantai 7, Ruang 701-702, Jl. Sultan Iskandar Muda kav. V - TA, Pondok Indah, Jakarta Selatan, yang berfokus pada Industri Minuman Kesehatan, yang merupakan perusahaan Asal Jepang, dan merupakan Anak Perusahaan dari : Otsuka Pharmaceutical Co. Ltd. dan berdiri sejak 2004 di Sukabumi

2.8. Perangkat Lunak PVsyst

PVSYST adalah perangkat lunak simulasi energi surya, untuk menganalisis dan memodelkan kinerja *PV system*. PVsyst dapat menghasilkan prediksi produksi energi surya berdasarkan parameter yang ditentukan dengan menggunakan data yang relevan, seperti data spesifikasi PLTS dan cuaca. PVsyst juga dapat

memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana orientasi *PV system* dapat mempengaruhi produksi listrik



Gambar 2.8. Perangkat Lunak Pvsyst [47].

PVsyst adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis sistem tenaga surya fotovoltaik (PLTS). Perangkat lunak ini memiliki banyak fitur dan kemampuan yang memungkinkan pengguna melakukan simulasi, evaluasi, dan perencanaan sistem PLTS secara menyeluruh. Beberapa fitur utama PVsyst meliputi:

1. Pemodelan sistem: PVsyst memungkinkan pengguna memodelkan sistem PLTS dengan memasukkan informasi seperti modul surya, inverter, dan struktur mounting. Mereka juga dapat menentukan konfigurasi fisik sistem dan mengatur parameter teknis seperti kapasitas, efisiensi, dan derating.
2. Pemetaan lokasi: PVsyst memiliki alat pemetaan lokasi yang memungkinkan pengguna menentukan koordinat geografis dan mengimpor data topografi dari peta atau sumber lainnya. Ini membantu menentukan orientasi modul surya, penghalang bayangan, dan pencahayaan sepanjang tahun.
3. Data iklim: Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna mengimpor data iklim terkini atau historis seperti radiasi matahari, suhu, kecepatan angin, dan curah hujan. Data iklim ini sangat penting untuk menghitung jumlah energi surya yang dapat dihasilkan di tempat tertentu.
4. Simulasi produksi energi: Dengan menggunakan data iklim dan konfigurasi sistem yang ditentukan, PVsyst dapat melakukan simulasi produksi energi PLTS. Ini memungkinkan pengguna untuk memprediksi dan membandingkan kinerja PLTS dalam berbagai kondisi.
5. Analisis ekonomi: Selain analisis teknis, PVsyst juga dapat melakukan analisis ekonomi untuk sistem PLTS. Ini mencakup perhitungan biaya investasi,

penghematan energi, waktu pengembalian investasi, dan nilai sekarang bersih (NPV).

Data yang diperlukan untuk analisis dengan PVsyst mencakup:

1. Data iklim: Ini mencakup suhu udara, kecepatan angin, curah hujan, dan radiasi matahari harian atau bulanan. Data ini dapat diperoleh dari stasiun cuaca terdekat atau dari sumber data iklim seperti NASA atau badan meteorologi setempat.
2. Data Lokasi: PVsyst membutuhkan informasi lokasi seperti koordinat geografis (lintang dan bujur) dan informasi topografi seperti elevasi dan kemiringan tanah. Informasi ini dapat diperoleh dari peta atau sumber data geospasial.
3. Data PLTS: Untuk melakukan analisis yang akurat, Anda harus mengetahui informasi tentang komponen PLTS seperti inverter, modul surya, dan struktur mounting. Ini berisi spesifikasi fisik seperti kapasitas, efisiensi, derating, dan lainnya.

Konfigurasi PLTS yang akan digunakan dalam analisis PVsyst melibatkan beberapa aspek, antara lain:

1. Orientasi modul: Ini menentukan bagaimana modul surya menghadap matahari. Memilih orientasi yang tepat akan memungkinkan modul untuk memaksimalkan radiasi yang diterimanya. Pengguna dapat menentukan orientasi modul dalam sudut azimuthal (utara-selatan) dan kemiringan (sudut elevasi).
2. Kecenderungan kemiringan: Kemiringan modul surya adalah sudut antara bidang horizontal dan permukaannya.
3. Parameter teknis: PVsyst memungkinkan pengguna mengatur parameter teknis seperti kapasitas PLTS, efisiensi modul dan inverter, derating (pengurangan kapasitas karena faktor seperti suhu), dan faktor efisiensi lainnya .

Proses analisis yang dapat dilakukan menggunakan PVsyst meliputi:

1. Simulasi produksi energi: PVsyst memungkinkan pengguna untuk memodelkan produksi energi PLTS dengan data iklim dan konfigurasi sistem. Pengguna dapat memperoleh perkiraan produksi energi tahunan atau bulanan yang dihasilkan oleh sistem PLTS di lokasi tertentu.

2. Analisis keuntungan: PVsyst dapat menganalisis keuntungan sistem PLTS dengan menggunakan hasil simulasi produksi energi. Analisis ini mencakup perhitungan penghematan energi, pengurangan emisi karbon, waktu pengembalian investasi, dan nilai sekarang bersih (NPV) sistem PLTS.
3. Evaluasi kinerja: Pengguna dapat membandingkan kinerja sistem dengan berbagai orientasi dan kemiringan dan melihat bagaimana faktor-faktor seperti bayangan, degradasi modul, dan efek suhu yang memengaruhi kinerja [48].

2.9. Website Global Solar Atlas

Global solar atlas merupakan data yang berbasis peta yang memuat tentang penggunaan energi pada sebuah lokasi seperti *Specific photovoltaic power output*, *Direct normal irradiation* (jumlah iradiasi matahari yang diterima per satuan luas oleh permukaan bumi yang selalu tegak lurus atau normal terhadap sinar yang datang dalam garis lurus dari arah matahari), *Global horizontal irradiation* (jumlah total iradiasi gelombang pendek yang diterima dari atas oleh permukaan horizontal ke tanah), *Diffuse horizontal irradiation* (jumlah iradiasi yang diterima per satuan luas yang tidak tiba pada jalur langsung dari matahari, tetapi telah tersebar oleh molekul dan partikel di atmosfer dan datang sama dari semua arah), *Global tilted irradiation at optimum angle* (Sudut optimal diperoleh dengan menghitung kemiringan yang, untuk azimuth tertentu, membuat permukaan modul PV memanen jumlah maksimum radiasi matahari), *Optimum tilt of PV modules* (kemiringan optimal pada pv modul), *Air temperature* dan *Terrain elevation* (suhu udara sekitar)[49].



Gambar 2.9.Global Solar Atlas [50].

Dan pada penelitian ini menggunakan *website global solar atlas* dalam melakukan pengambilan data di area sekitar.

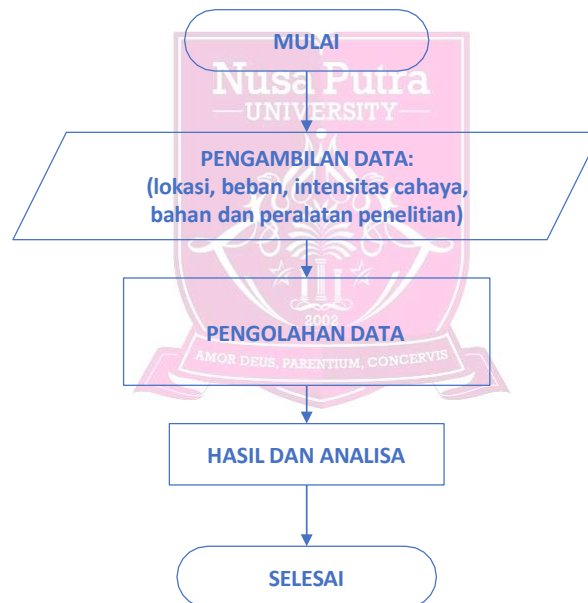
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan desain, metode, atau teknik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah penelitian. Ini mencakup parameter penelitian, model yang digunakan, rancangan penelitian, teknik pengumpulan dan analisis data, serta teori yang mendukung pelaksanaan penelitian.

3.1. Desain penelitian

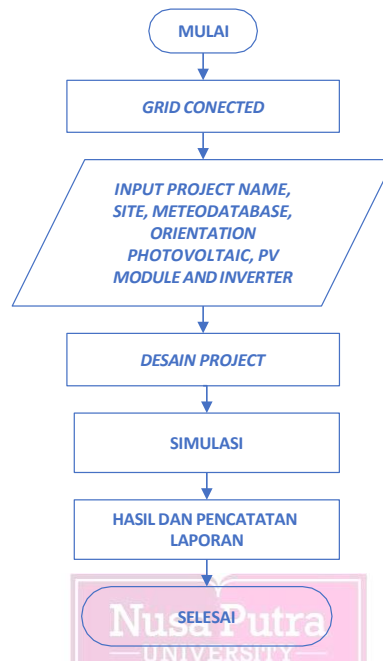
Penelitian simulasi adalah desain penelitian yang di gunakan, penelitian simulasi merupakan bentuk penelitian yang bertujuan untuk mencari gambaran melalui sebuah sistem berskala kecil atau sederhana dimana di dalam model tersebut akan dilakukan manipulasi atau kontrol untuk melihat pengaruhnya.



Gambar 3.1. Diagram Alir Desain Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan seperti yang terlihat dari Gambar 3.1. dimulai dengan pengambilan data (lokasi, beban, intensitas cahaya) untuk pengambilan data menggunakan *website global solar atlas*, kemudian data tersebut di olah menggunakan perangkat lunak PVSYST, hasil dan analisa menampilkan hasil dari simulasi, kesimpulan dan selesai penyusunan laporan.

Selanjutnya yaitu proses simulasi menggunakan perangkat lunak pvsysyt.



Gambar 3.2. Diagram Alir Simulasi PVSYST

Gambar 3.2. merupakan diagram alir proses simulasi pada perangkat lunak PVSYST dimana diagram alir tersebut dimulai dengan memilih koneksi grid, lalu memasukkan *project* seperti data kemiringan, orientasi arah mata angin. selanjutnya mendesain *project* yang akan dibuat, lalu melakukan pencatatan hasil simulasi pada perangkat lunak PVSYST untuk mendapatkan hasil pengolahan data yang telah didapat.

3.2. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan informasi yang diperlukan untuk mencapai tujuan penelitian. Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap pertanyaan penelitian. Untuk menguji jawaban itu secara empiris, data harus dikumpulkan menggunakan sampel yang telah ditentukan sebelumnya. Sebagai sasaran penelitian, sample tersebut terdiri dari kumpulan unit analisis.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan *website global solar atlas* pada tanggal 11 juni pada pukul 13:00 WIB yaitu mengumpulkan data intensitas cahaya,

sudut ketinggian matahari, dan suhu sekitar area yang dimana suhu pada area tersebut rata yaitu 21° C ,berdasarkan data yang di dapatkan dari *website Global Solar Atlas* di area pabrik PT. Amerta Indah Otsuka Kabupaten Sukabumi mendapatkan data sebagai berikut:

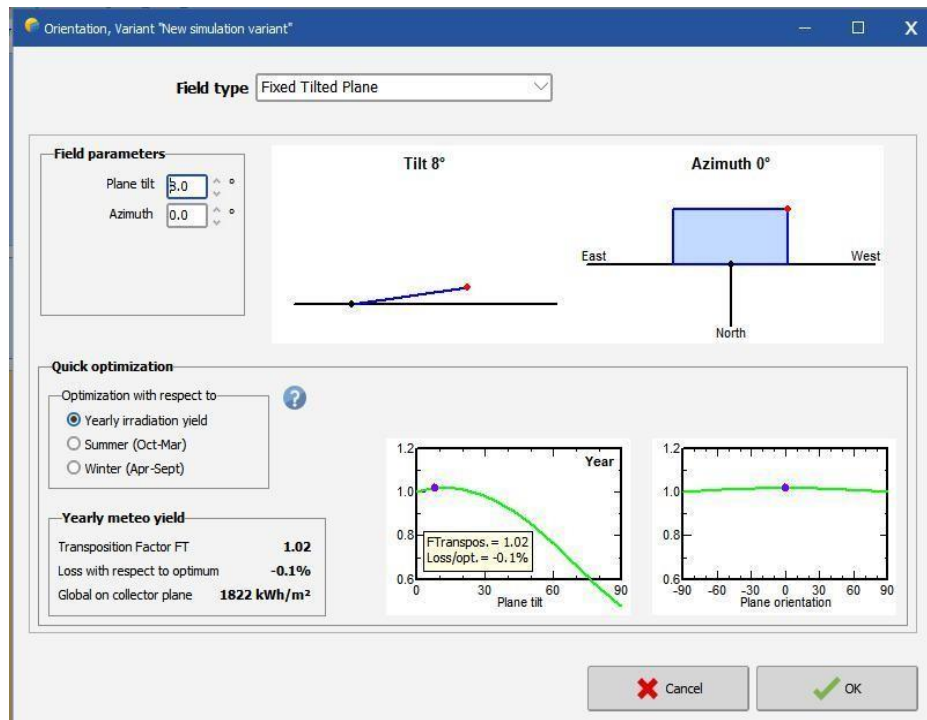
Tabel 3.1. Data PLTS area PT. Amerta Indah Otsuka Kabupaten Sukabumi

<i>Direct normal irradiation (DNI)</i>	2.657 KWh /hari
<i>Global horizontal irradiation (GHI)</i>	4.252 KWh/hari
<i>Diffuse horizontal irradiation (DHI)</i>	2.528 KWh/hari
<i>Global tilted irradiation at Optimum angle (GTI opta)</i>	4.573 KWh/hari
<i>Optimum tilt of PV module (OPTA)</i>	1/11 °
<i>Air temperature (TEMP)</i>	21.0° C

Berdasarkan tabel 3.1. data PLTS di area PT. Amerta Indah Otsuka Kabupaten Sukabumi , selanjutnya melakukan simulasi melalui perangkat lunak PVSYST dengan melakukan simulasi menggunakan metode simulasi dengan 2 arah orientasi arah mata angin yaitu arah selatan dan utara dengan sudut kemiringan 1-11° untuk mendapatkan hasil yang optimum dalam produksi PV system di area PT. Amerta Indah Otsuka Kabupaten Sukabumi.

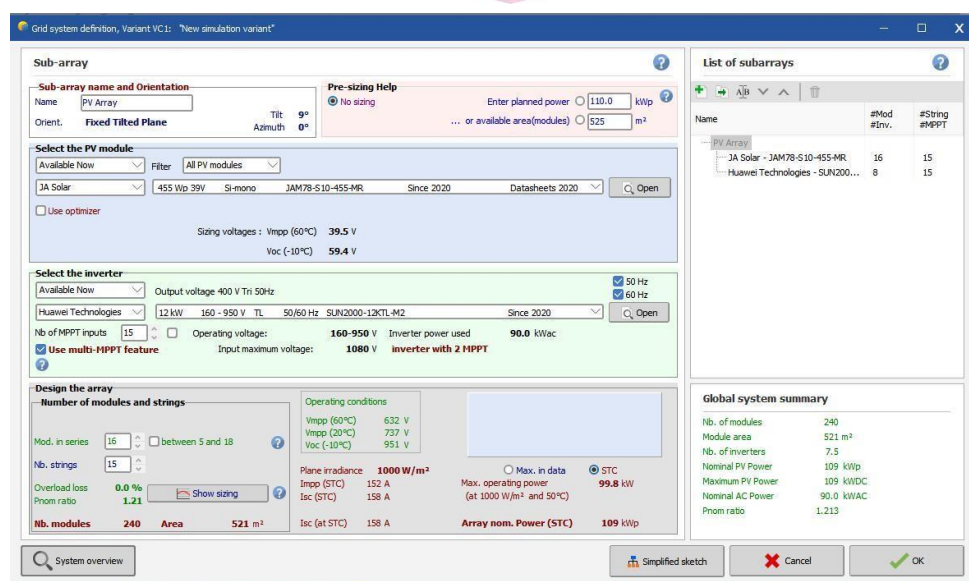
3.3. Simulasi Perangkat Lunak PVsyst

Pada penelitian ini menggunakan 2 orientasi arah mata angin yaitu *PV system* mengarah ke arah selatan dan arah utara, dan menggunakan sudut kemiringan pada *PV system* yaitu kemiringan 1° sampai 11°.



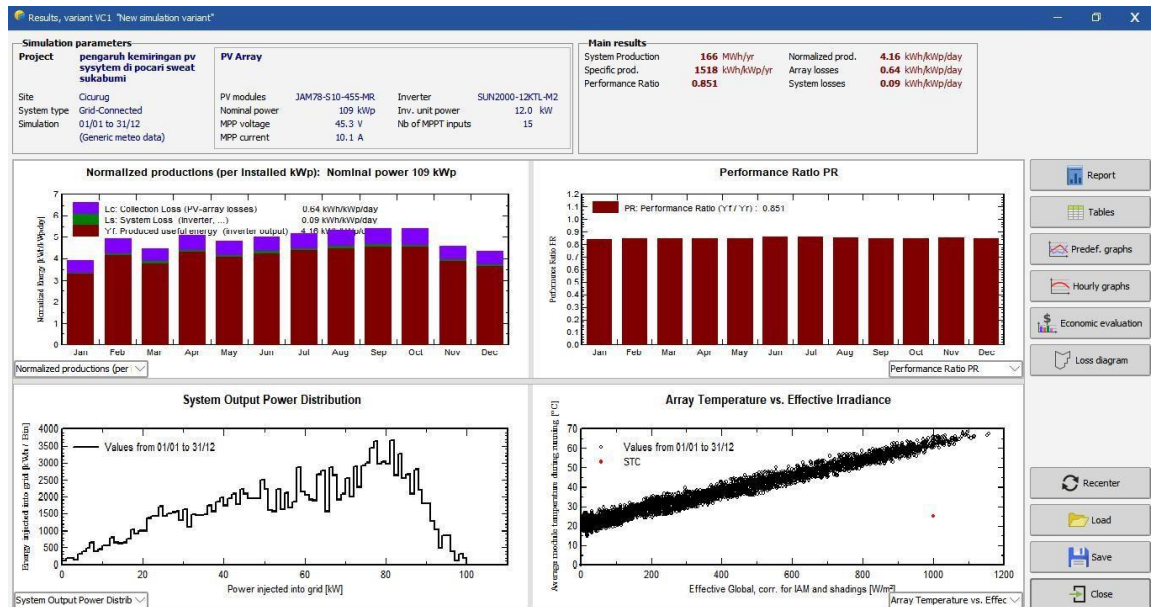
Gambar 3.3. Orientasi Arah Dan Sudut Kemiringan *Pv System*

Selanjutnya mengisi *user's needs* dari *pv system*, langkah ini diambil untuk menentukan jumlah beban yang akan dibebankan ke sel *PV system* yang akan dirancang dan waktu yang diperlukan untuk beban untuk *on* atau beroperasi.



Gambar 3.4. Mengisi *user's needs* PVSYS

Tahap terakhir adalah menjalankan simulasi setelah data dimasukkan sesuai dengan kondisi *Pv system*.



Gambar 3.5. Hasil Simulasi Data *Pv System* PVSYS

Gambar tersebut merupakan hasil simulasi data pv system pada perangkat lunak PVSYS, dan dapat dilihat hasil produksi PV system di pabrik pocari sweat sukabumi dari terbit fajar hingga tenggelam tiap harinya.

Berdasarkan simulasi tersebut yang menggunakan beberapa metode orientasi arah mata angin dan kemiringan sudut PV system mendapatkan beberapa data produksi PV system yang optimal.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

Bab ini menjelaskan dari hasil penelitian, Deskripsi data produksi energi PV, dan Analisis pengaruh kemiringan sudut pada produksi energi PV.

4.1. Deskripsi data produksi energi PV

Dari hasil olah data dan simulasi yang telah dilakukan dengan 2 orientasi arah mata angin yaitu selatan dan utara, dan masing-masing kemiringan yaitu 1° sampai 11°, maka mendapatkan hasil sebagai berikut:

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan hasil simulasi pv system dengan perangkat lunak PVSYST dengan orientasi arah selatan dan arah utara dengan masing-masing 1° sampai 11° adalah:

Tabel 4.1. Data Hasil Simulasi Mwh/tahun Arah Utara

Sudut Kemiringan	Hasil Produksi	<i>Perfomance Ratio</i>	<i>Collection loss (pv-array)</i>	<i>System Loss (Inverter)</i>	Suhu
1°	4.10 Kwh/Kwp/hari	84.87%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°C
2°	4.09 Kwh/Kwp/hari	84.85%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°C
3°	4.08 Kwh/Kwp/hari	84.86%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°C
4°	4.07 Kwh/Kwp/hari	84.85%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°C
5°	4.08 Kwh/Kwp/hari	84.85%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°C
6°	4.05 Kwh/Kwp/hari	84.85%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°C

Tabel 4.1. Data Hasil Simulasi Mwh/tahun Arah Utara (Lanjutan)

Sudut Kemiringan	Hasil Produksi	Perfomance Ratio	Collection Loss (Pv-Array)	System Loss (Inverter)	Suhu
7°	4.04 Kwh/Kwp/hari	84.85%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°c
8°	4.02 Kwh/Kwp/hari	84.85%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°c
9°	4.01 Kwh/Kwp/hari	84.84%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°c
10°	4.0 Kwh/Kwp/hari	84.84%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°c
11°	3.98 Kwh/Kwp/hari	84.84%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°c

Dapat dilihat pada Tabel 4.1. hasil simulasi perangkat lunak PVSYST ke arah utara dan kemiringan sudut panel surya 1° sampai 11° mendapatkan nilai hasil produksi energi paling besar pada kemiringan sudut 2° dimana pada kemiringan sudut tersebut mendapatkan energi sebesar 4.09 Kwh/Kwp/hari dan rasio performa sebesar 84,85%, dan untuk hasil energi yang paling kecil pada kemiringan sudut 11° dimana pada kemiringan sudut tersebut mendapatkan total energi sebesar 3.98 Kwh/Kwp/hari dan rasio performa sebesar 84.84%.

Tabel 4.2. Data Hasil Simulasi Mwh/tahun Arah Selatan

Sudut Kemiringan	Hasil Produksi	Perfomance Ratio	Collection loss (pv-array)	System Loss (Inverter)	Suhu
1°	4.11 Kwh/Kwp/hari	84.87%	0.63 kwh/hari	0.1 kwh/hari	21.21°c

Tabel 4.2. Data Hasil Simulasi Mwh/tahunArah Selatan (Lanjutan)

Sudut Kemiringan	Hasil Produksi	Perfoman ce Ratio	Collectio n loss (pv- array)	System Loss (Inverte r)	suhu
2°	4.12 Kwh/Kwp/hari	84.86%	0.63 kwh/hari	0.01 kwh/hari	21.21° c
3°	4.13 Kwh/Kwp/hari	884.87%	0.63 kwh/hari	0.01 kwh/hari	21.21° c
4°	4.13 Kwh/Kwp/hari	84.87%	0.63 kwh/hari	0.01 kwh/hari	21.21° c
5°	4.14 Kwh/Kwp/hari	84.88%	0.63 kwh/hari	0.01 kwh/hari	21.21° c
6°	4.14 Kwh/Kwp/hari	84.88%	0.63 kwh/hari	0.01 kwh/hari	21.21° c
7°	4.14 Kwh/Kwp/hari	84.89%	0.63 kwh/hari	0.01 kwh/hari	21.21° c
8°	4.15 Kwh/Kwp/hari	84.89%	0.63 kwh/hari	0.01 kwh/hari	21.21° c
9°	4.14 Kwh/Kwp/hari	84.89%	0.63 kwh/hari	0.01 kwh/hari	21.21° c
10°	4.14 Kwh/Kwp/hari	84.89%	0.63 kwh/hari	0.01 kwh/hari	21.21° c
11°	4.14 Kwh/Kwp/hari	84.89%	0.63 kwh/hari	0.01 kwh/hari	21.21° c

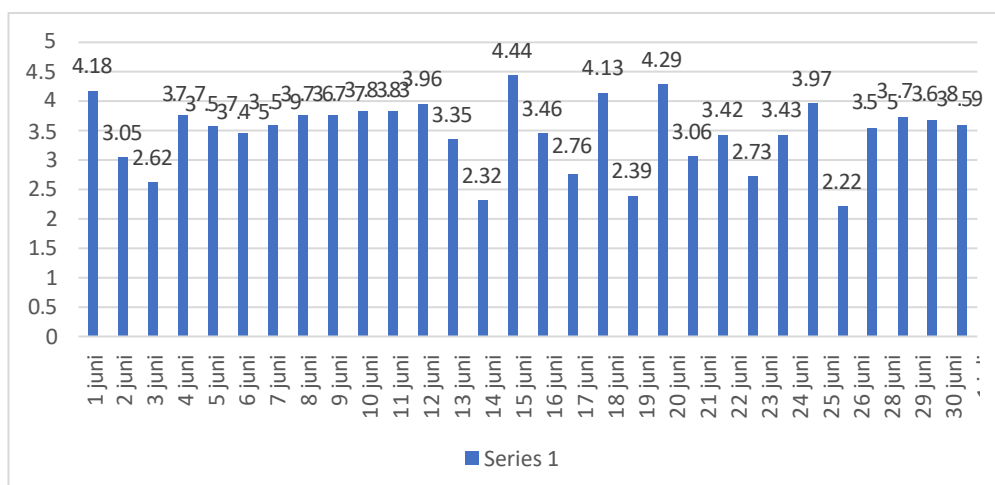
Dapat dilihat pada tabel 4.2. hasil simulasi perangkat lunak pvsyst ke arah selatan dan kemiringan sudut panel surya 1° sampai 11° mendapatkan nilai hasil

produksi energi paling besar pada kemiringan sudut 8° dimana pada kemiringan sudut tersebut mendapatkan energi sebesar 4.15 Kwh/Kwp/hari dan rasio performa sebesar 84.89%, dan untuk hasil energi yang paling kecil pada kemiringan sudut 1° dimana pada kemiringan sudut tersebut mendapatkan total energi sebesar 4.11 Kwh/Kwp/hari dan rasio performa sebesar 84.87%. dan nilai rata-rata suhu pada area sebesar 21.21°C .



Gambar 4.1. PLTS yang telah terpasang ke arah utara kemiringan 9°

Sedangkan seperti yang terlihat pada Gambar 4.1. data produksi energi yang sebelumnya telah terpasang menghadap ke utara dan dengan kemiringan sudut sebesar 9° mendapatkan hasil sebagai berikut:



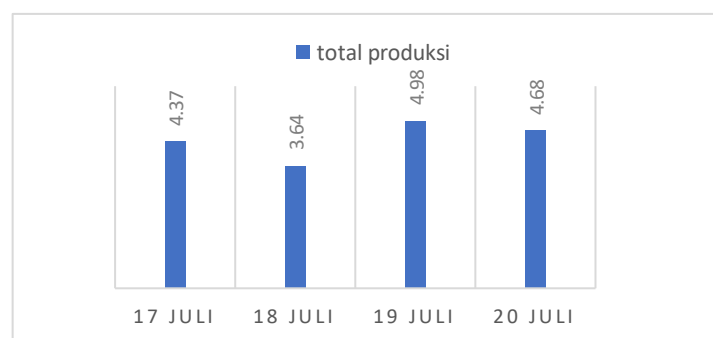
Gambar 4.2. Data produksi energi yang terpasang di lapangan dengan orientasi arah utara kemiringan sudut 9°

Dapat dilihat dalam Gambar 4.1. Data produksi energi di lapangan yang telah terpasang dengan orientasi utara kemiringan sudut 9° , data produksi energi di lapangan yang sebelumnya terpasang ke arah utara dan kemiringan sudut sebesar 9° mendapatkan nilai produksi energi paling tinggi ada di tanggal 1 juni yang dimana mendapatkan produksi energi sebesar 4.44 Kwh/Kwp/hari, hal ini terjadi karena tergantung cuaca yang terjadi pada tanggal tersebut dimana pada tanggal tersebut panas yang diterima sangat besar.



Gambar 4.3. PLTS yang telah terpasang ke arah selatan kemiringan 8°

Dapat dilihat dalam Gambar 4.3. setelah melakukan perubahan pada konstruksi, arah dan kemiringan sudut pada *PV system*, maka mendapatkan data sebagai berikut:



Gambar 4.4. Data produksi energi yang terpasang di lapangan dengan Orientasi Selatan Kemiringan Sudut 8°

Setelah dilakukan simulasi analisis kemiringan pada pv system yang sebelumnya plts terpasang ke arah utara dengan kemiringan sudut 9° seperti dalam Gambar 4.1. mendapatkan energi sebesar 4.44 Kwh/Kwp/hari, dan setelah sistem PLTS di rubah orientasi ke arah selatan dengan kemiringan sudut 8° seperti dalam Gambar 4.3. pada tanggal 19 mendapatkan energi sebesar 4.98 Kwh/Kwp/hari dan dapat dikatakan stabil pada proses produksi energi..

4.2. Analisis pengaruh kemiringan sudut pada produksi energi PV

Tabel 4.1. menunjukkan jumlah daya yang dihasilkan oleh *PV system* untuk masing-masing sudut kemiringan 1° sampai 11° , dan juga arah orientasi selatan dan utara . Nilai daya untuk sudut 8° dan orientasi arah selatan adalah 4.15 Kwh/Kwp/hari dan nilai daya untuk 9° orientasi utara adalah 4.01 Kwh/Kwp/hari.

Hasil pada simulasi ini menunjukkan bahwa sudut kemiringan 1° sampai 11° dan orientasi arah selatan yang diterapkan 8° maka Semakin banyak daya yang diperoleh semakin besar. Karena intensitas radiasi yang diterima panel surya adalah sumber energi utama untuk pembangkitan menggunakan teknologi *photovoltaic*, jumlah daya yang dapat dihasilkan sistem berkorelasi positif dengan intensitas radiasi yang diterima panel. karena perubahan intensitas cahaya memengaruhi kuat dan lemahnya tegangan yang diterima panel sel surya, dan perubahan sudut datang sinar matahari memengaruhi besar kecilnya tegangan.

Simulasi dengan sudut 8° arah pemasangan ke selatan menghasilkan daya paling besar yaitu sebesar 4.15 Kwh/Kwp/hari, sedangkan arah simulasi sistem solar cell ke selatan dengan kemiringan 1° menghasilkan daya sebesar 4.11 Kwh/Kwp/hari menjadi hasil produksi energi terkecil, sudut 2° arah pemasangan ke utara menghasilkan daya sebesar 4.09 Kwh/Kwp/hari menjadi hasil produksi energi paling besar, sedangkan arah simulasi sistem solar cell ke utara dengan kemiringan 11° menghasilkan daya sebesar 3.98 Kwh/Kwp/hari menjadi hasil produksi energi paling kecil.

Rasio performa dari simulasi orientasi selatan dengan kemiringan 1° sampai 11° mendapatkan nilai rata-rata 84%, orientasi selatan dengan kemiringan 1° sampai

11° mendapatkan nilai sebesar 84.%. Hal ini disebabkan perjalan rotasi matahari dari terbit hingga tenggelam berada di selatan pulau jawa yang terletak diselatan garis katulistiwa. Jadi untuk hasil simulasi PVSyst yang mempunyai efisiensi yang optimal menghadap selatan.



BAB V

KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan serta berisi saran tentang rekomendasi untuk ditindaklanjuti.

5.1. Kesimpulan dari hasil penelitian

Berdasarkan hasil penelitian dan simulasi perangkat lunak yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa Pengaruh Kemiringan Sudut dan Arah Mata Angin Pada *On Grid Pv System* di Kabupaten Sukabumi, adalah sebagai berikut:

1. posisi terbaik untuk produksi energi pada PV modul di kabupaten sukabumi tepatnya di area PT. Amerta indah otsuka Sukabumi yaitu pada kemiringan modul 8° yang menghasilkan daya sebesar 4.15 Kwh/Kwp/hari dengan rasio performa sebesar 84.89%.
2. Orientasi arah mata angin yang terbaik untuk mendapatkan produksi energi pada *PV system* dengan perencanaan daya sebesar 11.0kw pada simulasi dengan orientasi arah selatan dan kemiringan 8° menghasilkan daya paling besar 4.15 Kwh/Kwp/hari.
3. Pengaruh sudut kemiringan dan arah mata angin menunjukkan bahwa sudut kemiringan 8° dan orientasi arah selatan yang diterapkan maka Semakin banyak daya yang diperoleh semakin besar. Karena intensitas radiasi yang diterima panel surya adalah sumber energi utama untuk pembangkitan menggunakan teknologi *photovoltaic*, jumlah daya yang dapat dihasilkan sistem berkorelasi positif dengan intensitas radiasi yang diterima panel surya.

5.2. Saran untuk peneliti selanjutnya

Apa yang disarankan oleh penelitian ini adalah Pengambilan data seharusnya dilakukan di berbagai lokasi, yang dapat digunakan sebagai data pembandingan. dan Arah panel surya dalam menerima pancaran cahaya matahari akan digunakan sebagai variable bebas dalam penelitian selanjutnya.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brian Yulianto PhD, “Solar Cell, Sumber Energi Terbarukan Masa Depan.” <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/solar-cell-sumber-energi-terbarukan-masa-depan>
- [2] kurnia.ekaptiningrum, “Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Atasi Krisis Energi.” <https://ugm.ac.id/id/berita/740-pemanfaatan-sumber-energi-terbarukan-atasi-krisis-energi/>
- [3] J. Setyono, F. Hari Mardiansjah, M. Febrina Kusumo Astuti, J. S. ProfHSoedarto, K. Tembalang, and K. Semarang Jurnal Riptek, “Potensi Pengembangan Energi Baru Dan Energi Terbarukan Di Kota Semarang,” *J. Riptek*, vol. 13, no. 2, pp. 177–186, 2019, [Online]. Available: <http://ripteck.semarangkota.go.id>
- [4] W. Ramadhan *et al.*, “Pemanfaatan Sinar Matahari Sebagai Energi Alternatif Untuk Kebutuhan Energi Listrik,” *Semin. Nas. Karya Ilm. Multidisiplin*, vol. 1, no. 1, pp. 168–176, 2021.
- [5] Utomo Muhajir, “Dampak lingkungan pusat listrik tenaga fosil dan prospek pltn sebagai sumber energi listrik nasional .,” *J. BATAN*, no. 1, pp. 39–50, 2018.
- [6] P. de Vries, M. Conners, and R. Jaliwala, “Energi Yang Terbarukan,” *Buku Pandu. Energi Terbarukan*, p. 106, 2011.
- [7] 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.
- [8] S. Yuliananda, G. Sarya, F. Teknik, and F. Teknik, “Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari,” *J. Pengabd. LPPM Untag Surabaya Nop.*, vol. 01, no. 02, pp. 193–202, 2015.
- [9] S. Ali and T. M. A. Pandria, “Penentuan kemiringan sudut optimal panel surya untuk wilayah meulaboh,” *J. Optim.*, vol. 3, no. 5, pp. 21–29, 2018.
- [10] 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, 2019, doi: 10.33322/energi.v10i2.286.
- [11] F. Mayasari, F. A. Samman, Z. Muslimin, and ..., “Pengenalalan Panel Surya sebagai Salah Satu Sumber Energi Terbarukan untuk Pembelajaran di SMA Negeri 1 Takalar,” *J. Tepat ...*, vol. 5, 2022, [Online]. Available: https://eng.unhas.ac.id/tepat/index.php/Jurnal_Tepat/article/view/271%0Ah
https://eng.unhas.ac.id/tepat/index.php/Jurnal_Tepat/article/download/271/146
- [12] V. Quaschnig, *Understanding renewable energy systems*, vol. 9781315800. 2014. doi: 10.4324/9781315800493.
- [13] S. Samsurizal, M. T. Aji, and K. T. M, “Pemanfaatan Tenaga Surya Pada Photovoltaic Jenis Polycrystalline Untuk Catu Daya Tanaman Hidroponik,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 13, no. 1, pp. 58–66, 2021, doi: 10.33322/energi.v13i1.984.
- [14] 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, 2021, doi: 10.33322/kilat.v10i1.994.
- [15] B. H. Tamimi, S., Indrasari, W., & Iswanto, “Optimasi Sudut Kemiringan Panel Surya Pada Prototipe Sistem Penjejak Matahari Aktif,” vol. VI, 2017, doi: <https://doi.org/10.21009/0305020111>.
- [16] J. H. Riko, “Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Energi Terbarukan,” *Academia.edu*, vol. 06, no. 02, pp. 136–142, 2014, [Online]. Available: http://www.academia.edu/9106342/Pembangkit_Listrik_Tenaga_Surya_PLTS_Energi_Terbarukan
- [17] W. Noviandi, “Rancang Bangun Solar Sel Pada Gedung Perkantoran Sebagai Energi Listrik Alternatif (Studi Kasus : Gedung Kantor Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sintang Provinsi Kalimantan Barat),” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, no. Vol 1, No 1 (2019): Jurnal S1 Teknik Elektro UNTAN, pp. 1–9, 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/32141>

- [18] K. Al Faizal, M. Rumbayan, and S. Silimang, "Perencanaan Instalasi Solar Home System," *Repos. Univ. Sam Ratulagi*, pp. 1–14, 2021.
- [19] E. A. Syaefudin, A. Kholil, D. A. Wulandari, R. A. Avianti, and D. Walujo, "Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sebagai Media Pembelajaran Di Smpn 3 Terisi Indramayu," *Pros. Semin. Nas. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2022, pp. 246–253, 2022.
- [20] ExmaSolo, "Pengertian, Skema, dan Cara Kerja PLTS On-Grid," 2022. <https://www.exmasolo.com/2021/08/pengertian-skema-dan-cara-kerja-plts-on.html>
- [21] J. A. Kadhum, "Design and Construction of a Tracking Device for Solar Electrical Systems," *Available online www.jsaer.com J. Sci. Eng. Res.* 225 *J. Sci. Eng. Res.*, vol. 5, no. 7, pp. 225–236, 2018.
- [22] R. Rezky Ramadhana, M. M. Iqbal, A. Hafid, and J. Teknik Elektro, "Analisis Plts on Grid," *Vertex Elektro*, vol. 14, no. 1, pp. 12–25, 2022, [Online]. Available: <https://journal.unismuh.ac.id/index.php/vertex/article/view/9143>
- [23] W. Branch *et al.*, "Pengujian dan Implementasi PLTS Sistem On Grid 1200Wp di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa," pp. 78–90, 2020.
- [24] "Detil Kebijakan PT PLN membatasi pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap 10-15 persen." <https://solarsuryaindotama.co.id/news-and-updates/detil-kebijakan-pt-pln-membatasi-pemanfaatan-pembangkit-listrik-tenaga-surya-plts-atap-10-15-persen-lampiran/>
- [25] J. Eda, M. Mulyadi, B. Kartadinata, and H. Tanudjaja, "Analisis Dampak Pemasangan Grid Tie Inverter padaInterkoneksi antara Jaringan PLN dan Solar Cell Terhadap Faktor Daya dan Harmonisa Sistem," *128 J. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 1–11, 2017.
- [26] enfsolar, "Deep Blue 3.0 JAM72D30 525-550/MB." <https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/48422>
- [27] M. Ervin and Jamaaluddin, "Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Alternatif Energi Listrik Skala Rumah Tangga," *Mesin Mesin List.*, 2020, [Online].

Available: <http://eprints.umsida.ac.id/7230/>

- [28] M. B. Salim and N. Rajabiah, “Analisis Kemampuan Panel Surya Monokristalin 150 Watt pada Arus dan Pengisian yang Dihasilkan,” *JIPFRI (Jurnal Inov. Pendidik. Fis. dan Ris. Ilmiah)*, vol. 3, no. 1, pp. 29–35, 2019, doi: 10.30599/jipfri.v3i1.342.
- [29] D. A. Pratama and I. H. Siregar, “Uji Kinerja Panel Surya Polycrystallin 100WP,” *Jptm*, vol. 6, no. 3, pp. 79–85, 2018.
- [30] M. Anggara and W. Saputra, “Analisis Kinerja Sel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline di Kabupaten Sumbawa NTB,” *J. Flywheel*, vol. 14, no. 1, pp. 7–12, 2023, doi: 10.36040/flywheel.v14i1.6521.
- [31] K. S. Hayibo and J. M. Pearce, “Optimal inverter and wire selection for solar photovoltaic fencing applications,” *Renew. Energy Focus*, vol. 42, no. June, pp. 115–128, 2022, doi: 10.1016/j.ref.2022.06.006.
- [32] A. M. Prasetia, “Implementasi Inverter Pure Sine Wave Untuk Pemanfaatan Energi Surya,” *Theta Omega J. Electr. Eng. Comput. Inf. Technol. e-ISSN 2745-6412, p-ISSN 2797-1740.*, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/thetaomega/article/view/3953>
- [33] R. Fierdaus, Soeprapto, and H. Purnomo, “Pengaruh Bentuk Gelombang Sinus Termodifikasi (Modified Sine Wave) Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi Satu Fasa,” *J. Mhs. TEUB*, vol. 1, no. 1, pp. 0–5, 2018, [Online]. Available: <http://elektro.studentjournal.ub.ac.id/index.php/teub/article/view/22>
- [34] S. SAODAH and S. UTAMI, “Perancangan Sistem Grid Tie Inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 7, no. 2, p. 339, 2019, doi: 10.26760/elkomika.v7i2.339.
- [35] A. Analysis and U. Manual, “User Manual,” *Data Base*, vol. 3304, no. January, pp. 1–148, 2012.
- [36] HUAWEI, “Smart Energy Controller (Three Phase),” pp. 10–11, 2021, [Online]. Available: <https://solar.huawei.com/apac/Products/FusionSolarResidential>

- [37] B. Haryanto, "Optimasi Pembangkit Hybrid PLN - Solar Cell Pada Aplikasi Home Industry," *J. Tek. elektro*, pp. 11–13, 2018.
- [38] T. Gurupira, "EVALUATION AND OPTIMISATION OF PHOTOVOLTAIC (PV) PLANT DESIGNS Evaluation and optimisation of photovoltaic (PV) plant designs by Thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Engineering (Electrical) in the Fa," no. August, 2019.
- [39] T. Shivalingaswamy and B. A. Kagali, "Determination of the Declination of the Sun on a Given Day," *Eur. J. Phys. Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 17–22, 2017.
- [40] L. A. Salsabila Ayu, I. A. Dwi Giriantari, and I. N. Setiawan, "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Atap on-Grid 11,2 Kwp Di Residensial Bukit Gading Mediterania, Jakarta Utara," *J. SPEKTRUM*, vol. 10, no. 1, p. 32, 2023, doi: 10.24843/spektrum.2023.v10.i01.p5.
- [41] E. A. Karuniawan *et al.*, "Analisis Potensi Daya Listrik Plts Atap Di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang Dengan Perangkat Lunak Pvsyst," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 75, no. 2, pp. 75–80, 2023.
- [42] Basuki, M. M. Rosadi, and F. S. Hadi, "Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Intensitas Cahaya Matahari Dan Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Tipe Polycrystalline," *Sainsteknopak*, pp. 135–140, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unhasy.ac.id/index.php/SAINSTEKNOPAK/article/download/1402/1014>
- [43] A. Mansur, "Analisa Kinerja Plts on Grid 50 Kwp Akibat Efek Bayangan Menggunakan Software Pvsyst," *Transmisi*, vol. 23, no. 1, pp. 28–33, 2021, doi: 10.14710/transmisi.23.1.28-33.
- [44] F. A. F. Sugiono, P. D. Larasati, and E. A. Karuniawan, "Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Potensi Pemanfaatan Plts Rooftop Di Bengkel Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang," *J. Rekayasa Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.31884/jre.v1i1.5.

- [45] R. Pido, R. H. Boli, M. Rifal, W. Rauf, N. Shanti, and R. R. Day, "Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Terhadap Optimasi Daya Panel Surya," *RADIAL J. Perad. Sains, Rekayasa dan Teknol.*, vol. 10, no. 2, pp. 234–240, 2022, doi: <https://doi.org/10.37971/radial.v10i2.287>.
- [46] C. Rahman, "Perbaikan Metode Kerja Pada Produksi Pt. Amerta Indah Otsuka Dengan Menggunakan Man And Machine Chart," *J. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2013.
- [47] F. Tirta, B. Winardi, and B. Setiyono, "Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Sma Negeri 4 Semarang MENGGUNAKAN PVSYST 6.43," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 4, pp. 490–496, 2020, doi: 10.14710/transient.v9i4.490-496.
- [48] E. A. Karuniawan, "Analisis Perangkat Lunak PVSYST, PVSOL dan HelioScope dalam Simulasi Fixed Tilt Photovoltaic," *J. Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 3, p. 100, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i3.001.
- [49] S. S. Mukrimaa *et al.*, *global solar atlas 2.0*, vol. 6, no. August. 2016.
- [50] I. E. A. W. B. Ft. W. B. Dm. Ka. Aa. Js. Bs. Pb. Mc. Js. Aa. Ml. Jc. Direnap. Eh. To. Mo. Re. Sk. Mc. Rd. Md. Ph. Ik. Ek. Pk. U, "global solar atlas," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017.
<https://globalsolaratlas.info/map>