

Analisa Implementasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Piko hidro Untuk Pertanian Ekonomi Hijau

Dzaky Rafif Hibrizi¹, Pola Risma², Tresna Dewi³, Hendra Marta Yudha⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya

¹dzakyrafifhibrizi@gmail.com, ²polarisma@polsri.ac.id, ³tresna_dewi@polsri.ac.id, ⁴hendramy@univ-Tridinantia.ac.id

Abstrak

Implementasi PLTS Piko hidro merupakan solusi yang menerapkan sumber energi terbarukan. Penelitian ini mengintegrasikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro pada sistem Aquaponik untuk memberikan solusi dalam mengatasi krisis energi di daerah terpencil, PLTS piko hidro membangun sistem yang efisien dan efektif sambil mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Kombinasi PLTS dan piko hidro memanfaatkan energi matahari dan aliran air, untuk menghasilkan energi listrik, Penelitian ini melibatkan desain 3D Aquaponik yang menggabungkan elemen PLTS dan piko hidro. Lokasi penelitian dipilih di Gandus, Talang Kemang, Palembang. Penggunaan Software PVsyst mencakup desain modul, desain sistem, dan rumus pembangkit energi listrik untuk mendapatkan analisis hasil simulasi yang akurat

Kata Kunci: Implementasi PLTS Piko hidro, Software PVsyst, Desain 3D Aquaponik

Abstract

Implementation of Piko hidro power plant is a solution that implements renewable energy sources. The study integrates Solar Power Plants (PLTS) and Piko hidro Power Plants on Aquaponics systems to provide solutions in addressing the energy crisis in remote areas, PLTS building efficient and effective systems while reducing reliance on fossil fuels. The combination of PLTS and Piko hidro harnesses solar energy and water flow, to generate electrical energy, The study involves a 3D Aquaponics design combining PLTS and piko hidro elements. The research location was selected in Gandus, Talang Kemang, Palembang. The use of PVsyst software includes module design, system design, and electrical energy generation space to obtain an accurate analysis of simulation results

Keywords: Implementation of Piko hidro PLTS, PVsyst, 3D Aquaponics Design

I. PENDAHULUAN

Implementasi sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada pertanian aquaponik memiliki peran penting dalam mengembangkan sektor pertanian yang berkelanjutan. Penggunaan PLTS tidak hanya menyediakan sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan, PLTS tidak menghasilkan emisi karbon atau polutan udara lainnya, dengan PLTS juga membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil serta dapat menjaga kelestarian lingkungan pada sektor pertanian serta biaya operasional yang terbilang cukup terjangkau. Dalam upaya meningkatkan ketersediaan energi terbarukan yang ramah lingkungan, penelitian ini mengimplementasikan teknologi tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga air piko hidro yaitu, pembangkit listrik yang terdiri dari lebih dari 1 macam sumber energi listrik, implementasi dua sumber energi yang berbeda untuk memproduksi listrik, integrasi dari 2 sumber energi yang dapat diperbarui yaitu (renewable energy) dengan atau yang tidak dapat diperbarui (unrenewable energy). [1 - 15] A.

Pembangkit listrik tenaga surya memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi sedangkan pembangkit listrik piko hidro menggunakan aliran air skala kecil yang memanfaatkan aliran air dari pertanian aquaponik. Pertanian aquaponik menggunakan air sebagai media tanaman, sehingga air aquaponik dapat digunakan untuk menggerakkan turbin pada pembangkit listrik piko hidro, pada kondisi ini terjadi proses saling menguntungkan. Penelitian ini dilakukan di kecamatan gandus talang kemang sumatera selatan dimana penelitian ini merupakan tempat di kembangkan pertanian dengan metode aquaponik. Yang menerapkan konsep ekonomi hijau [16 - 20] Pertanian aquaponik menggunakan 2 sumber pembangkit listrik yaitu PLTS dan pembangkit listrik piko hidro. PLTS digunakan sebagai sumber energi untuk 3 unit pompa *submersible* sedangkan pembangkit listrik piko hidro di gunakan sebagai sumber energi untuk penerangan pada pertanian aquaponik. [21 - 25]

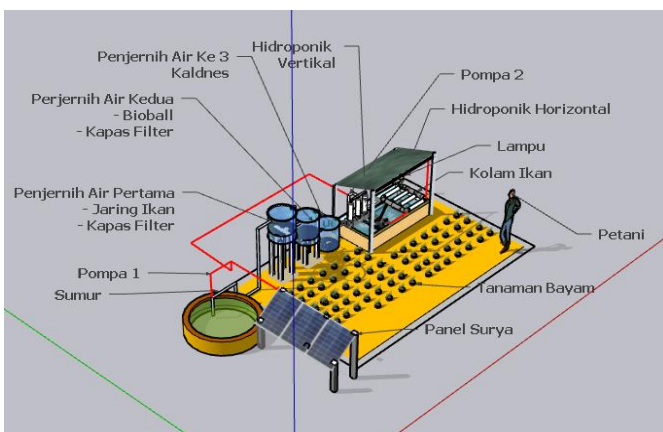
Penelitian ini menggunakan *Software* PVsyst untuk energi terbarukan yang kembangkan oleh *PVsyst sociate Anonyme (PVsyst SA)*, lembaga penelitian dan pengembangan energi terbarukan yang bertempat di Swiss, *software* PVsyst

digunakan untuk menghitung estimasi bulanan yang di hasilkan oleh 3 unit pompa *submersible* pada PLTS. dan Software *Sketchup* yang merupakan aplikasi pemodelan 3D yang di gunakan untuk mendesain tampilan 3D pada aquaponik, dengan menggunakan *SketchUp*, untuk membuat model 3D yang membantu dalam merancang dan merencanakan sistem aquaponik secara visual. [26 - 28]. Penelitian ini di lakukan dengan simulasi dan analisa matematis sehingga mengabaikan validasi dan kalibrasi sistem berdasarkan data eksperimental

II. METODE PENELITIAN..

A. Desain 3D Aquaponik

Pada gambar 1. Merupakan desain 3D menggunakan aplikasi *Sketchup* dari sistem Aquaponik dengan fokus pertanian ekonomi hijau, untuk sumber energi listrik nya menggabungkan dua kombinasi hybrid pembangkit listrik yaitu Pembangkit Listrik Tenaga surya (PLTS) dan pikohidro sebagai sumber energi listriknya, dimana untuk PLTS memanfaatkan energi matahari untuk menyalakan 3 buah pompa *submersible* 45 Watt pompa pertama di gunakan untuk mengaliri air dari sumur ke kolam dan pompa kedua digunakan untuk sistem penjernih air dan pompa ketiga untuk mengaliri air dari kolam ke hidroponik vertikal dan horizontal serta sensor dan mikrokontroler nya untuk mendukung sistem aquaponik memiliki daya 1 watt, sedangkan pikohidro bisa dengan memanfaatkan aliran air yang jatuh dari hidroponik untuk menggerakkan turbin pleton mini yang terhubung ke generator untuk menghasilkan energi listriknya dan menyalakan 1 buah lampu 5 Watt, selama aliran air jatuh dan memutar turbin selama itu pula maka lampu tersebut akan terus menyala

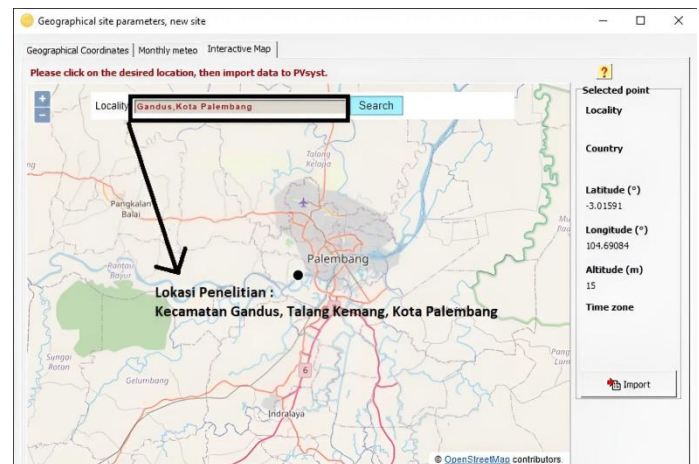


Gambar 1 Desain 3D Aquaponik

B. Penentuan Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan Software PV Syst, yang di kembangkan oleh(*PVsyst SA*) merupakan perangkat lunak untuk perencanaan, analisis, dan

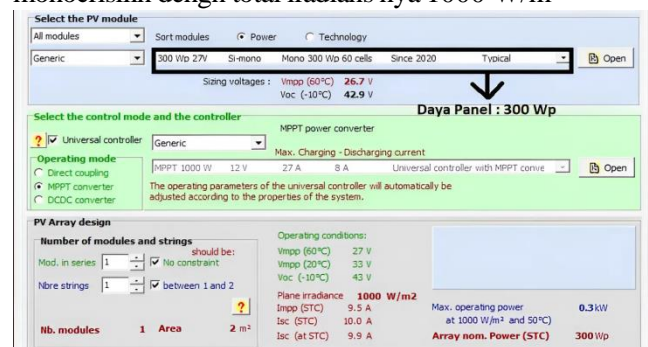
optimalisasi sistem energi surya, Pada gambar 2 menunjukkan Lokasi, dan titik koordinat pada lokasi “ Kecamatan Gandus, Kota Palembang ” merupakan Informasi tentang lokas penelitian dan yang akan di pasang panel surya .kemudian titik koordinat nya yaitu Latitude - 3.01 ° dan Longitude nya 104 .69 °



Gambar 2. Penentuan lokasi dan koordinat penelitian

C. Penentuan jumlah panel surya

Dapat dilihat pada gambar 3 fitur Select the PV module pada software PVsyst ini mencakup tentang module pada panel surya penelitian ini membutuhkan 300 Wp jadi yang di butuhkan 3 module, pada 1 module itu 100 Wp ,kemudian jenis dari panel surya nya adalah monocrisllin dengn total irradians nya 1000 W/m²

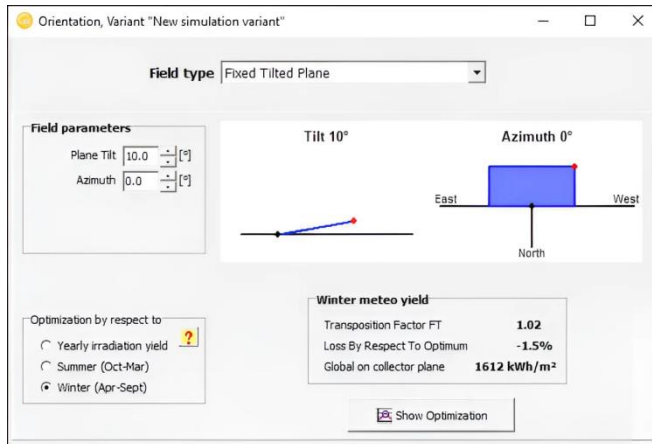


Gambar 3. Penentuan jumlah module panel surya

D. Penentuan instalasi pada panel surya

Dapat dilihat pada gambar 4 Fitur Orientation pada software PVsyst adalah fitur yang digunakan untuk menentukan orientasi fisik dari panel surya dalam sistem Panel Surya. "Orientation" pada perangkat lunak PVsyst memungkinkan pengguna untuk menentukan orientasi fisik panel surya dalam sistem Panel Surya dengan menentukan nilai til (kemiringan) dan azimuth (arah hadap). Dengan mengoptimalkan kedua parameter ini, pengguna dapat meningkatkan efisiensi penyerapan radiasi matahari oleh panel yang bisa meningkatkan kinerja dan hasil energi dari sistem Panel Surya

Dengan menggunakan fitur ini, pengguna dapat melakukan simulasi untuk menentukan konfigurasi terbaik yang sesuai dengan lokasi geografis, dapat dilihat pada gambar 4 kemiringan panel surya 10 derajat dan arah hadap 0 derajat yang artinya menunjukkan arah hadap panel surya relatif terhadap kea rah utara geografis.



Gambar 4. Penentuan instalasi pada panel surya

E. Penentuan beban yang di gunakan

Deain beban yang meliputi 3 pompa air masing masing 45 watt pompa 1 bekerja selama 1 jam dan pompa 2 bekerja selama 1 jam dan Pompa 3 bekerja selama 24 jam serta sensor-sensor dan mikrokontroller 1 watt bekerja selama 24 jam .Pada panel surya tidak 100% energinya dapat di gunakan, terdapat hingga 40% energi listrik yang hilang , jadi rumus yang dapat di gunakan sebagai berikut :

Definition of daily household consumptions for January.

Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy
1	POMPA 1	45 W/lamp	1.0 h/day	OK	45 Wh
1	POMPA 2	45 W/app	1.0 h/day	OK	45 Wh
1	POMPA 3	45 W/app	24.0 h/day	OK	1080 Wh
0	Fridge / Deep-freeze	0.00 kWh/day	0.0		0 Wh
0	Dish- and Cloth-washer	0.0 W/aver.	0.0 h/day		0 Wh
1	Sensor & Mikrokontroller	1 W/app	24.0 h/day	OK	24 Wh
0	Other uses	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
Stand-by consumers		0 W tot	24 h/day		0 Wh
Total daily energy					1194 Wh/day
Monthly energy					35.8 kWh/mth

Consumption definition by: Years Seasons Months

Week-end or Weekly use: Use only during [7] days in a week

Show values of: [January]

Gambar 5. Penentuan beban yang di gunakan

Pompa 1 = 1 jam x 45 watt = 45 W
 Pompa 2 = 1 jam x 45 watt = 45 W
 Pompa 3 = 24 jam x 45 watt = 1.080 W
 Sensor & Mikrokontroller = 24 jam x 1 watt = 24 W

Total daya keseluruhan $45 W + 45 W + 1.080 + 24 = 1.194 \text{ Watt}$

Jadi, untuk total dayanya sebesar 1.170 W

Di Indonesia, proses Panel Surya optimalnya hanya berlangsung 5 jam saja, sehingga untuk menghitung banyaknya panel surya yang digunakan, dapat dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Panel Surya} &= \text{Total Daya} : \text{Waktu Optimal} \\ &= 1.194 \text{ Watt} : 5 \text{ Jam} \\ &= 238 \text{ Watt Peak (di bulatkan menjadi 300 Wp)} \end{aligned}$$

Jadi, untuk memaksimalkan pendapatan daya yang kita inginkan, maka di bulatkan saja untuk panel nya menjadi 300 Wp

F. Menentukan kebutuhan Solar Charger Controller

Untuk menentukan berapa kebutuhan SCC yang ideal untuk kapasitas 300WP juga harus dilihat secara detail pada brosur spesifikasi yang ada pada panel surya paling di rekomendasikan yaitu SCC yang memiliki kapasitas maksimal arus melebihi dari rangkaian panel surya. Intinya total maksimal arusnya harus lebih besar dari panel surya. Jika instalasi panel surya 100 Wp maka scc yang digunakan adalah 10 ampera karena imax adalah 5,6 A pada saat produksi listrik 100 W, sehingga jika 300 Wp arus maksimal yang di dihasilkan adalah $5,56 A \times 3$ atau 16, 68 A sehingga pemilihan SCC pada penelitian ini adalah 20 A

G. Menentukan kapasitas baterai

Kapasitas baterai tidak akan digunakan seluruhnya dikarenakan terdapat istilah DoD (*Depth of Discharger*) yaitu baterai dapat dipakai sampai 80% dan menyisahkan 20% yang disebut SoC (*State of Charge*) atau presentase sisa kapasitas baterai yang tersisa. Untuk menentukan total kapasitas baterai yang akan digunakan maka dapat dicari dengan persamaan 1 berikut :

$$Ebat = \frac{E}{Vs} \dots (1)$$

Dimana : Ebat = kapasitas baterai yang diperlukan (Ah), E = beban total sehari (Wh) Vs = tegangan dasar yang di pakai (V)

Sedangkan jumlah baterai yang akan di perlukan dapat kita hitung dengan persamaan 2 berikut :

$$Cb = \frac{Ebat \times d}{DoD} \dots (2)$$

Dimana : C_b = jumlah baterai yang digunakan (Ah),
Ebat = kapasitas baterai yang di perlukan (Ah), DoD = *Depth Of Discharging* (%)

Jadi baterai nya dapat di tentukan dengan persamaan 3
4, 5 berikut :

$$\text{Ebat} = \frac{E}{VS} \dots (3)$$

$$\text{Ebat} = \frac{1.170 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} \dots (4)$$

$$\text{Ebat} = 97,5 \text{ Ah} \dots (5)$$

Dari perhitungan kapasitas baterai didapatkan 97,5 Ah sedangkan DoD (*Depth of Discharging*) pada baterai VRLA sebesar 80%, diasumsikan akan memakai baterai 100Ah, Maka kapasitas dan jumlah baterai yang digunakan dapat dihitung dengan persamaan 6, 7, 8 berikut :

$$C_b = \text{DoD} \times \text{Kapasitas Baterai} \dots (6)$$

$$C_b = 0.80 \times 100 \text{ Ah} \dots (7)$$

$$C_b = 80 \text{ Ah} \dots (8)$$

Jadi, jika menggunakan Depth of Discharging (DoD) sebesar 80%, kita dapat menggunakan 80Ah dari total kapasitas 100Ah sebelum baterai perlu diisi ulang kembali.

H. Perhitungan Arus PV System

Untuk arus yang di dihasilkan dapat di jelaskan dengan rumus pada gambar 5. Memberikan model matematis yang membantu menjelaskan bagaimana cahaya matahari diubah menjadi arus listrik dalam sel surya. Rumus tersebut mencakup variabel-variabel yang mencerminkan sifat-sifat bahan dan geometri perangkat sel surya.

$$J_L = q \int_0^W \left[\int H_0 \alpha(\lambda) e^{-\alpha(\lambda)x} d\lambda \right] CP(x) dx$$

Gambar 5. Arus yag di dihasilkan PV System

dimana : J = Merupakan kerapatan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya, L = Luas permukaan solar panel, q = Muatan yang di bawa elektron, w = Ketebalan material silikon solar panel, H_0 = Jumlah energi foton, α = Penyerapan sinar matahari ke material silikon, $\alpha(\lambda)$ = adalah koefisien serapan yang bergantung pada panjang gelombang cahaya (λ)

Arus yang di bangkitkan “ J ” pe - luas solar panel “ L ” di pengaruhi oleh panjang gelombang dan di pengaruhi juga oleh ketebalan material silikon “ w ” pada sel surya, kemudian “ q ” merupakan muatan yang di bawa oleh elektron yang bergerak, lalu “ H_0 ” merupakan jumlah foton pada setiap panjang gelombang atau wavelength, jadi banyaknya energi foton dapat di hitung dengan persamaan 9 berikut

$$E = \frac{h.c}{\lambda} \dots (9)$$

Dimana : E = Energi foton, h = Kostanta plank dapat ditulis 6.626×10^{-34} J, C : Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), λ = Panjang gelombang

Kemudian α merupakan penyerapan sinar matahari kematerial silikon berapa jauh dia dapat menyerap tergantung jenis materialnya rumus untuk menghitung koefisien serapan dapat di hitung menggunakan persamaan 10 sebagai berikut :

$$E = \frac{4.\pi.k}{\lambda} \dots (10)$$

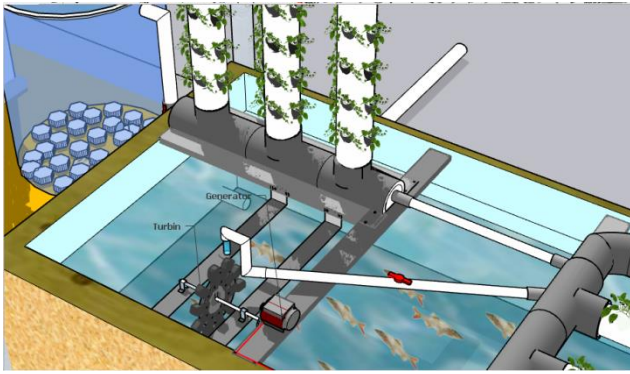
dimana : α = koefisien serapan, k = kostanta boltzman (1.380×10^{-23} J), π : 3,14, λ = panjang gelombang.

Fungsi dari $e^{-\alpha(\lambda)x}$ dalam rumus menggambarkan bagaimana intensitas cahaya berkurang secara eksponensial saat cahaya melewati bahan atau perangkat sel surya dengan ketebalan x . Ini dipengaruhi oleh koefisien serapan $\alpha(\lambda)$ yang menentukan seberapa banyak cahaya diserap oleh panjang gelombang tertentu.

Jadi, ketika x (ketebalan perangkat) dan $\alpha(\lambda)$ (sifat serapan pada panjang gelombang tertentu) semakin pendek gelombang maka, energi fotonya makin besar energi untuk membangkitkan energi listrik

Kemudian “ $d\lambda$ ” itu bagaimana sel surya mengonversi berbagai panjang gelombang cahaya matahari menjadi energi listrik kemudian yang terahir “ CP ” ini dapat dikaitkan dengan jumlah pembawa muatan (carrier) untuk menentukanya tergantung pada bahan yang di gunakan atau di pakai.

I. Rumus daya hidro



Gambar 6. Desain 3D Turbin-Generator

Pembangkit listrik tenaga air pikohidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air di hidroponik, aliran

air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik, yang kemudian akan menyalakan 1 unit lampu dapat kita asumsikan pada gambar 6 dengan rumus sebagai berikut

Pada rumus daya hidro dapat di gunakan menggunakan persamaan 11 sebagai berikut :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots (11)$$

dimana : P: hidro yang dihasilkan oleh turbin 1000 kg/m³. ρ : Massa jenis air (kg/m³). g: Percepatan gravitasi (m/s²). 9.81m/s². Q: Debit air (m³/s). H: Ketinggian jatuh air (meter).

NO	Masa Jenis Air	Gravitasi	Debit Air	Head (m)	Daya Hidro
1	1000 kg/m ³	9.81 m/s ²	0.45	4	17,65
2	1000 kg/m ³	9.81 m/s ²	0.33	2.15	6.96
3	1000 kg/m ³	9.81 m/s ²	0.49	2	9.60
4	1000 kg/m ³	9.81 m/s ²	0.43	3.65	15.3
5	1000 kg/m ³	9.81 m/s ²	0.53	1,5	7,79
6	1000 kg/m ³	9.81 m/s ²	0.64	1	6,27
7	1000 kg/m ³	9.81 m/s ²	0,777	6,6	50,30
8	1000 kg/m ³	9.81 m/s ²	2.60	4	102
9	1000 kg/m ³	9.81 m/s ²	3.37	6	198
10	1000 kg/m ³	9.81 m/s ²	5.60	10	549

Untuk pengujian dapat dilihat pada tabel. 1 Daya Hidro

Dimana pada tabel 1. tinggi jatuh, dan parameter hidro lainnya terhadap daya hidro yang dihasilkan. Massa jenis air dan gravitasi bumi tetap konstan dimana dalam semua percobaan. Debit air menggambarkan seberapa cepat air mengalir, tinggi jatuh mencerminkan perbedaan ketinggian yang dimanfaatkan, dan daya hidro mencerminkan potensi energi listrik yang dihasilkan, data ini memberikan informasi penting untuk memahami karakteristik performa daya hidro

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh jatuh air pada pikohidro

Sistem hybrid ini mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang berbeda pada panel surya dapat memberikan daya saat matahari bersinar tapi tidak untuk malam hari, pada malam hari ada aliran air yang mengalir dari hidroponik untuk pikohidro, jika panel surya dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi sinar matahari, pada pikohidro memanfaatkan aliran air yang jatuh dari hidroponik untuk memutar turbin dapat di lihat pada gambar 5

Dengan menggunakan rumus 11 daya hidro maka cara untuk mencari daya hidro nya sebagai berikut :

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0,45 \times 4$$

$$P = 17,65 \text{ Watt}$$

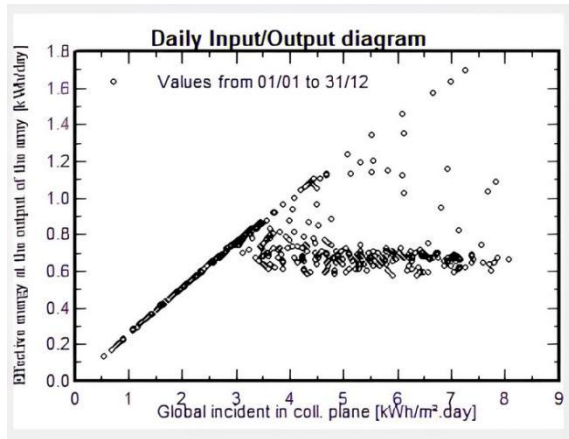
Jadi daya hidro nya sebesar 17,65 Watt

B. Simulasi Pembangkit Listrik menggunakan Software PVSyst

Pada simulasi software PVsyst adalah perangkat lunak yang digunakan untuk analisis sistem Panel Surya. Ini dirancang khusus untuk memodelkan kinerja sistem energi surya dari tingkat modul individual hingga sistem yang lebih besar. PVsyst membantu dalam merancang, memprediksi produksi energi, dan mengevaluasi kinerja sistem Panel Surya

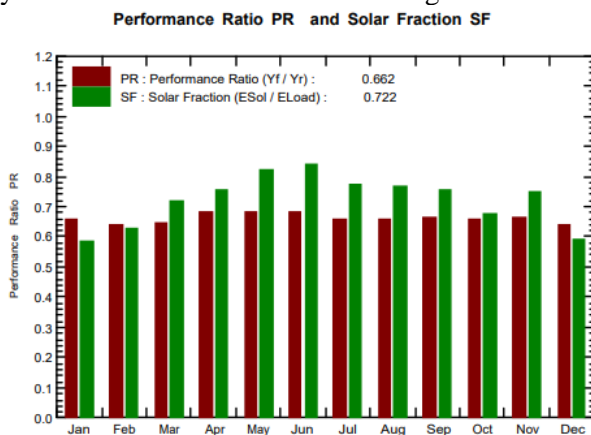
Pada gambar 6 diagram input/output menunjukkan Effective energi at the output of the array pada estimasi produksi energi harian dari sebuah sistem fotovoltaik. kWh (kilowatt jam) Global incident in coll plane, kWh per meter persegi" mengacu pada jumlah energi matahari yang mencapai bidang datar. Dalam konteks energi surya, 1.8 kWh per hari merupakan perkiraan rata-rata produksi energi harian dari sistem PV

tertinggi dan energi matahari yang diterima di area seluas satu meter persegi adalah 7,5 kWh/m².



Gambar 7. Daily input/Output diagram

Kemudian grafik PR dan Solar Fraction pada gambar 7 adalah dua metrik penting yang membantu dalam menilai efisiensi dan efektivitas sistem panel surya, memberikan gambaran yang jelas tentang seberapa baik sistem tersebut beroperasi dibandingkan dengan potensinya dan seberapa besar kontribusinya terhadap kebutuhan energi. Dapat dilihat pada gambar 7 Pada grafik berwarna hijau menunjukkan Performance Ratio merupakan parameter yang mengukur kualitas operasional sistem panel surya untuk 1 tahun, kemudian grafik berwarna merah Solar Fraction adalah ukuran seberapa besar kebutuhan energi yang dipenuhi oleh sistem panel surya untuk satu tahun. Dapat kita simpulkan dengan PR yang tinggi sebesar 0.662, sistem PV menunjukkan tingkat efisiensi yang baik dalam mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Selain itu, Solar Fraction sebesar 0.772 menunjukkan kontribusi yang signifikan dari energi surya dalam memenuhi kebutuhan energi.



Gambar 8. grafik PR dan SF

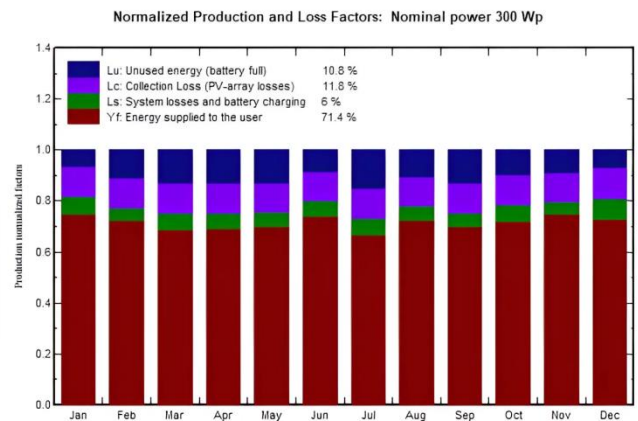
Pada gambar 8 normalized production adalah metrik yang mengukur efisiensi produksi energi sistem per unit daya terpasang (kWp), biasanya dihitung sebagai kWh/kWp, Sementara itu, lost factors mengidentifikasi persentase energi yang hilang dari produksi untuk sistem karena berbagai faktor

Untuk sistem selama satu tahun maka analisis nya yaitu Battery Full (Simbol Warna Hijau 10.8%): Ini menunjukkan bahwa sebesar 10.8% dari energi yang dihasilkan oleh sistem PV disimpan dalam baterai.

PV Losses (Warna Ungu 11.8%): Kehilangan ini mencakup faktor-faktor seperti efisiensi pada panel surya, penyusutan kinerja di karenakan kondisi cuaca, naungan, dan mungkin kotoran pada panel.

System Losses and Battery Charging (Warna Hijau 6%): Ini menunjukkan kombinasi kerugian yang terjadi dalam komponen sistem lainnya yaitu kehilangan selama proses pengisian baterai, ini di pengaruhi seperti sensor-sensor pada panel surya

Energy Supplied to the User (Warna Merah 71.4%): Ini adalah persentase energi yang benar-benar disiapkan yang mencapai 71.4% dari total energi yang dihasilkan.



Gambar 9. Normalized Production & Loss Factors

Kesimpulan

Dari simulasi yang dilakukan menggunakan software PVsyst untuk analisis kinerja sistem Panel Surya, beberapa kesimpulan penting dapat diambil. Pertama, sistem berhasil menyimpan 10.8% dari energi yang dihasilkan ke dalam baterai, yang menunjukkan efisiensi penyimpanan yang cukup baik. Kedua, terdapat kehilangan energi yang signifikan sebesar 11.8% akibat faktor seperti kondisi cuaca, naungan, dan kotoran seperti debu dan sebagainya pada panel yang mempengaruhi efisiensi panel surya. Ketiga, proses pengisian baterai dan kerugian sistem lainnya menghabiskan 6% dari energi, yang menunjukkan kebutuhan untuk mengoptimalkan komponen sistem

dan pengelolaan energi. Terakhir, energi yang berhasil disalurkan ke pengguna mencapai 71.4% dari total energi yang dihasilkan, menunjukkan bahwa meskipun ada kehilangan, sistem masih mampu menyediakan mayoritas energi yang dihasilkan. Ini menegaskan pentingnya desain berupa sistem yang efisien dan pemeliharaan yang baik untuk memaksimalkan output dan kinerja sistem fotovoltaik. Kemudian untuk pikohidro semakin tinggi ketinggian jatuh air, semakin besar potensi untuk menghasilkan daya hidro. Ketinggian yang lebih tinggi menyebabkan energi potensial air menjadi lebih besar, yang dapat dikonversi menjadi daya hidro yang lebih efisien.

REFERENCES

- [1] Peraturan Presiden Republik Indonesia, Nomor 22, Tentang Rencana Umum Energi Nasional, Tahun 2017 (Indonesian).
- [2] Outlook Energi Indonesia 2018, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2018 (Indonesian).
- [3] IRENA, Renewable Energy Prospects: Indonesia, a REmap analysis, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, 2017, www.irena.org/remap
- [4] R. B. Yuliandi, T. Dewi, and Rusdianasari, "Comparison of Blade Dimension Design of a Vertical Wind Turbine Applied in Low Wind Speed," In proceeding of E3S Web of Conferences EDP Sciences, Vol. 68, p. 01001, 2018.
- [5] A. T. Wardhana, A. Taqwa and T. Dewi, "Design of Mini Horizontal Wind Turbine for Low Wind Speed Area," In Proceeding of Journal of Physics: Conference Series Vol. 347, No. 1, p. 01202, 2019.
- [6] Sarwono, T. Dewi, and RD Kusumanto, "Geographical Location Effects on PV Panel Output - Comparison Between Highland and Lowland Installation in South Sumatra, Indonesia," Technology Reports of Kansai University, Vol. 63, No. 02, pp. 7229–7243, 2021. ISSN: 04532198.
- [7] K. Junaedi, T. Dewi, and M. S. Yusi, "The Potential Overview of PV System Installation at the Quarry Open Pit Mine PT. Bukit Asam, Tbk Tanjung Enim," Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control, Vol. 6, No. 1, pp. 41–50, 2021. <https://doi.org/10.22219/kinetik.v6i1.1148>.
- [8] S. Nurjanah, T. Dewi, and Rusdianasari (2021). Dusting and Soiling Effect on PV Panel Performance: Case Study Open-pit Mining in South Sumatra, Indonesia. Paper presented at the Proceedings of 2021 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT), 251-256.
- [9] Indrayani, Y. Dinata, T. Dewi. A Study of Archimedes Screw Turbine Scheme of Pico-Hydro Power Plant Using the Utilized Irrigation Water, Technology Reports of Kansai University, Vol. 64, No. 6, pp. 8075-8086, 2022.
- [10] Dewi, T., P. Risma, Y. Oktarina, M.T. Roseno, H.M. Yudha, A. S. Handayani, and Y. Wijanarko, "A Survey on Solar Cell; The Role of Solar Cell in Robotics and Robotic Application in Solar Cell industry," in Proceeding Forum in Research, Science, and Technology (FIRST), 2016. Retrieved from <http://eprints.polsri.ac.id/3576/3/C4.pdf>.
- [11] C. N. L. Dos Santos, Agrivoltaic system: a possible synergy between agriculture and solar energy, MSc Thesis, Dept. of Energy Tech., KTH, School of Industrial Engineering Management, 2020.
- [12] S. Kim and S. Kim, Performance Estimation Modeling via Machine Learning of an Agrophotovoltaic System in South Korea, Energies, Vol. 14, No 20, pp. 6274, 2021. <https://doi.org/10.3390/en14206724>.
- [13] S. Amaducci, X. Yin, and M. Colauzzi, Agrivoltaic systems to optimize land use for electric energy production, Applied Energy, Vol. 220, pp. 545–561, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
- [14] P. E. Campana, B. Stridh, S. Amaducci, and M. Colauzzi, Optimisation of vertically mounted agrivoltaic systems, Journal of Cleaner Production, Vol. 325, pp. 129091, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129091>.
- [15] A. Feuerbacher, M. Laub, P. Högy, C. Lippert, L. Pataczek, S. Schindele, C. Wieck, and S. Zikeli, An analytical framework to estimate the economics and adoption potential of dual land-use systems: The case of agrivoltaics, Agricultural Systems, Vol. 192, p. 103193, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103193>
- [16] S. Gorjian, E. Bousi, Ö. E. Özdemir, M. Trommsdorff, N. M. Kumar, A. Anand, K. Kant, and S. S. Chopra, Progress and challenges of crop production and electricity generation in agrivoltaic systems using semi-transparent photovoltaic technology, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 158, p. 112126, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112126>.
- [17] M. Alam, T. Dewi, and Rusdianasari, "Performance Optimization of Solar Powered Pump for Irrigation in Tanjung Raja, Indonesia," 2022 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT), Malang, Indonesia, 2022, pp. 196–201, doi: 10.1109/IEIT56384.2022.9967873.
- [18] Mases, Y., Dewi, T., & Rusdianasari (2021). Solar Radiation Effect on Solar Powered Pump Performance of an Automatic Sprinkler System. Paper presented at the Proceedings of 2021 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT), 246-250.
- [19] P. P. Putra, T. Dewi, Rusdianasari, "MPPT Implementation for Solar-powered Watering System Performance Enhancement," Technology Reports of Kansai University, Vol. 63, No. 01, pp. 6919–6931, 2021. ISSN: 04532198.
- [20] E. V. Novaldo, T. Dewi and Rusdianasari, "Solar Energy as an Alternative Energy Source in Hydroponic Agriculture: A Pilot Study," 2022 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT), Malang, Indonesia, 2022, pp. 202–205, doi: 10.1109/IEIT56384.2022.9967806.
- [21] A. S. Pascaris, C. Schelly, L. Burnham, and J. M. Pearce, Integrating solar energy with agriculture: Industry perspectives on the market, community, and socio-political dimensions of agrivoltaics, Energy Research & Social Science, Vol. 75, p. 102023, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102023>.
- [22] M.P.M. Meuwissen, P.H. Feindt, T. Slijper, A. Spiegel, R. Finger, Y. de Mey, W. Paas, K.J.A.M. Termeer, P.M. Poortvliet, M. Peneva, J. Urquhart, M. Vigani, J.E. Black, P. Nicholas-Davies, D. Maye, F. Appel, F. Heinrich, A. Balmann, J. Bijttebier, I. Coopmans, E. Wauters, E. Mathijs, H. Hansson, C.J. Lagerkvist, J. Rommel, G. Manevska-Tasevska, F. Accatino, C. Pineau, B. Soriano, I. Bardaji, S. Severini, S. Senni, C. Zinnanti, C. Gavrilescu, I.S. Bruma, K.M. Dobay, D. Matei, L. Tanasa, D.M. Voicilas, K. Zawalińska, P. Gradziuk, V. Krupin, A. Martikainen, H. Herrera, P. Reidsma, Impact of Covid-19 on farming systems in Europe through the lens of resilience thinking, Agricultural Systems, Vol. 191, p. 103152, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103152>.
- [23] M. S. Gumisiriza, P. Ndakidemi, A. Nalunga, E. R. Mbega, Building sustainable societies through vertical soilless farming: A cost-effectiveness analysis on a small-scale non-greenhouse hydroponic system, Sustainable Cities and Society, Vol. 83, p. 103923, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103923>.
- [24] M. S. Gumisiriza, J. M.L. Kabirizi, M. Mugerwa, P. A. Ndakidemi, E. R. Mbega, Can soilless farming feed urban East Africa? An assessment of the benefits and challenges of hydroponics in Uganda and Tanzania, Environmental Challenges, p. 100413, Vol. 6, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100413>.
- [25] V. Mamatha, J.C. Kavitha, Machine learning based crop growth management in greenhouse environment using hydroponics farming techniques, Measurement: Sensors, Vol. 25, p. 100665, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100665>.
- [26] P. Chen, H. Kim, L. R. Thatcher, J. M. Hamilton, M. L. Alva, Z. Zhou, P. B. Brown, Maximizing nutrient recovery from aquaponics wastewater with autotrophic or heterotrophic management strategies, Bioresource Technology Reports, Vol. 21, p. 101360, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101360>.
- [27] F. Septiarini, T. Dewi, and Rusdianasari, Design of a solar-powered mobile manipulator using fuzzy logic controller of agriculture application, International Journal of Computational Vision and Robotics, Vol. 12, No. 5, pp 506–531, 2022. <https://doi.org/10.1504/IJCVR.2022>.
- [28] T. Sujati, T. Dewi and R. Rusdianasari, "Charging System Design of a Solar Powered Mobile Manipulator," 2021 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT), Malang, Indonesia, 2021, pp. 179–184, doi: 10.1109/IEIT53149.2021.9587401.