

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Supply Aerator pada Kolam Ikan dengan Sistem Bioflok

Suwitno¹⁾, Muhammad Nasir Harahap²⁾, Nurhalim Dani Ali³⁾,
Iswadi Hasyim Rosma⁴⁾, Fri Murdiya⁵⁾, Firdaus⁶⁾, Noveri Lysbetti Marpaung⁷⁾.

^{1,2,3,4,5,6,7}Fakultas Teknik, Teknik Elektro, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia
suwitno@lecturer.unri.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membahas perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk kolam ikan dengan sistem bioflok di Kampung Pangan Madani. Terdapat lima kolam ikan lele berkapasitas 1.000 ekor/kolam dan satu kolam ikan gurame dengan 250 ekor/kolam, yang memerlukan konsumsi energi listrik sebesar 6,6 kWh per hari. Analisis dilakukan menggunakan simulasi perangkat lunak PVSyst pada tiga topologi sistem PLTS, yakni On-grid, Off-grid, dan Hybrid. Hasil simulasi menunjukkan bahwa PLTS On-grid dengan 4 panel 250 Wp menghasilkan 1.325 kWh/tahun dan dinyatakan layak secara ekonomi dengan nilai COE Rp.1.404,00, NPV Rp.561.442 dalam 11 tahun, Shadow Price 1,01 per 1% perubahan, PI sebesar 1,49 dan DPP 11,97 tahun. Sementara itu, PLTS Off-grid dengan 10 panel 250 Wp dan 8 baterai 180 Ah menghasilkan 3.084 kWh/tahun, namun dinyatakan tidak layak dengan nilai COE Rp.2.951,84, NPV Rp.-86.075,46, PI 0,99 dan DPP 21 tahun. Pada analisa ekonomi dengan Shadow Price PLTS Off-Grid dengan NPV pada tahun ke-21 di peroleh hasil 0,94 per 1% perubahan. Adapun PLTS Hybrid dengan 5 panel 250 Wp dan 1 baterai menghasilkan 1.558 kWh/tahun dan dinyatakan layak dengan nilai COE Rp.1.799,50, NPV Rp.1.370.980 dalam 13 tahun, Shadow Price 0,99 per 1 % perubahan, PI 1,35, dan DPP 13,95 tahun. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem PLTS On-grid dan Hybrid lebih layak diterapkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik kolam ikan berbasis bioflok

Kata Kunci: PLTS, Pvsyst, NPV, Bioflok, Shadow Price.

I. PENDAHULUAN

Wilayah perairan yang luas Indonesia membuatnya dikenal sebagai negara maritim. Sumber daya alam akuatik seperti udang, kerang, dan terutama ikan sangat banyak di perairan ini. Di Indonesia, banyak ikan, baik sebagai hewan peliharaan maupun sebagai sumber protein utama. Berbagai kegiatan dilakukan untuk mempromosikan kebiasaan makan yang sehat, termasuk kelestarian ikan dan keseimbangan pangan, khususnya protein.(1)

Akuakultur adalah pemanfaatan sumber daya alam oleh manusia dengan menerapkan metode dan teknologi tertentu untuk menghasilkan produk yang diinginkan. Budidaya ikan di kolam atau tambak membutuhkan biaya yang cukup tinggi. Selain itu, budidaya ikan di daerah pesisir atau terpencil sering mengalami kendala pasokan listrik. Teknologi yang efektif sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya. PLTS adalah solusi yang ramah lingkungan, mudah digunakan, tahan lama, dan memanfaatkan energi matahari yang tersedia setiap hari.(2)

Pada saat ini, mayoritas pasokan listrik global masih bergantung pada sumber daya yang tidak terbarukan, yang lambat laun akan habis. Oleh karena itu, untuk mendapatkan sumber energi yang lebih ramah lingkungan, seperti energi surya, kita dapat memanfaatkan PLTS, yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik

manusia. PLTS semakin populer karena kemampuannya yang dapat digunakan dalam berbagai kegiatan sehari-hari. Salah satu bentuk energi terbarukan adalah penggunaan energi matahari yang diubah menjadi listrik melalui panel surya. Energi matahari adalah sumber daya yang tidak akan habis dan hampir tidak memberikan dampak negatif pada lingkungan. Selain itu, energi ini bisa menjadi alternatif pengganti bahan bakar fosil. Meskipun saat ini penggunaan PLTS belum optimal karena kestabilan listrik yang dihasilkan masih kurang dan kapasitasnya terbatas, sistem ini tetap bisa berfungsi sebagai sumber daya cadangan atau tambahan saat terjadi pemadaman listrik, serta membantu mengurangi biaya listrik, tergantung pada jenis sistem PLTS yang digunakan. PLTS juga dapat dimanfaatkan dalam skala rumah tangga dan untuk mendukung kebutuhan energi di tambak atau tempat budidaya ikan, seperti untuk menyalakan lampu, kincir air, dan aerator.(3)

II. LANDASAN TEORI

2.1 Bioflok

Teknologi bioflok adalah solusi inovatif untuk meningkatkan kualitas air dalam akuakultur, yang berasal dari teknik pengolahan limbah. Metode ini melibatkan penambahan karbon (C) ke dalam media pemeliharaan untuk meningkatkan rasio C/N, yang pada akhirnya mendorong pertumbuhan bakteri pembentuk flok.(4)

Menurut Wyk dan Avnimelech (2007), bakteri dalam sistem bioflok memanfaatkan nitrogen anorganik seperti amonia (NH₃) dan nitrit (NO₂), sehingga dapat menurunkan konsentrasi senyawa beracun tersebut dalam air. Dengan demikian, penerapan teknologi bioflok diharapkan dapat mengurangi kadar amonia dan nitrit pada budidaya ikan lele dumbo, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih sehat bagi ikan.(5)

2.2 Analisis Ekonomi

1. Biaya Siklus Hidup (Life Cycle Cost)

Life Cycle Cost (LCC) adalah sistem yang mencatat semua biaya yang terjadi selama periode operasional sistem. LCC dihitung berdasarkan total biaya sistem saat ini, yang mencakup biaya investasi awal, operasional dan pemeliharaan jangka panjang, serta biaya perawatan baterai selama masa operasional sistem.(6)

a) Biaya Investasi

Biaya investasi awal untuk PLTS meliputi berbagai komponen, seperti biaya umum, biaya pekerjaan mekanikal dan elektrik, serta biaya-biaya lain terkait pemasangan dan instalasi sistem.

b) Biaya Pemeliharaan dan Operasional (M)

Biaya tahunan operasi dan pemeliharaan (M) untuk PLTS yang akan dikembangkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang mempertimbangkan berbagai faktor terkait pemeliharaan sistem, termasuk biaya perawatan rutin, penggantian komponen yang aus, dan biaya tenaga kerja yang terlibat dalam operasi sistem tersebut.(6)

$$M = 1\% \times \text{Biaya investasi} \quad (1)$$

Untuk menghitung biaya siklus hidup (Life Cycle Cost / LCC), persamaan yang umumnya digunakan adalah:(7)

$$LCC = C \times M_{PW} \quad (2)$$

Dengan

LCC : *Life Cycle Cost*

C : Biaya investasi awal

M_{PW} :Biaya nilai saat ini merujuk pada jumlah total biaya operasi dan pemeliharaan yang dikeluarkan dalam satu tahun atau sepanjang periode suatu proyek.

Dengan biaya tahunan yang tetap, nilai saat ini dari total biaya yang akan dikeluarkan sepanjang durasi proyek dapat dihitung menggunakan rumus berikut:(7)

$$M_{PW} = M \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (3)$$

Dengan

M_{PW} : Nilai tahunan selama umur proyek

M : Biaya pemeliharaan dan operasional

i : Tingkat diskonto

n : Umur proyek

c) Faktor Diskonto

Faktor diskonto, atau discount factor, adalah ukuran yang digunakan untuk menurunkan nilai uang yang diterima di masa depan menjadi nilai saat ini, agar dapat dibandingkan dengan jumlah uang yang dikeluarkan pada saat ini. Faktor diskonto ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.(7)

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (4)$$

Dengan

DF : Faktor diskonto

i : Tingkat diskonto

n : umur investasi

2. Biaya Energi (Cost Of Energy)

Biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (Capital Recovery Factor/CRF), dan jumlah produksi energi per tahun dalam kWh merupakan faktor penting yang memengaruhi biaya energi dari sistem PLTS. Nilai faktor pemulihan modal (CRF) dapat dihitung menggunakan rumus berikut.(7)

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5)$$

Dengan

CRF : Faktor pemulihan modal

i : Tingkat diskonto

n : umur investasi

Cost of Energy PLTS diperoleh dengan persamaan berikut.(7)

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{A \text{ kWh}} \quad (6)$$

Dengan

COE : Biaya energi (Rp/kWh)

LCC : Biaya siklus hidup

CRF : Faktor pemulihan modal

A kWh: Energi yang dibangkitkan tahunan(kWh/tahun)

3. Kelayakan Investasi

Investasi pada PLTS dapat dievaluasi menggunakan tiga metode utama: Payback Period (PP), Profitability Index (PI), dan Net Present Value (NPV), yang membantu dalam menentukan kelayakan dan keuntungan finansial dari investasi tersebut.(8)

a) *Net Present Value* (NPV)

Untuk mengetahui *Net Present Value* (NPV), persamaan yang digunakan adalah berikut.(7)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1-i)^t} - II \quad (7)$$

Dengan

NCF_t : *Net Cash Flow* periode ke -1 sampai tahun ke -n

II : Investasi awal (*Initial Investmen*)

i : Tingkat diskonto

n : periode dalam tahun (umur investasi)

Kriteria evaluasi kinerja investasi sering menggunakan Net Present Value (NPV). Jika nilai NPV positif, ini menunjukkan bahwa proyek tersebut layak dilaksanakan karena berpotensi memberikan keuntungan selama periode yang telah ditetapkan. Sebaliknya, jika nilai NPV negatif, proyek tersebut kemungkinan tidak akan diteruskan karena investasi tidak akan mencapai profitabilitas yang diharapkan dalam periode tersebut.

b) *Profitability Index* (PI)

Profitability Index (PI) adalah perbandingan antara total nilai saat ini dari arus kas bersih dengan jumlah investasi awal. Metode ini juga disebut rasio manfaat-biaya (*Benefit-Cost Ratio*). Untuk menghitung nilai Profitability Index, digunakan rumus sebagai berikut.

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n NCF_t(1+i)^{-t}}{I} \quad (8)$$

Dengan

PI : *Profitability Index*

NCF_t : *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sampai tahun ke -n

I : Investasi awal

i : Tingkat diskonto

n : umur investasi

Kriteria yang digunakan untuk menilai kinerja investasi berdasarkan Profitability Index (PI) adalah sebagai berikut: Jika nilai PI lebih besar dari satu (>1), investasi dianggap menguntungkan karena menunjukkan bahwa keuntungan yang diperoleh lebih besar daripada biaya yang dikeluarkan. Sebaliknya, jika nilai PI kurang dari satu (<1), investasi dianggap tidak layak karena tidak cukup menguntungkan untuk menutupi biaya investasi.

c) *Discount Payback Periode*

Discounted Payback Period (DPP) adalah periode waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi dengan mempertimbangkan faktor diskonto. DPP dihitung dengan cara menentukan jumlah tahun yang diperlukan untuk menjadikan arus kas bersih yang dihasilkan pada periode tertentu setara dengan jumlah investasi awal. Perhitungan DPP dapat dilakukan menggunakan rumus berikut.(7)

$$DPP = \text{year before recovery} + \frac{\text{Investment Cost}}{NPV \text{ kumulatif}} \quad (9)$$

Dengan

Year before recovery : Jumlah tahun sebelum tahun pengembalian final

Investment Cost: Biaya investasi awal

NPV Kumulatif : Jumlah kas bersih

Kriteria untuk menilai investasi berdasarkan Discounted Payback Period (DPP) adalah sebagai berikut: investasi dianggap menguntungkan jika DPP menunjukkan periode pengembalian yang lebih cepat daripada periode penyelesaian proyek

(periode cutoff). Sebaliknya, jika DPP lebih lama dari periode yang direncanakan atau melebihi anggaran yang telah ditetapkan, maka investasi tersebut dianggap tidak layak untuk dilanjutkan.

2.3 Shadow Price

Shadow price (harga bayangan) adalah nilai ekonomi atau harga implisit yang menunjukkan seberapa besar nilai atau manfaat dari satu unit tambahan sumber daya atau variabel dalam suatu sistem atau model ekonomi. Shadow price umumnya digunakan dalam analisis ekonomi, optimasi linier, dan pemrograman matematika untuk mengukur dampak perubahan keterbatasan (constraints) terhadap hasil optimal.

Secara sederhana, shadow price mengindikasikan nilai marginal dari sumber daya yang langka, yang tidak memiliki harga pasar langsung, tetapi memiliki dampak signifikan pada keputusan ekonomi.

Manfaat dari Shadow Price dalam Proyek Tenaga Surya:

1. Pengambilan Keputusan Optimal: Shadow price membantu manajemen proyek untuk memutuskan alokasi sumber daya yang terbatas, seperti area tanah, anggaran, atau kapasitas penyimpanan energi, agar mendapatkan manfaat ekonomi yang maksimal.
2. Efisiensi Biaya: Dapat menghitung seberapa besar manfaat ekonomi dari peningkatan investasi atau pengurangan batasan-batasan pada proyek tersebut.
3. Justifikasi Kebijakan: Shadow price dapat digunakan oleh pengambil kebijakan untuk menentukan apakah peningkatan kapasitas pembangkit atau penyimpanan energi layak secara ekonomi dengan mempertimbangkan dampak jangka panjang terhadap energi terbarukan.(9)

Adapun persamaan yang digunakan pada shadow price adalah sebagai berikut:

$$\text{Shadow Price} = \frac{\text{Perubahan NPV}}{\text{Persentase Perubahan Variabel}} \quad (10)$$

Dengan demikian, shadow price berfungsi sebagai alat penting untuk memahami nilai ekonomi dari perubahan batasan sumber daya dalam proyek pembangkit listrik tenaga surya, terutama dalam situasi di mana ada keterbatasan atau kendala yang mempengaruhi skala atau hasil proyek.

III. METODE PENELITIAN

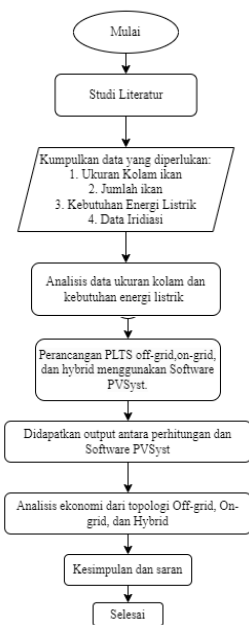
3.1 Umum

Metode penelitian adalah serangkaian langkah sistematis yang mencakup berbagai tahapan dalam pelaksanaan penelitian skripsi. Untuk menjawab pertanyaan penelitian dan mencapai tujuan penelitian ini, diperlukan

berbagai data seperti ukuran kolam, jumlah ikan, kebutuhan energi listrik, dan data iradiasi. Semua data ini akan dikumpulkan, dianalisis, dan disimulasikan menggunakan perangkat lunak PVsyst dengan topologi off-grid, on-grid, dan hybrid. Setelah simulasi dilakukan, hasilnya akan dianalisis untuk mendapatkan analisis ekonomi yang membandingkan ketiga topologi tersebut: off-grid, on-grid, dan hybrid.

3.2 Alur Penelitian

Alur penelitian adalah langkah-langkah atau tahapan yang dilakukan dalam penelitian. Berikut *Flowchart* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3.3 Lokasi Penelitian

Setelah melakukan studi literatur, maka dilakukan observasi lokasi didapatkan bahwa lokasi pada perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk *Supply* Aerator pada Kolam Bioflok yang berada di Tanjung Rhu, Lima Puluh, Pekanbaru kota yang bertitik koordinat 0,5380332, 101,4653391, pada Gambar 2 berikut, menampilkan lokasi perancangan tersebut.



Gambar 2. Lokasi Perancangan PLTS

Perancangan dilakukan di atas sistem bioflok dengan empat kolam ikan lele yang memiliki diameter 2 meter dan tinggi 1 meter,

serta satu kolam ikan lele dengan diameter 2,5 meter dan tinggi 1 meter. Setiap kolam diisi sekitar 1000 ekor ikan lele dengan ukuran yang bervariasi. Dan terdapat satu kolam ikan gurame dengan panjang kolam 4 meter, lebar 2 meter, dan ketinggian 1 meter yang diisi 250 ekor ikan.

3.4 Pengumpulan Data

1. Data Iradiasi

Pada tahap penelitian ini, pengumpulan data diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Riau untuk memperoleh informasi terkait berbagai parameter meteorologi dan klimatologi di area perencanaan, khususnya di wilayah Kota Pekanbaru pada tahun 2020.(10) Beberapa data yang diperlukan untuk proyek penelitian ini antara lain:

Tabel 1. Data Iradiasi BMKG Provinsi Riau Tahun 2020

Bulan	Lama penyinaran (jam)	Iradiasi (kWh/m ² /hari)	Temperatur rata-rata (°C)
Januari	4,341	4,219	26,71
Februari	4,693	4,615	26,69
Maret	5,026	4,802	27,38
April	4,083	4,357	27,4
Mei	4,977	4,424	27,548
Juni	4,84	4,058	26,733
Juli	5,148	4,3	26,323
Agustus	4,448	4,192	27,129
September	4,207	4,248	26,2
Oktober	4,16	4,22	26,8
November	3,512	4,074	26,069
Desember	4.313	4,071	26,194

2. Data Kolam

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data mulai dari ukuran kolam, isi kolam, kebutuhan energi listrik, dan radiasi matahari. Pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas dari komponen-komponen yang akan digunakan, serta dilakukan juga analisis ekonomi dari topologi off-grid, on-grid, dan hybrid agar mengetahui yang mana lebih layak digunakan.

Pada perancangan PLTS untuk menyuplai aerator pada kolam ikan dengan sistem bioflok, diperlukan data terkait kolam yang diperoleh dari Kampung Pangan Madani. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data ukuran kolam dan isi kolam

Bentuk	Volume (M ³)	Jumlah (ekor)	Jumlah	Total Volume (M ³)
Tabung	3,14	1000	4	12,56
Tabung	3,925	1000	1	3,925
Balok	8	250	1	8
Total				24,485

3. Data Kebutuhan Daya

Berdasarkan data pada Tabel 2, analisis kebutuhan oksigen akan dilakukan untuk menentukan aerator yang tepat untuk digunakan. Dalam batasan masalah, kadar oksigen yang digunakan sebesar 10 L Oksigen/menit, maka kadar oksigen keseluruhan kolam yaitu 244,85 L oksigen/menit, maka digunakan aerator merk Resun LP 200 dengan daya 230 W . Oleh karena itu, daya listrik penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Kebutuhan Energi Listrik

Alat	Daya (Watt)	Jumlah	Durasi pemakaian (Jam)	Total daya (Wh)
Aerator 250 L/menit	230	1	24	5520
Lampu	15	6	12	1080
Total				6600

IV. HASILDAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan PV pada Software PVSyst

1. Hasil Perancangan PV On-Grid

Hasil simulasi perancangan PV on-grid menggunakan software PVSyst dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.

Main results										
System Production		1325 kWh/year		Specific production		1325 kWh/kWp/year				
Produced Energy		2442 kWh/year		Performance Ratio PR		79.07 %				
Used Energy				Solar Fraction SF		30.71 %				
Balances and main results										
	GlobHor kWh/m ²	DifHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFGrid kWh
January	154.0	84.09	27.14	164.5	160.0	134.7	207.4	68.64	61.73	138.7
February	127.8	79.12	27.47	131.2	127.5	107.7	187.3	57.98	46.15	129.3
March	153.1	82.41	27.79	151.3	146.7	123.9	207.4	65.54	54.30	141.8
April	158.3	73.60	27.51	148.3	143.3	120.5	200.7	62.79	53.57	137.9
May	152.9	73.38	28.41	137.1	131.4	111.4	207.4	61.79	45.63	145.6
June	140.1	76.91	27.94	124.0	118.5	101.9	200.7	60.83	37.40	139.9
July	150.1	78.54	28.02	134.0	128.2	109.7	207.4	64.30	41.60	143.1
August	143.5	88.28	27.99	133.3	128.4	109.9	207.4	64.21	41.88	143.2
September	137.2	78.79	27.31	132.7	128.2	109.0	200.7	60.31	44.78	140.4
October	141.1	82.83	27.70	143.3	139.4	117.2	207.4	62.05	51.03	145.3
November	135.2	77.45	26.97	142.8	138.0	117.2	200.7	60.77	52.35	139.9
December	124.8	72.71	27.19	133.4	129.5	109.5	207.4	60.60	44.83	146.8
Year	1717.8	957.92	27.62	1676.0	1620.0	1372.8	2441.8	749.82	575.35	1692.0

Gambar 3. Potensi energi listrik PLTS On-Grid berdasarkan simulasi software PVSyst.

Berdasarkan Gambar 3, energi dihasilkan oleh PLTS dengan sistem On-Grid adalah sebesar 1.372,8 kWh/tahun sebelum dikonversi oleh inverter. Setelah proses konversi energi listrik dan adanya kerugian, energi yang dihasilkan berkurang menjadi 1.325 kWh/tahun. Pembagian hasil produksi energi tersebut adalah 749,82 kWh/tahun yang langsung digunakan untuk beban, sementara 575,35 kWh/tahun akan dialirkan ke jaringan listrik (Grid). Energi listrik yang diperoleh dari grid adalah sebesar 1.692 kWh/tahun.

2. Hasil Perancangan PV Off-Grid

Pada perancangan PLTS dengan sistem off-grid ditambahkan beban yang akan digunakan, adapun beban tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

Daily consumptions					
Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy
6	Lampu	15 W/lamp	12.0 h/day	OK	1080 Wh
1	Aerator	230 W/app	24.0 h/day	OK	5520 Wh
0	Domestic appliances	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Fridge / Deep-freeze	0.00 kWh/day	0.0 h/day		0 Wh
0	Dish- and Cloth-washer	0.0 W aver.	0.0 h/day		0 Wh
0	Other uses	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Other uses	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
	Stand-by consumers	0 W tot	24h/day		0 Wh
Total daily energy					6600 Wh/day
Monthly energy					198.0 kWh/mth

Gambar 4. Data distribusi beban PLTS Off-Grid

Hasil dari simulasi software PVSyst untuk perancangan PLTS Off-Grid dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.

Main results								
System Production		3084 kWh/year		Performance Ratio PR		46.52 %		
Available Energy		1842 kWh/year		Solar Fraction SF		76.48 %		
Used Energy		1120 kWh/year						
Excess (unused)				Battery aging (State of Wear)		81.2 %		
Loss of Load		24.5 %		Cycles SOW		90.0 %		
Time Fraction		567 kWh/year		Static SOW				
Missing Energy								
Balances and main results								
	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	E_Unused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SoIFrac ratio
January	127.1	130.0	262.4	93.5	47.71	156.9	204.6	0.767
February	125.7	125.1	253.1	98.8	40.31	144.5	184.8	0.782
March	141.7	135.1	272.0	107.2	50.21	154.4	204.6	0.785
April	137.7	125.3	252.4	92.1	46.19	151.8	198.0	0.767
May	133.9	116.3	234.7	68.9	46.55	158.1	204.6	0.773
June	130.3	102.5	208.9	59.2	55.20	142.8	198.0	0.721
July	129.9	112.2	230.2	66.7	48.75	155.8	204.6	0.762
August	144.5	129.4	262.8	96.2	46.78	157.8	204.6	0.771
September	144.6	136.4	272.6	104.4	40.85	157.1	198.0	0.794
October	148.8	147.8	295.2	120.9	42.87	161.7	204.6	0.780
November	135.6	138.7	276.8	110.3	44.84	153.2	198.0	0.774
December	127.1	132.3	263.0	102.5	56.44	148.2	204.6	0.724
Year	1616.9	1531.0	3084.3	1120.4	566.70	1842.3	2409.0	0.765

Gambar 5. Potensi energi listrik PLTS Off-Grid berdasarkan simulasi software PVSyst.

Berdasarkan Gambar 5, energi yang diproduksi oleh PLTS dengan sistem Off-Grid adalah sebesar 3.084,3 kWh/tahun, dan yang tersimpan di baterai sebesar 1.120,4 kWh/tahun sebelum dikonversi oleh inverter. Setelah melalui proses konversi energi listrik dan mengalami rugi-rugi, energi listrik yang dihasilkan berkurang menjadi 3.084 kWh/tahun. Pembagian hasil produksi energi tersebut adalah 1.842,3 kWh/tahun yang langsung digunakan oleh beban dan 566,7 kWh/tahun yang tidak dapat digunakan.

3. Hasil Perancangan PV Hybrid

Pada perancangan PLTS dengan sistem off-grid ditambahkan beban yang akan digunakan, adapun beban tersebut dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

Daily consumptions					
Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy
6	Lampu	15 W/lamp	12.0 h/day	OK	1080 Wh
1	Aerator	230 W/app	24.0 h/day	OK	5520 Wh
0	Domestic appliances	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Fridge / Deep-freeze	0.00 kWh/day	0.0 h/day		0 Wh
0	Dish- and Cloth-washer	0.0 W aver.	0.0 h/day		0 Wh
0	Other uses	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Other uses	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
	Stand-by consumers	0 W tot	24h/day		0 Wh
Total daily energy					6600 Wh/day
Monthly energy					198.0 kWh/mth

Gambar 6. Data distribusi beban PLTS Off-Grid

Hasil dari simulasi software PVSyst untuk perancangan PLTS Off-Grid dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.

Main results											
System Production			1558 kWh/year				Specific production				1247 kWh/kWp/year
Produced Energy			2442 kWh/year				Performance Ratio PR				78.69 %
Used Energy							Solar Fraction SF				37.26 %
Battery aging (State of Wear)			88.7 %								
Cycles SOW			90.0 %								
Static SOW											
Balances and main results											
	GloHor	DiffHor	T_Amb	GloInc	GloEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EffGrid	
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
January	127.1	78.08	26.50	134.1	130.0	138.9	207.4	77.67	55.22	129.7	
February	125.7	81.05	26.40	128.9	125.1	133.6	187.3	71.77	55.89	115.6	
March	141.7	87.41	26.70	139.5	135.1	143.7	207.4	78.15	59.13	129.2	
April	137.7	78.76	26.90	130.0	129.3	133.7	200.7	75.33	52.11	125.4	
May	133.9	78.54	27.10	121.4	116.3	125.1	207.4	74.76	44.14	122.6	
June	120.3	73.93	26.50	107.5	102.5	111.5	200.7	72.07	33.86	128.6	
July	129.9	83.52	26.20	117.4	112.2	122.4	207.4	77.77	38.72	129.6	
August	144.5	84.75	26.40	134.3	129.4	139.1	207.4	78.33	54.41	129.1	
September	144.6	78.59	26.60	140.5	136.4	144.1	200.7	74.74	62.81	126.0	
October	148.8	85.85	26.90	151.8	147.8	155.9	207.4	79.81	70.09	128.6	
November	135.6	78.74	26.90	142.7	138.7	146.3	200.7	76.65	63.01	124.1	
December	127.1	71.43	26.59	136.1	132.3	139.4	207.4	73.77	59.20	133.6	
Year	1616.9	957.26	26.64	1584.3	1531.0	1633.6	2441.8	909.81	648.58	1532.0	

Legends										
GloHor	Global horizontal irradiation				EArray	Effective energy at the output of the array				
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation				E_User	Energy supplied to the user				
T_Amb	Ambient Temperature				E_Solar	Energy from the sun				
GloInc	Global incident in coll. plane				E_Grid	Energy injected into grid				
GloEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings				EffGrid	Energy from the grid				

Gambar 7. Potensi energi listrik PLTS Hybrid berdasarkan simulasi software PVSyst.

Berdasarkan Gambar 7, energi dihasilkan oleh PLTS dengan sistem hybrid adalah sekitar 1.633,6 kWh per tahun sebelum melalui proses konversi oleh inverter. Setelah konversi energi listrik dan adanya rugi-rugi, energi listrik yang dihasilkan berkurang menjadi sekitar 1.558 kWh per tahun. Salah satu hasil produksi ini adalah 2.442 kWh per tahun yang digunakan langsung pada beban.

4.2 Analisis Ekonomi Perancangan PLTS

Pada analisis ekonomi perancangan PLTS menggunakan software PVSyst, dilakukan perbandingan dari 3 topologi on-grid, off-grid, dan hybrid menggunakan suku bunga kredit Bank Indonesia pada 20 November 2024 sebesar 6%.(11)

Hasil analisis ekonomi perancangan PLTS pada 3 topologi On-grid, off-grid, dan Hybrid dapat dilihat pada tabel berikut.(12)

Tabel 4. Hasil analisis ekonomi perancangan PLTS

no	Parameter	On-Grid	Off-Grid	Hybrid
1	i	Rp19.160.598,00	Rp93.763.065,00	Rp30.266.665,00
2	M	Rp191.605,98	Rp937.630,65	Rp302.666,65
3	Mpw	Rp2.197.710,00	Rp10.754.500,00	Rp3.471.560,00
4	LCC	Rp21.358.308,00	Rp104.517.565,00	Rp33.738.225,00
5	CRF	0,0871	0,0871	0,0871
6	COE	Rp1.404,00	Rp2.951,84	Rp1.799,50
7	DF	0,9433	0,9433	0,9433
8	NPV	Rp561.442,00	-Rp86.075,46	Rp1.370.980,00
9	PI	1,49	Rp0,94	1,35
10	DPP	11,97 Tahun	21 Tahun	13,95 Tahun

4.3 Analisis Ekonomi dengan Shadow Price Perancangan PLTS

Pada analisis ekonomi dengan Shadow Price dilakukan perbandingan pada suku bunga pada tahun 2024 dan 2025, yaitu 6% pada tahun 2024 dan 5,75% pada tahun 2025.

Tabel 5. Hasil analisis Ekonomi dengan Shadow Price

	NPV 6%	NPV 5,75%	Shadow Price
On-grid	Rp561.442,00	Rp554.377,06	1,01
Off-grid	Rp2.315.949,92	Rp2.439.380,46	0,94
Hybrid	Rp1.370.980,00	Rp1.375.586,35	0,99

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang berjudul “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Kolam Ikan dengan Sistem Bioflok”, yang dilakukan pada kolam ikan di Kampung Pangan Madani, hasil simulasi yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini terdapat 5 kolam ikan lele dengan daya tampung 1000 ekor/kolam dan 1 kolam ikan gurame 250 ekor/kolam, dimana energi listrik yang digunakan perhari adalah 6,6 kWh/hari.
2. Pada analisis ekonomi nilai suku bunga sangat berpengaruh terhadap hasil dari semua topologi yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan nilai suku bunga 6% pada setiap topologi. Berdasarkan simulasi dengan Software PVSyst pada perancangan PLTS On-grid menggunakan 4 panel surya 250Wp yang dihubungkan secara seri dihasilkan energi sebesar 1325 kWh/Tahun. Pada PLTS Off-grid menggunakan 10 panel surya 250 Wp yang dihubungkan secara seri-paralel dan menggunakan baterai 180 Ah sebanyak 8 buah dihasilkan energi sebesar 3084 kWh/Tahun. Pada PLTS Hybrid menggunakan 5 panel surya 250 Wp dihubungkan secara seri dan menggunakan 1 baterai yang menghasilkan energi 1558 kWh/Tahun.
3. Berdasarkan simulasi yang dilakukan maka diperoleh dapat disimpulkan analisa ekonomi dengan *Shadow Price* sebagai berikut:
 - a. Pada perancangan PLTS On-grid dengan rencana anggaran biaya sebesar Rp. 19.160.598,00, analisis ekonomi dengan *Shadow Price* PLTS On-grid dapat disimpulkan besar nilai COE adalah Rp.1.404,00, NPV sebesarRp.561.442 pada tahun ke -11, *Shadow price* dengan perubahan suku bunga 5,75% yaitu 1,012 setiap 1% perubahan, PI sebesar 1,49, DPP 11,97 tahun dan perancangan dinyatakan **Layak**.
 - b. Pada perancangan PLTS Off-grid dengan rencana anggaran biaya sebesar Rp.93.763.065, analisis ekonomi pada PLTS Off-grid dapat disimpulkan besar nilai COE adalah Rp. 2.951,84, NPV sebesar minus (-)Rp.86.075,46, PI sebesar 0,99, DPP 21 tahun sehingga perancangan PLTS Off-grid dinyatakan **Tidak Layak**. Pada analisa shadow price dengan perubahan suku bunga 5,75% menghasilkan 0,94 setiap 1% perubahan.

c. Pada perancangan PLTS Hybrid adapun rencana anggaran biaya sebesar Rp. 30.266.665, analisis ekonomi dengan shadow price PLTS Hybrid dapat disimpulkan besar nilai COE adalah Rp.1.799,50, NPV sebesar Rp.1.370.980 pada tahun ke-13, *Shadow price* dengan perubahan suku bunga 5,75% yaitu 0,99 setiap 1% perubahan, PI sebesar 1,35, DPP 13,95 tahun dan perancangan PLTS Hybrid dinyatakan **Layak**.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Riau yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ramadhan MDC, Sidiq PAR, Nurul A, Ahmad RZ, Putra JT. 2021, *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Kolam Budidaya di Daerah Sentono Menggunakan Software Pvsyst*. 2021;06.
- [2]. Rajuddin Syamsuddin I. 2022, *Indonesia Menuju Akuakultur Berkelanjutan*. Prosiding Simposium Nasional IX Kelautan dan Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar; 2022.
- [3]. Nurhadi. 2021, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Penggerak Pompa Air Kolam Lele Baponik di UKM Citara Desa Banjararum, Kec. Singosari, Kab. Malang*. J-SOLID. 2021 Feb 8;4(1):24.
- [4]. Oktavia RP, Febrianti DA, Septianingsih AD, Ramadhan MIR, Diana L. 2022, *Penerapan Metode Bioflok Pada Budidaya Lele di Greenhouse Kelurahan Pucang Sewu, Kecamatan Gubeng, Surabaya*. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat. 2022;1.
- [5]. Nizar Fanani A, Setya Rahardja B, . P. 2018. *The Effect of different Stocking Density on Ammonia Content (NH3) and Nitrite (NO2) in Catfish (Clarias Sp.) with Biofloc Aquaculture System*. Journal Aquaculture Science. Oct 31;3(2):85–93.
- [6]. Mulyani S, Idris AR. Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Aerator dan Alat Pemberi Pakan Ikan.
- [7]. Jannah HHN, Styana UIF, Kurniawan A, Hindarti F. 2023, *Analisis teknik dan ekonomi perencanaan plts rooftop sistem on-grid di sdn I temuwuh*.
- [8]. Mahardhika D, Windarta J, Sinuraya EW. *Studi perancangan pembangkit listrik tenaga surya (plts) rooftop on grid pada pt. Bpr bkk mandiraja cabang wanayasa kabupaten banjarnegara Ditinjau Dari Teknis Dan Ekonomi Teknik Dengan Menggunakan Software Pvsyst 7.0 Dan Retscreen 6.0.7*. Transient. 2021 Mar 17;10(1):206–14.
- [9]. Ekowati T, Prasetyo E, Sumarjono D, Stiadi A. 2016, *Buku Ajar Studi Kelayakan Dan Evaluasi Proyek*. media inspirasi semesta..
- [10]. Badan Pusat Statistik Provinsi Riau [Internet]. [cited 2024 Jun 13]. Available from: <https://riau.bps.go.id/site/chartResultTab>
- [11]. Bank Indonesia. Suku Bunga [Internet]. Bank Indonesia; 2024. Available from: https://www.bi.go.id/id/publikasi/ruang-media/news-release/Pages/sp_2627524.aspx
- [12]. Sudarjo NH, Haddin M, Suprajitno A. 2022, *Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap dengan Sistem Hybrid di PT. Koloni Timur*. *elektrika*. Apr 30;14(1):20.