

SKRIPSI

**ANALISIS EKONOMI DALAM PERENCANAAN
PLTS DENGAN ATS DALAM MENUNJANG
KEHANDALAN SUPLAI DAYA LISTRIK UNTUK
BUDIDAYA UDANG VANNAME**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Egi Wibisono Rizki Sudibyo

NIM. 2415374021

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu sektor perikanan dengan nilai ekonomi tinggi yang membutuhkan pasokan listrik stabil dan berkelanjutan, khususnya untuk pengoperasian aerator dan pompa air. Namun, ketergantungan pada suplai listrik dari PLN menghadirkan tantangan berupa biaya operasional yang tinggi dan risiko kerugian besar saat terjadi pemadaman listrik. Sebagai solusi, pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan dukungan Automatic Transfer Switch (ATS) dinilai dapat meningkatkan keandalan pasokan listrik sekaligus menekan biaya energi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan ekonomi dari penerapan sistem PLTS Off-Grid dengan ATS pada tambak udang vaname di Desa Jemplung, Sumbawa, NTB. Kajian dilakukan dengan menganalisis biaya pembangunan, biaya operasional, Payback Period (PP), Benefit Cost Ratio (BCR), serta biaya energi per kWh berdasarkan data simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER Pro dan perhitungan keekonomian standar. Hasil analisis menunjukkan bahwa total biaya investasi awal sistem PLTS sebesar Rp482.892.875, dengan estimasi biaya operasional tahunan sebesar Rp9.657.857. Payback Period yang dihasilkan yakni di atas 25 tahun, sementara nilai BCR sebesar 0,91 ($BCR < 1$), mengindikasikan bahwa proyek ini tidak layak secara finansial. Biaya energi per kWh dari sistem PLTS sebesar Rp1.112,51 per kWh, nilai ini lebih tinggi dibandingkan tarif listrik konvensional dari PLN. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penerapan PLTS Off-Grid dengan sistem ATS merupakan investasi yang tidak layak untuk dilaksanakan, namun hal ini sejalan dengan target pemerintah dalam peningkatan bauran energi terbarukan nasional.

Kata Kunci: PLTS Off-Grid, ATS, analisis ekonomi, Payback Period, BCR, budidaya udang vaname.

ABSTRACT

Vannamei shrimp farming (Litopenaeus vannamei) is one of the high-value aquaculture sectors that requires a stable and continuous electricity supply, particularly for operating aerators and water pumps. However, reliance on electricity from the state utility (PLN) poses challenges such as high operational costs and the risk of significant losses during power outages. As a solution, the use of a Solar Power Plant (PLTS) supported by an Automatic Transfer Switch (ATS) is considered to enhance power reliability and reduce energy costs. This study aims to analyze the economic feasibility of implementing an Off-Grid PLTS system with ATS for a vannamei shrimp pond located in Jemplung Village, Sumbawa, West Nusa Tenggara. The analysis includes capital costs, operational costs, Payback Period (PP), Benefit Cost Ratio (BCR), and cost of energy per kWh based on simulation data from HOMER Pro software and standard economic calculations. The results indicate that the total initial investment for the PLTS system is IDR 482,892,875, with estimated annual operating costs of IDR 9,657,857. The calculated Payback Period exceeds 25 years, and the BCR is 0.91 ($BCR < 1$), indicating that the project is not financially feasible. The resulting cost of energy from the PLTS system is IDR 1,112.51 per kWh, which is higher than the conventional electricity tariff from PLN. It is concluded that although the Off-Grid PLTS system with ATS is not a financially viable investment, its implementation aligns with national goals to increase the share of renewable energy in the country's energy mix.

Keywords: *Off-Grid PLTS, ATS, economic analysis, Payback Period, BCR, vannamei shrimp farming.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	15
1.1. Latar Belakang	15
1.2. Perumusan Masalah	17
1.3. Batasan Masalah.....	17
1.4. Tujuan Penelitian	17
1.5. Manfaat Penelitian	18
BAB II LANDASAN TEORI.....	19
2.1. Penelitian Sebelumnya	19
2.2. Landasan Teori.....	19
2.2.1. Budidaya Udang Vaname	19
2.2.2. Budidaya Sistem Resirkulasi	21
2.2.3. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya	25
2.2.4. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya	30
2.2.5. Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Panel Surya.....	42
2.2.6. Automatic Transfer Switch (ATS).....	45
2.2.7. Anggaran	46
2.2.8. Proyek	51
2.2.9. Penentuan Rencana Anggaran Biaya	52
2.2.10. Aspek-aspek Biaya PLTS	57
2.2.11. Teknik Analisis Kelayakan Investasi	60
BAB III METODE PENELITIAN.....	62
3.1. Sumber Data.....	63
3.2. Data Primer	63
3.3. Data Sekunder	63

3.4. Jenis Data	63
3.4.1. Data Kualitatif.....	63
3.4.2. Data Kuantitatif.....	64
3.5. Teknik Pengambilan Data	64
3.6. Diagram Kerja Penelitian	65
3.7. Deskripsi Diagram Kerja Penelitian.....	66
BAB IV PEMBAHASAN	68
4.1. Obyek Penelitian	68
4.1.1. Lokasi Perencanaan.....	68
4.1.2. Data Profil Beban Listrik	68
4.1.3. Energi yang Dihasilkan	69
4.1.4. Tarif Listrik PLN.....	71
4.1.5. Hasil Rancangan PLTS Off-Grid dengan ATS di Tambak Udang Vaname. 71	
4.2. Analisis Ekonomi Perencanaan PLTS dengan ATS	72
4.2.1. Biaya Investasi Awal.....	72
4.2.2. Biaya Pemeliharaan dan Operasional.....	74
4.2.3. Biaya Replacement (Penggantian)	75
4.2.4. Biaya Siklus Hidup (Life Cycle Cost)	76
4.2.5. Faktor Pemulihan Modal (Capital Recovery Factor)	77
4.2.6. Biaya Energi (Cost of Energy)	77
4.3. Analisis Kelayakan Investasi Perencanaan PLTS dengan ATS.....	77
4.3.1. Net Present Value (NPV)	79
4.3.2. Discounted Payback Period (DPP).....	80
4.3.3. Benefit Cost Ratio (BCR)	80
BAB V KESIMPULAN	82
5.1. Kesimpulan	82
5.2. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	84
DAFTAR LAMPIRAN.....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tambak Udang Vaname	21
Gambar 2. 2 Pompa Ikan	23
Gambar 2. 3 Contoh Desain Sistem Resirkulasi.....	24
Gambar 2. 4 Konstruksi Teknologi Model Air Mancur Ganda.....	25
Gambar 2. 5 Dari Sel Surya Menjadi Modul dan Rangkaian Modul (Array)	26
Gambar 2. 6 Modul Surya Tersusun dari 36 Sel Terhubung Seri.....	26
Gambar 2. 7 Diagram Prinsip PLTS Stand Alone	27
Gambar 2. 8 Sistem PLTS Terpusat Off Grid dengan Larik (Array) Fotovoltaik.....	28
Gambar 2. 9 Diagram Prinsip PLTS Grid Connected	29
Gambar 2. 10 Sistem PLTS grid Connected dengan penyimpanan (storage), (a) charge control dan inverter charge control terpisah, (b) charge control terintegrasi.....	29
Gambar 2. 11 Contoh PLTS hybrid, PLTS dengan PLTD	30
Gambar 2. 12 Panel Surya Jenis Monokristalin.....	31
Gambar 2. 13 Panel Surya Polikristalin.....	32
Gambar 2. 14 Panel Surya Jenis Silikon Amorphous.....	32
Gambar 2. 15 Panel Surya Jenis Gallium Arsenide.....	32
Gambar 2. 16 Solar Charge Controller di Sistem PLTS Pada Umumnya	33
Gambar 2. 17 Pemasangan SSC yang Terpapar	34
Gambar 2. 18 Pemasangan SCC Secara Paralel	34
Gambar 2. 19 Inverter	35
Gambar 2. 20 Efisiensi Inverter	35
Gambar 2. 21 Combiner Box.....	36
Gambar 2. 22 Kabel NYA	37
Gambar 2. 23 SPD DC.....	39
Gambar 2. 24 SPD AC.....	39
Gambar 2. 25 Bagian Dalam MCB.....	40
Gambar 2. 26 ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker).....	41
Gambar 2. 27 Pancaran Radiasi yang Mengenai Bumi	43
Gambar 2. 28 Efek Kemiringan Modul	44
Gambar 2. 29 Variasi Sudut Datang Radiasi dan Kemiringan Modul PV	44
Gambar 2. 30 Rangkaian Array Panel Surya Seri dan Paralel.....	45
Gambar 2. 31 Contoh Work Breakdown Structure.....	55

Gambar 4. 1 Lokasi Tambak Udang Vanname.....	68
Gambar 4. 2 Data Irradiasi dari HOMER PRO	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nomenklatur Kabel.....	37
Tabel 2. 2 Kapasitas MCB	40
Tabel 2. 3 Contoh Pengelompokkan Komponen Proyek.....	54
Tabel 4. 1 Beban dan Biaya Tagihan Listrik Tambak Udang Vanname	69
Tabel 4. 2 Komponen dan Biaya Investasi PLTS Off-Grid dengan ATS di Tambak Udang Vaname	72
Tabel 4. 3 Komponen dan Biaya Replacement PLTS	75
Tabel 4. 4 Arus Kas PLTS Off-Grid di Tambak Udang Vaname.....	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Sumber Acuan Harga RAB	88
Lampiran 2 Standar Harga Satuan Pemerintah Provinsi NTB 2025 Tentang Jasa Tenaga Kerja untuk Pulau Sumbawa.....	91

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan konsumsi listrik yang terus berkembang dalam industri perikanan dan kelautan, terutama untuk usaha pemeliharaan udang vaname, memerlukan sistem pasokan daya yang stabil dan ramah lingkungan. Udang vaname (*Litopenaeus Vannamei*) termasuk komoditas hasil laut yang memiliki nilai ekonomi signifikan, daya saing tinggi, serta potensi besar di pasar dalam negeri maupun internasional [1]. Dewasa ini, pemerintah Indonesia lewat agenda utama Kementerian Kelautan dan Perikanan berusaha mengembangkan produksi udang nasional secara berkelanjutan [2]. Kondisi ini menjadikan usaha pemeliharaan udang vaname sebagai peluang bisnis yang menguntungkan dan potensial untuk dikembangkan masyarakat [3]. Akan tetapi, teknologi pemeliharaan udang di Indonesia masih belum optimal jika dibandingkan dengan negara-negara lain [4]. Salah satu penyebabnya adalah mahalnya biaya operasional listrik tambak dari PLN yang cenderung naik setiap tahunnya.

Alat pengaduk air menjadi komponen vital yang memerlukan konsumsi listrik besar dalam pemeliharaan udang vaname. Alat ini berfungsi untuk menyediakan oksigen, memberikan nutrisi pada air, mengaduk lapisan permukaan dan dasar kolam, serta membantu proses pembersihan tambak [5]. Satu unit tambak udang dapat menggunakan empat hingga delapan alat pengaduk air yang ditenagai listrik dan beroperasi sepanjang hari sesuai dengan luas kolam. Sebuah alat pengaduk air berkapasitas 750 W (1 HP) untuk satu siklus pemeliharaan udang (4 bulan) dengan tarif listrik Rp1.035,78 per kWh (Tarif I-2/TR) [6] memerlukan biaya sekitar Rp2.237.284-Rp2.311.860. Besarnya biaya listrik yang diperlukan menjadi kendala tersendiri. Dampaknya, para pelaku usaha tambak sulit meningkatkan kesejahteraan dan keuntungan hasil panen [4]. Selain itu, terganggunya aliran listrik dari PLN dapat mengakibatkan kematian udang secara massal karena sistem pemberian oksigen dan sirkulasi air terganggu. Kondisi ini tentu akan menimbulkan kerugian finansial bagi pengelola usaha tambak udang.

Dengan demikian, dibutuhkan inovasi teknologi terbaru yang mampu membantu pelaku usaha tambak dalam mengurangi biaya operasional kelistrikan, seperti penggunaan panel surya yang dapat menjadi opsi untuk mengatasi ketergantungan pada suplai listrik dari negara [7].

Sistem pembangkit listrik berbasis energi matahari (PLTS) merupakan solusi alternatif yang berwawasan lingkungan dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan daya listrik di bidang perikanan. Energi matahari dapat berfungsi sebagai pengganti sumber daya konvensional yang ketersediaannya semakin berkurang dan memerlukan biaya yang relatif tinggi, serta memberikan keuntungan efisiensi biaya operasional untuk jangka waktu yang panjang [8]. Indonesia telah memanfaatkan potensi energinya secara kurang optimal. Dengan rata-rata radiasi sinar matahari lebih dari 4,8 kWh per meter persegi per hari dan matahari bersinar sepanjang tahun, negara ini memiliki potensi untuk menghasilkan antara 7,7 hingga 20 TW energi surya [9]. Dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi di wilayah pesisir Indonesia, penggunaan PLTS menjadi pilihan yang layak dan potensial. Selain itu, pemanfaatan PLTS sebagai produk *green energy* ataupun *green marketing* menjadi nilai tambah sehingga dapat meningkatkan minat beli konsumen secara signifikan [10]. Produk *green energy* ini juga dapat menjadi peluang dalam kredit karbon, sehingga pengurangan emisi yang dihasilkan dapat dikonversi menjadi kredit karbon dan memberikan tambahan pendapatan bagi pemilik usaha [11].

Di sisi lain, budidaya udang vaname membutuhkan suplai listrik secara kontinu. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan sistem transfer otomatis atau Automatic Transfer Switch (ATS) yang dapat mengalihkan sumber listrik dari PLN ke PLTS secara otomatis saat suplai listrik dari PLN sedang mengalami gangguan. Kombinasi antara PLTS dan ATS diyakini mampu meningkatkan keandalan pasokan listrik dalam sistem budidaya udang vaname.

Kajian ekonomi menjadi aspek penting dalam merencanakan implementasi PLTS dengan ATS. Analisis kelayakan ekonomi seperti *Payback Period* (PP) dan *Benefit Cost Ratio* (BCR) menjadi indikator penting untuk menentukan apakah suatu investasi dapat memberikan keuntungan dalam jangka Panjang [12]. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis ekonomi secara mendalam.

PLTS dengan ATS tidak hanya menjanjikan efisiensi biaya, tetapi juga mendukung kebijakan pemerintah dalam transisi energi menuju Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Indonesia menargetkan bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 [13]. Implementasi sistem PLTS di sektor perikanan dapat berkontribusi dalam pencapaian target tersebut.

Melihat urgensi dan relevansi dari permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis aspek ekonomi dari implementasi sistem PLTS dengan ATS dalam

menunjang kehandalan suplai listrik pada budidaya udang vaname, serta menentukan kelayakan investasi berdasarkan indikator ekonomi yang relevan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa biaya pembangunan dan pemeliharaan PLTS dengan ATS dalam menunjang kehandalan suplai daya listrik untuk Budidaya Udang Vaname?
2. Bagaimana *Payback Period* (PP) dan *Benefit Cost Ratio* (BCR) dari investasi PLTS dengan ATS dalam menunjang kehandalan suplai daya listrik untuk Budidaya Udang Vaname?
3. Berapa biaya energi per kWh serta kelayakan ekonomi PLTS dengan ATS dalam menunjang kehandalan suplai daya listrik untuk Budidaya Udang Vaname?

1.3. Batasan Masalah

Guna mempertajam fokus penelitian dan menghindari pembahasan yang meluas, maka dalam kajian ini ditetapkan lingkup masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada analisis ekonomi penggunaan sistem PLTS *Off-Grid* dengan sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS) untuk keperluan suplai daya listrik budidaya udang vaname.
2. Analisis ekonomi mencakup aspek biaya pembangunan, biaya operasional, *Payback Period* (PP), harga energi per kWh, *Benefit Cost Ratio* (BCR), serta kelayakan investasi.
3. Perhitungan energi harian yang dibangkitkan menggunakan HOMER PRO.
4. Penelitian tidak mencakup analisis teknis detail sistem PLTS, perancangan mekanik ATS, maupun dampak lingkungan secara menyeluruh.
5. Kajian hanya mencakup satu lokasi yaitu tambak udang vaname di Desa Jemplung.
6. Aspek teknis seperti desain sistem dan perhitungan kapasitas listrik diasumsikan telah tersedia.
7. Data biaya komponen diperoleh berdasarkan harga pasar pada saat penelitian ini dilaksanakan.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui estimasi biaya pembangunan dan pemeliharaan sistem PLTS dengan

ATS.

2. Menghitung *Payback Period* (PP) dan *Benefit Cost Ratio* (BCR) dari investasi PLTS dengan ATS.
3. Menentukan biaya energi per kWh yang dihasilkan serta menganalisis kelayakan ekonomi dari investasi PLTS dengan ATS.

1.5. Manfaat Penelitian

Studi ini diharapkan mampu memberikan kontribusi akademis berupa analisis ilmiah mengenai viabilitas ekonomi sumber energi berkelanjutan di bidang perikanan. Di samping itu, kajian ini diharapkan dapat memberikan nilai praktis bagi pengusaha pemeliharaan udang vaname dalam menentukan keputusan investasi terhadap sistem energi yang efektif dan terpercaya.

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* dengan sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS) dalam menunjang keandalan suplai daya listrik untuk budidaya udang vaname di wilayah Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Biaya pembangunan dan pemeliharaan sistem PLTS dengan ATS yang dirancang untuk kapasitas 28,5 kWp membutuhkan investasi awal (CAPEX) sebesar Rp482.892.875,00. Sementara itu, biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) tahunan mencapai Rp9.657.857 per tahun.
2. Hasil analisis menunjukkan bahwa waktu pengembalian investasi (*Payback Period*) dari sistem PLTS dengan ATS ini lebih dari 25 tahun. Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan nilai manfaat dan biaya yang didiskontokan menggunakan tingkat suku bunga sebesar 5,55%, diperoleh nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR) sebesar 0,91.
3. Biaya energi listrik yang dihasilkan dari PLTS *Off-Grid* dengan ATS (*Levelized Cost of Energy/LCOE*) yakni Rp1.112,51 per kWh. Hal ini tentu lebih tinggi dari tarif PLN, yakni Rp972 per kWh. Secara keseluruhan, implementasi PLTS *Off-Grid* dengan ATS pada budidaya udang vaname tidak layak dari sisi ekonomi. Hal ini juga dibuktikan dengan indikator berikut: *Payback Period* yang di atas 25 tahun, sehingga tidak layak untuk dilaksanakan karena memiliki periode waktu lebih pendek dari umur proyek (*periode cutoff*) serta nilai BCR < 1, menandakan manfaat lebih kecil dari biaya.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Pemerintah daerah bersama lembaga yang bergerak di bidang perikanan diharapkan dapat menyediakan dukungan dalam bentuk insentif atau skema

pembiayaan yang mendukung adopsi teknologi energi terbarukan oleh para petambak, mengingat peran strategis PLTS dalam memperkuat ketahanan pangan dan mendukung prinsip keberlanjutan lingkungan di sektor akuakultur.

2. Proyek ini akan dapat dilaksanakan apabila pengelola tambak melakukan *re-branding* diri sebagai produk *green tourism*, sehingga keputusan konsumen untuk membeli produk dapat meningkat [10].
3. Disarankan agar sistem PLTS yang dirancang juga dimanfaatkan dalam skema perdagangan karbon, sehingga pengurangan emisi yang dihasilkan dapat dikonversi menjadi kredit karbon dan memberikan tambahan pendapatan bagi pemilik usaha [11].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Senggagau, I. Effendi, B. Pantjara, S. Saputra, and M. Abduh, “Studi Kelayakan Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Media Air Tawar di Bandar Lampung,” *J. Salamata*, vol. 5, no. 2, p. 60, Mar. 2023, doi: 10.15578/salamata.v5i2.13608.
- [2] D. J. P. B. Daya, “Indonesia Gandeng ADB Untuk tingkatkan Produksi Udang Nasional.pdf.” [Online]. Available: <https://kkp.go.id/djpb/indonesia-gandeng-adb-untuk-tingkatkan-produksi-udang-nasional65c2fe8b71111/detail.html>
- [3] M. Palupi, R. Fitriadi, R. Wijaya, P. Raharjo, and R. Nurwahyuni, “Diversity of phytoplankton in the whiteleg (*Litopenaeus vannamei*) shrimp ponds in the south coastal area of Pangandaran, Indonesia,” *Biodiversitas*, vol. 23, no. 1, pp. 118–124, 2022, doi: 10.13057/biodiv/d230115.
- [4] Harisjon, Tashwir, R. A. Subiantoro, Samsi, and B. Hermansyah, “Penerapan Kincir Air Tenaga Surya Untuk Tambak Udang Vanname Application of Paddle Wheel Solar Powered Aerator for Vanname Shrimp Pond,” *Aurelia J.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [5] N. Evalina, F. I. Pasaribu, and R. Efrida, “Pendampingan Pembuatan Souvenir Dari Bahan Resin Di Panti Asuhan Putri Aisyiyah Cabang Medan Kota,” *MONSU'ANI TANO J. Pengabd. Masy.*, vol. 4, no. 2, p. 149, 2021, doi: 10.32529/tano.v4i2.1067.
- [6] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, “PERATURAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA NOMOR 7 TAHUN 2024 TENTANG TARIF TENAGA LISTRIK YANG DISEDIAKAN OLEH PT PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PERSERO).pdf,” 2024.
- [7] R. Syarlihan, A. Abizar, and A. Setiawan, “Preliminary design of shrimp pond paddle wheel powered by solar energy,” *J. Polimesin*, vol. 19, no. 1, pp. 1–6, 2021.
- [8] I. M. A. Nugraha, I. G. M. N. Desnanjaya, L. G. G. Serihollo, and J. S. M. Siregar, “Perancangan Hybrid System PLTS dan Generator Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Tambak Udang Vaname: Studi Kasus Politeknik Keluatan Dan Perikanan Kupang,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 19, no. 1, p. 121, Oct. 2020, doi: 10.24843/mite.2020.v19i01.p18.
- [9] A. Putra Sisdwingraha Anindita Hapsari Farid Wijaya Faris Adnan Padhilah His Muhammad Bintang Ilham Rizqian Fahreza Surya Julius Christian Adiatma, A. Halim Abyan Hilmy Akbar Bagaskara, A. Rosadi Agus Praditya Tampubolon Deon Arinaldo Erina Mursanti Fabby Tumiwa Malindo Wardana Marlistya Citraningrum, A. Putra Sisdwingraha Anindita Hapsari, M. Jesica Solomasi Mendrofa Muhammad Dhifan Nabighdazweda Pintoko Aji Putra Maswan Raditya Yudha Wiranegara Rahmi Puspita Sari Shahnaz Nur Firdausi, and J. Tebet Timur Raya, “Imprint Indonesia Energy Transition Outlook 2025 Navigating Indonesia’s Energy Transition at the Crossroads: A Pivotal Moment for Redefining the Future,” vol. 5, p. 2025, [Online]. Available: www.iesr.or.id%7Ciesr@iesr.or.id
- [10] A. Salam and S. Sukiman, “Pengaruh Green Marketing dan Brand Awareness Terhadap Keputusan Pembelian Konsumen Produk Merek Aqua,” *J. Ilmu Manaj.*,

vol. 11, no. 1, p. 69, 2021, doi: 10.32502/jimn.v11i1.3427.

- [11] M. I. L. Nazim and E. Ratnawati, "PERDAGANGAN KARBON DALAM PERSPEKTIF SUSTAINABLE DEVELOPMENT DI INDONESIA," vol. 6, no. 4, pp. 246–252, 2021.
- [12] F. Z.A., "Benefit Cost Analysis Dalam Pembangunan Rusun Penjaringan dengan Metode NPV, IRR, PP, BCR Menggunakan Software Investment Evaluation," *Sci. J. Ind. Eng.*, 2021.
- [13] Menteri ESDM RI, "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2024 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum," p. 1, 2024.
- [14] Purwanto, D. Pravitasari, and A. A. Kurniawan, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Energi Alternatif Pada Tambak Udang Sebagai Solusi Keterbatasan Jaringan Listrik PLN di Daerah Pesisir Pantai," *ULIL ALBAB J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 3, no.2, pp. 1–11, 2024.
- [15] A. M. Fahmi, "Perancangan Sistem Energi Terbarukan Pada Tambak Udang Vaname Cilacap Dengan Metode Hibrid Energi," Dec. 2020.
- [16] D. Aulia, *BUDIDAYA UDANG VANAME*. 2019. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/370129617>
- [17] Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan, "Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor KEP.41/MEN/2001 tentang Pelepasan Varietas Udang Vaname Sebagai Varietas Unggul," *Keputusan Menteri Kelaut. dan Perikan.*, 2001, Accessed: May 23, 2025. [Online]. Available: <https://jdih.kkp.go.id/Homedev/DetailPeraturan/6227>
- [18] K. dan P. K. K. Website Resmi Dinas Lingkungan Hidup, "BUDIDAYA IKAN SISTEM RESIRKULASI." Accessed: May 23, 2025. [Online]. Available: https://dlhkp.kebumenkab.go.id/index.php/web/view_file/8
- [19] A. Sunaryo, "Penggunaan Aerasi Air Mancur Ganda (double fountain) di Kolam untuk Meningkatkan Pertumbuhan Ikan Nila Gift (*Oreochromis niloticus*)," Bogor, Mar. 2016.
- [20] Samsurizal, K. T. Mauriraya, M. Fikri, N. Pasra, and Christiono, "Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," *Inst. Teknol. PLN*, pp. 1–64, Sep. 2021.
- [21] H. Nazif, "PENGEMBANGAN MODEL DAN SIMULASI INVERTER SATU FASA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN METODE KONTROL ARUS RAMP COMPARISON CURRENT CONTROL," 2019.
- [22] R. Mustikasari, M. Jazuli Shubhi, L. Gumilar, S. Sujito, and A. Aripriharta, "Inverter Performance Comparison On Solar Panel Applications," *Circuit J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, p. 142, Aug. 2023, doi: 10.22373/crc.v7i2.17631.
- [23] AOTAI, "AOTAI Specification," Retrieved from [aotaielectric.com](https://www.aotaielectric.com), Jan. 2025, Accessed: May 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.aotaielectric.com/>
- [24] Z. Salam and A. A. Rahman, "Efficiency for photovoltaic inverter: A technological

- review,” *IEEE Conf. Energy Convers.*, pp. 175–80, Oct. 2014.
- [25] DS Energi Baru, “Solar Combiner Box Khusus Untuk Pembangkit Listrik Inverter Sentral,” Apr. 2019, Accessed: May 23, 2025. [Online]. Available: <https://id.dsnsolar.com/info/solar-combiner-box-especially-for-central-inve-34209560.html>
 - [26] P. Pramana, K. G. H. Mangunkusumo, H. B. Tambunan, and D. R. Jintaka, “REVITALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) PADA SISTEM MICROGRID PULAU TOMIA,” *J. Technopreneur*, vol. 9, no. 1, pp. 28–37, May 2021, doi: 10.30869/jtech.v9i1.724.
 - [27] M. F. Alayubby, “ANALISA PENGARUH EFEK INTENSITAS CAHAYA MATAHARI TERHADAP PANEL SURYA OFF GRID TYPE MONOCRYSTALLINE BERBASIS PULSE WIDTH MODULATION,” Medan, 2022.
 - [28] Standar Nasional Indonesia, “Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000),” 2000.
 - [29] L. Bagas Megantara and T. Sukmadi, “PERANCANGAN INSTALASI LISTRIK SISTEM PEMILIHAN KABEL DAN PEMUTUS PADA RUMAH POMPA BANDARA AHMAD YANI SEMARANG MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6,” Semarang, Dec. 2018.
 - [30] R. T. Santoso, “Analisis Pemilihan Dan Penerapan Peralatan Pengaman Surja Petir Pada Sistem Kelistrikan Arus Bolak Balik Tegangan Rendah,” *J. Ilm. SINTEKS ISSN 1907-2007 E-ISSN 2579-7115*, pp. 1–6, Jun. 2023.
 - [31] G. F. R. Purba, “MCB (Miniature Circuit Breaker) Pada Rumah,” Nov. 2019, Accessed: May 24, 2025. [Online]. Available: <https://fit.labs.telkomuniversity.ac.id/mcb-miniature-circuit-breaker-pada-rumah/>
 - [32] A. G. Hutajulu, M. C. Malino, and J. M. Tambunan, “Implementasi Pengujian Karakteristik Miniatur Circuit Breaker Berdasarkan SNI 60898-1:2009 di PT PLN (Persero) Pusat Sertifikasi.” [Online]. Available: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>
 - [33] I. K. Wijaya, “PENGUNAAN DAN PEMILIHAN PENGAMAN MINI CIRCUIT BREAKER (MCB) SECARA TEPAT MENYEBABKAN BANGUNAN LEBIH AMAN DARI KEBAKARAN AKIBAT LISTRIK,” *Teknol. Elektro Univ. Udayana Vol. 6 No. 2*, pp. 1–4, Dec. 2007.
 - [34] F. D. Sukardi, A. Zain, and A. Muliawan, “Prototipe Pengaman Peralatan Instalasi Listrik dan Tegangan Sentuh Bagi Manusia dengan ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker),” *J. Teknol. Elekterika*, vol. 3, no. 2, p. 56, Nov. 2019, doi: 10.31963/elekterika.v3i2.2010.
 - [35] Schneider Electric, “Residual current circuit breaker, Domae, 4P, 25 A, AC type, 30 mA”, Accessed: May 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.se.com/id/en/product/DOMR01425/residual-current-circuit-breaker-domae-4p-25-a-ac-type-30-ma/>
 - [36] O. A. Alimi, E. L. Meyer, and O. I. Olayiwola, “Solar Photovoltaic Modules’ Performance Reliability and Degradation Analysis—A Review,” Aug. 01, 2022, *MDPI*. doi: 10.3390/en15165964.
 - [37] P. Kusumaning Tiya and M. Widyartono, “Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja

Panel Surya.”

- [38] P. Pawitra Teguh Dharma Priatam, M. Fitra Zambak, and P. Harahap, “Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP,” vol. 4, no. 1, pp. 48–54, 2021, doi: 10.30596/rele.v4i1.7825.
- [39] A. Mansur, “Analisa Dampak Bayangan Modul Terhadap Output PLTS,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 11, no. 2, pp. 160–169, Nov. 2019, doi: 10.33322/energi.v11i2.746.
- [40] A. K. Albahar and M. F. Haqi, “PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA (PV) TERHADAP KELUARAN DAYA,” *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 8, no. 2, pp. 1–8, Jul. 2020.
- [41] Cakrawala96, “Rangkaian Panel Surya secara Seri, Paralel, dan Seri-Paralel,” Sep. 2021, Accessed: May 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.gesainstech.com/2021/09/rangkaian-seri-pararel-panel-surya.html>
- [42] E. Susanto, “Automatic Transfer Switch (Suatu Tinjauan),” Semarang, 2013.
- [43] Rismayanti, “ANALISIS ANGGARAN DAN REALISASI BIAYA PROYEK PADA PT BUMI INDO GRAHA MAKASSAR,” pp. 1–90, 2018.
- [44] M. D. MUZAKKII, “Tutorial Pembuatan Rencana Anggaran Biaya Dan Penjadwalan Proyek,” *Lap. Tugas Pengganti Kerja Prakt.*, pp. 1–36, Jan. 2020.
- [45] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, “Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum,” pp. 1–698, 2013.
- [46] “Lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nnomor: 28/PRT/M/2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum,” 2016.
- [47] N. Alami, A. Aziz, and D. Margiarti, “Studi Komparasi Perbandingan Rencana Anggaran Biaya Antara Metode Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Dan Standar Nasional Indonesia (SNI),” *J. Surya Bet.*, vol. 5, no. 1, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/suryabeton>
- [48] Suhendar, *Dasar-Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Cetakan Pertama. Media Edukasi Indonesia (Anggota IKAPI), 2022.
- [49] J. Kneifel and D. Webb, “Life cycle cost manual for the federal energy management program,” Gaithersburg, MD, Sep. 2020. doi: 10.6028/NIST.HB.135-2020.
- [50] N. H. A. Hardani, Helmina Andriani, Jumari Ustiawaty, Evi Fatmi Utami, Ria Rahmatul Istiqomah, Roushandy Asri Fardani, Dhika Juliana Sukmana, *Buku Metode Penelitian Kualitatif*, vol. 5, no. 1. 2020.
- [51] J. Teknologi, P. Dan, P. Jtp, F. Nurrisa, and D. Hermina, “Pendekatan Kualitatif dalam Penelitian : Strategi , Tahapan , dan Analisis Data Jurnal Teknologi Pendidikan Dan Pembelajaran (JTPP),” vol. 02, no. 03, pp. 793–800, 2025.