

Info Publikasi:

Artikel Hasil Penelitian

doi: <https://doi.org/10.56190/jree.v3i1.48>

Dikirim : 14 November 2024

Diterima : 05 Desember 2024

Dipublikasikan : 28 April 2025

**STUDI RESISTANSI ELEKTRODA
DESAIN DAN IMPLEMENTASI PEMBANGKIT LISTRIK SKALA PICOHIDRO
BERBASIS POTENSI ALIRAN SUNGAI DI DUSUN BONTULA**

Lanto Mohamad Kamil Amali¹⁾, Abd. Rais R Gani²⁾, Yasin Mohamad³⁾, Taufik Ismail Yusuf⁴⁾, Jumiati Iham⁵⁾, Amirudin Y Dako⁶⁾, Ade Irawaty Tolago⁷⁾, Arifin Matoka⁸⁾, Nova Elysia Ntobuo⁹⁾

1,3,4,5,6,7,8) Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik UNG

2) Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik UNG

9) Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas MIPA UNG

Email: kamilamali@ung.ac.id

Nomor Telp : +62 852 4007 3797

Asal Negara : Indonesia

ABSTRAK

Pemenuhan kebutuhan energi listrik di daerah terpencil masih menjadi tantangan besar, khususnya di wilayah dengan akses jaringan listrik yang terbatas seperti Dusun Bontula. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pembangkit listrik tenaga air skala kecil (Pikohidro) yang memanfaatkan potensi aliran sungai lokal sebagai sumber energi terbarukan. Metode yang digunakan meliputi survei lokasi untuk mengukur debit dan tinggi jatuh air (head), perancangan sistem mekanik dan elektrik (turbine, pipa penstock, generator, dan sistem distribusi), serta uji kinerja sistem secara langsung di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pikohidro yang dirancang mampu menghasilkan daya listrik sebesar 750 Watt, cukup untuk memenuhi kebutuhan penerangan dasar sejumlah rumah di dusun tersebut. Implementasi sistem ini menunjukkan bahwa teknologi pikohidro dapat menjadi solusi alternatif yang berkelanjutan, ramah lingkungan, dan sesuai dengan kondisi geografis serta sosial ekonomi masyarakat pedesaan.

Kata Kunci : Pikohidro, Energi Terbarukan, Pembangkit Listrik.

ABSTRACT

Meeting the electricity needs in remote areas remains a significant challenge, especially in regions with limited access to the electricity grid, such as Dusun Bontula. This study aims to design and implement a small-scale hydroelectric power generation system (picohydro) utilizing the potential of the local river flow as a renewable energy source. The methodology includes site surveys to measure the flow rate and head height, the design of the mechanical and electrical systems (turbine, penstock, generator, and distribution system), as well as performance testing of the system in the field. The results indicate that the designed picohydro system is capable of generating XX watts of electrical power, sufficient to meet the basic lighting needs of several households in the village. The implementation of this system demonstrates that picohydro technology can be a sustainable, environmentally friendly solution that fits the geographical and socio-economic conditions of rural communities.

Keywords: Picohydro, Renewable Energy, Power Generation.

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan energi listrik yang merata menjadi salah satu indikator penting dalam menunjang pembangunan dan kesejahteraan masyarakat. Di Indonesia, meskipun telah ada upaya besar untuk memperluas jaringan listrik ke seluruh wilayah, masih banyak daerah, terutama di daerah terpencil dan pedesaan, yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Salah satu solusi yang dapat diimplementasikan di daerah-daerah tersebut adalah pembangkit listrik tenaga air skala kecil atau pikohidro. Teknologi ini menggunakan potensi aliran sungai dengan kapasitas rendah untuk menghasilkan listrik, dan dapat diterapkan dengan biaya yang lebih rendah serta dampak lingkungan yang minimal dibandingkan dengan pembangkit listrik besar (Faris, 2019).

Dusun Bontula, yang terletak di daerah pedesaan, memiliki potensi besar dalam hal sumber daya alam, terutama aliran sungai yang cukup konstan sepanjang tahun. Pemanfaatan aliran sungai ini untuk sistem pembangkit listrik picohidro diharapkan dapat menjadi solusi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah tersebut, sekaligus meningkatkan kualitas hidup masyarakat yang ada. Pemilihan teknologi picohidro didasarkan pada kelebihan sistem yang efisien dan mudah diimplementasikan di wilayah dengan potensi sumber daya air yang terbatas namun cukup signifikan. Selain itu, teknologi ini dapat mendukung program energi terbarukan yang ramah lingkungan, yang sejalan dengan komitmen global untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil (Wibowo & Soeroso, 2018).

Desain sistem picohidro di Dusun Bontula melibatkan berbagai tahap, mulai dari survei lokasi untuk mengidentifikasi potensi sumber daya air yang tersedia, perancangan komponen-komponen utama seperti turbin, generator, dan sistem distribusi listrik, hingga implementasi dan pengujian di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain sistem pembangkit listrik skala kecil yang dapat diadaptasi dan diterapkan di berbagai wilayah pedesaan dengan karakteristik geografis serupa. (PLN, 2022)

Selain itu, penelitian ini juga akan menilai dampak sosial dan ekonomi dari penggunaan energi terbarukan di tingkat komunitas. Diharapkan, hasil dari implementasi sistem ini tidak hanya dapat menyediakan akses listrik yang lebih baik bagi masyarakat, tetapi juga membuka peluang bagi pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan dan pemeliharaan teknologi energi terbarukan (UNDP, 2017).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif eksperimental dengan tahapan yang mencakup studi literatur, survei lokasi, perancangan sistem, serta implementasi. Adapun langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahap awal, dilakukan kajian literatur mengenai teknologi pembangkit listrik picohidro, karakteristik aliran sungai di wilayah pedesaan, serta desain dan implementasi sistem pembangkit listrik berbasis air dengan kapasitas kecil. Sumber informasi yang digunakan antara lain buku teks, jurnal ilmiah, dan laporan-laporan dari penelitian terdahulu yang membahas sistem picohidro dan penerapannya di daerah terpencil

2. Survei Lokasi

Survei dilakukan di Dusun Bontula untuk memetakan potensi sumber daya alam yang ada, khususnya aliran sungai yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik. Kegiatan survei meliputi:

- Pengukuran debit aliran sungai untuk menentukan potensi daya yang bisa dihasilkan.
- Pengukuran tinggi jatuh air (head) untuk menentukan efisiensi pembangkit.
- Analisis kondisi geografis dan sosial untuk memastikan kelayakan implementasi sistem di wilayah tersebut.

3. Perancangan Sistem

Berdasarkan hasil survei lokasi, dilakukan perancangan sistem pembangkit listrik skala picohidro dengan mengikuti tahapan berikut:

- Pemilihan jenis turbin yang sesuai dengan kondisi aliran sungai, seperti turbin Crossflow atau Pelton, yang efektif untuk kapasitas rendah.
- Perancangan penstock dan pipa distribusi untuk mengalirkan air dari sumber ke turbin.
- Desain generator dan sistem distribusi listrik untuk mengonversi energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik yang siap digunakan oleh masyarakat.
- Perhitungan kapasitas daya yang akan dihasilkan untuk memastikan sistem dapat memenuhi kebutuhan listrik dasar bagi rumah tangga di Dusun Bontula.

4. Implementasi Sistem

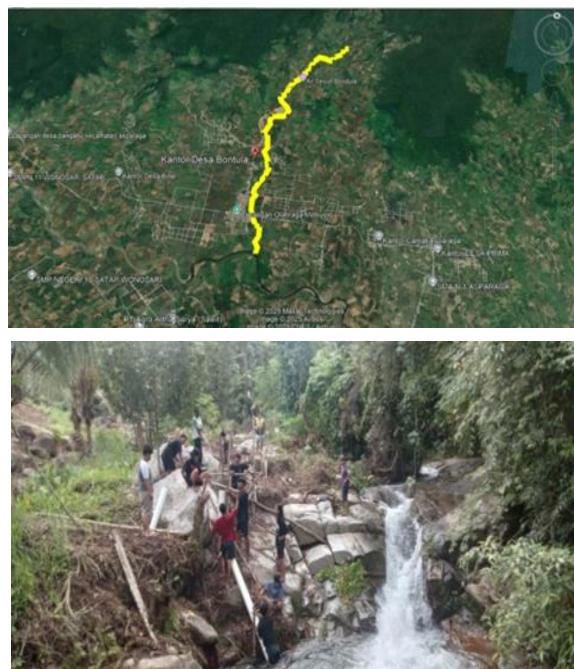
Tahap implementasi dilakukan dengan membangun prototipe pembangkit listrik picohidro di lokasi yang telah ditentukan. Langkah-langkah implementasi meliputi:

- a) Pembangunan infrastruktur fisik, termasuk instalasi turbin, penstock, dan sistem kelistrikan.
- b) Pengujian sistem untuk memastikan efisiensi operasional, kestabilan pembangkit, dan keberhasilan sistem dalam menghasilkan daya listrik.
- c) Pelatihan masyarakat mengenai cara pemeliharaan dan pengoperasian sistem pembangkit listrik pico hidro untuk keberlanjutan operasional.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Hasil Survei Lokasi

Sungai Bontula tidak hanya menawarkan satu keindahan air terjun di tengah kawasan alamnya, tetapi juga memiliki air terjun tambahan yang terletak di kawasan pemukiman penduduk Dusun Bontula. Air terjun ini menjadi daya tarik tersendiri karena berada dekat dengan masyarakat, sehingga lebih mudah diakses oleh wisatawan maupun warga sekitar yang ingin menikmati suasana alam yang menyegarkan. Lokasi air terjun ini berada 2,5 km dari daerah air terjun utama. Dengan titik lokasi pada RFH7+554 Karya Indah, Kabupaten Gorontalo, Gorontalo. Adapun Gambar 1. Lokasi Air Terjun.



Gambar 1. Lokasi Air Terjun

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan di Dusun Bontula, ditemukan bahwa aliran sungai yang melintasi wilayah tersebut memiliki debit rata-rata sebesar $0,864 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan tinggi jatuh air (head) sekitar 4 meter. Kondisi aliran sungai cukup stabil sepanjang tahun dan tidak mengalami penyusutan drastis saat musim kemarau. Berdasarkan parameter tersebut, potensi daya teoritis yang dapat dihasilkan dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Potensi Daya Air, } Pg = 9,8 \times Q \times Hg \quad (4)$$

Dimana :

Pg = Potensi daya air (kW)

Hg = Head gross (m)

Q = Debit aliran air (m^3/s)

9,8 = Konstanta gravitasi

, Potensi daya listrik dari aliran Sungai Bontula mencapai 67 kW. Besaran daya tersebut termasuk dalam

kategori Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), yang umumnya memiliki kapasitas antara 5 kW hingga 100 kW. Dengan kapasitas ini, energi listrik dari aliran Sungai Bontula berpotensi mendukung kebutuhan listrik skala komunitas, seperti pemukiman masyarakat, fasilitas umum, serta penerangan jalan, sekaligus mendukung pengembangan ekonomi masyarakat setempat secara berkelanjutan.

Meskipun hasil perhitungan menunjukkan bahwa Sungai Bontula memiliki potensi daya sebesar 67 kW, yang secara teknis memungkinkan pembangkitan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), dalam implementasi peneliti hanya memungkinkan membangun pembangkit listrik tenaga skala Pikohidro (≤ 5 kW). Adapun alasan pengimplementasian pembangunan tenaga listrik skala pikohidro sebagai berikut :

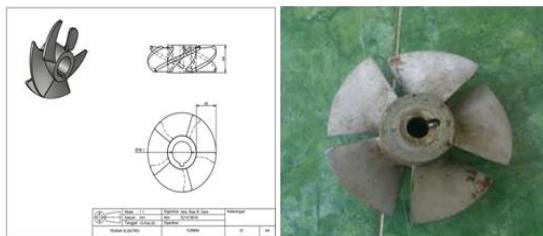
1. Keterbatasan anggaran, Dengan anggaran yang terbatas, pembangunan pembangkit listrik skala Pikohidro (< 5 kW) menjadi opsi yang lebih realistik karena biaya pembangunan, operasional, dan pemeliharaannya lebih rendah.
2. Simplicity dan Kemudahan Implementasi
 - a) Sistem pembangkit listrik tenaga skala Pikohidro lebih sederhana dan dapat menggunakan teknologi seperti turbin propeller atau turbin crossflow kecil, yang lebih mudah dipasang dan dioperasikan dan banyak dijual dipasaran.
 - b) Tidak memerlukan bendungan besar atau infrastruktur kompleks seperti halnya pembangkit listrik tenaga Mikrohidro, sehingga lebih sesuai dengan keterbatasan sumber daya dan anggaran yang tersedia.
3. Minimnya Biaya Perawatan.

Desain Mekanikal Elektrikal Sistem Pikohidro

Desain sistem pembangkit listrik Pikohidro ini berfokus pada pemilihan komponen yang efisien namun ekonomis, agar dapat dibangun dan dikelola oleh masyarakat secara mandiri. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah pemilihan turbin propeller atau turbin crossflow yang dirancang khusus untuk aliran air dengan debit kecil namun memiliki head sedang. Selain itu, sistem transmisi dan generator yang digunakan dipilih dari komponen yang mudah diperoleh secara local. Berikut Desain dari system pembangkit listrik Skala Pikohidro :

1. Turbin.

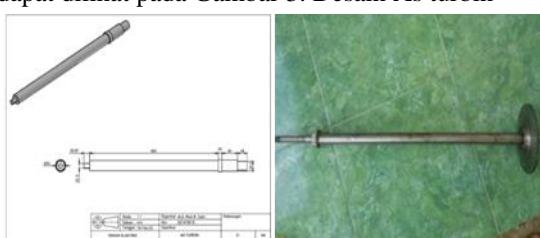
Desain turbin yang digunakan pada pembangkit listrik skala pikohidro ini merupakan turbin yang banyak dijual di pasaran dengan diameter 20 cm dan memiliki 5 sudut berbahan aluminium. Adapun desain turbin serta implementasinya dapat dilihat pada Gambar 2. Desain turbin



Gambar 2. Desain turbin

2. As Turbin

As ini memiliki diameter 1,3 inci dan panjang 80 cm serta terbuat dari bahan besi, sehingga memberikan kekuatan dan ketahanan yang baik dalam mentransmisikan putaran turbin ke generator. Adapun As turbin dapat dilihat pada Gambar 3. Desain As turbin



Gambar 3. Desain As Turbin

3. Batang Rumah As Turbin

Rumah batang As turbin pada pembangkit listrik skala pikohidro ini dibuat dari pipa galvanis berdiameter 3 inci dengan panjang 60 cm. Struktur ini berfungsi untuk melindungi As turbin dari paparan air, mengingat desain turbin yang digunakan dirancang untuk beroperasi dalam kondisi terendam. Adapun rumah batang As

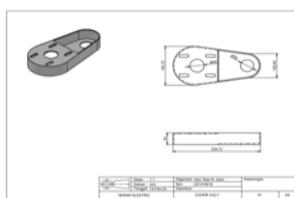
Turbin dapat dilihat pada Gambar 4. Desain Rumah batang As turbin.



Gambar 4. Desain Rumah batang As turbin

4. Dudukan Motor Induksi

Dudukan generator pada pembangkit listrik skala pikohidro dirancang sedemikian rupa agar kokoh dan stabil dalam menopang generator selama beroperasi. Dudukan ini dibuat menyatu dengan rumah batang As turbin yang telah dipasang sebelumnya. Adapun desain dudukan Generator dapat dilihat pada Gambar 5. Desain Dudukan Motor Induksi



Gambar 5. Desain dudukan Motor

5. Motor Induksi 3 Phase.

Generator yang digunakan untuk membangkitkan listrik berupa motor induksi 3 phase yang ada di pasaran dengan merek TECO spesifikasi tegangan 220-240 Volt, frekuensi 50 Hz, 4 Pole Kalpasitas 0,75 kW. Adapun Gambar 6. Motor Induksi 3 Phasa.



Gambar 6. Motor Induksi 3 Phase

Secara umum desain dari mekanikal elektrikal pembangkit listrik skala pikohidro pada Gambar 7. Desain Mekanikal Elektrikal



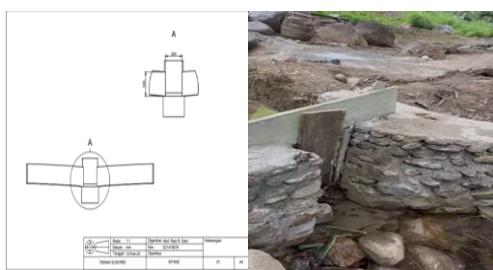
Gambar 7. Desain Mekanikal Elektrikal Pikohidro

Desain Bangunan Sipil

Pada desain Sipil, sistem ini menggunakan struktur minimalis tanpa bendungan besar, cukup dengan pengambilan air (intake) sederhana seperti weir atau saluran terbuka untuk mengarahkan aliran menuju bak penampung. Selanjutnya dari bak penampung digunakan pipa untuk mengalirkan air menuju rumah turbin dengan mempertahankan tinggi jatuh air (head) yang optimal agar efisiensi energi tetap tinggi. Berikut desain bangunan sipilnya sebagai berikut:

1. Desain dan Implementasi Intake.

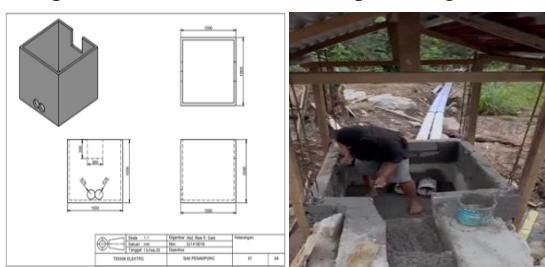
Intake bangunan sipil dari pembangkit listrik tenaga skala pikohidro berfungsi sebagai sebagai struktur yang mengarahkan dan mengontrol aliran air dari sumber air (sungai bontula) menuju sistem pembangkit. Intake untuk pembangkit listrik tenaga skala pikohidro ini dibangun di bagian pinggir sungai Bontula dengan lebar 70 cm. Adapun desain bagunan sipil intake dan implementasinya dapat dilihat pada Gambar 8. Desain intake



Gambar 8. Desain Intake

2. Desain dan Implementasi Bak Penenang

Bak penenang berfungsi sebagai wadah sementara untuk menstabilkan aliran air sebelum dialirkan ke rumah pikohidro. Bak penenang ini di desain dengan ukuran 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m untuk memastikan aliran air tetap terkendali menuju ke rumah turbin. Adapun desain bangunan sipil bak penenang dan implementasinya dapat dilihat pada Gambar 9. Desain bak penenang



Gambar 9. Bak Penenang

3. Desain dan Implementasi Pipa Penstock

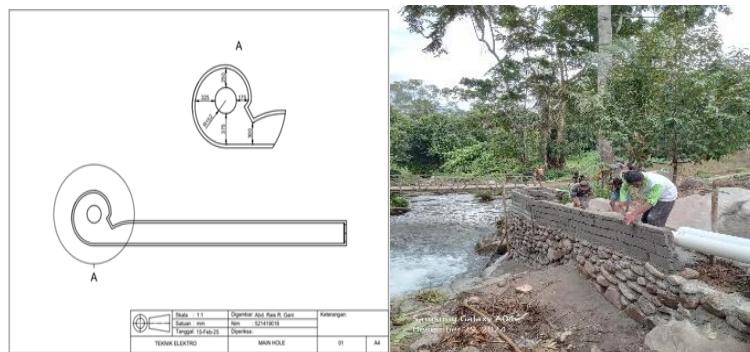
Pipa penstock PVC berukuran 2 x 6 inci dengan panjang 24 meter digunakan untuk menyalurkan air dari bak penenang menuju rumah turbin pikohidro. Dengan kemiringan 20°. Adapun implementasi dari pipa penstock dapat dilihat Gambar 10. Implementasi Pipa Penstock.



Gambar 10. Pipa penstock

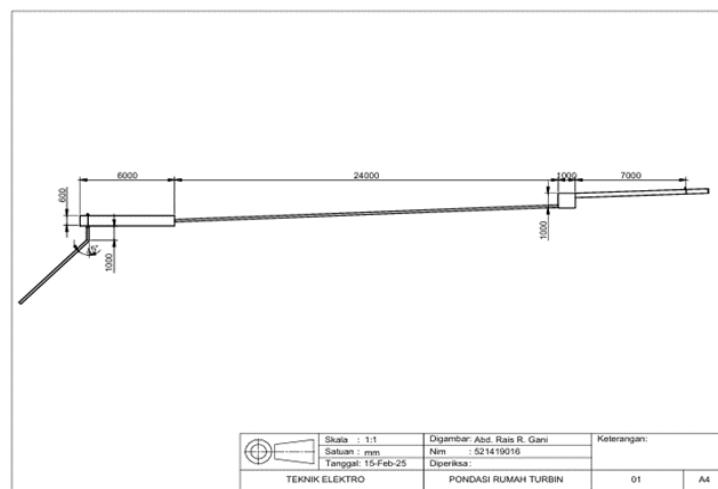
4. Desain dan Implementasi Bak Turbin

Rumah turbin pada pembangkit listrik skala pikohidro yang dibuat ini dirancang menggunakan turbin propeller dan dibangun secara permanen dengan diameter lingkaran 90 cm. rumah turbin dilengkapi dengan lubang di bawah lantai dasar berdiameter 15 cm sebagai jalur pembuangan air dari turbin propeller. Selain itu, rumah turbin di tempatkan pada ketinggian 4 meter guna memastikan tekanan air pembuangan dari turbin propeller yang optimal. Adapun desain dari bangunan sipil rumah turbin dan implementasinya dapat dilihat pada Gambar 11. Desain bak turbin



Gambar 11. Desain bak Turbin

Secara umum desain dari bangunan sipil pembangkit listrik skala pikohidro pada Gambar 9. Desain bangunan Sipil.



Gambar 11. Desain Bangunan Sipil

Implementasi Pembangkit Tenaga Listrik Skala Pikohidro Di Dusun Bontula.

Implementasi Pembangkit Tenaga Listrik Skala Pikohidro di Dusun Bontula berhasil dilaksanakan dengan baik dan memberikan dampak positif bagi masyarakat setempat. Penerapan sistem Pembangkit Listrik skala Pikohidro ini menggunakan sumber daya alam yang ramah lingkungan, yaitu aliran sungai, untuk menghasilkan energi listrik yang dapat memenuhi kebutuhan dasar masyarakat. Sistem turbin yang digunakan memanfaatkan aliran air yang tersedia di sungai setempat untuk menghasilkan energi mekanik, yang kemudian diubah menjadi energi listrik dengan kapasitas 750 watt. Dengan kapasitas 750 watt, pembangkit listrik ini mampu menyediakan listrik untuk sejumlah rumah tangga di Dusun Bontula, yang sebelumnya tidak memiliki akses listrik.



Gambar 12. Implementasi Sistem Pembagkit listrik Skala Pikohidro

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Saran

1. Disarankan untuk melakukan pengembangan lebih lanjut terhadap desain turbin dan sistem kelistrikan agar efisiensi konversi energi menjadi lebih tinggi, sehingga daya yang dihasilkan dapat ditingkatkan.
2. Untuk menjaga kinerja sistem pikohidro, perlu dilakukan pemeliharaan secara rutin pada komponen turbin, pipa penstock, dan generator, mengingat kondisi lingkungan yang dapat menyebabkan sedimentasi atau kerusakan komponen.
3. Untuk meningkatkan ketersediaan energi, terutama saat debit air rendah, sistem pikohidro dapat diintegrasikan dengan sumber energi terbarukan lainnya seperti panel surya

DAFTAR PUSTAKA

1. Faris, S. 2019. Implementasi Energi Terbarukan dalam Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Desa. Jakarta: Penerbit Energi Hijau.
2. Hidayat, M., & Purnomo, T. 2020. Teknologi Picohidro untuk Pemanfaatan Sumber Daya Alam di Wilayah Terpencil. *Jurnal Teknologi Energi*, 8(1), 45-56.
3. Wibowo, A., & Soeroso, D. 2018. Pengembangan Energi Terbarukan di Daerah Terpencil. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 14(2), 67-72.
4. PLN. 2022. Pembangunan Infrastruktur Listrik di Wilayah Terpencil". Laporan Tahunan PLN, Jakarta.
5. UNDP. 2017. Renewable Energy in Remote Areas: Lessons from Small-Scale Hydro Projects. United Nations Development Programme..