

SKRIPSI
ANALISIS EFISIENSI DAYA LISTRIK PADA PLTMH
MADRASAH JAMIYAH AL -MUAWANAH BERBASIS
TURBIN *CROSSFLOW*



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi
Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Dipersiapkan dan Disusun Oleh

AHMAD NIZAM

132022089

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG

2026

SKRIPSI

**ANALISIS EFISIENSI DAYA LISTRIK PADA PLTMH MADRASAH
JAMIYAH AL -MUAWANAH BERBASIS TURBIN *CROSSFLOW***



SKRIPSI

Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan penguji

24 Agustus 2026

Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

AHMAD NIZAM

132022089

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG

2026

SKRIPSI
ANALISIS EFISIENSI DAYA LISTRIK PADA PLTMH
MADRASAH JAMIYAH AL – MUAWANAH BERBASIS
TURBIN *CROSSFLOW*

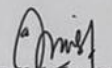


Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
24 Agustus 2026

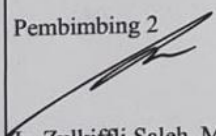
Dipersiapkan dan Disusun Oleh
AHMAD NIZAM

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1


Asri Indah Lestari, S.T., M.T
NIDN. 0230129701

Pembimbing 2

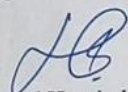

Ir. Zulkifli Saleh, M.Eng
NIDN. 0212056402

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik

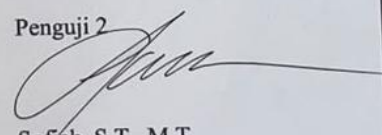


Jusudi, M.T
NIDN. 0202026502

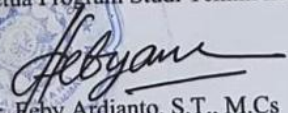
Penguji 1


Muhammad Huraiah, S.T., M.T
NIDN. 0228098702

Penguji 2


Sofiah, S.T., M.T
NIDN. 0209047302

Menyetujui
Ketua Program Studi Teknik Elektro


Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs
NIDN. 0207038101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Palembang, 28 April 2026

Yang membuat pernyataan



Ahmad Nizam

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

“Bahkan ketika kamu hanya menatap langit tanpa suara, Allah tahu apa yang kamu maksud.”

(QS. Al-Isra: 25)

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, kesehatan, kemudahan, kekuatan, dan pertolongannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Untuk panutan penulis Ayahanda Abdul kadir, terima kasih atas dukungan, kasih sayang, pengorbanan dan doa yang selalu menyertaiku. Tanpa ayah penulis bukan apa-apa.
3. Kepada cinta pertama dan surgaku, almarhumah ibunda Salwa, yang telah menjadi alasan terbesar penulis untuk terus berjuang. Meskipun penulis tidak dapat menyapaikan secara langsung, terima kasih atas kasih sayang, doa, dan nilai-nilai kehidupan yang telah diberikan.
4. Kepada cinta kedua dan terakhirku Rahma Fitriani, terima kasih atas support system terbaik penulis, terima kasih karena selalu sabar menemani setiap proses yang penulis lalui, selalu hadir memberikan dukungan, masukan, dan semangat ketika penulis mulai lelah, terima kasih karena selalu mengusahakan dan mohon maaf penulis ucapkan atas segala waktu, tenaga, serta kesabaran yang telah diberikan. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan dapat terbalaskan dengan kebahagiaan dan kesuksesan di masa depan aamiin.
5. Kepada saudara dan keluarga besar yang telah memberikan doa, dukungan, perhatian, serta motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan

hingga penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas segala bentuk kepedulian dan kasih sayangnya.

6. Kepada pembimbing skripsi 1 saya ibu Asri Indah Lestari, S.T., M.T. Serta pembimbing skripsi 2 sekaligus ayah di kampus dan di lapangan bapak Ir. Zulkiffli Saleh, M.Eng. Terima kasih selalu sabar membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini serta mengajarkan banyak hal yang sangat bermanfaat.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro Dan Staf Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang.
8. Serta Semende *Renewable Energy Team* yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Untuk penulis, terima kasih telah bertahan dan percaya pada setiap proses. *Trust the process*, kerja kerasmu hari ini mungkin tidak langsung mengubah hidupmu, tapi pasti mengubah siapa dirimu. Hari ini bukan akhir dari perjuangan, melainkan awal untuk mewujudkan mimpi yang lebih besar.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya jualah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **ANALISIS EFISIENSI DAYA LISTRIK PADA PLTMH MADRASAH JAMIYAH AL – MUAWANAH BERBASIS TURBIN *CROSSFLOW*** yang disusun guna untuk syarat mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada,

1. Ibu Asri Indah Lestari, S.T., M.T, selaku Pembimbing I
2. Bapak Ir. Zulkiffli Saleh, M.Eng, selaku Pembimbing II

dan tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M, Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs, Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak Muhammad Hurairah, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
6. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
7. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Yang telah banyak membantu penulis baik secara moril maupun material dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga amal baik yang diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan yang sesuai dari Allah SWT. Penulis menyadari penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca akan

penulis terima sangat senang hati. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi rekan-rekan pembaca di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, 28 April 2026
Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ahmad Nizam', written in a cursive style.

Ahmad Nizam

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan, salah satunya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Penelitian ini menganalisis efisiensi daya listrik pada PLTMH berkapasitas 5 kW berbasis turbin *crossflow* di Madrasah Jamiyah Al-Muawanah, Dusun Rantau Dedap, Sumatera Selatan. Kajian teori mencakup prinsip kerja PLTMH, karakteristik turbin *crossflow*, konsep daya listrik, serta efisiensi sistem kelistrikan. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pengumpulan data melalui observasi, pengukuran langsung, wawancara, dan dokumentasi lapangan, menggunakan flowatch, multimeter, tachometer, dan tang ampere. Hasil pengukuran menunjukkan debit air rata-rata 0,238 m³/s dengan head 3,05 m, menghasilkan daya available sebesar 7121,08 W. Perhitungan daya turbin diperoleh 5,69 kW (efisiensi turbin 80%), daya terbangkitkan generator 4,56 kW, dan daya konsumen sebesar 4.045,38 W. Tegangan rata-rata konsumen tercatat 211,8 V, masih dalam batas SPLN No. 1 Tahun 1978, sedangkan frekuensi generator rata-rata 47,5 Hz berada di bawah standar 50 Hz. Efisiensi sistem PLTMH secara keseluruhan mencapai 81%, berada dalam rentang efisiensi umum PLTMH (70–90%). Faktor utama yang memengaruhi efisiensi adalah stabilitas debit air, spesifikasi turbin, performa generator, dan kualitas jaringan distribusi. Optimalisasi faktor-faktor tersebut berpotensi meningkatkan keandalan pasokan listrik madrasah secara berkelanjutan.

Kata kunci: PLTMH, turbin *crossflow*, efisiensi daya listrik, debit air, energi terbarukan.

ABSTRACT

The increasing need for electrical energy encourages the use of renewable energy sources, one of which is the Micro Hydro Power Plant (PLTMH). This research analyzes the efficiency of electrical power in a 5 kW capacity PLTMH based on a *crossflow* turbine at Madrasah Jamiyah Al-Muawanah, Rantau Dedap Hamlet, South Sumatra. Theoretical studies include the working principles of MHP, *crossflow* turbine characteristics, electric power concepts, and electrical system efficiency. The research uses quantitative methods by collecting data through observation, direct measurement, interviews, and field documentation, using a flowwatch, multimeter, tachometer, and ampere pliers. The measurement results show an average water discharge of 0.238 m³/s with a head of 3.05 m, resulting in an available power of 7121,08 W. Calculation of turbine power is 5,69 kW (turbine efficiency 80%), generator generated power is 4,56 kW, and consumer power is 4,045.38 W. The average consumer voltage is recorded at 211.8 V, still within the limits of SPLN No. 1 of 1978, while the average generator frequency of 47.5 Hz is below the standard of 50 Hz. The overall efficiency of the MHP system reached 81%, which is within the general efficiency range of MHPs (70–90%). The main factors that influence efficiency are the stability of water discharge, turbine specifications, generator performance and the quality of the distribution network. Optimizing these factors has the potential to increase the reliability of madrasah electricity supplies in a sustainable manner.

Key words: Micro Hydro Power Plant, crossflow turbine, electric power efficiency, water discharge, renewable energy

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN_PERNYATAAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)	5
2.1.1. Prinsip kerja PLTMH.....	5
2.1.2. Komponen PLTMH	7
2.2. Debit Air	8
2.3. Turbin <i>Crossflow</i>	8
2.3.1. Prinsip kerja turbin <i>crossflow</i>	10
2.3.2. Komponen turbin <i>crossflow</i>	11
2.3.3. Kelebihan dan kekurangan turbin <i>crossflow</i>	11
2.4. Daya Listrik	12
2.4.1. Daya pembangkit	13
2.4.2. Daya <i>available</i>	13
2.4.3. Daya turbin	14
2.4.4. Daya terbangkitkan	14
2.4.5. Daya konsumen.....	14

2.5. Efisiensi Sistem	15
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	18
3.1. Tempat dan Waktu	18
3.2. Alat dan Bahan	18
3.3. Flowchart Penelitian	19
3.4 Mekanisme Penelitian	20
BAB 4 DATA, PERHITUNGAN, PEMBAHASAN DAN ANALISA	22
4.1. Data Sistem PLTMH.....	22
4.1.1. Spesifikasi sistem PLTMH	22
4.1.2 Kecepatan aliran	23
4.1.3. Luas penampang	24
4.1.4. Parameter listrik	25
4.2. Perhitungan PLTMH	44
4.2.1. Perhitungan daya pembangkit.....	44
4.2.2. Perhitungan kecepatan aliran menggunakan aplikasi matlab	45
4.2.3. Hasil nilai matlab	45
4.2.4. Perhitungan luas penampang	46
4.2.5. Perhitungan debit air	46
4.2.6. Perhitungan daya available	47
4.2.7. Perhitungan daya turbin	47
4.2.8. Perhitungan daya terbangkitkan.....	47
4.2.9. Perhitungan daya konsumen	47
4.2.10. Perhitungan efisiensi sistem.....	47
4.3. Pembahasan dan Analisis	48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip kerja PLTMH	5
Gambar 2. 2 Komponen PLTMH	7
Gambar 2. 3 Turbin crossflow	9
Gambar 3. 1 Letak dan Tempat Penelitian	18
Gambar 3. 2 Diagram Alir Flowchart	19
Gambar 4. 1 Grafik kecepatan aliran	24
Gambar 4. 2 Grafik tegangan konsumen	26
Gambar 4. 3 Grafik frekuensi generator, elc, avr, dan beban	28
Gambar 4. 4 Grafik Arus setiap beban	30
Gambar 4. 5 Grafik Daya aktif lampu	31
Gambar 4. 6 Grafik daya aktif bor	32
Gambar 4. 7 Grafik daya aktif serut kayu	34
Gambar 4. 8 Grafik daya aktif pompa air	35
Gambar 4. 9 Grafik daya aktif komputer	37
Gambar 4. 10 Grafik daya aktif dispenser air	38
Gambar 4. 11 Grafik daya aktif kipas angin	40
Gambar 4. 12 Grafik daya aktif proyektor	42
Gambar 4. 13 Grafik daya aktif sound system	43
Gambar 4. 14 Tampang kecepatan aliran pada matlab	46
Gambar 4. 15 Diagram Daya pada konsumen	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan bahan	18
Tabel 4. 1 Spesifikasi sistem PLTMH	23
Tabel 4. 2 Pengukuran kecepatan aliran menggunakan flowatch fl-03	23
Tabel 4. 3 Data lebar penampang dan kedalaman air	24
Tabel 4. 4 Data tegangan konsumen	25
Tabel 4. 5 Data frekuensi generator, AVR, ELC, dan beban.....	26
Tabel 4. 6 Data Arus Beban	29
Tabel 4. 7 Data tegangan dan arus lampu	30
Tabel 4. 8 Data tegangan dan arus bor	32
Tabel 4. 9 Data tegangan dan arus serut kayu.....	33
Tabel 4. 10 Data tegangan dan arus pompa air	35
Tabel 4. 11 Data tegangan dan arus komputer	36
Tabel 4. 12 Data tegangan dan arus dispenser air	38
Tabel 4. 13 Data tegangan dan arus kipas angin.....	39
Tabel 4. 14 Data tegangan dan arus proyektor.....	41
Tabel 4. 15 Data tegangan dan arus sound system.....	42
Tabel 4. 16 Data total nilai beban	44
Tabel 4. 17 Perhitungan kecepatan aliran menggunakan aplikasi matlab	45
Tabel 4. 18 Rekapitulasi daya aktif dari sembilan beban	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L. 1 Listing program.....	58
Lampiran L. 2 Pipa pesat dan aliran sungai	59
Lampiran L. 3 Rumah turbin.....	59
Lampiran L. 4 Pengukuran kecepatan aliran sungai	60
Lampiran L. 5 Pemasangan tiang kabel	60
Lampiran L. 6 Penarikan kabel	61
Lampiran L. 7 Pengukuran arus pada beban.....	61
Lampiran L. 8 Pengukuran tegangan sisi konsumen	62
Lampiran L. 9 Nemplate Generator	62

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik global selalu meningkat karena pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi. Menurut Badan Energi Internasional, konsumsi listrik global akan meningkat lebih dari 3 % setiap tahun antara tahun 2021 dan 2024, dengan negara-negara berkembang menjadi kontributor utama pertumbuhan ini. Situasi ini mendorong transisi menuju energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Energi udara skala kecil, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), merupakan salah satu solusi yang relevan karena memiliki potensi besar di wilayah dengan sumber daya air yang melimpah (K. Johnson, 2020).

Sebagai bagian dari pengembangan energi nasional, Indonesia memiliki potensi energi mikrohidro yang signifikan. Berkat kondisi geografis Indonesia yang kaya akan sungai dan pegunungan, energi air menjadi salah satu sumber energi yang paling potensial (Taqwanur & Mega Bilqis Suryawantiningtyas, 2022). Salah satunya yaitu Dusun Rantau Dedap yang terletak di Desa Segamit Kecamatan Semende Darat Ulu Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan merupakan daerah perbukitan dengan sumber daya air yang melimpah. Kondisi geografis ini membuat daerah ini sangat cocok untuk pengembangan energi terbarukan, terutama PLTMH.

Masalah utama yang sering muncul pada PLTMH skala kecil adalah kerugian energi akibat ketidaksesuaian desain, kurangnya pemeliharaan, dan kondisi aliran air. Kerugian energi pada sistem PLTMH dapat terjadi karena penggunaan air yang tidak efisien dan desain komponen yang tidak efisien, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi keseluruhan sistem. batasan rugi tegangan yang diperbolehkan dalam sistem tegangan rendah maksimum sekitar 5 % dari tegangan standar, yang berhubungan langsung dengan efisiensi distribusi energi

listrik. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro memiliki tingkat efisiensi 70-90%. Jika efisiensi dari PLTMH berada di bawah 70%, maka PLTMH tersebut dianggap tidak efisien (Nisa & Alfani, 2022).

Penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan mengintegrasikan analisis efisiensi daya listrik secara komprehensif ke dalam sistem PLTMH berbasis turbin *crossflow* di lingkungan madrasah. Metode ini tidak hanya mengukur kinerja turbin, tetapi juga mengevaluasi interaksi antar komponen sistem, seperti turbin, generator, kabel saluran dan transformator yang dapat berdampak negatif terhadap efisiensi sistem dan output daya listrik.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi debit, head, dan kondisi operasional sistem dapat memengaruhi kinerja turbin dan generator secara bersamaan (Wardhany et al., 2025). Selain itu, desain dan integrasi komponen-komponen seperti sistem distribusi dan rugi-rugi energi merupakan faktor penting dalam menentukan efisiensi PLTMH secara keseluruhan (Dwi Saputra et al., 2024).

Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan rekomendasi berdasarkan analisis sistem untuk meningkatkan efisiensi secara langsung, sebagaimana disebutkan dalam literatur mengenai aliran silang turbin yang menekankan perlunya optimalisasi kinerja secara menyeluruh (Anand et al., 2021).

Berdasarkan IEC 60196:2009 mengenai Frekuensi Standar IEC, frekuensi standar yang ditetapkan untuk sistem arus bolak-balik baik satu fasa maupun tiga fasa adalah 50 Hz. Di Indonesia, penerapan frekuensi ini diatur lebih lanjut melalui standar PLN (SPLN) dengan toleransi operasi normal yang berada dalam kisaran 49,5 Hz hingga 50,5 Hz ($\pm 1\%$) (Standard & Internationale, 2005).

Penelitian ini berfokus pada kebutuhan untuk meningkatkan produktivitas PLTMH sebagai sumber energi alternatif. Efisiensi yang optimal akan meningkatkan keandalan sistem, mengurangi konsumsi energi, dan mendorong kemandirian energi di sektor pendidikan. Oleh karena itu, penelitian mengenai efisiensi daya listrik pada PLTMH berbasis turbin *crossflow* sangat penting untuk dilakukan guna mengatasi tantangan teknis dan mendorong pengembangan energi di Indonesia.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh parameter operasional terhadap efisiensi pembangkit listrik tenaga air (PLTMH), termasuk debit air, ketinggian jatuh air, dan kecepatan aliran silang turbin. Tujuan analisis ini adalah untuk memahami hubungan fungsional antara variabel-variabel tersebut dan mengidentifikasi faktor-faktor utama yang memengaruhi efisiensi sistem.
2. Mendeskripsikan perbedaan antara daya masukan (daya hidrolik) dan daya keluaran (daya listrik) dalam sistem PLTMH guna mengidentifikasi kerugian energi yang terjadi selama proses konversi energi.

1.3. Batasan Masalah

Pembahasan penelitian ini difokuskan pada analisis efisiensi daya listrik pada PLTMH berbasis turbin *crossflow* berkapasitas 5 kW dan tidak membahas efisiensi saat kondisi drop tegangan.

1.4. Sistematika Penulisan

Bab 1 PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan sebagai gambaran umum arah penelitian.

Bab 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori yang relevan, meliputi konsep PLTMH, turbin *crossflow*, daya listrik, efisiensi energi, serta hasil penelitian terdahulu dan kerangka pemikiran yang mendukung analisis.

Bab 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan lokasi dan waktu penelitian, teknik pengumpulan data, alat yang digunakan, prosedur penelitian, serta metode analisis data secara kuantitatif.

Bab 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi data-data yang didapatkan melalui pengukuran dan perhitungan efisiensi daya listrik pada PLTMH Madrasah Jamiyah Al-muawanah.

Bab 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab lima berisi kesimpulan, hasil penelitian dan saran

DAFTAR PUSTAKA

- Anand, R. S., Jawahar, C. P., Bellos, E., & Malmquist, A. (2021). A Comprehensive Review on Crossflow Turbine For Hydropower Applications. *Ocean Engineering*, 240, 110015. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110015>
- Ardo, B., Emidiana, E., & Perawati, P. (2022). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah Kecamatan Pendopo Kabupaten Empat Lawang. *Jurnal Tekno*, 19(1), 81–92. <https://doi.org/10.33557/jtekno.v19i1.1665>
- Astro, R. B., Doa, H., & Hendro, H. (2020). Fisika Kontekstual Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(1), 142. <https://doi.org/10.31764/orbita.v6i1.1858>
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011. *Badan Standarisasi Nasional, 2011(Puil)*, 1–133.
- Barbón, A., González-González, F., Bayón, L., & Georgious, R. (2023). Variable-Speed Operation of Micro-Hydropower Plants in Irrigation Infrastructure: An Energy and Cost Analysis. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/app132413096>
- Bütthe, T., & fattah Alshadafan, A. (2023). The international electrotechnical commission. *Chemistry*, 108, 509.
- Chapman, F. S. J. (2002). *~F~ Stephen J. Chapman*.
- Dwi Saputra, R., Budi Mursanto, W., Teknik Konversi Energi, J., & Negeri Bandung, P. (2024). *Perancangan Turbin Crossflow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Memanfaatkan Air Hasil Pendinginan Pada PLTP*. 13(November), 7–12.
- Fauzi, I., & Widodo, N. S. (2021). Monitoring Power Usage on Humanoid Robot Wirelessly Using the INA219 Sensor. *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 3(1), 82–92. <https://doi.org/10.12928/biste.v3i1.3334>
- Icaza, D., Borge-Diez, D., & Galindo, S. P. (2021). Proposal of 100% renewable energy production for the City of Cuenca- Ecuador by 2050. *Renewable Energy*, 170, 1324–1341. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.067>
- IEC 60034. (2022). *IEC 60034-1 International Standard Norme Internationale Rotating electrical machines-Part 1: Rating and Performance Machines Electriques Tournantes-Partie 1: Caractéristiques Assignées et Caractéristiques de Fonctionnement International Electrotechnical C*.

- IEC 60193. (2019). Hydraulic Turbines, Storage Pumps and Pump-Turbines – Model Acceptance Tests. 61010-1 © Iec:2001.
- K. Johnson. (2020). *Energy Efficiency Assessment of Industrial Steam Boilers*. www.iea.org/terms
- Kurniawan, M. I., Apriani, Y., Saleh, Z., & Indah Lestari, A. (2024). Kajian Pengaruh Frekuensi Terhadap Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro (PLTPh). *Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya*, 5(2), 69–81. <https://doi.org/10.36706/jres.v5i2.102>
- Mockmore, C. A., & Merryfield, F. (1949). The Banki Water Turbine, Engineering Experiment Station. *Bulletin Series*, 25, 2.
- Muhammad Syafiudin, Resi Dwi Jayanti Kartika Sari, & Rahman Arifuddin. (2025). Potensi dan Perbandingan Turbin Crossflow dengan Turbin Kaplan PLTMH Wisata Telaga. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 12(2), 85–90. <https://doi.org/10.33795/elposys.v12i2.7221>
- Nisa, K., & Alfanani, R. H. (2022). Analisis Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Panel Surya Dan Mikro Hidro Di Taman Airlangga Desa Pataan Kecamatan Sambeng Kabupaten *Nucleus Journal*, 29–36. <https://ejournal.undar.or.id/index.php/Nucleus/article/view/39>
- Ofori, R. A., Normanyo, E., Kaberere, K. K., Kamau, S. I., & Otu, E. K. (2022). Design of an Electronic Load Controller for Micro Hydro Power Plant Using Fuzzy-PI Controller. *Cogent Engineering*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2057115>
- Picone, C., Sinagra, M., Aricò, C., & Tucciarelli, T. (2021). Numerical analysis of a new cross-flow type hydraulic turbine for high head and low flow rate. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 15(1), 1491–1507. <https://doi.org/10.1080/19942060.2021.1974559>
- Putra, Y. S., Noviani, E., & Muhardi. (2022). Numerical Study of the Effect of Penstock Dimensions on a Micro-hydro System using a Computational Fluid Dynamics Approach. *International Journal of Renewable Energy Development*, 11(2), 491–499. <https://doi.org/10.14710/ijred.2022.42343>
- Rendy Putra Septiandra, Miftakhul Anwar Maulana, Muhammad Rifqi 'Imadul Haq, Nanda Putra Harianto, Moh Zainul Falah, Sujito, S., & Abdul Qader Hasan. (2024). Systematic Literature Review: Turbine Types and Publication Trends in Micro-Hydro Power Plant Design Research. *Journal Electrical and Computer Experiences*, 2(2), 47–51. <https://doi.org/10.59535/jece.v2i2.283>
- Saleh, Z., Apriani, Y., Ardianto, F., & Purwanto, R. (2019). Analisis Karakteristik Turbin Crossflow Kapasitas 5 kW. *Jurnal Surya Energy*, 3(2), 255. <https://doi.org/10.32502/jse.v3i2.1484>
- Saleh, Z., Apriani, Y., Ardianto, F., Purwanto, R., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., Pendahuluan, I., Pltmh, A., & Air, B. T. (2019). Page

255. 3(2), 255–261.

- Saleh, Z., Hastiana, Y., Robiah, & Hastarina, M. (2024). *Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Sebagai Solusi untuk Mewujudkan Desa Mandiri Energi* (1 ed.). Deepublish Publisher.
- Sinagra, M., Sammartano, V., Aricò, C., Collura, A., & Tucciarelli, T. (2024). Cross-Flow Turbine Design For Variable Operating Conditions. *Procedia Engineering*, 70, 1539–1548. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.170>
- Standard, I., & Internationale, N. (2005). *International Standard Internationale Iso. 2005*.
- Sulistyowati, R., & Febriantoro, D. D. (2012). Perancangan Prototype Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal IPTEK*, 16(1), 24–32.
- Taqwanur, & Mega Bilqis Suryawantiningtyas. (2022). G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2), 295–305.
- Trivania, I., Situmeang, T. G. S., Sihaloho, M. L. A., Amrita, A. A. N., Jasa, L., Sukerayasa, I. W., Rahardjo, P., & Santiari, D. A. S. (2025). Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dengan Studi Kasus Saluran Irigasi Di Desa Medewi Kecamatan Pekutatan Kabupaten Jembrana. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 24(1), 79–94. <https://doi.org/10.24843/mite.205.v24i01.p08>
- Wardhany, A. K., Monika, D., Ariansyah, R., Lubis, M. R., Arifin, M., & Aji, A. D. (2025). Performance Analysis of Micro-Hydro Plants Using Crossflow Turbines at Varying Water Fall Heights. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 62–68. <https://doi.org/10.23917/emitor.v25i1.7067>
- Willems, J. L., Ghijselen, J. A., & Emanuel, A. E. (2022). The apparent power concept and the IEEE standard 1459-2000. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 20(2 I), 876–884. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2005.844267>