



# SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi,  
dan Teknik Informatika

<https://ejurnal.itats.ac.id/snestik> dan <https://snestik.itats.ac.id>



## Informasi Pelaksanaan :

SNESTIK IV - Surabaya, 27 April 2024

Ruang Seminar Gedung A, Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

## Informasi Artikel:

DOI : 10.31284/p.snestik.2024.5581

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043  
Email : [snestik@itats.ac.id](mailto:snestik@itats.ac.id)

## Pemodelan dan Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro Menggunakan Turbin *Crossflow*

Andra Cahyo Negoro, Yuliyanto Agung Prabowo

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail: [andrakahyo22@gmail.com](mailto:andrakahyo22@gmail.com)<sup>1</sup>, [agungp@itats.ac.id](mailto:agungp@itats.ac.id)<sup>2</sup>

### ABSTRACT

*The use of water as a natural resource and renewable energy for electricity generation is an alternative solution to replace fossil fuels, whose availability is becoming increasingly scarce. The water flow in Embung Tambong, Bangunsari Hamlet, Pule District, Trenggalek Regency, East Java, became a research location for designing micro-hydro power plants (MHPP). Before designing a micro-hydro power plant, a potential study was carried out to get a general idea of the potential magnitude of the water-energy production. The results of field observations and research through a water flow sensor obtained the highest water discharge at 0.1412 m<sup>3</sup>/second. Meanwhile, the measurements obtained an effective waterfall height ( $h_{eff}$ ) of 5.69 meters. The data on water discharge and effective fall height were employed to plan a crossflow-type turbine as a driver for the micro-hydro power generator. The simulation of a micro-hydro power plant using MATLAB Simulink by adding a lead-lag compensator controller to the micro-hydro power plant system produced a fast system response and obtained a low steady-state error value. Using the maximum water discharge data, the potential for electrical energy generated from a micro-hydro power plant was 5105.90 watts.*

**Keywords:** MHPP, crossflow turbine, generator, Lead-Lag Compensator

## ABSTRAK

Pemanfaatan sumber daya alam berupa air sebagai energi baru terbarukan untuk pembangkit listrik merupakan sebuah solusi alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil yang semakin lama semakin menipis ketersediaannya. Aliran air pada Embung Tambong yang berada di Dusun Bangunsari Kecamatan Pule Kabupaten Trenggalek Jawa Timur, digunakan sebagai tempat lokasi penelitian perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Sebelum melakukan perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dilakukan studi potensi untuk mengetahui gambaran secara umum besaran potensi dari energi air yang dihasilkan. Dari hasil pengamatan dan penelitian yang dilakukan dilapangan dengan menggunakan *water flow sensor*, didapatkan debit air tertinggi sebesar 0,1412 m<sup>3</sup>/detik, dan dari pengukuran juga didapatkan tinggi jatuh air efektif ( $h_{eff}$ ) sebesar 5,69 meter. Berdasarkan dari data debit air dan juga tinggi jatuh efektif yang diperoleh, direncanakan turbin tipe *cross flow* sebagai penggerak pada generator pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Serta dengan melakukan simulasi pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan MATLAB *simulink*, hasilnya dengan melakukan penambahan kontroler *lead lag compensator* pada sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro, menghasilkan respon sistem yang cepat dan memperoleh nilai *steady state error* yang rendah. Dengan data debit air maksimum yang telah diperoleh potensi energi listrik yang dibangkitkan dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro yaitu sebesar 5105,90 watt.

**Kata kunci:** PLTMH, Turbin *cross flow*, Generator, *Lead Lag Compensator*

## PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia yang paling mendasar, baik secara individu maupun kolektif untuk menjalankan tugas sehari-hari. Mengingat pertumbuhan penduduk sebesar 1% per tahun, wajar jika kebutuhan energi juga meningkat. Karena tingkat elektrifikasi baru mencapai 84% saat ini, 16% orang yang tidak memiliki listrik tidak termasuk dalam permintaan ini [1]. Masalah yang dihadapi Indonesia saat ini adalah berkurangnya kuantitas sumber energi bahan bakar fosil, serta dampak negatif dari penggunaannya. Polutan hasil dari pembakaran bahan bakar fosil berpotensi menipiskan lapisan ozon dan mempercepat pemanasan global. Memanfaatkan energi dari alam, seperti air, angin, dan energi matahari, diperlukan berbagai sumber energi alternatif untuk mengatasi masalah ini. Untuk memastikan akses energi yang berkelanjutan di masa depan, transformasi energi ini tidak dapat dihindari. Bahan bakar minyak diperkirakan habis dalam 9 tahun, bahan bakar gas alam 22 tahun, dan batu bara dalam 65 tahun lagi tanpa ditemukannya sumber minyak baru di Indonesia [2].

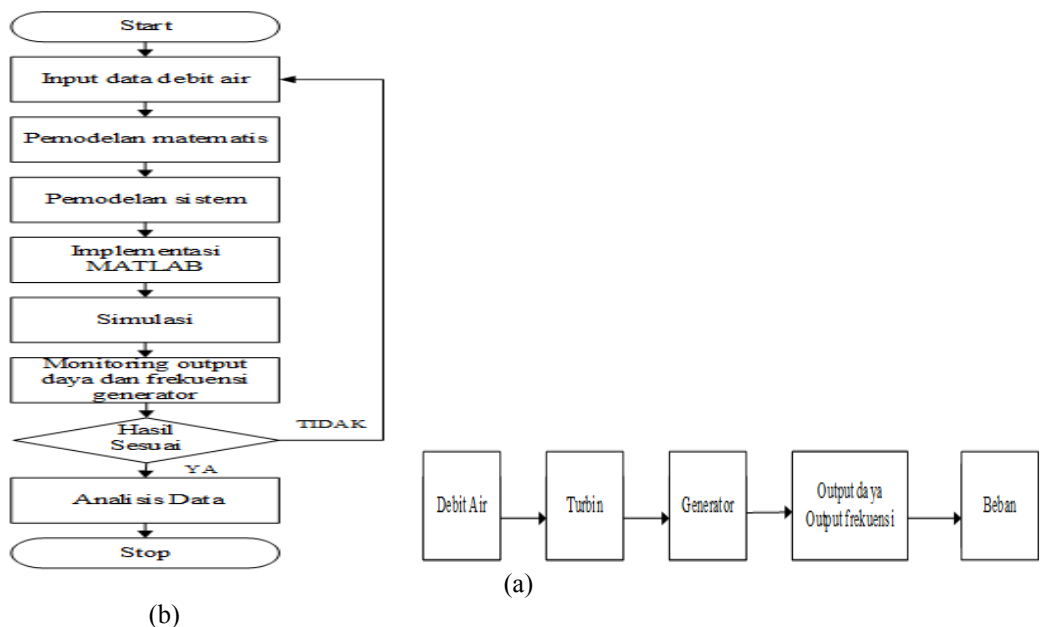
Negara Indonesia memiliki potensi energi air sekitar 75 GW, namun, hanya sebagian kecil potensi sumber energi air yang ada di Indonesia yang baru dimanfaatkan yaitu sekitar 4,2 GW dan 230 MW dari pembangkit mini/mikrohidro [3]. Prinsip kerja pada PLTMH yaitu dengan melakukan konversi energi, yaitu energi potensial dari air diubah menjadi energi mekanik pada saat memasuki turbin [4]. Turbin air merupakan komponen terpenting dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Fungsi turbin pada PLTMH untuk merubah energi yaitu energi potensial diubah menjadi bentuk energi mekanik. Turbin pada sistem PLTMH diklasifikasikan kedalam dua jenis yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Turbin *crossflow* adalah salah satu jenis turbin air yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Satu dari sekian banyak pilihan turbin untuk sistem PLTMH adalah turbin *crossflow* karena efektivitasnya, produksi yang terjangkau, dan kebutuhan perawatan yang rendah [5].

Embung Tambong yang terletak di Desa Bangunsari Kecamatan Pule Kabupaten Trenggalek. Mempunyai luas genangan sebesar 4.385 m<sup>2</sup>. Dapat dipergunakan untuk pemenuhan air minum warga lebih kurang 2.970 jiwa. Selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum warga setempat, embung tambong juga digunakan untuk mengairi sawah seluas 90 Ha [6]. Masyarakat setempat belum mampu memanfaatkan potensi sumber daya air pada lokasi yang memiliki sumber potensi energi air yang melimpah secara maksimal. Hal ini disebabkan ketidaktahuan tentang prosedur yang diperlukan untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga

Mikro Hidro (PLTMH). Tujuan penelitian ini yaitu untuk mensimulasikan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dengan menggunakan turbin air tipe *crossflow* dan memilih generator sebagai sumber listrik. pemilihan turbin *crossflow* untuk memanfaatkan aliran air irigasi Embung Tambong dengan debit air yang berbeda-beda.

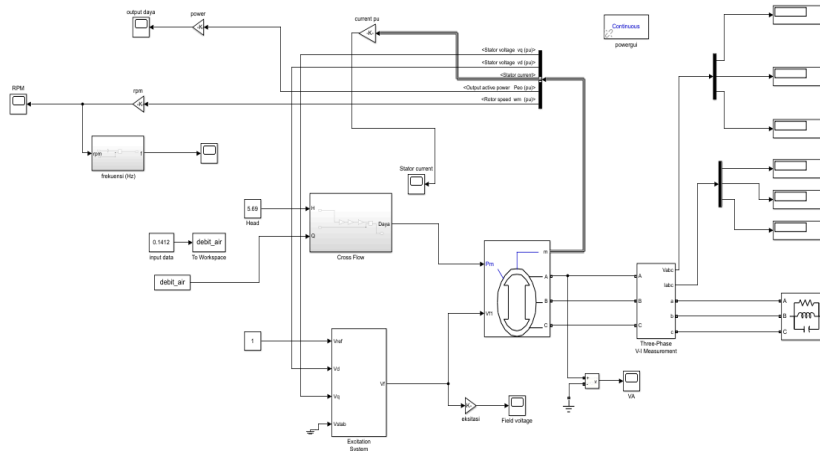
## METODE

Pada penelitian ini menggunakan MATLAB *Simulink* versi 2018a untuk mensimulasikan sistem PLTMH. Parameter yang digunakan sebagai input data pada sistem PLTMH berupa, data debit air. Data debit air tersebut nantinya akan digunakan untuk melakukan perancangan sistem PLTMH menggunakan MATLAB *Simulink*. Melakukan pengujian sistem PLTMH menggunakan MATLAB *Simulink* bertujuan untuk mengetahui perubahan daya yang terjadi pada PLTMH dengan menggunakan input dari data debit air yang bervariasi. Berikut adalah diagram alir sistem dan blok diagram pemodelan sistem PLTMH.



Gambar 1. a) Diagram alir sistem PLTMH, b) Blok diagram pemodelan sistem PLTMH

Sistem PLTMH secara yang dirancang dengan menggunakan MATLAB *Simulink* dari dari turbin *crossflow*, generator, dan blok diagram untuk input parameter debit air. Berikut adalah gambar rangkaian sistem PLTMH pada MATLAB *Simulink* [7].



Gambar 2. Rangkaian sistem PLTMH

Perancangan sistem PLTMH pada gambar 2 dengan menggunakan MATLAB *Simulink* terdiri dari turbin *crossflow*, generator, sistem eksitasi, dan blok rangkaian untuk parameter input data debit air. Perancangan turbin *crossflow* pada PLTMH menggunakan blok diagram yang berisi persamaan dari daya turbin

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembahasan Data I

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik tenaga air (PLTA) berskala mini yang menggunakan energi dari alam khususnya air. Sumber aliran air seperti sungai, air terjun, dan saluran irigasi digunakan oleh PLTMH. Energi kinetik dan potensial air dapat diubah menjadi energi listrik [8]. Pengambilan data debit air pada penelitian ini dilakukan di Embung Tambong Desa Pule Dusun Bangunsari Kabupaten Trenggalek. Pengambilan data debit air dengan menggunakan *water flow* sensor dilakukan sebanyak tiga kali sehari dan selama 14 hari dengan durasi waktu pengambilan selama 5 menit. Berikut adalah proses pengambilan data debit air.



(a)



(b)

Gambar 3. a) Proses pengambilan data air, b) Tampilan pada proses pengambilan data debit air

Debit air memainkan peranan penting dalam pemodelan sistem PLTMH, karena dengan mengetahui nilai dari debit air dapat diketahui potensi daya yang dihasilkan oleh PLTMH [9]. Berikut adalah hasil data yang diperoleh:

Tabel 1. Data debit air

| No. | Tanggal   | Rata-rata perhari debit air $\left(\frac{m^3}{detik}\right)$ | Volume air (liter) |
|-----|-----------|--------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1.  | 20-Nov-23 | 0,0761                                                       | 19,64              |
| 2.  | 21-Nov-23 | 0,0748                                                       | 19,29              |
| 3.  | 22-Nov-23 | 0,0657                                                       | 16,96              |
| 4.  | 23-Nov-23 | 0,0658                                                       | 16,98              |
| 5.  | 24-Nov-23 | 0,0798                                                       | 20,58              |
| 6.  | 25-Nov-23 | 0,0631                                                       | 16,27              |
| 7.  | 26-Nov-23 | 0,0505                                                       | 13,04              |
| 8.  | 27-Nov-23 | 0,0634                                                       | 16,35              |
| 9.  | 28-Nov-23 | 0,0931                                                       | 24                 |
| 10. | 29-Nov-23 | 0,1104                                                       | 28,49              |
| 11. | 30-Nov-23 | 0,1131                                                       | 29,17              |
| 12. | 1-Des-23  | 0,1272                                                       | 32,8               |
| 13. | 2-Dess-23 | 0,1347                                                       | 34,75              |
| 14. | 3-Des-23  | 0,1412                                                       | 36,42              |

## Pembahasan Data II

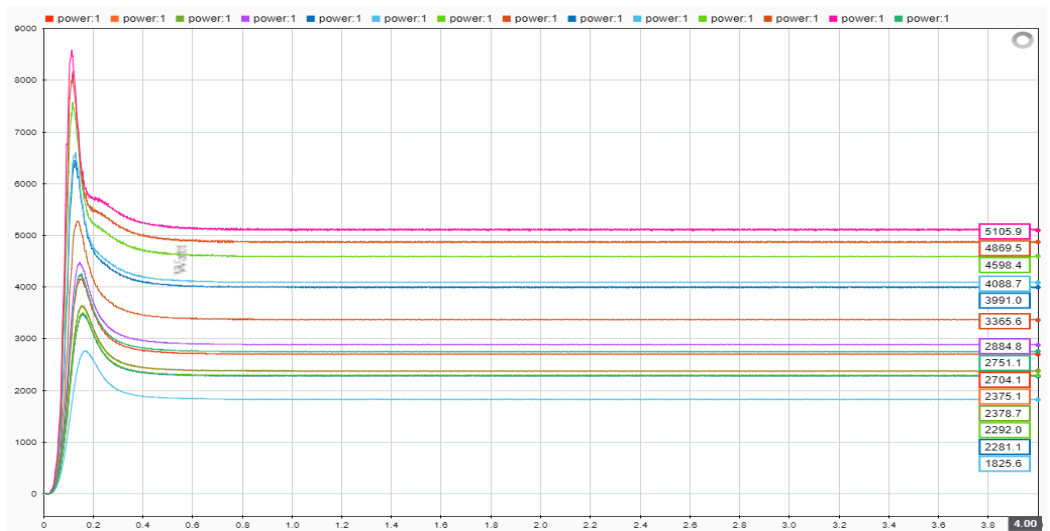
Data debit air pada tabel 1 akan digunakan sebagai masukan pada perncangan sistem PLTMH. Selain digunakan sebagai masukan dari sistem PLTMH data debit air juga digunakan untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh PLTMH dengan menggunakan persamaan dibawah ini [10]

$$P = \rho \times g \times Q \times H_{\text{eff}} \times n_t \times n_g \times n_m \quad (1)$$

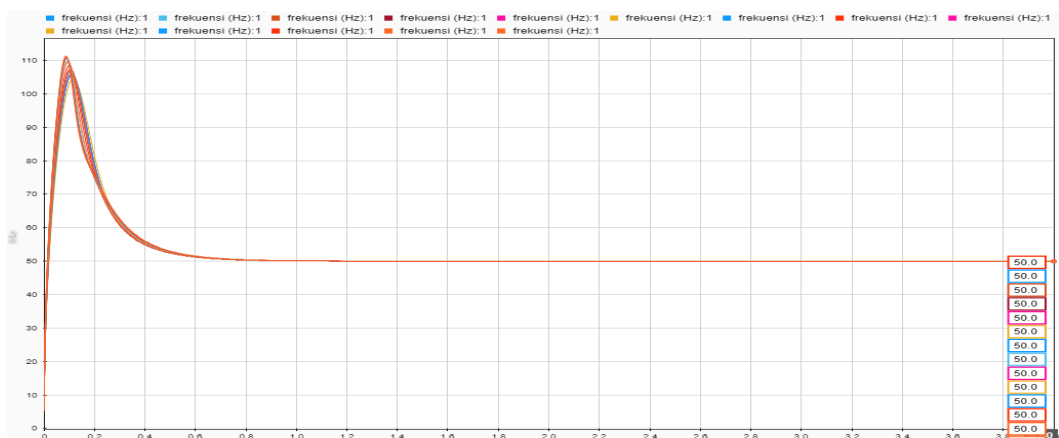
$$P = 997 \times 9,8 \times 0,1412 \times 5,69 \times 0,85 \times 0,85 \times 0,9$$

$$P = 5104,44 \text{ Watt}$$

Berikut adalah hasil dari pengujian daya keluaran dan frekuensi pada sistem PLTMH pada MATLAB *Simulink*



(a)



(b)

Gambar 4. a) Hasil simulasi daya keluaran PLTMH, b) hasil simulasi frekuensi PLTMH

Pada gambar 4a merupakan hasil dari simulasi daya keluaran PLTMH. Terlihat dari grafik membutuhkan waktu 0,7 detik untuk mencapai daya keluaran PLTMH yang stabil, dan untuk daya maksimum yang dihasilkan PLTMH sebesar 5105,9 watt, dan daya minimum sebesar 1825,6 watt. Untuk frekuensi pada sistem PLTMH dapat dilihat pada gambar 4b, dapat dilihat pada gambar tersebut frekuensi membutuhkan waktu 0,7 detik untuk mencapai nilai konstan 50 Hz.

## KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu

Daya maksimal yang dihasilkan oleh PLTMH yaitu sebesar 5105,90 watt, dengan debit air  $0,1412 \text{ m}^{\frac{3}{\text{detik}}}$ . Untuk daya minimal pada PLTMH sebesar 1825,604 watt dengan debit air  $0,0505 \text{ m}^{\frac{3}{\text{detik}}}$ . Dengan melakukan penambahan *lead lag compensator* pada sistem, membuat respon dari sistem lebih stabil dan mendapatkan nilai *error steady state* yang rendah. Perancangan turbin *crossflow* memiliki spesifikasi berikut ini, diameter turbin 0,68 m, runner luar 0,19 m, runner dalam 0,12 m, shaft 0,042 m, ketebalan sudu 0,22 m, jarak antar sudu 0,06 m, dan jumlah sudu sebanyak 11, serta memiliki efisiensi sebesar 85 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. B. Wiranto, M. Rif'an, M. Subekti, P. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Jakarta, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Studi Kasus Di Curug Cigeuntis, Kecamatan Tegalwaru, Kabupaten Karawang, Jawa Barat," *J. Electr. Vocat. Educ. Technol.*, vol. 6, pp. 25–30, 2021.
- [2] Arifin, "Transisi Energi Mutlak Diperlukan," *Arifin*, 2022. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/10/22/2667/menteri.arifin.transisi.energi.mutlak.diperlukan?lang=en> (accessed Sep. 08, 2022).
- [3] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2020 Tentang Rencana Strategis Kementerian Energi Sumber Daya Mineral Tahun 2020-2024*. 2020.
- [4] A. Adhitama, S. Negara, D. Nugroho, M. T. ( Pembimbing, and A. Suprajitno, "Analisa Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Di Air Terjun Kalipancur Kabupaten Semarang," *Pros. Konf. Ilm. Mhs. Unissula*, vol. 6, pp. 271–278, 2019,
- [5] W. D, S. Sugiarto, and H. Arif, "Desain Pembangkit Listrik Mikro Hidro Untuk Memenuhi Kebutuhan Kawasan Wisata Air Terjun Sunggah," *DIKEMAS (Jurnal Pengabd. Kpd. Masyarakat)*, vol. 4, no. 1, pp. 50–56, 2020, doi: 10.32486/jd.v4i1.466.
- [6] Sistem Informasi Manajemen Potensi Informasi Daerah Kabupaten Trenggalek, "Embung Tambong," *Sistem Informasi Manajemen Potensi Informasi Daerah Kabupaten Trenggalek*, 2022. <https://dpmptsp.trenggalekkab.go.id/simponi/potensi/10123/embung-tambong> (accessed Sep. 08, 2022).
- [7] Devarinda and Y. A. Prabowo, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Crossflow Di Lampung Selatan," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Informasi, dan Tek. Inform.*, pp. 293–298, 2022.
- [8] A. Wahjudi, A. Soeprijanto, and D. Harnani, "Analisa Mekanis Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro sebagai Pemanfaatan Air Sungai Mendak di Desa Wagirkidul Kabupaten Ponorogo untuk Kebutuhan Wisata Arung Jeram," *J. Pengabdian Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2018, doi: 10.12962/j26139960.v2i1.3197.
- [9] U. R. H. Jawadz, H. Prasetijo, and W. H. Purnomo, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Di Aliran Sungai Desa Kejawar Banyumas," *J. Din. Rekayasa*, vol. 15, no. 1, pp. 11–24, 2019.
- [10] R. L. Lesmana *et al.*, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ( PLTMH ) dengan tegangan 220 VAC , daya 1 kW di desa Jembul , kecamatan Jatirejo , kabupaten Mojokerto," *J. Tekik Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 41–45, 2018, doi: 10.9744/jte.11.2.41-45.