

ANALISIS RANCANGAN SISTEM TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO PADA DAERAH IRIGASI SAWAH ALIRAN RENDAH

Yanuar Abimanyu*, Sudarti, Yushardi

Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember,
e-mail: yanuarabimanyu1423@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi dari sumber energi terbarukan yang ada di Indonesia. Sumber energi terbarukan di Indonesia salah satunya adalah energi air, pemanfaatan energi air banyak sekali diterapkan pada konsep pembangkit listrik tenaga air (PLTA) atau pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Selain untuk mengetahui potensi sumber energi terbarukan, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji lebih lanjut mengenai karakteristik pada rancangan sistem turbin. Rancangan sistem turbin yang digunakan pada PLTMH memiliki karakteristik tertentu tergantung daerah aliran yang dijadikan pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Bentuk turbin sangat berpengaruh pada penghasilan energi listrik tenaga air, dikarenakan bentuk turbin akan menentukan hasil putaran pada sebuah generator. Karakteristik turbin yang cocok pada aliran irigasi sawah aliran rendah adalah turbin dengan jenis Crossflow, turbin crossflow merupakan turbin yang memiliki efisiensi yang baik untuk diterapkan pada aliran rendah seperti aliran irigasi sawah. Dalam penelitian ini digunakan metode kajian literatur dan research development sebagai komponen utama, dengan membandingkan literatur yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Setelah dilakukan kajian literatur akan dilakukan desain sederhana menggunakan sistem software untuk mengatur rancangan turbin yang sesuai. Dengan adanya rancang bangun sistem turbin diharapkan bisa memaksimalkan pemanfaatan terhadap sumber energi air sebagai energi terbarukan daerah kecil pada kawasan pertanian dan sungai.

Kata Kunci: Aliran Rendah, Generator, PLTMH, Sistem Software, Turbin Crossflow

ANALYSIS OF TURBINE SYSTEM DESIGN FOR MICROHYDRO POWER GENERATION IN LOW FLOW RICE POWDER IRRIGATION AREA

Abstract

This research was conducted to determine the potential of renewable energy sources in Indonesia. One of the renewable energy sources in Indonesia is water energy. The use of water energy is widely applied to the concept of hydroelectric power plants (PLTA) or micro-hydro power plants (PLTMH). Apart from knowing the potential of renewable energy sources, this research aims to further examine the characteristics of turbine system design. The design of the turbine system used in MHPs has certain characteristics depending on the flow area in which the microhydro power plant is being built. The shape of the turbine greatly influences the production of hydroelectric energy, because the shape of the turbine will determine the rotation results of a generator. The characteristic of a turbine that is suitable for low flow rice irrigation is a Crossflow type turbine. A crossflow turbine is a turbine that has good efficiency to be applied to low flows such as rice field irrigation. In this research, literature review and research development methods were used as the main components, by comparing literature related to the research conducted. After conducting a literature review, a simple design will be carried out using a software system to adjust the appropriate turbine design. With the design of the turbine system, it is hoped that it can maximize the use of water energy sources as renewable energy for small areas in agricultural areas and rivers.

Keywords: Low Flow, Generator, PLTMH, Software System, Crossflow Turbine

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan sebuah kebutuhan yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia. Setiap manusia memerlukan sebuah energi listrik untuk melakukan sebuah kegiatan atau aktivitas tertentu [1]. Energi listrik banyak dimanfaatkan sebagai sumber energi pembangkit atau sumber utama dalam industri, teknologi, dan internet dalam pemanfaatan energi listrik di Indonesia masih dalam taraf belum maksimal [2]. Dalam artian pemanfaatan energi listrik hanya didominasi daerah perkotaan sedangkan daerah terpencil dan pelosok masih belum bisa memaksimalkan potensi pemanfaatan energi listrik [3]. Di sisi lain keberadaan sebuah energi listrik sangat penting untuk proses pembangunan dan proses kesejahteraan di era modern dalam mengembangkan infrastruktur seperti bangunan, alat canggih dan sebagainya. Maka dari itu sebuah energi listrik harus memadai untuk menstabilkan sebuah pembangunan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan sosial. Kebutuhan energi listrik pada zaman sekarang adalah hal yang wajib terpenuhi sebagai sumber kehidupan dalam masyarakat modern. Energi listrik dapat dikembangkan berbagai macam pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan yang variatif contohnya seperti pembangkit listrik tenaga uap, pembangkit listrik tenaga matahari atau panel surya, pembangkit listrik tenaga air/mikrohidro [4]. Antara pembangkit listrik tenaga air dan mikrohidro memiliki perbedaan diantaranya adalah untuk pembangkit listrik tenaga air memiliki definisi dan kinerja pada aliran air bebas (sungai aliran deras dan rendah, irigasi air, bendungan) sedangkan pembangkit listrik tenaga mikrohidro lebih berfokus kepada pemanfaatan sungai kecil beraliran rendah untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan Listrik [5].

Pembangkit listrik adalah sebuah inovasi yang dikembangkan untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti angin, matahari, dan air [6]. Dalam pemanfaatan air sebagai sumber energi dapat dikembangkan sebagai pembangkit listrik tenaga air (PLTA) atau dalam skala pembangkit kecil disebut dengan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). PLTA/PLTMH adalah pembangkit listrik yang mengandalkan sumber energi terbarukan (air) sebagai komponen

utama[7]. Mekanisme kerja dari PLTA/PLTMH hampir sebagian besar sama yaitu memanfaatkan energi potensial dan energi mekanik dari air untuk menghasilkan energi listrik[8]. Efisiensi pembangkit listrik tenaga air dipengaruhi oleh jumlah debit air dan juga deras aliran suatu sungai atau irigasi. Semakin stabil debit air maka energi listrik yang dihasilkan juga akan lebih efisien [9]. Pembangkit listrik tenaga air juga dipengaruhi oleh bentuk dari aliran sungai, ketika aliran sungai rendah dan stabil sepanjang tahun maka energi listrik yang dihasilkan akan maksimum [10]. Pada pembangkit listrik tenaga air didapati sebuah komponen turbin dan sebuah generator. Komponen ini akan mempengaruhi efektivitas dari pembangkit listrik tenaga air.

Turbin adalah suatu komponen dari pembangkit listrik tenaga air penggerak mula yang mengubah energi potensial menjadi energi kinetik[11]. Energi kinetik ini nantinya akan berubah menjadi energi mekanik melalui poros turbin [12]. Turbin memiliki beberapa jenis diantaranya adalah *turbin impulse* dan *turbin reaksi*. Turbin impulse merupakan turbin dengan karakteristik kecocokan dengan daerah aliran rendah (volume air rendah dan head air tinggi) contoh dari turbin impulse ini adalah turbin crossflow. Sedangkan turbin reaksi merupakan turbin dengan karakteristik kecocokan dengan daerah head rendah dan volume air tinggi contoh dari turbin reaksi adalah turbin Francis dan turbin propeller(kaplan) [13].

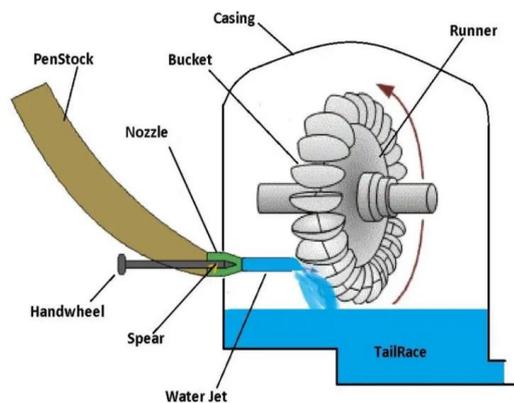
Generator adalah sebuah komponen yang dapat menghasilkan listrik dari suatu energi mekanis [14]. Generator bekerja menggunakan prinsip induksi elektromagnetik [15]. Dimana induksi elektromagnetik ini dapat diartikan sebagai gejala timbulnya arus listrik pada penghantar listrik yang disebabkan oleh perubahan medan magnet disekitar kawat penghantar [1]. Generator terbagi menjadi 2 jenis menurut jenis arus listriknya, yaitu generator listrik arus searah dan generator arus bolak balik [16]. Pada generator terdapat sebuah efisiensi, dimana efisiensi ini akan mempengaruhi kinerja dari sebuah pembangkit listrik.

Turbin crossflow adalah sebuah komponen yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga air dalam skala kecil (mikrohidro) atau PLTA yang dikategorikan sebagai turbin air aliran bebas dengan tinggi terjun sedang

atau rendah. Pada turbin crossflow terdapat sebuah roda air roda air ini memiliki panjang yang bergantung pada banyak sedikitnya air yang ditampung/ditangkap.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada studi pendahuluan/kajian literatur. Studi pendahuluan/Kajian literatur akan berfokus kepada pencarian beberapa literatur dan informasi yang berhubungan dengan penelitian agar dapat dijadikan dasar yang valid [17]. Perencanaan dimulai dari menganalisis daerah yang akan dijadikan objek penerapan desain turbin. Penulis menggunakan sistem rencana desain turbin jenis crosflow, dikarenakan turbin jenis ini cocok diterapkan pada aliran yang rendah seperti aliran irigasi pertanian.



Gambar 1. Turbin Crosflow

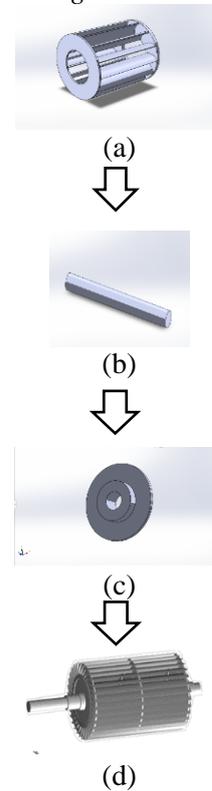
Setelah perencanaan awal selesai, langkah selanjutnya adalah menyiapkan perangkat yang digunakan sebagai desain. Alat yang perlu dipersiapkan adalah laptop dengan spesifikasi penyimpanan besar, tetapi dalam penelitian ini laptop yang digunakan memiliki spesifikasi penyimpanan internal 256 GB serta dilengkapi dengan windows 11. Selain laptop, juga diperlukan perangkat aplikasi solidworks dengan spesifikasi aplikasi (ukuran 15GB, tahun keluaran 2022).

Pengembangan produk

Pengembangan produk ini memerlukan beberapa tahap, diantaranya adalah pembuatan desain turbin, yang kedua adalah pembuatan poros pada turbin crossflow, dan yang terakhir adalah penggabungan antara komponen turbin dan porosnya. Untuk proses mekanisme

perancangan desain turbin akan ditunjukkan melalui *Implementation System Diagram*.

Implementation diagram



Gambar 2. Diagram desain Turbin

- a. Menunjukkan desain tahap awal dari turbin crossflow.
- b. Menunjukkan desain tahap kedua dari desain turbin yaitu membuat poros dan ring untuk turbin.
- c. tahap akhir dari desain turbin yaitu penggabungan desain turbin tahap awal dengan desain turbin tahap kedua

Analisis awal dan Pembahasan

Menjelaskan mengenai kelebihan dan kekurangan pada desain yang telah dibuat, serta apa perbedaan yang membedakan desain yang telah dibuat dengan desain lain. Pada analisis awal ini juga akan dibahas mengenai target uji coba secara umum untuk menguji inovasi yang telah dibuat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis dari beberapa penelitian yang telah dikaji, perancangan desain turbin crossflow berjalan dengan baik.. Perancangan turbin crossflow ini memiliki

beberapa kelebihan diantaranya adalah turbin crossflow cocok diterapkan pada daerah aliran rendah seperti irigasi pertanian/sawah, untuk turbin crossflow ini dapat digunakan pada sistem air yang bersih gravitasi. Untuk kekurangannya sendiri turbin ini memiliki kekurangan yang sama dengan turbin yang lain yaitu memerlukan aliran air yang stabil untuk memutar turbin dan menghasilkan sebuah energi listrik. Prinsip kerja dari turbin crossflow adalah bekerja secara radial dengan turbin bertekanan kecil dengan injeksi tangensial dari putaran kipas dengan poros kipas yang horizontal. Desain yang telah dibuat merupakan desain sederhana yang cocok untuk diterapkan dan dibuat oleh para engineer pembangkit listrik tenaga air.

Turbin crossflow memiliki beberapa karakteristik yang dinyatakan dalam konstanta, dimana karakteristik ini penting diperhatikan sebelum merancang turbin air. Untuk karakteristiknya adalah. Untuk rasio kecepatan (r_{nc}) turbin crossflow bisa didapatkan dari perbandingan antara keliling linier turbin dibagi kecepatan teoritis air melalui curat dengan tinggi terjun sama dengan tinggi terjun yang bekerja pada turbin. Pada kecepatan spesifik (kecepatan turbin model) turbin crossflow dipakai tanda batasan untuk membedakan tipe roda turbin dan umumnya digunakan sebagai suatu besaran yang penting untuk rancang bangun turbin air. Tinggi jatuh air (*head*) dimana variabel head ini menyatakan ketinggian vertical dimana air jatuh yang dinyatakan dengan satuan (meter). Debit dimana debit penting untuk diperhitungkan untuk menganalisis karakteristik volume dari suatu sungai, dimana debit yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Kecepatan satuan (Nu) dimana kecepatan putar turbin yang mempunyai diameter (D) satu satuan panjang dan bekerja pada tinggi terjun [18].

Turbin crossflow memiliki komponen yang disebut dengan generator. Generator adalah suatu komponen dalam turbin air yang memiliki fungsi sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dimana koversi energi yang terjadi pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (turbin crossflow) berlangsung melalui medium medan magnet. Untuk instalasi PLTMH dapat digunakan generator sinkron dan generator induksi [19].

Generator yang berperan dalam turbin crossflow adalah generator sinkron dan generator induksi. Dimana kedua generator ini memiliki pengertian yang berbeda. Untuk generator sinkron (alternator) adalah mesin listrik yang memiliki fungsi sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan perantara induksi medan magnet. Sedangkan generator induksi adalah mesin induksi yang bekerja sebagai generator, oleh karena itu beberapa mesin induksi memiliki persamaan konstruksi yang sama untuk generator maupun untuk motor[20].

KESIMPULAN

Hasil akhir yang diperoleh dari penelitian yang telah dikaji adalah desain turbin yang telah dibuat merupakan desain yang baik dalam memanfaatkan sumber energi terbarukan terutama energi air. Tetapi perlu diketahui bahwa dalam perancangan desain turbin diperlukan spesifikasi perangkat yang baik (laptop dengan kualitas penyimpanan besar). Perancangan sistem turbin ini cocok untuk diterapkan pada daerah irigasi sawah/pertanian untuk menghasilkan sumber listrik, dengan perancangan ini otomatis sungai atau irigasi yang dibuat tempat tata letak turbin PLTMH juga diharapkan dapat menjaga kebersihan aliran sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. F. A. Hakim, "Pelatihan Penggunaan Listrik Hemat Energi Di Lingkungan Smk Negeri 4 Bandung," *J. Dharma Bhakti Ekuitas*, vol. 7, no. 1, pp. 10–15, 2022, doi: 10.52250/p3m.v7i1.551.
- [2] H. J. Habibi, N. C. Hasyim, and M. N. Hariri, "Rancang Bangun Kendali AC Laboratorium Komputer Prodi Teknik Informatika Menggunakan Arduino Berbasis Website," *J. Pengelolaan Lab. Pendidik.*, vol. 3, no. 2, pp. 86–91, 2021, doi: 10.14710/jplp.3.2.86-91.
- [3] A. Mulkan, "Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Sumber Pembangkit Energi Listrik," *J. Ilm. Tek. Unida*, vol. 3, no. 1, pp. 74–83, 2022.
- [4] M. Muslim and M. Ariska, "PENGEMBANGAN MODUL PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DASAR BERBASIS PROYEK UNTUK

- MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA,” 2020.
- [5] H. Prasetijo, W. H. Purnomo, and M. I. Zulfa, “Pemanfaatan Potensi Daya Listrik Dan Instalasi Turbin-Generator Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro,” vol. 3, no. 4, pp. 565–574, 2023.
- [6] R. Putri *et al.*, “Pembangkit Listrik Tenaga Bayu sebagai Sumber Alternatif pada Mesjid Tengku Bullah Universitas Malikussaleh,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, 2022, doi: 10.30596/rele.v5i1.10788.
- [7] N. R. Sari, S. Sudarti, and Y. Yushardi, “Analisis Pemanfaatan Pltmh Di Pondok Pesantren Nahdlatut Thalibin Kabupaten Probolinggo,” *JUPE J. Pendidik. Mandala*, vol. 7, no. 2, pp. 443–449, 2022, doi: 10.58258/jupe.v7i2.3509.
- [8] A. Rahim, I. C. Gunadin, and ..., “Studi Koordinasi Relai Arus Lebih Pada Sistem Proteksi Generator dan Transformator PLTA Bakaru,” *J. Eksitasi ...*, vol. 2, no. 1, pp. 12–18, 2023.
- [9] A. Lukman, R. Harahap, and A. T. Hardianto, “ANALISA DEBIT AIR UNTUK KAPASITAS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PEUSANGAN I TAKENGON KABUPATEN ACEH TENGAH,” *J. Tekrik Sipil*, vol. 2, no. 1, pp. 64–67, 2023.
- [10] S. S. Hidayat, A. R. Rochmatika, and T. Prahara, “Pemanfaatan Aliran Sungai Menggunakan Plta Mini Untuk Penerangan Jalan Dan Area Pondok Lansia Al Maa’Uun Wonosobo,” *Pros. Semin. Has. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, vol. 4, no. 1, pp. 231–237, 2022.
- [11] Y. A. Dewangga, N. Kholis, F. Baskoro, and S. I. Haryudo, “Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air,” *Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 71–76, 2022.
- [12] A. Murtadho and V. Yusiana, “Rancang Bangun Turbin untuk PLTMH di Jalan Bintara Sungai Duren Kecamatan Jambi Luar Kota Kabupaten Muaro Jambi,” *J. Electr. Power Control Autom.*, vol. 2, no. 1, pp. 25–28, 2019, doi: 10.33087/jepca.v2i2.27.
- [13] A. Jakfar, M. Fatah, and A. L. A. R., “Modification of Kaplan Turbine with Variation of Guide Angle (Guide Vanes) to Generate Electric Power Modifikasi Turbin Kaplan Dengan Variasi Sudut Sudu Pengarah (Guide Vanes) Untuk Menghasilkan Daya Listrik,” *J. Mech. Electrical Ind. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 269–282, 2022.
- [14] R. Yaksyah, D. A. Pratama, and S. Muslimin, “Desain Generator Listrik yang Terintegrasi dengan Aplikasi IoT (Internet of Things),” *Teknika*, vol. 16, no. x, pp. 1–7, 2022.
- [15] A. Zakaria, I. S. Wahyuni, M. Satriawan, O. Saputra, and M. Habibulloh, “Pengembangan Media Pembelajaran ARDI (AR-Digital Book) Berbasis Augmented Reality 3D Animated Pada Materi Induksi Elektromagnetik,” vol. 12, no. 2, pp. 54–64, 2023.
- [16] R. P. Reza, “Perencanaan Motor Bakar Diesel Drngan Daya 824 Hp Untuk Menggerakkan Generator Listrik Dengan Kapasitas 512’5 Kva,” *J. Persegi Bulat*, vol. 1, no. 2, pp. 38–46, 2022, doi: 10.36490/jurnalpersegibulat.v1i2.570.
- [17] R. Vhalery, A. M. Setyastanto, and A. W. Leksono, “Kurikulum Merdeka Belajar Kampus Merdeka: Sebuah Kajian Literatur,” *Res. Dev. J. Educ.*, vol. 8, no. 1, p. 185, 2022, doi: 10.30998/rdje.v8i1.11718.
- [18] Z. Saleh, Y. Apriani, F. Ardianto, and R. Purwanto, “ANALISIS KARAKTERISTIK TURBIN CROSSFLOW KAPASITAS 5 kW,” *J. Surya Energy*, vol. 3, no. 2, p. 255, 2019, doi: 10.32502/jse.v3i2.1484.
- [19] A. J. Yanda, S. Abubakar, and Radhiah, “Perancangan turbin cross-flow pada pembangkit listrik tenaga pico hydro (PLTPH) di desa wih tenang uken bener meriah,” *J. Tektro*, vol. 5, no. 1, pp. 69–76, 2021.
- [20] M. Farhan, “Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Generator Unit 2 Pltmh Curug,” *J. Simetrik*, vol. 11, no. 1, pp. 398–403, 2021, doi: 10.31959/js.v11i1.653.