

Analisis Karakteristik Daya Output *Inverter* Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Kecil Menggunakan *Arduino*

Muchsin Harahap¹, Andri Syaputra¹, Suherman^{2*}

¹Prodi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Tanjungbalai

Jln. Sei Raja Kel. Sei Raja, Kecamatan Sei Tualang Raso – Kota Tanjungbalai

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Jln. Muchtar Basri No. 3 Glugur Darat – Sumatera Utara

*E-mail: suherman.me.umsu@gmail.com

Diajukan: 21-10-2022; Direvisi: 12-04-2023; Dipublikasi: 20-04-2023

Abstrak

Daerah pesisir dimana banyak ditemukan aliran sungai kecil dan irigasi yang menuju ke muara sungai merupakan potensi untuk bisa dijadikan pembangkit listrik mikrohidro dengan skala kecil. Dengan menggunakan turbin *archimedes* dan perkembangannya. Banyak variabel dari turbin *screw* yang perlu diperhatikan secara seksama seperti debit air, laju air, turbin, sudut poros turbin dengan sudut kemiringan tertentu. Adapun tujuan penelitian ini untuk menghasilkan daya *output* dengan menggunakan *arduino* untuk menganalisis karakteristik daya output. Dari hasil penelitian yang dilakukan maka daya maksimal diperoleh sebesar 18,72 W pada sudut kemiringan 45⁰, kecepatan dengan nilai 269,53 rpm, debit air dengan nilai 1,133 m³/s dan laju kecepatan air dengan nilai 3,846 kg/s.

Kata kunci: Debit air; Turbin *screw*; Generator; *Inverter*; *Arduino*

Abstract

Coastal areas where many small rivers flow and irrigation leads to river mouths are potentials that can be used as micro-hydro power plants on a small scale. By using the Archimedes turbine and its development. Many variables of screw turbines that need to be considered carefully such as water discharge, water rate, turbine, turbine shaft angle with a certain tilt angle. The purpose of this research is to produce output power which is good to use Arduino which aims to analyze the characteristics of the output power. From the results of the research conducted, the maximum power obtained is 18.72 watts at an angle of 45⁰, rpm speed with a value of 269.53 rpm, water discharge with a value of 1.133 m³/s and water velocity with a value of 3.846 kg/s.

Keywords: Water discharge, Screw turbine, Generator, Inverter, Arduino

1. Pendahuluan

Turbin air tipe ulir (*screw*) merupakan salah satu tipe turbin air yang memiliki potensi pembangkit listrik ukuran skala kecil/rendah dan ramah lingkungan [1]. Prinsip kerja turbin *screw* yaitu menggunakan prinsip kebalikan dari pompa dan memanfaatkan daya aliran yang tersedia untuk produksi energi dalam *head* yang rendah [2]. Untuk jenis turbin ini sesuai untuk sungai yang memiliki *head* kurang dari 5 meter atau saluran irigasi. Hal ini sangat berpotensi untuk memanfaatkan tenaga air skala kecil/rendah untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Dengan debit yang kecil dan *head* yang rendah bisa digunakan untuk membangkitkan energi listrik menggunakan turbin *screw archimedes* di aliran irigasi kecil [3].

Inverter merupakan salah satu komponen penting pada pembangkit air dengan skala kecil. Dimana *inverter* berperan sebagai membangkitkan tegangan kecil DC menjadi tegangan besar AC. Struktur kerja rangkaian dari *inverter* fasa tunggal terdiri dari setengah jembatan, jembatan penuh, dan struktur tiga tingkat [4]. Terdapat beberapa teknik penyaklaran pada *inverter* satu fasa dan tiga fasa. Jenis *inverter* yang digunakan sistem jembatan penuh (*full bridge*) dan menggunakan metode *push full* pada *inverter* bertujuan untuk memberikan tegangan penuh pada daya *output* [5].

Penerapan *arduino* pada *inverter* digunakan untuk pembangkit pulsa, pulsa yang dihasilkan akan memicu *switch* pada rangkaian *inverter* untuk bekerja. Pelaksanaan penelitian ini menerapkan pengaturan *pulse width modulation*

(PWM) agar dapat menghasilkan karakteristik daya *output inverter* dengan gelombang keluaran sinus murni bertegangan 220 Volt dan gelombang sinus murni pada frekuensi 50 Hz. Pengaturan PWM akan dikontrol dan di-*monitoring* oleh *arduino* dengan tujuan untuk menganalisis karakteristik daya *output* maksimum [6]. Hasil karakteristik tersebut dilakukan dengan model simulasi *software* dan numerik untuk mendapatkan hasil optimal.

Turbin screw archimedes digerakkan oleh dua gaya yaitu berat air dan tekanan hidrostatis. Dimana pendorong utama yang memutar turbin archimedes adalah gerakan air yang mengalir di ruang dalam turbin *screw archimedes*. Di Selain itu, gerakan air disebabkan oleh gaya gravitasi dengan pergerakan putaran turbin memiliki arah yang berlawanan. Ini adalah alasan utama *turbin screw archimedes* digerakkan oleh tekanan hidrostatis oleh air [7].

Terdapat beberapa istilah yang sering digunakan pada turbin *archimedes* yakni: (1) *Pitch*, yaitu panjang atau jarak tempuh benang masing-masing waktu satu putaran atau satu periode; (2) *Chutes*, yaitu ruang yang dibatasi oleh dua bilah yang berdekatan; (3) *Bucket*, yaitu tempat volume air yang menempati dan mengalir dalam peluncuran setiap kali putaran atau periode.

Pada penelitian sebelumnya [8] menggunakan turbin *screw* yang di atur pada sudut kemiringan poros turbin. Turbin *screw archimedes* menjadi dua jenis klasifikasi dengan tipe *closed compact installation* dan jenis *steel trough*. Jenis *closed compact installation* adalah jenis turbin dimana seluruh instalasi tertutup sedangkan Turbin *screw* tipe *steel trough* memiliki perbedaan yaitu seluruh bagian sudu dan bilah sudunya terbuka [9]. Gambar 1 menunjukkan kedua jenis turbin tersebut.



Gambar 1. (a) Tipe *steel trough* dan (b) Tipe *closed compact installation*

Daya yang dikeluarkan oleh turbin dapat ditentukan dengan persamaan Persamaan (1).

$$P_w = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \quad (1)$$

dimana ρ ialah massa jenis air (kg/m^3), g adalah percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$), h adalah *head* air jatuh dari sumber (m) dan Q adalah laju aliran air volumetrik (m^3/s). Daya mekanik P_s yang tersedia pada poros turbin dapat ditentukan dengan mengukur torsi T pada kecepatan sudut yang sesuai ω . Torsi ditentukan dengan mengukur gaya tangensial F pada rem kuda dengan momen radius r dari puli pada persamaan Persamaan 2.

$$T = F \cdot r \quad (2)$$

Untuk menunjukkan seberapa efektif efisiensi mekanis turbin yanik energi kinetik yang tersedia dari air diubah menjadi gerakan turbin dapat di lihat pada Persamaan 3.

$$P_s = T \cdot \omega = T \frac{2\pi n}{60} \quad (3)$$

Efisiensi pada turbin dapat dihitung dengan Persamaan 4.

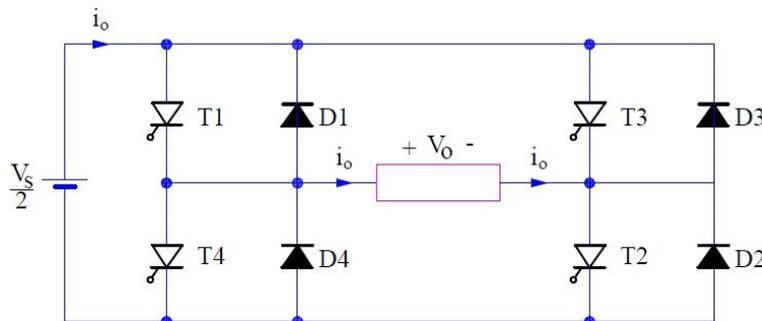
$$n_m = \frac{P_s}{P_w} \quad (4)$$

1.1. Inverter

Inverter merupakan rangkaian elektronika yang bersifat mengubah arus searah menjadi arus bolak baik. *Inverter* yang digunakan untuk penelitian ini adalah jenis *inverter full bridge*. Hal ini digunakan untuk menjaga kestabilan tegangan dan arus sehingga daya *output* menjadi stabil [10]. Pada penelitian ini penggunaan *inverter full bridge* diaplikasikan pada daya besar dengan nilai tegangan yang harus dinaikkan sehingga bisa dimanfaatkan untuk menyuplai beban yang bervariasi [11]. Besar frekuensi dilakukan mengatur periode gelombang keluaran pada Persamaan 5. Dimana f adalah frekuensi (Hz) dan T adalah periode (detik).

$$f = \frac{1}{T} \quad (5)$$

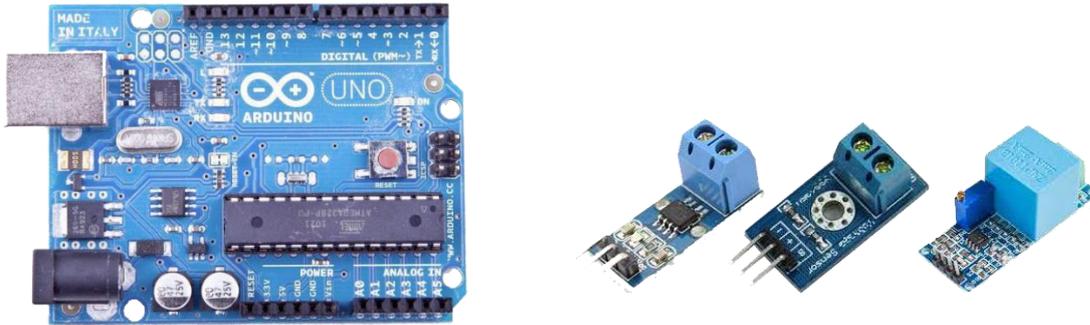
Skematik rangkaian dasar *inverter full bridge* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Full bridge inverter [12]

1.2. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan sistem *board mikrokontroler* menggunakan *ATmega328*. *Arduino* memiliki bahasa pemrograman khusus dengan bahasa hampir sama dengan bahasa *C*. Mekanisme struktur pemrograman *arduino* dimulai dari menulis program kemudian meng-*compile* selanjutnya proses unggah program, yaitu mengisikan program kedalam memori program *arduino* [13-14]. Untuk dapat menjalankan *arduino* pada penelitian ini, dibutuhkan beberapa sensor tegangan, arus yang akan di hubungkan ke *arduino* melalui *coding* program. Adapun bagian struktur tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 .



Gambar 3. Arduino Uno dan sensor

2. Material dan Metode

Tahapan penelitian yang dilaksanakan dijelaskan sebagai berikut.

2.1. Tahapan Pembuatan Turbin Screw

Mendesain turbin screw dilakukan dengan menggunakan *Software SOLIDWORKS*. Rangka turbin terbuat dari *mild steel hollow* dengan ukuran 20 x 20 mm disambung menggunakan proses pengelasan SMAW. Adapun hasil desain turbin seperti disajikan pada Gambar 4.



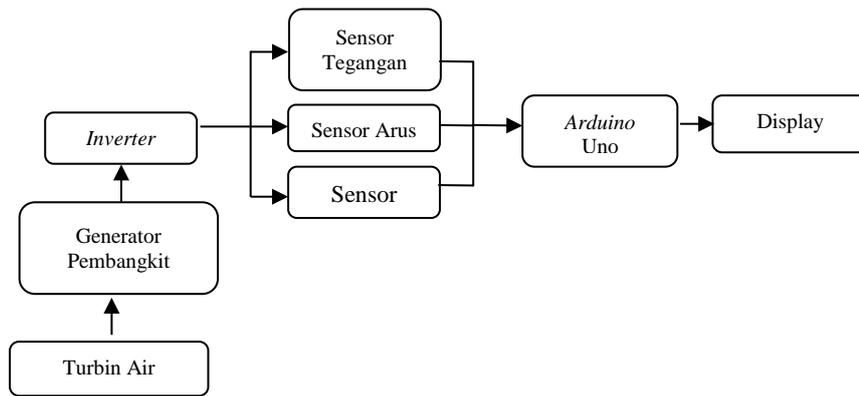
Gambar 4. Pembuatan turbin screw

2.2. Tahapan Pembuatan Sirkuit Diagram Kelistrikan

Membuat rangkaian sirkuit diagram pada penelitian ini dengan urutan: (1) Mendesain model rangkaian sirkuit diagram dengan menggunakan aplikasi komputer; (2) Hasil dari rangkaian tersebut akan dicetak dan dirangkai perancangan pembuatan dalam bentuk fisik; (3) Uji coba secara bertahap untuk mendapatkan nilai yang optimal pada pelaksanaan perancangan tersebut.

2.3. Tahapan Penentuan Parameter Pengukuran

Tahapan ketiga pada penelitian ini ialah pengujian untuk parameter yang diukur seperti tegangan, arus, daya dan kecepatan air diamati menggunakan flow meter. Untuk putaran pada poros turbin diukur dengan menggunakan tachometer dan diukur dengan menggunakan avometer digital dan menggunakan *arduino* dengan sudut kemiringan 30°, 35°, 40°, 45°. Gambar 5 menunjukkan tahapan rancangan penelitian.



Gambar 5. Perancangan Penelitian

3. Hasil dan pembahasan

Pengujian ekspemerintal turbin akan dilakukan tahapan pengambilan data pada turbin yang dibuat. Untuk penelitian ini menggunakan 4 buat sudut pengambilan data yaitu sudut 30°, 35°, 40°, 45° pada Gambar 6.

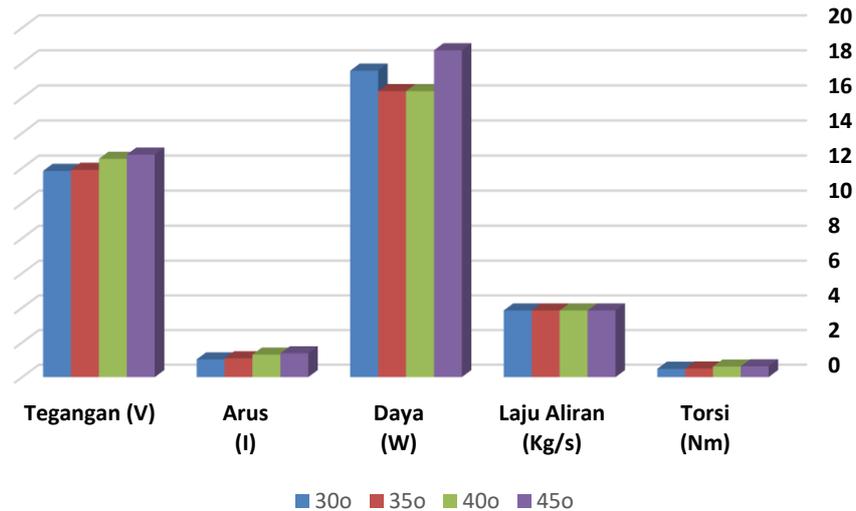


Gambar 6. Prototipe turbin *screw* dengan *arduino*

Parameter yang diukur pada pengujian kelistrikan ini adalah laju aliran, tegangan, arus, daya, torsi, kecepatan (rpm) dan efisiensi turbin. Adapun data hasil sebagaimana disajikan pada Tabel (1). Gambar 7 menunjukkan hasil dan karakteristik daya *output* yang dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 1. Hasil pengujian kelistrikan yang dihasilkan pada turbin

No	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Laju Aliran (kg/s)	Torsi (Nm)	Kecepatan (rpm)
1	30°	11,837	1,023	17,557	3,846	0,480	240,00
2	35°	11,900	1,083	16,390	3,846	0,494	248,97
3	40°	12,527	1,300	16,390	3,846	0,609	257,33
4	45°	12,770	1,373	18,720	3,846	0,622	269,53



Gambar 7. Nilai Karakteristik daya output turbin *screw*

Parameter pengujian eksperimental mesin dilakukan dan pengambilan data pengukuran debit, torsi, daya mekanis, daya hidrolis dan efisiensi turbin. Hasil pengujian eksperimental dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian eksperimental turbin screw archimedes

No	Sudut	Laju Aliran (kg/s)	Debit (m ³ /s)	Torsi (Nm)	Daya Mekanis (W)	Daya Hidrolis (W)
1	30°	3,846	1,032	17,557	9,810	40,496
2	35°	3,846	1,042	16,390	9,918	45,034
3	40°	3,846	1,061	16,390	10,086	49,960
4	45°	3,846	1,133	18,720	10,773	55,590

4. Kesimpulan

Kesimpulan dapat ditarik dari penelitian ini yaitu pada turbin *screw* skala kecil dapat diuraikan bahwa desain dan rancang bangun turbin dengan poros *screw* ukuran panjang 1,2 m dan diameter bilah 260 mm telah dilakukan. Pengambilan data diambil dengan sudut kemiringan 30°, 35°, 40°, 45° dengan 3 kali pengambilan data pada tiap sudut kemiringan. Dari hasil penelitian yang dilakukan aya maksimal diperoleh sebesar 18,72 W pada sudut kemiringan 45°, kecepatan dengan nilai 269,53 rpm, debit air dengan nilai 1,133 m³/s dan laju kecepatan air dengan nilai 3,846 kg/s. Dalam penelitian sebelumnya dengan menggunakan turbin *archimedes*, didapatkan debit air 0,0065 m³/s, arus sebesar 10,4 V, putaran turbin sebanyak 243 rpm [8]. Sedangkan dalam penelitian lainnya bahwa sudut sudu turbin *archimedes screw* dipengaruhi oleh sudut kemiringan turbin, *pitch ratio*, dan jumlah sudu. Hal ini merupakan kesimpulan bahwa nilai parameter kemiringan sudut yang besar, membuat daya dan efisiensi akan menurun, disebabkan oleh aliran air akan mulai keluar dari jalur kanal yang dapat terkonversi menjadi daya turbin. Dalam penelitian ini, nilai sudut kemiringan yang paling efisien adalah sudut 28°. Untuk kemiringan *head* yang efisien, sudut kemiringan 40° memiliki debit air 0,4901 m³/s, nilai *head* 5 m. Potensi daya yang dibangkitkan didapat sebesar 13,556 Kw [15-16].

Ucapan terima kasih

Dengan penuh rasa syukur penulis menyampaikan dan mengucapkan terima kasih dengan sebesar besarnya kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah memberikan pendaan penelitian dosen pemula pada tahun 2022. Semoga dengan adanya pendanaan ini memberikan semangat dan motivasi kepada peneliti lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] P. Taylor, G. Müller, and J. Senior, “Simplified theory of Archimedean screws Simplified theory of Archimedean screws Théorie simplifiée de la vis d ’ Archimède,” *J. of Hydraulic Res.*, vol. 47, no. December 2014, pp. 37–41, 2010, doi: 10.3826/jhr.2009.3475.
- [2] K. Kashyap, R. Thakur, S. Kumar, and Rajkumar, “Identification of Archimedes Screw Turbine for Efficient Conversion of Traditional Water Mills (Gharats) into Micro Hydro-power Stations in Western Himalayan Regions of India : An Experimental Analysis,” *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 10, no. 3, pp. 1452–1463, 2020.
- [3] M. A. Bustomi, B. Indarto, and D. Ramazhoni, “Characteristics Analysis of Archimedes Screw Turbine Micro Hydro Power Plants with Variations in Water Discharge Characteristics Analysis of Archimedes Screw Turbine Micro Hydro Power Plants with Variations in Water Discharge,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1805, no. March, pp. 1–9, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1805/1/012029.
- [4] A. Al, S. Bandri, A. Y. Dewi, A. Syofian, and T. E. Padang, “Effective Power Output Single Phase *Inverter* Design in Home Scale Application with *Arduino* Microcontroller as Control Pulse,” *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 26, no. 2, pp. 103–106, 2015.
- [5] D. Santoso and L. H. Pratomo, “The Voltage Control in Single-Phase Five- Level *Inverter* for a Stand-Alone Power Supply Application,” *J. Robot. Control*, vol. 2, no. 5, pp. 421–428, 2021, doi: 10.18196/jrc.25117.
- [6] M. Youssef, C. Boubahri, F. Aloui, and S. Fetni, “Simulation and design of a single phase *inverter* with digital PWM issued by an *Arduino* board,” *Int. J. Eng. Tech. Res.*, vol. 2, no. August, pp. 1–8, 2020, doi: 10.17577/IJERTV9IS080237.
- [7] D. Adanta and M. H. G. Syafei, “Development of Archimedes Turbine Research : Review Article,” *Pros. SNTTM XVI*, vol. 16, no. 2, pp. 177–181, 2017
- [8] R. Rahmawaty, S. Suherman, S. Dharma, and A. Sai’in, “Kajian Eksperimental pada Turbin Screw Archimedes Skala Kecil,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 1, p. 95, 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i1.3065
- [9] C. Z. Rosly, U. K. Jamaludin, N. S. Azahari, M. A. Nik, A. N. Oumer, and N. T. Rao, “Parametric Study On Efficiency Of Archimedes Screw Turbine,” *ARPJ Journal Eng. Scinece*, vol. 11, no. 18, pp. 10904–10908, 2016
- [10] R. A. Umar, K. B. Adam, B. S. Aprillia, and U. Telkom, “Perancangan *inverter* tenaga surya on grid satu fasa,” *Ridho Alfayet Umar, Ridho Alfayet Umar, Bandiyah Sri April.*, pp. 1–8, 2019.
- [11] R. A. Sukmayuwana, T. Hardianto, and W. Hadi, “Kontrol Tegangan *Inverter* Full Bridge Satu Fasa Berbasis *Arduino* Uno R3 Menggunakan Kontrol PID,” *Arus Elektro Indones.*, pp. 22–26.
- [12] Electricalbaba, “Single Phase Full Bridge Inverter Explained - Electrical Concepts,” <https://electricalbaba.com>, 2020. <https://electricalbaba.com/single-phase-full-bridge-inverter-explained/> (accessed Apr. 18, 2023) .
- [13] D. Setiawan, H. Eteruddin, and Arlenny, “Desain dan analisis *inverter* satu fasa berbasis *arduino* menggunakan metode spwm,” *J. Tek.*, vol. 13, no. 2, pp. 128–135, 2019
- [14] A. Rajagukguk and R. Kurniawan, “Design *Inverter* SPWM Tow Frequency Based Soil Moisture Sensor Using

Arduino,” *Antonius Rajagukguk*, vol. 4, no. 2, pp. 163–168, 2021.

- [15] F. Baskoro, M. N. Karim, M. Widyartono, and S. Haryudo, “Kajian Kemiringan Blade Dan Head Turbin Archimedes Screw Terhadap Daya Keluaran Generator Ac 1 Phase 3 Kw,” *J. Tek. ELEKTRO*, vol. 10, no. 1 SE-Artikel, Dec. 2020, doi: 10.26740/jte.v10n1.p219-228.
- [16] A. Nurdin and dwi aries Himawanto, “Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw Pada Head Rendah,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 9, pp. 783–796, Nov. 2018, doi: 10.24176/simet.v9i2.2340.