

PEMANFAATAN ENERGI AIR PADA *TAIL RACE* PLTMH UNTUK MENGERAKKAN TURBIN RODA AIR

Firman¹⁾, Muhammad Anshar¹⁾, Muhammad Ruswandi Djalal¹⁾ dan Tri Susilo Wirawan¹⁾

¹ Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl Perintis Kemerdekaan KM.10, Makassar, 90245
Email : firman@poliupg.ac.id

Abstract

This research aims to create a pico-hydro design for the tailrace of the Tombolo Energi Micro Hydro Power Plant (PLTMH) in the Gowa Regency of South Sulawesi Province. The undershot waterwheel design is carried out through ANSYS simulation software. Several parameters are inputted, namely: water velocity of 0.8 m/s, water discharge of 1.9 m³/s, tailrace channel width of 2 meters, water depth of 1.2 meters, and tailrace channel length of 13.75 meters. Subsequently, simulations are conducted to obtain the values of angular velocity (ω), ω (1/s), torque parameters (Γ) in Newton-meters, turbine wheel diameter (d) in meters, blade width (m), and the number of turbine blades. The turbine design results are as follows: water wheel width (L) of 1 meter, outer diameter (Do) of 2 meters, inner diameter (Di) of 1.6 meters, and 10 blades. The simulated output power is 13,525 Watts or 13.5 kW, with an undershot waterwheel efficiency of 22.5%.

Keywords: *hydro turbine, tailrace, micro hydro power plant.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan membuat desain pikohidro pada Tailrace PLTMH PT Tombolo Energi Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Desain kincir air undershot dilakukan melalui simulasi software ansys. Kemudian menginput beberapa parameter yaitu: kecepatan air sebesar 0,8 m/s, debit air sebesar 1,9 m³/s, lebar saluran tailrace 2 meter, kedalaman air 1,2 meter, dan panjang saluran tailrace 13,75 meter. Selanjutnya dilakukan simulasi untuk mendapatkan nilai ω , ω (1/s) dan parameter torsi, Γ (N-m), diameter roda turbin, d (m), lebar sudu (m), dan jumlah sudu turbin. Hasil desain dimensi turbin yaitu: lebar kincir air (L) 1 meter, diameter luar (Do) 2 meter, diameter dalam (Di) 1,6 meter dan mempunyai 10 buah sudu. didapatkan output daya dari hasil simulasi sebesar 13525 Watt atau 13,5 kW, dan efisiensi undershot waterwheel sebesar 22,5%.

Kata kunci: turbin air, tailrace, PLTMH

PENDAHULUAN

Di Indonesia terdapat beberapa PLTMH yang telah beroperasi salah satunya ialah PLTMH Tombolo Energi yang terletak di Desa Tombolo Pao Kabupaten Gowa. PLTMH Tombolo Energi memiliki beberapa permasalahan salah satunya ialah pada saat musim kemarau, debit air yang dibutuhkan untuk mengoperasikan kedua unit pembangkit tidak tercukupi. Akibatnya, produksi daya listrik turun drastis dari 30 MW menjadi 15 MW. Dampaknya ialah penjualan energi listrik ke PT PLN juga menurun. Selain itu, pemakaian sendiri khususnya untuk penerangan di sekitar pembangkit sangat di batasi. Di sisi lain terdapat potensi energi air pada *tailrace* PLTMH yang belum dimanfaatkan. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi yang dapat

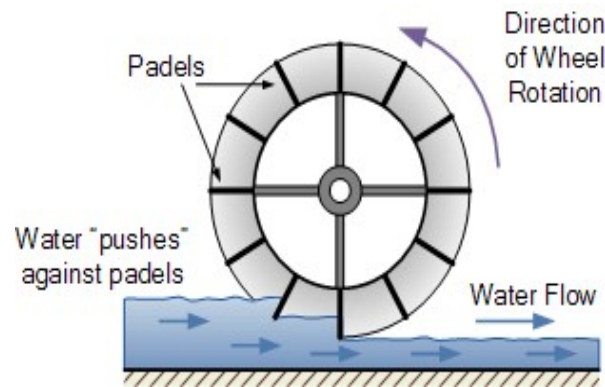
memenuhi penerangan di sekitar PLTMH Tombolo Energi dan pemukiman masyarakat. Adapun inovasi yang dapat dilakukan adalah perancangan Pembangkit Listrik Pikohidro dengan memanfaatkan energi air pada *tailrace* PLTMH. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk penerangan di lingkungan sekitar PLTMH itu sendiri, sehingga lebih hemat dalam produksi listrik untuk pemakaian sendiri. Permasalahan penelitian yang akan diselesaikan ialah: desain pikohidro pada *Tailrace*, dan menentukan daya yang dapat dihasilkan pikohidro pada *Tailrace* PLTMH Tombolo Energi.

Pada dasarnya, PLTMH memanfaatkan energi potensial jatuhan air (*head*). Semakin tinggi jatuhan air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Disamping faktor *geografis* (tata letak sungai), tinggi jatuhan air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Perbedaan tinggi yang semakin besar membuat energi potensialnya semakin besar juga. Perbedaan tinggi dalam PLTMH disebut dengan tinggi jatuh air (*head*), tinggi jatuh air tersebut nantinya akan dikalikan dengan hambatan-hambatan lain agar didapatkan tinggi jatuh efektif.

Penggunaan turbin roda air diawali di India, dan kemudian berkembang ke Mersir, dan berlanjut ke Eropa dan seterusnya merambah ke Amerika. Turbin roda air yang dirancang secara teoritik, dikembangkan oleh Poncelet dan banyak digunakan di Inggris pada awal abad 19 (Sule, 2018). Pengembangan teknologi turbin roda air selanjutnya dengan ditemukannya beberapa tipe. Salah satu tipe yang paling banyak digunakan ialah tipe *undershot*. Kelemahan turbin roda air tipe *undershot* ialah tidak signifikan kenaikan daya output dengan bertambahnya head. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata (Yelguntwar, 2014). Quaranta, E. (2017, 2018), telah mengembangkan mendesain turbin roda air tipe *undershoot* pada saluran terbuka untuk penerangan jalan pertanian.

Pada kincir air tipe *undershot* seperti pada Gambar 1, posisi kincir air diletakkan agak keatas dan sedikit menyentuh air (Gustrianda, 2018). Pada kincir air jenis *undershot* air menumbuk dinding sudu gerak dari kincir pada saat posisi roda kincir berada dibawah atau dasar permukaan air dan tidak memerlukan head. Kincir tipe *undershot* cocok dipasang pada perairan arus sungai datar (Setyawan, , 2019; Sule, 2020).

Penggunaan turbin roda air samapai sekarang masih tetap ada, karena mempunyai kelebihan di dibandingkan dengan turbin air, yaitu konstruksinya yang sederhana dan murah serta mudah dalam perawatanya (Wong, 2020). Walaupun memiliki banyak kekurangan, teknologi turbin roda air yang sangat sederhana ini cocok digunakan di daerah terpencil, asalkan daerah tersebut mempunyai potensi sumber tenaga air yang cukup (Tangaran, 2021; Firman, 2021)



Gambar 1. Kincir air undershot

Daya rencana dihitung menurut persamaan berikut (Wiranto, 2018; Maridjo, 2020):

$$p_d = fc \times p \quad (\text{kW}).$$

Tegangan geser yang terjadi dihitung menurut persamaan berikut:

$$\tau_a = \frac{\sigma b}{sf_1 + sf_2} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

Diameter poros dapat dihitung sebagai berikut:

$$DS = \sqrt[3]{\frac{5,1 \times Kt \times Cb \times T}{\tau_a}}. \quad (\text{mm}).$$

Gaya Tangensial

$$F = \frac{T}{\left(\frac{ds}{2}\right)}$$

Kecepatan keliling puli

$$V = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_1}{60}$$

Besarnya beban radial yang bekerja

$$F_r = \frac{102 P}{V}$$

Besarnya beban ekivalen dinamis

$$P_r = x \cdot v \cdot F_r + y \cdot F_a$$

Dimana : F_r = beban radial (kg); F_a = beban aksial (kg); x = faktor beban radial; y = faktor beban aksial; v = pembebanan pada cincin dalam yang berputar

1.1 Parameter Desain Turbin Roda Air

Adapun beberapa rumus matematis dalam perhitungan untuk menentukan parameter dari desain kincir air adalah (Gustrianda, 2018; Tangaran, 2021):

Potensi atau Daya Air

$$P_{air} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h$$

Dimana: P_a = daya air (watt); ρ = massa jenis air (kg/m^3); g = percepatan gravitasi (m/s^2); Q = debit aliran air (m^3/s); h = kedalaman air (m).

Diameter Kincir

$$D_{luar} = \frac{2 \times R_h}{0.3621}$$

Dimana: D_l = diameter luar (m); D_d = diameter dalam (m); R_h = jari-jari hidrolis (m)

Jumlah sudu roda turbin

$$a = \sqrt{c^2 - b^2} \text{ (m)}$$

Dimana: a = panjang sisi samping; c^2 = panjang sisi miring; b^2 = panjang sisi samping

Jari-jari Kincir

$$r_{kincir} = \frac{D_{luar}}{2} \text{ (m)}$$

Jarak Sudu

$$t = \frac{D \times \pi}{z} \text{ (m)}$$

Putaran Kincir

$$n = \frac{60 \cdot U}{\pi \cdot D_{luar}}$$

Dimana: n = putaran kincir (rpm); U = kecepatan keliling kincir (m/s); D_l = diameter luar kincir (m)

Torsi

$$T = F \cdot r$$

Dimana: T = torsi kincir (Nm); F = gaya yang mengenai kincir (N); r = jari-jari kincir (m)

Daya Kincir Air

$$P_{Kincir} = T \cdot \omega$$

$$P_{Kincir} = T \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot z}{60}$$

$$P_{Kincir} = F \cdot r$$

Efisiensi Kincir

$$\eta = \frac{P_{kincir}}{P_{Air}} \times 100\%$$

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini dilakukan di PLTMH Tombolo Energi yang terletak di Desa Pao Kecamatan Tombolo Pao Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan.



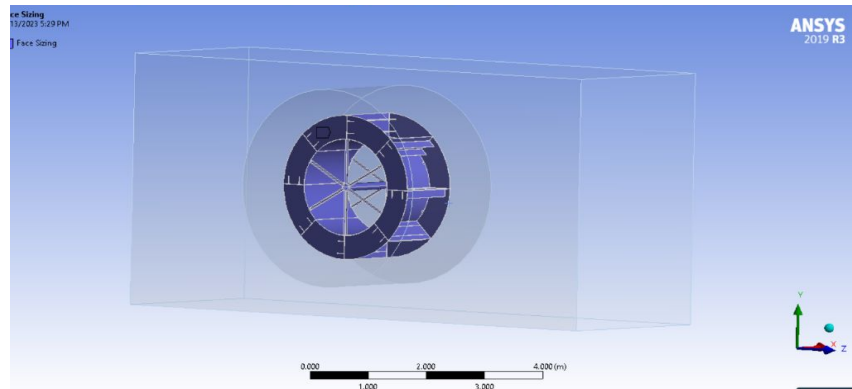
Gambar 2. *Tailrace* PLTMH Tombolo Energi

Tahap penelitian ini dilakukan dengan membagi kegiatan kedalam tahapan-tahapan yaitu: pengukuran potensi energi air: kecepatan air (m/s) diukur dengan menggunakan current meter, dan mengukur head (m), lebar *tailrace* (m), tinggi *tailrace* (m).



Gambar 3. Pengukuran kecepatan air

Desain kincir air *undershot* dilakukan melalui simulasi *software ansys*. Kemudian menginput beberapa parameter yaitu: kecepatan air sebesar 0,8 m/s, debit air sebesar 1,9 m³/s, lebar saluran *tailrace* 2 meter, kedalaman air 1,2 meter, dan panjang saluran *tailrace* 13,75 meter. Selanjutnya dilakukan simulasi untuk mendapatkan nilai omega, ω (1/s) dan parameter torsi, Γ (N-m), diameter roda turbin, d (m), lebar sudu (m), dan jumlah sudu turbin.



Gambar 4. Proses simulasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran potensi energi air pada tailrace ialah lebar *tailrace* (B) 2 m, kedalaman air *tailrace* (h) 1,2 m, kecepatan aliran (v) 0,8 m/s, debit air (Q) 1,9 m³/s, dan tinggi jatuh air (H) 2,5 m. Rancangan komponen utama turbin pikohidro yang telah dianalisis kemudian didesain menggunakan *software Autodesk Inventor*, menghasilkan desain kincir air *undershot* dengan lebar kincir air (L) 1 m, diameter luar (Do) 2 m, diameter dalam (Di) 1,6 m dan mempunyai 10 buah sudu. didapatkan output daya dari hasil simulasi dengan persamaan :

$$P_{kincir} = T \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot z}{60}$$

Output daya sebesar 13520 Watt atau 13,5 kW, dan efisiensi *undershot waterwheel* sebesar 22,5% dengan menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{P_{kincir}}{P_{Air}} \times 100\%$$



Gambar 5. Desain turbin roda air

Dari hasil desain turbin roda air untuk menentukan dimensi kincir air berdasarkan potensi air pada tailrace menunjukkan kesesuaian metode dengan digunakan oleh Gustrianda (2018). Hasil ini juga sejalan penelitian yang telah dilakukan oleh Tangaran (2021), sementara efisiensi turbin yang diperoleh juga sejalan dengan hasil penelitian Firman (2021).

KESIMPULAN

Dengan potensi air di tailrace sebagai parameter dasar untuk mendesain kincir air *undershot*, dihasilkan dimensi turbin yaitu: lebar kincir air (L) 1 meter, diameter luar (Do) 2 meter, diameter dalam (Di) 1,6 meter dan mempunyai 10 buah sudu. didapatkan output daya dari hasil simulasi sebesar 13525 Watt atau 13,5 kW, dan efisiensi *undershot waterwheel* sebesar 22,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Firman, F., M, Anshar., Y. Klistafani. 2021. Water Wheel Turbine as a Turbine Power Plant in Waste Water Pit PLTU System. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. Volume 2021 September; 15(9): pages 16-23, ISSN: 1991-8178, EISSN: 2309-8414.
- Gustrianda. (2018). Rancang Bangun Kincir Air Tipe Undershot Dengan Pondasi Pontoon Sebagai Pembangkit Listrik Menggunakan Daya Baterai 12 Volt 100 Ah Di Sungai Rokan Desa Rantau Binuang Sakti Kabupaten Rokan Hulu. Respository Universitas Islam Riau, Undergraduate Thesis, Teknik Mesin, 6–33.
- Maridjo, M. (2020). Studi Perencanaan Turbin Air PLTMH di Sungai Cilaki. Jurnal Teknik Energi, 10(1), 29–35.
- Quaranta, E. (2018). Stream water wheels as renewable energy supply in flowing water: Theoretical considerations, performance assessment and design recommendations. Energy for Sustainable Development, 45, 96–109. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.05.002>

- Quaranta, E., & Revelli, R. (2017). Hydraulic Behavior and Performance of Breastshot Water Wheels for Different Numbers of Blades. *Journal of Hydraulic Engineering*, 143(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0001229](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001229)
- Quaranta, E., & Revelli, R. (2018). Gravity water wheels as a micro hydropower energy source: A review based on historic data, design methods, efficiencies and modern optimizations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 97, 414–427. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.033>
- Setyawan, E. Y., Djiwo, S., Praswanto, D. H., Suwandono, P., & Siagian, P. 2019. Design of Low Flow Undershot Type Water Turbine. *JOURNAL OF SCIENCE AND APPLIED ENGINEERING*, 2(2), 50. <https://doi.org/10.31328/jsae.v2i2.1184>
- Sule, L., Mochtar, A. A., & Sutresman, O. (2020). Performance of Undershot Water Wheel with Bowl-shaped Blades Model. *International Journal of Technology*, 11(2), 278. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i2.2465>
- Sule, L., & Rompas, P. T. D. (2018). Performance of Savonius Blade Waterwheel with Variation of Blade Number. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 306, 012073. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/306/1/012073>
- Tangaran, B.A., & Tiwoy, H. C. P. (2021). Performance of Undershot Water Wheel as Mini Hydro Power Plant For Agricultural Road. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 12(11), 21–30.
- Tangaran, B.A., & Tiwoy, H. C. P. (2020). Planning of Flat Plate Undershot Waterwheel as Mini Hydro Power Plant and Irrigation Power in Remote Areas. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, 11(12), 342–349.
- Wiranto, B.S. (2018). “PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO. STUDI KASUS DI CURUG CIGEUNTIS, KECAMATAN TEGALWARU, KABUPATEN KARAWANG, JAWA BARAT.” *Journal of Electrical Vocational Education and Technology* 6 (1): 25–30. <https://doi.org/10.21009/JEVET.0061.06>.
- Wong, I. L. K., & Tiwoy, H. C. P. (2020). Performance of Undershot Waterwheels with a Variation of the Number of Archives of 90 o. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, 11(12), 2702–2707.
- Yelguntwar, P., Bhange, P., Lilhare, Y. and Bahadure, A. Design, fabrication & testing of a waterwheel for power generation in an open channel flow. *IJREAT International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology*, 2(1), 2014, pp. 1-6.

