

# Modifikasi Sudu-sudu Blower Sentrifugal yang Diaplikasikan pada Turbin *Pico Hydro*

Zulfikar<sup>1</sup>, Dean Corio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Dharma Andalas, Padang

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan

<sup>1</sup>zulfikar@unidha.ac.id

**Intisari** — Turbin air harus didesain khusus sesuai dengan perhitungan potensi energinya, sebanding terhadap tinggi air jatuh dan debitnya. Penelitian ini dilakukan kajian mesin fluida solutif yang difungsikan sebagai turbin air pico hydro, yaitu blower sentrifugal dengan konstruksi sederhana, beroperasi pada head rendah, debit kecil, mudah instalasi dan pengoperasiannya serta harga yang murah. Blower yang digunakan pada pengujian ini adalah blower yang sudah ada di pasaran dengan ukuran diameter impeler 15 cm, ukuran *inlet* 2 inch. Pengujian dilakukan pada *head* (tinggi air jatuh) konstan 5 m. Prinsip kerja blower dibalik, yaitu air dari ketinggian tertentu mengalir melalui pipa pesat dan masuk ke sisi buang (*outlet*) blower hingga air menggerakkan blower dan keluar melalui *inlet* blower menuju *drafttube*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh modifikasi sudu-sudu terhadap kenaikan efisiensi pada turbin air pikohidro. Penelitian ini menggunakan metode analisis dengan parameter pengujian berdasarkan penghitungan nilai debit air, daya air, torsi, daya mekanik turbin dan efisiensi turbin. Untuk menaikkan daya dan efisiensi blower sebagai turbin ini, maka dilakukan modifikasi pada sudu-sudu blower. Dengan modifikasi sudu – sudu blower didapatkan kenaikan efisiensi turbin sebesar 10% dari sebelum modifikasi.

**Kata kunci** — blower sentrifugal, turbin, pico hydro

**Abstract** — The water turbine must be specially designed according to the calculation of its energy potential, proportional to the height of the falling water and the discharge. This research is conducted to study the solution fluid engine that functions as a pico hydro water turbine, namely a centrifugal blower with a simple construction, operating at low head, small discharge, easy installation and operation and low price. The blower used in this test is a blower that is already on the market with an impeller diameter of 15 cm, inlet size of 2 inches. The test was carried out at a constant head (falling water height) of 5 m. The working principle of the blower is reversed, that is, water from a certain height flows through the rapid pipe and enters the exhaust side of the blower until the water moves the blower and exits through the blower inlet to the drafttube. The purpose of this study was to determine the effect of modification of the blades on the increase in efficiency of the picohydro turbine. This study uses an analytical method with testing parameters based on calculating the value of water discharge, water power, torque, turbine mechanical power and turbine efficiency. To increase the power and efficiency of the blower as a turbine, modifications are made to the blower blades. With the modification of the blower blades, the turbine efficiency increases by 10% from before the modification.

**Keywords** — centrifugal blower, turbine, pico hydro

## I. PENDAHULUAN

Berdasarkan data kementerian ESDM tahun 2022, rasio elektrifikasi di Indonesia adalah 99,56%, artinya masih banyak desa 3T (terdepan, terluar dan tertinggal) dengan tantangan geografis dan demografis belum dialiri listrik[1]. Beberapa kemungkinan yang bisa diambil pemerintah untuk memenuhi rasio elektrifikasi ini, salah satunya dengan membangun pembangkit independent yang dekat dengan beban, sehingga tidak memerlukan jaringan transmisi dan distribusi untuk mencapai beban. Pembangkit

independent yang bisa dibangun adalah pico hydro [2,3], solar cell [4], photo voltaic [5,6], biomass [7]. Indonesia yang merupakan negara tropis dan memiliki hutan hujan tropis, tentu memiliki potensial yang besar untuk pembangkitan energi berbasis air, skala besar ataupun skala kecil.

Beberapa tahun terakhir, banyak cara yang dilakukan peneliti untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi pembangkitan energi dari sumber energi terbarukan, khususnya pada pembangkit listrik berskala kecil dengan sumber potensial dari air ini, diantaranya, dengan memperbaiki civil work (bendungan

sampai pipa pesat) [7,8], mechanical (turbin, generator) [9], electrical (panel, control) [10], scheduling dan operasional [11]. Fokus pembahasan paper ini adalah pada turbin pico hydro.

Pada pembangkit listrik tenaga pico hydro, turbin air merupakan salah satu peralatan utama selain generator. Prinsip kerjanya, turbin air mengubah energi air (energi potensial, tekanan dan energi kinetik) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Energi mekanik dalam bentuk putaran poros ini akan diubah oleh generator listrik menjadi tenaga listrik [12]. Selama ini yang menjadi kendala dalam pemanfaatan pembangkit listrik tenaga pico hydro adalah pengadaan komponen turbin yang tidak mudah, untuk mendapatkannya harus memesan dahulu, biaya survey dan perencanaan yang relatif mahal [13], serta masih kurangnya pengetahuan tentang teknologi turbin air. Berdasarkan kendala-kendala tersebut, maka dilakukan penelitian terhadap komponen pembangkit turbin air yang mudah didapatkan di pasaran, konstruksi sederhana, mudah dalam instalasi dan pengoperasiannya, beroperasi pada head rendah serta harga yang relatif murah. Secara geometris, blower sentrifugal memiliki kemiripan dengan turbin air tapi prinsip kerjanya berkebalikan [14]. Penelitian ini difokuskan dalam analisis dan eksperimen turbin air pico hydro yang berasal dari blower sentrifugal dengan modifikasi sudu-sudu untuk menaikkan daya dan efisiensinya. Diharapkan dengan penelitian ini akan mendorong berkembangnya pemanfaatan turbin air pico hydro di pedesaan-pedesaan terpencil yang belum dialiri listrik namun memiliki potensi air.

## II. DASAR TEORI

Pada prinsipnya, turbin air mengkonversikan energi yang berasal dari tinggi jatuh air (*head*). *Head* pada turbin bertindak menjadi energi kinetik dan sebagiannya sebagai tinggi tekan (*pressure head*). Bila sejumlah air jatuh dari ketinggian H meter jatuh ke tempat yang lebih rendah, maka air telah melakukan kerja bergantung pada besarnya ketinggian H. Jadi, setiap detik

jumlah air Q mengalir di sepanjang perbedaan ketinggian H ke arah gravitasi, maka air tersebut melakukan kerja tiap detik, atau menghasilkan keluaran (*work per second*) disebut dengan daya air ( $P_{air}$ ) dalam kg.m/detik. Ini berarti jumlah daya air yang tersedia dari suatu reservoir air H adalah energi potensial air. Energi air pada sumber air dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$P_{air} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta \quad (1)$$

Air yang mengalir masuk kedalam turbin memiliki debit tertentu sesuai dengan pengaturan bukaan katup *inlet*. Debit air yang mengalir kedalam turbin diukur dengan menggunakan *weirmeter*. Persamaan untuk mengukur debit bergantung kepada bentuk penampang keluaran air pada *weirmeter* dituliskan pada Persamaan (2).

$$Q = 1.84 \cdot B \cdot H^{\frac{5}{2}} \quad (2)$$

Sehingga besarnya energi air pada sumber air dipengaruhi oleh tinggi air jatuh (*head*) dan debit air. Aliran radial yang memutar *runner* disebabkan oleh air bertekanan memasuki *spiral casing*. Perubahan energi air terjadi pada *runner* dan *guide vanes*, dimana energi potensial berubah menjadi energi mekanik. Besarnya energi yang diserap oleh turbin karena adanya tekanan dari air dapat dihitung dengan Persamaan (3).

$$T = F \cdot r \quad (3)$$

Daya mekanik adalah besaran dari energi air yang mampu diserap turbin dan diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran pada poros. Energi yang diambil dari poros turbin persatuan waktu yang dinyatakan dalam satuan *Watt* dapat dituliskan dalam bentuk:

$$P_{mekanik} = T \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot n \quad (4)$$

Efisiensi merupakan perbandingan antara yang dibutuhkan dengan yang dihasilkan. Maka efisiensi turbin adalah perbandingan

antara energi sebelum masuk turbin dengan energi yang dihasilkan oleh turbin. Diketahui  $P_{Mekanik}$  dan  $P_{Air}$  turbin air maka efisiensi turbin ( $\eta$ ) dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\eta = \frac{P_{mekanik}}{P_{air}} \times 100\% \quad (5)$$

### III. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap kegiatan.

1. Tahap pertama pengujian blower sentrifugal sebagai turbin tanpa modifikasi sudu.
2. Tahap kedua pengujian blower sentrifugal sebagai turbin setelah modifikasi sudu.

Penelitian ini menggunakan blower sentrifugal dengan ukuran *inlet* 2 inch (diameter impeler 15 cm). *Head* dijaga konstan dengan tinggi 5m. Modifikasi sudu dilakukan secara sederhana, yaitu sudu blower dimodifikasi dengan melakukan pencerminan  $180^{\circ}$ . Caranya sudu-sudu blower dipanaskan pada tungku sampai sudu-sudu blower tadi mudah diputar sampai sudut  $180^{\circ}$ .

#### A. Instalasi Pengujian

Pada pengujian ini digunakan perangkat pengujian seperti skema yang terlihat pada gambar 1



Gbr.1 Skema Pengujian Turbin Air

Pada Gambar 1 air yang berada pada bak penampung awal dihisap oleh pompa. Pompa berfungsi untuk menghisap dan memompa air untuk dialirkan ke sudu turbin.

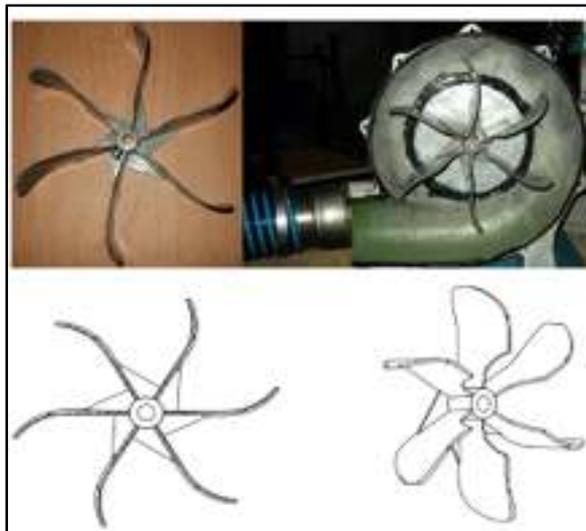
Namun aliran air tidak langsung mengarah ke sudu turbin melainkan harus melewati pipa-pipa saluran yang telah diberi katup sehingga laju aliran air dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Kemudian katup-katup tersebut terhubung dengan turbin yang diuji. Kecepatan dari air akan menghantam sudu-sudu turbin dan menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros.

#### B. Langkah Pengujian

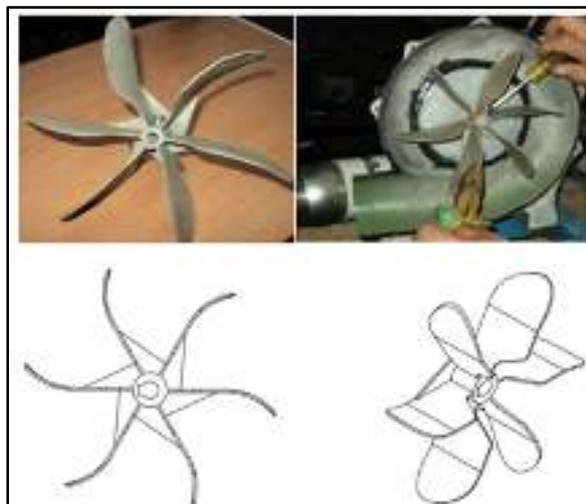
- 1) Pasang instalasi turbin.
- 2) Hidupkan saklar untuk mengalirkan energi listrik pada kontroler, pastikan tegangan pengontrol turbin adalah 380 V dan kuat arus 5 A.
- 3) Tekan tombol *on* pada *control panel*.
- 4) Tunggu hingga aliran air pada alat beberapa saat hingga tenang.
- 5) Putar katup *inlet* hingga memperoleh tekanan tertentu dan catat tekanan masuk turbin ( $P_{in}$ ) pada *pressure gauge*.
- 6) Pasang beban pengereman.
- 7) Atur bukaan katup untuk menjaga nilai tekanan yang sudah ditentukan.
- 8) Tunggu hingga aliran air pada alat sudah tenang.
- 9) Lakukan pengujian pada beban maksimum hingga minimum.
- 10) Catat nilai-nilai yang tertera pada alat ukur (ketinggian air pada *weir meter*, putaran turbin, beban turbin, tekanan). Lakukan pengujian dengan 3 variasi tekanan pada masing-masing turbin dengan mengatur katup *inlet* dan *bypass*.

### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Blower sentrifugal hasil modifikasi mempunyai spesifikasi diameter inlet 2 inch, diameter impeler 15 cm. Impeler blower sebelum modifikasi diperlihatkan pada Gambar 2, sedangkan Impeler hasil modifikasi diperlihatkan pada Gambar 3.



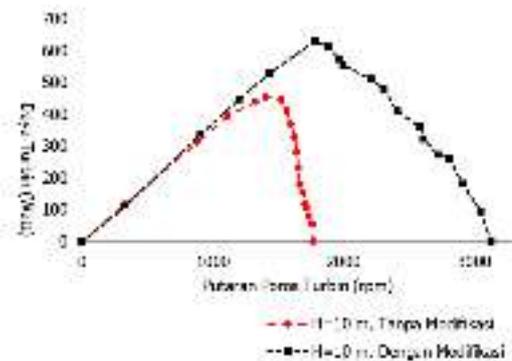
Gbr.2 impeler blower sebelum modifikasi



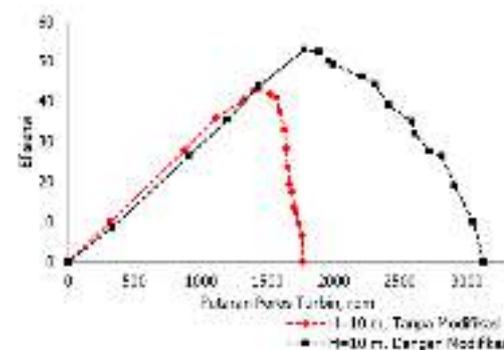
Gbr.3 impeler blower setelah modifikasi

Hasil pengujian karakteristik turbin terlihat pada Gambar 4. Pada grafik hubungan antara daya mekanik turbin terhadap poros turbin dengan *head* konstan tanpa modifikasi sudu diperoleh daya maksimum turbin 231,37 Watt pada putaran 1001 rpm. Sedangkan setelah sudu impeler blower dimodifikasi, diperoleh daya maksimum turbin 323,22 Watt pada putaran 1311 rpm.

Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan efisiensi turbin terhadap putaran poros turbin. Pada sudu blower sebelum modifikasi diperoleh efisiensi maksimum 46,39% pada putaran poros turbin 1001 rpm. Setelah modifikasi sudu blower diperoleh efisiensi maksimum 56,39% pada putaran poros turbin 1311 rpm.



Gbr.4 Grafik hubungan Daya Turbin vs Putaran



Gbr.5 Grafik hubungan Efisiensi Turbin vs Putaran

## V. KESIMPULAN

Blower sentrifugal bisa dijadikan turbin dengan daya dan efisiensi yang lebih besar setelah dilakukan modifikasi pada sudu – sudu impeler blower. Pada turbin dari blower sentrifugal tanpa modifikasi dengan diameter inlet 2 inch, diameter impeler 15 cm, head konstan 5 m diperoleh daya turbin maksimum 231,37 Watt dan efisiensi maksimum 46,39% pada putaran poros turbin 1001 rpm. Setelah modifikasi sudu diperoleh daya maksimum sebesar 323,22 Watt dan efisiensi maksimum 56,39% pada putaran poros turbin 1311 rpm.

## REFERENSI

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, Laser Assisted Microtechnology, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] Church, Austin H. 1986, "Pompa Dan Blower Sentrifugal", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [3] <http://m.cnnindonesia.com/ekonomi/2017116245708-85-186646/esdm-minta-subsidi-untuk-alirkan-listrik-ke-2519-desa/>

- [4] Suwoto Gatot (2012), "Kaji Eksperimental Kinerja Turbin Air Hasil Modifikasi Pompa Sentrifugal Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikohidro", Prosiding SNST ke-3, Semarang.
- [5] Zulkarnain, Sukarno, H., Berlian, A. (2004), "Sistem pico hydro untuk daerah terpencil". Majalah P3TEK, <http://www.p3tek.com/conten publikasi /publikasi 04,htt htm>.
- [6] Corio, D., Kananda, K., & Salsabila S, K. (2019). Analisa Potensi Embung Itera Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH). JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO, 8(3), 97 –. <https://doi.org/10.25077/jnte.v8n3.691.2019>
- [7] N. Xiao-bo and J. Quan-sheng, "A digital design method of geometric model for centrifugal fan impeller based on SolidWorks and VB," Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology, 2011, pp. 4023-4026, doi: 10.1109/EMEIT.2011.6023935.
- [8] A. Malik, S. R. Qureshi, Q. Zheng and N. Ikram, "Aerodynamic analysis of splitter blade location on centrifugal compressor performance," 2018 8th International Conference on Power and Energy Systems (ICPES), 2018, pp. 207-211, doi: 10.1109/ICPESYS.2018.8626989.
- [9] C. He et al., "An Improved Key-Phase-Free Blade Tip-Timing Technique for Nonstationary Test Conditions and Its Application on Large-Scale Centrifugal Compressor Blades," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 70, pp. 1-16, 2021, Art no. 3504516, doi: 10.1109/TIM.2020.3033463.
- [10] G. Mu, X. Zhang, H. Xiong, Y. Xie and Q. Lyu, "Analysis of Relationship between Inlet Angle of Centrifugal Impeller Blades and Compressor Performance," 2019 4th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE), 2019, pp. 93-935, doi: 10.1109/ICMCCE48743.2019.00030.
- [11] A. S. Kidwai and G. Zimmermann, "Centrifugal Blower Troubleshoot, Repair and Improved Reliability," 2021 International Conference on Maintenance and Intelligent Asset Management (ICMIAM), 2021, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICMIAM54662.2021.9715198.
- [12] H. Sudibyo, R. A. Subekti and A. Susatyo, "Characteristics of 250 Watt Picohydro Turbine Based on Laboratory Testing Result," 2019 International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application (ICSEEA), 2019, pp. 74-78, doi: 10.1109/ICSEEA47812.2019.8938643.
- [13] S. S. Katre and V. N. Bapat, "Induction generator for Pico-hydro generation as a renewable energy source," 2015 International Conference on Energy Systems and Applications, 2015, pp. 130-134, doi: 10.1109/ICESA.2015.7503326.
- [14] Z. Fan, H. Li, J. Dong, X. Zhao and H. Cao, "Shifting Straight-Line Fitting Method to Calculate Blade Vibration Based on Blade Tip Timing," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 70, pp. 1-13, 2021, Art no. 3001013, doi: 10.1109/TIM.2021.3057325.