



P-ISSN : 2622-1276
E-ISSN: 2622-1284

The 5th Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)

Website Ciastech 2022 : <https://ciastech.widyagama.ac.id>

Open Conference Systems : <https://ocs.widyagama.ac.id>

Proceeding homepage : <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/index>

PENGARUH VARIASI JUMLAH SUDU TURBIN TIPE PELTON MENGGUNAKAN MATERIAL *FILAMENT PLA* TERHADAP EFISIENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

Sang Saka Adi Pangestu^{1*}, Nova Risdiyanto Ismail²⁾, Dadang Hermawan³⁾, Leo Hutri Wicaksono⁴⁾

^{1,2,3,4)} Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

INFORMASI ARTIKEL

Data Artikel:

Naskah masuk, 19 Oktober 2022

Direvisi, 30 Oktober 2022

Diterima, 7 November 2022

Email Korespondensi :

Sangsaka.printing@gmail.com

ABSTRAK

Turbin adalah komponen konversi energi yang dapat menghasilkan energi listrik pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Turbin yang digunakan pada prototipe ini adalah turbin Pelton. Peneliti menggunakan bahan berwujud dasar plastik (*PLA filament*) dalam penelitian ini karena pada penelitian sebelumnya turbin Pelton yang diproduksi menggunakan bahan dasar baja yang masih berat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh memvariasikan jumlah sudu pada turbin hidro Pelton terhadap kinerjanya untuk mencapai efisiensi tertinggi. Metode yang digunakan adalah metode penelitian *eksperimental research*, kemudian dibuat variasi turbin dengan parameter yang berbeda jumlah sudu yaitu 3, 4, 5, 6 dan 7 dengan variasi keluaran debit air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah sudu dari 3 menjadi 7 meningkatkan kinerja turbin Pelton, dengan daya tertinggi dicapai ketika jumlah sudu divariasikan pada jumlah 7 dengan nilai 0,100 watt. Dengan hasil efisiensi 17,70%, pada hasil sudu 3 memberikan hasil terendah pada daya 0,39watt dan hasil efisiensi 9,69%.

Kata Kunci: *Variasi Jumlah Sudu, Efisiensi*

1. PENDAHULUAN

Topik energi terbarukan telah diliput oleh banyak media. Cadangan energi fosil yang sering digunakan tidak mencukupi, tidak sebanding dengan meningkatnya jumlah konsumen energi. Salah satu isu yang sering dibahas adalah kebutuhan energi listrik. Banyak pembangkit listrik ramah lingkungan yang sekarang muncul, termasuk panel surya, pembangkit listrik tenaga air laut, dan pembangkit listrik tenaga panas bumi. [1]

Masih banyak daerah dan desa terpencil di Indonesia yang tidak dialiri listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Daerah pedesaan ini menjadi tempat yang terisolasi, bergantung pada energi tradisional yang tidak dapat diandalkan. Energi terbarukan merupakan solusi kebutuhan energi penduduk pedesaan dan mudah diterapkan. [2]

Pemanfaatan air sebagai pembangkit listrik selanjutnya dikembangkan dalam skala besar, menengah dan kecil. Pembangkit listrik tenaga air tersedia di pembangkit listrik kecil dengan menggunakan turbin yang memanfaatkan energi dari kecepatan aliran air. Air dengan energi potensial dan mekanik diubah menjadi energi mekanik oleh turbin. Pengembangan turbin dalam penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan kinerja turbin. Performa turbin dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kecepatan aliran, sudut sudu, sudu pengarah, dimensi sudu, dan jumlah sudu.[3]

Pengertian PLTMH adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai media utama untuk menggerakkan turbin dan generator. Pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang dapat menghasilkan 5 hingga 50 kilowatt. Pada PLTMH, proses perubahan energi kinetik terhadap (kecepatan dan tekanan air) digunakan untuk menggerakkan turbin air dan generator untuk menghasilkan energi listrik. [4]

Sebuah PLTMH memiliki tiga komponen utama: air sebagai sumber energi kinetik, turbin, dan generator. Salah satu komponen yang berperan penting sebagai pengubah energi untuk dapat menghasilkan energi listrik adalah turbin. Turbin mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik untuk memutar generator. Ada beberapa jenis turbin yang tersedia untuk PLTMH, salah satunya adalah turbin pelton. [5]

Turbin Pelton adalah jenis turbin impuls yang menggunakan drop (head) yang besar walaupun dengan jumlah air yang sedikit. Turbin jenis ini menggunakan nozel berupa pancaran air yang ditangkap oleh sudu-sudu turbin, sehingga memutar poros generator dan menghasilkan energi listrik. Sudu berbentuk seperti dua mangkok sebagai penerima awal pancaran air dari *nozzle*. Aplikasi turbin Pelton menghasilkan daya dalam jumlah besar dari generator dan menggunakan struktur sederhana. Selain itu, kemudahan perawatan dan kesederhanaan teknologi yang digunakan membuatnya mudah diterapkan di daerah terpencil.[5]

Pada penelitian ini akan membahas mengenai pengaruh penggunaan jenis material terhadap kinerja turbin pelton sehingga didapatkan daya dan efisiensi tertinggi pada *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan menggunakan turbin pelton yang nantinya akan berguna sebagai acuan dalam membangun sebuah PLTMH dengan potensi yang ada.

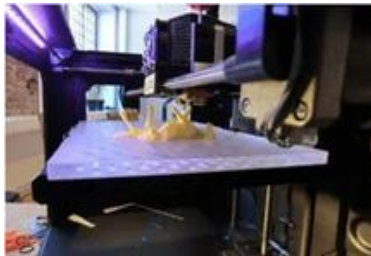
2. METODE PENELITIAN

Metode yang akan digunakan di dalam penelitian ini adalah data yang sudah didapat lewat pengujian, selanjutnya hasil tersebut diubah dalam bentuk tabel untuk di hitung menggunakan rumus yang sudah ditetapkan, dan diubah ke bentuk grafik untuk dapat dianalisa.

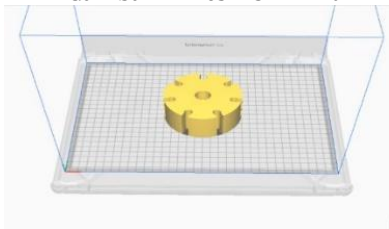
Pada penelitian ini peneliti membuat Hose Blade dan Sudu Blade menggunakan alat 3D printer dengan produk dari "Ender", Pencetakan 3D adalah proses membangun lapisan tipis bahan cetak 3D, juga dikenal sebagai filament, untuk membuat objek fisik. Objek dirancang sebagai model tiga dimensi dengan pengukuran tertentu menggunakan perangkat lunak pencetakan 3D. [6]

Peneliti mendesain dan membuat Hose Blade menggunakan aplikasi *3D inventor* dan untuk lanjutan desain menggunakan *ultimaker cura*, sehingga dapat diaplikasikan kedalam mesin 3D print, proses pencetakan menggunakan material filament PLA. Dengan dimensi diameter hose 10 cm dengan ketebalan 5 cm. Dan untuk dimensi blade berukuran panjang blade 15cm dengan lebar 15 cm.

Pada penelitian ini peneliti membuat *Hose Blade* dan *Sudu Blade* menggunakan bahan dasar dari *Filament* dengan jenis PLA atau *Polylactic Acid* adalah material yang paling umum digunakan oleh 3D Printer.



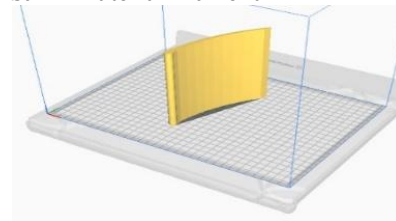
Gambar 1. Mesin 3D Print



Gambar 3. Desain Hose Blade



Gambar 2. Material Filament PLA



Gambar 4. Desain Sudu Blade

Penelitian yang dilakukan yaitu pengujian kinerja dari prototipe PLTMH yang telah dibuat meliputi daya (watt) dan efisiensi (%) *prototype* PLTMH yang dihasilkan secara keseluruhan oleh turbin pelton.

Cara kerja pada alat penelitian ini sebagai berikut:

Prinsip kerja pemodelan PLTMH dengan turbin pelton adalah air dari *box reservoir* ditarik oleh pompa dan dialirkan melalui pipa inlet menuju pipa outlet ke rumah turbin (*housing*) keluaran debit diatur melalui bukaan katup kran. Putaran yang dihasilkan turbin menghasilkan energi mekanik yang digunakan sebagai penggerak utama generator. Komponen pulley yang dipasang pada poros turbin dan generator yang dikopel ke van-belt mentransmisikan energi mekanik turbin untuk memutar generator.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Turbin Pelton merupakan turbin impuls dan prinsip kerjanya mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dalam bentuk pancaran air. Pancaran air yang keluar dari lubang *nozzel* diserap oleh sudu blade menyebabkan turbin berputar. Rotasi ini menghasilkan energi mekanik, yang memutar poros generator untuk menghasilkan energi listrik. Perancangan turbin Pelton diawali dengan pengenalan, identifikasi, pertimbangan, dan melihat faktor keamanan untuk mempresentasikan hasil rancangan dan bahan yang digunakan untuk merancang turbin Pelton. Densitas atau densitas (ρ) diperlukan dalam rekayasa untuk menentukan berat jenis. Massa jenis adalah massa suatu benda per satuan volume. Berat jenis suatu benda adalah berat benda dalam satuan volumetrik, tetapi berat bersifat terarah, dan berat suatu benda dipengaruhi oleh massa dan gravitasi benda [7]. Pada penelitian ini dicari hasil dari Tegangan (volt), Arus (ampere), Putaran (rpm) daya (watt), efisiensi (%).

3.1. Perhitungan Debit Air Untuk Mencari Daya Input

Dikarenakan debit air yang berbeda pada setiap bukaan katup maka perlu adanya mencari energi kinetik atau daya *input* air, daya *input* dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ek = \frac{1}{2}(\dot{m} \times v^2) \quad (1)$$

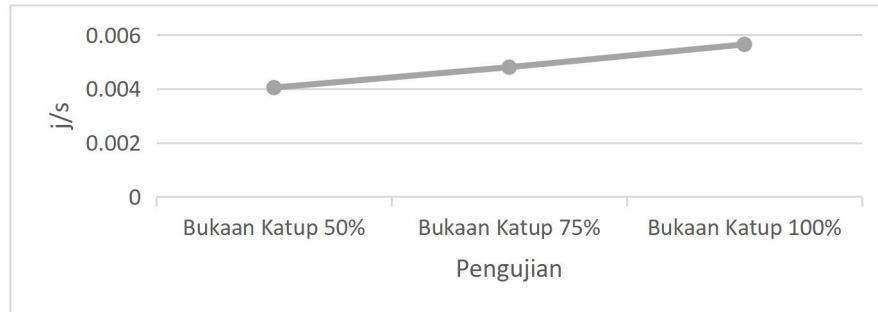
Keterangan:

$E_k = (J)$

$\dot{m}$ = massa (kg/s)

v = kecepatan fluida (m^3/s)

Pengukuran debit air dilakukan dengan metode penampungan air menggunakan gelas ukur penampungan air dengan melakukan penyesuaian terhadap bukaan katup air yang diberikan. Keluaran debit air pada pompa berpengaruh terhadap karakteristik output dari PLTMH nanti pada saat dioperasikan. Pada hasil perhitungan variasi pada debit air 100%, 75% dan 50% debit yang dihasilkan sebagai berikut:



Gambar 6. Pengaruh Bukaan Katup Terhadap Daya Input

Perubahan debit air pada bukaan katup mempengaruhi hasil daya *input*, hal ini disebabkan pada katup 100% tidak mempunyai hambatan dibandingkan bukaan katup 75% dan bukaan katup 50%, maka semakin banyak gaya impuls semprotan air dari *nozzel* yang diterima sudu turbin. Pada bukaan katup mempunyai hasil yang berbeda-beda, pada bukaan katup 50% karena adanya hambatan terhadap kapasitas aliran menghasilkan nilai terendah 0,0004041790 watt, nilai keluaran naik pada bukaan katup 75% karena berkurangnya hambatan pada kapasitas aliran menghasilkan nilai daya *input* 0,0004797826 watt, dan pada bukaan katup 100% karena tidak adanya hambatan pada kapasitas aliran dengan nilai tertinggi 0,0005642710 watt.

3.2. Perhitungan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Output

Dari Pengukuran Tegangan dan Arus maka keluaran daya akan bisa ditentukan. Untuk mencari daya (*watt*) menggunakan perhitungan hasil daya dapat digunakan rumus:

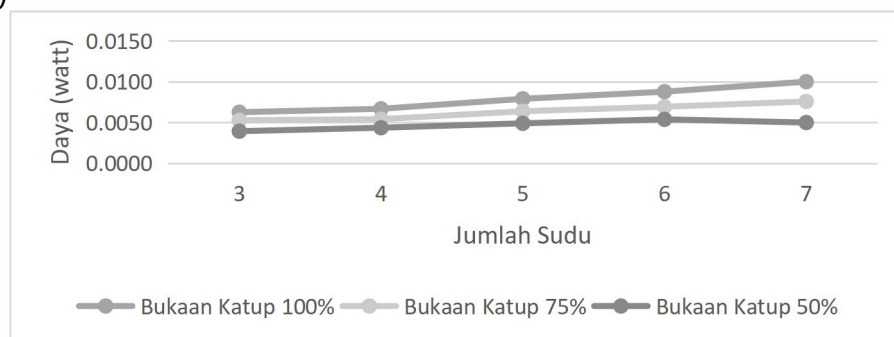
$$P = v \cdot i \quad [9] \quad (2)$$

Keterangan:

P = daya (*watt*)

v = tegangan (*volt*)

i = arus (*ampere*)



Gambar 7. Pengaruh Jumlah Sudut Terhadap Daya Output

Setelah hasil keluaran tegangan (volt) dikali dengan hasil keluaran arus (ampere) maka didapatkan hasil daya output. Semakin cepatnya perputaran turbin maka putaran generator juga akan semakin cepat hal ini disebabkan semakin banyak gaya impuls semprotan air dari *nozzel* yang diterima sudu-sudu *blade* turbin. Grafik diatas menunjukkan rata-rata daya *output* (watt) pada variasi jumlah sudu dengan bukaan katup mempunyai hasil yang berbeda-beda, pada jumlah sudu 7 katup 1 dengan bukaan 100% memperoleh daya tertinggi dengan 0,0100 watt dan terendah pada jumlah sudu 3 katup 50% dengan 0,0039 watt.

3.3. Perhitungan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Daya

Untuk melihat efisiensi pada hasil percobaan turbin pelton ini, maka pada perhitungan efisiensi dapat dihitung dengan perhitungan efisiensi daya yang dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad [5] \quad (3)$$

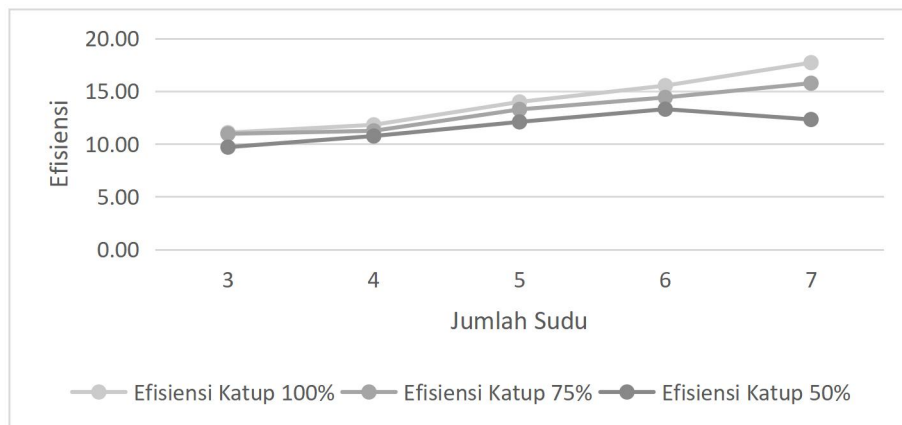
Keterangan:

η = efisiensi

P out = daya *output*

P in = daya *input*

Penambahan jumlah sudu pada turbin menyebabkan efisiensi pada sistem PLTMH meningkat. Efisiensi daya (watt) pada bukaan katup, untuk dapat dianalisa hasil tersebut diubah kedalam bentuk grafik. Grafik dibawah ini merupakan grafik hubungan efisiensi daya terhadap variasi jumlah sudu blade dalam satuan watt.



Gambar 8. Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi

Efisiensi daya (%) pada variasi jumlah sudu dengan bukaan katup mempunyai hasil yang berbeda-beda, penambahan jumlah sudu pada daya *output* dan *input* turbin menyebabkan efisiensi pada sistem PLTMH meningkat. Efisiensi tertinggi terjadi pada jumlah sudu 7 dengan hasil 17,70%. Penambahan jumlah sudu pada turbin Pelton dari jumlah sudu 3 ke jumlah sudu 7 mengalami peningkatan efisiensi secara signifikan, hal ini dikarenakan selisih tiap variasi jumlah sudu yang digunakan, pada jumlah sudu 3 memperoleh hasil terendah dengan hasil 9,69%.

4. KESIMPULAN

Dalam Penelitian ini bisa disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pengujian jumlah sudu pada *prototype* PLTMH dengan menggunakan turbin tipe pelton didapatkan nilai pengukuran terbaik dengan jumlah sudu 7 dengan bukaan katup 100%, dimana nilai daya tertinggi 0,100 watt.

- 2) Kinerja energi sistem PLTMH yang dihasilkan dari semua variasi jumlah sudu turbin pada variasi bukaan katup tergolong masih rendah, dibuktikan pada nilai efisiensi pada sudu 7 dengan bukaan katup 100% dimana pada sudu tersebut menghasilkan efisiensi tertinggi dengan nilai 17,70%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

- 1) Keluarga penulis yang senantiasa selalu mendo'akan dan memotivasi agar penulisan ini dapat terselesaikan dengan lancar.
- 2) Dr. Nova Risdiyanto Ismail, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah dengan ikhlas dan sabar membimbing penulis guna membantu penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini.
- 3) Dadang Hermawan, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memotivasi serta mengarahkan agar penulisan skripsi ini semakin sempurna.
- 4) Leo Hutri Wicaksono, S.T., M.Eng, selaku Dosen Penguji Utama yang telah menguji skripsi ini dan telah membantu agar penelitian ini menjadi sebagaimana mestinya.
- 5) Kepada Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah membagi ilmunya ketika diperkuliahan, sehingga dapat bermanfaat pada penulisan skripsi ini.

6. REFERENSI

- [1] L. P. Kurniawan, S. Sarwito, and R. Kusuma, "Studi Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Salter Duck," vol. 3, no. 1, pp. 76–79, 2014.
- [2] Maridjo, Bambang Puguh, Slameto, Budi Suharto, and Abdulrahman, "Rancang Bangun Turbin Pelton Mikrohidro," *J. Tek. Energi*, vol. 6, no. 2, pp. 510–514, 2020, doi: 10.35313/energi.v6i2.1714.
- [3] Y. E. Prawatya and M. Ivanto, "' Optimasi Design Prototype Turbin Pelton dengan Variasi Sudu dan Nosel ' Jurusan Teknik Mesin , Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Industri , Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura , Pontianak ABSTRAK Turbin pelton m," pp. 1–6, 2019.
- [4] S. Sukamta and A. Kusmantoro, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur," *J. Tek. Elektro Unnes*, vol. 5, no. 2, pp. 58–63, 2013.
- [5] I. G. N. Saputra, L. Jasa, and I. W. A. Wijaya, "Pengaruh Jumlah Sudu Pada Prototype Pltmh," *J. SPEKTRUM*, vol. 7, no. 4, pp. 161–172, 2020.
- [6] A. D. Nugroho, P. Suwandono, D. Hermawan, and A. Rizki, "Pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja 3D print turbin air tipe vortex," vol. 11, no. 1, pp. 95–108, 2022.
- [7] Muhammad Saleh Simamora, "Muhammad Saleh Simamora , Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian," *Peranc. alat uji prestasi turbin Pelt. Peranc.*, pp. 1–9, 2012.
- [8] P. N. Sriwijaya and J. Kinetika, "SUMBER DAYA HEAD POTENSIAL PERFORMANCE ANALYSIS PROTOTYPE OF MICRO HYDRO POWER PLANT PELTON TURBINE," vol. 10, no. 02, pp. 1–8, 2019.
- [9] D. Program, S. Teknik, F. Teknik, and K. B. Jimbaran, "OUTPUT PADA PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DENGAN MENGGUNAKAN TURBIN CROSSFLOW," vol. 7, no. 3, 2020.