REKAYASA
Journal of Science and Technology
https://journal.trunojoyo.ac.id/rekayasa

Rekayasa, 2025; 18(3): 330-337
ISSN: 0216-9495 (Print)
ISSN: 2502-5325 (Online)

Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Sudu pada Turbin Pelton terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Air Mekanisme Piston

Ach. Dhaka' Fikri[1*], Ardi Noerpamoengkas[1], Miftahul Ulum[2]
[1]Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rahman Hakim No. 100 Sukolilo Surabaya 60117
[2]Program Studi Teknik Mesin Universitas Qomaruddin
Jl. Raya Bungah No.1 Bungah Kabupaten Gresik 61152
*E-mail Korespondensi : dhakafikri@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.21107/rekayasa.v18i3.27576
Submitted December 14th 2024, Accepted July 29th 2025, Published Decemberl 17th 2025

Abstrak

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber daya alam yang secara terus menerus selalu ada. Energi terbarukan akan menggantikan energi fosil yang lambat tahun akan habis, bahan bakar fosil seperti minyak, gas dan batu bhara. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil mengakibatkan menipisnya cadangan sumber energi tersebut. Salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga air menggunakan turbin pelton. Prinsip kerja turbin pelton adalah memanfaatkan daya fluida dan air untuk menghasilkan daya poros. Putaran poros turbin ini akan di ubah oleh generator menjadi tenaga listrik. Dalam penelitian ini dilakukan uji eksperimen tentang PLTA mekanisme piston menggunakan Turbin Pelton dengan jumlah sudu 14 dengan variasi sudut sudu 0º, 10º, dan 15º dengan mekanisme piston. Penelitian yang dicari yaitu torsi, putaran poros, daya mekanis, tegangan, daya voltase, daya turbin dan efisiensi. Hasil dari penelitian ini pengaruh variasi sudut sudu terhadap torsi yang dihasilkan turbin pelton pada sudut 0º menghasilkan torsi putaran yang paling tinggi yaitu sebesar 17,66 Nm, sedangkan pada sudut 15º menghasilkan torsi putaran sebesar 17,06 Nm, dan daya yang dihasilkan dari turbin pelton pada sudut 15º menghasilkan daya mekanis dan daya turbin yang lebih tinggi dibandingkan pada sudut 0º dan 10º yaitu daya mekanis sebesar 1076,724 J/s dan daya turbin sebesar 83 watt, putaran poros 603 Rpm, dan efisiensi turbin pada sudut 15º menghasilkan nilai sebesar 63%.

Kata Kunci: turbin pelton, mekanisme piston, sudut sudu, PLTA

Abstract

Renewable energy is energy that comes from natural resources that are continuously available. Renewable energy will replace fossil fuels that will slowly run out, fossil fuels such as oil, gas and coal. Dependence on fossil fuels results in the depletion of reserves of these energy sources. One of them is a hydroelectric power plant using a Pelton turbine. The working principle of a Pelton turbine is to utilize fluid and water power to generate shaft power. The rotation of the turbine shaft will be converted by the generator into electrical power. In this study, an experiment was conducted on a piston mechanism hydroelectric power plant using a Pelton Turbine with 14 blades with variations in blade angles of 0º, 10º, and 15º with a piston mechanism. The research sought was torque, shaft rotation, mechanical power, voltage, voltage power, turbine power and efficiency. The results of this study show the effect of blade angle variations on the torque produced by the Pelton turbine at an angle of 0º producing the highest rotational torque of 17.66 Nm, while at an angle of 15º producing a rotational torque of 17.06 Nm, and the power produced by the Pelton turbine at an angle of 15º producing higher mechanical power and turbine power compared to angles of 0º and 10º, namely mechanical power of 1076.724 J/s and turbine power of 83 watts, shaft rotation of 603 Rpm, and turbine efficiency at an angle of 15º producing a value of 63%.

Key words*: pelton turbine, piston mechanism, blade angle, hidroelectric power plant*

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan pertumbuhan penduduk di era modernisasi saat ini, kebutuhan energi listrik kian meningkat. Di indonesia saat ini pembangkit energi menggunakan bahan bakar fosil seperti minyak, gas dan batu bara maka ketergantungan tersebut menyebabkan menipisnya cadangan sumber energi tersebut (Setiawan *et al.*, 2019). Turbin pelton menjadi pilihan terbaik sebagai pemanfaatan sumber energi air, perubahan bentuk sudu dan sudut juga dapat digunakan dalam mendapatkan nilai torsi dan daya yang terbaik dimana pada model sudu *semi circle* dan sudu *elliptic* dengan rata-rata putaran 400 rpm (Pratama *et al.,* 2021). Dalam pemanfaatan potensial air menjadi energi listrik atau yang lebih dikenal sebagai pembangkit tenaga listrik mikrohidro (PLTMH) (Auzan, 2021) untuk skala kecil pemanfaatan turbin helix juga dapat digunakan, dengan memvariasikan bentuk sudu NACA dapat digunakan dengan laju aliran

air 0.8 m/s dan mendapatkan output daya sebesar 130W (Sitepu *et al.*, 2014). Selain itu penggunaan model turbin ulir juga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu cara dalam penerapan PLTMH, dimana variasi yang digunakan adalah kemiringan head dan sudut sudu hal ini mendapatkan bahwa kemiringan head dan sudut sudu sangat mempengaruhi putaran poros turbin dan daya, namun dari kemiringan dan sudut pada model ulir ini hasil terbaik yaitu pada sudut 40^{o} (Wedanta *et al.*, 2021; Prawatnya, 2019).

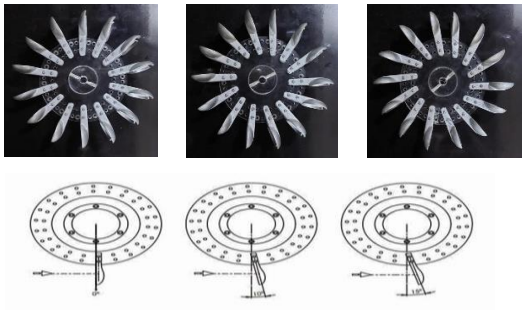
Pada studi lainnya menggunakan kemiringan nosel pada turbin pelton dengan variasi sudut kemiringan 0, 5, 10, dan 15 derajat. Pada percobaan ini mendapatkan kemiringan terbaik nosel pada sudut 15 derajat dengan gaya turbin sebesar 48 N dan daya turbin teoritis 365 Watt (Sutoyo *et al.*, 2023). Jumlah sudu pada turbin pelton juga dapat mempengaruhi hasil daya yang dihasilkan dimana semakin banyak jumlah sudu turbin pelton akan semakin baik, pada model PLTMH turbin pelton dengan variasi sudu 14 dan 16 didapatkan hasil terbaik pada sudu 16 dengan daya listrik sebesar 14,7 Watt (Syarif *et al.,* 2019). Pada penelitian terdahulu pernah dilakukan uji coba skala laboratorium menggunakan turbin pelton sebagai penghasil putaran yang akan dikopel dengan generator. Model mekanisme penggerak pada penelitian ini bukan menggunakan pompa air sebagai penghasil tenakan air pada umumnya, namun model yang dibahas merupakan model mekanisme *Oscillating Water Coloumn* (OWC) dimana pemanfaatan tekanan pada tekanan air yang di transmisikan energi nya menggunakan piston (Batlle-Martin *et al.,* 2023).

Sebelumnya dilakukan variasi jumlah piston dan turbin pelton yang digunakan sebagai pembakit listrik model OWC dimana hasil terbaik terletak pada variasi penggunakan 1 piston dan 1 turbin pelton (Pratama & Ulum, 2023). Untuk itu dalam penelitian ini akan dibahas lebih lanjut untuk mengetahui performa terbaik pada model pembangkit listrik mekanisme OWC dengan variasi sudut turbin pelton. Sudut yang digunakan adalah 0, 10, dan 15 derajat. Pada penelitian lain dengan menggunakan variasi sudut sudu pernah dilakukan dengan variasi sudut 150, 160, dan 170 derajat. Dimana hasil performa terbaik ada pada sudut 170 derajat dengan efisiensi 17,168% (Amiruddin, 2023). Model mekanisme yang digunakan pada penelitian ini merupakan gabungan dengan pemanfaatan energi potensial air dan tenakan angin pada OWC (Brusca *et al.,* 2017; Susastro *et al.*, 2020; Ulum *et al.*, 2021) namun sebagai batasan penelitian kali ini hanya terletak pada optimasi turbin air pelton yang akan dibahas.

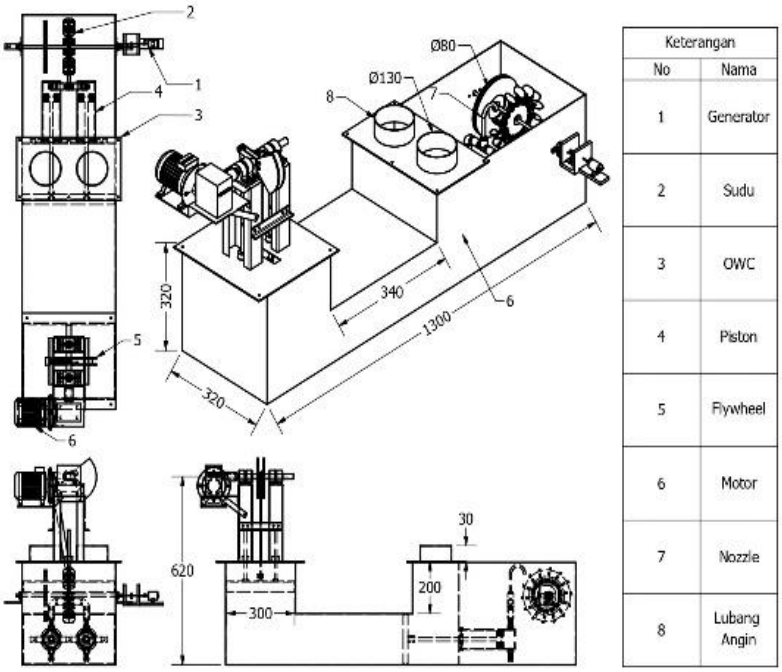
Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian yang sudah ada dengan variasi sudut nozle pada turbin pelton (Koswara *et al.,* 2024) dimana pada penelitian ini penulis membedakan sudut serang pada sudu turbin pelton dengan kemiringan tertentu, pentingnya optimasi pada rangkaian mekanisme pembangkit listrik tenaga air bagi industri adalah sebagai bentuk langkah pengembangan energi terbarukan guna memenuhi kebutuhan energi listrik (Riani *et al.,* 2022; Valuby *et al.,* 2022). Selain itu penggunaan pembangkit listrik mikro hidro berpeluang menciptakan lingkungan yang bersih dari pencemaran serta mampu menyumbang energi listrik daerah tertentu secara mandiri (Aulia & Rozani, 2023; Robby, 2015)

METODE PENELITIAN

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) model OWC dilengkapi dengan mekanisme piston dan turbin pelton yang dirancang sebagai prototype di laboratorium. Alat uji ini digunakan dalam pengumpulan data dan pengujian kombinasi antara model OWC dan mekanisme turbin Pelton. Namun, penelitian ini akan difokuskan pada satu jenis turbin, yaitu turbin air. Metode pada penelitian ini merupakan metode eksperimen yang melibatkan pengambilan data daya voltase, putaran, dan efisiensi turbin. Langkah pertama adalah menyiapkan gelombang air bertekanan pada kolom dengan menggerakkan mekanisme engkol. Gelombang tekanan ini akan menggerakkan air untuk memompa air dari piston ke pada nozel dan memanfaatkan kecepatan fluida daripada nozel atau air yang jatuh untuk menggerakkan turbin pelton. Penekanan utama dari studi ini adalah sudut pemandu aliran, yang akan digunakan untuk menentukan bagaimana sudut pemandu aliran mempengaruhi kinerja turbin. Sudut 0°, 10°, dan 15° digunakan dalam perubahan sudut arah aliran sudut yang akan diteliti. Dimana model ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan model mekanisme alat yang digunakan sebagai percobaan skala laboratorium ditunjukkan pada Gambar 2.

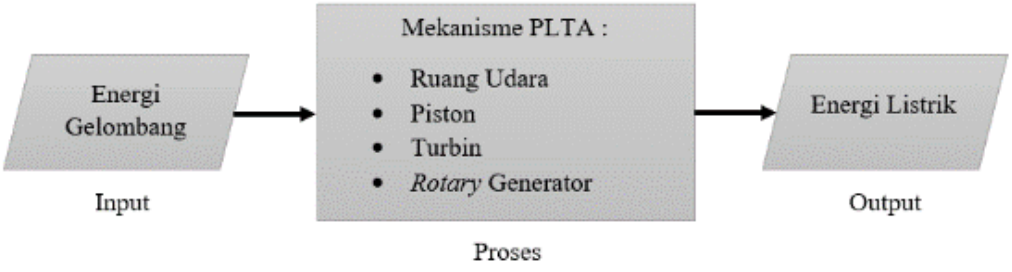


Gambar 1. Skema Sudut Sudu Turbin Pelton



Gambar 2. Skema Model Alat Simulator PLTA

Dari Gambar 2, terlihat bagian-bagian dari prototype yang digunakan dalam percobaan. Alur proses konversi energi mekanis ke energi listrik berasal dari piston yang bergerak secara translasi karena tekanan air naik turun. Model mekanisme motor dan engkol digunakan sebagai penekan air, mensimulasikan datangnya air yang menabrak bagian kolom air pada sistem pemanen energi model OWC (F. A. Pratama & Ulum, 2023). Piston yang ditarik oleh pegas menghisap air dari luar ke ruang piston. Tekanan air dari dalam ruang osilasi mendorong air ke nozel dan menuju turbin pelton. Poros turbin terhubung ke generator, yang akan berputar untuk menghasilkan energi listrik. Konsep PLTA ini ditunjukkan pada Gambar 3. Spesifikasi turbin pelton ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Alur Konversi Energi PLTA

Tabel 1. Spesifikasi tubin yang digunakan

Nama	Ukuran (mm)/Bahan
Diameter Runner	150
Lebar Sudu	60
Panjang Poros	565
Material Sudu	Aluminium Dural
Material Runner	Acrilyc
Material Poros	Stainless

Adapun bentuk dari turbin pelton yang dibuat ditunjukkan pada gambar 4



Gambar 4. Turbin Pelton

Selanjutnya torsi yang didapatkan dihitung menggunakan persamaan berikut

$$T = \omega \; x \; r \; \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Dengan putaran yang dihasilkan menggunakan persamaan (2) dan arus dan daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$I = \frac{V}{R} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$P = v \; x \; i \; \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Tabel 2. Parameter yang digunakan dan satuan

Simbol	Keterangan	Satuan
t	Waktu pindah piston	detik
V	Tegangan	volt
I	Arus	ampere
P	Daya Listrik Generator	watt
T	Torsi	Nm
ω	Kecepatan sudut	rad/s
N	Putaran poros	rpm

Simbol	Keterangan	Satuan
r	Diameter turbin	m
Pt	Daya mekanis turbin	J/s

Selanjutnya untuk evaluasi efisiensi kerja sistem alat atau prototipe untuk mengoptimalkan hasil sebagai bagian dari pengembangan mekanisme dan peralatan. Untuk mengukur efisiensi sistem dan daya mekanis turbin dilakukan dengan persamaan 5 dan 6 sebagai berikut :

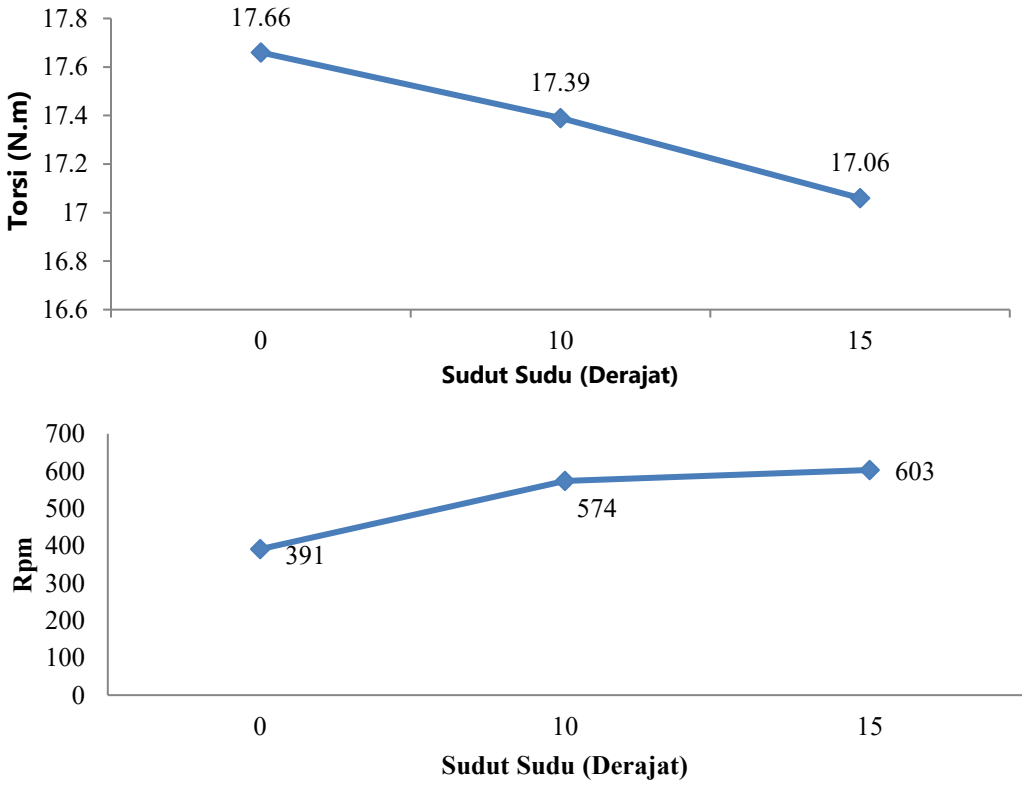
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} x\ 100\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

$$P_t = T\ x\ \omega \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

Mekanisme pengambilan data yang digunakan adalah dari kolam kolom air pada ruang tekanan yang digerakkan oleh engkol menggunakan bantuan motor listrik dalam menghasilkan tekanan air yang akan menggerakkan piston sebagai pompa air bertekanan untuk menyemburkan air di nozel yang akan diterima oleh turbin pelton, kemudian menyambungkan kabel pada generator ke pembebanan dan di koneksikan kelaptop dan alat ukur berupa *oscilloscope* untuk mencatat hasil berupa daya dalam volt yang dikeluarkan (Mafruddin *et al.*, 2017; Agung *et al.*, 2023; Wahyu *et al.,* 2024).

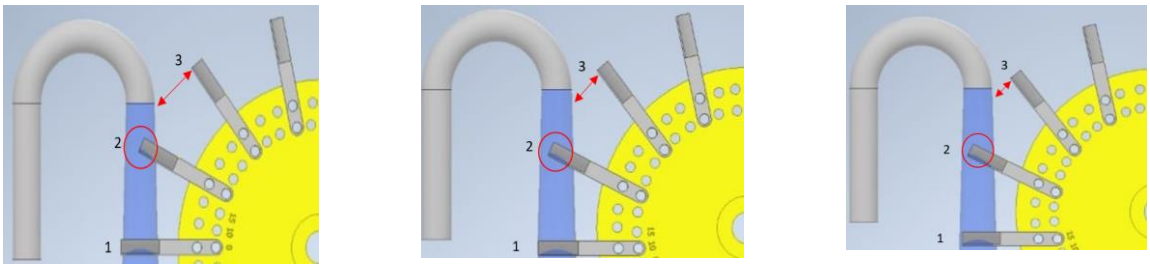
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari percobaan yang telah dilakukan dengan menggunakan PLTA pada variasi sudut sudu yang digunakan didapatkan hasil Torsi yang ditunjukkan pada Gambar 5. Dari hasil grafik torsi diatas terlihat bahwa semakin kecil bukaan sudut sudu maka semakin besar torsi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena sudut sudu semakin kecil menyebabkan semakin banyak air yang mengenai ke mangkuk sudu. Jatuhnya air yang semakin banyak mengenai mangkuk sudu ini menyebabkan gaya semburan air yang diterima semakin besar. Gaya yang semakin besar dengan jari-jari kerja semburan terhadap pusat poros yang tetap menyebabkan nilai torsi meningkat.



Gambar 5. Grafik Putaran (Torsi dan RPM) Terhadap Sudut Sudu

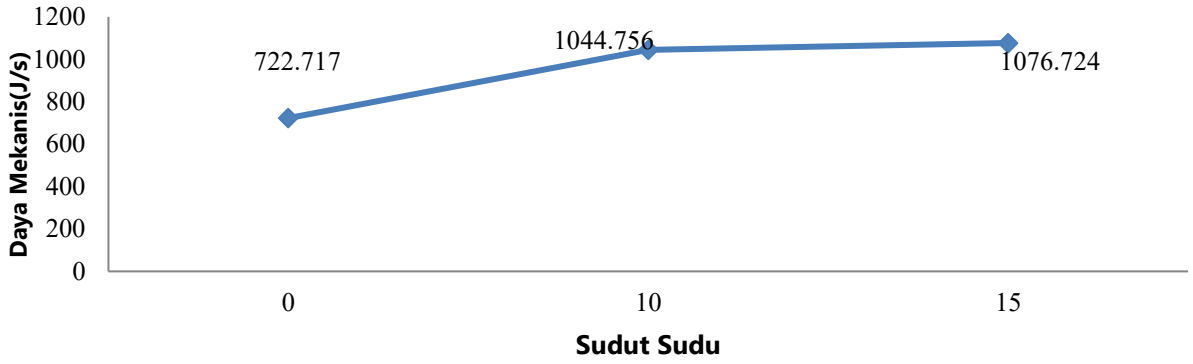
Pada gambar grafik diatas menjelaskan bahwa dengan variasi sudut sudu 15° menghasilkan putaran yang sangat tinggi dibandingkan dengan sudut sudu yang lainnya. Hal ini dapat dilihat pada ilustrasi gambar dibawah ini.



Sudut 0° Sudut 10° Sudut 15°

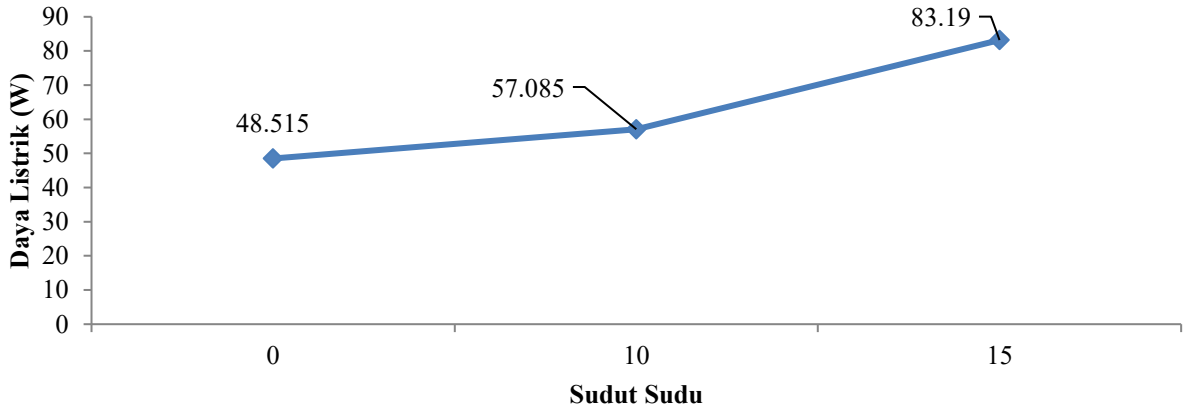
Gambar 6. Ilustrasi Sudut Sudu

Dapat dilihat bahwa jarak sudu pada sudu nomer 3 yang terdapat pada variasi sudut sudu 15° lebih dekat untuk langsung menampung air dan pada sudu nomer 2 jatuhnya air lebih banyak dibandingkan dengan variasi sudut sudu yang lain maka putaran yang terjadi pada variasi sudut sudu 15° lebih tinggi dari sudut 0° dan 10°. Dari torsi dan putaran didapatkan hasil daya mekanis turbin dimana ditunjukkan pada Gambar 7.



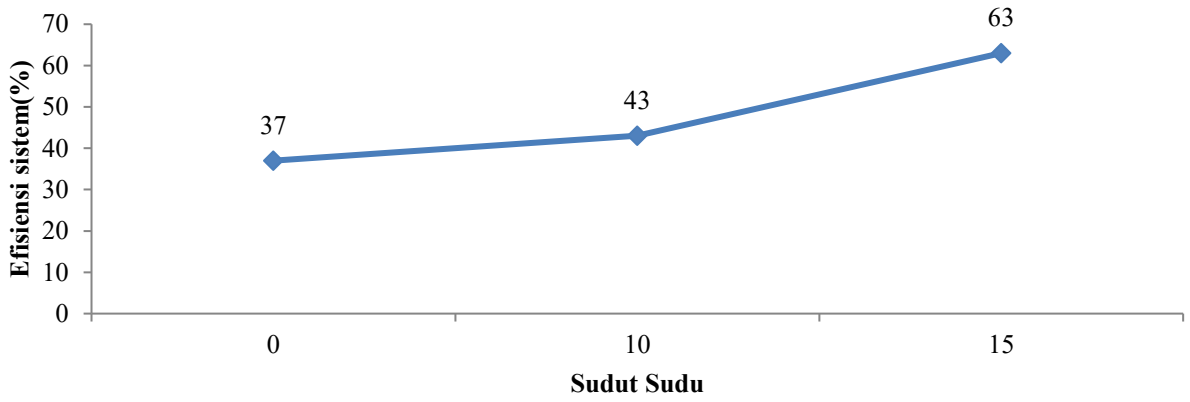
Gambar 7. Perubahan Daya Mekanis Terhadap Sudut Sudu

Dari hasil daya mekanis diatas dapat dilihat bahwa perbedaan sudut sudu turbin pelton mempengaruhi besarnya daya mekanis yang dihasilkan, dimana nilai terendah pada sudu 0 derajat dengan nilai daya mekanis 722,72 J/s sedangkan tertinggi pada sudut 15 derajat dengan daya mekanis 1076,73 J/s. Hal ini terjadi berbanding lurus dengan besarnya putaran yang terjadi dimana putaran pada sudut 15 derajat memiliki nilai terbesar sedangkan torsi tidak terlalu terjadi perbedaan yang signifikan.



Gambar 8. Perubahan Daya Listrik Terhadap Sudut Sudu

Daya listrik yang dihasilkan oleh generator yang dikopel dengan turbin pelton didapat ditunjukkan pada Gambar 8. Dari grafik diatas hasil daya listrik masih memiliki tren yang sama dengan daya mekanis, dimana pada sudu 15 derajat memiliki daya listrik sebesar 83 Watt dan sudut 0 derajat mendapat daya sebesar 48,9 Watt. Jika penelitian ini dapat dilakukan dengan model nyata seperti halnya pada penelitian (Zhang et al., 2022) maka dengan skala 1 : 10 didapat energi listrik sebesar 830 Watt. Sedangkan efisiensi sistem yang didapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 9. Perubahan Efisiensi Sistem Terhadap Sudut Sudu

Efisiensi sistem yang didapat pada hasil diatas dengan nilai terendah pada sudut sudu 0 derajat dengan efisiensi 37% sedangkan sudut 10 derajat 43% dan tertinggi pada sudut sudu 15 derajat dengan 63%. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya daya yang didapat dimana efisiensi sistem memiliki hubungan yang sama. Hasil dari varisai sudut sudu jika dibandingkan dengan penelitian sejenis dengan pemanfaatan pembangkit listrik mikro hidro (PLTMH) dengan menggunakan variasi sudut nozle memiliki kriteria yang sama, dimana nilai tertinggi terletak pada besarnya sudut tegak lurus dengan sudu turbin. Semakin besar sudut tegak lurus antara ujung nozle dan mangkuk sudu maka semakin besar energi hidrolik yang diterima oleh runner sehingga turbin mampu berputar secara maksimal (Mafruddin *et al.*, 2017). Sedangkan pada variasi bentuk sudut sudu memiliki kriteria daya tampung dan pembelah tekanan yang baik (Pratama *et al.*, 2021). Perbandingan dengan eksperimen lain terhadap jumlah sudu yang digunakan pada turbin pelton mendapatkan hasil dimana penggunaan jumlah sudu harus seoptimal mungkin dengan kondisi yang tidak lebih dan tidak kurang maka turbin akan dapat beroperasi dalam kondisi maksimal (Dewangga *et al.,* 2022).

KESIMPULAN

Berdasarkan dari analisis dan pembahasan pada eksperimen prototype PLTA mekanisme piston dengan variasi sudut sudu pada turbin pelton didapat hasil yaitu pada pengaruh sudut sudu terhadap torsi yang dihasilkan memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dimana torsi yang didapatkan pada sudut 15^{o} sebesar 17.06 N.m dan sudut 0^{o} sebesar 17.66 N.m. sedangkan dari putaran mendapatkan hasil yang lebih tinggi pada sudut 15^{o} yaitu 603 Rpm, sejalan dengan itu daya listrik yang dihasilkan tertinggi ada pada sudut sudu yang sama dimana daya yang dihasilkan pada sudut 15^{o} sebesar 83 Watt dan efisiensi tertinggi sebesar 63%. dengan menggunakan skala nyata model prototype ini dapat di skala kan dengan nilai 1 :10 dimana akan dapat menghasilkan listrik sebesar 830 Watt.

DAFTAR PUSTAKA

Aulia, M., & Rozani, A. (2023). *Terhadap Kesejahteraan Masyarakat Di Nagari Selatan*.

Auzan, L. (2021). Pengaruh Tinggi Jatuh Air (Head) Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik*, *1*(4), 1–13.

Batlle Martin, M., Pinon, G., Barajas, G., Lara, J. L., & Reveillon, J. (2023). Computations of pressure loads on an oscillating water column with experimental comparison for random waves. *Coastal Engineering*, *179*. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2022.104228

Brusca, S., Galvagno, A., Lanzafame, R., Cugno Garrano, A. M., Mauro, S., & Messina, M. (2017). On the turbine-induced damping in Oscillating Water Column wave energy converter. *Energy Procedia*, *126*, 581–588. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.215

Dewangga, Y. A., Kholis, N., Baskoro, F., & Haryudo, S. I. (2022). Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Jurnal Teknik Elektro*, *11*(1), 71–76. https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p71-76

Koswara, E., Dewi Jannati, E., Rachmat, A., Fudholi, A., & Zauhari, A. (2024). Pengaruh Variasi Sudut Nozzle Dan Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Pelton. *J-Ensitec*, *11*(01), 10147–10151. https://doi.org/10.31949/jensitec.v11i01.11912

Mafruddin, Amrul, & Amrizal. (2017). Studi Eksperimental Sudut Nosel Dan Sudut Sudu. *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro*, *116*.

Mochammad saddam amiruddin, S. (2023). Analisa Pengaruh Sudut Sudu Dan Variasi Debit Air Terhad …. *Prosiding Senakama*, *3*(September), 250–258.

Pratama, F. A., & Ulum, M. (2023). Pengaruh Kombinasi Jumlah Piston dan Turbin Terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Mekanisme Oscillating Water Column. *Rekayasa*, *16*(3), 359–364.

Pratama, P. A., Malyadi, M., & Wicaksono, Y. A. (2021). Studi Eksperimental Variasi Bentuk Sudu Dan Sudut Terhadap Kinerja Turbin Pelton. *AutoMech: Jurnal Teknik Mesin*, *1*(01), 31–38. https://doi.org/10.24269/jtm.v1i01.4254

Prawatnya. (2019). *" 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*. 1–6.

Riani, N. I., Masykur, M., & Abidin, Z. (2022). Analisis Performa Turbin Pelton Sudu Segitiga Dengan Variasi Sudut Semprot Nosel. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, *8*(1), 113. https://doi.org/10.35308/jmkn.v8i1.5512

Robby, R. (2015). *Dampak Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Terhadap Kegiatan Ekonomisosial Dan Budaya Masyarakat Di Desa Pantok Kecamatan Nanga Taman Kabupaten Sekadau*. 78124.

Setiawan, A., Tua, D. P., & Husin, M. K. E. (2019). Pengaruh konsumsi bahan bakar fosil terhadap produk domestik bruto Indonesia dan hubungan timbal balik di antara keduanya. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, *15*(3), 213–223. https://doi.org/10.30556/jtmb.vol15.no3.2019.931

Susastro, S., Noerpamoengkas, A., Ulum, M., & Setyono, G. (2020). Performance Analysis of Wind Power Generation Models Using Oscillating Water Column. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, *4*(2), 57. https://doi.org/10.30595/jrst.v4i2.6020

Sutoyo, E., Hartono, B., & Hermawan, Y. (2023). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Nozzle Terhadap Daya Turbin Pelton Skala Laboratorium. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, *9*(1), 2023. http://ejournal2.uika-bogor.ac.id/index.php/ame/index

Syarif, A., Trisnaliani, L., Teknik, J., Program, K., Sarjana, S., Teknik, T., Sriwijaya, P. N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2019). Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Pelton The Design Of Pelton Turbine Micro Hydro Power. *Kinetika*, *m*, 1–6.

Teknik, M., & Mechanism-, D. (2010). *Potensi clean Development Mechanism pada pembangkit*. *3*(2), 1–7.

Tri Agung, K. L., Nur Kumala, H. N., Artono, B., & Negeri Madiun, P. (2023). Rancang Bangun Portable Micro Hydro dengan Pelton Turbine. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, *8*(1), 22–28. https://journal.pnm.ac.id/index.php/jeecae/article/view/615

Ulum, M., Noerpamoengkas, A., Arifin, A. A., & Firmansyah, H. D. (2021). Studi Eksperimental Pengaruh Kecepatan Engkol dan Variasi Diameter Disk terhadap Amplitudo, Frekuensi dan Daya pada Mekanisme Pembangkit Gelombang. *Journal of Mechanical Engineering, Science, and Innovation*, *1*(1).

https://doi.org/10.31284/j.jmesi.2021.v1i1.1761

Valuby, A. H., Shalahudidin, Y., Yumono, F., & Rizal, R. F. (2022). Rancang Bangun PLTMH Menggunakan Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Informatika Dan Elektro*, *4*(2), 100–111. https://doi.org/10.55542/jurtie.v4i2.352

Wahyu, A., Ayuni, S. D., Falah, A. H., & Jamaaluddin. (2024). Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton Berbasis Internet of Things. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, *6*(2), 335–347. https://doi.org/10.33650/jeecom.v4i2

Wahyu Indra Wedanta, I. P., Arta Wijaya, W., & Jasa, L. (2021). Analisa Pengaruh Kemiringan Head Dan Variasi Sudut Blade Turbin Ulir Terhadap Kinerja Pltmh. *Jurnal SPEKTRUM*, *8*(1), 73. https://doi.org/10.24843/spektrum.2021.v08.i01.p9

Wijaya Sitepu, A., Sinaga, J. B., & Agus Sugiri, D. (2014). Kajian Experimental Pengaruh Bentuk Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). *Jurnal FEMA*, *2*(2), 72–78.

Zhang, D., Chen, Z., Liu, X., Sun, J., Yu, H., Zeng, W., Ying, Y., Sun, Y., Cui, L., Yang, S., Qian, P., & Si, Y. (2022). A coupled numerical framework for hybrid floating offshore wind turbine and oscillating water column wave energy converters. *Energy Conversion and Management*, *267*. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115933