

Analisis Pengaruh Kemiringan Laluan Air Pembangkit Listrik Tenaga Air Mikro Hidro

Kevin Hutabarat^{*1)}, Winfrontstein Naibaho^{*2)}, Jhon Sufriadi Purba^{*3)}

^{*1,2,3)} Universitas HKBP Nommensen Pematang Siantar, Pematang Siantar
winnaibaho@gmail.com

Abstrak

Air merupakan suatu potensi untuk pengembangan energi terbarukan. Seperti PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) yang ada pada saat ini, Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah turbin air. Analisis pengaruh Variasi Kemiringan Laluan Air Pada Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) adalah salah satu pembangkit listrik sederhana menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, aliran irigasi, sungai atau air terjun alam sebagai sumber energi dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air, daya hidrolis dan efisiensi, prinsip pico hidro mirip dengan pembangkit listrik tenaga air pada umumnya hanya saja ukurannya lebih kecil dan pada turbin mempengaruhi besar listrik dan juga bentuk laluan yang mempengaruhi tekanan tersebut. Dalam menganalisis tekanan terhadap sudu turbin pembangkit listrik tenaga air pico-hidro ini bermanfaat untuk mendapat ilmu pengetahuan yang baru mengenai tekanan terhadap sudu turbin, peningkatan ketersediaan energi listrik dari pembangkit listrik tenaga air pico hidro, dan perlindungan lingkungan Dalam Menganalisis Tekanan Terhadap Sudu Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Air Pico-hidro ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kemiringan sudut 35°, 45°, 90° laluan air pada PLTPH, untuk mengetahui pengaruh debit air terhadap arus air yang diterima oleh sudu turbin. serta untuk mengetahui pengaruh daya hidrolis pada PLTP dan efisiensi laluan. kinerja pemodelan pembangkit listrik tenaga pico hidro sangat dipengaruhi oleh sudut kemiringan karena semakin lurus laluan tersebut maka hambatan semakin kecil dan begitu pula laluan yang semakin bengkok atau derajatnya semakin besar maka hambatannya semakin besar.

Kata Kunci: turbin air, laluan air, pico hidro, pengaruh sudut kemiringan

Abstract

Water is a potential for the development of renewable energy. Like the current PLTA (Hydroelectric Power Plant), one alternative energy source that can be developed is a water turbine. Analysis of the influence of variations in the slope of the water flow on the turbine. The Pico Hydro Power Plant (PLTPH) is a simple power plant that uses water power as its driving force, such as irrigation flows, rivers or natural waterfalls as an energy source by utilizing the height of the waterfall (head) and amount of water discharge, hydraulic power and efficiency, the principle of pico hydro is similar to hydroelectric power plants in general, only the size is smaller and the turbine affects the amount of electricity and also the shape of the path which affects the pressure. Analyzing the pressure on the turbine blades of pico-hydro hydroelectric power plants is useful for gaining new knowledge regarding the pressure on turbine blades, increasing the availability of electrical energy from pico-hydro hydroelectric power plants, and environmental protection. In analyzing the pressure on the turbine blades of the Pico-hydro hydroelectric power plant, the aim is to determine the effect of variations in the angle of inclination of 35o, 45o, 90o of the water flow at the PLTPH, to determine the effect of water discharge on the water flow received by the turbine blades. and to determine the effect of hydraulic power on PLTP and traffic efficiency. The modeling performance of a pico hydro power plant is greatly influenced by the slope angle because the straighter the path, the smaller the resistance and likewise the more curved the path or the greater the degree, the greater the resistance.

Keywords: water turbine, water route, pyco hydro, influence of tilt angle

Pendahuluan

Berdasarkan data statistik ketenagalistrikan Tahun 2018 disebutkan bahwa penggunaan minyak, gas alam dan batu bara sebagai energi pembangkit listrik masih sekitar 65% dari total kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik nasional.

Air merupakan suatu potensi untuk pengembangan energi terbarukan. Seperti PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) yang ada pada saat ini, Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah turbin air.

Analisis pengaruh Variasi Kemiringan Laluan Air Pada Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) adalah salah satu pembangkit listrik sederhana menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, aliran irigasi, sungai atau air terjun alam sebagai sumber energi dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air, daya hidrolis dan efisiensi, prinsip pico hidro mirip dengan pembangkit listrik tenaga air pada umumnya hanya saja ukurannya lebih kecil dan pada turbin mempengaruhi besar listrik dan juga bentuk laluan yang mempengaruhi tekanan tersebut.

Permasalahan yang menjadi objek analisis tekanan terhadap sudu turbin pembangkit listrik tenaga air pico-hidro ini adalah tentang bagaimana pengaruh variasi kemiringan sudut 35° , 45° , 90° laluan air pada PLTPH, bagaimana pengaruh debit air terhadap arus air yang diterima oleh sudu turbin, dan bagaimana pengaruh daya hidrolis pada PLTPH

Analisis ini hanya difokuskan pada debit air, potensi tenaga air pengaruh daya hidrolis, efisiensi yang menjadi parameter dalam analisis tersebut. Analisis ini berfokus pada system air pico hidro yang ditentukan oleh variasi sudut kemiringan (35° , 45° , 90°). Analisis ini hanya memakai pipa jenis PVC (paralon) dengan diameter 1 inci dan analisis tidak berfokus ke gesekan pada pipa

Dalam Menganalisis Tekanan Terhadap Sudu Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Air Pico-hidro ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kemiringan sudut 35° , 45° , 90° laluan air pada PLTPH, Untuk mengetahui pengaruh debit air terhadap arus air yang diterima oleh sudu turbin, dan untuk mengetahui pengaruh daya hidrolis pada PLTP dan efisiensi laluan

Manfaat dari hasil penelitian dalam menganalisis tekanan terhadap sudu turbin pembangkit listrik tenaga air pico-hidro ini adalah untuk mendapat ilmu pengetahuan

yang baru mengenai tekanan terhadap sudu turbin, peningkatan ketersediaan energi listrik dari pembangkit listrik tenaga air pico hidro, dan perlindungan lingkungan

Jenis Jenis Turbin Air

1. Turbin Kaplan

Turbin Kaplan dan turbin propeller merupakan turbin reaksi aliran aksial.

2. Turbin Francis

Turbin francis memiliki runner dengan baling-baling tetap, biasanya jumlahnya 9 atau lebih. Air dimasukkan ketempat diatas runer dan mengelilinginya dan jatuh melalui runner dan memutarnya.

3. Turbin Turgo

Turbin turgo dapat beroperasi pada head 30 – 300m.

4. Tubin Cross Flow

Turbin Cross Flow didisain untuk mengakomodasi debit aliran air yang lebih besar dari *head* yang lebih rendah di banding pelton. Head nya kurang dari 200 meter.

Tinggi terjunan (*head*) : $H = 5 - 200 \text{ m}$

Debit : $Q = 0,03 - 13 \text{ m}^3/\text{s}$

Kapasitas : $N = 10 - 3500 \text{ Kw}$

5. Turbin Pelton

Tak seperti turbin jenis reaksi, turbin ini tidak memerlukan tabung diffuser. Ketingian air (*head*) = 200 s.d 2000 meter. Debit air 4 s.d 15 m³/s. Turbin perltion digolongkan ke dalam jenis turbin implus atau tekanan sama.

Sudu Turbin

Sudu (blade) merupakan bagian turbin yang berfungsi untuk merubah gerak pancar air menjadi gerak rotasi/putaran atau pancaran air yang masuk turbin dan mengenai sudu roda turbin akibat adanya fluida kerja (air, angin, uap, dll) yang dimana akan terjadi konversi energi yaitu energi kinetik menjadi energi mekanis yang menggerakkannya atau mengubah energi potensial menjadi energi kinetic.

Kincir Air

Dengan adanya ketersediaan material baru seperti besi tuang serta bertambahnya kebutuhan daya mekanik selama revolusi industri, bertambah nya pengetahuan dalam bidang keteknikan hidrolis, perencanaan kincir air telah menghasilkan peningkatan dalam kinerja dan efisiensinya.

Laluan Air

Laluan air atau “waterway” merujuk pada jalur atau saluran yang digunakan untuk mengalirkan air dari sumber alam ke turbin atau roda air yang ada di sistem PLTPH dan laluan tersebut sangat berpengaruh karena bertugas untuk mengarahkan aliran air menuju turbin dengan benar

Hal-hal penting yang perlu dipahami tentang laluan air pada PLTPH:

1. Debit Air

Debit air memiliki satuan pengukuran yang sering kita sebut adalah ml/detik, $\frac{m^3}{detik}$, dan satuan lainnya yang juga artinya untuk menyatakan volume/satuan waktu. System satuan SI besarnya debit air dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/s).

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

Q = Debit air (m^3 / detik)

V = Volume air (I)

T = Waktu (detik)

2. Daya Hidrolis

Adapun rumus yang digunakan dalam menghitung suatu potensi energi listrik dari sebuah aliran air adalah sebagai berikut:

$$P = p \cdot g \cdot Q \cdot H \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

P = daya Hidrolis (Watt)

Q = debit (m^3 / detik)

H = tinggi dari jatuh air (meter)

G = gravitasi (9, 81 m/s^2)

3. Efisiensi Turbin

Efisiensi Turbin merupakan kemampuan peralatan pembangkit untuk mengubah energi kinetic air yang mengalir menjadi energi listrik. Untuk menghitung efisiensi dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\eta_{\text{trubin}} = \frac{p_g}{p_H} 100 \% \dots \dots \dots (3)$$

keterangan :

η_{trubin} = Efisiensi turbin (%)

P_G = Daya Generator (watt)
 P_H = Daya Hidrolis (watt)

Metode

Lokasi tempat penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar (UHKBPNP).

Peralatan Penelitian

1. Volt Meter
2. Tacho Meter
3. Lem Tembak
4. Bor
5. Tang
6. Cutter Acrylic

Bahan-Bahan Penelitian

1. 2 buah Drum/tong
2. 3 Buah Besi Holo
3. Pipa Rucika
4. Kapasitor
5. Lampu
6. Besi As
7. Kabel-kabel
8. Mini Water Pump
9. Baterai Supply 12 VDC
10. Papan
11. Saklar
12. Kayu
13. Ember bak mandi
14. Kaca acrylic

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi Analisis Variasi Kemiringan Lalan Air Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hidro (PLTAPH).

Tahapan Perencanaan Alat

Wadah Tempat Air

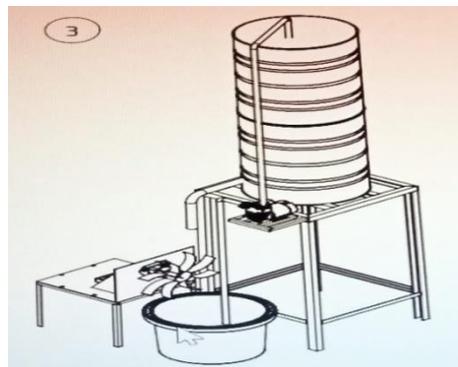
Wadah tempat air yang akan digunakan adalah berupa tong 100kg, drum ini akan di isi dengan air secara manual terlebih dahulu dengan cara memasukkan air kedalam ember tersebut hingga penuh.

Turbin Kincir

Turbin yang digunakan merupakan turbin jenis pelton. Turbin kincir sebagai alat percobaan pada PLTAPH untuk memutar kincir air yang dihubungkan dengan poros pada generator miniatur dari semburan air yang dikeluarkan oleh dorongan air.

Generator

Generator yang digunakan adalah generator DC magnet permanen. Output yang dihasilkan dari generator yaitu 12 volt – 18 volt, 500 – 800 rpm, 15 A.



Gambar 1. Sistem Kerja PLTAPH yang di rancang

Rencana Pengujian Sudut Kemiringan 35° , 45° , 90°

Tabel 1. Rencana Pengujian Sudut Kemiringan 35° , 45° , 90°

| Pengujian | Sudut | Debit Air | Daya hidrolidis | efisiensi |
|-----------|--|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 35° , 45° , 90° | 3 kali pengujian | 3 kali pengujian | 3 kali pengujian |
| 2 | 35° , 45° , 90° | 3 kali pengujian | 3 kali pengujian | 3 kali pengujian |
| 3 | 35° , 45° , 90° | 3 kali pengujian | 3 kali pengujian | 3 kali pengujian |

Hasil dan Pembahasan

Cara kerja system PLTPH ini diawali dengan pompa menghisap air yang terdapat pada bak bawah, kemudian air dialirkan melalui pipa PVC sampai ke drum atas,

kemudian yang di drum atas mengalir turun ke pipa dan turbin berputar. Pengukuran parameter – Angkit parameter pada pemodelan pembangkit listrik tenaga pico hidro akan dilakukan dengan mengganti sudut head turbin berturut turut dari 90^0 , 45^0 , 35^0 . Realisasi dari desain pemodelan laluan pembangkit listrik tenaga pico hidro secara utuh dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Laluan 90^0 , 45^0 , 35^0

Proses Pembentukan Laluan

Laluan air merujuk pada jalur atau saluran yang digunakan untuk mengalirkan air dari sumber alam ke turbin dan laluan tersebut sangat berpengaruh karena bertugas untuk mengarahkan air ke turbin dengan benar dan konsisten.

Pengujian Laluan

1. Sudut 90^0

Tabel 2. Hasil Pengujian Sudut 90^0

| pengujian | sudut | Debit air | Daya hidrolis | efisiensi |
|-----------|--------|------------|---------------|-----------|
| 1. | 90^0 | 0,6 lt / s | 11,97 watt | 4,5 % |
| 2. | 90^0 | 0,6 lt / s | 11,97 watt | 4,5 % |
| 3. | 90^0 | 0,6 lt / s | 11,97 watt | 4,5 % |

2. sudut 45° Gambar 3. Pengujian 45° Tabel 3. Hasil Pengujian Sudut 45°

| Pengujian | Sudut | Debit air | Daya hidrolis | Efisiensi |
|-----------|--------------|------------|---------------|-----------|
| 1. | 45° | 0,6 lt / s | 14,96 watt | 3,9 % |
| 2. | 45° | 0,6 lt / s | 14,96 watt | 3,9 % |
| 3. | 45° | 0,6 lt / s | 14,96 watt | 3,9 % |

3. Sudut 35° Gambar 4. Pengujian 35°

Tabel 4. Hasil Pengujian Sudut 35⁰

| Pengujian | Sudut | Debit Air | Daya Hidrolis | Efesiensi |
|-----------|-----------------|------------|---------------|-----------|
| 1. | 35 ⁰ | 0,6 lt / s | 16,76 watt | 3,87 % |
| 2. | 35 ⁰ | 0,6 lt / s | 16,76 watt | 3,87 % |
| 3. | 35 ⁰ | 0,6 lt / s | 16,76 watt | 3,87 % |

Perhitungan Debit Air

$$\text{Debit} = \frac{\text{volume bejana}}{\text{waktu untuk memenuhi bejana}}$$

$$Q = \frac{440}{720}$$

$$Q = 0,61 \text{ liter / s}$$

Pengukuran Daya Hidrolis

1. sudut 90⁰

Untuk mengetahui daya hdirolis atau daya yang dihasilkan oleh air dari suatu ketinggian dihitung dari sudut 90⁰, perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan:

$$P = p \cdot Q \cdot h \cdot g$$

$$P = 1000 \cdot 0,61 \cdot 2 \cdot 9,81$$

$$P = 11,97 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Efesiensi} \quad \eta_{\text{trubin}} &= \frac{p_g}{p_H} 100 \% \\ &= \frac{54}{11,97} 100\% \\ &= \frac{5400}{1197} \\ &= 4,5 \% \end{aligned}$$

2. sudut 45⁰

$$\begin{aligned} P &= p \cdot Q \cdot h \cdot g \\ P &= 1000 \cdot 0,61 \cdot 2,5 \cdot 9,81 \\ P &= 14,96 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efesiensi} \quad \eta_{\text{trubin}} &= \frac{p_g}{p_H} 100 \% \\ &= \frac{59}{14,96} 100\% \\ &= \frac{5900}{1496} \\ &= 3,9 \% \end{aligned}$$

3. sudut 35^0

$$P = p \cdot Q \cdot h \cdot g$$

$$P = 1000 \cdot 0,61 \cdot 2,8 \cdot 9,81$$

$$P = 16,76 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } \eta_{\text{trubin}} &= \frac{p_g}{p_H} 100 \% \\ &= \frac{65}{16,76} 100\% \\ &= \frac{6500}{1676} \\ &= 3,87 \% \end{aligned}$$

Simpulan dan Saran

Simpulan

Hasil dari analisis dan pengujian alat pembangkit listrik tenaga pico hidro ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. kinerja pemodelan pembangkit listrik tenaga pico hidro sangat dipengaruhi oleh sudut kemiringan karena semakin lurus laluan tersebut maka hambatan semakin kecil dan begitu pula laluan yang semakin bengkok atau derajatnya semakin besar maka hambatannya semakin besar.
2. Telah dilakukannya pengujian laluan air dimana laluan 35^0 jauh lebih efisien digunakan dikarenakan debit air yang dihasilkan sangat besar dari pada laluan 90^0 , 45^0 .
3. Hasil dari pengujian analisis variasi laluan ini dengan debit air 0,61 lt / s dan daya hidrolis sebesar 11,97 watt yaitu di sudut 90^0 dimana efisiensi terendah dihitung mundur yaitu 4.5 % dan daya paling tinggi dengan debit air 0,61 lt /s dengan daya hidrolis 16,76 watt yaitu di sudut 35^0 dengan efisiensi dihitung mundur yaitu 3,87%

Saran

1. Untuk dipenelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pembesaran pipa laluan air dari tandon atas dengan tujuan agar didapatkannya debit air yang lebih besar lagi sehingga daya yang dihasilkan oleh generator besar
2. Untuk membuat laluan air sebaiknya diperhatikan sudut kemiringan karena sangat berpengaruh terhadap kinerja generator.

Daftar Pustaka

- Adman , M, & Muflihini, M. (2018). Pengaruh variasi kemiringan flushing conduit terhadap volume penggelontoran sedimen di waduk (uji eksperimen). *Teknik hidro*, 11(2), 71-81
- Ardika, I. K. A., weking, A. I., & jasa, L.(2019). Analisa pengaruh jarak sudu terhadap putaran ulir pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro. *Majalah ilmiah teknologi elektro*, 18(2)217-226
- Ayiz,f. A. (2021).pengaruh variasi sudut kemiringan dan debit air terhadap daya dan efisiensi turbin air vortex.
- Azis, f ., Mustafa. S.,Munzir, A. M. I., Mahdura, M., &Lutfi, s. (2021). Rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga picohydro menggunakan Turbin Impuls. Joule (*journal of electrical engineering*),2 (1), 65-71.
- Cahyono, G. R., Amrullah, A., Ansyah, P. R., & Rusdi, R. (2022). Pengaruh sudut kemiringan terhadap putaran dan daya hidrolisis pada turbin Archimedes screw portable. *Jurnal rekaya mesin*, 13(1), 257-266.
- 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.
- Edjoka, dkk.2015” Suitability Of Pico Hydropower Technology For Addressing The Nigerian Energy Crisis-A review” *International journal of engineering invention* Volume 4, Issue 9.
- Hamzah. Imron, Prasetyo. Ari, Tjahjana. P.D.D.D., dan Hadi. Syamsul, 2016. Effect of blade number to performance of savonius water turbin in water pipe.Surakarta. sebelah maret Uiversity. Indonesia. Vol.1931 PP.1- 4. <https://doi.org/10.1063/1.5024105>
- Putra, I.G. W., Weking, A. I. & Jasa, L. (2018). Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan menggunakan turbin Archimedes Screw. *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, 17(3), 385.
- Sahbana, M. A., & Anam, S.K. (2019). Pengaruh Jenis Sudu Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetic Poros Horizontal. *PROTON*, 10(2), 20-24.
- Sihaloho, J. (2022) *analisa pengaruh debit air terhadap kinerja pembangkit listrik tenaga mikro hidro (pltmh)* menggunakan 4 buah sudu (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Syahrul, K. A., & Sahbana, M. A. (2018) Pengaruh Jenis Sudu Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetic Poros Horizontal. *Vol, 10*, 20-24.
- Tonadi, E. (2021). Analisis pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi turbin pelton dengan tekanan konstan. *Teknosia*, 15(1), 36-42.
- Wedanta, I. P. W. I., Wijaya, W. A., & Jasa, L. (2021). Analisa pengaruh kemiringan head dan variasi sudut blade turbin ulir terhadap kinerja PLTMH. *Jurnal SPEKTRUM* Vol, 8(1).

Zainuddin, Dkk. “Design and Development Of Pico-Hydro Generation System For Energy Storage Using Consuming Water Distributed To Houses”. World Academy Of Science, Engineering And Technology 59 2009. Faculty Of Electrical Engineering, University Teknikal Malaysia Melaka. 7. Raja, Dkk. “ Power Electronics In Hydro Electric Energy System -A Review”. Renewable And Sustainable Energy Reviews 32 (2024) 944-959.