

# ANALISA DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN TURBIN PIKOHIDRO DENGAN VARIASI KEMIRINGAN SUDU

**Jonatan Basa Hadinata Lumban Tobing (2111904), Sibut**

Jurusan Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang  
Jalan Raya Karanglo Km 2, Tasikmadu, Lowokwaru, Malang, Jawa Timur 65153  
Email: [jotobing21@gmail.com](mailto:jotobing21@gmail.com)

## **Abstrak**

*Banyak lokasi di dunia yang tidak dapat terjamah oleh pembangkit listrik, yang mana salah satu penyebabnya merupakan karena terbatasnya sumber daya manusia yang kurang mampu untuk membayar listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Air menjadi salah satu transformator dari banyaknya kendala dalam kebutuhan manusia untuk menciptakan hal-hal yang sangat kontroversial. Listrik menjadi pemegang peran penting dalam mendukung berkembangnya suatu daerah, yang mana menjadi tempat untuk penyaluran sumber daya. Dari banyaknya sumberdaya terbarukan yang dapat dinikmati manusia, terdapat energi terbarukan yang mungkin tidak akan habis, karena bumi ini masih mempunyai banyak stok air. Dari banyaknya sumber daya energi terbarukan yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari Pembangkit Listrik Tenaga Air skala pikohidro merupakan salah satu cara untuk penyaluran energi listrik setempat yang memang kurang terjamah oleh pemerintah maupun swasta yang bergerak dibidang renewable energi. Oleh karena itu, saya berinisiatif untuk melakukan penelitian untuk sedikitnya dilanjutkan untuk peneliti selanjutnya. Demikian judul skripsi ini saya terbitkan dengan judul "Analisa daya listrik yang dihasilkan oleh turbin pikohidro dengan variasi kemiringan sudu". Adapun penelitian ini menghasilkan antara lain; turbin dengan kemiringan sudu 30° merupakan sudu dengan nilai efisiensi dan hasil daya listrik yang dihasilkan terbesar dari kemiringan sudu yang lainnya.*

**Kata kunci:** pembangkit listrik, pikohydro, energi listrik, kemiringan sudu.

*Many locations in the world cannot be touched by power plants, one of which is due to limited human resources that are less able to pay for electricity. Hydroelectric Power Plants are one of the many transformers of human needs that produce highly contentious products. Electricity plays an important role in supporting the development of an area, which is a place for the distribution of resources. Of the many renewable resources that can be enjoyed by humans, there is renewable energy that may never run out because this earth still has a lot of water in stock. Of the many renewable energy sources that can be applied in everyday life, pico-hydro scale Hydroelectric power is one of the ways to distribute electrical energy locally that is untouched by the government and the private sector engaged in renewable energy. Therefore, I took the initiative to conduct research that could at least be continued by future researchers. Thus, I publish the title of this thesis as "Analysis of the Electric Power Generated by a Picohydro Turbine with Variations in the Slope of the Blades." The results of this research include a turbine with a blade tilt of 30°, the blade with the highest efficiency value, and the resulting electric power output from the other blade slopes.*

**Keywords:** power plant, picohydro, electric energy, blade slope.

## 1 PENDAHULUAN

Tarif listrik non subsidi tidak naik hingga kuartal IV atau Oktober-Desember 2022. Hal ini tentu bisa membuat masyarakat sedikit bernafas lega usai menghadapi kenaikan harga bahan bakar minyak (BBM). Adapun informasi terkait naiknya tarif listrik akhir tahun sudah dipastikan oleh PT PLN (Persero) sendiri. Kebijakan ini juga sudah disetujui oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), (detikfinance). Dengan adanya rencana kenaikan tarif listrik tersebut membuat sebagian besar masyarakat menjadi waswas. Seiring meningkatnya kebutuhan dan konsumsi energi dalam kegiatan sosial dan ekonomi manusia. Membuat kebutuhan dalam penggunaan energi listrik menjadi lebih besar, yang mana menjadikan listrik menjadi sumberdaya yang sulit untuk dilepaskan dari siklus kebutuhan manusia. Dengan adanya kebutuhan terhadap energi listrik tersebut, mendorong pemerintah untuk berfikir keras dalam penanggulangan terhadap kebutuhan tersebut.

Dari berbagai macam pembangkit listrik, ada diantaranya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), pembangkit listrik tenaga air (PLTA), dan pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPh). PLTPh merupakan salah satu alternatif yang lebih murah dan tidak membutuhkan lahan yang luas. Ada tiga komponen penting dalam yaitu air (sumber energi), turbin, dan generator. Emisi gas rumah kaca dalam penerapan PLTA secara khusus lebih rendah dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil. Secara ekonomi, pemanfaatan setengah dari potensi layaak energi hidro dapat mengefisiensi emisi gas rumah kaca sekitar 13% dan secara khusus dapat mengurangi emisi sulfur dioksida (penyebab utama hujan asam) dan nitrogen oksida (bostan et al.,2013). Dan kebutuhan fosil yang meningkat sehingga resiko dampak lingkungan dan perubahan iklim. Dengan demikian Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu penunjang energi yang berperan aktif dalam menyumbang energi global. Dan dengan menyulitnya sumber fosil, PLTA ini salah satu sumber energi dimasa depan. PLTA ini menggunakan air sebagai penggeraknya, biasanya PLTA ini berada didekat tempat-tempat yang menampung air atau tempat yang memiliki arus air yang mumpuni untuk menggerakkan turbin. Turbin air tergolong mesin konversi energi yang mengubah energi tranlasi gerak lurus menjadi energi rotasi. Energi air merupakan energi terbarukan atau renewable energy. Energi air menyumbang kurang lebih 20% daya listrik dunia dari pembangkit listrik besar kecil. Di Indonesia memiliki potensi energi bersih dan terbarukan yang tinggi.

Dengan kemiringan sudu pada umumnya di variasikan sesuai dengan kebutuhan pada tempat yang sesuai dengan kebutuhan. Dalam hal ini saya akan mengaplikasikan kemiringan sudu dengan kemiringan 30°, 45°, dan 60°. Tujuan pembanding dalam kemiringan sudu adalah guna mendapatkan hasil maksimal dalam mencari hasil energi dari ketiga pembanding kemiringan sudu. Adapun kemiringan sudu ini yang akan saya aplikasikan dalam pengujian dan pembuatan skripsi diharapkan mampu untuk menghasilkan referensi kepada teman-teman maupun pihak PLTPh yang sudah ada dan yang masih akan dilaksanakan.

Dengan pengaplikasian dan pengujian pada rasio 1:32 dengan variasi tiga kemiringan sudu yang diharapkan dapat menjadi referensi yang memulai pandangan mahasiswa dan peneliti yang akan melaksanakan pembuatan pembangkit listrik dalam konseenterasi apapun. Dan mengharapkan menciptakan generasi baru dalam pengkonversi energi guna mencari sumber energi terbarukan yang dapat dihasilkan tanpa merusak dan mengganggu siklus sumber daya alam, sehingga dibuatlah judul penelitian, “Analisa Daya Listrik yang dihasilkan Turbin PikoHidro Dengan Variasi Kemiringan Sudu”.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pembangkit Listrik secara umum memiliki banyak jenis yang dibuat sesuai dengan tempat dan kebutuhan dari setiap daerah. Pembangkit listrik yang umumnya dikenal adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PLTA adalah pembangkit listrik yang mengandalkan arus air dalam skala besar kemudian masuk ke turbin dan diubah menjadi energi listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Air pada umumnya berada di tempat-tempat yang memiliki volume air yang besar, seperti bendungan dan sungai. Pembangkit listrik sendiri biasanya bekerja sama dengan kementerian yang langsung menghubungkan hasil energi ke tempat-tempat yang membutuhkan. PLTA skala besar memiliki kapasitas lebih dari 100 MW, PLTA skala menengah 10-100 MW, PLTA skala kecil kurang dari 10 MW, PLTA skala mini hidro 100-1000 kW, PLTA skala mikrohidro 5-10 kW, dan PLTA skala pikohidro merupakan skala terkecil dalam pembangkit listrik bertenaga air dengan kapasitas kurang dari 5 kW.

PLTPh bekerja dengan cara mengubah energi potensial menjadi energi mekanik dengan bantuan turbin air dan dari energi mekanik menjadi energi listrik dengan bantuan generator. Metode pengambilan data lapangan dilakukan pada alat rancang bangun PLTPh. Setelah dilakukan pengujian, maka dapat diperoleh data yaitu putaran,

tegangan dan frekuensi pada generator AC 1 fasa. Dari hasil perhitungan daya output yang dihasilkan generator, daya output yang dapat dihasilkan generator adalah sebesar 7,82838 watt. Tegangan maksimal yang dapat dihasilkan generator dari prototipe PLTPH adalah sebesar 120 Volt pada kondisi tanpa beban. Dengan total beban terpasang yaitu sebesar 12 Watt. Tegangan yang dihasilkan generator dipengaruhi oleh variasi beban. Frekuensi maksimal yang dapat dihasilkan oleh generator adalah sebesar 14,1 Hz pada kondisi tanpa beban. Dimana perubahan nilai frekuensi diperoleh akibat fluktuasi beban yang terpasang.

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

Dimana :

P= daya keluaran (watt)

P= massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

Q= debit air ( $\text{m}^3 / \text{S}$ )

h= ketinggian efektif (m)

g= gaya gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

## 2.1 Turbin air

Turbin air adalah alat yang dapat menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros dengan mengandalkan kecepatan aliran air dari sungai dan memanfaatkan energi kinetik air, energi kinetik air kemudian di ubah menjadi energi mekanis pada turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator sehingga keluarannya adalah listrik. Sistem tenaga pikohidro merupakan pembangkit listrik tenaga air yang menghasilkan pembangkit listrik maksimum 5 kW dan biasanya ditemukan di daerah pedesaan dan perbukitan.

## 2.2 Pembangkit listrik tenaga Pikohidro

Proses perubahan energi kinetik menjadi mekanik akan membuat turbin berputar. Sehingga kincir air akan bergerak secara berotasi, hal ini dinamakan dengan momen putar yang diterima poros turbin. dengan (Rahmat Hidayat, 2018) :

$$P_{\text{turbin}} = T \times \omega$$

$$T = F \times r$$

$$F = m \times v$$

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60}$$

Dimana :

P = daya turbin (watt)

T = torsi turbin (Nm)

F = gaya terhadap turbin (N)

m = massa turbin (kg)

r = jari-jari luar turbin (m)

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/detik)

n = kecepatan putaran turbin (rpm)

v = kecepatan putaran keliling turbin (m/s).

## 3 Metode Penelitian

Guna mencapai hal yang akan ingin pengujian capai, maka digunakanlah metode penelitian eksperimental yaitu metode yang dapat dipakai untuk menguji hasil dari kemiringan sudu yang akan digunakan dalam percobaan sebagai perbandingan hasil.

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

### 1. Variabel bebas

Dalam penelitian ini yang dijadikan variabel bebas adalah fokus dalam penggunaan variasi pada kemiringan sudu (kemiringan dari sudu  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $60^\circ$ ) selama proses penelitian.

### 2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besar nilai tergantung dari nilai variabel bebas dan besar variabel terikat dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Pada penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah daya turbin.

### 3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian dan nilainya dijaga tetap selama pengujian berlangsung adalah laju putaran dari turbin dan waktu yang digunakan. Dalam proses ini ada 5 menit, 10 menit, dan 15 menit.

Nilai Variabel terkontrol yang telah ditentukan dapat dinyatakan dalam suatu table sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Pengujian hasil energi listrik yang dihasilkan sudu dengan kemiringan sudu  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $60^\circ$  Cara kerja Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

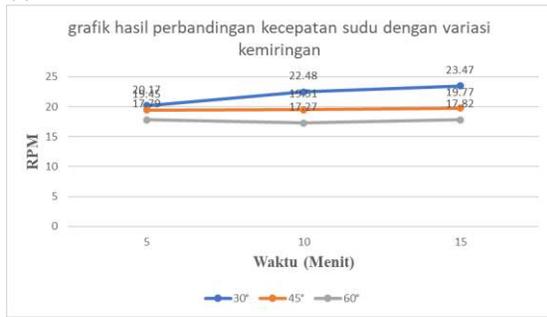
Secara umum, prinsip kerja pada pembangkit listrik adalah dengan adanya air mengalir yang menghantam sudu pada turbin yang sudah terhubung dengan gear dan rantai dengan pengaturan kecepatan yang dapat sewaktu-waktu berubah, dan kemudian terhubung ke generator, kemudian PLTPH mengubah energi gerak menjadi energi listrik.

## 3.1 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini berupa perbandingan kecepatan turbin dengan kemiringan  $30^\circ$ ,

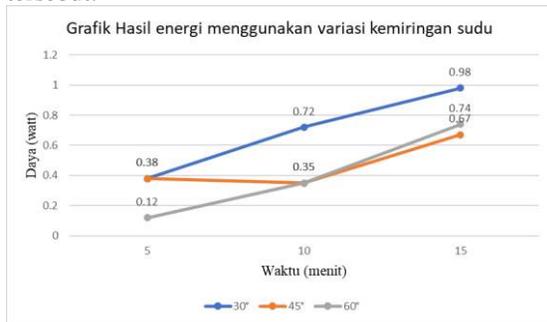
45°,  
60°

dan



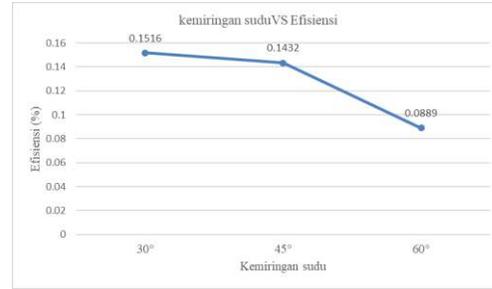
Gambar 1. Grafik Perbandingan hasil kecepatan putaran turbin air dengan variasi kemiringan

Grafik hubungan antara putaran poros (RPM) terhadap kemiringan sudu dapat diketahui karakteristik, bahwa sudu dengan kemiringan 30° memiliki RPM tertinggi sebesar 23,47 rpm, lalu pada sudu dengan kemiringan 45° memiliki RPM tertinggi sebesar 19,77 rpm, dan sudu dengan kemiringan 60° memiliki RPM tertinggi sebesar 17,82 rpm. Yang artinya semakin kecil sudut pada sudu maka akan semakin cepat perputaran sudu tersebut karena, sudu akan langsung berputar tanpa menunggu air mencapai ujung atas sudu untuk mendorong sudu tersebut.



Gambar 2. Grafik Perbandingan hasil kecepatan putaran turbin air dengan variasi kemiringan

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kemiringan sudu berpengaruh pada daya turbin seperti pada kemiringan sudu dengan sudut 30° diperoleh daya turbin tertinggi sebesar 0,98 watt, pada turbin dengan kemiringan sudu 45° diperoleh daya turbin tertinggi sebesar 0,67 watt, dan pada turbin dengan kemiringan sudu 60° tertinggi sebesar 0,74 watt. Maka semakin kecil kemiringan sudu pada turbin semakin besar daya turbin yang dihasilkan. Dan resiko terhadap slip terhadap pulley ke belt, masih terjadi karena semakin cepat putaran turbin semakin besar resiko slip terhadap belt



Gambar 3. Grafik hasil perbandingan efisiensi terhadap tiga variasi kemiringan sudu

Pada gambar 3 menunjukkan perbandingan hasil gas H<sub>2</sub> pada penggunaan katalis konsentrasi 4M, didapatkan hasil produksi gas H<sub>2</sub> terbaik pada penggunaan katalis KOH sebesar 58mL. Pada penggunaan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mendapatkan hasil terendah yaitu 16.9mL, hal ini disebabkan karena pada katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang digunakan terlalu banyak yaitu 222mL dengan air 1000mL, sehingga terdapat ion SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> berlebih yang tidak dapat terelektrolisis dan memungkinkan penghambatan elektrolisis air.

Pada data yang telah didapatkan dari pencampuran ketiga katalisator, masing-masing katalisator memiliki karakteristiknya masing-masing. Pada pencampuran katalis KOH, NaOH, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, larutan asam atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsentrasi 2M memiliki hasil produksi gas hidrogen yang lebih baik daripada kedua katalisator yang lainnya.

Setelah elektrolisis pengujian hasil terbaik gas H<sub>2</sub> diinjeksikan pada intake manifold genset dan diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil daya listrik

waktu	30°	45°	60°
<b>5 menit</b>	0,38 w	0,38 w	0,12 w
<b>10 menit</b>	0,72 w	0,35 w	0,35 w
<b>15 menit</b>	0,98 w	0,67 w	0,74 w

Pada tabel 3 menunjukkan bahwa, karakteristik genset ET 1500L gasolin mengalami peningkatan karakteristik setelah ditambahkan gas H<sub>2</sub> yang diinjeksikan *intake manifold*. Karakteristik yang didapatkan lebih baik daripada penggunaan bahan bakar pertalite murni, baik dari nilai torsi, daya motor listrik, dan daya motor penggerak.

#### 4 KESIMPULAN

Hasil dari pengujian yang saya laksanakan menjelaskan bahwa semakin besar kemiringan sudu pada turbin maka hasil energi listrik yang dihasilkan semakin kecil, dengan hasil dari sudu dengan kemiringan sudut 30° 2,7466 watt, sudu dengan kemiringan 45° 1,79 watt, dan dengan kemiringan 60° sebesar 1,6166 watt. Dari pengujian yang saya lakukan menghasilkan efisiensi pada sudu dengan

kemiringan sudu  $30^\circ$  sebesar 0,5303%, pada turbin dengan kemiringan sudu  $45^\circ$  sebesar 0,4073%, dan pada turbin dengan sudu  $60^\circ$  sebesar 0,3442%. Menyatakan bahwa sudu dengan kemiringan sudut yang lebih kecil menghasilkan efisiensi yang lebih besar. Maka dari pengujian saya kali ini saya menyarankan untuk penggunaan kemiringan sudu dalam pembuatan turbin pikohidro menggunakan sudu dengan kemiringan yang lebih kecil. Kecepatan turbin yang dihasilkan pada pengujian saya kali ini adalah turbin dengan kemiringan sudu yang lebih kecil mengakibatkan kecepatan putaran turbin semakin cepat.

## 5 DAFTAR PUSTAKA

- Chamdareno, P. G., Almada, D., & Gunawan, H. 2019. *Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro dengan Memanfaatkan Instalasi Air Bersih*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Haryanto, Agus. 2017. *Energi Terbarukan*. Yogyakarta: Innosain.
- Prayoga, H. S. 2019. *Rancang Bangun Purwapura Pembangkit Listrik Tenaga Pokohidro Jenis Turbin Turgo*. Yogyakarta: Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
- Saputra, I. G. N., Jasa, L., & Wijaya, I. W. A. 2020. *Pengaruh Jumlah Sudu pada Prototype PLTMh dengan menggunakan Turbin Pelton terhadap Efisiensi yang dihasilkan*. Bali: Teknik Elektro Universitas Udayana.
- Sitompul, R. 2011. *Teknologi Energi Terbarukan yang Tepat untuk Aplikasi di Masyarakat Perdesaan*. Jakarta: PNPM Mandiri.
- Uyun, A. S., Novianto, B. 2020. *Rancang Bangun Low Head Turbin Piko Hidro*. Jakarta: Universitas Darma Persada.