

## **Modification of Kaplan Turbine with Variation of Guide Angle (Guide Vanes) to Generate Electric Power**

### **Modifikasi Turbin Kaplan Dengan Variasi Sudut Sudu Pengarah (Guide Vanes) Untuk Menghasilkan Daya Listrik**

Amin Jakfar<sup>1\*</sup>, Misbakhul Fatah<sup>1</sup>, Anauta Lungiding Angga R.<sup>2</sup>

#### **Abstract**

Hydroelectric power plant is renewable electrical energy that is needed at this time. One of the hydropower plants that has been designed is the Kaplan turbine, which is intended for the Geladak Kenong river, Pamekasan. The turbine is designed to produce 1000 Watts of power. In the manufacture of the turbine, several variations have been carried out, namely the diameter of the turbine blades, the angle of the turbine blades and the height of the draft tube. However, the power generated is relatively small, which is 416.89 Watts. In this modification, Kaplan turbines will be made with variations in Guide Vanes angles of 15<sup>o</sup>, 25<sup>o</sup>, 35<sup>o</sup> and 45<sup>o</sup>. Its working principle is optimizing water energy to improve Turbine performance. The method used in this study is to vary the angle of the Guide Vanes which can affect the power generated. The results of the Kaplan Turbine test, the highest power of 521.79 Watt, occurred at a Guide Vanes angle of 25<sup>o</sup> with a discharge of 0.0152 m<sup>3</sup>/s and a rotation of 466 rpm.

#### **Keywords**

Guide Angel, Kaplan Turbine, Electrical Energy

#### **Abstrak**

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) merupakan energi listrik terbarukan yang sangat dibutuhkan pada saat ini. Salah satu PLTA yang telah dirancang yaitu turbin Kaplan yang diperuntukkan di sungai Geladak Kenong Pamekasan. Turbin tersebut dirancang untuk dapat menghasilkan daya sebesar 1000 Watt. Dalam pembuatan turbin tersebut telah dilakukan pengujian dengan beberapa variasi yaitu diameter sudu tubin, sudut sudu turbin dan ketinggian draft tube. Namun daya yang dihasilkan relatif kecil yaitu sebesar 416,89 Watt. Pada modifikasi ini akan dibuat Turbin Kaplan dengan variasi sudut Guide Vanes 15<sup>o</sup>, 25<sup>o</sup>, 35<sup>o</sup> dan 45<sup>o</sup>. Prinsip kerjanya mengoptimalkan energi air untuk meningkatkan kinerja Turbin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah memvariasi sudut Guide Vanes yang dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan. Hasil dari pengujian Turbin Kaplan, daya tertinggi sebesar 521,79 Watt, terjadi pada sudut Guide Vanes 25<sup>o</sup> dengan debit 0.0152 m<sup>3</sup>/s dan putaran 466 rpm.

#### **Kata Kunci**

Sudu Pengarah, Turbin Kaplan, Energi Listrik.

<sup>1</sup> Teknik Mesin Alat Berat, Politeknik Negeri Madura

Jl. Raya Camplong KM 4 Taddan, Camplong Sampang Madura

<sup>2</sup> Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Negeri Madura

Jl. Raya Camplong KM 4 Taddan, Camplong Sampang Madura

\* aminjakfar@poltera.ac.id

Submitted : July 27, 2022. Accepted : August 31, 2022. Published : September 02, 2022.

## PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan manusia di seluruh dunia. Menurut kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2019, kebutuhan listrik nasional naik 6,9 % setiap tahun. Rasio elektrifikasi Indonesia mencapai 98,93% pada bulan April tahun 2020 berarti masih terdapat sekitar 1,07% rumah tangga yang belum teraliri listrik, yang mayoritas berada di daerah pedesaan. Untuk mengaliri listrik 1,07% rumah tangga tersebut, upaya-upaya yang dilakukan akan semakin rumit secara teknis dan akan semakin mahal secara ekonomi karena harus menjangkau daerah-daerah terpencil dengan perumahan penduduk yang tersebar. Di saat yang sama, semakin pelosok area masyarakat tinggal, semakin rendah pula daya beli untuk membeli listrik. Oleh karena itu, penggunaan pembangkit listrik yang memanfaatkan potensi air sungai (Pembangkit Listrik Tenaga Air) atau energi setempat lainnya dan sistem tenaga listrik rumah tangga secara individual menjadi salah satu pilihan solusi [1].

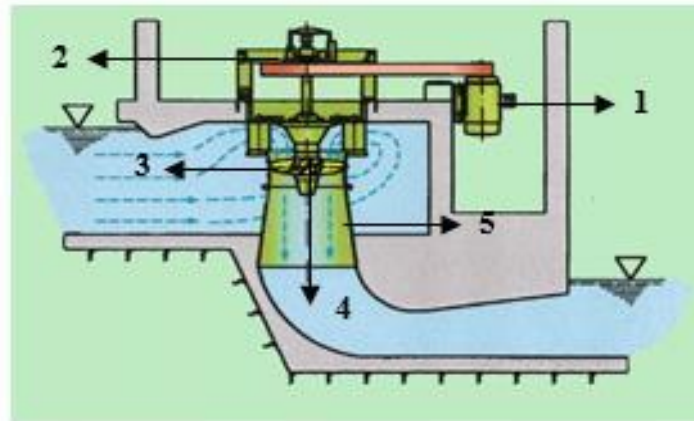
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan pembangkit yang mengandalkan energi potensial dan kinetik pada air untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan oleh PLTA biasanya disebut sebagai hidroelektrik. PLTA merupakan energi terbarukan karena termasuk salah satu energi yang tidak pernah habis [2]. Pembangkit listrik memiliki banyak jenis diantaranya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dan Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil yaitu antara 5-100 kW, skala *pico* pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik [3].

Salah satu potensi air yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik adalah sungai Geladak Kenong yang berada di desa Panempun, Kecamatan Pamekasan, Kabupaten Pamekasan. Dari observasi awal yang telah dilakukan diketahui ketinggian air 0.5 m dengan debit air  $0,569 \frac{m^3}{s}$ . Dari hasil observasi sungai tersebut maka diperoleh kapasitas daya turbin sebesar 1 kW. Oleh karena itu, dengan ketinggian dan debit yang rendah maka turbin air yang sesuai untuk digunakan sebagai penggerak adalah turbin air jenis Kaplan. Turbin Kaplan adalah turbin yang dapat beroperasi pada ketinggian kurang dari 2 meter. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya berbanding lurus dengan ketinggian air dan debit air. Semakin besar ketinggian air dan debit air maka daya yang dihasilkan semakin besar pula. Oleh karena itu, berhasilnya pembangkitan tenaga air tergantung daripada usaha untuk mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar secara efektif [4].

Pembangkit listrik skala *pico* pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Output yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga air dibedakan atas : [5]

1. *Large-hydro* : lebih dari 100 MW
2. *Medium-hydro*: antara 15 – 100 MW
3. *small-hydro* : antara 1- 15 MW
4. *Mini-hydro* : Daya atas 100 kW - 1 MW
5. *Micro-hydro* : antara 5 – 100 kW
6. *Pico-hydro* : daya yang dikeluarkan kurang dari 5 kW

Turbin Kaplan dan propeller merupakan turbin reaksi aliran aksial [6]. Turbin ini tersusun dari *propeller* seperti pada perahu. *Propeller* tersebut biasanya mempunyai tiga hingga enam baling-baling. Konfigurasi Turbin Kaplan seperti terlihat pada gambar 1”

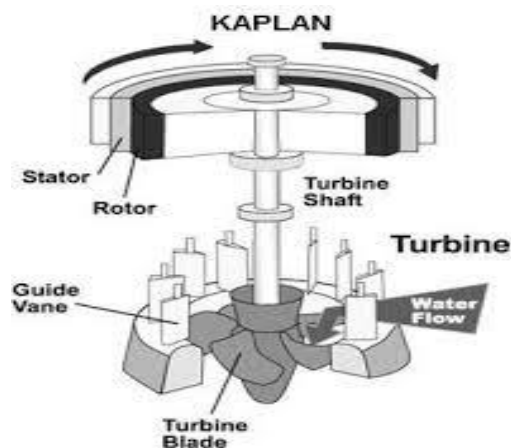


Gambar 1. Turbin Kaplan

Keterangan gambar 1 dirinci sebagai berikut

1. Generator listrik, berfungsi sebagai pengonversi energi kinetik putaran poros menjadi energi listrik. Pada umumnya, generator yang digunakan untuk PLTA skala kecil adalah generator sinkron dengan arus bolak-balik (AC).
2. *Pulley*, memiliki fungsi sebagai penyalur daya dari penggerak menuju komponen yang digerakkan, dalam hal yaitu dari poros menuju generator.
3. Sudu turbin, berfungsi sebagai penampang yang menerima energi dorong dari aliran air secara langsung, sekaligus mengubah energi tersebut menjadi putaran. Perputaran sudu disebabkan oleh gaya dorong air yang mengenai sudu turbin.
4. Poros, memiliki fungsi menyalurkan gerak putar dari dari turbin menuju ke *pulley*. Kemudian putaran dari *pulley* tersebut akan dilanjutkan lagi ke generator untuk dikonversi menjadi energi listrik.
5. Saluran pelepasan (*Draft Tube*), merupakan sebuah tabung atau pipa yang menghubungkan *outlet* turbin dengan saluran bawah. Fungsi *draft tube* yaitu untuk mengalirkan air yang keluar dari runner turbin.
6. Sudu pengarah (*Guide vanes*), adalah salah satu komponen dari turbin air yang memiliki fungsi utama yaitu sebagai pintu masuk air dari *spiral case* menuju baling-baling turbin, *Guide Vanes* juga berfungsi. sebagai distributor supaya air di sekeliling *runner* memiliki debit yang sama besar.

Konfigurasi sudu pengarah seperti terlihat pada gambar 2. Dimana sudu pengarah ini dibuat beberapa variasi untuk mengarahkan aliran air menuju baling-baling dari turbin Kaplan sendiri sehingga memiliki debit air yang sama besar.

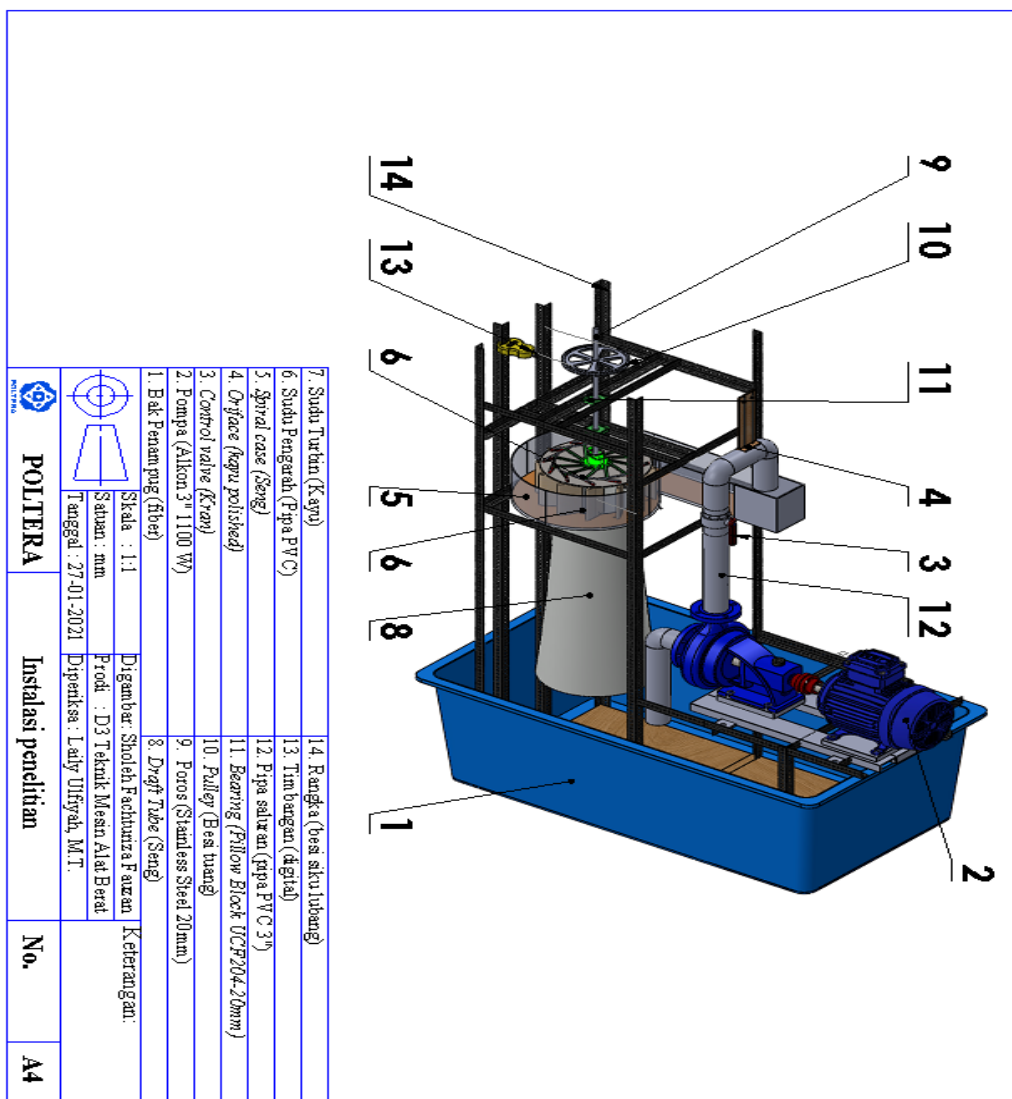
Gambar 2. Sudu Pengarah (*Guide Vanes*) [7]

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan dilakukan[8], yang menganalisa tentang diameter baling-baling, daya yang dihasilkan adalah sebesar 320 watt. Penelitian sudut *Guide Vanes* juga diteliti [9], dan diperoleh daya sebesar 87,6 watt. Dan menurut penelitian lainnya[10], sudut *Guide Vanes* berpengaruh terhadap daya yaitu semakin besar sudut *Guide Vanes* maka putaran dan torsi yang dihasilkan akan semakin meningkat serta akan mencapai putaran maksimum.

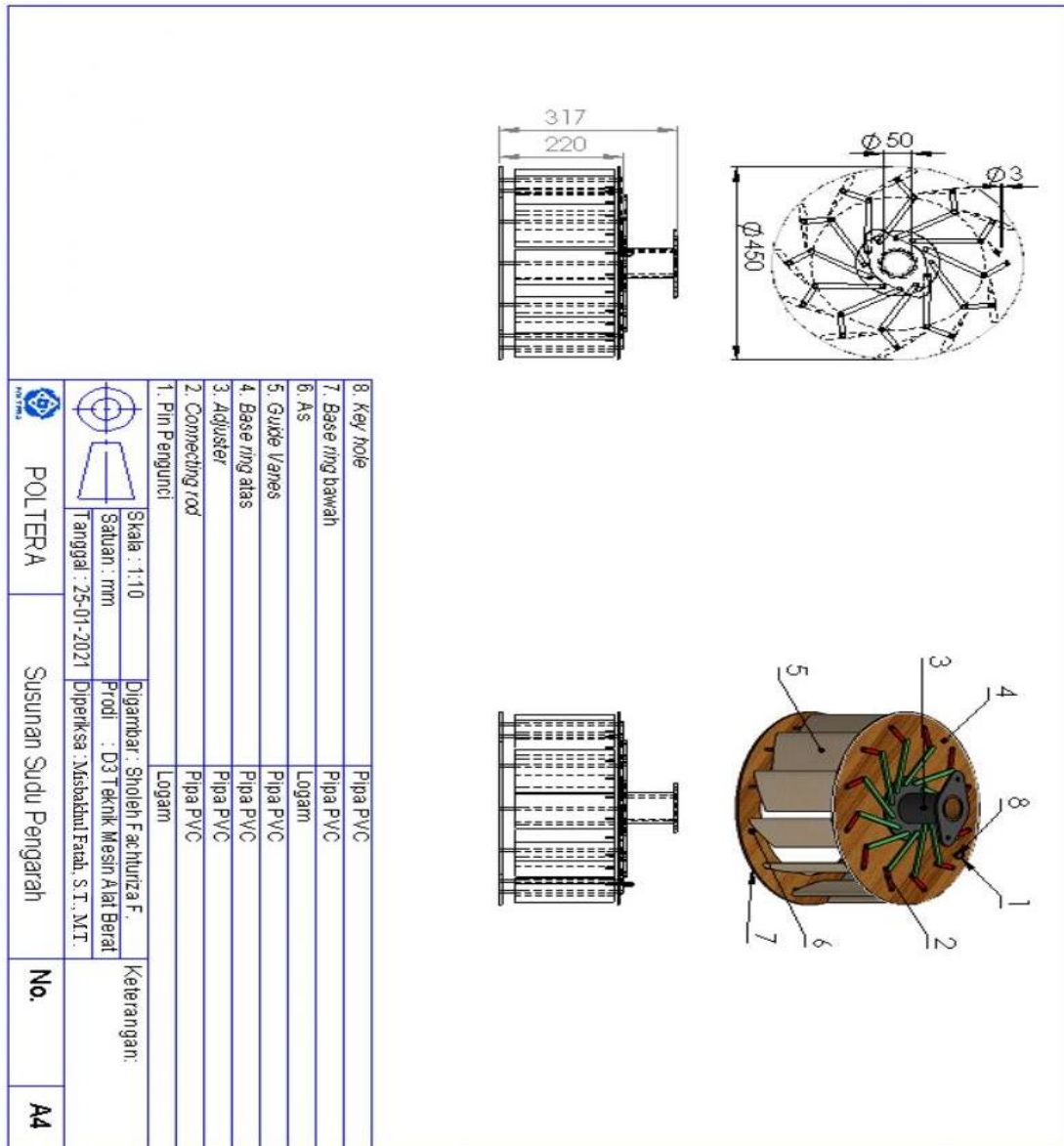
Dari penelitian tersebut artinya besar sudut sudu pengarah (*guide vanes*) mempengaruhi daya yang dihasilkan, sehingga perlu adanya usaha untuk menyesuaikan sudut sudu pengarah supaya diperoleh daya yang maksimal. Sehingga penelitian ini akan melakukan variasi sudu pengarah (*Guide vane*) turbinKaplan dan variasi debit aliran sebanyak 3 macam, yaitu 15°,25°, dan 35°. [11].

**METODE PENELITIAN**

Penelitian diawali dengan menggambar desain instalasi alat pengujian susunan *Guide Vanes* menggunakan program solid work seperti gambar 3 dan gambar 4.



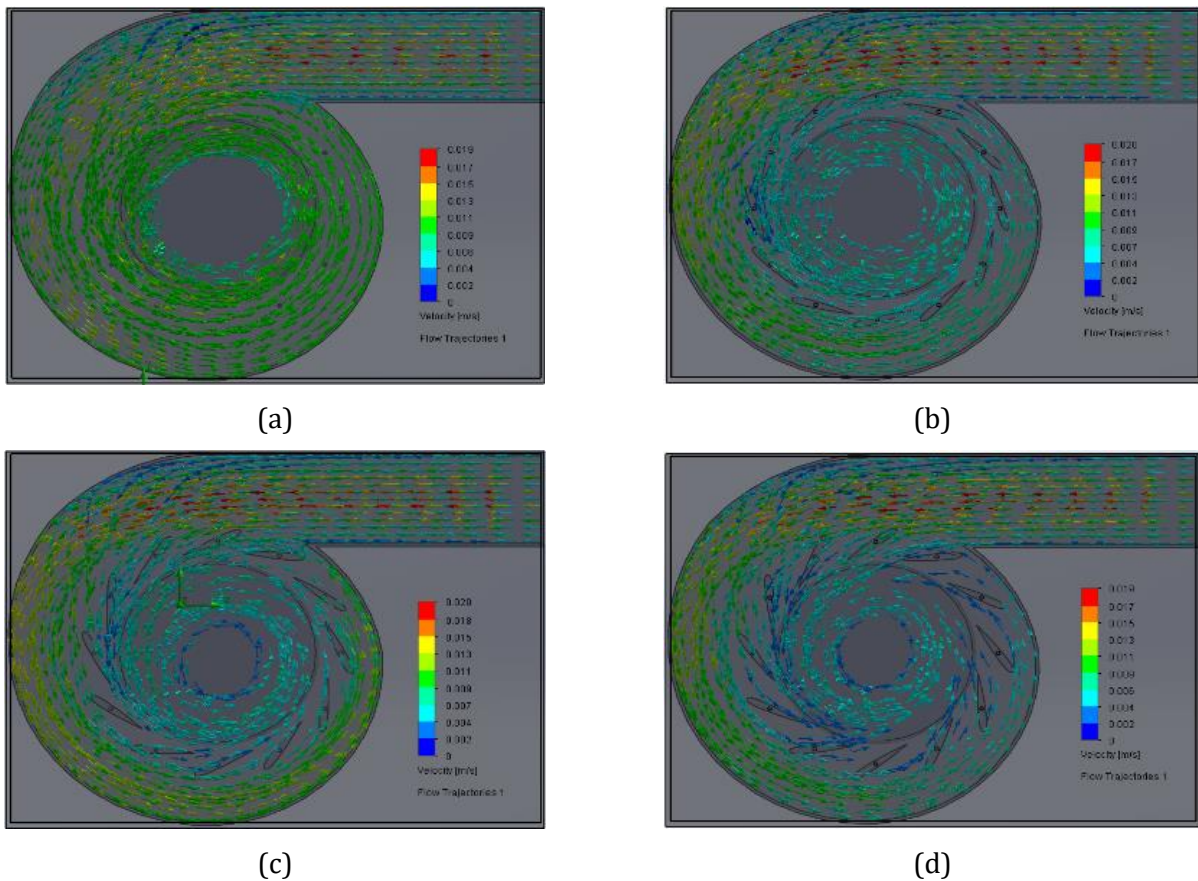
Gambar 3. Instalasi Pengujian Turbin



Gambar 4. Desain Guide Vanes

Guide Vanes merupakan alat untuk mengarahkan sekaligus mendistribusikan aliran yang terdapat di bagian *spiral case* pada Turbin Kaplan. Mekanisme Guide Vanes dirancang khusus supaya sudut Guide Vanes dapat diatur sesuai sudut yang divariasikan, sehingga memudahkan dalam pengujian. Bentuk Guide Vanes yang digunakan adalah tipe simetris dengan mengadopsi bentuk naca 0012. Jumlah sudu Guide Vanes sebanyak 6 buah. Ini dilakukan karena penelitian sebelumnya belum menghasilkan daya yang mendekati jenis turbin *Pico Hydro*. Bahan yang digunakan dalam pembuatan Guide Vanes adalah kayu jati. Penggunaan kayu bertujuan agar Guide Vanes tidak mudah berkarat dan keropos. Detail desain Guide Vanes seperti pada gambar 4. Sebelum melakukan pengujian dan memasang instalasi pengujian maka dilakukan simulasi terlebih dahulu seperti pada gambar 5.





Gambar 5. Jenis Sudu Pengarah a)0°, b)15°, c)25° dan d)35°

Tujuan dari simulasi ini yaitu untuk mendapatkan sudut sudu pengarah yang paling ideal yaitu mampu mengarahkan sekaligus mendistribusikan aliran secara maksimal. Aliran yang terarahkan secara maksimal menyebabkan luasan penampang turbin yang tertabrak oleh air semakin besar dan aliran yang terdistribusi secara maksimal akan menyebabkan kecepatan aliran menjadi maksimal. Jika luas penampang dan kecepatan aliran ini maksimal, itu artinya debit yang diberikan telah berhasil digunakan secara maksimal pula. Debit yang maksimal inilah yang akhirnya mengakibatkan daya turbin lebih besar. Dari empat sudut sudu pengarah yang disimulasikan terlihat sudut sudu 25° yang paling maksimal mendistribusikan aliran dibandingkan dengan sudut sudu 0°, 15°, dan 35°. Hal ini dapat terlihat jelas dari gambar 5 dimana pada sudut sudu 25° air dapat berkumpul maksimal saat didistribusikan.

### Persamaan

Rumus-rumus yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

#### Daya Air

$$P_{\text{air}} = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g \quad (1)$$

Dimana :  $P_{\text{air}}$  = daya (watt)  
 $\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $Q$  = debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $H$  = ketinggian efektif (m)  
 $g$  = gaya gravitasi ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

#### Debit Aliran

Untuk mendapatkan debit aliran maka diperlukan informasi volume air

$$V = p \times l \times h \quad (2)$$

Dimana :  $V$  = Volume Air [ $\text{m}^3$ ]  
 $p$  = panjang [m]

l = lebar [m]  
h = tinggi [m]

Maka rumus debit aliran :

$$Q = v \times A \quad (3)$$

Dimana : v = Kecepatan [m/s]  
A = Luas Penampang [m<sup>2</sup>]  
Q = Debit [m<sup>3</sup>/s]

$$De = \frac{60.v}{\pi.n} \quad (4)$$

Dimana : De = Diameter Luar [m]  
v = kecepatan [m/s]  
n = kecepatan putar [rpm]

*Diameter Dalam Turbin*

$$Di = \frac{1}{3} De \quad (5)$$

Dimana : De = Diameter Luar [m]  
Di = Diameter Dalam [m]

*Torsi Turbin*

$$T = F. r \quad (6)$$

Dimana : T = Torsi [Nm]  
F = Gaya [N]  
r = Jari-jari [m]

*Daya Efektif Turbin*

$$Ne = T.\omega \quad (7)$$

Dimana : Ne = Daya efektif Turbin [Watt]  
T = Torsi [Nm]  
 $\omega$  = kecepatan sudut [rad/s]

## Langkah pengujian

Pengujian dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

### 1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian

Alat dan bahan yang dimaksud adalah instalasi pengujian seperti gambar 6. Pengujian dilakukan menggunakan instalasi yang telah dirancang sedemikian rupa agar dapat memudahkan dalam pengambilan data. Sistem kerja dari instalasi pengujian ini yaitu dengan mensirkulasikan air dari bak penampung menuju ke sistem pengarah aliran (*Spiral case* dan sudu pengarah) menggunakan pompa. *Guide Vanes* merupakan alat untuk mengarahkan sekaligus mendistribusikan aliran yang terdapat di bagian *spiral case* pada Turbin Kaplan. Mekanisme *Guide Vanes* dirancang khusus supaya sudut *Guide Vanes* dapat diatur sesuai sudut yang divariasikan, sehingga memudahkan dalam pengujian.

### 2. Pemasangan instalasi pengujian

Instalasi pengujian dipersiapkan untuk menguji turbin Kaplan ini dapat bekerja menghasilkan daya atau tidak. Instalasi pengujian dipastikan tidak mengalami kebocoran pada saat pengujian.



Gambar 6. Instalasi Pengujian

### 3. Mengukur rpm dan massa dengan debit yang telah ditentukan

*Pulley* pada gambar 7 digunakan untuk mengukur rpm menggunakan *tachometer* dan mengukur massa menggunakan timbangan digital. Dalam melaksanakan pengukuran data, agar dilakukan dengan baik dan teliti.



Gambar 7. Mengukur rpm dan Massa Pulley



#### 4. Mengulang pengukuran rpm dengan variasi debit yang diujikan

Gambar 8 adalah dokumentasi cara pengukuran rpm menggunakan tachometer. Pada saat pengukuran perlu stiker dengan warna kontras dengan *pulley* agar *tachometer* dapat membaca berapa rpm yang dihasilkan oleh putaran *pulley* yang diteruskan dari putaran baling-baling turbin.



Gambar 8. Pengukuran rpm

#### 5. Mengulang pengukuran massa dengan variasi debit yang diujikan

Gambar 9 adalah dokumentasi cara pengukuran massa *pulley* menggunakan timbangan *digital* pada setiap debit yang diujikan. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan tali yang dililitkan ke *pulley* dan ditarik sampai *pulley* berhenti berputar. Setelah berhenti maka catat massa terakhir pada timbangan *digital*.



Gambar 9. Pengukuran Massa

## 6. Mengulang percobaan 3, 4, dan 5 diatas menggunakan variasi Sudut *Guide Vanes*.

Gambar 10.a adalah dokumentasi proses memutar sudut *Guide Vanes* untuk mengubah sudut *Guide Vanes* sesuai variasi yang diujikan. Sedangkan gambar 10.b adalah proses penguncian sudut agar sudut *Guide Vanes* tidak berubah pada saat pengujian berlangsung. Tiap variasi sudut ini diuji satu persatu sesuai variasi debit yang telah ditentukan. Data yang diambil juga sama yaitu rpm dan massa pada *pulley* yang berputar.



(a)



(b)

Gambar 10. Cara a) memutar sudut *Guide Vanes*, b) mengunci sudut *Guide Vanes*.

## 7. Pengolahan data hasil percobaan yang telah dilakukan

Data yang sudah didapat akan digunakan untuk menghitung hasil pengujian dengan menggunakan rumus persamaan yang sudah disebutkan sebelumnya.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Cara Meningkatkan Daya Turbin Kaplan

Dalam meningkatkan daya turbin Kaplan harus memahami prinsip kerja dan mengetahui variabel apa saja yang dapat mempengaruhi kinerja dari turbin Kaplan yaitu kelengkungan sudu, jumlah sudu, pengarah aliran (*Guide Vanes*), ukuran aliran dan kecepatan aliran. *Guide Vanes* pada turbin merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi rpm dan torsi yang menentukan daya dan efisiensi sebuah turbin.

Setelah mengetahui prinsip kerja dan variabel apa saja yang dapat mempengaruhi kinerja turbin Kaplan, kemudian menginterpretasikan penemuan secara logis serta mengaitkan dengan sumber rujukan yang relevan. Berdasarkan observasi pada turbin Kaplan, baik dari segi aliran fluida maupun dari konstruksi turbin itu sendiri, ditemukan permasalahan pada aliran fluida yang terdapat pada saluran masuk turbin. Aliran tersebut belum mengenai sudu turbin secara maksimal yaitu hanya mengalir di bagian tepi dari sudu turbin, sehingga mengakibatkan banyak debit aliran yang terbuang sia-sia melalui celah antara sudu turbin dengan *spiral case*. Hal tersebut menyebabkan putaran, torsi dan daya turbin juga kurang maksimal. Sehingga dilakukan modifikasi pada turbin tersebut yaitu dengan penambahan mekanisme sudu pengarah aliran serta penelitian terhadap variasi sudut sudu pengarah.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan sudut sudu pengarah yang paling ideal yaitu mampu mengarahkan sekaligus mendistribusikan aliran secara maksimal. Aliran yang terarahkan secara maksimal menyebabkan luasan penampang turbin yang tertabrak oleh air semakin besar dan aliran yang terdistribusi secara maksimal akan menyebabkan kecepatan aliran menjadi maksimal. Jika luas penampang dan kecepatan aliran ini maksimal, itu artinya debit yang diberikan telah berhasil tergunakan secara maksimal pula. Debit yang maksimal inilah yang akhirnya mengakibatkan daya turbin lebih besar.

Data hasil pengujian dapat dilihat dari Tabel 1:

Tabel 1. Data hasil pengujian

No	Sudut [°]	Debit [m <sup>3</sup> /s]	M [kg]	Rpm
1	0	0.01	3.52	191
2	0	0.01167	4.785	210
3	0	0.0133	6.28	244
4	0	0.013975	6.705	346
5	0	0.0152	7.829	409
6	15	0.01	3.865	184
7	15	0.01167	5.721	221
8	15	0.0133	7.15	250
9	15	0.013975	7.66	350
10	15	0.0152	8.313	432
11	25	0.01	3.925	221
12	25	0.01167	6.14	231
13	25	0.0133	7.13	282
14	25	0.013975	7.655	397
15	25	0.0152	8.42	466
16	35	0.01	3.331	176
17	35	0.01167	4.565	184
18	35	0.0133	6.195	198
19	35	0.013975	6.2	364
20	35	0.0152	7.224	422
21	45	0.01	3.25	172
22	45	0.01167	4.405	177
23	45	0.0133	6.04	181
24	45	0.013975	6.44	316
25	45	0.0152	6.674	399

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian maka dapat dihitung Torsi dan Daya turbin menggunakan persamaan 4 dan 5. Data contoh perhitungan Torsi dan Daya pada sudut *Guide Vanes* 15°:

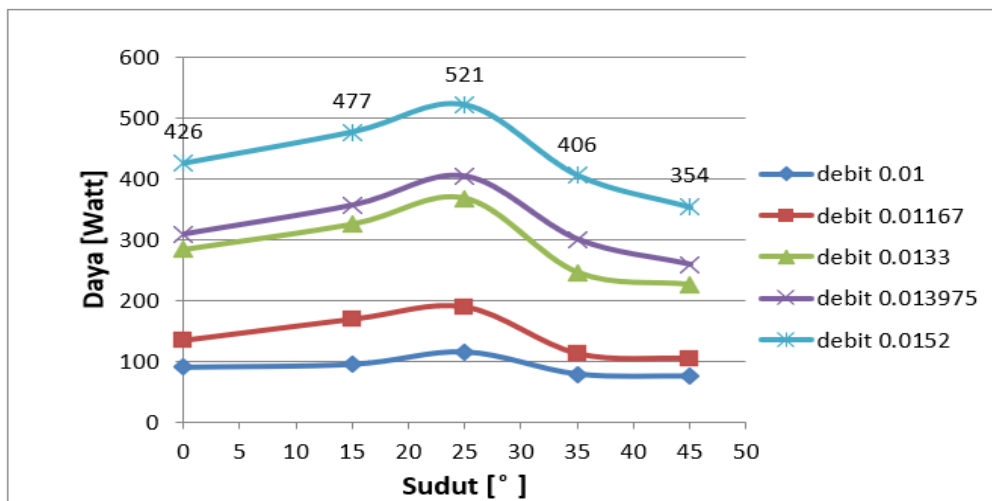
**Diketahui** :     r           = 0.127 m  
                   M<sub>1</sub>         = 3,865 kg  
                   Rpm         = 184 rpm  
                   g            = 10 m/s<sup>2</sup>

**Ditanya** : P .... ?

**Jawab** :     T = M.g.r  
                   = 3,865 kg . 10 m/s<sup>2</sup> . 0,127 m  
                   = 4,90855 Nm  
                   P = T . ω  
                   = T<sub>1</sub> .  $\frac{2\pi \cdot n}{60}$   
                   = 4,90855 Nm  $\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 184}{60}$   
                   = 94,5321 Watt

### Pengaruh *Guide Vanes* Terhadap Daya Turbin Kaplan

Pada Gambar 11 adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara sudut *Guide Vanes* dan Daya pada tiap-tiap debit yang diujikan. Hubungan antara sudut *Guide Vanes* dan daya diatas menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh *Guide Vanes* dengan sudut  $25^{\circ}$  lebih besar dari semua percobaan. Daya ini 104,9Watt lebih besar dari penelitian sebelumnya (416,89 Watt). Sedangkan daya terkecil adalah 74,69482 Watt, dengan sudut *Guide Vanes*  $45^{\circ}$  dengan debit air  $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hal ini sesuai dengan teori yang dikatakan pada penelitian Sukmana tahun 2016 yang meneliti tentang pengaruh sudut *Guide Vanes* terhadap daya.



Gambar 11. Grafik Pengaruh *Guide Vanes* Terhadap Daya

Dalam penelitian tersebut dikatakan bahwa semakin besar sudut sudut *Guide Vanes* maka putaran dan torsi yang dihasilkan akan semakin meningkat dan pada sudut *Guide Vanes* tertentu akan mencapai putaran optimum kemudian akan mengalami penurunan. Selain itu, semakin maksimal debit air yang digunakan maka semakin maksimal pula daya yang didapatkan. Hal ini dikarenakan debit memiliki pengaruh terhadap kecepatan putaran, torsi dan daya turbin. Semakin maksimal debit air yang digunakan maka semakin tinggi rpm yang dihasilkan. Semakin tinggi rpm yg dihasilkan maka semakin maksimal daya yang didapatkan. Hal ini dikarenakan rpm berbanding lurus terhadap daya sesuai pada persamaan  $P = T \cdot \omega$ . Kecepatan sudut didapat dari putaran yang dihasilkan oleh turbin (rpm). Massa sangat berpengaruh pada besar kecilnya torsi yang dihasilkan yaitu sesuai persamaan  $T = m \cdot g \cdot r$  semakin besar massa maka semakin besar pula torsi yang dihasilkan. Sehingga semakin maksimal massa dan torsi maka daya yang dihasilkan juga.

Data hasil perhitungan dapat dilihat dari Tabel 2

Tabel 2. Data hasil perhitungan

No	Sudut <i>Guide Vanes</i> [°]	Debit [m <sup>3</sup> /s]	M [kg]	Rpm	T [Nm]	P [Watt]
1	0	0.01	3.52	191	4.470	89.4628
2	0	0.01167	4.785	210	6.076	133.889
3	0	0.0133	6.58	324	8.356	283.476
4	0	0.01398	6.705	346	8.515	308.737
5	0	0.0152	7.829	409	9.942	426.16
6	15	0.01	3.865	184	4.908	94.5321

No	Sudut Guide Vanes [°]	Debit [m <sup>3</sup> /s]	M [kg]	Rpm	T [Nm]	P [Watt]
7	15	0.01167	5.721	221	7.265	168.749
8	15	0.0133	7.15	342	9.080	325.521
9	15	0.01398	7.66	350	9.728	356.682
10	15	0.0152	8.313	432	10.55	477.921
11	25	0.01	3.925	221	4.984	115.565
12	25	0.01167	6.14	231	7.797	188.862
13	25	0.0133	7.43	372	9.436	268.029
14	25	0.01398	7.655	397	9.721	404.478
15	25	0.0152	8.42	466	10.69	521.791
16	35	0.01	3.331	176	4.230	78.0619
17	35	0.01167	4.565	184	5.797	112.139
18	35	0.0133	6.195	298	7.867	245.809
19	35	0.01398	6.2	364	7.874	300.071
20	35	0.0152	7.224	422	9.174	406.095
21	45	0.01	3.25	172	4.127	74.6948
22	45	0.01167	4.405	177	5.594	104.168
23	45	0.0133	6.04	281	7.670	226.01
24	45	0.01398	6.44	302	8.178	258.612
25	45	0.0152	6.674	399	8.475	354.506

Data hasil percobaan pada tabel 2 menunjukkan besarnya putaran, torsi dan daya yang dihasilkan turbin pada kemiringan sudut *Guide Vanes* 15° sampai 25° mengalami kenaikan. Namun putaran, torsi dan daya mengalami penurunan pada sudut sudut *Guide Vanes* 35° dan 45°. Terlihat daya tertinggi ada pada sudut *guide vanes* 25° yaitu 521,7909 Watt, dengan debit 0.0152 m<sup>3</sup>/s dan daya terendah terjadi di sudut *guide vanes* 45° yaitu 74,69482 Watt, dengan debit 0.01 m<sup>3</sup>/s. Hal ini dikarenakan pada sudut *Guide Vanes* 25° aliran air dapat terarahkan dan terdistribusikan secara maksimal sehingga diperoleh massa terbesar yang dihasilkan ada pada sudut *guide vanes* 25°. Sesuai rumus torsi yaitu dimana  $T = m.g.r$  maka semakin optimum massanya maka torsi yang dihasilkan semakin optimum juga.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan tentang pengaruh Sudut *Guide Vanes* terhadap daya yang dihasilkan turbin Kaplan dapat disimpulkan Bahwa untuk meningkatkan daya turbin Kaplan dapat dilakukan dengan menggunakan *Guide Vanes* yang memiliki sudut paling ideal sebagai pengarah aliran *inlet* pada turbin dan Variasi sudut *Guide Vanes* berpengaruh terhadap daya turbin Kaplan. Semakin besar sudut *Guide Vanes* maka putaran, torsi dan daya yang dihasilkan akan semakin meningkat dan pada sudut *Guide Vanes* tertentu akan mencapai putaran optimum kemudian akan mengalami penurunan. Hasil dari pengujian turbin Kaplan, daya turbin maksimal sebesar 521,79 Watt, terjadi pada debit 0.0152 m<sup>3</sup>/s dengan sudut *Guide Vanes* 25°. Peningkatan daya yang dihasilkan yaitu sebesar 104,9 Watt.



## Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dan mengacu pada rumusan masalah yang diambil, maka terdapat saran terhadap penelitian selanjutnya disarankan untuk mengetahui desain dan bentuk *Guide Vanes* serta pengukuran debit air di tempat pengambilan data dilakukan secara teliti agar aplikasi Turbin Kaplan dapat bekerja lebih maksimal.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Asrofi, H. (2019). Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038.
- [2] Mulyono. (2015). Karakteristik turbin kaplan pada sub unit pembangkit listrik tenaga air kedungombo. *Jurnal teknik energi*, 68-74.
- [3] Hermawan Aji Nugroho, S. (2017, Desember). Perancangan Dan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, 3.
- [4] Sunardi. (2017). Perancangan Dan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer Dan Informasi (JITEKI)*.
- [5] Asmara, S. S. (2016). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidrodi Aliran Sungai Sekitar Bangunmulyo,. In *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidrodi Aliran Sungai Sekitar Bangunmulyo*, (pp. 7-8). Yogyakarta.
- [6] Kusnadi, A. M. (2018). Rancang Bangun Dan Uji Performansi Turbin Air Jenis Kaplan Skala Mikro Hidro. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 7.
- [7] [google.com/search?q=sudu+pengarah+turbin+kaplan&safe](https://www.google.com/search?q=sudu+pengarah+turbin+kaplan&safe)
- [8] Zeinullah (2020). Rancang Bangun Turbin Kaplan Variasi Diameter Baling-Baling Dengan Pemanfaatan Aliran Sungai. Tugas Akhir Politeknik Negeri Madura.
- [9] Yosi Hervindo Kurniawan, M. J. (2019). Efektifitas Sudut Sudu Pengarah Pada Perancangan Turbin Kaplan Tipe Open Flume Dengan Daya 100 W. 302-16.
- [10] Sukmana, B. M. (2016). Pengaruh Variasi Sudut Guide Vane Terhadap Performa Wind Turbine Darrieus Tipe-h Dengan Naca 0012 dan Naca 0018.
- [11] Pramesti, Y. S. (2018). Analisa pengaruh sudut sudu terhadap kinerja turbin kinetik poros horizontal dan vertikal. *Jurnal Mesin Nusantara*, Vol. 1, No. 1, 51-59.